

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

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 104 (1923)

Rubrik: 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: 03.03.2026

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

Discours d'introduction
du Président annuel
et
Conférences

Eröffnungsrede
des Jahrespräsidenten
und
Hauptvorträge

Discorso inaugurale
del Presidente annuale
e
Conferenze

Leere Seite
Blank page
Page vide

Les Naturalistes Valaisans

Discours d'ouverture de la 104^e session de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, prononcé le 31 août 1923, à Zermatt, par le président annuel

Chanoine M. BESSE, docteur ès sc., curé à Riddes

Mesdames et Messieurs,

Le Valais et la „Murithienne“ regardent comme un insigne honneur d'avoir à recevoir la Société Helvétique des Sciences Naturelles, illustrée par tant d'hommes éminents qui portent au front la double auréole de l'universelle considération et de la culture intellectuelle. Si nous ne sommes pas en mesure, Mesdames et Messieurs, de vous donner, dans notre canton riche de montagnes seulement, une hospitalité aussi généreuse que celle offerte par d'autres localités de la Suisse, mieux placées à tous égards, nous serons heureux, toutefois, de faire tout notre possible pour que vous emportiez le plus agréable et durable souvenir, de ces quelques jours d'activité passés au milieu de nous. La réception que nous vous faisons est simple, comme il convient à un peuple montagnard, mais elle est cordiale; oui, c'est du plus profond de notre cœur, c'est avec toute notre âme, que nous vous disons: „Soyez les bienvenus!“

Je m'empresse, Messieurs, de proclamer bien haut, et en toute humilité, que ce n'est point le souci des titres académiques ou scientifiques, qui vous a fait choisir votre président de l'année 1923, mais uniquement le sentiment de bienveillance, que vous n'avez cessé de cultiver pour notre cher et vieux Valais, et celui, tout de délicatesse, qui vous a fait vouloir, pour présider la 104^{me} réunion de la Société, un enfant du pays au sein duquel il vous a plu de vous réunir une fois de plus. Aussi ne m'attarderai-je pas à faire appel à une indulgence que, du reste, je sais d'avance acquise, et sans autre préambule, je vous dis un merci chaleureux, en mon nom personnel, au nom de mon canton qui est heureux de vous voir accourir nombreux en cette partie privilégiée de son territoire, un merci ému au nom de la congrégation du Grand-Saint-Bernard qui comprend tout ce qu'il y a de gracieux

pour elle dans le geste qui vous a fait prendre un de ses membres pour le placer à votre tête.

C'est la cinquième fois que la Société Helvétique des Sciences Naturelles tient ses assises dans le Valais. Le Saint-Bernard vit, en 1829, la première réunion qui fut présidée par le Chanoine BISELX, vice-président. La deuxième qui eut lieu à Sion, en 1852, sous la présidence du Chanoine RION est restée mémorable par la haute valeur des congressistes ainsi que par le discours de grande envolée de son président. En 1880, F.-O. WOLF dirigeait la réunion de Brigue, et en 1895 P. M. de RIEDMATTEN celle de Zermatt. Certes, il n'y a rien en moi de l'orateur, mais je m'en voudrais de faillir, sous le prétexte que je ne suis pas un maître en éloquence, à l'usage toujours observé qui veut que le président annuel inaugure la session par un discours.

Messieurs, j'aimerais à vous entretenir un instant des Valaisans qui, dans le cours des siècles, se sont voués à la science. Très restreint en ses ressources d'étude, le Valais ne peut prétendre compter des savants de premier ordre, il le peut d'autant moins que la plupart de ses naturalistes n'ont pu consacrer à l'objet de leurs recherches que les moments de loisir que leur laissaient leurs fonctions professionnelles.

Puissé-je ne pas être trop en dessous de ma tâche dans cet hommage de piété et de reconnaissance envers des hommes qui ont bien mérité de la patrie valaisanne, en la mettant en évidence!

Felix Platter 1536—1614

Pour retrouver le plus ancien naturaliste valaisan connu, il faut remonter au 16^{me} siècle, à FÉLIX PLATTER, surnommé „l'Etoile“ de l'Université de Bâle. Bien qu'il soit né Bâlois, nous Valaisans, nous aimons à le revendiquer pour notre compatriote et l'une de nos gloires. Il étudia d'abord au Paedagogium sous les yeux et la direction de son père, THOMAS PLATTER; il commença à l'âge de 16 ans ses études de médecine à l'Université de Montpellier, où, 4 ans plus tard, il obtenait le grade de docteur. Rentré à Bâle, il excita l'universelle admiration par le dévouement avec lequel il soigna les malades atteints de la peste alors que le fléau ravageait la ville en 1563. En reconnaissance des précieux services rendus, il fut nommé professeur de médecine pratique et médecin de la ville, poste qu'il remplit avec la plus grande distinction jusqu'à

sa mort. Il réorganisa l'université et y fit introduire, entre autres branches, la chaire de botanique. C'est pendant son séjour à Montpellier qu'il s'initia à cette dernière science. Mais écoutons-le parler lui-même: „A côté de mes études assidues et de la préparation des leçons, je m'appliquais sérieusement à observer comment se préparent toutes sortes de remèdes dans la pharmacie, science dans laquelle mon maître excellait. (PLATTER à Montpellier était le commensal du célèbre pharmacien CATALAN.) Ces observations m'ont grandement servi plus tard. En outre je collectionnais beaucoup de plantes que je fixais avec élégance sur des feuilles de papier.“ (texte allemand: „und neben insammlung vieler Kräuter, die ich in Papier zierlich inmacht“, Edit. Fechter, Bâle 1840, p. 15).

Voici comment MICHEL MONTAIGNE, l'auteur des „Essais“, raconte une visite qu'il fit à l'illustre médecin: „A Bâle, nous vîmes de singulier la maison d'un médecin nommé FÉLIX PLATTER plus pinte et enrichie qu'une mignardise à la française qu'il est possible de voir, laquelle le dit médecin a bâti fort grande, ample et somptueuse. Entre autres choses, il dresse un livre de simples qui est déjà fort avancé, et au lieu que les autres font peindre les herbes, selon leurs couleurs, lui a trouvé l'art de les coller toutes naturelles, si proprement sur le papier que les moindres feuilles et fibres y apparaissent comme elles le sont, et il feuillette son livre sans que rien ne s'échappe, et y montre les simples qui étaient collées, il y a plus de 20 ans. Nous vîmes aussi chez lui et à l'école publique des anatomies d'hommes morts qui s'y tiennent.“

Après ce que l'on vient d'entendre, il est permis de se demander si peut-être PLATTER ne serait pas l'initiateur des herbiers. Passionné pour la botanique, il avait installé dans sa propriété de Grundeldingen, près de Bâle, un jardin botanique dont il laissait la jouissance à ces élèves. En grande relation d'amitié avec CONRAD GESSNER, il faisait fréquemment avec lui des échanges de plantes.¹

Il avait au surplus formé un riche cabinet d'histoire naturelle qui subsista jusqu'à l'extinction de sa famille.

JEAN BAUHIN dans son „Historia Plantarum Universalis“ (1650) raconte avoir vu dans le jardin de FÉLIX PLATTER le Laurier cerise (*Laurus cerasus*). ALBERT DE HALLER dans ses „Icones

¹ Cette correspondance se trouve dans „Epistolarum medicinalium Conr. Gessneri libri III“; Ed. C. Wolphius, Tiguri Froschower, 1577.

Plantarum Helvetiæ“, préf. p. 24, nous fait part en ces termes d'une visite à Bâle (je traduis du latin): „FÉLIX PLATTER, chirurgien très célèbre, pendant longtemps professeur à l'université de Bâle, à l'époque de son âge d'or, a réuni de très belles plantes du Valais et du Pilate. Je vis ce jardin jadis à l'occasion d'une visite que j'eus l'honneur de faire à la dernière descendante des PLATTER, HÉLÈNE PASSAVANT. Parmi ces plantes, il en est qui n'étaient pas encore connues des gens, telles que *Pirola uniflora*, *Odontites odorata*, *Ranunculus calice villosus*¹ dénommé par cet homme célèbre“. (C'est le *Ranunculus glacialis*, par lui trouvé dans les Hautes Alpes et, si je ne me trompe, au Valais même.)

Il paraît s'être occupé d'ostéologie et de paléontologie, comme le démontre un rapport qu'il adressa au Gouvernement lucernois en 1577 à propos d'ossements humains trouvés à Reiden, commune de Lucerne.

Toutefois PLATTER est infiniment plus connu par son célèbre „Traité du corps humain“ qu'il mit 62 ans à composer, ainsi que par un grand nombre d'autres ouvrages de médecine.

Les PLATTER, père et fils, étaient restés très attachés à leur canton d'origine. Félix a décrit un voyage qu'il fit au Valais en compagnie de son père. Il peut intéresser à cause du „bouquet“ valaisan qu'il respire.²

„En juin 1562, après la Pentecôte, mon père résolut d'aller voir son pays natal. Il soupa une dernière fois avec nous et maître Frantz; il voulait se rendre le même soir encore à Dornach pour y coucher. Pendant le repas, il dit à ma femme: „Madeleine, je désirerais t'emmener, car tu n'as point d'enfants et tu ferais une cure aux bains du Valais, dont la vertu est excellente contre la stérilité.“ Mon beau-père possédait un cheval, il était en bonne humeur et s'écria: „J'y vais aussi.“ Je consentis bien vite à ce voyage, vu que j'avais également mon cheval. Mon père avait ramené du Valais un mulet, il l'offrit à ma femme. Incontinent nous fîmes nos préparatifs, le lendemain nous partîmes. Nous prîmes par les „Wasserfallen“, Berthoud et le Sibenthal. A travers des chemins malaisés, pierreux, dangereux nous arrivâmes enfin à Sion,

¹ „*Ranunculus glacialis* wurde von seinem Freund FÉLIX PLATTER in Basel entdeckt. Man denke sich das Entzücken eines Botanikers, der diese prächtige Hochalpenpflanze zum ersten Male als noch unbekanntes Gewächs auffand“: du discours d'ouverture de la réunion de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à Zurich en 1917, p. 8, par C. SCHRÖTER.

² Extrait des „Mémoires de Félix Platter“, en grande partie d'après la traduction de Fick, Genève 1866 (p. 92—96), en partie traduit de l'édition allemande Fechter, Bâle 1840 (p. 181—185).

le samedi. Dès le premier soir bonne compagnie nous fut députée et l'on nous honora de 30 mesures de vin; nous étions tous très gais. Nous restâmes quelques jours à Sion; l'évêque¹ hébergea nos montures dans son manège, de sorte qu'elles ne nous coûtèrent rien. Le capitaine Marx Wolf ne nous permit presque jamais de manger à l'hôtellerie; en outre il donna de beaux habits à ma femme et à moi. Les chanoines nous présentèrent du vin dans de grands gobelets qu'avait fabriqués Exuperantius, orfèvre à Zurich. Le 15 de juin nous gagnâmes Louècheles-Bains. Les auberges y sont fort nombreuses. Mon beau-père et ma femme firent prix avec un hôtelier; la chambre et les eaux leur revinrent, par tête, à trois couronnes pour quatre semaines.

Mon père désirait me conduire dans son pays. Laissant donc M. Jeckelmann et Madeleine prendre tranquillement les bains, nous rebrous-sâmes du côté de Louèche-la-Ville. Je portais un bel accoutrement: un pourpoint de soie rouge, un haut-de-chausses de la même couleur et un couvre-chef de velours non tondus. Après avoir remonté la vallée du Rhône nous arrivâmes à Viège, joli endroit où nous passâmes la nuit. Quelques Platter y demeuraient et vinrent à l'auberge nous tenir compagnie. Le lendemain de bonne heure nous nous engageâmes dans la vallée d'où sort la Viège. Déjà nous approchions de la vallée de Saas, lorsque nous entrâmes dans une autre vallée à droite par un sentier si étroit que je dus me tenir à la montagne d'une main tandis que mes regards plongeaient de l'autre côté dans un abîme effrayant. Le sentier qui, à travers les mélèzes, conduit à Grächen était fort abrupte. Enfin nous atteignîmes un joli plateau où il y a d'horribles bois de pins habités par quantité d'ours. Devant une maison, nous trouvâmes un vieillard centenaire aveugle, dont les enfants avaient presque tous des cheveux blancs ou gris. La famille entière demeurerait dans une seule chaumière. Le vieillard nous dit qu'il avait bien connu le grand-père de mon père, et qu'il y avait dans ce dizain 10 personnes aussi âgées que lui. La cabane était faite de troncs de mélèzes juxtaposés, tout comme une vulgaire baraque. La cousine de mon père, une née Platter, rencontrée plus loin, n'avait pas de tresses, mais les cheveux flottants. Elle nous prépara une soupe au lait. J'étais très fatigué, je passai la nuit sur la paille. Le jour suivant, mon père me conduisit chez une vieille femme qui avait gardé les chèvres avec lui, il y avait bien des années. C'était une personne fort âgée et laide; elle concassait des cônes d'arolles; de part ni d'autre on ne se reconnût; à la fin elle m'embrassa en me disant: „Je te souhaite la bienvenue par Dieu, cher cousin.“ Après quoi mon père me conduisit chez „Hans in der Bünde“ où une méchante femme nous fit cuire un breuvage avec du lait, tout en y jetant une poignée de poivre. On nous y servit du bon vin d'Aoste (Augstallerwein). Nous passâmes la nuit sur un gîte de paille et mon père me dit: „Vois-tu, Félix, comme on me reçoit bien ici.“

¹ C'est Mgr. JEAN JORDAN qui gouvernait alors le diocèse de Sion.

Le lendemain matin nous visitâmes l'habitation où mon père était né. Ce n'était qu'un petit bout de maison en bois de mélèzes, à côté d'un haut rocher surmonté d'un plateau dont les nôtres ont tiré le nom de Platter. Cette 'maison de la plate-forme' était du reste inhabitée. Après le dîner auquel participèrent de nombreux convives et où nous buvâmes sec, nous prîmes un verre sur le 'Platten' et je payai une couronne pour qu'on y taillât mon nom et mes armoiries. Après le coup du soir nous descendîmes en toute hâte la montagne, car nous n'avions nulle envie de séjourner plus longtemps en ces lieux. Près de Gasen, à Mühlebach, nous fîmes la rencontre d'une vieille fille connue de mon père et affligée de deux gros goîtres. Le cas est exceptionnel dans la contrée, car c'est seulement plus bas, à partir de St-Léonard, qu'existe cette infirmité; en haut à Grenchen ils n'en ont pas.

De Viège nous remontâmes encore jusqu'à Brigue. Les habitants se rendaient à l'église, mais au lieu de prendre, comme nous, le sentier des piétons au travers d'une belle prairie, la foule suivait la route à chars qui était fort boueuse. Je voulais savoir pourquoi; on me répondit: 'Plus le chemin est mauvais, plus il y a de mérite.'

Un mardi nous regagnâmes les Bains. Il était assez tard quand nous atteignîmes Louèche-la-Ville; Aleth et Pierre Ochier vinrent nous trouver. Nous bûmes ensemble le coup du soir, puis ils nous accompagnèrent un bout de chemin avec les brocs. Alors mon père prit congé du pays valaisan. A nuit close, nous entrâmes dans la vallée qui conduit aux Bains. J'avais un ver-luisant et m'amusais à le faire passer d'une main à l'autre (Ich hatt ein schinwürmlin und ballete es in der handt umbeinanderen.). Non loin de là est un village du nom d'Albenen près d'un cours d'eau; il y existe un glacier de glace (sic! ein gletscher von eiss). On y attache aux poules un objet pour leur faire éviter les chutes et les aider à circuler sur le glacier, d'où le dicton qu'une localité est à ce point rapide qu'il faut 'y ferrer les poules'. Nous arrivâmes très tard à Louèche-les-Bains: tout dormait. Nous frappâmes de la bonne manière à la porte de la chambrette de ma femme. Madeleine ouvrit, mais M. Jeckelmann ne fut guère satisfait de nous voir rentrer à pareille heure.

Gasparus Collinus, mort en 1560

GASPARD COLLIN, de son vrai nom AM BUËL, pharmacien à Sion, paraît s'être occupé avec succès de botanique. Il fut l'ami et le correspondant de CONRAD GESSNER qui lui adressa en 1559 une charmante lettre dans laquelle il décrit avec enthousiasme la première Tulipe orientale qu'il avait vue dans le jardin d'un amateur, HENRY HERPORT, à Augsburg. Ce document a été publié dans l'ouvrage de GESSNER: „De Hortis Germaniæ“, éd. en 1561 à Strasbourg.

Il fut pareillement le collaborateur de JOSIAS SIMLER qui publia dans son ouvrage „Vallesiae et Alpium Descriptio“ un travail de COLLIN intitulé: „de Sedunorum Thermis et aliis Fontibus medicatis Liber.“ Il y traite des bains de Loèche et de Brigue ainsi que des sources thermales de la vallée de Viège. Il en signale une près de Grächen, „célèbre“, dit-il „par la naissance de deux hommes très illustres: SIMON LITHONIUS (de son vrai nom SIMON STEINER), professeur à Strasbourg et THOMAS PLATTER, maître de gymnase de la ville de Bâle et mon maître très cher“ (p. 358—374).

Constantin de Castello

Originaire des Grisons, il pratiqua la médecine à Sion et écrivit en 1647 une description des bains de Loèche. Il était le physicien de Sion et du pays.

Docteur Jean-Baptiste Claret

D'origine savoyarde, il s'établit comme médecin à Sion, d'abord, puis à Martigny. Il fut le correspondant de LINNÉ et de SAMUEL WYTTEBACH. Epris d'un grand goût pour la botanique, il explora le premier le Mont de Fully où il conduisit son ami ALBERT DE HALLER et les THOMAS. Il visita le Saint-Bernard et participa à la première excursion botanique à Zermatt. MÜRITH avec lequel il était lié d'amitié lui consacre, dans l'obituaire de la paroisse de Martigny, ce témoignage flatteur: „Botanicam coluit et celeberrimi de Haller in botanica helvetica adjutor indefessus et amicus fuit, prope octogenarius obdormivit.“

Pierre-Joseph de Rivaz, 1711—1772

„Il naquit à St-Gingolph, fit ses études à Chambéry et, en 1748, alla se fixer à Paris. Ses recherches sur les lois du mouvement, sur la densité des métaux et sur les effets de leurs alliages l'avaient conduit à d'importantes modifications des pendules. Il imagina un pendule compensateur qui porte son nom et pour lequel il obtint un privilège royal.

Il n'avait que 30 ans lorsqu'il acheva l'horloge connue non seulement en France, mais en Allemagne et en Italie, sous le nom de „mouvement perpétuel“. Dans cette horloge d'une précision ignorée jusqu'alors, le frottement était réduit à $\frac{1}{60}$ des horloges ordinaires; une autre présentait la particularité de se remonter

d'elle-même, ce qui lui valut, outre les suffrages flatteurs de l'Académie des sciences, un certificat de son illustre compatriote DANIEL BERNOUILLI, certificat qui assura sa renommée contre ses détracteurs.“ („Le Valais“, par Jules Bertrand, Sion, Libr. Mussler, 1909, p. 128—129.)

Le Neuchâtelois FERDINAND BERTHOUD, l'inventeur de l'horloge marine, juge ainsi l'œuvre de son contemporain: „DE RIVAZ possède parfaitement la théorie et le principe de son art, et sans exécuter lui-même, il pousse le mécanisme à la perfection. Il a inventé plusieurs choses et le privilège exclusif qu'il a obtenu du roi pour ses pendules qui vont un an sans monter n'est pas seulement le prix de la faveur; le mérite et son savoir y ont la meilleure part.“

Je terminerai par ces lignes de JEAN-JACQUES ROUSSEAU qui a recours à DE RIVAZ pour prouver, dans sa lettre à D'ALEMBERT sur les spectacles, qu'on peut être homme de génie sans fréquenter les théâtres: „Je puis citer un homme de mérite bien connu dans Paris et plus d'une fois honoré des suffrages de l'Académie des Sciences: c'est M. DE RIVAZ, célèbre Valaisan. Je sais bien qu'il n'a pas beaucoup d'égaux parmi ses compatriotes, mais enfin, c'est en vivant comme eux qu'il a appris à les surpasser.“ (J. Bertrand, l c., p. 130/131.)

Isaac de Rivaz, 1752—1829

„Fils du précédent, il naquit à Paris en 1752. Militaire et ingénieur, il fut l'auteur d'une découverte qu'on peut qualifier de sensationnelle pour l'époque et le pays où elle fut expérimentée.“ (Jules Bertrand, l. c., p. 131.)

„Il fit fabriquer un char dont l'agent moteur était mis en jeu par l'explosion des gaz élastiques. Des essais de cette première automobile eurent lieu avec succès à Sion en 1804 et à Vevey en 1813. DE RIVAZ tirant la conclusion de son invention: „Il résulte du présent mémoire, dit-il, que j'ai découvert le premier¹ la propriété qu'a le mélange d'hydrogène et d'oxygène d'être employé utilement en mécanique et comme puissance motrice propre à mettre en jeu les machines proprement dites, comme le fait la vapeur.“ (Jules Bertrand, l. c.)

¹ „A la vérité, une voiture automobile avait déjà été fabriquée à Paris en 1765.“ (Bertrand, l. c., p. 131.)

Jean-Samuel Clément

vicaire à Val d'Illiez en 1788

Il s'occupa avec succès des sciences naturelles, en particulier de botanique. Dans les „Etrennes Helvétiennes“ de 1813, tome III, p. 225—232, nous trouvons l'éloge qui suit: „Un des phénomènes des plus curieux de cette vallée (Illiez) c'est M. CLÉMENT, maintenant vicaire à Val d'Illiez. Vous trouverez dans son presbytère de bois, une bibliothèque nombreuse, principalement en bons ouvrages d'histoire naturelle, qui est certainement la plus belle de tout le Valais. Vous y verrez un herbier composé des plus rares plantes de la Suisse et surtout des Alpes, parfaitement desséchées et conservées, une collection de papillons et d'insectes du pays, plusieurs morceaux rares, très intéressants pour le minéralogue, et qui plus est, un ecclésiastique aussi modeste qu'instruit, aimable et hospitalier, prêt à communiquer généreusement ses lumières et les fruits de ses courses et de ses recherches, et qui, tout en remplissant les devoirs utiles à son état, profite de ses loisirs, pour étudier la nature qui l'environne et où il se trouve comme dans son centre.“

„Ne sachant où placer tous ses livres, le brave vicaire les avait échaffaudés pour former l'alcôve de ses hôtes; une nuit, ce poids littéraire s'abattit sur la tête du savant DE SAUSSURE qui fut blessé au front: „C'est bien, votre dam!“ s'écria CLÉMENT, en reconnaissant l'exemplaire relié en basane du „Voyage dans les Alpes“, dont DE SAUSSURE lui avait fait hommage, „voilà une des suites du luxe affreux de vous autres Genevois.“ (Jules Bertrand, l. c., p. 126.)

Laurent-Joseph Murith, 1742—1816

Il naquit à Sembrancher, vallée d'Entremont, de parents d'origine fribourgeoise. A 18 ans, il entra dans la congrégation du Grand-St-Bernard. Pendant qu'il travaillait à acquérir les connaissances nécessaires à son état, il demandait à la lithologie et à la minéralogie une récréation pour son esprit et une diversion à ses études ecclésiastiques. MURITH s'occupa successivement de géologie, de conchyliologie, d'ornithologie et d'entomologie. Il écrivit un exposé géologique d'une partie du Valais; on trouve de lui quelques notes sur l'ornithologie. Il fit une collection d'entomologie et de conchyliologie et une autre de minéralogie, toutes deux conservées à l'hospice du St-Bernard. Il ne resta pas étranger à l'archéologie et à la numismatique et c'est lui qui, aidé de quelques

confrères (JEAN-JOSEPH BALLET et JÉRÔME DARBELLAY), a commencé le médailler de l'hospice.

En 1813, MURITH fait à la séance de la Société académique de Besançon une communication où il développe, avec preuves à l'appui, la thèse du passage d'Annibal au Mont-Joux. Il produit une partie des ex-votos qu'il a recueillis dans le département du Simplon et la vallée de la Doire se réservant d'en publier un jour la collection très volumineuse qu'il en a faite. Le secrétaire de l'Académie relève la profonde érudition de l'auteur de ce travail et qualifie MURITH de savant très instruit.

Quoique presque toutes les sciences physiques et naturelles aient eu une large part dans les études de MURITH, c'est bien la botanique qui a été l'objet de ses prédilections. Tandis que d'autres font de la botanique médicale ou se bornent à la flore strictement locale, MURITH étend son champ d'investigation à tout le Valais. Aidé de ses vaillants collaborateurs et amis, ABRAHAM THOMAS qui lui avait inspiré le goût de la botanique et son fils Louis qui lui font part du résultat de leurs courses, il a bientôt des données importantes sur tout le pays du Valais, ce qui lui permit de publier en 1810 le „Guide du botaniste en Valais“, ouvrage que le naturaliste parcourt encore avec intérêt. Il escalade le premier, en 1786, le Vêlan, où il fit d'intéressantes observations barométriques que BOURRIT a enregistré dans son ouvrage. En juillet 1778, il eut l'avantage d'accompagner HORACE DE SAUSSURE dans ses explorations aux environs de l'hospice et au Valsoray. Interrogé par DE SAUSSURE sur la provenance des blocs de granit disséminés entre Liddes et Martigny, il lui prouva, après un examen des Aiguilles d'Orny, qu'ils avaient été charriés du massif du Mont-Blanc.

Il fut invité par l'illustre GOSSE à assister le 5, 6 et 7 octobre 1815 à Mornex¹ à la fondation de la Société helvétique des Sciences naturelles. Sa santé ne lui permit pas de répondre à cette aimable invitation. Il s'empressa cependant de donner son adhésion.

C'est lui qui introduisit d'Italie en Valais le peuplier pyramidal.

Joseph-Antoine Berchtold, 1780—1859

né à Greich près de Mœrel

Successivement curé de Loèche-les-Bains et de Sion, directeur ensuite du Grand Séminaire diocésain, le Chanoine BERCHTOLD trouva encore le temps de s'occuper des sciences mathématiques et naturelles.

¹ Assertion puisée dans: „Notice biographique de LAURENT-JOSEPH MURITH“, par G. Tissière, St-Maurice 1862.

C'est lui qui, avec le concours de son neveu, l'ingénieur MÜLLER, exécuta la première triangulation du Valais, œuvre qui lui attira des félicitations d'hommes compétents. Ce travail fut incorporé dans la carte fédérale sous chiffre XV.

Un autre travail qui le rendit célèbre à cette époque est sa „Métrologie de la nature“.

„Il s'efforça de trouver une unité de mesure dont l'application générale et absolue en longueur, étendue et volume, s'écarterait moins que le mètre des idées populaires et fut intelligible dans tous les dialectes. Il proposa donc comme unité de mesure, la longueur d'un pendule qui emploie un jour pour une double oscillation et soit dans un rapport simple avec la longueur du méridien moyen. Selon lui, le pendule du temps est le plus logique étalon de la nature.“ (Bertrand l. c., p. 137.)

„Dans sa session de 1848 à Soleure, la Société helvétique des Sciences naturelles vota une lettre de félicitations pour l'auteur de la métrologie. Le président, pasteur O. MÖLLINGER, en fit ressortir les avantages, en termes flatteurs: „Est-il vraisemblable qu'un ecclésiastique inconnu, des montagnes du Valais, aurait trouvé la solution d'un problème qui fut en vain tenté, par une société des plus grands mathématiciens de France, à une époque où tous les esprits supérieurs travaillaient dans ce sens? C'est avec ces préventions que j'entrepris la lecture de la métrologie, mais ma sympathie pour les idées de l'auteur augmentait à chaque ligne. Il parlait si clairement, il paraissait si fortement convaincu de son grand problème, dévoilait et caractérisait d'une façon si précise les défauts de nos systèmes arbitraires de mesures et de poids que je l'admirais de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin je fusse surpris au plus haut degré par la solution de la question.“

„Il fut proposé une expérimentation du système berchtoldien et la chose en resta là.“ (Jules Bertrand l. c., p. 137.)

François-Joseph Biselx, 1791—1870

BISELX était prieur de l'hospice lorsque fut installé l'observatoire météorologique au St-Bernard. Il y voua tout son intérêt, aussi méritât-il de recevoir du professeur PICTET des félicitations en ces termes: „Vos observations diverses sont fort intéressantes et elles sont de nature à augmenter l'intérêt que toute l'Europe attache à votre charitable établissement.“ En 1829, il eut l'honneur de présider au St-Bernard, comme vice-président, la réunion de

la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Il publia en 1819 une notice sur le Grand-St-Bernard et son climat (n° 8 de la „Bibliothèque Universelle“), dans le n° 9 du même périodique une autre notice sur la neige et les avalanches, et dans le numéro 10, un travail sur les roches et les plantes.

François-Joseph Lager, 1799—1871

Né à Münster, vallée de Conches, après de fortes études de médecine et l'obtention du doctorat, F.-J. LAGGER alla se fixer à Fribourg qu'il choisit pour sa seconde patrie. Il consacra à la botanique tous les moments que lui laissait l'exercice de sa profession et explora spécialement les Alpes fribourgeoises, sans oublier cependant sa vallée d'origine. Il eut le privilège d'enrichir la flore suisse d'un grand nombre de formes nouvelles, espèces ou variétés. LAGGER jouissait d'une haute considération auprès des célèbres monographes de l'époque. Il correspondait avec ELIAS FRIES pour les *Hieracium*; avec DESÉGLISE, RIPPART, PUGET et DELASOIE pour les Roses; avec SCHNITTSPAHN, SCHOTT et DELASOIE pour les *Sempervivum*; avec le professeur KERNER à Vienne pour les *Salix*; avec WIMMER pour les *Carex* et enfin avec JORDAN pour les *Thalictrum*. Ses relations étaient pour ainsi dire européennes. En 1840, les „Actes“ de la Soc. Helvét. Sc. Nat. mentionnent son travail sur la flore du canton de Fribourg. Il fit dans des périodiques suisses et étrangers diverses publications relatives aux *Carex*, *Sempervivum*, *Rosa* et *Hieracium*.

Ignatz Venetz, 1788—1859

IGNATZ VENETZ, ses études classiques terminées, commença par se vouer à la mécanique. Pendant l'occupation française, il entra dans le corps impérial des Ponts et Chaussées; puis les Autrichiens étant entrés dans le pays, il fut nommé par eux officier d'artillerie et envoyé avec une compagnie de Croates aux fortifications de St-Maurice. Après leur départ, il fonctionna comme ingénieur du gouvernement valaisan d'abord et ensuite de l'Etat vaudois pour lequel il exécuta le travail de correction à la baie de Clarens. Rentré au pays il fut attaché à la compagnie de la ligne d'Italie comme ingénieur régulier. Ses aptitudes spéciales dans la branche hydro-technique s'affirmèrent, avec plus de force encore, dans les rapports qu'il écrivit sur la question du Rhône. Il est l'inventeur des écluses à cheminée en forme de syphon qu'il a décrites dans la „Bibliothèque Universelle“ en août 1851. Il traça le plan à exécuter dans

les travaux de dessèchement des marais de Riddes et de Saxon. On lui doit, en outre, l'endiguement du Rhône qui fut achevé par son fils François, ingénieur comme lui. On lui doit une correction du Rhône à Brigue et les travaux au glacier de Giétroz qui eurent un plein succès malgré les attaques dont il fut l'objet. Dans cette importante entreprise menée à bien avec la plus remarquable habileté et une parfaite compétence, VENETZ recueillit les applaudissements du gouvernement du Valais, des habitants de Bagnes et du chanoine BLANC, qui avait été son principal contradicteur.

Mais l'œuvre qui illustra plus particulièrement son nom fut sa théorie du mouvement des glaciers. C'est, sans doute, au Giétroz (Val de Bagne) qu'est né chez VENETZ l'idée de ce phénomène inexpliqué jusqu'alors. Il y fut amené par les suggestions judicieuses de JEAN-PIERRE PERRAUDIN, garde-champêtre et chasseur de chamois de Lourtier, à Bagnes, qui le premier a compris le transport des blocs erratiques. Le bon sens du paysan de Bagnes l'a conduit à l'explication si longtemps cherchée de ces masses de déblais de roches disséminés au loin. Comme le dit si bien F.-A. FOREL: „PERRAUDIN a gagné à ses idées VENETZ, comme celui-ci a, plus tard, converti DE CHARPENTIER et comme DE CHARPENTIER a converti AGASSIZ. PERRAUDIN a, le premier, formulé la théorie des glaciers, théorie que VENETZ a développée scientifiquement.“

CHARPENTIER, dans ses „Essais sur les Glaciers“ (1841) lui rend ce témoignage: „C'est en quelque sorte à VENETZ que je dois de m'être livré d'une manière particulière à l'étude des terrains erratiques, dans laquelle il m'a été d'un grand secours. De plus, VENETZ est le premier qui ait prouvé par des faits incontestables que les glaciers du Valais et des pays adjacents ont eu jadis un développement plus considérable qu'ils n'ont aujourd'hui.“

A l'occasion de la fête donnée par la Société Vaudoise des sciences naturelles, à Bex, en 1920, lors de l'inauguration du médaillon à DE CHARPENTIER, ce n'est pas sans une certaine fierté que nous entendîmes ce magnifique éloge sortir de la bouche d'un maître incontesté en matière géologique. Nous avons nommé M. LUGEON, qui s'exprime ainsi: „Voilà DE CHARPENTIER convaincu. Il rédige un mémoire, se rend à Lucerne pour le lire (à la session de la Soc. Helvét. Sc. Nat.). Il fait une large et légitime place à son ami VENETZ. Et aujourd'hui si nous rappelons la mémoire d'un des plus grands naturalistes de la patrie vaudoise, nous joignons le nom immortel du Valaisan VENETZ.“ (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat. N° 199, p. 474.)

En 1817 et en 1820, la Soc. Helvét. Sc. Nat. avait mis au concours le sujet suivant: „Rassembler des faits exacts et bien observés sur l'accroissement et la diminution des glaciers, sur la détérioration ou l'amélioration des pâturages, sur l'état antérieur et actuel des forêts.“

Il y eut deux mémoires: celui de KASTHOFER, inspecteur forestier bernois et celui de VENETZ qui intitula ainsi le sien: „Variation de la température de la Suisse.“ Ce dernier fut couronné, obtint un prix de fr. 300 et fut imprimé aux frais de la société (1821). Une année avant sa mort l'éminent concitoyen a publié des Mémoires sur l'extension des anciens glaciers.

Comme botaniste il explora spécialement le versant sud du Simplon et les vallées de Gondo et de Laquin. Il laissa un herbier des plus variés ainsi que des collections d'entomologie et de conchyliologie.

Alphonse Rion, 1809—1856

Chanoine de la cathédrale de Sion

Dès ses jeunes années, RION se livra avec ardeur à l'étude des sciences naturelles et acquit par sa persévérance une autorité et un prestige qui eurent vite fait de le classer parmi les savants de marque. C'est lui, le premier des Valaisans qui a précisé, d'une manière claire et énergique, la nature xérique du Valais central pour la météorologie et la géobotanique, mérite grand qui surpasse beaucoup celui d'études spéciales. RION a exposé ses vues la première fois dans son discours présidentiel, prononcé à la réunion de la Soc. Helvét. Sc. Nat. tenue à Sion en 1852. „Ce discours“, nous écrivait dernièrement un de nos plus illustres vétérans (le Dr CHRIST) qui a connu le chanoine et a joui de son intimité, „ce discours n'a jamais été surpassé. C'était un homme accompli à tous égards, qui s'intéressait à toutes les sciences.“ Son herbier, très volumineux, forme le fond des collections botaniques cantonales.

Son „Guide du botaniste en Valais“, œuvre posthume, publié par les soins de F.-O. WOLF et RAPHAEL RITZ, eût considérablement gagné à être édité par son auteur. Malheureusement une mort prématurée ne permit pas à RION de donner sa vraie mesure.

Pierre-Germain Tissières, 1828—1868

Gaspard Delasoie, 1818—1877

Ces deux chanoines du St-Bernard ont eu l'honneur d'appartenir à la Soc. Helvét. Sc. Nat. ainsi qu'à la „Société Halleréenne“

de Genève et ils furent les principaux fondateurs de la Société valaisanne des sciences naturelles, qui dut, à leur grand zèle pour la science aimable, la prospérité de ses jeunes années. TISSIÈRES est l'auteur du „Guide du botaniste au St-Bernard“. Cette œuvre posthume — TISSIÈRES mourut à la fleur de l'âge — fut et est encore un guide précieux pour les jeunes religieux de l'hospice, héritiers de traditions séculaires.

DELASOIE, qui lui a succédé à la présidence de la „Murithienne“, a laissé un herbier considérable et son activité a été immense et prépondérante. Il a enrichi le „Bulletin“ de la Société de travaux divers: indications de l'altitude et des stations des plantes, tableau fixant la hauteur de plus de 400 localités à partir du Léman aux plus hautes cimes des Alpes, catalogue de *Hieracium*, mémoire sur le gui et les fougères, notices sur les *Sempervivum* et les Roses, nature géologique du Valais, catalogue des arbres et arbustes du Valais, etc. Ses études sur les Roses, les Potentilles, les *Hieracium* et les *Sempervivum* lui valurent d'être le correspondant assidu des monographes de cette époque: PUGET, CHRISTENER, LAGGER, FAVRAT, CHRIST, SCHNITTSPAHN. Il eut le talent de rendre la science aimable, la fleurissant comme à plaisir par des saillies qui ne cessaient de jaillir de son esprit enjoué.

Emile Favre, 1843—1905

Chanoine du St-Bernard, né à Sembrancher, travailleur infatigable, E. FAVRE consacra une grande partie de sa vie à l'étude des sciences naturelles, à la botanique d'abord, à la zoologie ensuite.

On lui doit les publications suivantes: „Supplément au guide du botaniste du Gd. St-Bernard“; „Guide du botaniste au Simplon“; „Faune des coléoptères du Valais“; „Faune des Lépidoptères du Valais“; „Faune des Microlépidoptères du Valais“.

Il a laissé de ces trois dernières études des collections de grande valeur, installées à l'hospice du St-Bernard.

Ferdinand-Othon Wolf, 1838—1906

WOLF vint d'Ellwangen (Wurtemberg) en Valais, en 1858, pour enseigner la musique au Collège de Brigue; il fut appelé en 1871 au Collège de Sion pour professer la musique d'abord, et bientôt la botanique et la géologie, ainsi que la langue et la littérature allemandes.

Pendant de nombreuses années, président de la modeste Société valaisanne des sciences naturelles, il se dépensa pour elle

sans compter. Il n'est pas de naturaliste qui, plus que WOLF, ait exploré les diverses parties du pays et relevé ses richesses naturelles, en sorte que la flore du Valais n'avait pas de secret pour lui. Il forma un herbier considérable qui est devenu la propriété de l'Université de Zurich. Il fit une collection d'environ 100 fascicules pour le collège de Sion. Il publia un grand nombre d'études scientifiques soit dans le Bulletin de la „Murithienne“, soit dans l'Annuaire du Club alpin suisse ou dans d'autres revues. Une œuvre importante de WOLF est la topographie: Valais et Chamonix, faite en collaboration avec A. CÉRÉSOLE. Il fut le créateur des jardins botaniques de Sion et de Zermatt.

Henri Jaccard, 1844—1922

Qu'il me soit permis à titre d'admiration, de reconnaissance et de bon souvenir, de rappeler ici la mémoire d'un naturaliste qui ne fut pas Valaisan de naissance et de séjour, mais qui le fut par son cœur et par ses œuvres, je veux parler d'HENRI JACCARD, originaire de St^e-Croix, Vaud. Comme WOLF il a exploré le Valais dans toutes ses régions. Son „Catalogue de la flore du Valais“ restera le plus beau monument élevé à la flore de notre canton et à la mémoire de son auteur. JACCARD s'était promis de compléter son œuvre par un nouveau travail que la mort, hélas! ne lui a pas permis de mener à terme. Membre de la „Murithienne“ pendant 46 ans, il a puissamment contribué à sa vitalité par un dévouement qui n'a cessé qu'avec sa vie.

Walther Ritz, 1878—1909

Fils du célèbre peintre RAPHAËL RITZ, ce savant, né à Sion, mourut à Göttingen à peine âgé de 31 ans, mais déjà entouré d'une célébrité presque mondiale. Tout jeune encore, il manifesta des dispositions exceptionnelles pour les mathématiques et ses camarades reconnurent de bonne heure en lui une intelligence supérieure donnant droit aux plus grandes espérances.

Après de brillantes études classiques au collège de Sion, il se rendit au Polytechnicum de Zurich pour se préparer à la carrière d'ingénieur. Mais, d'un côté sa santé qui réclamait un autre climat, et d'autre part, son penchant pour les hautes spéculations scientifiques l'amènèrent à l'Université de Göttingen en Allemagne. C'est là que débuta sa brillante carrière de physicien et qu'il publia une remarquable thèse de doctorat sur la „Théorie des spectres

en série" qui attira sur lui les regards du monde savant. L'exactitude des formules se trouva vérifiée dans la suite par de nombreuses découvertes dont plusieurs lui appartiennent. Ce sujet, par sa nature, lui fit toucher toutes les questions de physique se rapportant à la constitution de la matière et à la nature de l'énergie rayonnante, question qui, à cette époque, passionnait les savants les plus distingués.

Ses premiers travaux sont le corollaire de sa thèse, mais il ne tarda pas à monter beaucoup plus haut. A la suite de FREDHOLM, il cherchait à donner une méthode analytique générale, pour l'étude des problèmes de physique mathématique. Ses succès furent soulignés par les félicitations personnelles du grand mathématicien HENRI POINCARÉ.

RITZ eut sur son précurseur le mérite de trouver une solution pratique; il démontra la haute valeur de sa méthode de calcul en l'appliquant aux figures de CHLADNI qu'on obtient en répandant du sable fin sur une plaque carrée fixée en son centre et à laquelle on fait rendre tous les sons possibles avec un archet. Non seulement RITZ retrouva les figures obtenues par CHLADNI dans ses expériences, mais ses formules lui en firent prévoir d'autres, qu'il eut ensuite la joie de réaliser en confirmation de ses géniales idées.

Allant toujours plus loin, il cherchait à établir une théorie générale de l'électrodynamique et de l'optique. Son projet comprenait deux parties. D'abord l'étude critique des théories existantes, en particulier la théorie électromagnétique de la lumière due à MAXWELL et qui rattache à une même origine les ondes électriques de la télégraphie sans fil découverte par HERTZ et les vibrations lumineuses de FRESNEL. Il n'eut pas le temps d'aborder la seconde partie de son projet, la création de théories nouvelles plus parfaites; disons seulement à ce propos qu'il en était venu à supprimer de ses conceptions cet éther, support des vibrations, pour en revenir à l'idée newtonienne de l'émission. Par la manière dont il savait traiter et dominer les questions scientifiques les plus élevées et les plus ardues de son époque, de ses relations avec les LORENTZ, les POINCARÉ et les EINSTEIN, nous pouvons conclure que, si la mort ne l'avait pas arraché si prématurément à ses travaux, WALTHER RITZ aurait sans doute entouré son nom et celui de son pays, notre Valais, d'une gloire qu'envieraient les grands savants et les grandes nations. (Résumé de la notice biographique

de W. RITZ, publiée par M. PIERRE WEISS, dans le fasc. XXXVIII du „Bulletin“ de la „Murithienne“, 1913.)

Ernest de Stockalper, 1838—1919

L'ingénieur ERNEST de STOCKALPER, après la mort de LOUIS FAVRE, continua avec BOSSI, l'œuvre gigantesque du tunnel principal du Gothard. Il eut à diriger plus tard l'exécution du chemin de fer Viège-Zermatt. La haute estime qu'on en avait le fit choisir comme expert dans une difficulté pendante en Afrique entre l'Angleterre et le Portugal. Il fit partie, dans ses dernières années, du Conseil supérieur de l'Ecole polytechnique fédérale et de la Commission permanente de l'Administration des Chemins de fer fédéraux. Il publia dans le „Bulletin technique de la Suisse Romande“ des études sur les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine, études dans lesquelles il exposa les résultats de ses expériences et de ses constatations, fixant des normes empiriques de nature à déterminer la progression de la chaleur dans les excavations accentuées.

Après avoir rappelé le souvenir de ceux qui, chez nous, par leurs brillantes études et leurs remarquables travaux et découvertes, se sont imposés à l'attention de leurs contemporains et méritent plus particulièrement d'avoir leur nom inscrit dans le livre d'or de notre Société, vais-je maintenant mettre un point final à ma nomenclature et conclure? Non, Messieurs! Au risque de m'imposer quelques minutes de plus à votre indulgence, laissez-moi, afin d'être complet, saluer d'un geste, d'un mot, par une simple citation, les quelques Valaisans des siècles écoulés, qui, retenus ailleurs par leurs devoirs professionnels, n'ont pu travailler que par occasion dans le champ de la nature qui leur était pourtant si cher et auquel ils eussent été si heureux de consacrer toute leur activité. J'ai nommé: *D. Pott*, collaborateur du grand HALLER, qui dit de lui dans la préface de son ouvrage: *Icones Plantarum Helvetiæ* p. XXIX: „In montibus Lambela, Revenense et Tanieres, valesiorum plantas me rogante legit.“ — *Felix Bonnaz*, de St-Gingolph (1814—1845). — Abbé *Dähnen*, de Conches, auteur d'un ouvrage sur les „Plantes phanérogames de France et des Alpes du Valais“ (1852). — Les curés *Sébastien Kæmpfen*, de Geschinen, et *Brunner*, de Lœtschen, minéralogues, du milieu du siècle passé ainsi que le suivant: *Andereggen*, grand collectionneur de papillons. — *Jacques-Etienne d'Angreville* (1808—1867), qui publia

en 1863 une „Flore du Valais“. — Le colonel *Louis de Courten* (1800—1874), pour lequel la contrée fleurie et noble de Sierre n'eut point de secret et dont l'herbier préparé avec soin fait honneur aux collections cantonales au milieu desquelles elle est classée. — *Claude Matthey*, de la Crettaz près Salvan, botaniste et entomologiste, mort à Paris vers 1840. — *Daniel Fellay*, de Bagnes, enseigna les mathématiques à Constantinople et s'adonna à la botanique et à l'entomologie. — L'abbé *Joseph Imseng* de Saas-Fée, géologue et botaniste, tombé dans le lac Mattmark, le 5 juillet 1869. — Le peintre *Raphaël Ritz* (1829—1894), botaniste et géologue. Ce dernier a publié dans le fasc. V—VI du „Bulletin de la Murithienne“ (1876) une liste des minéraux de Conches. — Chanoine *P. Besse* (1837—1907), de l'abbaye de de St-Maurice, ornithologue.

Et maintenant en terminant, serais-je indiscret, si, en confrère reconnaissant, je m'inclinais, non sans émotion vers deux ou trois fils du St-Bernard qui, après tant d'autres de la Maison, cherchèrent dans la nature et la science aimable un délassement à leurs devoirs de piété et de charité? Je vois se présenter à mon regard le Chanoine *Jos. Philibert Crettet*, qui fut prieur du Bourg St-Pierre vers 1744 (mort en 1747), ainsi que le Chanoine *Gratien Formaz*, mort en 1730, puis les Chanoines *Jérôme Darbellay* (1726—1809), *François Joseph Fusey* (1813—1839) et *Camille Carron* (1853—1911), qui après s'être voué avec passion à la botanique pendant ses séjours au Grand-St-Bernard et au Simplon, se fit, devenu procureur général de la Maison, le collaborateur fidèle et dévoué des amis de la flore, vers laquelle ses préférences ne cessèrent d'aller.

Je m'arrête dans cette énumération des principaux amateurs des sciences naturelles qu'a fournis notre canton. Les distingués compatriotes qui, pour l'honneur du Valais et le profit de la science, fouillent et cultivent aujourd'hui le jardin de la nature, qu'ils aiment passionnément, m'en voudraient de violer, en les nommant, le vieil adage : *lauda post mortem*.¹

¹ Je me fais un devoir d'exprimer les sentiments de profonde gratitude, pour de précieux renseignements fournis à :

Monseigneur BOURGEOIS, Prévôt du Grand-St-Bernard; M. le Chanoine GABRIEL DELALOYE, Grand Vicaire, à Sion; M. le Dr H. CHRIST, à Bâle; M. le Dr LÉO MEYER, à Sion; M. JULES BERTRAND, à Chexbres; M. PHILIPPE FARQUET, au St-Bernard; M. le Chanoine MARIETAN, à St-Maurice; M. CHARLES MECKERT, à Sion; M. HENRI DE PREUX, à Sion.

Il eût fallu, pour être complet, pénétrer dans les autres domaines de l'intelligence, aborder la politique, l'art, les lettres, l'armée,¹ vous parler d'un ERMANFROY qu'au XI^e siècle les rois et les empereurs aimaient à choisir pour arbitre, d'un SCHINNER dont la grande figure a rayonné non seulement sur la Suisse, mais sur l'Europe entière, des nombreux autres personnages qui, par la parole, la plume et surtout par l'épée, ont, à un moment donné, forcé les regards des Confédérés à se fixer sur eux avec complaisance et parfois avec admiration. Cela eût par trop dépassé le cadre du rapport que je me suis proposé de présenter dans l'espoir de vous démontrer que le Valaisan sait, lui aussi comprendre ce qu'il y a de grand, d'utile, de merveilleux autour de lui dans ce pays que MONTALEMBERT, dans les „Moines d'Occident“, déclarait être le plus beau paysage du monde.

Mais, Messieurs, dans ce désir de prouver que le Valais a eu à cœur d'allonger dans la mesure de ses faibles moyens la magnifique liste de ceux qui, en Suisse, se sont manifestés les fervents admirateurs de cette nature que la main de Dieu a faite si belle et si riche, trop longtemps je vous ai retenus.

Messieurs, en arrivant hier à Zermatt, alors que je me trouvais en présence du Cervin dont la cime va se fixer grandiose, jusque dans les profondeurs des cieux, je n'ai pu m'empêcher de penser que j'avais là devant moi un magnifique symbole de l'homme de la science. Comme cette roche majestueuse, celui-ci doit, en effet, tendre à s'élever toujours plus loin, toujours plus haut, mais par la recherche de la vérité. Oui, puisse-t-il, chaque jour davantage, comprendre sa véritable mission et, vrai savant, ne s'arrêter jamais dans sa marche ascendante qui le conduira à l'éternelle vérité et, dans sa qualité si grande et si noble de l'homme de la science, puisse-t-il ainsi rendre hommage à Celui que les Livres Saints appellent le Dieu des sciences, *Deus scientiarum*.

C'est dans ces sentiments que je déclare ouverte la 104^e session de la Société Helvétique des Sciences Naturelles et que, de tout cœur, je répète le souhait adressé au commencement: Messieurs soyez les bienvenus!

¹ Vers le milieu du XIX^e siècle, le Valais comptait 7 généraux d'armées au service étranger.

Die Prophylaxe des Kropfes

Dr. med. O. BAYARD (St. Niklaus, Wallis)

Vor drei Jahren hat Professor HEDINGER in der allgemeinen Sitzung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft die wissenschaftliche Seite des Kropfproblems besprochen. Am Schlusse seines Vortrages betonte Prof. HEDINGER die Notwendigkeit einer staatlich organisierten prophylaktischen Kropfbekämpfung. In den letzten Jahren sind nun die Arbeiten über die Kropfverhütung so weit gediehen, dass der Ruf HEDINGERS nach einer grosszügig orientierten Kropfverhütung verwirklicht werden kann. Dass es durchaus notwendig ist, die Kropfprophylaxe grosszügig zu orientieren, ergibt sich aus den gewaltigen Schädigungen, welche der Kropf auf ein damit behaftetes Volk ausübt. Lassen Sie mich daher auf die Bedeutung des Kropfes für die Schweiz kurz eingehen.

Die Schweiz gehört zu den am meisten mit Kropf behafteten Ländern. Am schwersten heimgesucht sind die Kantone Freiburg, Bern und Aargau. Professor HEDINGER hat in dieser Versammlung vor drei Jahren mitgeteilt, dass er unter den letzten 13,000 Sektionen, die er im Basler pathologischen Institut ausführte oder ausführen sah, kaum je eine normale Schilddrüse sah, die von Schweizern stammte. Dasselbe gilt nach Professor OSWALD in Zürich auch von den andern Kantonen. Die Kropfendemie ist also über die ganze Schweiz ausgebreitet, und mehr oder weniger zahlt jedermann derselben seinen Tribut; nur ist die Intensität der Endemie je nach den Landesteilen verschieden.

Schon durch seine Grösse vermag der Kropf durch Druck auf die Luftröhre und die grossen Gefässe Atmung und Blutzirkulation zu behindern. Auch kann der Kropf seinem Träger in kosmetischer Hinsicht unbequem sein. Es müssen daher in der Schweiz jährlich zwischen 2000—3000 Kropfoperationen ausgeführt werden. Unserer Wehrmacht gehen allein durch den Kropf jährlich 1000—2000 Mann verloren.

Es ist nun schon früh beobachtet worden, dass dort, wo der Kropf endemisch auftritt, es mit der Vergrösserung der Schilddrüse

nicht sein Bewenden hat, sondern dass der Kropf auf das ganze Volk einen eminent rassenschädigenden Einfluss ausübt. Gegenden, in denen der Kropf zu Hause ist, sind auch von der Taubstummheit und vom Kretinismus heimgesucht, und es ist heute ausser Zweifel, dass zwischen dem Kropf einerseits, dem Kretinismus und der Taubstummheit anderseits ein kausaler Zusammenhang besteht. In Gegenden, die ganz kropffrei sind, wie an den Meeresküsten, ist der Kretinismus unbekannt, die Taubstummheit selten. In den kantonalen Armen- und Versorgungsanstalten stellen die Kretinen und Halbkretinen unter den Insassen ein grosses, manchmal das grösste Kontingent dar. Auf die gleiche Bevölkerungszahl berechnet, finden sich in der Schweiz dreimal mehr Taubstumme als in den andern europäischen Ländern. Kretinismus und Taubstummheit gehören zu den schwersten Folgeerscheinungen der kropfigen Degeneration. Von diesen Zuständen gibt es bis zur vollen Gesundheitsbreite alle Übergänge in körperlicher und geistiger Beziehung. Hierher gehören unter anderm plumpe Gesichtszüge, schlecht proportionierter Körperbau, Schwerhörigkeit, eine mehr oder weniger ausgeprägte Beeinträchtigung der Geistessphäre.

Es übt also der Kropf einen eminent rassenschädigenden Einfluss auf ein Volk aus, und er untergräbt dessen körperliche und geistige Leistungsfähigkeit.

Meine Damen und Herren! Sie sehen, dass es sich beim Kampf gegen den Kropf nicht so sehr darum handelt, die Schilddrüse zu verkleinern, als vielmehr darum, eine Menge schwerer Gebrechen von unserm Volke fernzuhalten.

Bevor ich auf die Prophylaxe des Kropfes eingehe, will ich kurz die Ergebnisse der neueren Kropf- und Schilddrüsenforschung darlegen, weil dieselben die Grundlage der heutigen Kropfprophylaxe bilden.

Vor ungefähr 40 Jahren wusste man sozusagen nichts über die Rolle der Schilddrüse im Organismus. Damals begann die Blütezeit der Chirurgie, und es traten auch die Chirurgen an die operative Entfernung der kropfigen Schilddrüse. Die beiden Schweizer Chirurgen KOCHER und REVERDIN machten nun die Beobachtung, dass bei Personen, denen die kropfige Schilddrüse ganz oder beinahe ganz entfernt wurde, sich nach einiger Zeit ein eigenartiger Krankheitszustand ausbildete. Nach Wochen oder Monaten wurden diese

Personen schwach und hinfällig, träge und apathisch, und unter den allmählich zunehmenden Erscheinungen des körperlichen und geistigen Verfalls gingen sie zugrunde.

Es wurde später festgestellt, dass, wenn solchen Personen Schilddrüsen von Tieren, sei es in frischem, sei es in getrocknetem Zustande, verabreicht wurden, diese krankhaften Veränderungen zurückgingen.

Aus diesen Beobachtungen wurde der Schluss gezogen, dass die Schilddrüse eine lebenswichtige Substanz bildet und an den Organismus abgibt, und dass ohne diese Substanz der Körper seine volle körperliche und seelische Tätigkeit nicht entfalten kann, sondern zugrunde geht.

Im Jahre 1895 machte BAUMANN die wichtige Entdeckung, dass die Schilddrüse viel Jod enthält. Wir wissen heute, dass das Jod im Zellstoffwechsel der Schilddrüse eine grosse Rolle spielt, wenn uns auch die volle Bedeutung, die dem Jod zukommt, noch nicht in jeder Hinsicht klar ist. Es ist heute noch strittig, ob das Jod einen unentbehrlichen Bestandteil des Schilddrüsensekretes bildet, obgleich diese Annahme nach den Arbeiten von OSWALD und neuestens von KENDALL sehr wahrscheinlich ist. Dagegen ist sowohl durch das Experiment wie durch die klinische Beobachtung festgestellt, dass Jodzufuhr zur Schilddrüse die Bildung des Schilddrüsenstoffes und dessen Abgabe an den Organismus fördert.

Es bedarf also der Organismus des Schilddrüsenstoffes als einer lebenswichtigen Substanz, und die Bildung des Schilddrüsenstoffes wird von der Jodzufuhr beeinflusst.

Es ist nun vor 70 Jahren von dem französischen Chemiker CHATIN durch zahlreiche Analysen nachgewiesen worden, dass der Jodgehalt der Nahrung und der Luft an verschiedenen Orten der Erdoberfläche bedeutend variiert. CHATIN stellte ferner fest, dass dort, wo die Nahrung und die Luft jodarm sind, der Kropf auftritt. So ist die Meeresküste, wo die Bevölkerung mit der Nahrung und der Luft viel Jod einnimmt, vom Kropf verschont, während er die jodarmen Gebirgsgegenden heimsucht. CHATINS Untersuchungen fanden damals nicht die ihnen gebührende Anerkennung, und die von ihm aufgestellte Jodmangeltheorie wurde ziemlich allseitig abgelehnt. Die damals mächtig sich entwickelnde Bakteriologie veranlasste die Kropfforscher, mehr nach einer toxisch-infektiösen Ursache des Kropfes zu suchen. Zahlreiche und sehr sorgfältig

durchgeführte Versuche, unter denen ich besonders diejenigen von HIRSCHFELD und KLINGER erwähne, ergaben keine Anhaltspunkte, dass ein Mikroorganismus oder ein Toxin die Ursache des endemischen Kropfes sei, so dass man sich in neuester Zeit wieder mehr der Jodmangeltheorie zugewandt hat. Die Jodmangeltheorie ist zwar noch nicht allgemein anerkannt. Die Infektionstheorie des Kropfes hat so stark die Geister beherrscht, dass sich ihr Einfluss noch heute geltend macht.

Die neuesten Untersuchungen, welche in der Schweiz über den Jodgehalt der Nahrung in einer kropfarmen und in einer stark kropfbehafteten Gegend aufgestellt wurden, stehen im Einklang mit der Jodmangeltheorie. VON FELLEBERG untersuchte den Jodgehalt der Nahrung in der Gegend von La Chaux-de-Fonds, welche, wie der Jura überhaupt, nur leicht kropfbehaftet ist, und von Signau bei Bern, wo der Kropf stärker auftritt. Die Nahrung ist in La Chaux-de-Fonds etwa 2—3mal jodreicher als in Signau. Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds enthält ungefähr 20 mal mehr Jod als dasjenige von Signau.

Ich füge hier bei, dass die Jodmangeltheorie sich nicht allein auf diese Untersuchungen stützt, sondern dass noch andere Gründe für dieselbe sprechen, die ich hier bloss andeute. So lassen sich sowohl die Vergrößerung der Schilddrüse in jodarmen Gegenden wie die feineren strukturellen Veränderungen in derselben durch Jodmangel erklären; ferner stehen auch alle epidemiologischen Tatsachen mit der Annahme des Jodmangels im Einklang.

Es neigen daher heutzutage die meisten Kropfforscher der Ansicht zu, dass Jodmangel die Ursache des endemisch auftretenden Kropfes sei. Liegt nun ein Jodmangel der Kropfendemie zugrunde, so ist die Kropfprophylaxe eine gegebene: das Joddefizit muss gedeckt werden. Sind die Meinungen der Kropfforscher hinsichtlich der Ätiologie des Kropfes noch geteilt, so herrscht doch in bezug auf die Prophylaxe Übereinstimmung. Auch diejenigen Kropfforscher, welche noch eine toxisch-infektiöse Ursache des Kropfes annehmen, wie GALLI-VALERIO und MESSERLI in Lausanne, sind der Ansicht, dass der Kampf gegen den Kropf mit jenen minimalen Jodmengen geführt werden muss, wie sie von den Anhängern der Jodmangeltheorie empfohlen werden.

Es kann die Jodzufuhr zur Verhütung des Kropfes in verschiedener Weise geschehen. Es wurden offene Fläschchen mit Jod

in Schul- und Schlafzimmern aufgestellt. Die sich entwickelnden Joddämpfe, welche mit der Atmung in den Organismus gelangen, genügen, um die kropfig vergrößerte Schilddrüse zu verkleinern. Einer besondern Beliebtheit erfreut sich besonders in Schulen die Verabreichung von Jodostarintabletten nach KLINGER oder von Jodkaliumtabletten nach HUNZIKER.

In einfachster und — was für eine hygienische Massnahme ein Vorzug ist — in unauffälligster Weise kann die Jodzufuhr erfolgen, wenn das nötige Jod dem Organismus zugleich mit dem Kochsalz zugeführt wird. Ich gehe hier nur auf die Bekämpfung des Kropfes mit jodhaltigem Kochsalz ein, weil meine persönlichen Erfahrungen sich nur auf diese Art der Kropfbekämpfung erstrecken und weil meines Erachtens derselben die Zukunft gehört.

Der erste Versuch, den Kropf mit jodiertem Kochsalz zu bekämpfen, stammt von RILLIET in Genf. Im Jahre 1851 und 1852 liess RILLIET 28 Personen ein Kochsalz gebrauchen, dem er 1 Deziagramm Jodkali pro Kilo Kochsalz zugefügt hatte. Nach mehrmonatigem Gebrauch kam es bei drei Personen wegen des zu hohen Jodgehaltes zu krankhaften Erscheinungen, bestehend hauptsächlich in Pulsbeschleunigung und Abmagerung, so dass jodiertes Kochsalz nicht weiter verwendet wurde. Der Vorschlag, jodhaltiges Kochsalz zur Kropfbekämpfung zu gebrauchen, wurde seither oft gemacht, ohne dass es seit RILLIET je zur praktischen Ausführung gekommen wäre.

Ich habe deshalb vor fünf Jahren diese Frage praktisch in Angriff genommen.

Vorerst war festzustellen, wie viel Jod dem Kochsalz im Minimum beizumengen sei, um rückbildungsfähige Kröpfe zu verkleinern. BOURCET hat berechnet, dass in Paris, das als kropffrei gelten kann, dem Organismus jährlich zirka 12 Zentigramm Jod zugeführt wird. Das Joddefizit in einer vom Kropf heimgesuchten Gegend muss also unterhalb dieses Quantums liegen. Es wäre aber verfehlt, anzunehmen, dass die Differenz des Jodgehaltes der Nahrung in kropffreien und in kropfbehaferten Gegenden ohne weiteres die Jodmenge ergebe, die dem Kochsalz als Jodalkali beizufügen sei. Das Nahrungsjod ist vermutlich organisch gebunden und wird daher jedenfalls nicht in der Masse resorbiert, wie die Jodalkalien. Andererseits ist mit den Jodverlusten zu rechnen, die beim Kochen und Zubereiten

der Speisen, beim Backen des Brotes auftreten, und die beim organisch und anorganisch gebundenen Jod verschieden sein können.

Die Jodmenge, die dem Kochsalz als Jodalkali zuzufügen ist, muss daher auf experimentellem Wege ermittelt werden.

Zu diesem Zwecke stellte ich Versuche in dem Dorfe Grächen im Vispertal an.

Vorerst wurden sämtliche Schulkinder auf ihre Schilddrüsen untersucht, um die am besten sich eignenden Fälle zu finden. An den parenchymatösen Strumen der Kinder lässt sich eine Wirkung am besten nachweisen. Von den Jodmengen, mit denen man eine Rückbildung des Kropfes erreicht, ist um so eher eine prophylaktische Wirkung zu erwarten. Nach LEVA nimmt der Erwachsene täglich 10—15 Gramm Kochsalz zu sich. Bei einem täglichen Verbrauch von 13,7 Gramm würde dies einem Jahreskonsum von 5 Kilo gleichkommen, den ich als Durchschnitt für meine Versuche annehme.

Für fünf Familien, deren Kinder mir am geeignetsten schienen, wurden fünf verschiedene Jodkalikochsalzmischungen hergestellt. Je eine Familie erhielt auf 5 Kilo Kochsalz einen Zusatz von 2, 4, 6, 8 oder 10 Zentigramm Jodkali. Das Salz wurde von den betreffenden Familien nicht nur im eigenen Haushalt, sondern auch zur Viehfütterung benützt. In die Milch und die Milchprodukte, die in der Familie Verwendung fanden, gelangten auf diese Weise auch wieder Spuren von Jod. Die Jodkochsalzmischung diente auch zum Backen des Brotes im eigenen Haushalt. Damit das Brot, das nebenbei von der Dorfbäckerei bezogen wurde, auch jodhaltig sei, wurde die Dorfbäckerei mit Kochsalz versehen, das den in der Versuchsreihe vorgesehenen Mindestgehalt an Jodkali aufwies (0,02 Gramm Jodkali auf 5 Kilo Kochsalz). Die Familie, welcher das Kochsalz mit dem kleinsten Jodkaligehalt zugeteilt war, hatte also ziemlich für ihr gesamtes zu konsumierendes Kochsalz den gleichen Jodkalizusatz. Es wurde nun in allen fünf Familien ein genauer Befund der Schilddrüsen aufgenommen und die geeigneten Fälle photographiert. Die Versuche dauerten während fünf Wintermonaten. Nach Ablauf von fünf Monaten wurde in allen Familien das Ergebnis festgestellt. Es zeigte sich nun, dass in allen fünf Gruppen die Schilddrüsen sich ganz bedeutend zurückgebildet hatten. Selbst bei der Familie, welche die kleinsten Jodmengen

erhalten hatte, war eine weitgehende Rückbildung der Strumen nachzuweisen.

Das war die erste Versuchsreihe, deren Resultate ich erstmals 1919 veröffentlichte.

Meine nächste Aufgabe war nun, diese Versuche auf eine breitere Basis zu stellen. Zu diesem Zwecke nahm ich mir vor, zwei Dörfer des Vispertales, Grächen und Törbel, mit jodiertem Kochsalz zu versehen. In verdankenswerter Weise übernahm das Schweizerische Gesundheitsamt die Kosten für diese Versuche.

Bevor nun die Bevölkerung von Grächen (561 Einwohner) und Törbel (577 Einwohner) jodiertes Kochsalz erhielt, wurde dieselbe mit Ausnahme der ganz kleinen Kinder und der allzu entfernt wohnenden Personen auf die Grössenverhältnisse der Schilddrüsen untersucht. Bei jeder einzelnen Person wurde die Schilddrüsengrösse aufgezeichnet, geeignete Fälle wurden überdies photographiert.

Das gesamte in Grächen und Törbel von Mensch und Vieh zu konsumierende Kochsalz erhielt nun einen Zusatz von 2 Zentigramm Jodkali zu 5 Kilo Kochsalz. Nach sechs Monaten wurde in beiden Gemeinden wieder die Untersuchung der Schilddrüsen gemacht, und es bestätigte sich das Resultat der ersten Versuchsreihe, nämlich dass weiche Strumen durch 2 Zentigramm Jodkali auf 5 Kilo Kochsalz eine Rückbildung erfahren können. Im allgemeinen war die Rückbildung um so ausgesprochener, je jünger die betreffenden Individuen waren. Nachteilige Folgen wurden nicht beobachtet. Ich habe die Resultate im Sommer 1920 dem Schweizerischen Gesundheitsamte mitgeteilt.

In Törbel wurden darauf die Versuche abgebrochen, in Grächen dagegen in der Weise weitergeführt, dass die Jodkalidosis während des folgenden Halbjahres von 2 auf 5 Zentigramm und hierauf noch ein halbes Jahr lang auf 10 Zentigramm erhöht wurde. Grächen hatte also während anderthalb Jahren künstlich jodiertes Kochsalz. Es zeigte sich bei dieser Steigerung der Joddosis:

1. dass weiche Strumen, die auf 2 Zentigramm Jodkali noch nicht deutlich reagieren, sich bei einer höhern, aber immerhin noch minimen Joddosis verkleinern;

2. dass auch bei 10 Zentigramm Jodkali auf 5 Kilo Kochsalz keine unangenehmen Nebenwirkungen auftraten.

Auf Grund dieser Versuche bestimmte die schweizerische Kropf-

kommission die Menge des Jodkalizusatzes zum Kochsalz und empfahl sie den Gebrauch jodhaltigen Kochsalzes den Behörden und der Bevölkerung.

Es haben nun seither siebzehn Kantone die fakultative Kropfprophylaxe mit jodiertem Kochsalz eingeführt, allen voran der Kanton Appenzell A.-Rh., dank den Bemühungen des um die Kropfsanierung in unserm Lande so hochverdienten Arztes Dr. EGGENBERGER in Herisau. Im Kanton Appenzell A.-Rh. verwendet seit anderthalb Jahren mehr als die Hälfte der Bevölkerung sowohl für den eigenen Gebrauch wie für die Viehfütterung jodiertes Salz. Während früher in Appenzell A.-Rh. die Zahl der Kropfoperationen sich zwischen 30—40 im Jahr bewegte, sank dieselbe in den letzten 12 Monaten auf sieben herab.

Gegenwärtig steht in allen Kantonen, welche die Kropfprophylaxe eingeführt haben, der Bevölkerung die Wahl zwischen jodhaltigem und jodfreiem Kochsalz offen. Dies darf nicht die letzte Etappe der Kropfprophylaxe sein; denn dies hiesse auf halbem Wege stehen bleiben. Würde es sich bei der Kropfprophylaxe einzig darum handeln, die Vergrösserung der Schilddrüse zu verhüten, so könnte man die Kropfprophylaxe in das Ermessen des einzelnen stellen. Es liegt aber, wie ich eingangs hervorhob, viel mehr auf dem Spiel. Es ist in unsere Hand gegeben, dass wir in der Schweiz bei der kommenden Generation den Kretinismus und den Halbkretinismus ganz verhüten und die Taubstummheit sehr stark eindämmen können, und da darf keine halbe Arbeit getan werden.

Es darf nicht dem Gutdünken und der Unwissenheit des einzelnen überlassen werden, dass die Nachkommen Gefahr laufen, geistig und körperlich minderwertig zur Welt zu kommen. Ein Volk hat die Pflicht, für die körperliche und geistige Gesundheit seines Nachwuchses alles zu leisten, was geleistet werden kann. Dies kann in bezug auf die Prophylaxe des Kropfes und seiner Folgezustände, des Kretinismus und der Taubstummheit dadurch geschehen, dass nur ein Kochsalz zum Verkauf kommt, welches einen bestimmten Jodzusatz enthält. Bis jetzt sind nach Gebrauch von jodhaltigem Kochsalz keine unangenehmen Nebenwirkungen bekannt geworden, obgleich z. B. im Kanton Appenzell seit anderthalb Jahren rund 30,000 Personen nur jodiertes Kochsalz verwenden. Übrigens kann die allgemeine Einführung des jodierten Salzes keine Überraschungen

bringen, da wir in bezug auf die Jodzufuhr nur Verhältnisse herstellen wollen, unter denen sich die Bevölkerung an den Meeresküsten seit jeher befand. Sollte sich übrigens jemand ganz ausnahmsweise gegen diese minimale Jodzufuhr als intolerant erweisen, so muss ihm Gelegenheit geboten werden, jodfreies Salz zu verwenden.

Es liegt in der Kompetenz des Bundes, gegen stark verbreitete Krankheiten gesetzliche Bestimmungen zu treffen. Für die Durchführung der allgemeinen Kropfprophylaxe braucht der Bund bloss zu verordnen, dass das zum Verkauf gelangende Kochsalz einen bestimmten Jodgehalt aufweisen müsse.

Die Notwendigkeit einer allgemeinen Kropfprophylaxe mit jodiertem Salz ist in letzter Zeit von verschiedener Seite hervorgehoben worden, so von CÆSAR ROUX, GALLI-VALERIO, EGGENBERGER und andern.

Möge der Tag nicht ferne sein, der uns endgültig die Befreiung vom Kropf und Kretinismus bringt. Es wird für das Schweizervolk ein schöner Tag sein!

Le phylloxéra en Valais et la reconstitution du vignoble

D^r H. FAES, chef de la Station fédérale d'essais viticoles
de Lausanne

La découverte de foyers phylloxériques importants au cours de l'été 1922 dans le beau vignoble valaisan a causé chez nos confédérés une émotion bien compréhensible. Parmi les richesses du Valais, en effet, le vignoble reste une de celles sur lesquelles il est légitime de compter avec sécurité.

La situation privilégiée du vignoble valaisan lui a permis de bénéficier longtemps d'une protection particulière contre le parasite. Tandis que le phylloxéra apparaissait en Suisse dès 1869, à Pregny près Genève, dès 1877 à Colombier-Neuchâtel, dès 1886 à Founex, canton de Vaud, la première tache phylloxérique comprenant 500 ceps atteints par l'insecte, ne fut découverte dans le Valais qu'en 1906 en Châtroz, sur le territoire de la commune de Sion. La longue immunité du Valais s'explique par une situation géographique toute spéciale.

Un défilé étroit, celui de St-Maurice, relie le canton de Vaud à celui du Valais, et presque entièrement dépourvu de vignes, ne constitue point une voie idéale à la propagation de l'insecte. Du côté de l'Italie, autre pays de vignobles, la haute chaîne italo-valaisanne offre une barrière infranchissable à la pénétration normale du parasite.

Cependant le phylloxéra, faisant le tour du monde, a réussi à pénétrer sérieusement aujourd'hui dans la vallée du Rhône. Le Valais subit la loi commune, tous les vignobles européens de quelque importance ayant été occupés progressivement par l'insecte, puis les vignobles africains, les vignobles de l'Amérique du Nord et du Sud, les vignobles australiens.

Devant la menace phylloxérique le gouvernement du Valais ne restait pas inactif. Par un décret du 29 mai 1879, le Grand Conseil du canton du Valais prenait les premières mesures préven-

tives contre le phylloxéra et créait une caisse d'assurance entre les propriétaires de vignes. Ces premières mesures furent complétées par des arrêtés, décrets et ordonnances en 1881, 1893, 1894, 1899, 1900. Enfin, à la suite des graves découvertes de l'été 1922, le Grand Conseil du canton du Valais vote le décret du 5 mars 1923, qui fixe définitivement les principes et modalités de la lutte contre le phylloxéra et de la reconstitution du vignoble valaisan.

Comme dans tous les pays de vignobles, certaines personnes ont accueilli la nouvelle de la pénétration du phylloxéra en Valais avec indifférence, comptant que les conditions du sol et du climat, que les variétés indigènes de vignes s'opposeraient à un développement normal du parasite. Il y a lieu de réfuter ces opinions de la façon la plus expresse. Selon toutes apparences, le climat chaud et sec du Valais, surtout du Valais central, sera plus favorable à l'extension du phylloxéra que le climat des autres cantons romands. Les sols du vignoble valaisan ne présentent pas d'autre part de caractéristiques qui permettent de prévoir un cheminement difficile du parasite. Quant à la résistance spécifique des variétés indigènes de vignes, nous nous contentons de rappeler qu'en 1880 déjà, M. DE LA PIERRE, en son temps chef du Département de l'Intérieur du canton du Valais, avait fait expérimenter dans un vignoble phylloxéré de France (L'Armeillère) la résistance au phylloxéra des diverses variétés de vignes cultivées en Valais: toutes succombèrent en quatre ans, dans des conditions à vrai dire très favorables au développement du parasite.

Le phylloxéra en Valais. La première tache phylloxérique fut donc découverte dans le canton du Valais en 1906, sur le territoire de la commune de Sion, parchet de Châtroz. Des éclaboussures, à peu de distance du foyer primitif, furent retrouvées en 1909, puis en 1910.

Cette année-là, des mesures très énergiques furent prises, comportant en particulier la destruction au sulfure de carbone non seulement des souches infectées, mais d'une très large zone de sûreté autour des ceps reconnus phylloxérés. Le résultat de ce traitement sévère fut excellent, le phylloxéra disparut de la région et ne réapparut que beaucoup plus tard (1920), à la suite de nouvelles infections.

En 1916, le phylloxéra est découvert sur le territoire de Fully, au lieu dit Plamont, à l'Est du hameau de Tassonnieres. C'est à Fully, au coude du Rhône, que JEAN DUFOUR, l'ancien directeur de la Station viticole du canton de Vaud, craignait logiquement de voir apparaître le phylloxéra en Valais: il estimait que de ce point l'insecte menacerait de façon très sérieuse les autres vignobles valaisans.

Les recherches effectuées en 1916 à Plamont permirent de reconnaître une contamination déjà ancienne, s'étendant, plus ou moins prononcée, sur une surface d'environ 12 hectares.

Il fut malheureusement impossible de se procurer, durant la guerre, le sulfure de carbone nécessaire à la destruction d'un foyer phylloxérique aussi important. On dut se contenter de détruire les taches sises à la périphérie, afin de protéger, dans la mesure du possible, les vignobles encore indemnes.

En 1920, la situation phylloxérique de Fully s'était nettement aggravée. La grande région phylloxérée de Plamont, au nord de Fully, avait déterminé une série d'éclaboussures (40 environ) sur d'autres points du vignoble de la commune. Ces éclaboussures se trouvaient fréquemment dans des vignes dont les propriétaires possédaient également des parchets en Plamont et avaient dû transporter eux-mêmes l'insecte par les souliers, les instruments de travail ou de vendange.

Du côté Ouest, les dernières éclaboussures phylloxériques étaient proches de Branson, à 1 km environ du foyer principal de Plamont. Du côté Est, on trouvait des taches en Saloz, en Champ-Plan, sur le village de Châtaignier (à la Meule), enfin sur le village de Saxé (à la Combe), à quelques 2 km du foyer initial de Plamont.

Le phylloxéra fut découvert également en 1920 dans le vignoble des Balettes, sur la commune de Sion: la tache comprenait une centaine de ceps reconnus phylloxérés.

Dès 1921, la lutte anti-phylloxérique dut être abandonnée sur une partie du territoire de Fully, dans laquelle il n'y avait plus aucun espoir d'arriver à détruire complètement l'insecte. Cette même année, la forme gallicole du phylloxéra est observée à Leytron, dans le champ de pieds-mères (vignes américaines destinées au greffage) établi par les soins du canton du Valais.

En 1922, les attaques du phylloxéra dans le vignoble valaisan dénoncent toute leur gravité. L'insecte s'est développé facilement

durant les étés secs et chauds de 1920 et 1921, la vigne au contraire a souffert de la sécheresse et mal résisté au parasite. Aussi voit-on de nombreuses cuvettes phylloxériques se dessiner sur des points où on ne les soupçonnait guère. Port-Valais (vignoble des Evouettes), Vouvry sont reconnus très gravement phylloxérés, de gros foyers se rencontrent sur Chamoson, Leytron, Savièse et Fully. Enfin le phylloxéra gallicole réapparaît dans des parcelles de vignes américaines destinées au greffage sur place (Fully, Leytron, Saxon et Sion).

Cette année, en 1923, la situation est plus rassurante, l'été froid et humide de 1922 ayant été très défavorable aux progrès de l'ennemi; mais ce n'est qu'un moment de répit dans l'histoire de l'invasion. Dans tous nos cantons, les foyers phylloxériques découverts en 1923 sont beaucoup moins nombreux qu'en 1922.

Dans le vignoble valaisan, les dernières recherches de 1923 ont permis de découvrir: à Saillon, 2 taches phylloxériques; à Leytron, 6 éclaboussures; à Chamoson, 1 tache et 9 éclaboussures; à Vétroz, 1 tache; enfin 47 taches, dans la partie du territoire de Fully, où la lutte antiphyllloxérique est encore continuée. Vu l'extension du phylloxéra, la lutte a été en effet déjà abandonnée sur une partie du territoire de Fully, ainsi que sur les communes de Port-Valais et de Vouvry.

Comme toujours, chacun a longuement épilogué, sans pouvoir l'établir avec certitude, sur le mode de pénétration du phylloxéra en Valais.

L'état actuel de nos connaissances prouve seulement qu'en dépit de toutes les mesures prises, un parasite jouissant de possibilités de dispersion aussi grandes que le phylloxéra pénétrera indiscutablement, un jour ou l'autre, dans un vignoble de quelque étendue.

Le phylloxéra est apparu jusqu'ici en Valais sous sa forme normale peut-on dire, forme radicole, dans les vignobles de Port-Valais, Vouvry, Fully, Chamoson, Leytron, Savièse et Sion. Mais en outre, dans certains parchets de Fully, Leytron, Saxon et Sion, la forme gallicole de l'insecte a été observée en 1921 et 1922 sur des vignes américaines importées directement de France et destinées au greffage sur place. Cette apparition du phylloxéra gallicole dans le canton du Valais a fait couler beaucoup d'encre et donné lieu à de nombreuses polémiques.

En Suisse, les études que nous avons faites démontrent à l'évidence l'influence grande des conditions climatiques locales et annuelles sur le développement du phylloxéra gallicole. Au Tessin, le phylloxéra gallicole est très fréquent, apparaît chaque année sur les vignes américaines porte-greffes (champs de pieds-mères) et les producteurs directs. Dans le canton de Zurich, la forme gallicole du phylloxéra n'a jamais été observée jusqu'ici, affirmation confirmée par la dernière étude de SCHNEIDER-ORELLI.¹

Dans le canton de Neuchâtel aussi, le phylloxéra gallicole n'a pas été rencontré jusqu'ici, ni sur les vignes américaines ni sur les hybrides producteurs directs.

A Genève, le gallicole se montre assez fréquemment, mais pas régulièrement, dans les champs de pieds-mères. Dans le canton de Vaud, la forme gallicole du phylloxéra est très rare dans les champs de pieds-mères et inconnue jusqu'ici sur les plants producteurs-directs. Il ne saurait être question d'une observation trop superficielle, car nous inspectons régulièrement au cours de l'année, pied par pied, les champs de pieds-mères du canton de Vaud pour y opérer une sélection rigoureuse. Nous notons aussi, après examen consciencieux, dans toutes nos vignes d'essais, la résistance du feuillage aux maladies cryptogamiques de chaque producteur direct: si ces plants portaient des galles, elles ne sauraient échapper à semblable examen. Or, champs de pieds-mères et plants producteurs directs se trouvent cependant dans un vignoble où l'insecte abonde, puisque le vignoble vaudois est reconnu phylloxéré dès 1886.

Quel sera le développement du phylloxéra gallicole dans le canton du Valais, présentera-t-il des analogies avec les observations faites au Tessin ou plutôt avec celles faites sur territoire vaudois? Les années prochaines donneront la réponse qui reste aujourd'hui douteuse, car le phylloxéra gallicole fut jusqu'ici en Valais un phylloxéra d'importation amené sous la forme d'œuf d'hiver sur des plants racinés importés de France.

Le phylloxéra gallicole préfère d'autre part de toute évidence certaines variétés de vignes à d'autres. Le sang des feuilles américaines l'attire, le sang des feuilles européennes ne lui dit rien qui vaille. Dans les vignes américaines encore, certaines sortes sont beaucoup plus attaquées que d'autres; les hybrides producteurs

¹ SCHNEIDER-ORELLI, O., Reblausversuche im Kanton Zürich. — *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz*, 1921.

directs seront plus ou moins gallicolisés selon la qualité et la quantité du sang américain entré dans leur constitution.

Un porte-greffe *Riparia* × *Rupestris* 3309 qui ne contient que du sang américain se couvrira une année de galles phylloxériques, tandis que tout à côté un Chasselas × *Berlandieri* 41 B n'en portera point, parce que contenant dans ses veines une proportion notable de sang européen.

Notons enfin que le phylloxéra gallicole n'a pas réapparu en 1923 dans le vignoble du Valais où il s'observait donc assez fréquemment en 1922.

La lutte contre le phylloxéra en Valais doit être menée avec énergie et constance pour défendre la richesse nationale et permettre de récolter tout en préparant la reconstitution du vignoble. On ne peut que regretter vivement le décès subit du colonel Jos. RIBORDY, que le gouvernement valaisan venait de désigner comme Commissaire phylloxérique cantonal et qui possédait toutes les qualités voulues pour mener à bien cette tâche difficile. Il s'agira au préalable d'instruire tout spécialement les visiteurs phylloxériques déjà désignés actuellement, en leur fournissant la documentation nécessaire, le matériel indispensable, en leur faisant visiter des foyers et écloseries phylloxériques.

Les difficultés locales ne manqueront pas dans l'exécution des travaux antiphyloxériques, difficultés en relation avec la topographie du terrain, de nombreuses vignes se trouvant situées sur des pentes fort inclinées: il y aura lieu de creuser des fossés de protection très profonds pour empêcher les coulées de sulfure de carbone dans les vignes inférieures; difficultés dépendant de la constitution physico-chimique du sol, qui souvent très léger laissera filtrer trop facilement le sulfure de carbone, sans que celui-ci ait le temps d'agir complètement sur les phylloxéras fixés aux racines. Mais en travaillant rationnellement, en prenant les précautions voulues, en répétant les injections en sols difficiles, le canton du Valais comme les autres cantons suisses obtiendra certainement de la lutte antiphyloxérique le seul résultat qu'il est légitime d'en attendre: une prolongation de durée de l'ancien vignoble permettant l'organisation d'une reconstitution normale.

Dans un canton où la nature des sols du vignoble est aussi disparate qu'en Valais, la préparation de la reconstitution nécessite beaucoup de main d'œuvre, d'argent et de temps. Le sol est souvent

le sous-sol de chaque vigne à reconstituer doit être analysé, surtout pour fixer la teneur en carbonate de chaux, les diverses variétés de vignes américaines porte-greffes supportant des doses variables de ce composé dans le terrain. Des vignes d'essais modèles, renfermant les principales vignes indigènes greffées sur les divers plants américains doivent être établies dans les régions viticoles importantes du pays, de façon à établir le porte-greffe qui assure la production quantitative et qualitative la meilleure. Pour assurer un matériel authentique et bien conditionné de vignes américaines nécessaires au greffage, il faut créer des champs de pieds-mères en situations appropriées où l'on cultivera les vignes porte-greffes qui se seront montrées les plus méritantes en Valais. Enfin des cours de greffage destinés aux propriétaires et vigneron, des cours spéciaux destinés plus spécialement aux pépiniéristes qui désireront pratiquer le commerce et la vente des plants greffés devront être donnés régulièrement de façon à préparer tout le personnel nécessaire à la reconstitution d'un grand vignoble. Nous devons rendre un juste hommage à M. le Conseiller d'Etat M. TROLLIET qui par l'établissement du domaine viticole du Grand Brûlé a tracé la voie nouvelle dans laquelle doit s'engager le vignoble valaisan.

La reconstitution du vignoble valaisan. Avant l'invasion phylloxérique, notre vigne indigène „*Vitis vinifera*“ se plantait sans inconvénient dans beaucoup de terrains de composition physique et chimique souvent très diverses, légers ou lourds, graveleux ou non, peu ou fortement calcaires. Dans toutes les régions où l'on doit reconstituer le vignoble, on sait généralement aujourd'hui, que les différentes vignes américaines utilisées comme porte-greffes ne bénéficient pas d'une telle „élasticité“ et ne s'adaptent pas avec la même facilité à tous les sols. Certains terrains difficiles, entre autres les sols très compacts et très calcaires, ne peuvent être replantés qu'à l'aide de porte-greffes spéciaux, obtenus à la suite de longues et patientes recherches.

Au reste, les viticulteurs qui les premiers pensèrent à la reconstitution du vignoble phylloxéré ne songèrent pas tout d'abord au greffage de nos variétés indigènes sur les vignes américaines sauvages. Lorsqu'ils eurent établi que certaines vignes cultivées en Amérique étaient résistantes à l'insecte, ils se hâtèrent de faire venir des boutures de ces producteurs directs privilégiés (JACQUEZ,

HERBEMONT, etc.) et de les planter dans tous les types de sols, en espérant les cultiver tels quels pour l'obtention du vin. Les insuccès ne se firent pas attendre. Certaines variétés importées n'étaient pas résistantes à l'insecte et succombèrent bientôt sous les attaques du phylloxéra. Toutes ne donnèrent que des vins de qualité très inférieure, présentant un goût désagréable, dit goût foxé.

C'est alors que, sur les indications de pépiniéristes américains, on s'adressa aux vignes américaines sauvages et résistantes, sur lesquelles on greffa les vignes d'Europe, seul procédé qui permit de conserver les plants et par suite les crûs si renommés de l'ancien continent.

Le greffage de la vigne n'apparaîtra pas au reste à tous les vigneron du Valais comme une nouveauté, car il est pratiqué depuis très longtemps dans diverses régions pour changer les variétés de qualité inférieure.

On apprit bientôt qu'il était également impossible d'introduire sans discernement les plants américains sauvages comme porte-greffes dans toute sorte de sols. Tandis que les variétés de vignes indigènes, soit européennes, appartiennent toutes à une même espèce, les vignes américaines comptent au contraire un nombre relativement élevé d'espèces très différentes les unes des autres, par leurs caractères botaniques d'abord, par leurs exigences particulières ensuite. On s'aperçut rapidement que les vignes américaines ne possédaient pas la souplesse particulière à la vigne d'Europe et devaient être plantées dans les sols convenant aux diverses variétés.

Les porte-greffes utilisés en viticulture sont aujourd'hui très nombreux. Non seulement les principales espèces de vignes américaines se subdivisent en variétés distinctes, mais elles se croisent entre elles avec grande facilité, soit naturellement à l'état sauvage, soit sous les mains habiles des hybrideurs.

Disons seulement que les portes-greffes actuellement employés en pays vignobles appartiennent à trois groupes principaux : vignes américaines pures (espèces bien définies), vignes américo $\times$ américaines (espèces américaines hybridées entre elles), vignes franco $\times$ américaines (hybrides entre vignes américaines et vignes françaises).

Eu égard à l'extrême diversité des sols, tant au point de vue géologique et pétrographique qu'au point de vue physico-chimique, la reconstitution du vignoble valaisan exigera beaucoup d'attention

des viticulteurs. Appelé par nos fonctions à la conseiller, nous gardons un souvenir reconnaissant à notre ancien maître, le président actuel de la Société helvétique des Sciences naturelles, M. le professeur MAURICE LUGEON, qui nous a initié par la chaleur et la sécheresse, par le froid et la neige à la géologie compliquée du beau canton qui nous reçoit si aimablement aujourd'hui.

Aucune unité de composition ne peut exister dans le sol du vignoble valaisan, les roches du sous-sol ou roches de base étant fort différentes (chaîne berno-valaisanne et chaîne italo-valaisanne). Souvent les terrains qui constituent le sous-sol du vignoble, ne se rencontrent guère au reste que dans la profondeur et n'ont joué qu'un rôle très secondaire ou même nul dans la formation de la couche de terre végétale qui seule doit nous intéresser. En maints endroits en effet, ces terrains de base ont été profondément mélangés aux matériaux amenés par les cônes de déjection, d'éboulis ou aux matériaux glaciaires ou bien même entièrement recouverts par eux. Notons aussi l'apport artificiel de graviers et schistes qui a fréquemment modifié de façon considérable la nature du terrain de surface.

Un coup d'œil sommaire sur la géologie très complexe du vignoble valaisan laisse reconnaître surtout dans le Bas-Valais, Port-Valais, Vouvry, Monthey, la présence du glaciaire, du flysch, de la molasse. Dans la région du vignoble de Martigny, on rencontre des roches calcaires dans le bas, des roches cristallines dans le haut. Sur la rive gauche du Rhône, Saxon, Bramois présentent des schistes et des éboulis.

Sur la rive droite du Rhône, les sols cristallins et calcaires s'enchevêtrent dans la région de Fully et Branson. Le vignoble de Leytron repose sur des schistes argileux et sur le glaciaire, Montiboux est planté sur les alluvions calcaires de la Losenze. Les vignes de plaine d'Ardon sont surtout implantées sur les alluvions de la Lizerne, les vignes de côtes sur les calcaires jurassique et crétacique. Vétroz et Conthey présentent des schistes argilo-calcaires, des calcaires en place, du glaciaire. Le vignoble de Sion repose surtout sur les schistes lustrés et sur quelques pointements de roches calcaires sous Montorge, sous Clavoz, à Platta. On trouve encore du glaciaire de Sion à St-Léonard. Entre St-Léonard et Granges apparaissent des calcaires magnésiens et du gypse, aussi quelque peu de glaciaire.

Sierre et ses environs réalisent un complexe géologique où dominant les éboulis. Eboulis calcaires tout d'abord, dans la région de Miège, Venthône, Veyras, Glarey, Sierre même, qui ont aussi constitué les collines si caractéristiques se rencontrant dans la plaine du Rhône entre Sierre et Granges. Eboulis du trias (gypse) d'autre part dans la région de Loc-Corin-Torrent; éboulis du lias, entre Villa et Loch. Les matériaux glaciaires sont assez abondants dans le vignoble à l'ouest de Miège, à l'ouest de Muraz, au nord de Villa, également dans la région de Corin-Champsabé-Olon. Nous rencontrons aussi, mêlés au glaciaire, des schistes lustrés dans la région Corin-Olon.

Le vignoble de Salgesch repose en majeure partie sur des éboulis calcaires, le vignoble de Loèche en partie sur du glaciaire, en partie sur des éboulis calcaires. Le vignoble de la vallée de la Viège enfin est complanté sur des schistes divers.

On jugera par ce qui vient d'être dit de la diversité de composition que doit présenter, souvent à fort peu de distance, le sol des vignobles valaisans. Dans un même parchet, de dimensions très réduites, on peut noter des différences fort considérables.

Le choix des porte-greffes appropriés sera aussi rendu en maints endroits assez compliqué du fait que les sols du vignoble valaisan sont, dans l'ensemble, beaucoup plus riches en calcaire (carbonate de chaux) que les sols des vignobles vaudois, neuchâtelois et genevois. Cette constitution donne le secret au reste, à côté de raisons climatiques, du fumet, du bouquet, du corps si particulier de nombreux vins valaisans.

Si les terres du vignoble valaisan sont en général assez calcaires, nous ne voulons pas dire par là qu'elles présentent une teneur constante en cet élément, même sur de petites surfaces: là également, une variation extrême est de règle. Notre première intention avait été, en nous aidant des données géologiques, de créer si possible des cartes avec courbes d'égal calcaire. Nous espérions pouvoir dire: dans tel terrain on rencontre tel % de calcaire et l'on peut y planter tel porte-greffe. Mais en se multipliant, les analyses nous ont bientôt montré l'impossibilité de la chose. Les sols des vignobles du Valais ont été si mélangés, si remaniés, qu'il est impossible d'établir, sur une certaine étendue, une constante même approximative du calcaire.

Dans la pratique, si l'on veut opérer à coup sûr et ne pas

risquer des mécomptes, il faudra analyser la terre de chaque parcelle avant de reconstituer. L'opération est du reste des plus rapides et peut se faire aujourd'hui sans aucune difficulté, les calcimètres BERNARD étant d'un emploi très facile.

Par l'établissement de nombreuses vignes d'essais en terrains divers, en faisant „parler le sol“, le viticulteur valaisan apprendra à connaître les variétés de vignes porte-greffes qu'il lui faudra choisir. Le tout doit être organisé avec les précautions voulues, les vignes greffées insuffisamment ou non désinfectées pouvant introduire le phylloxéra dans des régions auparavant indemnes du parasite. Celui-ci sera d'autant plus difficile à dépister que les vignes greffées atteintes n'en souffrent pas et ne présentent aucun signe extérieur d'affaiblissement.

Un certain nombre de vignes d'essais, greffées sur plants américains, ont été déjà établies en Valais, depuis quelques années, sous le contrôle des autorités, en particulier dans les régions de Monthey, Fully, Sion et Sierre. Des observations faites jusqu'ici, on peut admettre que les variétés de vignes américaines porte-greffes utilisées dans le canton de Vaud conviendront également à la reconstitution du vignoble du Bas-Valais. Dans le Valais central et le Haut-Valais, soit dès Martigny, on aura recours surtout aux hybrides américo $\times$ américains Riparia $\times$ Rupestris 3309 et 3306, voire même au 101¹⁴. La prudence s'impose dans l'emploi des hybrides franco $\times$ américains Aramon $\times$ Rupestris 1 et Mourvèdre $\times$ Rupestris 1202, les conditions de milieu en Valais pouvant favoriser les attaques du phylloxéra sur ces porte-greffes renfermant du sang européen. Il paraît préférable, en sols difficiles, de s'adresser aux porte-greffes à sang de Berlandieri, 157¹¹, 41 B ainsi qu'aux Riparia $\times$ Berlandieri de Teleki.

Dans la reconstitution du vignoble, deux modes de greffage de la vigne ont été utilisés jusqu'ici en Valais. D'une part le greffage sur table, dit à l'anglaise, où le greffeur associe à l'atelier porte-greffe et greffon, puis le plant greffé est mis en stratification en caisses, de là planté en pépinière et ensuite mis en place définitive. D'autre part le greffage dit en place, d'un prix de revient plus modeste, également employé dans le midi de la France, en Espagne, en Dalmatie. Dans ce cas la vigne est plantée en plants américains racinés, non greffés, situés aux distances définitives. L'année suivante, ou deux ans après, en avril, on greffe chaque pied soit à

la greffe anglaise, soit à la greffe en fente. Pour cette opération, il y a lieu de déchausser chaque cep, car la soudure doit se trouver autant que possible ras terre ou légèrement en dessous du niveau du sol. Sitôt le travail de greffage terminé, on couvre le tout d'une bonne butte de fine terre ou de sable. On obtient parfois de cette façon, suivant les conditions climatiques, de fort belles réussites et de la vigne rapidement en rapport. Mais il faut souvent compter avec ce système une période de 2 à 4 ans avant de posséder une vigne complètement reconstituée. C'est pourquoi, un peu partout, la greffe sur table, avec mise en pépinière et triage, offrant moins d'aléas et plus de régularité, a remplacé le greffage en place.

Après quelques années d'expériences, le Valais pourra se décider en connaissance de cause pour le greffage sur table ou le greffage en place.

Pourra-t-on encore pratiquer le provignage et le versannage dans les vignes greffées sur plants américains? Le provignage est très répandu dans certaines parties de nos vignobles romands. A priori, l'opération doit présenter des dangers, dans la vigne greffée, car le greffon donnant naissance à des racines indigènes qui seront détruites à un moment donné par le phylloxéra, la souche ne peut manquer de périr à ce moment. Cet affaiblissement, d'autre part, lui sera d'autant plus funeste que le développement des racines indigènes aura été préjudiciable aux racines américaines, c'est-à-dire à l'avenir même de la vigne greffée.

Cependant, dans un certain nombre de circonstances, des vignes greffées provignées se sont maintenues en bon état de végétation pendant un certain nombre d'années aussi bien dans les autres vignobles européens que dans le vignoble suisse.

La question de possibilité du provignage des vignes greffées n'est donc pas entièrement résolue, mais il est prudent de n'y avoir recours que le moins souvent possible.

Nous conseillons de remplacer d'ordinaire les manquants des plantations dès la deuxième année, en mettant à demeure de très fortes greffes d'un ou deux ans. A cet effet, il est à recommander de placer en pépinière, dans la plantation même, des greffes de chaque variété pour parer aux vides qui pourraient se produire.

Si, plus tard, un accident survient à un cep, on le remplacera avec des variétés à fortes racines plongeantes, qui prendront plus

vite possession du terrain déjà en grande partie occupé par les racines des aînés.

Il est de même difficile de se prononcer, avant de l'avoir expérimenté, sur la possibilité de pratiquer dans les vignes greffées le versannage, cette opération si familière à de nombreux vignerons valaisans. D'ici quelques années, la pratique dira si c'est possible et si le système radicaire de la vigne américaine ne sera pas inquiété par la croissance de racines européennes en surface.

La question, de toute importance pour le Valais, mérite d'être suivie de très près.

Le canton du Valais doit profiter de la reconstitution de son vignoble pour opérer une sélection intelligente des variétés de vignes qu'il possède. Il y aura d'abord lieu d'interdire le greffage des variétés dépourvues de valeur, trop tardives, très sujettes à la pourriture ou produisant un vin inférieur: ce qui peut se faire en supprimant, pour ces variétés, le subside de reconstitution. Puis il faudra tenir compte des exigences du commerce, en plantant la même variété de vigne sur une certaine étendue, tandis qu'aujourd'hui encore certains vignobles valaisans présentent sur quelques dizaines de mètres carrés un mélange étonnant de chasselas fendant, d'arvine, de rëze, de muscat, de Dôle, de rouge du pays et j'en passe. ... Une variété donnée et unique ayant été choisie pour la reconstitution d'un parchet, on doit encore sélectionner les bons plants de cette variété, tout à fait conformes au type, productifs, non sujets à la coulure. Cette sélection s'opérera durant plusieurs années consécutives, en marquant les ceps par des anneaux métalliques ou des cercles colorés. Dans certains vignobles, et pour certaines variétés, on opère encore sur les ceps ainsi dûment sélectionnés une sélection supplémentaire des bourgeons-greffons, lorsqu'on veut prélever du matériel de greffage. On ne prélèvera dans ce cas que les bourgeons de la partie moyenne du sarment, plus fructifères, tandis qu'on rejettera les yeux de la base ou du sommet du sarment.

Pour assurer toutes ces opérations délicates qui permettront une reconstitution rationnelle et avantageuse du vignoble, le Valais devra former des pépiniéristes locaux, qui posséderont au préalable les connaissances suffisantes sur les sols de leur région, les variétés de vignes qui s'y rencontrent, les modes de culture usuels. Les expériences faites démontrent que pour reconstituer un vignoble

produisant des vins de qualité, il ne faut recourir au pépiniériste étranger qu'à la dernière extrémité.

Les pouvoirs publics aideront le Valais, comme les autres cantons viticoles suisses, dans la grande tâche qu'il doit assumer aujourd'hui. La Station fédérale d'essais viticoles de Lausanne a tenu d'abord dans la mesure de ses moyens, à faciliter la lutte contre le phylloxéra en Valais et la reconstitution du vignoble, en faisant sortir de presse, ce printemps, un manuel traitant ces matières.¹

La voie que doit suivre le viticulteur valaisan est toute tracée:

Lutter pied à pied, avec énergie et esprit de suite contre le phylloxéra, afin de gagner du temps et de pouvoir récolter sur les vignes défendues.

Tout en combattant le phylloxéra, préparer la reconstitution générale du vignoble, par l'analyse des terrains, l'établissement judicieux de vignes d'essais, la formation de pépiniéristes régionaux convenablement instruits.

Profiter du renouvellement des vignobles pour éliminer les variétés inférieures, épurer les plantations et donner de l'extension aux cépages fins, de haute qualité. Le Valais se doit à lui-même de ne pas produire exclusivement du Fendant et de la Dôle, au reste très justement réputés, mais il conservera soigneusement et développera les plantations de ces variétés remarquables, Malvoisie, Hermitage, Johannisberg, Amigne dont les produits laissent au privilégié qui les a dégustés le souvenir impérissable des rayons dorés et étincelants du lumineux soleil valaisan emprisonnés dans un verre.

¹ D^r H. FÄRS, La lutte contre le phylloxéra en Valais et la reconstitution du vignoble. Sion, Imprimerie Beeger, 1923.

Über Niederschlag und Abfluss im Monte Rosa-Gebiet¹

Oberingenieur OTTO LÜTSCHG (Bern)

Verehrte Damen und Herren!

Die Erforschung der Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss im eigentlichen Hochgebirge ist nicht nur in rein hydrographischer Hinsicht von hinreichend bekannter Wichtigkeit, sondern sie gewinnt neuerdings auch für praktische, wirtschaftliche Fragen eine ganz besondere Bedeutung. Mehr und mehr steigt die moderne Industrie auch in die entlegensten Winkel unsrer majestätischen Hochgebirgswelt hinauf.

Unsern Alpenseen und auch einzelnen hochgelegenen Talböden, die sich für Stauanlagen besonders eignen, kommt heute nicht nur als *Regulatoren und Akkumulatoren der Wasserkraft*, sondern namentlich auch als *Hochwasser-Schutzraum zur Aufnahme des Schadenwassers* eine ganz ungewöhnliche Bedeutung zu. Während für die Bekämpfung schädlicher Hochwasser solche natürliche oder künstliche Becken mit genügend grossem Schutzraum zur Aufnahme des Schadenwassers erwünscht sind, ergibt sich die meiste Wasserkraft bei vollständiger Füllung des Staubeckens. Sie ersehen daraus, dass die Ansprüche an das Wasser immer vielseitiger und widerspruchsvoller werden.

Damit entsteht denn auch für das Hochgebirge das grosse Grundproblem der Wasserwirtschaft: die Ausfindigmachung und Erhaltung des Gleichgewichtes zwischen dem fordernden Haushalte des Menschen und dem gebenden Haushalte der Natur. Hierzu gehört aber eine Gewässerkunde, die in der Lage ist, alle in das Gebiet gehörenden Erscheinungen in ihren Zusammenhängen zu

¹ Unter dem Titel: „Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge“ wird demnächst in den *Annalen der Eidgen. Landeshydrographie* eine Arbeit erscheinen, die das vorliegende Thema in erweitertem Masse behandelt. Aus diesem Grunde ist von einer Aushingabe eines Literaturverzeichnisses Umgang genommen worden.

überblicken. Sie bildet die notwendige Grundlage für eine zweckmässige, sowohl die *Wassernutzung* als auch die *Wasserabwehr* umfassende Wasserwirtschaft.

Eine Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge aufzustellen, wird namentlich durch die Unsicherheit der Messung der Niederschlagshöhen erschwert. Die Bestimmung der Niederschläge in den höheren und höchsten Regionen unserer Alpen bildet deshalb seit einer Reihe von Jahren das Studium der Meteorologen, Hydrologen und Glaziologen, weil die Kenntnis des Niederschlages nicht nur für die Aufstellung der Bilanz zwischen Niederschlag und Abfluss unbedingt notwendig ist, sondern auch für die Klimakunde, ferner dient sie als Grundlage für das Studium der Wasserkraftnutzung, besonders für die Erstellung von Staubecken und für das Studium der Abwehr der Hochwassergefahr durch Schaffung von Hochwasser-Schutzräumen.

Aus der MAURER'schen Regenkarte der Schweiz erkennt man, dass zur genauen Berechnung der Regenmengen ein sehr engmaschiges Beobachtungsnetz unbedingt notwendig ist. Die oben genannte Regenkarte kann natürlich keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen, hierfür ist ja die Zahl der Beobachtungsstationen, namentlich im Hochgebirge auch heute noch eine viel zu kleine, sie gibt uns aber im allgemeinen doch ein annähernd richtiges Bild der Niederschlagsverteilung.

Die Ausgestaltung von stationsreichen Beobachtungsnetzen, wie solche nötig sind, um die Ungleichheit der einzelnen meteorologischen Elemente an verhältnismässig nahe gelegenen Orten zu ermitteln, gehört in das Gebiet der Einzelforschung.

Der Wasserschatz des Walliser Rhonegebietes beträgt im Mittel der 19jährigen Periode 1904—1922 pro Jahr 5536 Millionen Kubikmeter. Wenn wir uns diese Wassermasse auf das ganze 5220 km² grosse Einzugsgebiet gleichmässig verteilt denken, so entspricht dies einer Abflusshöhe von 1060 mm. Diese Abflusshöhe ist nicht gleich der Niederschlagshöhe, da bei letzterer noch die Verlusthöhe abzuziehen ist. Die Gleichung hat heute die Form: Abfluss = Niederschlag — Verlust. Dabei ist unter Verlust einfach der Fehlbetrag des Abflusses gegenüber dem Niederschlag zu verstehen, ohne Rücksicht darauf, ob in den einzelnen Jahren ein wirklicher oder nur scheinbarer Verlust eingetreten ist. Unter den wirklichen Verlusten fällt namentlich die Wegführung der ver-

dunsteten Wassermassen durch den Wind¹ in ein anderes Gebiet, ferner der Verbrauch an Wasser im Haushalte der Natur für Menschen und Tiere, sowie zur Bindung bei entstehenden Gesteinen in Betracht.

Bringen wir die Abflusshöhe mit der aus sämtlichen Ergebnissen der Niederschlagsmessungen auf den Regenmeßstationen der Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt in Zürich im Walliser Rhonegebiet ermittelten mittleren Niederschlagshöhe in Beziehung, so erhellt daraus in einwandfreier Weise, dass diese ermittelte Niederschlagshöhe mit der tatsächlichen nicht übereinstimmen kann: es ergibt sich nämlich ein Wert, dessen Grösse nicht einmal ganz derjenigen der Abflusshöhe gleichkommt.

Aus den Ergebnissen der Abflussmengen, die das Amt für Wasserwirtschaft im Rhonegebiet zusammengestellt hat, ist namentlich ersichtlich, dass die Kettenregion der Penninischen Alpen in sehr niederschlagsreiche Zonen hineinragt.

Direkt gemessen sind leider die Niederschläge in grossen Höhen erst in ganz wenigen Teilen, da es an eigentlichen Hochstationen fehlt. Deshalb stösst auch die Bestimmung des mittleren Niederschlages für das ganze Rhonegebiet auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Sie ist heute erst für ein Gebiet, nämlich für das oberste Gebiet des Saastales, aufwärts von Zermeiggen, oberhalb Saas-Almagel möglich und deshalb von ganz besonderem Wert.

Eine systematische Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse in diesem Grenzgebiet, die uns in einwandfreier, zahlenmässiger Weise über diese Verhältnisse Aufschluss erteilt, konnte der grossen Kosten wegen erst ausgeführt werden, nachdem das Amt für Wasserwirtschaft von privater Seite aufgefordert wurde, für die Erforschung der Wasserkräfte des obern Saastales die Niederschlags- und Abflussverhältnisse daselbst einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Meinem ehemaligen Chef, Herrn Prof. Dr. COLLET in Genf, kommt das grosse Verdienst zu, den Weg zur Ausführung dieser Studie geebnet und die Grundlagen derselben unter schwierigen Verhältnissen geschaffen zu haben. Es ist mir heute ein Bedürfnis, ihm auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen. Bei der Aufstellung der Niederschlagssammler und Ausführung der

¹ Nicht unerwähnt dürfen ferner die Verluste, bzw. die Gewinne in den Randzonen sein, die dadurch entstehen, dass dem Gebiet bei Schneetreiben durch den Wind pulveriger Schnee entführt, bzw. zugeführt wird.

für die Messung des Niederschlages notwendigen Beobachtungen wurde ich in tatkräftiger Weise unterstützt von Herrn HERMANN ANKER, Techniker des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Ihm verdanke ich im besondern die äusserst schwierige Aufstellung des Regensammlers am Monte Rosa-Sattel in einer Höhe von 4340 m über dem Mittelmeer.

Zu einer Untersuchung über das Verhältnis von Niederschlag und Abfluss eignet sich der oberste Teil des Saastales (oberhalb Zermeiggen) aus mehrfachen Gründen ganz besonders gut. Es ist auf allen Seiten von deutlich ausgeprägten Wasserscheiden umgrenzt und darf als eine orographisch und geologisch geschlossene Hochgebirgslandschaft betrachtet werden. Für die Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse sind in den Jahren 1915—1922 erst zwei, dann vier, hernach entsprechend den jeweiligen erzielten Ergebnissen immer mehr Niederschlagssammler zur Aufstellung gelangt. Mit Ende des Sommers 1922 setzte sich das Beobachtungsnetz aus 13 Stationen im eigentlichen Untersuchungsgebiet und aus 5 Stationen im unmittelbar benachbarten Zermattergebiet zusammen. Sämtliche Stationen sind mit geschützten Regenmessern, System P. L. MOUGIN mit Windschutz MAURER, ausgerüstet worden und liegen in Höhenlagen von 1680 bis 4340 m ü. M.

Schon nach den beiden ersten Jahresergebnissen der Niederschlagsmessungen mit zwei und vier Sammlern und den zugehörigen Abflussresultaten erkannte man sofort, dass zur genauen Berechnung der Regenmengen des Untersuchungsgebietes ein sehr engmaschiges Beobachtungsnetz unbedingt erforderlich ist. Bei der Aufstellung der Regenmesser ist auf die Abhängigkeit des Niederschlages von der Höhenlage, vom Gefäll (Neigung), von der Entfernung vom Grenzkamm und auf die grosse Bedeutung der Kondensation des Wasserdampfes der Luft an den im Gebiete vorhandenen ausgedehnten Gletschern besonders Gewicht gelegt worden. Manche Unterschiede in der Menge des Niederschlages schafft die Oberflächengestalt und daran liegen die Schwierigkeiten für das Studium der klimatischen Verhältnisse des Gebietes — Schwierigkeiten, welche vielleicht erst recht dann auftreten, wenn das Untersuchungsgebiet so klein ist wie das vorliegende.

Wenn auch die Ergebnisse der Niederschlagsmessungen, namentlich der ersten Jahre nicht durchweg als einwandfrei betrachtet werden dürfen, so ist man durch sie, trotz der oft schwer

zu überwindenden Hindernisse, der Lösung dieser für Wissenschaft und Praxis gleich bedeutsamen Aufgabe nahe gerückt; wir vermögen jetzt auch in den während des grössern Theiles des Jahres unzugänglichen Hochlagen die Höhe des während dieser Zeit gefallenen Niederschlages zu messen. Bei richtiger Beschickung, Bedienung und Kontrolle der Apparate dürfte es möglich werden, den Genauigkeitsgrad der Niederschlagshöhe einer Hochgebirgslandschaft auf $\pm 10\%$ zu ermitteln.

Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich namentlich recht deutlich erkennen, wie ungleich sich in einem relativ kleinen Gebiet das Wachsen der Niederschlagsmenge mit der Höhe vollzieht, wie verschieden also die einzelnen Teile des Gebietes mit Regen überschüttet werden. Nicht minder deutlich gelangt aber auch der grosse Einfluss, den die Gletscher auf die Kondensation der Wasserdämpfe ausüben und der Einfluss der örtlichen Verhältnisse der Stationen, insbesondere in bezug auf die feuchten Luftströmungen, zum Ausdruck.

Die gewaltigste Gebirgsmasse und zugleich höchste Erhebung der Walliser Alpen und der Schweizer Alpen überhaupt bildet die Monte Rosa-Gruppe, ein ungeheurer, vergletschter Wall, als dessen höchster Punkt die Dufourspitze — der höchste Gipfel der Schweizer Alpen — mit 4638 m Höhe ü. M. hervortritt. Sie ist der Ausgangspunkt zahlreicher, nach allen Richtungen von ihr ablaufenden Gebirgsketten, welche scharf von der Hauptmasse zu unterscheiden sind. Die drei von dieser gewaltigen Zentralmasse nach Norden ausgehenden, zugleich hervorragendsten Ausläufer bilden mit ihren steilen, vielfach vergletscherten Wänden die Umrahmung der tiefeingeschnittenen Täler von Nikolai und Saas. Der Grenzkamm zwischen dem Nikolai- und Saastal, der das Schwarzenberg-Weisstor über das Strahlhorn und die Mischabel mit dem Balfrin verbindet, erreicht eine mittlere Kammhöhe von 3963 m, also beinahe 4000 m.

Die westliche Grenzkette des Nikolaitales von der Tête Blanche über die Dent Blanche und das Weisshorn zum Brunnegghorn ist mit 3817 m um volle 523 m höher als die östliche des Saastales, vom Joderhorn über das Weissmies und das Fletschhorn zum Weissengrat mit 3294 m, die südliche Grenzkette des Nikolaitales mit 3892 m sogar um 682 m höher als diejenige des Saastales mit 3210 m Höhe. Aus diesen wenigen Zahlen geht die *aussergewöhn-*

liche Abgeschlossenheit des Zermattertales und die nach Süden und Osten mehr offene Lage des obern Saastales in kraftvoller Weise hervor.

Die Eigenart des Walliser Klimas lässt sich aus folgendem erklären: Absperrung von den allgemeinen Luftströmungen durch die das Wallis nach allen Seiten umfassenden Gebirgsketten. An ihnen steigen die feuchten Winde empor und lagern ihren Wassergehalt ab; sie kommen relativ trocken in den innern Teilen des Gebietes an. Diese Absperrung hat eine bedeutend verminderte Regenmenge zur Folge. Der Bergkette, die die Dent de Morcle mit der Dent du Midi verbindet, zweitens der Monte Rosa-Gruppe kommt in dieser Hinsicht die grösste Bedeutung zu. Die regenbringenden West- und Südströme werden von diesen Ketten aufgehalten, was aus folgenden Werten deutlich ersichtlich ist:

Für die Westwinde:

Mittlerer Niederschlag für

Montreux, vor dem Riegel	= 1280 mm
Sitten, hinter " "	= 638 "

Für die Südwinde:

Mittlerer Niederschlag für

Macugnaga, vor dem Riegel	= 1550 mm	(1200 m ü. M.)
Saas-Fee, hinter " "	= 940 "	(1800 " " " ")
Zermatt, " " "	= 780 "	(1613 " " " ")
Grächen, " " "	= 530 "	(1629 " " " ")
Visp, " " "	= 690 "	(655 " " " ")

Die Vispertäler stehen in Hinsicht auf die Absperrung gegen die regenbringenden Luftströmungen fast einzig da. Die breite Erhebung der Gebirgsmasse des Monte Rosa bildet so recht das Gebiet der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen, der Insolation, der geringsten Regenmenge. Grächen über Stalden, unmittelbar oberhalb der Vispergabelung, 24 km vom Grenzkamm entfernt, steht, trotzdem die Station 1632 m ü. M. liegt, mit nur 529 mm Niederschlag in den Schweizeralpen einzig da. Die Ursache dieser eigenartigen Erscheinung ist nur eine Folge der gewaltigen Absperrung des Ortes von den regenbringenden Süd-, Südost- und Südwestwinden durch die sich in nächster Nähe erhebenden hohen Nebenketten der Monte Rosa-Gruppe, nämlich die Mischabel-, Weisshorn- und Dent Blanche-Kette.

Die Niederschlagsarmut dehnt sich bis nahe an den Grenzkamm aus. Die mittlere Niederschlagshöhe für Mattmark, 6 km vom Grenzkamm, 2117 m ü. M., beträgt nur 900 mm, für den Gornergrat, in 3100 m Höhe, zirka 950 mm.

Um so überraschender sind nun die Ergebnisse, die uns die neu erstellten Stationen im eigentlichen Grenzgebiete im Hintergrunde der Vispertäler liefern. Aus der grossen Zahl der Einzelergebnisse entnehme ich folgende charakteristische Werte:

Die Niederschlagshöhe in der achtmonatlichen Periode vom 1. September 1921 bis 1. Mai 1922 beträgt für

Saas-Fee, 1800 m ü. M.	456 mm
Mattmark, 2117 m ü. M.	466 „
Allalingletscher, 3360 m ü. M.	865 „
Fluchthorn, 3700 m ü. M.	1094 „
Weisstal, 2270 m ü. M.	579 „
Seewinenberg, 3025 m ü. M.	2337 „
Galmen, 2690 m ü. M.	499 „
Zermatt, 1613 m ü. M.	506 „

Die Zunahme des Regenfalls von Visp nach Mattmark längs der Talsohle ergibt aus den Ergebnissen der Periode September 1920 bis Oktober 1922 im Durchschnitt pro 100 m rund 6 mm und von Visp nach Zermatt rund 10 mm. Die Zunahme an der westlichen Talflanke von der Mattmarkebene hinauf in die durch die Strahlhorngruppe vor den Regenwinden geschützte Region des Allalingletschers beträgt im Mittel der nämlichen Periode 57 mm pro 100 m Höhenunterschied, an der östlichen den Regenwinden ausgesetzten Talflanke, Strecke Mattmark—Weisstal 300 mm, diejenige von der Mattmarkebene bis zum Seewinenberg, 2 km vom Grenzkamm, erreicht eine Grösse von 210 mm pro 100 m.

Für die soeben abgeschlossene Niederschlagsperiode vom 1. September 1922 bis 31. August 1923 ergeben sich folgende interessante Ergebnisse:¹

Plattje, ob A. B. C. Guffer, 2210 m ü. M., 8,6 km vom Grenzkamm² entfernt. An der Baumgrenze, in einer Mulde südwestlich des Mittelgrates 82 cm

¹ Auf vorstehenden Zeitraum reduzierte Ergebnisse.

² Schwarzenberg-Weisstor bis St. Joderhorn.

Mattmarksee, 2117 m ü. M., 6 km vom Grenzkamm. Auf einem Felsblock am Nordwestufer des Mattmarksees, am Fusse der südlichen Seitenmoräne des Allalingletschers	74 cm
Weisstal, 2270 m ü. M., 4,5 km vom Grenzkamm. Auf vorspringendem Felsen am Westhang des Stelli . . .	111 „
Ofentalpass, 2800 m ü. M. Auf Felsrippe zwischen Ofentalpass und Ofentalgletscher, 280 m westlich der Pässeinsenkung	141 „
Galmenhorn, 2850 m ü. M., 2,5 km vom Grenzkamm. Gipfelstation	90 „
Galmen, 2690 m ü. M., 2 km vom Grenzkamm. Auf vorspringender Terrasse am Galmenplateau	97 „
Mondellipass, 2800 m ü. M. Auf Felsrippe nördlich des PASSES	203 „
Rothorn, 3237 m ü. M. Gipfelstation	254 „
Schwarzenberg-Weisstor, 3570 m ü. M. An einer steilen Felswand, zirka 8 m unter der Einsattelung des Grates, an der Stelle, wo der scharfe Felsgrat vom Grenz- (Signal) Gipfel herkommend in den Firn übergeht. . .	236 „
Seewinenberg, 3025 m ü. M., 2 km vom Grenzkamm. Gipfelstation	365 „
Fluchthorn, 3700 m ü. M., 2,9 km vom Grenzkamm. Ostkante des Gipfels (auf Felskopf zirka 100 m unter dem Hauptgipfel), Gipfelstation	175 „
Allalingletscher, 3360 m ü. M., 4,5 km vom Grenzkamm. Auf einer Felsinsel mitten im Allalingletscher . . .	120 „
Schwarzenbergkopf, 2565 m ü. M., 5,4 km vom Grenzkamm. Auf einem vorspringenden Felskopf	146 „
Monte Rosa-Sattel, 4340 m ü. M. In den Felsen westlich des „Sattels“	215 „
Gornergrat, 3100 m ü. M. Am Nordhang des Grates, zirka 15 m nördlich des Turmes des Hotel Gornergrat-Kulm . . .	98 „
Furgghorn, 3390 m ü. M. Am Felsen östlich des Gipfels, zirka	124 „

Aus den vorliegenden Ergebnissen geht neuerdings die ausgesprochene — trotz der bedeutenden Höhenlage einzelner Niederschlagssammler — bis tief in die beiden Seitentäler sich hineinstreckende *Niederschlagsarmut* eindrucksvoll hervor. (Belege

Mattmarksee, 2117 m ü. M.: 74 cm; Galmen, 2690 m ü. M.: 97 cm; Gornergrat, 3100 m ü. M.: 98 cm.)

Gegen den Grenzkamm steigt mit zunehmender Höhe der Niederschlag auffallend rasch, er erreicht in 3050 m Meereshöhe (Seewinenberg) mit 365 cm das Maximum, sinkt aber bis zum Kamm (Rothorn 3237 m ü. M.) wieder auf 254 cm, d. h. um mehr wie 100 cm, was teilweise auch der den Winden ausgesetzten Lage des Niederschlagssammlers zuzuschreiben ist.

Erwähnenswert ist ferner die gewaltige Zunahme der Niederschlagshöhe an der Ost- und Westtalflanke. Die Zunahme der Regenhöhe an der Ostflanke (Mattmarksee [2117 m ü. M.] bis Weisstal [2270 m ü. M.]) beträgt für diese 153 m 37 cm, diejenige an der Westflanke (Mattmarksee [2117 m ü. M.] bis Schwarzenbergkopf [2565 m ü. M.]) im Mittel pro 100 m 16 cm. Die Abnahme der Niederschlagshöhe vom Schwarzenbergkopf (2565 m ü. M.) in das Firngebiet des Allalingletschers (3360 m ü. M.) mit 3 cm pro 100 m ist in erster Linie eine Folge der geschützten Lage dieses Gebietes den regenbringenden Winden gegenüber (gegen Süden durch die Strahlhorngruppe, gegen Norden durch die Allalinhorngruppe und gegen Westen durch die Rimpfischhorngruppe).

Diese wenigen Zahlenbeispiele mögen einstweilen genügen, um anzudeuten, wie die Niederschlagsverhältnisse sich am Nordabhang gestalten. Für die Beurteilung derselben ist es unbedingt notwendig, auch die Verteilung des Niederschlages im südlichen Grenzgebiet zu kennen. Hierüber geben uns die vorzüglichen Veröffentlichungen des „Ufficio Idrografico del Po“ in Parma Auskunft. Es nimmt der Regenfall in der Po-Ebene mit der Annäherung an das Gebirge zu, erfährt am Anstiege desselben eine wesentliche, oft wellenförmige Steigerung und nimmt dann taleinwärts wiederum ab, um an den äussern Abdachungen der gewaltigen Erhebungen der Monte Rosa-Gruppe infolge des Anstieges der mit Feuchtigkeit beladenen Luftschichten ein Maximum zu erreichen. Entsprechend der vorhandenen Druckverhältnisse vermögen sich diese Regengüsse in mehr oder weniger hohem Masse auch auf die innere Randzone auszudehnen. Die Grenzzonen unseres Untersuchungsgebietes befinden sich deshalb in einem Übergangstreifen, der die Gegensätze des mittelländischen mit dem kontinentalen Klima vermittelt.

Die regenbringenden Wolken vermögen in der Regel den

Grenzkamm nicht oder nur am äussersten Rande zu überschreiten, mit andern Worten: das kontinentale Klima des Wallis besteht nicht nur im grossen, tiefeingeschnittenen inneralpinen Längstale der Rhone, sondern es zieht sich bis in die Grenzlagen der Penninischen Alpen hinauf, ungeachtet der bedeutend höheren Lagen, die in diesen Zonen herrschen.

Die Ergebnisse der Stationen Grächen in 1629 m Höhe mit 530 mm, Zermatt in 1613 m Höhe mit 780 mm, Saas-Fee in 1800 m mit 940 mm, Mattmark in 2117 m Höhe mit 950 mm sind hiefür deutliche Belege.

Die Grenzketten des Saastales vermögen nun infolge ihrer tieferen Höhenlage die feuchten Luftströmungen, die vom mittelländischen Meer herkommen, weniger zurückzuhalten, als dies im benachbarten Zermattental der Fall ist. Über die verschiedenen Einfallstore des Grenzkammes Monte Moro, Mondelli, Ofental und Antrona gelangen deshalb — bei entsprechendem Druckgefälle — oft schwere, mit Feuchtigkeit beladene Luftmassen aus dem Anzascatal in die Gegend des oberen Saastales. Die bedeutenden Niederschläge, die gelegentlich, aber weit seltener als im Saastale, das Zermattental übergiessen, stammen ebenfalls aus schweren Luftmassen, die von Südosten her durch das Anzascatal über die Roffelhörner und den Weissgrat herkommen. Wenn der „Roffelwind“ bläst, so weiss der Zermatter, dass schwere Regen zu erwarten sind. Die Niederschläge, die über den Theodul ins Nikolaital gelangen, sind häufiger, aber lange nicht so ergiebig wie diejenigen von den Roffelhörnern.

Den Niederschlägen in dieser Randzone, in diesem Streifen mit mittelländischem Klima, kommt im Wasserhaushalte der Walliser Rhone *eine ganz aussergewöhnliche Bedeutung zu*. Ihnen verdanken wir in erster Linie einen Teil unseres Nationalreichtums: die majestätische Gletscherwelt, die sich in diesen Tagen vor unsern Augen auftut. Die grosse Ausdehnung der Gletscher an der Nordseite des Monte Rosa-Massives ist eine Folge dieser, hauptsächlich vom Mittelmeer herkommenden Niederschläge. Diese Niederschläge sind aber auch die Ursache fürchterlicher Überschwemmungen, von denen das einzigartig dastehende prächtige Walliserland wie kein anderes Gebiet unserer lieben Schweiz schon so oft heimgesucht wurde. Wir werden später darauf zurückkommen.

Das gewaltige, aber ungleiche Anwachsen der Niederschläge von 740 mm in der Höhe von Mattmark bis auf 3650 mm in der Höhe des Seewinenberges — beinahe das fünffache — ist eine Folge in erster Linie des Einflusses des mittelländischen Klimas, dann der Kondensation des Wasserdampfes der Luft an den ausgedehnten Gletscheroberflächen und schliesslich der Reliefgestaltung des Gebietes. Aus den wenigen bisherigen Ergebnissen geht deutlich hervor, wie ungleich die Zunahme an den Talflanken erfolgt. Deutlich sieht man, dass die Grenzregion in ein sehr niederschlagsreiches Gebiet hineinragt. Die räumliche Ausdehnung dieser Region ist eine sehr beschränkte. Ein abgeschlossenes Urteil über deren Grösse werden wir erst geben können, wenn uns die Resultate einer vieljährigen Periode zur Verfügung stehen.

Die Massenerhebung ist die Ursache von zwei verschiedenartigen Erscheinungen. Für die Luvseite (Südseite) bedingt sie eine Zunahme, für die Leeseite (Nordseite) eine Abnahme der Niederschläge. Der Übergangstreifen gehört zu der Luvseite, d. h. er ist noch dem mittelländischen Klima unterworfen. Unter dieser Doppelwirkung ist es begreiflich, dass der Verlauf der Isohyeten ein sehr unregelmässiger werden muss. Durch die Vermehrung der Niederschläge infolge einer den Regenwinden zugänglichen Lage, oder Verminderung derselben infolge Abhaltens der Regenwinde durch vorgelagerte Bergketten tritt der Einfluss der Höhenlage wesentlich zurück.

Über die charakteristische Verteilung des Niederschlages auf den Winter und Sommer am inneralpinen Rande der Monte Rosa-Gruppe wage ich Ihnen heute noch keine Mitteilungen zu machen, weil das Beobachtungsmaterial dazu noch nicht hinreicht. Soviel darf immerhin gesagt werden, dass den Herbstregen, welche für das südlich dem Grenzkamm liegende Gebiet kennzeichnend sind, auch im nördlichen Grenzgebiete eine wesentliche Bedeutung zukommt.

Einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Niederschlagshöhe im Grenzgebiete des Saastales übt auch die bei Tage, namentlich längs des südlichen Steilabfalles der Monte Rosa-Gruppe aufsteigende Luft aus. Sie führt den hauptsächlich aus Landesverdunstung stammenden Wasserdampf der untern Schichten des Anzascatales in die Höhe. Die damit verbundene Abkühlung kondensiert diese Feuchtigkeit zu Wolken, die nicht selten die Ursache von lokalen

Regengüssen und Gewittern sind. Diese Nachmittagsgewitter, deren Dauer selten mehr als einige Stunden umfasst, treten ein, selbst wenn die allgemeine Wetterlage keine Niederschläge erwarten lässt und die umgebende Niederung auch in der Tat sich des schönsten Wetters erfreut. Der oft zu Tage tretende ungleiche Verlauf der täglichen Periode der Wasserstandsbewegung bei anscheinend ganz denselben Witterungsverhältnissen dürfte in vielen Fällen dem Auftreten dieser kleinen lokalen Gewitter zuzuschreiben sein.

Es sind aber nicht die zahlreichen kleineren Niederschläge, aus denen sich die bedeutenden Jahresergebnisse im Randgebiete zusammensetzen, sondern wenige, aber heftige, ergiebige Niederschläge.

Eine bezeichnende Eigentümlichkeit dieser Randzonen sind die mit aussergewöhnlicher Gewalt auftretenden, sehr heftigen, oft sintflutartigen Herbstregen. Alle die durch diese Herbstregen verursachten Hochwasser zeichnen sich durch gemeinsame Züge aus. Rasch fangen die Gewässer in ihren obersten Gebieten an zu steigen, binnen wenigen Stunden schwellen sie zu aussergewöhnlicher Höhe an und fallen dann rasch auf ihren frühern Stand herab.

Von den 226 Überschwemmungen, welche die südlichen Zuflüsse der Rhone seit dem Jahre 563 verursacht haben, fallen 65 in die Monate September und Oktober. Man sieht, dass es in diesem Falle bestimmte Luftdruck-Verteilungen, bzw. charakteristische Depressionsbahnen sein müssen, welche die südlichen Zuflüsse zum Anwachsen bringen. Diese Depressionen treten nicht plötzlich ein, man kann ihre Entwicklung verfolgen. Ein Minimum von wenigen Millimetern genügt, die feuchte Luft der Adria anzusaugen, welche sich als regenspendender Wind naht, um ungeheure Regenmassen, namentlich im Grenzgebiete zum Fallen zu bringen, was in der Regel — entsprechend dem geringen Druckgefälle — bei mässigen Winden geschieht, die vorwiegend aus Südosten und Süden kommen.

Die ausserordentliche Bedeutung solcher Wetterlagen geht aus den Niederschlägen und Abflussmengen vom 23./24. September 1920 hervor. Eine Teildepression, die sich in der Nähe von Sitten festlegte, veranlasste ein Einströmen warmer, mit Feuchtigkeit gesättigter Luft aus der Adria durch die Einfallstore Monte Moro, Mondelli, Ofental und Antrona. In den Randzonen fielen unglaubliche Mengen von Niederschlag, so stiegen die Niederschlagshöhen

am 23. September an der Ostflanke des Saastales bis zu 240 mm¹. Die totale Abflussmenge im obersten, 37 km² grossen Gebiete des Saastales betrug 15,4 Millionen m³ in 54 Stunden, was einer Abflusshöhe von rund 400 mm gleichkommt. Die maximale sekundliche Abflussmenge erreichte einen Betrag von 140,000 sec/l gegenüber 35 l bei minimaler Wasserführung. Das Vielfache gegenüber der minimalen beträgt somit 4000.

Vergleichen wir diese aussergewöhnlich grosse maximale, sekundliche Abflussmenge von 4000 l pro km² des 37 km² grossen Mattmarkgebietes mit der absolut grössten Hochwassermenge des ganzen 5220 km² grossen Rhonegebietes der letzten 19 Jahre in Porte du Scex (Sommer 1914) mit nur 200 l pro sec und pro km², so zeigt sich, dass die maximale Abflusszahl der Rhone zwanzigmal kleiner ist. Wohl wissen wir, dass, je grösser das Gebiet, um so ausgeglichener die Wasserführung auch bei Hochwasserfluten ist; dass aber solche Vielfache eintreten, ist für die vorliegenden Verhältnisse eine Überraschung.

Im Mittel der 4jährigen Periode 1914/15 bis 1917/18 betrug die totale Abflussmenge des Mattmarkgebietes pro Jahr rund 58,5 Millionen m³, beim Hochwasser im September 1920 gelangten in nur 54 Stunden 15,4 Millionen m³ zum Abfluss, also mehr wie ein Viertel des Jahresabflusses. Zum grossen Glück streifte das Ungewitter nur einen Teil der südlichen Alpenkrone und dehnte sich nicht gegen das Haupttal aus, so dass sogar im benachbarten oberen Gebiete der Matter Visp keine aussergewöhnlichen Niederschläge fielen. Dies geht am allerdeutlichsten hervor, wenn wir die maximalen Abflussmengen während der beiden Tage vom 23./24. September einem Vergleich unterziehen:

Die Matter Visp in Randa lieferte pro km² nur 196 l/sec, also 20,4 mal weniger Wasser als die Saaser Visp. Die Ursache dieser Erscheinung ist, wie ich einleitend bereits erwähnt habe, auch eine Folge der vermehrten Abgeschlossenheit des Zermattertales den Regenwinden gegenüber.

¹ Über die Intensität solcher Niederschläge geben uns die wertvollen Messungen des Herrn ALBERT LAROI in Brüssel, die er anlässlich des dreissig Stunden dauernden Gewitterregens vom 29./30. August 1922 vor dem Hotel Mattmark ausführte, Auskunft. Die maximale Niederschlagshöhe pro Stunde betrug 16,5 mm, die mittlere Höhe während 7 Stunden 11 mm, die totale rund 240 mm.

Ähnliche Verhältnisse wie im Saas- und Nikolaitale treten auch in den meisten übrigen Tälern des Wallis ein. Überall finden wir mehr oder weniger breite Randzonen, sogenannte Übergangstreifen, die von den ausserhalb des Grenzkammes liegenden Klimaten beeinflusst werden, d. h. die Gegensätze des mittelländischen und des kontinentalen Klimas vermitteln. Entsprechend den geographischen und orographischen Verhältnissen ist dieser beidseitige Einfluss ein sehr verschiedener.

Die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss in einer geschlossenen Hochgebirgslandschaft, wie sie uns das Zermatter- und Saastal darbieten, werden dadurch verwickelter, dass ein Teil des Abflusses aus weit zurückliegenden Niederschlägen stammt. Ich denke hierbei weniger an die Schneevorräte, die nach kalten Sommern im Einzugsgebiete liegen bleiben und vielleicht im nächsten warmen Sommer zur Abschmelzung gelangen, als an die Niederschläge, die in fester Form von Schnee und Eis in den Nährgebieten der Gletscher aufgespeichert werden und oft erst nach Jahrzehnten in grösserem oder kleinerem Masse — entsprechend dem Stande der Gletscher — in das Abschmelzungsgebiet hinunterwandern. Diesem Teil des Abflusses kommt bei der Behandlung der Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss erhöhte Bedeutung zu, wie im Flach- und Mittellande dem Grund- und Quellwasser.

Wenn wir bedenken, dass im 37 km² grossen Mattmarkgebiet — die Vergletscherung des Gebietes beträgt 37 % des totalen — der fünfmonatliche Sommer im Durchschnitt der Jahre 1914/15—1917/18 = 95 %, der siebenmonatliche Winter nur 5 % vom Gesamt-Abflusse liefert, so erhellt daraus, was für eine Bedeutung den Schnee- und Schmelzwasserfluten zukommt. Diese Angaben zeigen so recht deutlich, wie gross der Einfluss der *Form der Niederschläge* auf den Abflussvorgang ist.

Während wir heute das Schmelzwasser aus Schnee aus den Ergebnissen der Niederschlagssammler und den Abflussmengen zu berechnen vermögen, kann der Einfluss der Gletscher auf den Wasserhaushalt der Alpenflüsse am besten untersucht werden in Perioden trockenen, warmen und heiteren Wetters, in denen, entweder infolge geringerer Niederschläge im vorangegangenen Winter, oder infolge hoher anhaltender Wärme der unmittelbar vorhergehenden Monate, die Fläche, von welcher Abschmelzung statt-

findet, in der Tat auf die eigentlichen Firn- und Eisfelder beschränkt worden ist — in denen ferner Niederschläge fehlen oder nur in sehr bescheidenem Masse auftreten und möglichst hohe Temperaturen vorherrschen. Für eine solche Untersuchung eignete sich der Sommer des Jahres 1921 in ganz hervorragendem Masse.

Das Amt für Wasserwirtschaft hat diese Gelegenheit benutzt und den Einfluss der Gletscher auf den Wasserhaushalt des Walliser Rhonegebietes bestimmt. Aus der Fülle der Ergebnisse greife ich nur das stark vergletscherte Gebiet der Matter Visp bei Randa heraus. Das Einzugsgebiet dieser Station umfasst $316,71 \text{ km}^2$, wovon $167,97 \text{ km}^2 = 53 \%$ des totalen vergletschert sind. Das ganze Gebiet liegt in einer mittleren Höhe von 2925 m, die mittlere Höhenlage der Gletscherflächen liegt in 3186 m über Meer. Für die Bestimmung der Abflussmengen aus dem nicht vergletscherten 149 km^2 grossen Gebiete stehen uns keine direkten Messungen zur Verfügung. Um dennoch einen Annäherungswert zu erhalten, haben wir als solchen den mittleren Abfluss des Vorwinters, berechnet aus den Mittelwerten der Monate November, Dezember 1920, Januar, Februar und März 1921, plus 10 % dieses Betrages in Rechnung gestellt. Die Abflusszahl ergibt für den Quellenertrag des Einzugsgebietes $5,16 \text{ l/sec pro km}^2$.

Der mittlere Ertrag pro km^2 Gletscherfläche für die Periode vom 23. September bis 22. Oktober 1921 (total 30 Tage), bei einer mittleren Temperatur von $10,7^\circ$ in Zermatt, beträgt 109 l/sec .

Für die Rhone in Gletsch (Einzugsgebiet = $38,87 \text{ km}^2$, wovon $24,19 \text{ km}^2$ Firn und Gletscher) erhalten wir eine Abflussgrösse von 207 l/sec/km^2 , für die Lonza in Goppenstein (Einzugsgebiet = $145,26 \text{ km}^2$, wovon Firn und Gletscher $38,07 \text{ km}^2$) sogar einen Betrag von 243 l/sec/km^2 . Für sämtliche Gletscher des Rhonegebietes oberhalb des Genfersees 133 l/sec/km^2 (Einzugsgebiet $5220,33$, wovon Firn und Gletscher $932,96 \text{ km}^2$). Entsprechend der Höhenlage, Exposition, dem Gefälle, dem Retentionsvermögen und namentlich der Gliederung der Gletscherflächen fallen die Beträge verschieden aus, stimmen aber, wenn wir alle diese Faktoren mit berücksichtigen, so schön überein, dass wir dieses Problem als gelöst betrachten dürfen.

Über die Schwierigkeiten, die uns durch die Flächenvergrösserung oder -Verminderung infolge des Wachsens und Schwindens der Gletscher erwachsen, helfen uns die Fortschritte, die die

Aviatic in den letzten Jahren gemacht hat, glänzend hinweg. Photographische Aufnahmen aus den Luftschiffen orientieren uns über die wechselnde Ausdehnung der Schnee-, Firn- und Gletscherflächen.

Nach den Untersuchungen von JEGERLEHNER schwingt sich die Schneegrenze im Monte Rosa-Gebiet, infolge der aussergewöhnlich hohen Lage der einzelnen Massive und der intensiven südlichen Besonnung einzelner Gletscher bis auf eine Höhe von 3260 m hinauf. Sie steht in Hinsicht auf ihre Höhenlage unter sämtlichen Gruppen der Alpen an erster Stelle. Es ist einleuchtend, dass die Höhenlage der Schneegrenze der Monte Rosa-Gruppe auch die Abflussverhältnisse der Flussgebiete, die ihr entstammen, im Sinne eines vermehrten Schmelzabflusses beeinflussen muss. Im engen Zusammenhange mit dem Einfluss der Massenerhebung auf die Höhenlage der Schneegrenze steht der Einfluss dieser Massenerhebung auf die Temperaturverhältnisse und auf die Lage der isothermischen Flächen.

Wir haben bereits im vorstehenden auf die Trockenheit des Wallis im allgemeinen und des Vispgebietes im besondern aufmerksam gemacht. Die Hebung der Schneegrenze in der Monte Rosa-Gruppe kann diese Erscheinung nur teilweise erklären, es müssen auch die isothermischen Flächen im Gebirge sich heben. Hierüber besitzen wir die überaus verdienstvolle Arbeit von Prof. Dr. A. DE QUERVAIN in Zürich.

DE QUERVAIN zeigt uns, dass der Einfluss des Gebirges in den verschiedenen Jahres- und Tageszeiten verschieden ist, je nachdem die *Ausstrahlung* oder die *Einstrahlung von Wärme überwiegt*.

Im Winter ist die Luft im Gebirge kälter als in gleicher Höhe der freien Atmosphäre, weil die hochgelegenen Ländflächen eine starke Ausstrahlung und damit eine erhebliche Abkühlung der Oberfläche bewirken. Im Frühjahr und Herbst gilt dies nur für 7 Uhr morgens. Um Mittag wirken die durch Einstrahlung erwärmten hochgelegenen Landoberflächen im Gebirge als Heizfläche, die der Atmosphäre Temperaturen mitteilt, welche erheblich höher sind als die Temperaturen in freier Lage am Rande der Alpen. Nur der Dezember und Januar mit ihrem tiefen Sonnenstand zeigen in 1500 m Höhe um 13 Uhr keine höhern Temperaturen in den Gebieten höchster Massenerhebung. Aber schon im Februar stellt sich im südlichen Wallis ein Wärmeüberschuss gegenüber der

freien Atmosphäre von $2\frac{1}{2}$ — 3° ein. Vom April bis zum Oktober hält er sich auf 5° , im Juli erreicht er mit $5,5^{\circ}$ sein Maximum.

DE QUERVAIN weist nach, dass es stets die Gebiete grösster Massenerhebung sind, welche die höchsten Temperaturen aufweisen, d. h. wir treffen dieselben Lufttemperaturen im Gebirge in erheblich grösserer Höhe als am Rande desselben. Diese Hebung der Isothermen in den Gebieten grösster Massenerhebung ist, nach DE QUERVAIN, nicht nur eine Folge der begünstigten Einstrahlung, sondern ebenso sehr eine Folge der durch die Natur der Massenerhebung bedingten Hinderung dynamischer Abkühlung und Begünstigung dynamischer Erwärmung.

In diesem gewaltigen Anstieg der Isothermen der Mittagszeit haben wir nicht nur die Hauptursache der hohen Lage der Schnee-, Wald- und Siedelungsgrenzen in den Gebieten stärkster Massenerhebung vor uns, sondern das Steigen der Lufttemperatur ist auch in erster Linie die Hauptursache der *vermehrten Abschmelzung* der Schnee-, Firn- und Gletscherflächen im Gebiete der Monte Rosa-Gruppe. Der gewaltige Wechsel der Abflussmengen im Verlaufe eines Tages (tägliche Periode), welcher die Matter Visp in Randa und die Saaser Visp in Mattmark im Vergleich mit anderen Gewässern auszeichnet, ist in erster Linie eine Folge dieses starken Anstieges der isothermischen Flächen um die Mittagszeit.

Ich habe Ihnen mitgeteilt, was für beträchtliche Niederschläge in der innern Randzone des Monte Rosa-Gebietes fallen. Leider besitzen wir über die Niederschlagsmengen am Aussenrande des Mattmarkgebietes keine Daten, die uns ermöglichen festzustellen, in was für einem Verhältnis sich die Niederschlagsmengen in ein und derselben Höhenlage am Aussen- und Innenrand des Monte Rosa-Gebietes zu einander verhalten.

Im Saastale kommt den aussergewöhnlich grossen Unterschieden, die in den Niederschlagsmengen zutage treten, auch eine besondere Bedeutung zu. Die Hebung der isothermischen Flächen, infolge der grossen Massenerhebung, dürfte ebenfalls ein Grund sein an der Zunahme der Niederschlagsmenge in den höhern Lagen der Randzone des Monte Rosa-Gebietes. Es würde das darauf hindeuten, dass auch die Zone der maximalen Niederschläge im Gebiete der grössten Massenerhebung ihre grösste Höhe erreicht. Die vorläufigen Ergebnisse reichen noch nicht dazu aus, um diese Höhe in unserem Gebiete genau festzustellen. Für die

nördliche Randzone des Monte Rosa-Massives dürfte sie — unter Zugrundelegung der bisherigen Resultate — zwischen 3000 und 3500 m, sicher über 3000 liegen.

Die gewaltigen winterlichen Niederschläge in Schneeform, welche in unsern Hochalpentälern niederfallen, gelangen in der Regel erst in den Sommermonaten zur Abschmelzung. Je höher hinauf sich die Schneegrenze bewegt, desto grösser ist der Teil des winterlichen Niederschlages, der verflüssigt wird, mit anderen Worten — eine desto grössere Schmelzwassermenge liefert uns das Gebiet. Der Talbach eines Gebietes in stärkster Massenerhebung liefert deshalb mehr Schmelzwasser, als ein solcher in einem Gebiet von gleicher Grösse und Beschaffenheit, aber mit geringerer Massenerhebung. Dies muss namentlich in Gebieten mit grosser Vergletscherung, zu Zeiten grösster Ausdehnung der Fall sein. Die grossen Gegensätze zwischen den winterlichen und sommerlichen Abflussmengen der Saaser Visp in Mattmark sind zum Teil auch auf die hohe Lage der Nullisotherme zurückzuführen.

Der Lage der Schneegrenze kommt also im natürlichen Wasserhaushalte eines Flusses besondere Bedeutung zu.

Auf die Wechselbeziehungen zwischen der Temperatur, dem Niederschlag, den Gletscherschwankungen usw. einerseits und den Abflussschwankungen anderseits soll an dieser Stelle nicht eingetreten werden.

Meine Damen und Herren! Ich habe mich bestrebt, Ihnen in ganz knappen Zügen zu zeigen, dass es auch im eigentlichen Hochgebirge möglich geworden ist, den Niederschlag und den Abfluss zahlenmässig zu bestimmen.

Die Vorbereitungen für die Erforschung der Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss im eigentlichen Hochgebirge sind heute getroffen, einige wenige Ergebnisse stehen uns schon zur Verfügung. Weitere langjährige Messungen und Beobachtungen sind notwendig, um die Lösung der schwierigen Aufgabe zu einem glücklichen Ende zu führen.

Ich schliesse mit dem schönen Worte des berühmten französischen Mathematikers H. POINCARÉ:

«L'expérience est la source unique de la vérité, elle seule peut nous apprendre quelque chose de nouveau, elle seule peut nous donner la certitude.»

Über die Erdbeben des Wallis und der Schweiz und ihre seismographische Erforschung

Prof. Dr. ALFRED DE QUERVAIN (Zürich)

Es ist mir von den Veranstaltern dieser Jahresversammlung die ehrende Aufforderung zu Teil geworden, vor Ihnen über die Erdbeben des Wallis und der Schweiz und über ihre seismographische Erforschung einiges mitzuteilen.

Wenn wir von schweizerischen Erdbeben sprechen wollen, stehen wir hier auf *klassischem* Boden. Denn dieses Tal war vor einer Zeitspanne, die noch von der Erinnerung lebender Menschen erfasst wird, Schauplatz einer Erdbebenkatastrophe, die wohl die heftigste der im Lauf eines Jahrhunderts in den Alpen vorgekommenen darstellt.

Es war am 25. Juli 1855, als in die ahnungslose Stille dieser Talschaft sich ein Dröhnen aus den Gründen der Erde erhob, das jeder Vergleichung spottete. Und gleich darauf fing unter den Füßen der vor Schreck erstarrten Bewohner der Boden zu wogen an, die Dächer zu ihren Häuptionen zu stürzen. Vor den Augen der ins Freie sich Flüchtenden öffnete sich der Boden in Rissen, aus denen das Wasser empor sprang. Und als sie alle instinktiv auf der Flucht den Berghöhen sich zuwandten, den Symbolen des Unerschütterlichen, da war auch dort keine Zuflucht mehr; denn mit Donnern kamen von allen Seiten die Felsblöcke die Hänge herabgestürzt, die kaum Geretteten aufs neue bedrohend. Ja ganze Abhänge mit Bäumen und Grund setzten sich in Bewegung, und Wege verschwanden, während immer aufs neue der Boden erbehte. „Dies iræ!“ Das war aller Gedanke.

St. Niklaus war eine Trümmerstätte geworden, auch Stalden, Grächen, Visperterbinen; und in Visp selber waren die beiden Kirchen eingestürzt. Der Abend traf die Bewohner im Freien irrend, unter Bäumen Zuflucht suchend. Ja nicht wenige liefen in stummem Schrecken viele Stunden weit das Tal hinaus — wohin, das wussten sie nicht!

Noch tage-, ja wochenlang hindurch wiederholten sich die Stösse, wenn auch mit abnehmender Kraft, und vollendeten das Zerstörungswerk, und lange wohnten die aus ihren Häusern Vertriebenen in Zelten.

Die Erschütterung hatte sich weit hinaus bis über die Grenze der Schweiz fühlbar gemacht, Schrecken und da und dort noch Zerstörungen bringend. Ja bis Turin und Mailand im Süden, bis Paris und über Mainz hinaus im Westen und Norden war sie noch wahrgenommen worden. Noch bei Lyon hatte der Schrecken einer Stummen die Sprache wieder gegeben — eine glückliche Erdbebenkur.

Es war allen Augenzeugen dieser Katastrophe ein reines Wunder geblieben, dass dieselbe nicht mehr als nur zwei Opfer gefordert hatte.

Der Mensch baut sein Heim wieder auf — und vergisst. Doch weiss ich durch persönliche Nachfrage, wie stark in diesem Tal bei einigen noch lebenden Zeugen die Erinnerung an jenen Schreckenstag noch geblieben ist, wo nur ein Gedanke alle beherrschte: Der jüngste Tag ist gekommen!

Die offizielle Geologie jener Zeit kannte und vertrat die Erklärung der Erdbeben allein durch vulkanische Kräfte, die man aber in den Alpen nicht erwartete. So musste man sich mit den behaupteten Schwefelgerüchen begnügen, die allerdings, wie wir wissen, bei stürzenden und aufeinander prallenden Blöcken auch ohne Vulkane auftreten. Im Gegensatz zu dieser Meinung stand ein origineller Outsider, der in der Schweiz niedergelassene Deutsche OTTO VOLGER; er vertrat die Ansicht, dass das Niederbrechen grosser Aushöhlungen, entstanden durch die Auslaugung von Gips und Kalk, als Ursache anzunehmen sei; eine Erklärung, die ja für manche andere Fälle zutrifft — wenn auch nicht hier.

Was aber für unsere schweizerische Erdbebenforschung besonders wertvoll war: OTTO VOLGER wurde durch dieses Ereignis angeregt zur Zusammenstellung aller hier erreichbaren Erdbebennachrichten früherer Zeiten aus der Schweiz, die er in einem zweibändigen Werk niedergelegt und zu einer ersten kartographischen Darstellung der Erdbebengebiete der Alpen verwendet hat. VOLGER, welcher den geforderten Ton der Unterwürfigkeit gegenüber den offiziellen Verwaltern der wissenschaftlichen Erkenntnis nicht gefunden zu haben scheint, sondern eigene Wege

zu gehen wagte, ist anscheinend mit seinen Arbeiten totgeschwiegen worden. Auch ist von den Schweizern selbst damals die weitere Erforschung schweizerischer Erdbeben noch nicht an die Hand genommen worden; dies geschah erst 20 Jahre später, nachdem die neuen Gesichtspunkte tektonischer Gebirgsbildung aufgekommen waren, nach denen auch die Erdbebenerscheinungen in dem neuen Licht aktueller tektonischer Bewegungen betrachtet werden konnten.

Es war die 1878 neugegründete Erdbebenkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, von deren ersten Mitgliedern Prof. A. HEIM und Prof. A. FORSTER noch unter uns sind, und in der auch F. A. FOREL schon mitgewirkt hat.

Als erste und dauernde Aufgabe stellte sie sich die systematische Sammlung und Publikation aller Nachrichten über neu sich ereignende Erdbeben in der Schweiz; darin ist sie vorangegangen, und ihrer Initiative und allen späteren Fortsetzern derselben verdanken wir jetzt eine 42 jährige, wohl recht vollständige Beobachtungsreihe, wie nur sehr wenige Erdbebengebiete sie besitzen. Einiges Zusammenfassende über diese Statistik ist schon von Prof. FRÜH mitgeteilt worden.

Natürlich bestand dabei die Hoffnung, dass Hand in Hand mit der Statistik die Bearbeitung Resultate zeitigen würde, die im Sinne der neuen tektonischen Vorstellung von Faltung und Bewegung grosser Erdschollen verwendbar sein sollten. Die Ausmasse solcher einzelner Bewegungen dachte man sich nicht ganz unbedeutend, mindestens nach Zentimetern oder Dezimetern — und an der Erdoberfläche erkennbar. Ausserordentliche, in neuerer Zeit derart wirklich beobachtete Verschiebungen, wie die beim Erdbeben von San Francisco, haben ja solchen Anschauungen grundsätzlich recht gegeben. Aus den Alpen aber kennen wir solche Fälle sichtbar bleibender Verschiebungen nicht. Nicht einmal bei dem gewaltigen Beben von Visp waren wirkliche Verwerfungen oder Verschiebungen im Fels irgendwo zu finden. Denn alle die Spalten, die sich geöffnet hatten, und alle die zahlreichen Quellveränderungen waren auf oberflächliche Rutschungen oder höchstens etwa Erscheinungen des „balancement“ im Sinne von LUGON zurückzuführen, nicht auf primäre aktive Dislokationen.

Aber es schien doch möglich, auf gleichzeitige Verschiebungen grosser Gebiete, wie z. B. des ganzen alpinen Vorlandes auf anderem Wege zu schliessen; nämlich einerseits aus übereinstimmenden

Stossrichtungen und andererseits aus der Gleichzeitigkeit der Zeitangaben an sehr entfernten Punkten.

Die wiederholten Versuche, mit diesen beiden Betrachtungsweisen zu Resultaten zu kommen, befriedigten aber wenig — und sie konnten nicht befriedigen, weil sie von zwei Voraussetzungen ausgingen, die, wie wir jetzt erkannt haben, unzutreffend waren:

Erstens hat sich bekanntlich die *Geschwindigkeit*, mit der sich die Erschütterung fortpflanzt, als etwa zehnmal grösser erwiesen, als früher angenommen wurde — und damit fallen frühere Nachweise vermeintlicher Gleichzeitigkeit dahin. Wenn damals dieser Nachweis geleistet schien, wenn z. B. zwischen Zürich und Bern der Zeitunterschied nicht mehr als 20 Sekunden betrug, so wissen wir jetzt, dass diese Fortpflanzung der Erdbebenwellen gar nicht mehr als diese 20 Sekunden beansprucht. Aus dem Gebiet der Minuten und ihrer Bruchteile wird die Frage in das Gebiet der Sekunden gerückt. Es ist ja auch die Vorstellung zu korrigieren, dass eine Scholle sich als starres Ganzes „gleichzeitig“ verschieben könnte. Eine Druckwirkung von einer Seite her könnte sich bis ans andere Ende doch nicht schneller geltend machen, als entsprechend der elastischen Fortpflanzung einer Spannung. Um mich drastisch auszudrücken: Wer mit einem 100 km langen Stahlstab von hier aus den Jungfraugipfel anstossen wollte, könnte dies unter keinen Umständen „sofort“ bewirken, sondern müsste jedenfalls die 20 Sekunden warten, bis die Druckwelle des Impulses sich so weit fortgepflanzt hätte.

Was *zweitens* die Ableitung von Verschiebungen eines Erdgebietes aus den beobachteten *Stossrichtungen* betrifft, so wurde natürlich von Anfang an mehr oder weniger kritisch der Vorbehalt erhoben, dass die subjektiv beobachteten, ja sogar die anscheinend objektiv festgestellten Bewegungen im Gebäude in vielen Fällen der Richtung der Bodenbewegung noch nicht sicher entsprechen — von der Unzuverlässigkeit der Schätzung eines Verschiebungsbetrages ganz zu schweigen, den man immer weit überschätzt hat. Es kam aber neuerdings dazu die auf Grund instrumenteller Messungen gewonnene Einsicht, dass die Bewegungen im Boden gar nicht notwendig in der Richtung von einem primären Bewegungszentrum her zu geschehen brauchten, sondern auch quer dazu erfolgen konnten. Und endlich das Wesentliche: dass die beobachteten Bewegungen jedenfalls in einiger Entfernung vom Aus-

gangspunkt der Erschütterungen nur elastische Schwingungen des Bodens darstellen, die mit der primären Bewegung gar nichts zu tun haben und nichts über deren Sinn aussagen können.

Ich möchte das letztere anschaulich machen durch eine Analogie mit den im Krieg ausgebildeten Zeitbestimmungen der Ankunft eines Geschützknalles an verschiedenen Beobachtungspunkten. Aus solchen Messungen kann man sehr wohl den sonst unbekannten Aufstellungspunkt des Geschützes berechnen. Aber ob das Geschütz beim Abfeuern zurückgewichen sei und nach welcher Richtung es geschossen habe — das ist natürlich aus diesen Messungen nicht zu ermitteln.

Was bleibt denn da für uns noch übrig, mochten die Geologen fragen, die durch ihre gegenwärtigen Erfolge in der Deutung verwickeltster tektonischer Zusammenhänge ja wohl verwöhnt sein dürfen. Ihre Enttäuschung ist verständlich und wohl nicht zu verkennen; sie ist vielleicht am bedeutsamsten aus der Stellung der monumentalen „Geologie der Schweiz“ von A. HEIM ersichtlich, welche erklärt, dass jetzt, nach der seismologischen Sammelarbeit von mehr als 40 Jahren, die Zeit immer noch nicht gekommen sei, um sich über die geologischen Konsequenzen dieses Materials auszusprechen, und welche infolgedessen von den Einzelarbeiten des (vor 10 Jahren von der Naturforschenden Gesellschaft an den Bund übergegangenen) Erdbebendienstes, die solche Hinweise versuchen, noch keine Notiz nimmt.

Es gibt nun in der Tat Grenzen in der Forschung, innerhalb derer jede sachgemässe Anstrengung eines ansehnlichen Erfolges sicher ist, während jenseits dieser Grenzen jeder einzelne unscheinbare Schritt überhaupt nur mit grossen Anstrengungen möglich ist. Ob eine solche Arbeit sich noch lohnt, hängt wohl davon ab, wie hoch man diese tastende Erweiterung der Einsichten in ein sonst verschlossenes Gebiet hinein einschätzen will.

So mag es sich auch mit unserer seismologischen Arbeit verhalten; selbst kleine Schritte vorwärts werden grosse Anstrengungen kosten. Und dass die Anstrengung da ist, beweist noch nicht, dass der Schritt gelingt.

Aber jedenfalls ist es nötig, dass wir, auch wenn wir auf die Zukunft bauen, mit bestimmten Arbeitshypothesen in die Zukunft gehen.

So möchte ich Ihnen denn im folgenden darlegen, so gut es nach meiner Einsicht und nach den Umständen der Zeit und des Ortes möglich ist, welches die uns möglichen Arbeitsmethoden sind, und welche Ergebnisse sie schon gezeitigt haben und vielleicht noch zeitigen können.

An den Anfang stelle ich immer noch die sorgfältige Sammlung und Bearbeitung der Beobachtungen, die vom Menschen direkt gemacht worden sind — die sogenannte *makroseismische Methode*. Sie bot ja bisher die einzige Möglichkeit, die Häufigkeit und geographische Verbreitung und die Beziehung zum Untergrund zu studieren. Sie wird auch in Zukunft gepflegt werden müssen.

Die sorgfältige Berücksichtigung der Intensitätsverteilung, etwa nach der von FOREL aufgestellten Skala, ermöglicht auch ein gewisses Urteil über die wichtigste, aber noch sehr wenig geklärte Frage der Erdbebenkunde, *die Tiefe des Sitzes* der primären Bewegung, des sogenannten *Erdbebenherdes*. Man bemerkt, dass dieser Ausdruck, unter den Anschauungen einer bestimmten Zeit geprägt, stark nach Feuer und Schwefel riecht; man kann ihn aber auch ohne diese Nebengerüche anwenden. Man wird sich auch die Vorstellung über die räumliche Ausdehnung dieses primären Ausgangsortes in der Tiefe vorbehalten. Allzu schematisch hat man gelegentlich von einem Ausgangspunkt gesprochen, während die Tektoniker an ausgedehnte Ausgangslinien oder Flächen denken möchten. Aber auch dann wird an dem Ort stärkster Spannung die Auslösung zuerst erfolgen, und dieser Ort tritt dann für die Fernleitung als Ausgangsort auf, und auf ihn würden die Registrierungen hinweisen. Aber wir wollen, bevor wir von der Erdbebenregistrierung durch Apparate sprechen, uns zuerst noch mit den Schlussfolgerungen beschäftigen, die aus der direkten Beobachtung an der Erdoberfläche zu gewinnen sind.

Es ist leicht zu verstehen, inwiefern die Intensitätsverteilung an der Oberfläche etwas über die Tiefe des Ausgangspunktes aussagt: Ist diese Intensität von einem ganz beschränkten Oberflächenstück aus allseitig sehr schnell abnehmend, so wird man auf eine nicht tief liegende Ursache schliessen können. Ist diese Intensität aber über viele Kilometer hin anscheinend dieselbe, so wird man schliessen, dass die erregende Ursache in einer Tiefe von entsprechender Grössenordnung liegt. Es fehlt nicht an Versuchen,

die Abhängigkeit der Herdtiefe von der Intensitätsverteilung an der Oberfläche in gesetzmässige Beziehungen zu fassen. Aber bei der Unsicherheit in der Ermittlung aller in Betracht kommenden Grössen wird man sich im besten Fall mit der Angabe der ungefähren Grössenordnung begnügen müssen.

Nicht selten werden solche sorgfältigen Feststellungen auch charakteristische Unregelmässigkeiten der Intensitätsverteilung an der Oberfläche erkennen lassen. Diese lassen auf entsprechende Gestaltung der leitenden Schichten schliessen. Im Mittellande haben wir solche Fälle von objektivem Wert. Aber in den Alpen verhindert das unbewohnte Gebirge sehr oft, ja meistens, eine genaue Ermittlung der Gegend mit der stärksten Erschütterung. Da die Nachrichten aus den bewohnten Tälern naturgemäss ganz überwiegen, sieht es dann aus, als ob die Epizentren an solche Talfurchen gebunden seien. Man hat Mühe, sich von diesem Eindruck loszumachen, und wird dann verleitet, weiter die Talfurche unwillkürlich tektonisch zu deuten und etwa aus dem anscheinend an das Tal geknüpften Erdbeben eine Verwerfung zu postulieren. Nur die Kenntnis der Ergebnisse der Tektonik oder eine anderweitige Epizentralbestimmung kann solche irreführenden Eindrücke, die man gelegentlich zu Tatsachen gemünzt antrifft, berichtigen.

Die Beobachtungen durch den Menschen behalten ihr Interesse und gewinnen es noch mehr, insofern bei sorgfältiger Beobachtung doch manchmal eine interessante Parallele zwischen den Angaben der Apparate und der Beobachter möglich ist, namentlich was den zeitlichen Verlauf der Erschütterungen betrifft.

In einem mit Uhren und Zeitkontrolleinrichtungen so gesegneten Land bleibt es wertvoll, bei einem Erdbeben immer in erster Linie an den Sekundenzeiger und an das Sekundenzählen zu denken. Inwiefern dieses Interesse auch neben den Seismographen bestehen bleibt, werden wir kennen lernen, wenn wir nun zur Frage der *seismographischen Erdbebenuntersuchung* übergehen.

Die erste Frage heisst hier: Wie können die Registrierungen die mangelhaften Ortsbestimmungen verbessern?

Natürlich müssen wir dabei an einiges erinnern, was nicht unbekannt ist, anderseits auch alles weglassen, was nicht auf unser besonderes Ziel hinweist.

Sie erinnern sich, dass das Prinzip der Erdbebenapparate darin besteht, einen schweren Körper so frei aufzuhängen, dass er als träge Masse bei den Erschütterungen des Bodens unbeweglich bleibt; die Eigenperiode dieser pendelnden Aufhängung muss mit Rücksicht auf die vorwiegenden Schwingungsperioden des Erdbebens selbst gewählt werden; diese Perioden sind bekanntlich bei Erschütterungen, die aus grossen Erddistanzen kommen, viel langsamer: 3—20 Sekunden, als bei nahen Erdbebenherden, wo sie 0,2—2 Sekunden betragen. Es ist auch bekannt, dass die Bewegungen des Bodens, wenn die Aufzeichnungen vollständig sein sollen, in drei Richtungen des Raums gemessen werden müssen, wofür man gewöhnlich drei besondere Apparate hat: einen, der die N-S-Richtung, einen, der die E-W-Richtung und einen, der die Bewegung in der Vertikale zeitlich genau fixiert, mit einer sehr starken Vergrösserung des eigentlichen Betrages.

Fragen wir uns nun: Was lässt sich aus den Angaben einer einzigen so ausgerüsteten Station gewinnen? Zunächst wäre zu erwarten, dass aus den Beträgen der Ausschläge der Ost-West- und Nord-Süd-Komponente sich eine Resultante ableiten liesse, diese müsste den Betrag der wahren Bodenbewegung ergeben, und die Richtung auf den Erdbebenherd hin.

Aber gerade bei unsern alpinen Beben werden die longitudinalen Erschütterungswellen unterwegs so sehr abgeschwächt, dass man in 100—200 km Entfernung schon froh sein muss, überhaupt ihren Ankunftszeitpunkt mit den allerempfindlichsten Apparaten zeitlich sicherstellen zu können, während eine quantitative Messung für den ersten Einsatz selten möglich sein wird. Mit dieser alleinigen Ankunftszeit auf einer Station lässt sich aber an und für sich noch nichts Bestimmtes anfangen.

Anders ist es, wenn man zwei verschieden gelegene Stationen hat.

Man ist dann in dem schon erwähnten Fall der Bestimmung der Lage eines Geschützes aus dem Vergleich der Ankunftszeiten des Schalles an zwei Beobachtungsposten. Kommt der Schall genau gleichzeitig an, so liegt das Geschütz im Zentrum eines Kreises, dessen Peripherie durch die beiden Beobachtungsorte geht, also auf einer Halbierungsgeraden, die senkrecht auf der Verbindungslinie beider Punkte steht. Ist der Zeitunterschied gerade so gross, dass der Schall in dieser Zeit den Weg zwischen den beiden Be-

obachtungsposten zurücklegen kann, so liegt das Geschütz auf einer Geraden, die durch beide Stationen geht. Ist aber der Unterschied zwischen diesem letzten Wert und Null, so liegt der gesuchte Ort irgendwo auf einer bestimmten Hyperbel.

Es ist also immer nur eine Linie angebbar, auf der das Geschütz steht, aber nicht der Punkt selbst. Um diesen zu bestimmen, muss noch die Zeitbeobachtung einer dritten Station hinzutreten. Der Schnittpunkt der Linien ergibt dann den gesuchten Ort.

Was hier für die Methode der Geschützortbestimmung gefunden wird, gilt auch für die Bestimmung des Ausgangsortes eines Erdbebens. An die Stelle der elastischen Schallwellen in der Luft treten einfach die 10—20mal schnelleren elastischen Erschütterungswellen der Erdrinde.

Ein wichtiger Unterschied aber muss jetzt hervorgehoben werden: Beim Geschütz weiss man, dass es auf der Erdoberfläche sich befindet; beim Erdbeben ist dies nicht der Fall; sein Ausgangspunkt ist in einer unbekannten Tiefe. So können nun die Beobachtungen der drei Stationen das Problem nicht mehr lösen, ohne dass wir eine Annahme über die Tiefe des Erdbebenherdes machen. Aber gerade diese Tiefe wünschten wir womöglich auch noch aus den Registrierungen zu berechnen, weil dies ja das wichtigste Endresultat sein soll.

So würden eben drei Stationen nicht mehr genügen zur geometrischen Lösung; sobald wir in die Tiefe der Erde hinabtauchen, kommt ja noch hinzu die Notwendigkeit, genau zu wissen, nicht nur wie schnell die Erschütterung (d. h. nichts anderes als die Schallgeschwindigkeit im Boden) sich fortpflanzt, sondern welche Änderung dieser Wert in zunehmender Erdtiefe erleidet; denn eine Zunahme dieser Geschwindigkeit in tiefern, starren Schichten muss unbedingt erwartet werden.

Nun kommt uns aber glücklicherweise eine sehr wichtige physikalische Tatsache zuhilfe: Es ergibt sich theoretisch und lässt sich experimentell nachweisen, dass in einem festen Körper sich elastische Wellen (also Schallwellen) von zwei verschiedenen Arten bilden: Erstens die uns von der Luft her geläufigen *longitudinalen* Schwingungen, wo die einzelnen Teilchen in der Richtung der Fortpflanzung vibrieren. Zweitens aber die (in Gasen und Flüssigkeiten unmöglichen) *transversalen Wellen*, die quer zu der Fortpflanzungsrichtung schwingen und die wesentlich langsamer laufen, und zwar

um einen theoretisch sich ergebenden Betrag von $\sqrt{3} = 1,73$ mal langsamer. Solche zwei Arten von Wellen sollen sich eigentlich nur in einem isotropen, d. h. nach allen Seiten elastisch sich gleich verhaltenden Körper bilden. Zweifellos treten sie bei der Registrierung von Fernbeben deutlich auf; für Nahebeben, deren Wellen ja nur die obersten Schichten der Erdoberfläche durchlaufen, musste dies zunächst zweifelhaft sein, weil man hier Isotropie kaum postulieren durfte, sondern viel kompliziertere Erscheinungen erwarten musste. Die tatsächlich beobachtete, zeitlich entsprechende Welle konnte auch als „Oberflächenwelle“ gedeutet werden. Versuche in tiefen Schächten oder Tunnels könnten Aufklärung bringen.

Nun sprechen aber doch gute Gründe für direkt vom „Herd“ kommende Transversalwellen; es dürfte — zum Teil durch unsere schweizerischen Registrierungen — ihr Auftreten anzunehmen sein, und zwar ein Auftreten in einer sehr deutlichen, scharf einsetzenden Form. Diese Schärfe des Auftretens erhält sich bis zu Entfernungen von ca. 200—300 km vom Epizentrum, wie sie für unsere schweizerischen Untersuchungen in Betracht kommen. Diese sogenannten „zweiten Wellen“ wiederholen also in der Registrierung das Erdbeben noch einmal in einem langsamern Tempo, und übrigens mit sehr viel stärkern Ausschlägen; sie geben bei gefühlten Beben den Hauptstoss. Es lässt sich nun mit ihrer Hilfe dieselbe Feststellung, die für die Ankunftszeit der ersten Wellen gemacht werden kann, getrennt noch einmal durchführen. Das Wichtigste liegt aber darin, dass ihre Geschwindigkeit mit derjenigen der longitudinalen Wellen in einem bestimmten Verhältnis steht, das sich aus den Erdbeben-Aufzeichnungen ebenfalls zu 1,7 ergibt.

Schon die Beobachtungen an einer einzigen Station werden dadurch viel wertvoller; wir beobachten einen bestimmten Zeitunterschied zwischen der Ankunft der beiden Wellen; wir wissen, dass sie beide zur selben Zeit den Erdbebenherd verlassen haben, aber dass die zweite Welle langsamer läuft — wie ein Kind hinter einem Mann zurückbleibt, mit dem es zugleich ein Haus verlassen hat. Aus der Zeit des Zurückbleibens der einen Welle gegen die andere lässt sich nun leicht berechnen, eine wie grosse Strecke sie schon unterwegs sind. Für 100 km macht es etwa 12 Sekunden aus, für 10,000 km schon etwa 12 Minuten.

So lässt sich von einer Station aus die Entfernung berechnen, von einer andern aus eine zweite, und der Schnittpunkt der Kreise,

die mit diesen Abständen als Radius gezogen werden, gibt den Ort des Erdbebens, wenn man von der Herdtiefe absieht. Allerdings geben sich so zwei Schnittpunkte, von denen der eine aber aus allerhand Gründen weniger wahrscheinlich sein wird.

Benützen wir ausserdem noch die früher erwähnte Feststellung, dass wir auch die Differenzen der Ankunftszeit an beiden Stationen kennen, wovon vorher die Rede war, so können wir — wie ich seinerzeit gezeigt habe und wie Prof. A. KREIS in Chur neuerdings in genauere Formeln gebracht hat — aus allen diesen Angaben von zwei Stationen, die dem Herd relativ nahe, d. h. nicht über ca. 100 km entfernt sein müssen, nicht nur die Lage auf der Erdoberfläche berechnen, sondern auch die angenäherte Herdtiefe. Dafür muss man allerdings den Betrag der Wellengeschwindigkeit an der Erdoberfläche und auch seine Tiefenzunahme als bekannt voraussetzen. Der erste Wert, so wichtig er erscheint, war bisher noch sehr wenig sicher und ist wohl auch nicht allgemein gültig genau anzugeben. Wir haben uns bemüht, ihn aus Explosionen und Sprengungen zum Teil durch eigene Messungen zu bestimmen, und haben ihn aus den Sprengungen bei Alpnach zu 4,7, aus dem Tunnelbeben von Grenchen zu 5,2 km in der Sekunde gefunden; ein Betrag, der von anderer Seite vorläufig als etwas zu niedrig betrachtet wird, aber der Wirklichkeit wohl viel näher kommt, als die früher angenommenen Werte.

Will man nun diese Berechnung des Erdbebenortes und besonders einer genäherten Herdtiefe mit noch weniger Willkürlichkeit durchführen, und zugleich eine unentbehrliche Kontrolle besitzen, so müssen *drei Stationen* mit den genannten vollständigen Aufzeichnungen zu Gebote stehen, die aber nicht mehr als 50 bis 120 km vom Erdbebenort entfernt sein sollen. — Am besten wäre es, wenn eine von ihnen direkt in der Mitte des Erdbebengebietes läge; aber das lässt sich nicht nach Wunsch einrichten.

Zwei Fragen verschiedener Art mögen Ihnen im Verlauf dieser Überlegungen aufgestiegen sein; die eine nach *Messungsgenauigkeiten*, die erforderlich sind, um brauchbare Resultate zu erreichen, die andere, die wir zunächst besprechen wollen: Ob der *Mensch* selber bei seinen gelegentlichen Erdbebenbeobachtungen auch etwas von diesen verschiedenen Wellenarten merke, oder ob das alles nur auf dem Papier der Erdbebenapparate zu finden sei?

Aus unserer sorgfältigen Bearbeitung der schweizerischen Beobachtungen glauben wir mannigfaltige Belege dafür gefunden zu haben, dass in den subjektiven Beobachtungen diese Tatsachen von jeher zum Ausdruck gekommen sind. Es scheint, dass in einiger Nähe des Hauptschüttergebietes bei uns beide Wellen als zeitlich getrennte und verschiedenartige Stösse oft verspürt werden; auch unmittelbar über dem Ausgangspunkt in der Tiefe scheint diese zeitliche Trennung noch nachweisbar zu sein und jedenfalls 2 bis 3 Sekunden zu betragen. Eine richtige Schätzung dieser Geschwindigkeit ist von allergrösstem Interesse, weil sie unter Umständen einen ganz direkten Masstab für die Herdtiefe abgibt. Es lässt sich die Beziehung angeben: So viel Sekunden in dem eigentlichen oberflächlichen Erschütterungsmittelpunkt — Epizentralgebiet — zwischen dem ersten und zweiten Stoss verstreichen, so viel mal 8 km liegt der Ursprungsort in der Tiefe. Als Beleg für die Art, wie die verschiedenen Wellenarten im Epizentralgebiet wirklich von ruhigen Beobachtern wahrgenommen werden können, führe ich absichtlich eine ganz alte Beobachtung an, diejenige von Pfarrer STUDER bei dem grossen Erdbeben von Visp: er schreibt: „Ich konnte klar wahrnehmen, dass die ersten Erschütterungen senkrecht vor sich gingen, die dann aber mit einer unmöglich zu beschreibenden Bewegung in wagrechte übergingen“.

Auch der Bearbeiter VOLGER selbst fasst die Beobachtungen über dem Erdbebenherd folgendermassen zusammen: „Es war ein über alle Vergleichung gewaltsamer Schock... Nach diesem Schlage erst begann das eigentliche Wogen des Erdbodens“.

Die Deutung des ersten Phänomens auf die ersten, die Longitudinalwellen, deren Bewegung senkrecht sein musste, des zweiten auf die immer viel heftigeren, in diesem Fall quer schwingenden Transversalwellen scheint sich geradezu aufzudrängen. Eine Schätzung der Zwischenzeit fehlt hier leider gänzlich. Wenn sie aber sich der Mehrzahl der Beobachter so bemerkbar gemacht hat, wie VOLGER es zusammenfasst, so kann sie kaum unter 2—3 Sekunden betragen haben; dies aber würde den Ursprung des Visper Bebens in mindestens 16—25 km Tiefe versetzen. Man möge aus diesem Beispiel sehen, von wie hohem Interesse eine sorgfältige, direkte Beobachtung noch jederzeit sein kann.

In grösserer Entfernung vom Erdbebenherd mögen 8—10 Sekunden vergehen, zwischen dem ersten schwachen und dem zweiten

stärkern Stoss. Die einen, weniger empfindlichen Menschen spüren dann nur den letztern. Andere, empfindliche Beobachter oder auch Tiere mögen die feinen ersten Wellen noch spüren oder undeutlich ahnen, und als unerklärliche Beunruhigung empfinden. So kann sich manches bisher Widerspruchvolle und Rätselhafte in solchen Beobachtungen erklären. Dem einen fängt das Erdbeben mit einer Bewegung in Nordsüdrichtung an, dem Nachbar schien es mit Ostwestbewegung zu beginnen; sie haben beide recht; nur hat der eine schon die Longitudinalwellen, der andere erst die zweiten Wellen gespürt.

Und nun zu der andern aufgeworfenen Frage: *Welche Genauigkeiten in den registrierenden Messungen sind für die Gewinnung der hier gesuchten Resultate nötig, und welche sind erreichbar?*

Das höchste Ziel eines in der Schweiz aufgestellten Registrierapparates musste sein, alle in der Schweiz sich ereignenden Erdbeben aufzuzeichnen, von denen der Mensch selber in der betroffenen Gegend etwas Deutliches wahrnimmt — und zwar richtig mit den beiden Wellenarten aufzuzeichnen. Das ist sehr schwer zu erreichen. Wir hatten in Zürich bisher Apparate, die zu den empfindlichsten zählten, und die noch $\frac{1}{1000}$ mm Bodenbewegung sicher aufzeichnen. Trotzdem wurden von den ausgesprochen schweizerischen Erdstössen nur etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ registriert und auch hierbei war oft die unentbehrliche Anfangsphase ganz undeutlich oder unsichtbar. (Die Apparate in Chur und Neuchâtel sind ziemlich viel weniger empfindlich und lassen deshalb, obschon gut bedient, für unsern Zweck in den allermeisten Fällen im Stich, wenn sie auch im einzelnen allerdings schon interessante Schlüsse ermöglicht haben.)

Wir sahen uns deshalb vor die Aufgabe gestellt, die Konstruktion eines besondern Apparates zu versuchen, der ganz den Erfordernissen der alpinen Seismologie entsprach, und der für Nahebeben zehn mal empfindlicher als die bisherigen sein musste; ein Zehntausendstel eines Millimeters musste noch sicher registriert werden. Es musste eine träge Masse von 21,000 kg verwendet werden. Alle drei Komponenten kommen zur Aufzeichnung. Diese über Jahre sich erstreckende Arbeit ist vor wenigen Monaten beendet worden, wobei ich besonders der Verdienste meines freiwilligen Mitarbeiters, Prof. PICCARD, gedenken möchte. Es scheint, dass das gesteckte Ziel erreicht wird. Wir dürften jetzt wohl mit über

das empfindlichste Instrument für Nahebeben und zugleich einen immer noch ausgezeichneten Apparat für Fernbeben verfügen und müssen jetzt gelegentlich bitten, ob denn niemand unsere registrierten Erdbeben gespürt haben will. Vor einiger Zeit konnten wir, ohne dass eine andere Angabe vorlag, den Zeitungen mitteilen, dass im Oberwallis ein Erdbeben stattgefunden haben müsse, was dann auch nach zwei Tagen bestätigt wurde. —

Unentbehrlich zum Zweck von Herdtiefen-Berechnungen ist eine hohe Zeitgenauigkeit der Registrierung. Für den Vergleich zwischen zwei Stationen wird es nötig sein, die relative Ankunftszeit der Stösse auf wenige Zehntel-Sekunden genau zu registrieren. In Zürich haben wir diese Genauigkeit der Zeit schon lange annähernd erreicht, und möchten das hier, gegenüber gewissen Anzweiflungen, ausdrücklich feststellen — es gehört allerdings eine gewisse astronomisch-chronometrische Schulung dazu, die aber bei den in unserm Erdbebendienst Tätigen vorliegt. Die Einrichtung des neuen Seismographen erlaubt Zeitfeststellungen bis auf ca. $\frac{1}{10}$ Sekunde. Dies betrifft die Regelmässigkeit des Triebwerks und der Kontrolluhr.

Von Wichtigkeit ist es ebensosehr, wie scharf zeitlich die Differenz zwischen den beiden Wellenarten aus den Registrierungen überhaupt abgelesen werden kann, was natürlich eine Frage für sich ist. Glücklicherweise sind diese Einsätze oft so scharf, dass wiederum nur wenige Zehntel-Sekunden Unsicherheit übrig bleiben. Das ist für die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen von der allergrössten Bedeutung. Es heisst, in Distanz übertragen, eine Unsicherheit von einigen Kilometern in der darauf sich aufbauenden Rechnung. Die Ortsbestimmungen können also eine dementsprechende Genauigkeit erlangen; so wären wir imstande, den schon besprochenen fatalen Einfluss der unbewohnten Gebiete wirklich einigermaßen zu beseitigen und dann könnten neue, sichere Grundlagen für die Beziehungen der Erdbebenorte zur Tektonik gewonnen werden. Für die Herdtiefenbestimmung wird allerdings auch in den denkbar günstigsten Fällen die Angabe einzelner Kilometer illusorisch bleiben; die Genauigkeit auf einige Kilometer ist da noch als Ideal zu betrachten.

Nun wollen wir zum Schluss eine Antwort versuchen auf die Frage, was denn *bis jetzt schon sich ergeben hat mit Bezug auf*

die Lokalisierung und Deutung der Erdbebenphänomene unseres Landes. Eine 40 jährige systematisch angelegte Beobachtungsreihe gibt uns dazu die Möglichkeit.

Unser Land ist keineswegs arm an Erdbeben; eine Zahl von jährlich 20—30 deutlichen Stössen entfällt auf unser Gebiet; ähnlich wie übrigens auch auf die Ostalpen.

Sie werden vielleicht mit Erstaunen bei genauerer Betrachtung sehen, wie diese Schweizerkarte¹ mit Punkten, Sternen und Kreisen übersät ist. Es sind hier in einer vorläufigen Weise alle seit 1881, dem Anfang regelmässiger Sammlung, in der Schweiz bekannt gewordenen Stösse eingetragen, und zwar derart, dass ein Punkt einen nur lokalen in einer Ortschaft gespürten schwachen Stoss bedeutet, ein kleiner Kreis einen schwachen Stoss an zwei benachbart liegenden Punkten gespürt, ein grosser Kreis das oft nur angenähert bekannte ungefähre Ausgangsgebiet eines wichtigeren, der auf einem grössern Gebiet wahrgenommen worden ist; ein Stern ein entsprechendes Ausgangsgebiet, das aber etwas genauer bekannt ist. Die Karte hat den Zweck, die allgemeine regionale Verteilung beurteilen zu lassen; da oft von nahezu derselben Gegend zahlreiche Stösse ausgegangen sind, mussten die Kreise in die betreffenden Gegenden gruppiert werden, ohne dass jeder Kreislage eine ganz individuelle Bedeutung zukäme. Tatsächlich wird das Resultat, das wir aus der Karte ableiten wollen, davon nicht berührt.

Es ist naheliegend, bei der Besprechung auszugehen von den Gesichtspunkten, unter denen die Geologen selbst die jetzt noch anzunehmenden Bewegungen zunächst im *Alpenkörper* betrachten: diesem letztern wenden wir uns zuerst zu.

Wir sind schon ausserordentlich weit entfernt von der Zeit der tektonischen Paroxysmen, wo sich eine Faltendecke nach der andern zwischen den Schraubstockbacken festerer Erdrindenteile herausgepresst und nach Norden übergelegt hat, wie Sie nach mir von dem Hauptforscher dieser Architektur für das Wallis, Prof. ARGAND hören werden, und wie diese Profile entsprechend ausdrücken. Das meiste so herausgepresste Material ist längst wieder weg erodiert; die meisten Zusammenhänge sind entfernt worden.

¹ Leider konnte die Karte, die nur in einer vorläufigen, zur Reproduktion nicht geeigneten Ausführung vorlag, hier nicht wiedergegeben werden.

An einen aktiven Schub in diesen oberflächlichen Teilen ist nicht mehr zu denken.

Der letzte, von den Geologen anscheinend für nachgewiesen gehaltene tektonische Vorgang ist die Alpenrücksenkung im mittlern Diluvium, welche zum Teil in der Tatsache der Randseen zum Ausdruck kommen soll. Es ist das Einsinken des Alpenkörpers unter seinem eigenen Gewicht in die tiefern Erdschichten, die sich zwar den Erdbebenwellen gegenüber verhalten so starr wie Stahl, aber doch im Lauf von Jahrtausenden einem Druck nachgeben, bis das isostatische Gleichgewicht eines schwimmenden Körpers erreicht ist. Man darf finden, dass der Zeitpunkt, welchen die Alpen zu dieser Rücksenkung gewählt haben, etwas spät ist, nachdem ja die ungeheuren Deckenaufhäufungen viel früher stattgefunden hatten und zum grössten Teil schon wieder weggetragen sind. Da dürfte man jetzt eher ein stetiges Auftauchen annehmen.¹

Jedenfalls darf man ausgehen von der Aussage der Geologen, dass längs des Alpenrandes selbst die Zone der Verbiegung zu suchen sei. Ist dieselbe gegenwärtig in Minus oder Plus noch irgendwie aktiv, so haben wir auch in diesen Zonen Erdbebenercheinungen zu suchen. Es gibt nun tatsächlich Beobachtungen, welche dem entsprechen, — so zwischen dem obern Zürichsee und Zugersee, so am obern Ufer des Lac Léman.

Aber im allgemeinen Bild der Erdbebenverteilung ist dies gewiss nicht der charakteristische Zug. Diesen finden wir, immer im Gedankengang der Beziehungen zur isostatischen Bewegung, wenn wir mit der Erdbebenkarte vergleichen die Karte der Massendefekte, die von der Schweiz. Geodätischen Kommission, durch Prof. NIETHAMMER hergestellt worden ist.

Wenn wir vergleichen die *Orte der grössten Massendefekte* mit den *Gegenden grösster Erdbebenstätigkeit*, so frappiert uns der auffallende Parallelismus: hier ein grösster Massendefekt im Wallis — und hier auch eine Gegend grösster Erdbebenhäufigkeit. — Und wiederum in Graubünden ein zweites Maximum des Massen-

¹ Übrigens hätte offenbar die isostatische Anpassung während der ganzen Faltungszeit gewirkt, je nachdem in verschiedenem Sinn, aber sicher niemals in frei oszillierender Weise — wie zur Erklärung der wiederholten Eiszeiten auch schon angenommen worden ist. So etwas wie ein Weiterpendeln auch nur um einen Meter über die Gleichgewichtslage zeigt sich durch die Rechnung als ausgeschlossen.

defektes — und ebenfalls ein zweites Maximum der Erdbebenhäufigkeit!

Man könnte vielleicht zunächst auf eine unmittelbare Beziehung zwischen grösstem Massendefekt und Erdbebenhäufigkeit schliessen und annehmen, dass das isostatische Gleichgewicht hier nicht ganz vollzogen sei, sodass Ausgleichbewegungen lokal noch stattfänden.

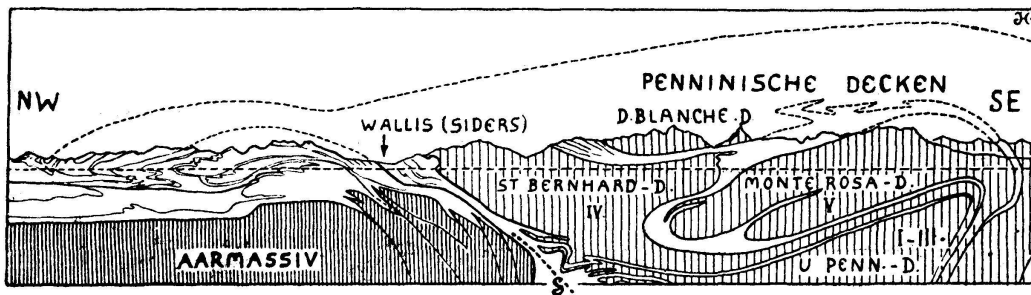
Da der wirkliche Ausgleich sich nicht von Punkt zu Punkt, sondern nur auf grössern Flächen machen soll, so müssen in der Tat auf begrenzten Gebieten mit stark abweichenden, extremen Verhältnissen auch lokale Auftriebs- oder Abtriebsspannungen eintreten, die sich durch Erdbeben manifestieren könnten.

Aber vielleicht ist der grosse Schweredefekt nur indirekt mit der Bebenhäufigkeit verknüpft, und zwar in folgendem Sinn: Hier gehen — wie durch die neuen geologischen Arbeiten bekannt — die penninischen Decken, die den Massendefekt bewirken, am tiefsten nach unten, und sind eben aus diesem Grunde noch zum grossen Teil erhalten. Da schien es mir denkbar, dass wenigstens hier noch ein gewisser Rest von tektonischer Spannung vorhanden sei, freilich nicht mehr genug, um durch tektonische Aenderungen grössern Stils sich noch zu erkennen zu geben, aber doch genug, um Erdbeben dieser Intensität zu erzeugen. So viel ich in der Unterhaltung mit verschiedenen Geologen erkennen konnte, würden sie diese Möglichkeit nicht ablehnen, auf welche, mir unbekannt, Herr ARGAND auch schon hingewiesen hat.

(Übrigens würde es unter den jetzigen Umständen wohl nicht leicht sein, geringfügige tektonische Deformationen im Innern des Alpenkörpers nachzuweisen, entsprechend rückläufigen oder übersteilen Terrassengefällen.)

Es würde also z. B. im Wallis noch eine gewisse horizontal wirksame Spannung bestehen zwischen dem autochthonen Aarmassiv und der in die Tiefe versenkten Stirn eines Teils der penninischen Decken — wie es etwa das hier wiedergegebene Profil von ARGAND veranschaulicht.

Es fragt sich nur, ob nicht der Herd dieser Erschütterungen noch tiefer liegt, als es diese Betrachtung voraussetzt, ganz an der untern Begrenzung der in die Tiefe versenkten gefalteten Massen, und alsdann vielleicht durch Ursachen bedingt, wie Zustandsänderungen der Materie, wobei die Mineralogen mitzureden



Profil durch das autochthone Aarmassiv und die penninischen Decken nach ARGAND (1911). Bei S ist nach unserer Auffassung die seismogene Klemmzone zwischen dem immer noch bestehenden schwachen Tiefenschub der penninischen Decken und dem widerstrebenden Aarmassiv zu suchen.

hätten. — Die letzten Ursachen der Kraftwirkungen, die in der Alpenfaltung sich äussern, sind von SIEBERG in den gewaltigen tertiären Einbrucherscheinungen des Mittelmeers gesucht worden.

Unsere bisherigen in der Schweiz gewonnenen seismologischen Anhaltspunkte weisen auf eine Tiefe, die über 10 km hinausgeht, etwa von der Grössenordnung von 20—40 km; darauf führte ein Fall in Graubünden, der eine gewisse Berechnung erlaubte. Nun haben aber die Walliser Erdbeben, nach dem Charakter der Seismogramme zu schliessen, einen jedenfalls nicht weniger tiefen Herd, als die Graubündner Beben; eher möchte man aus den verhältnismässig sehr deutlichen Einsätzen der P.-Wellen, die gelegentlich mit dem neuen Apparat sogar eine Azimutbestimmung erlaubt haben, auf noch grössere Tiefe schliessen. Es dürfte dies ein Wert sein, der ganz unabhängig in die ungefähre Tiefe weist, bis zu welcher die Deckenstörungen hinabreichen müssen. Ich möchte glauben, dass die Wellen der Walliserbeben auf ihrem Wege nach Zürich verhältnismässig sehr wenig störende und gestörte Schichten antreffen. Sie scheinen übrigens gelegentlich durch die Andeutung einer doppelten P.-Phase das Auftreten jener schneller leitenden Schicht in ca. 55 km Tiefe zu bestätigen, welche MONOROVICIO aus dieser Doppelphase der Nahebeben abgeleitet hat. Andererseits scheint es — es mag in diesem Zusammenhang die Bemerkung von Interesse sein — nach unsern immer wieder sich bestätigenden Beobachtungen, dass die Anfangswellen der Appenninenbeben auf ihrem Weg durch die Alpen bis zu uns sehr stark durch die Alpenwurzeln absorbiert werden, eine Erscheinung, die inzwischen von dem Geologen REICH auch für andere junge Gebirge gefunden worden ist, und die geologisch-diagnostisch verwendet werden kann.

Bevor wir die Besprechung der seismischen Erscheinungen des eigentlichen Alpenkörpers verlassen, möchte ich noch einige besondere Punkte hervorheben. Zunächst ist beachtenswert, wie die Gegend des Vispertals, die 1855 so energisch manifestiert hat, seither im wesentlichen verschont geblieben ist; die Erschütterungen halten sich mehr an westliche Gebiete des Wallis. Diese Ruhepausen, die man als temporäre Entspannung deuten kann, finden sich auch anderswo angedeutet; wenn man die Erdbebenerscheinungen etwa in Dekaden zusammenfasst, findet man in dem einen Jahrzehnt eine ziemliche Tätigkeit für ein bestimmtes Gebiet, in einem darauffolgenden keine mehr — so am westlichen Lémansee, so in Savoyen, so auch im Unterengadin. Es geben also 10 Jahre Beobachtung ein gewisses, aber nicht genügendes Bild von der Seismizität unserer Landesgegenden. Was die Seismizität des Wallis angeht, verlegt SIEBERG in seinem soeben erschienenen Buch über Erdbeben dieselbe speziell in die „Narbenzone“ des Wallis (wie C. SCHMIDT sich ausdrückt); sie liegt (s. Fig.), auf die Wurzelzone bezogen, nördlich letzterer im Gebiet der noch erhaltenen penninischen Decken; so auch für Graubünden, wo die penninischen Decken in der Tiefe liegen. Merkwürdig wird es wohl den Alpengeologen erscheinen, wenn SIEBERG neuerdings die heftigen Walliserbeben, speziell das Visperbeben, auf den „Querbruch“ des Vispertals zurückführt. Meines Wissens ist ein solcher Querbruch nie gefunden worden, und entspricht nicht der ganzen, jetzt bekannten Tektonik des Wallis.

Unter den alpinen Beben nehmen eine besondere Stellung ein die auffallend zahlreichen Erschütterungen der Glarner Gegend. Die dortigen Decken sind ja ganz ohne Verbindung mit ihren Wurzeln und kommen aktiv in keiner Weise mehr in Betracht, sie tauchen nach den mir zugänglichen Schätzungen von Geologen bis etwa 10—12 km tief ein. Es scheinen aber auch diese Erdbebenherde nicht sehr tief zu liegen, wenn man das Verhältnis der Oberflächenintensität zu der Ausbreitung berücksichtigt; jedenfalls sind sie weniger tief als diejenigen des Wallis; nach der auffallend starken Auslöschung der Longitudinalwellen scheint der Weg nach Zürich zum Teil in weniger dichtem Material zurückgelegt zu werden. Die Tiefe, die immer noch übrig bleibt, scheint Auslaugungen in diesem Kalkgebiet, auf die wir hingewiesen worden sind, auszuschliessen; es müssten sonst starke Thermen die so tiefen Wege des Wassers verraten.

Wo hingegen *Auslaugungsbeben* als sicher anzunehmen und schon früher als solche erkannt worden sind, das ist die Gegend von *Bex*, dessen Bewohner ab und zu stark beunruhigt werden, und nicht vor Langem ein seismologisches Gutachten verlangten — wie denn überhaupt der Erdbebendienst schon verschiedentlich als Beruhigungsinstanz funktionieren konnte, für In- und Ausländer, die sich erschreckt nach Vulkanen erkundigten.

Auch die frühern starken Erdbeben von *Zweisimmen* sind mit Recht auf Auslaugung gedeutet worden. Im übrigen verhält sich das Berner Oberland ganz auffallend ruhig, womit der autochthone Charakter des Aarmassivs und die rein passive Lage der darüber weggeschobenen Decken zusammengereimt werden kann. An dieser relativen Ruhe hat auch Teil eine ganz grosse Zone, die sich vom Vierwaldstättersee über den Gotthard bis ins Tessin und westliche Graubünden erstreckt.

Streifen wir noch kurz die *ausser-alpinen Gebiete* der Schweiz.

Wenn man an die passive starre Rolle des schweizerischen Hochlandes denkt, das ungefaltet wie ein Brett den Alpenschub bis in den Jura leitete, so wird man wohl erstaunt sein, aus der braven Molasse heraus da und dort ganz energische seismische Demonstrationen murren zu hören, die übrigens oft ziemlich scharf lokalisiert werden konnten, auch dank der gleichmässigen Bewohnbarkeit des Gebiets. Ich erinnere an die starken Erdbeben des Thurgaus und namentlich von Bern und Mühleberg.

Bei diesem letztern glaubten wir seinerzeit nach dem Verlauf des Epizentralgebietes eine durch die Molasse hindurch schimmernde Vorfalte des Jura annehmen zu dürfen; vielleicht nehmen die Geologen von diesen Tatsachen Notiz.

Gehen wir über zum Jura, so fällt auf, dass eine grosse Zahl von Erschütterungen weniger im Jura als an dessen Fuss verlaufen, sozusagen in dessen Wurzelregion. Der Jura selbst ist bebenarm, wenn auch nicht bebenfrei; in einem bestimmten Fall schien der grosse, in diesem Fall sehr reelle Querbruch von Pontarlier deutlich eine Rolle zu spielen. Auch ein nicht weit zurückliegendes Beben in der Gegend von Basel, das von dem argentinischen Seismologen Loos sorgfältig bearbeitet wurde, zeigte ihm deutliche Beziehungen zu Ausläufern des Rheingrabens — Verwerfungen, deren Rolle aber vielleicht nur sekundärer Natur war — und erinnerte an die Erdbebenvergangenheit Basels.

Nach dieser kurzen Uebersicht über die Anhaltspunkte, die sich bis jetzt für die Verteilung der schweizerischen Beben und ihre Deutung ergeben haben, mögen noch einige Worte folgen über das, was zu ihrer Erforschung weiter geschehen kann und soll. Es ist die scharfe Lokalisierung der Ausgangspunkte durch Registrierinstrumente. Sie werden nach dem Vorausgegangenen sehr wohl verstehen, wenn ich sage, dass ein solches, wenn auch noch so empfindliches Instrument, wie wir es jetzt in Zürich gebaut haben, nicht genügen kann. Nachdem sich dieses bewährt hat, müssen wir uns nach der Installierung eines zweiten umsehen. Diese Möglichkeit ist uns gegeben zunächst in Chur in dem Erdbeben-Kanton Graubünden, wo wir in der Person des Herrn KREIS, Prof. an der Kantonsschule, einen sehr sachkundigen Mitarbeiter gefunden haben. Vor kurzem hat denn auch auf unsern Antrag die Eidg. Meteorologische Kommission sich einverstanden erklärt, Mittel dazu aus dem „BRUNNER-Legat“ zu gewähren. Möge Nachahmung finden das Beispiel dieses schlichten Kaufmanns, dessen Schenkung nun so oft der Wissenschaft Mittel verschaffte, da wo Mutter Helvetia ihr den Brotkorb republikanisch hochgehängt hat.

Sobald dieses Instrument in Chur sich ebenfalls bewährt haben wird, wird eine dritte Station mit einem solchen versehen werden müssen. Dieses Instrument wäre — scheint mir — am richtigsten aufzustellen in dem andern Erdbebenkanton, im Wallis. Und wenn diese Absicht ein Echo fände in dem Anerbieten, sich dieses von uns zu bauenden kostspieligen Dinges dann auch in treuer Fürsorge anzunehmen, so wäre damit ein wichtiger Schritt zur Verwirklichung getan. Der Kanton Wallis müsste natürlich zugleich eine Mindest-Anzahl jährlicher Erdbeben garantieren, selbstverständlich innerhalb der Grenzen der öffentlichen Wohlfahrt. Es ist übrigens klar, dass die Registrierungen im Wallis ebenso wichtig wären auch für alle andern eidgenössischen und alpinen Erdbeben.

Es ist aber auch schon vorgesorgt für den Fall, dass irgendwo in der Schweiz — z. B. auch im Wallis — eine ganze Erdbebenreihe beginnen würde, wie es schon mehrfach der Fall war; dafür haben wir ebenfalls ein besonderes Seismometer gebaut, das transportabel ist — und von einem Tag auf den andern in Kürze irgendwo in der Schweiz aufgestellt werden kann. Es ist dies der Apparat, den wir letztes Jahr in Bern gezeigt haben und der seither, allerdings mehr für technische Messungen, vielfach gedient hat.

Nun danke ich Ihnen für das Interesse, das Sie meinen Ausführungen geschenkt haben; diese waren ja auch zugleich eine Art von Rechenschaft an die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, von welcher seinerzeit die Erdbebenforschung an unser staatliches Institut übergegangen ist — damals nicht ohne Bedenken aus Ihrer Mitte. Ich gestehe offen, dass ich mich in dieser Arbeit, vielleicht nicht zu meinem persönlichen Nutzen, nicht nur der Administration gegenüber verantwortlich gefühlt habe, sondern auch dieser Gesellschaft, welche ihrem Namen nach die Forschung nicht nur duldet, sondern fördern will. Ich möchte nur wünschen, dass diese Rechenschaft Sie einigermaßen befriedigt hat; Ihr fortdauerndes Interesse wird es sein, von dem auch in Zukunft unserer bescheidenen Mitarbeit an der Erforschung der Natur unseres Landes die nötige Ermutigung zufließen wird.

La géologie des environs de Zermatt

par EMILE ARGAND

Mesdames, Messieurs,

Le temps vous trahit; le conférencier vous reste. Nous voici donc au point d'évoquer, devant quelques images, ce qu'il eût été plus grand de voir dans la nature, plus expédient de montrer au vrai.¹

Vous n'attendez pas de moi, même en raccourci, une histoire des recherches géologiques faites dans ce beau pays; elle tient presque tout entière, avant notre siècle, dans les œuvres de trois grands hommes: HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE qui, en 1792, bivouaque au col du Théodule et groupe un premier faisceau d'observations; BERNHARD STUDER, dont les résultats sont assemblés, au milieu du XIX^e siècle, en un ouvrage aujourd'hui classique, riche collection de faits dans laquelle on puise encore avec profit; HEINRICH GERLACH, explorateur insigne, découvreur fécond et trop oublié, pionnier endurant de ces plus hautes Alpes, tellement moins

¹ Par le beau temps, la conférence eût été l'explication géologique, au sommet du Gornergrat (3136 m), de l'immense panorama qui se révèle de ce point. En raison d'un brouillard persistant, qui supprimait toute vue à distance, la conférence a dû être donnée *intra muros*, au Kulm-Hôtel (3100 m environ), avec un tour nécessairement différent. Les panneaux affichés étaient la reproduction agrandie des deux planches suivantes: „La tectonique des Alpes Pennines centrales“ in EMILE ARGAND, L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales (Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 45, 1909, p. 217—276, 3 fig., 1 pl.), et „Les grands plis couchés des Alpes Pennines“ in EMILE ARGAND, Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse, nouv. sér., Livr. XXVII, carte spéciale n° 64, pl. IV, 1911.

Pendant l'excursion géologique qui faisait suite à la session, j'ai eu l'occasion d'expliquer le 4 septembre, par un très beau temps, le panorama du Hühnerknobel (2900 m, sous l'Unter-Gabelhorn). Ce tour d'horizon qui diffère peu, pour la géologie, de celui du Gornergrat, est décrit dans le „Compte-rendu de l'excursion de la Société géologique suisse conduite aux environs de Zermatt, les 2, 3 et 4 septembre 1923“, par EMILE ARGAND, actuellement à l'impression dans les *Eclogae Geologicae Helvetiae*. Cet article est accompagné d'une liste d'ouvrages géologiques sur la région.

abordables il y a soixante-dix ans qu'à notre époque; GERLACH dont la Carte géologique des Alpes Pennines au deux-cent millième, présentée en manuscrit dans votre session de 1864 et publiée, cinq ans après, dans vos Mémoires, demeure, avec le rendu de la même région, au cent-millième, sur les feuilles XVII, XVIII, XXII et XXIII de la Carte géologique suisse, par le même auteur, comme le témoignage d'un immense labeur et, parmi tant de monuments que la cartographie géologique de notre pays offre dès cette époque, l'un des mieux venus, l'un de ceux que les chercheurs de notre temps et de tous les temps pourront bien retoucher, ciseler, parfaire, mais non renverser, tant les lignes maîtresses en sont justes; GERLACH qui, s'il n'a pas eu tout le secret de ces montagnes, a été un grand précurseur des synthèses tectoniques modernes en osant dessiner le gneiss d'Antigorio, en 1869, sous forme d'un pli couché de 11 kilomètres d'amplitude, charrié vers le nord sur un *substratum* plus jeune; GERLACH enfin qui, frappé à mort sur le terrain de ses recherches, le 7 septembre 1871, près d'Oberwald dans la vallée de Conches, par une pierre détachée de la montagne, a vraiment tout donné pour la Carte géologique suisse; car tel est le risque le plus honorable de l'état de géologue alpin.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, on ne voit guère à signaler que de bons travaux de pétrographie, d'ailleurs peu nombreux et très dispersés. La session de 1895, à Zermatt, voit cependant surgir une tentative d'agencement tectonique dont le mieux qu'on puisse dire, c'est qu'elle est trop fragmentaire, trop chargée de contradictions intérieures, trop démunie d'esprit synthétique pour réussir.

En 1884 l'idée des nappes de recouvrement, sortie du génie de MARCEL BERTRAND, commence sa course victorieuse à travers les Alpes; à l'aurore du XX^e siècle, elle connaît de nouveaux triomphes et MAURICE LUGEON révèle, en même temps que les nappes des Hautes-Alpes calcaires, les plis couchés du Simplon et du Tessin: les nappes penniques inférieures sont trouvées. Mais du Simplon à la Doire Baltée s'étend le vaste territoire des Alpes Pennines, et au-delà, vers le Grand-Paradis et la Doire Ripaire, les Alpes Graies; cet immense pays passe encore pour autochtone: un dernier effort et l'on verra que ce sont des nappes empilées, les nappes penniques supérieures — nappes du Grand-Saint-Bernard, du Mont-Rose et de la Dent-Blanche — une note de MAURICE LUGEON et EMILE ARGAND l'annonce en 1905. Cette découverte, qui devait

entraîner de nombreuses conséquences et dans son territoire d'origine et dans le reste de la zone pennique — orient et occident — parachevait en première approximation, vers le haut, l'imposant édifice pennique. Après quarante-six ans de latence, la solution avancée par GERLACH pour un coin de pays s'avérait, immensément élargie, comme la formule architectonique de l'ensemble.

Poursuivre au long des Alpes Occidentales, jusqu'à la Méditerranée, les conséquences manifestes ou cachées de cette synthèse; dégager, d'un bout à l'autre de l'arc, les lois de ces grands phénomènes; recréer, par l'image, le mouvement qui les a produits; restituer les formes tectoniques, incessamment changeantes au cours d'une histoire dont le recul dépasse tout ce qu'on avait présumé; discerner dans la fuite des âges, du Carbonifère à nos jours, le sort des ébauches structurales, puis des nappes qui en proviennent; dérouler par la pensée, à rebours du temps, les boucles enroulées des plis couchés, et leur matière pétrographique, et leur contenu stratigraphique; évoquer, à chaque moment de la durée, les fonds et les rivages des mers penniques; redescendre les âges en enroulant les nappes; pénétrer le jeu profond des guirlandes insulaires, des cordillères et des sillons marins qui deviennent lentement de grands plis couchés; élucider, par les témoignages conservés, l'effet de ces déformations, en surface, sur le régime des sédiments, et en profondeur, sur l'histoire des roches massives, et de leur mise en place, et du métamorphisme qu'elles ont exercé sur les dépôts, et de celui qu'elles ont subi en même temps qu'eux; deviner, à des indices variés, l'interaction des grands plis couchés et leurs luttes inévitables, dans le tréfonds des Alpes naissantes, pour la possession d'un espace de plus en plus confiné; connaître les phases périodiquement rythmées de leur avancée, et les recrudescences, et les rémissions de l'effort qui les pousse presque horizontalement vers l'extérieur de la chaîne; saisir comment, à chacune de ces reprises, les cordillères, et plus tard la chaîne entière, se compliquent et se rétrécissent en montant; comment aussi, à chaque relâche, ces mêmes objets, sans rien perdre des formes structurales précédemment acquises, redescendent pour un temps; suivre les grands plis couchés dans leur élan contrarié, mais en fin de compte victorieux, vers l'immense obstacle hercynien au-dessus duquel ils déferlent, aux temps oligocènes, en un flot plastique, irrésistible, profond d'au moins trente kilomètres; mesurer, après les amplitudes

horizontales, les épaisseurs inégales qu'atteignent ces nappes; jauger, par des moyens dont la simplicité étonne, l'espace tectonique à vingt-cinq kilomètres de profondeur et rétablir sur d'autres montagnes une égale épaisseur de nappes, aujourd'hui enlevées par l'érosion; déceler, de la fin du paroxysme oligocène à nos jours, ces répliques affaiblies, ces plissements attardés, périodiquement ralentis ou ranimés, qui renouvellent avec modération, dans les charnières acquises, quelques-unes des puissantes phases orogéniques du passé; qui reprennent plus faiblement, sans changement de style tectonique, le grand jeu des nappes dans leur force d'un temps; qui font gagner aux recouvrements quelque terrain vers l'avant, obligent les boucles à s'accroître très légèrement et font trembler le sol; qui font gauchir, périodiquement, tout le corps alpin en y déclenchant, sans mouvements épirogéniques, des cycles morphologiques répétés: trouver ces choses et en faire la synthèse, telle fut la tâche des années qui suivirent la découverte des grands plis couchés. Après avoir eu, pour ainsi dire, la grosse anatomie des nappes penniques, on connut donc leur embryogénie, non point par épisodes isolés, mais dans ses enchaînements, dans la continuité de son développement: histoire de formes mouvantes qui remplissent véritablement l'espace et le temps; histoire d'une matière qui se prête docilement au jeu interminable de ces formes et porte la marque de tous ces événements. Jamais peut-être on n'avait montré, sur un objet réunissant tant de grandeur et de complication, à quel point cette forme régit cette matière: à quel point la tectonique en acte, ou d'un mot la *déformation*, peut régler et déterminer l'histoire stratigraphique, pétrographique et morphologique de vastes pays. La *tectonique en arrêt*, que je comparais, l'instant d'avant, à une anatomie, fait connaître les structures dans leur état présent, dans leur apparente immobilité. Moyennant certaines précautions de méthode, beaucoup plus délicates en pays de plis couchés, où l'on n'arrive à rien si l'on n'opère pas dans les *trois* dimensions de l'espace, que dans les nappes brisantes, où trop d'auteurs travaillent comme s'il n'y en avait qu'une ou deux; moyennant, dis-je, les sûretés indispensables, on passe de la tectonique en arrêt, point de départ obligé, à cette *tectonique en mouvement* qui peut bien, pour se parfaire, utiliser des données empruntées à la stratigraphie, à la pétrographie et à la morphologie, mais qui, une fois constituée, encadre, ordonne,

explique tout ce qu'il y a d'un peu grand dans ces trois ordres de choses. Car si vous êtes remontés, des faits observés, à la vision juste du mouvement qui mène tout, vous savez où situer le fait nouveau qui va se présenter; les lacunes mêmes de cette histoire auront leur valeur; c'est là que naissent des problèmes qui, sans cela, ne seraient même pas soupçonnés et dont la solution amorce de nouvelles questions. Qu'on n'attende point ici l'exposé des méthodes de diagnose et d'interprétation qu'il a fallu, presque à chaque pas fait dans ces recherches, inventer ou perfectionner; il y aurait, sur ce point, tout un livre à faire. Qu'on me permette encore le silence sur l'art de balancer, les uns par les autres, les points de vue multiples qui doivent concourir à expliquer telle situation donnée; à dénouer tel écheveau de problèmes; et puissé-je passer, sans appuyer, sur les raffinements critiques qui s'imposent et qu'il ne faut ni négliger ni exagérer, de peur de voir faux ou de tuer l'invention.

Pour soutenir ces desseins, ce n'était point assez d'avoir, jusqu'en 1907, parcouru tant de vallées suisses ou piémontaises, du Simplon à la mer; d'avoir levé, en itinéraires de reconnaissances tectoniques, tant de sites lointains; d'avoir connu, dès sa publication en 1908, l'incalculable document moderne qu'est la Carte géologique des Alpes Occidentales italiennes, au quatre-cent millième, bientôt suivie des premières feuilles alpines, au cent-millième, de la Carte géologique d'Italie, œuvre distinguée des maîtres du R. UFFICIO GEOLOGICO; ce n'était pas assez, non plus, de la bonne vieille carte de GERLACH, si solide, dans ses grandes lignes, qu'elle nous avait servi, auparavant, à la position et à la solution du problème des nappes, mais qui était loin de répondre, par ailleurs, aux exigences tenues pour normales en 1905 et à toutes celles qu'il nous convenait d'y ajouter; ce n'était point assez, enfin, de la découverte même des nappes: il fallait, et tout d'abord en des régions choisies pour leur rendement en résultats tectoniques, la vérification précise, l'observation des faits inaperçus des vieux explorateurs, en un mot le levé géologique détaillé, acheminement nécessaire à la solution monographique, et non plus seulement générale, des problèmes. Commencé en 1905, patronné depuis 1908 par votre Commission géologique, le levé détaillé du versant suisse des Alpes Pennines, au cinquante-millième, est en cours d'exécution; une première tranche, la Carte géologique du massif de la Dent-Blanche,

a paru en 1908 et donne toutes les hautes montagnes des vallées d'Arolla, de Ferpècle, de Moiry, d'Anniviers, de Turtmann et de Saint-Nicolas à Zermatt, sur la rive gauche de la Viège. Les levés de la rive droite, qui comprend, elle aussi, tant de hauts sommets, sont à peu près terminés. Par ailleurs, de grandes surfaces sont levées dans le Valais occidental et dans les Alpes Pennines septentrionales, auprès du Rhône.

Deux sont les séries stratigraphiques dont l'enroulement, en vastes boucles empilées, a donné les six nappes penniques. La série ancienne, d'âge paléozoïque et éotriasique, forme les noyaux des anticlinaux: on l'appelle série pennique inférieure ou encore, d'après le cachet pétrographique qui y prévaut, série des gneiss, au sens large. Le fond sédimentaire de cette série est de paragneiss, parfois associés à des micaschistes, à des quartzites et beaucoup plus rarement à des marbres; des roches basiques modifiées, amphibolites et prasinites, quelquefois même des dérivés ultrabasiques — serpentines, chloritoschistes, talcschistes — s'y intercalent en nombre de régions. Les niveaux attestés dans cet ensemble sont de haut en bas le Werfénien, le Permien, le Carbonifère supérieur, le Carbonifère moyen, et la série se poursuit, vers le bas, dans des niveaux paléozoïques anciens qu'il est impossible de dater plus exactement. A ces divers horizons s'attachent fréquemment, mais non toujours, des faciès particuliers, ou des associations de faciès: pour le Werfénien, quartzites compactes de couleur claire; pour le Permien, quartzites phylliteux, et ailleurs argiles et conglomérats diversement colorés, en rouge quelquefois; pour le Carbonifère, schistes argileux, passant à des paragneiss; grès et conglomérats passant à des quartzites pigmentés: ces niveaux, quand ils se présentent avec des caractères lithologiques nets, forment ce qu'on appelle le type différencié de la série pennique inférieure; autrement le complexe indivis des paragneiss et roches associées règne sur toute la hauteur et l'on a le type compréhensif de la même série: ces deux types peuvent d'ailleurs passer l'un à l'autre latéralement et dans le sens vertical. Des granites d'âge paléozoïque supérieur, appartenant au cycle orogénique hercynien, ont été mis en place dans cette série sans atteindre jamais, cependant, ni par eux-mêmes, ni par leurs aplites, ni par leurs zones d'injection ou d'imbibition, des niveaux incontestablement werfénien.

La majeure partie des granites et des aplites est d'ailleurs laminée et recristallisée en orthogneiss, par le jeu du métamorphisme régional alpin. Ces orthogneiss, avec restes plus ou moins épargnés, jamais intacts cependant, de granite et d'aplite, se logent, à l'ordinaire, au cœur des plus grands anticlinaux: ce sont des têtes laminées, fréquemment redoublées ou multipliées par digitations tectoniques, de batholites fort maltraités et souvent tournés à l'envers, de manière à poser sur les schistes qui leur servaient jadis de calotte.

Dans la nappe la plus élevée, celle de la Dent-Blanche, l'art du tectonicien, attentif à remplacer les fossiles absents par l'observation et le déroulement des charnières, est parvenu à subdiviser stratigraphiquement la série pennique inférieure en deux complexes: un ensemble supérieur dit série d'Arolla et un ensemble inférieur, la série de Valpelline.

La série plus récente, d'âge mésotriasique, néotriasique et liasique, remplit les synclinaux: on l'appelle série pennique supérieure ou encore, d'après son faciès le plus répandu, série des schistes lustrés, au sens large. Elle est faite, pour l'essentiel, de calcschistes associés à des calcaires cristallins et parfois, en rapport intime, à des quartzites feuilletés, à des micaschistes et à des paragneiss mésozoïques. Le Trias moyen y est, suivant les points, à l'état de marbres et de calcaires dolomitiques, de dolomies, de gypse; le Trias supérieur, de calcaires dolomitiques, et plus souvent de schistes versicolores que le métamorphisme transforme en phyllades mous, séricitiques; le Lias, de calcaires et de schistes associés, par places, à des brèches à éléments triasiques ou à des quartzites, et je passe beaucoup de choses. Quand ces faciès constituent des niveaux nettement superposés, on a le type différencié de la série pennique supérieure; autrement les schistes lustrés règnent, monotones, sur toute la hauteur: c'est le type compréhensif. Des venues éruptives basiques et ultrabasiques s'insinuent dans cette série qui est, pour l'essentiel, une série marine; ces venues sont tantôt profondes et dans ce cas soulignées au toit et au mur — sauf effacement dû à un métamorphisme régional postérieur — par des actions de contact; tantôt effusives, ce que marquent des passages lithologiques très ménagés entre dérivés sédimentaires et dérivés éruptifs.

Les neuf dixièmes au moins du matériel de la zone pennique, dans les deux séries, ont subi un métamorphisme régional plus ou

moins profond, qui présente des phases périodiques rattachables aux changements de site bathymétrique dûs à la mise en place des nappes. Il est plutôt rare, dans la zone pennique, qu'un corps éruptif ait conservé quelque chose de sa forme originelle; quelle qu'ait pu être cette forme, la plupart de ces appareils sont laminés et surtout étalés en galettes aplaties ou tronçonnés en lentilles d'étirement: on en peut dire autant de leurs contacts, de leurs auréoles d'injection et d'imbibition, et des sédiments encaissants, au près et au loin. Les structures et les minéraux primitifs, résiduels, sans être précisément rares, demeurent subordonnés en grand. Les argiles sont transformées en paragneiss; les grès en quartzites; les calcaires en marbres; les marnes en calcschistes micacés; les granites et les aplites, en orthogneiss; les gabbros, les diabases, les porphyrites, en prasinites et en amphibolites très variées; les roches ultrabasiques, en serpentines, en talcschistes, en chloritoschistes, en amphibolites, et ainsi de suite. Seuls les fronts des nappes les plus avancées vers le nord (Grand-Saint-Bernard et Dent-Blanche) ont échappé en quelque mesure au métamorphisme régional.

La série pennique supérieure est couronnée, en certaines régions, par des niveaux différenciés d'âge mésojurassique, néojurassique, crétacé, nummulitique; leur intérêt est grand, puisqu'ils témoignent de l'histoire de la zone pennique pendant ces périodes, mais on ne les a pas encore rencontrés dans ce Valais sur lequel doit, pour l'heure, se concentrer notre attention.

Les nappes penniques inférieures, qu'on numérote de I à III, dans l'ordre ascendant, n'affleurent pas dans la région de Zermatt; elle y existent cependant, cachées à de grandes profondeurs. Visibles au jour dans la région du Simplon, elles y atteignent une épaisseur mesurable d'environ 5 kilomètres. Ce chiffre est un minimum, l'érosion n'ayant pas encore entamé la partie basse du complexe. La mieux étalée des nappes de ce groupe atteint dans la même région une amplitude de 30 kilomètres.

Les nappes penniques supérieures, avons-nous dit, sont trois: nappes du Grand-Saint-Bernard (IV), du Mont-Rose (V) et de la Dent-Blanche (VI). Les dimensions de ces nappes sont toujours considérables, surtout par le travers des Alpes Pennines où elles arrivent à leur expression la plus complète et où leur masse, comparée au reste du corps alpin, est véritablement immense. Cette

prépondérance tient aux épaisseurs des nappes plus qu'à leurs amplitudes. Nous avons pour les nappes IV, V et VI, dans l'ordre, 95, 20 et 45 kilomètres d'amplitude et 10, 8, 6 kilomètres d'épaisseur moyenne. La seule nappe IV atteint, dans des pays entiers, l'épaisseur énorme de 15 kilomètres. Les deux chiffres donnés pour la nappe VI sont d'ailleurs des minima, l'érosion ayant enlevé, dans la Suisse occidentale, les fronts extrêmes et les parties hautes de ce vaste pli couché.

En volume, les nappes penniques forment les neuf dixièmes des Alpes Occidentales: elles s'y révèlent comme la véritable affaire et les mouvements de cette masse formidable ont déterminé, dans le dernier dixième, presque tous les événements tectoniques de caractère un peu général. De ces neuf dixièmes huit appartiennent aux nappes penniques supérieures, un aux nappes penniques inférieures; le dernier dixième représente les nappes helvétiques, les nappes préalpines et la série autochtone.

Le flux des grands plis couchés penniques, en ses remous profonds, roulait donc 20 à 30 kilomètres de nappes empilées. Tel est, dans le sens vertical, l'ordre de grandeur de l'objet, et encore ne s'agit-il que de sa partie *visible*, seule connue directement parce que seule mise à jour par l'érosion. 20 à 30 kilomètres, telle est encore la profondeur à laquelle, en mainte région pennique, nous posons le diagnostic des structures enfouies et dessinons, avec un certain degré d'approximation, des plis couchés: telle est aussi l'épaisseur de nappes, aujourd'hui détruites par l'érosion, que nous sommes fondés à restituer au-dessus de certains territoires, du Tessin notamment. Voilà donc l'espace tectonique jaugé sur 40 à 60 kilomètres de hauteur.

Mais d'où vient, direz-vous, que vous *voyez* des empilements de vingt à trente kilomètres dans des montagnes qui n'atteignent nulle part cinq mille mètres d'altitude? Cela vient, très simplement en principe, de ce que les piles de nappes ne posent pas à plat, mais sont inclinées; dès lors leurs tranches viennent affleurer, sous des angles divers, à la surface topographique que l'érosion a découpé dans la masse; on peut donc voir ces tranches, les dénombrer, les mesurer, mais on ne saurait s'en tenir là. Précisons: un pli couché avec ses boucles emboîtées, ou encore un faisceau de plis couchés qui multiplie ce dispositif est comparable, en première approximation, à une famille de surfaces cylindriques; il y a donc,

dans l'espace qu'occupent ces objets, une direction privilégiée qui est celle des génératrices; c'est ce qu'on appelle, en tectonique, la direction axiale. Un faisceau de cylindres emboîtés, dans lequel l'érosion a fouillé à des kilomètres ou à des myriamètres de profondeur, voilà ce qu'est un pays de plis couchés; la surface topographique d'aujourd'hui est la profondeur tectonique d'autrefois; c'est pourquoi vous *voyez* au jour, sans autres voiles que des dépôts superficiels heureusement discontinus, cette profondeur même. Allons plus loin: discernons ce qui arrive selon que les cylindres, couchés très à plat, ont leurs génératrices horizontales ou selon que la direction axiale est inclinée. Dans le premier cas il sera impossible, évidemment, de déceler une tranche de nappes plus épaisse que la hauteur des versants. Mais que les génératrices s'inclinent, et voici qu'émergent obliquement, au jour, par le jeu des intersections entre les surfaces cylindriques et la surface topographique, des faisceaux entiers de plis couchés, avec d'immenses épaisseurs, bien supérieures aux différences d'altitude que présente le territoire. Un observateur placé à une très grande distance dans le prolongement montant, aérien, des génératrices, non seulement *découvrirait* les nappes, mais verrait leurs vraies formes, leurs vraies amplitudes, leurs vraies épaisseurs, leur vrai agencement intérieur dessiné par les charnières, leurs vrais rapports; en un mot, leur vraie coupe transversale. Tous les rayons visuels se confondant, pour lui, avec les génératrices des grands plis couchés, il percevrait sans aucune déformation perspective tous les objets dans toutes leurs relations. L'art de découvrir les grands plis couchés, dans sa forme supérieure, est l'art de poser et de résoudre *avant toute construction*, par l'intuition directe de l'espace, ce problème de géométrie descriptive; l'art de les démontrer tient pour beaucoup dans la construction même; l'art d'y recréer le mouvement vient après. Je passe sur les moyens qui permettent, au moment de construire, de se rapprocher autant que possible de la condition idéale de notre observateur; disons seulement que ces constructions, dont un exemple est affiché sous vos yeux, ont le caractère d'une projection et non d'une perspective, et qu'elles réussissent d'autant mieux que les plis couchés réels diffèrent moins de cylindres géométriques.

Dans la plus grande partie des Alpes Pennines, les génératrices montent du sud-ouest au nord-est. Parcourez quelque itinéraire

en sens inverse, par exemple de Varzo ou de Gondo à Arolla par le Portjengrat, Almagel, Mattmark, le Schwarzenberg-Weisstor, Zermatt et le col d'Hérens; vous parviendrez, comme par un escalier de géants, dans des nappes de plus en plus hautes et vous aurez gravi les vingt à trente kilomètres de leur empilement. Au départ, dans le Val di Vedro, il manque au-dessus de vous, dans les airs, environ 25 kilomètres de matière exportée par l'érosion; il en manque de moins en moins à mesure de votre progrès vers l'occident. Cela ne veut pas dire, d'ailleurs, que les Alpes aient atteint de si grandes altitudes: les montées successives de la chaîne provoquaient, à chaque fois, une recrudescence de l'érosion et rien n'oblige à croire que les Alpes, à parler orographie, aient jamais été beaucoup plus hautes qu'aujourd'hui.

Les mouvements, préparés de loin, par lesquels s'est accomplie, aux temps oligocènes, la mise en place à peu près définitive des nappes, doivent nous retenir quelques instants. Il ne se prononcent pas dans l'ordre vertical des nappes, mais dans un ordre hérité de dispositions embryotectoniques que nous passons sous silence. La nappe IV arrive première sur les positions; la nappe VI suit; la nappe V continue le grand jeu. IV s'étale, d'abord vers le nord en se digitant. VI fonce à son tour: la nappe IV en est labourée et prend, dans le Valais occidental, des plis en retour; ses digitations les plus élevées, puissamment laminées sous la nappe VI, deviennent ce qu'on appelle le faisceau vermiculaire. La nappe V, de tout temps en retard, trouve l'espace confiné, au nord par IV, en haut par la lourde surcharge de VI: une lutte monstrueuse s'engage dans la profondeur noire; IV, laminé sous V, est réduite de 10 à 1 kilomètre d'épaisseur par laminage; sa matière, ainsi délogée de vive force, reflue à l'arrière en un remous de 15 kilomètres d'épaisseur, avec 25 kilomètres d'amplitude rétrograde; ce remous, qui insinue IV entre V, au-dessous, et VI, au-dessus, comprend le vaste pli en retour dit de la Mischabel, qui présente la plus grande charnière couchée actuellement connue; il atteint une partie du faisceau vermiculaire dans lequel on discerne, dès lors, une branche rétrograde et une branche demeurée directe; il se propage vers le haut dans VI, qui en subit de nouvelles déformations. Cette lutte des nappes entre elles n'épuise pas leur énergie: l'excédent demeure immense et la masse profonde des plis couchés penniques, d'une poussée lente, tenace, inexorable, bouscule, casse

et surmonte le vieil obstacle, massifs du Finsteraarhorn et du Mont-Blanc, massifs de Gasteren et des Aiguilles-Rouges de Chamonix. A l'avant les nappes helvétiques elles-mêmes sont déclenchées, les nappes préalpines retransportées. Les Alpes entières émergent lentement des flots marins; cordillère massive, point disséquée hors les dômes culminants par où l'exondation a débuté; carapace gauchie des plus hautes nappes, qui dresse à perte de vue ses croupes monotones; tout n'est que larges ondulations. Je passe les événements secondaires et même tel phénomène de premier plan: tant de choses se décident à mesure que surgissent de l'horizon méridional, par vagues de plus en plus pressantes, les puissants renforts de l'armée pennique!

Que dirai-je? Le combat va s'apaiser: plusieurs fois encore il se rallume et mollit, en passes alternées, sans jamais atteindre à la lente violence d'un temps; encore un coup et nous sommes dans le présent: c'est presque le repos. La terre tremble parfois près du Rhône valaisan et cette ligne sismique se continue dans les deux sens, au long des Alpes Occidentales: c'est là, au bord frontal des nappes penniques, que s'effectue le décollement majeur entre les plis couchés qui avancent et le pays autochtone qui résiste; c'est là que viennent se résumer les petits mouvements horizontaux qui animent encore les nappes et qui continueront — jusque dans quel avenir? — les jeux d'autrefois. La tectonique l'annonçait il y a sept ans¹; la sismologie, vient de vous dire M. DE QUERVAIN, est bien de cet avis, et la rencontre est bonne. L'histoire d'une grande chaîne de montagnes n'est rien autre, à tout prendre, que le jeu constamment renouvelé de ses plis; et chaque reprise de l'effort, par quoi les boucles s'enroulent, se manifeste aussi par des ondes sismiques qui se propagent au loin. La forme des objets tectoniques montre clairement, au surplus, que le foyer d'un ébranlement déterminé ne saurait être un point, ni même en principe une surface; c'est toujours, originairement, une région de l'espace: le volume entier des nappes, par exemple, ou tel volume particulier pris dans celui-là; les surfaces de décollement ou de charriage, quand il y en a, dépendent génétiquement de la déformation en volume, qui est l'acte primitif, et peuvent tout au plus contribuer à produire des localisations dy-

¹ *Eclogae Geol. Helv.*, vol. XIV, n° 1, 1916, p. 184.

namiques secondaires. Les causes locales qu'on a parfois invoquées pour expliquer ces tremblements de terre intra-alpins — jeux de failles ou dissolution de gypses provoquant des éboulements souterrains — sont impuissantes à rendre compte de la localisation précise, nettement tectonique, des sismes, et M. DE QUERVAIN l'a bien vu. C'est la vérité même; je puis bien ajouter, en tectonicien, que ces failles inventées tout exprès ne sauraient jouer, puisqu'elles n'existent pas, et que ces bons gypses valaisans ne sont point tant remuants.

Ai-je assez évoqué, au long de cette conférence, le prestigieux ensemble de mouvements et de structures qu'il nous faut maintenant illustrer par un grand exemple local, la géologie des environs de Zermatt? J'en ai assez dit, peut-être, pour qu'un cadre s'offre de lui-même aux détails qui viennent; aussi bien peu de mots sont-ils nécessaires, désormais, pour situer ces choses dans le tout. Zermatt, favorisé à tant d'égards, l'est encore dans ce haut domaine de la géologie pure, et dans le reste des Alpes Occidentales, des Grisons à la Méditerranée, il n'est pas d'autre région où se puissent embrasser, d'un coup d'œil et avec cette clarté, les relations les plus compliquées des trois nappes penniques supérieures.

Voici, par l'échancrure nord de la vallée, le Bietschhorn qui est de l'obstacle hercynien. Plus près, c'est la nappe du Grand-Saint-Bernard: les orthogneiss de Randa, continués dans les Mischabelhörner, en marquent le cœur; un épais manteau de paragneiss les entoure et s'enroule dans la grande charnière en retour dite de la Mischabel, dont le quadrant supérieur, sur la rive gauche de la Viège, descend en une courbe simple, puissante, du Mettelhorn au thalweg; le quadrant inférieur, taillé en un curieux biseau d'intersections sur la rive droite, s'aligne par l'arête nord du Bösentrift, l'Obere Täschalp, le Rothengrat et l'Alphubeljoch, où il passe dans la vallée de Saas. De l'Alphubeljoch à Stalden, tout le groupe de la Mischabel appartient à cette nappe IV. C'est à l'Obere Täschalp que le faisceau vermiculaire rétrograde s'implante sur la masse principale de la nappe IV; de là, voyez-le courir, divisé en une douzaine de paquets anticlinaux fort laminés et cependant pourvus de charnières, au travers de l'arête Bösentrift-Ober Rothorn-Schwarzgrat, et dans l'Unter Rothorn; le voici encore, très simplifié, au tunnel de l'Egg où il a déjà franchi la Viège; c'est lui, toujours, qui paraît à l'entrée du ravin du Trift; qui s'accroche à la base

des parois qui dominant Herbriggen, Hubel et Z'Mutt; qui réapparaît au Hörnli, à la base du Furggrat et au Theodulhorn; au-delà, il chemine en Italie, recouvre toute la nappe du Mont-Rose, se réfléchit vers le haut, dans le synclinal d'Alagna entre les nappes V et VI, et devient le faisceau vermiculaire direct qui repart vers le nord et rentre en Suisse, par le Furggjoch notamment; il s'allonge par l'arête du Hörnli au-dessus du point 2945, par Arben, le Hühnerknubel, Triftkummen et les abords du Biesjoch (point 3724), traverse encore les vallées de Tourtemagne, d'Anniviers et de Moiry, pour se terminer aux abords d'Evolène. A la nappe IV encore, les vastes enveloppes de schistes lustrés et de roches vertes qui emballent ce double faisceau et se renversent au sud-est sur la couverture mésozoïque de la nappe V. A elle toujours, ces longs plis couchés, rétrogrades, du Trias du Kühberg et des Plattenhörner, ce dernier avec une belle charnière.

Voici la nappe du Mont-Rose, et d'abord son noyau anticlinal, qui tend l'horizon du Schwarzenberg-Weisstor au Zwillingsspass: à lui en entier le Mont-Rose, le Lyskamm, le Castor et le bloc Stockhorn-Hohthäligrat entre les glaciers du Gorner et de Findelen. Le cœur d'orthogneiss forme presque tout le Mont-Rose et apparaît à la base du Lyskamm; les hauts de la Dufourspitze et du Lyskamm, le Castor tout entier et le bloc Stockhorn-Hohthäligrat appartiennent au manteau externe de paragneiss, souvent pénétré d'injections et d'imbibitions acides. Les horizons supérieurs de ce manteau, où apparaissent les quartzites werféniens, se compliquent étroitement, en compagnie de dolomies mésotriasiques et de schistes lustrés de la couverture, en un faisceau de digitations supérieures de la nappe V, qui est particulièrement net immédiatement à l'est du Gornergrat, au Hohthäligrat et au Stockhorn, versant sud, ainsi qu'au Rizzengrat, au sud du Grünsee. Il se marque, dans cette région, par au moins sept antoclinaux couchés, empilés et plongeants.

Voici la couverture mésozoïque de la nappe V: ruban de schistes lustrés d'abord, courant du Zwillingsspass au Schwarzenberg-Weisstor et qui passe exactement au sommet du Gornergrat; sur cette assise peu épaisse vient une puissante masse de roches vertes — gabbros, prasinites, amphibolites avec éclogites subordonnées, serpentines, chloritoschistes — divisée par de minces planchers de calcschistes où se rencontrent des lames de jeunes paragneiss: voilà ce qui forme le Pollux, le Breithorn, le Klein-Matterhorn, la base

du Theodulhorn, les Lychenbretter, les pentes autour du Lac Noir et dans le Staffelwald, et celles de Z'Mutt, de Hubel, de Herbruggen, de Bodmen, et les rochers qui affleurent dans Zermatt, et la conque de Platten, Aroleit, Furri avec les gorges du Gorner, et le Riffelberg tout entier, et le Strahlhorn, et le Rimpfischhorn, et l'Allalinhorn; je laisse de côté, naturellement, la distribution des types pétrographiques dans les diverses localités de ce territoire.

Au Brunneghorn et au Biesjoch, voici une série triasique et jurassique qui se poursuit à mi-hauteur du Weisshorn: immédiatement au-dessus, c'est la nappe de la Dent-Blanche, dont le contact inférieur se poursuit par Triftkummen, le Hühnerknubel, Arben, pour faire ensuite le tour de la pyramide du Cervin et passer en Italie au Furggjoch. Dans ce contact ou mieux dans cette zone de passage graduel s'insinue, presque partout, un filon-couche de gabbros habituellement prasinitisés: sa mise en place, qui paraît avoir commencé avec le jeu même de la nappe et s'être prolongée très tard, se termine pourtant avant les derniers mouvements paroxysmaux et s'accompagne de poussées laccolitiques de la même roche, forcée vers le haut dans la nappe même: masses gabbroïques de la base du Cervin, du Stockje, du Schönbühl, de l'Unter Gabelhorn, de la Blafluh, du Schallijoch, des deux Mont-Collon et du Mont-Miné.

A la nappe VI donc, le Cervin, la Dent d'Hérens, la Dent-Blanche, les Gabelhörner, le Rothorn de Zinal, le Weisshorn, le Bieshorn. Dans la pyramide dernière du Cervin, au-dessus de l'Epaule, et à la Dent d'Hérens, et à la Tête de Valpelline, et au Stockje, et au Schönbühl, et sous le Hohwänghorn, la série de Valpelline, patinée de rouge, se plante en anticlinaux plongeants, souvent pourvus de charnières, dans la série d'Arolla qui enregistre et souligne, élargies en boucles immenses, les formes de ces remous. Voilà, ramassé en peu de mots, ce qu'est cette nappe de la Dent-Blanche, couronnement suprême de l'édifice pennique. Je passe la stratigraphie comme la pétrographie de ce grand pli couché; et d'ailleurs mon tour d'horizon, pour ainsi parler à la vue de tant de nuages, est bouclé.

Je m'arrête: vous avez eu l'ensemble avant les détails, et c'est peut-être la vraie manière de présenter un tel objet: les vues générales qui ouvraient mon discours pourraient en être la conclusion. Et voici que ce conte, auquel a manqué l'éblouissante vision de la nature, s'achève par une ironie des choses devant vingt cimes de quatre mille mètres alignées sur le papier.