

**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:** 95 (1912)

**Teilband:** Wissenschaftlicher Teil

### **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:** 10.04.2026

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

# ACTES

DE LA

## SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

---

95<sup>me</sup> SESSION  
DU 8 AU 11 SEPTEMBRE  
**1912**  
à ALTDORF

---

II<sup>me</sup> PARTIE  
CONFÉRENCES AUX ASSEMBLÉES GÉNÉRALES. — COMPTES RENDUS DES  
TRAVAUX PRÉSENTÉS DANS LES SECTIONS.

---

EN VENTE  
chez MM. H. R. SAUERLÄNDER & Cie, AARAU  
(Les membres s'adresseront au questeur.)

# Verhandlungen

der

## Schweizerischen

### Naturforschenden Gesellschaft

---

95. Jahresversammlung  
vom 8. — 11. September  
**1912**  
in Altdorf

---

#### II. TEIL

VORTRÄGE GEHALTEN IN DEN HAUPTVERSAMMLUNGEN UND IN DEN  
SEKTIONSSITZUNGEN.

---

Kommissionsverlag  
H. R. SAUERLÄNDER & Cie, AARAU  
(Für Mitglieder beim Quästorat).

---

Société Générale d'Imprimerie, Genève

---

# Inhaltsverzeichnis

## Vorträge, gehalten in den Hauptversammlungen

	Seite
Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten von Dr. <i>P. Bonifatius</i>	
<i>Huber</i> . . . . .	3
Strahlung und Materie, von <i>J. von Kowalski</i> . . . . .	17
Ueber die Erforschung der luftelektrischen Erscheinungen, von <i>E. Wiechert</i> . . . . .	41
Atomes et molécules à la lumière des recherches magnétiques récentes, par <i>P. Weiss</i> . . . . .	59
Les pigments des végétaux, par <i>R. Chodat</i> . . . . .	79
Der Gebirgsbau der Zentralschweiz, von Dr. <i>P. Arbenz</i> . . . . .	95
Der Schweizerische Nationalpark, von Dr. <i>P. Sarasin</i> . . . . .	123

## Vorträge, gehalten in den Sektionssitzungen

### I. Mathematische Sektion

1. <i>R. Fueter</i> : Ueber die Einteilung der Idealklassen in Geschlechter . . . . .	127
2. <i>F. Bützberger</i> : Ueber bizentrische Polygone . . . . .	127
3. <i>M. Grossmann</i> : Projektiver Beweis der absoluten Parallelenkonstruktion von Lobatschefskij . . . . .	130
4. <i>D. Mirimanoff</i> : Sur quelques problèmes concernant le jeu de trente et quarante. . . . .	133
5. <i>O. Spiess</i> : Ueber Gruppen algebraischer Funktionen . . . . .	135
6. <i>J. Andrade</i> : Nouveaux modèles de mouvements pour l'enseignement de la géométrie. . . . .	136
7. <i>G. Dumas</i> : Sur les singularités des surfaces . . . . .	136
8. <i>M. Plancherel</i> : Unicité du développement d'une fonction en série de polynômes de Legendre et expression analytique des coefficients de ce développement . . . . .	138
9. <i>E. Meissner</i> : Kinematische Untersuchungen . . . . .	140
10. <i>A. Emch</i> : Ueber eine besondere conforme Transformation in der Ebene . . . . .	140

	Seite
11. <i>R. de Saussure</i> : Sur le mouvement le plus général d'un fluide dans l'espace . . . . .	141
12. <i>F. Rudio</i> : Der Stand der Herausgabe der Werke Leonhard Euler's . . . . .	143
13. <i>H. Fehr</i> : L'état des travaux de la Commission internationale d'enseignement mathématique et de la sous-commission suisse . . . . .	145

## II. Physikalisch-meteorologische Sektion

1. <i>A. Jaquerod</i> : La diffusion de l'hydrogène et de l'hélium à travers la silice . . . . .	148
2. <i>P. Chappuis</i> : Sur une nouvelle mire de précision en invar .	150
3. <i>A. Piccard</i> : Manomètre de grande sensibilité . . . . .	152
4. <i>Ed. Riecke</i> : Ueber die Piezoelektricität des Turmalins . .	154
5. <i>J. de Kowalski</i> : Sur la coloration des platinocyanures par les rayonnements du radium. . . . .	155
6. <i>R. Billwiller</i> : Neue Untersuchungen über die Dynamik des Föhn. . . . .	155
7. <i>Ch.-Ed. Guillaume</i> : Etude des mouvements verticaux de la Tour Eiffel. . . . .	157
8. <i>J. Andrade</i> : Spiral double pour chronomètres marins . .	158
9. <i>L. de la Rive</i> : Sur l'équivalence de la force Biot et Savart dans le champ magnétique uniforme et de la force centrifuge composée . . . . .	162
10. <i>A. Baumann</i> : a) Die Erklärung der Oberfläche des Mars.	163
» » b) Der Ring des Saturn. . . . .	164
11. <i>A. Rossel</i> : Progrès de la lumière artificielle . . . . .	165

## III. Chemische Sektion

1. <i>Ph.-A. Guye</i> : Sur la densité et la composition de l'air . .	169
2. <i>G. Baume</i> et <i>M. Basadonna</i> : Recherches sur la cémentation par les gaz . . . . .	171
3. <i>Ed. Schær</i> : Beobachtungen über chemischen Blutnachweis.	173
4. <i>F. Reverdin</i> : Sur les deux trinitro- <i>p</i> -anisidines isomères et sur une trinitro- <i>p</i> -phénétidine . . . . .	175
5. <i>E. Briner</i> et <i>E. Durand</i> : Formation des acides nitreux et nitrique à partir des oxydes d'azote et de l'eau . . . . .	176
6. <i>F. Ephraïm</i> : Ueber die thermische Dissociation von Einlagerungsverbindungen . . . . .	178
7. <i>E. Ott</i> : Ueber symmetrische und asymmetrische Bicarbonsäurechloride . . . . .	179

	Seite
8. <i>J. Schmidlin</i> : Sur la tribiphénylméthyle . . . . .	181
9. <i>J. Schmidlin</i> et <i>A. Garcia-Banus</i> : 1) Sur le phényl-biphényl-naphtyl-méthyle. 2) Réduction des alcools aromatiques au moyen des alcools aliphatiques . . . . .	182
10. <i>E. Noelting</i> et <i>J. Saas</i> : Sur les bases des colorants triphénylméthaniques . . . . .	183
11. <i>J.-G. Andeer</i> : Das Resorcin und seine synthetischen Farbstoffpräparate als epileptogene Substanzen . . . . .	184
12. <i>Fr. Fichter</i> : Elektrolytische Oxydation der Alkohole in ammoniakalischer Lösung . . . . .	186

#### IV. Geologische Sektion

1. <i>W. Staub</i> : Bau der Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal . . . . .	188
2. <i>A. Buxtorf</i> : Neuaufnahme des Westendes der Axenkette und der Isentales . . . . .	190
3. <i>F. Zyndel</i> : Ueber Quarzzwillinge von Seedorf. . . . .	193
4. <i>F. Mühlberg</i> : Ueberschiebungen und Verwerfungen in den Clusen von Oensingen und Mümliswil . . . . .	195
5. <i>H. Preiswerk</i> : Ueber die Struktur der nördlichen Tessiner Alpen . . . . .	197
6. <i>A. Brun</i> : Cristobalite (Simili) ou Cristobalite Sigma . . . . .	200
7. <i>A. Buxtorf</i> : Ueber die geologischen Verhältnisse des Furka passes und des im Bau befindlichen Furkatunnels . . . . .	201
8. <i>L. Rollier</i> : Ueber die obercretacischen Pyritmergel der Schwyzer-Alpen . . . . .	203
9. <i>M. Lugeon</i> : Sur la Tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences . . . . .	207
10. <i>A. Baltzer</i> : Notiz über die in der Nähe des Iseosees (Oberitalien) . . . . .	207

#### V. Botanische Sektion

1. <i>R. Chodat</i> : Lichens épiphyllés des environs de Genève. . . . .	209
2. <i>A. Magnin</i> : Sur les espèces biaréales jurassiennes et un mode de représentation de leur distribution géographique. . . . .	210
3. <i>R. Stæger</i> : Mitteilung über blütenbiologische Studien an <i>Geranium Robertianum</i> . . . . .	212
4. <i>Quarles van Ufford</i> : Les effets d'une tempête dans une forêt . . . . .	213
5. <i>J. Briquet</i> : Carpologie comparée des Clypéoles . . . . .	215
6. <i>Th. Herzog</i> : Mitteilungen über eine zweite Reise in Bolivia. . . . .	218
7. <i>A. Lendner</i> : L' <i>Ilex dumosa</i> , une falsification du Maté . . . . .	220

	Seite
8. <i>P. Magnus</i> : Zur Geschichte unserer Kenntnis des Kronenrostes der Gräser und einige sich darau Knüpfende Bemerkungen . . . . .	220
9. <i>H.-C. Schellenberg</i> : Ueber die Befruchtungsverhältnisse einiger Kirscharten . . . . .	225

#### VI. Zoologische Sektion

1. <i>A. Pictet</i> : Le vol des insectes autour des lampes. . . . .	227
2. <i>H. Blanc</i> : Présentation de deux exemplaires de la petite Lamproie ( <i>Petromyzon Planeri</i> ). . . . .	230
3. <i>H. Blanc</i> : Les Limnées de la région profonde du lac Léman	231
4. <i>Gandolfi-Hornyold</i> : Ueber die Nahrungsaufnahme der Spatangiden . . . . .	232
5. <i>J. Nüesch</i> : Die Nagetierschichten am Schweizersbild und Richtigstellung der Angriffe gegen das letztere . . . . .	241
6. <i>P. Morand</i> : Beitrag zur Biologie des Schneehuhns . . . . .	233
7. <i>P. Sarasin</i> : Fragmentarisch erhaltenen Schädel eines Steinbockes . . . . .	235
8. <i>H. Fischer-Sigwart</i> : Zwei Mönchsgeier ( <i>Vultus monachus</i> L.) und ein grauer oder Gänsegeier ( <i>Gyps fulvus</i> L.) in der Schweiz erlegt im Jahr 1912. . . . .	236

Eröffnungsrede  
des Jahrespräsidenten

und

Vorträge

gehalten

in den beiden Hauptversammlungen

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

von

Dr. P. Bonifatius HUBER (Altdorf)

Hochgeehrte Versammlung!

Ein kleiner Fleck Erde ist es, ein kleines Land, das Ihnen heute seine Gastfreundschaft darbietet. Es freut uns aber von Herzen, dass Sie der Einladung unserer jungen ernerischen naturforschenden Gesellschaft so zahlreich Folge geleistet haben. Zum dritten Male tagt unsere Gesellschaft auf dem Boden Uris, 1842 in Altdorf und 1875 in Andermatt, und heute, nach 37 Jahren, haben wir die Ehre, zum dritten Male Sie im Lande Tells zu begrüßen.

Ich entbiete Ihnen daher den Willkommengruss der ernerischen naturforschenden Gesellschaft, der Behörden des Kantons und der Gemeinde Altdorf und der ganzen Bevölkerung.

Allerdings nicht in grosse Paläste, wie Sie dieselben anderwärts gefunden, werden Sie hier eingeführt. Bescheiden sind unsere Mittel, bescheiden unsere Verhältnisse; aber was wir Ihnen zu bieten vermögen, das bieten wir Ihnen und zwar aus ganzem, vollem Herzen. Der herrliche Kranz der Berge, welcher den Versammlungsort umrahmt, die hohen Zinnen, vergoldet vom Glanz der Morgensonne, und das Bewusstsein, dass einst von diesen Bergen der erste Ruf der Freiheit erscholl, das Bewusstsein, auf der klassischen Erde, auf der Muttererde, der Wiege des Schweizerbundes zu tagen, und die Ueberzeugung,

dass aufrichtige treue Herzen Ihnen entgegenschlagen: diese mögen Ihnen ersetzen, was unserem bescheidenen Programme abgeht. Und so hege ich die frohe Hoffnung, es mögen Ihnen die Tage Ihres Verweilens in Altdorf, Tage sein, an die Sie noch lange in freudiger Erinnerung zurückdenken.

Sie sind aber hierher gekommen, nicht etwa nur um frohe Feste zu feiern, sondern diese Tage sind auch Tage der Arbeit. Denn es gilt, wie das wissenschaftliche Programm aufweist, teils uns mit dem gegenwärtigen Stand einzelner wissenschaftlicher Zweige vertraut zu machen, teils zahlreiche wissenschaftliche Mitteilungen entgegenzunehmen, welche von der Schaffenskraft der Mitglieder Zeugnis geben und einem jeden von uns als Ansporn zu neuen Arbeiten und frischem Schaffen dienen sollen. Dass in der Vergangenheit auch der Kanton Uri seine Vertreter in einzelnen Zweigen der Naturwissenschaften gehabt hat, sollen meine Worte in möglichster Kürze zeigen. Der erste, von dem wir etwas näheres wissen, war zwar kein an einer Hochschule ausgebildeter Mineraloge; aber er hat doch der Mineralogie durch sein Forschen und Sammeln grosse Dienste geleistet.

Es war Kaplan Georg Meyer, geboren zu Andermatt, am 12. Juni 1775. Er besuchte zunächst die Schulen seines Heimatkantons, studierte sodann Theologie in Rom. Ende des 18. Jahrhunderts war er kurze Zeit Kaplan in Göschenen, von wo er, von den Franzosen verfolgt, in die Berge fliehen musste. Von 1800 bis 1848 war er sodann Kaplan in Hospental und von da ab lebte er als Jubilar in seinem elterlichen Hause zu Andermatt bis zu seinem Tode, am 21. September 1871. Er wurde also 96 Jahre alt.

Kaplan Meyer war im eigentlichen Sinne ein grosser Naturfreund. Diesen seinen Hang zur Natur betätigte er besonders auf dem Gebiete der Mineralogie. Meyers Lieblingsbeschäftigung war das Bergsteigen und das Mineraliensammeln. Von der ganzen Gotthardgruppe war ihm kein Berg zu hoch, kein Hang zu steil. In alle Schluchten und Höhlen drang er ein, um dort verborgene Schätze hervorzuholen. Und so zu sagen nie kehrte er heim, ohne seine Reisetaschen mit Mineralien ange-

füllt zu haben. Es ist unzweifelhaft, dass er der beste Kenner der verschiedenen Gotthardmineralien war. Nicht zu verwundern ist es daher, dass er als Mineraloge mit vielen Fachgelehrten in Verbindung war, so mit Kenngott, Kranz, Wieser und Escher von der Linth.

Meyer legte besondere Gotthardsammlungen an von je 120 verschiedenen Stücken, um dieselben vorzugsweise an Schulen abzugeben. « Jammerschade ist es, so schreibt mir sein Grossneffe, Herr Talamann Isidor Meyer, dass die grosse, wertvolle, von ihm selbst angelegte Mineraliensammlung, die die seltensten und ausgesuchtesten Exemplare der im Gotthardgebiete vorkommenden 120 Sorten enthielt, gleich nach seinem Tode ausser Landes verkauft wurde ». Jedenfalls schulden wir Kaplan Meyer die vollständigsten Gotthard-Mineraliensammlungen, und gerade dadurch, dass nach seinem Tode diese Sammlungen in die Hände von Fachgelehrten gelangten, hat er der Wissenschaft grosse Dienste erwiesen.

Bekannter und vielseitiger als Forscher und als Sammler als Kaplan Meyer, war dessen Zeitgenosse *Franz Joseph Nager*, Donazians, geboren am 10. September 1802, in Andermatt, gestorben daselbst am 6. Juni 1879. Wohl hatte sein Vater ihn für die kaufmännische Laufbahn bestimmt; aber als echter Sohn der Berge hatte er ein anderes Ideal. Nicht hinaus in die fremden Länder, nicht hinüber über die Meere wandte sich sein Sinn. Unwiderstehlich zogen den Jüngling die heimatlichen Berge und Alpentriften an. Dort suchte er nach mineralogischen und ornithologischen Schätzen. Davon gaben Zeugnis seine umfassenden und weitbekannten Sammlungen. Nicht blos alle im Kanton Uri vorkommenden Vögel, sondern auch eine grosse Zahl Zugvögel, die im Herbst ihren Weg nach dem Süden suchten, erlegte er und stopfte sie selber aus. Daher ist er auch in der heutigen Generation noch wohl bekannt unter dem Beinamen « der Vogelstupfer ».

Wegen seiner grossen Kenntnis der Wirbeltierfauna des Gotthardmassivs sicherte sich Nager einen bleibenden Namen unter den Naturforschern. Dr. C. Mösch in Zürich schrieb folgendermassen über ihn: « Kein Alpentier war ihm fremd; er

kannte den Standort jedes Vogels; er studierte dessen Lebensweise und besonderen Gewohnheiten, und wo in einem zoologischen Kabinete sich eine Lücke in der Reihe der alpinen Vögel befand, war man zu deren Ausfüllung unbedingt auf Nager angewiesen. Manche Eidechse und Fledermaus, manche Schnee- und Waldmaus hat der Zoologe von Fach durch Nagers Mithilfe der Wissenschaft bekannt gemacht. Er beobachtete den Herbst- und Frühlingszug der Vögel und wusste viel Neues und Interessantes darüber zu erzählen ». Nach Prof. Kaufmann von Luzern, kannte Nager 142 Vogelarten, welche sich kürzere oder längere Zeit im Urserntale aufhalten. Darunter finden sich nur etwa 10 Arten, welche das ganze Jahr verbleiben; die sind: der Steinadler, der Uhu (*Bubo maximus*), die mittlere Ohreule, der rauchfüssige Kauz, der Rabe, die Krähe, das Birkhuhn, das Schneehuhn und das Steinhuhn. Im Sommer kommen zu diesen noch eine beträchtliche Zahl Zugvögel, die wohl die ersten Sommerfrischler in diesem reizenden Alpentale waren. Ausserdem zählt Nager nicht weniger als 34 Arten Wasservögel und gegen 50 Arten Singvögel auf, welche auf ihrem Zuge den Gotthard berühren und dort kurze Rast machen.

Aber nicht blos die Vogelwelt war es, welche Nagers Aufmerksamkeit auf sich zog; in die verborgensten Schlupfwinkel drang er ein, um dort nach seltenen Säugetieren zu suchen. Nach Tschudis «Tierleben der Alpenwelt» entdeckte so Nager drei neue Mäusearten, und zwar die Schneemaus (*Hypodaeus nivalis*), die Nagersche Feldmaus (*Hypodaeus nageri*) und die rötlichbraune Feldmaus (*Hypodaeus rufescente fuscus*), welcher letztere in der Talsohle des Urserntales ziemlich häufig vorkommt.

Nager liebte es auch, Alpentiere lebend zu erhalten und zu beobachten. Nicht selten waren die Gemse, das Murmeltier und der Steinbock seine aufmerksam besorgten Pflegekinder. Den Steinbock, der zu seiner Zeit am Gotthard schon ausgestorben war, suchte Nager wieder einzubürgern. Als in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts, nach 50jähriger Abwesenheit, auf dem Monte-Rosa wieder einige Steinbockfamilien erschie-

nen, reiste Nager eigens dahin zum Studium dieses Tieres an Ort und Stelle. Die Frucht dieser Reise war zunächst eine Abhandlung betitelt: «Ueber die Steinböcke am Monte-Rosa». Sodann fasste er den Entschluss, diese schönsten Alpentiere wieder in seiner Heimat einzubürgern. Wirklich erzählt auch Tschudi, dass Nager zu diesem Zwecke eine kleine Herde von acht Stücken auf einer Alp beieinander hielt. Die Verwirklichung seines Planes scheiterte aber einerseits an den zu grossen Anforderungen an materiellen Mitteln, andererseits aber daran, dass die Tiere Krankheiten verfielen, von denen sie offenbar in den Schneeregionen frei blieben.

Mit Meyer und Nager sind die Naturforscher aus dem Urserntale zu Grabe getragen worden. Wir wollen aber hoffen, es werde unsere junge urtherische Gesellschaft den Grund legen zu erneuten Forschungen in jenen hohen Regionen.

In dieser Hoffnung steigen wir hinab in die tieferen Gelände des Reusstales, wo uns im letzten Jahrhundert besonders zwei Männer, zwei Vertreter der Naturwissenschaften anziehen: Dr. med. Karl Franz Lusser, von Altdorf, und Prof. Anton Gisler, von Bürglen.

*Karl Franz Lusser* war geboren zu Altdorf, am 7. März 1790, gestorben ebendasselbst am 21. August 1859. Seine Jugendzeit fiel in jene sturmbewegten Tage, als ganz Altdorf den Flammen zum Opfer fiel und als die fremden Heere der französischen Revolutionszeit das ganze Land überzogen. Von seiner Studienzeit ist mir leider nur soviel bekannt geworden, dass er in Bern Medizin und auch Naturwissenschaften studiert hat. Lusser ist ohne Zweifel der bedeutendste Naturforscher des Kantons Uri. Von Beruf Arzt, betätigte er sich doch in verschiedenen andern Wissenschaften; er war ein Mann von universeller Bildung. Im Jahre 1834 erschien aus seiner Feder in der Sammlung der «Gemälde der Schweiz»: «Der Kanton Uri historisch, geographisch und statistisch geschildert». Darin schildert er den Kanton mit seinen Bergen, Flüssen und Seen, die Flecken und Dörfer, sowie die Burgen und Klöster, das Volk mit seinem Charakter mit einer Ueberzeugung und Wärme, wie nur einer

schreiben kann, der alles gesehen, der in dem Lande und mit dem Volke selbst aufgewachsen ist. Und ich gehe nicht irre, wenn ich behaupte, dass dieses 127 Seiten enthaltende Büchlein heute noch das beste ist, was geographisch über den Kanton Uri geschrieben worden ist. Schon im Jahre zuvor (1833) erschienen in Zürich: « Ansichten der neuen St. Gotthardstrasse von Flüelen bis Lugano, gezeichnet von Kälin und Suter, nebst einer Beschreibung von Lusser M. D. » Ueberraschend ist es, wie ausführlich und doch in knapper Fassung hier Lusser die Geschichte der Fahrbarmachung des Gotthardpasses, Klima,

Vegetation, Mineralogie und Geographie des Landes, den Charakter, die Sitten u. s. w. des Volkes beschreibt.



Dr. med. K. F. Lusser  
1790—1859

Nicht unerwähnt lassen darf ich, dass Lusser auch als Historiker hervortrat. Davon zeugen seine beiden Werke: « Geschichte des Kantons Uri von seinem Entstehen als Freistaat bis zur Verfassungsänderung vom Mai 1850 », und ferner: « Leiden und Schicksale der Urner während der denkwür-

digen Revolutionszeit, vom Umsturz der alten Verfassung im Jahre 1798 bis zu deren Wiederherstellung im Jahre 1803 ». Auch war er ein vortrefflicher Zeichner, wie seine noch vorhandenen Zeichnungen und Aquarelle beweisen. Doch diese kurzen Andeutungen mögen genügen; denn wir wollen ihn besonders als Naturforscher betrachten.

Schon während seiner Universitätsstudien zeigte Lusser einen besonderen Hang zu den Naturwissenschaften. Damals begann er mit seinen später sehr reichhaltigen mineralogischen und botanischen Sammlungen. Er wurde darin bestärkt durch Fachmänner wie Meissner und Wittenbach in Bern. Dass Lusser schon angesehen war als Naturforscher geht daraus hervor, dass er als 24jähriger Arzt (1814) durch Vermittlung von Pro-

fessor Schinz in Zürich die ehrenvolle Einladung erhielt, den Prinzen von Neuwied als Naturforscher nach Brasilien zu begleiten. Nur auf das entschiedene Veto seiner besorgten Mutter wies er das Anerbieten ab, so verlockend dasselbe auch für einen jungen Mann war.

Zu besonderer Freude gereicht es mir feststellen zu können, dass Lusser schon im zweiten Jahr des Bestehens unserer Gesellschaft, d. h. im Jahre 1816, unter den Mitgliedern aufgezählt wird. Er war es auch, der die Jahresversammlung in Altdorf vom Jahre 1842 präsierte. Dass er ein eifriges und arbeitssames Mitglied war, beweisen seine Arbeiten.

In den Denkschriften unserer Gesellschaft vom Jahre 1829 finden wir eine seiner Arbeiten betitelt: «Geognostische Forschung und Darstellung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Arth am Zugersee» (verfasst 1826). Daran reiht sich als erster Anhang eine Mitteilung über: «Beobachtung über das Vorkommen des Porphyrs auf der Nordseite der Alpen», und als zweiter Anhang: «Neuester Bericht über den im Herbst des Jahres 1826 auf Oberkaesern entdeckten Porphyr» (Brief an Dr. Ebel). In den Denkschriften vom Jahre 1842 befinden sich ferner: «Nachträgliche Bemerkungen zu der geognostischen Forschung und Darstellung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Arth am Zugersee».

«Sechs Sommer, so schreibt Lusser, habe ich die freie Zeit, welche meine Berufsgeschäfte mir übrig liessen, zu geognostischen Beobachtungen benützt, unzählige Stellen aus dem Quertale vom Gotthard bis Arth und Luzern besucht, sowohl in der Tiefe des Tales als auch auf den Gipfeln der Berge, was häufig mit grossen Beschwerden und nicht ohne Gefahr geschah; allein die Freude, immer etwas neues zu finden, und eine belehrende Sammlung zusammenzubringen, lohnte mich hinlänglich dafür». Und das Resultat dieser Forschungen, das er, aufgefordert und aufgemuntert von Dr. Ebel und Leopold von Buch, veröffentlicht hat, bildet in der Folgezeit die Grundlage der geologischen Forschungen im Gebiete des Gotthards, an beiden Ufern der Reuss und des Urnersees.

Wie die grösste Zahl der damaligen Geologen, wie de Saus-

sure, Escher von der Linth, Ebel u. a., huldigt auch Lusser der Ansicht, dass der Granit das älteste Gebilde der Erde sei, auf welches alle anderen Gesteine abgelagert worden seien, und dass eine ungeheure Ueberflutung stattgefunden habe, verbunden mit gewaltigen Umwälzungen der Gebirge. Ihm, der die grossartigsten Schichtenstörungen täglich vor Augen sah, mochte der damals von den grössten geologischen Autoritäten in Schwung gebrachte extreme Plutonismus ganz besonders einleuchten. Jedoch folgt er noch einer eigentümlichen Richtung, indem er die Erde als einen Kristall auffasst.

«Oft, sagt Lusser, wenn ich von hohen Bergspitzen meines Vaterlandes die vielen Täler und Berge überschaute und deren Zerrissenheit betrachtete, dachte ich darüber nach, wie sich dies alles wohl gebildet haben möge. Ich las darüber die so häufig sich widersprechenden Ansichten Anderer und entwarf mir folgendes Bild, das mich bisher noch am meisten befriedigte :

«Der kristallinische Urfels, als Kern unserer Alpen, war anfänglich viel höher und zusammenhängender und ragte als eine Kante des ungeheuren Polyeders, der mutmasslichen Grundform unserer Erde, über das Urmeer empor. In dieser Zeit bildeten sich die ungeheuren Kalkfelsen oder Flötzgebirge, welche die Zentralkette der Alpen zu beiden Seiten wie einen Mantel umhüllen und auch einen so beträchtlichen Teil der Gebirge Uris ausmachen.»

«Nach und nach, fährt Lusser fort, verloren sich die Wasser des Urmeeres. Die ins Trockene kommenden Kanten des Erdkristalls spalteten sich durch Kontraktion der erkaltenden Urmasse und trocknenden Flötzgebilde oder durch Erdbeben und Entweichen vulkanischer Dämpfe aus dem im Innern noch glühenden Kristalle. Später, bei der ungeheuren Sündflut, wo die Meeresfluten von Süden hereinbrachen und ihren Weg nach Norden durch die erstaunlichsten Verwüstungen bezeichneten, wurden viele der genannten Spalten zu breiten Tälern erweitert, Berge unterwühlt, zusammengestürzt oder getrennt und neue Täler in der Richtung der Flutung eingerissen und

mit dem weggeschwemmten Schutte neue Hügel und Berge aufgetürmt, wovon überall unläugbare Denkzeichen vor Augen liegen. Nach dieser allgemeinen Ueberflutung, wovon die meisten der so häufigen Findlinge von Granit, Gneiss und andern Felsarten des Urgebirges herrühren, erlitt freilich das jetzige Urnerland, wie mehr oder weniger alle Länder, in den Jahrtausenden, seit das Meer in seine jetzigen Grenzen zurückgetreten ist, noch manche Umgestaltung und der Zahn der Zeit wird fortfahren, die gegenwärtigen Gestalten zu benagen ».

So dachte und schrieb vor mehr als 80 Jahren der Entdecker der Windgällenporphyre, ein Mann, der in wissenschaftlichem Verkehr gestanden mit den bedeutendsten Geologen seiner Zeit. Sie wissen, meine Herren, dass seitdem in der Geologie manches anders geworden. Daraus erwächst aber den Trägern der alten Ideen kein Vorwurf. Vielmehr wollen wir uns freuen, wenn nach einer weitem Anzahl von Jahren ein ähnlicher Fortschritt zu verzeichnen ist.

Nicht bloss auf geologischem Gebiete hat Lusser seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse verwertet. Auch die Fauna hat ihm Entdeckungen zu verdanken. Wie die « *Fauna helvetica*, Wirbeltiere von Professor Schinz », in den Denkschriften unserer Gesellschaft vom Jahre 1837 berichtet, entdeckte Lusser die « grosse Hufeisennase », ein Raubtier aus der Familie der Handflügler, welche damals in Uri allein vorgekommen war. Sodann gelang es ihm in den Besitz zweier Exemplare des Zwergkäuzes zu gelangen, dessen Vorkommen in der Schweiz vorher als unsicher galt; ferner entdeckte er das mittlere Waldhuhn, den sog. Rackelhahn, einen Bastard von Auerhahn und Birkhuhn.

Wie sehr Lusser, in den Augen der damaligen Naturforscher geachtet dastand, beweist auch, dass Desor in Neuenburg einem *Spatangus* aus dem Iberg den Namen Lussers beilegte. Dr. Oswald Heer nannte einen *Lathyrus* (Blatterbse), der in Realp wächst, zu Ehren Lussers: *Lathyrus Lusseri* (= *L. pratensis* *L. f. Lusseri* (Heer)), und Dr. Laggertaufte eine Rose « zu Ehren, wie er in einem Brief an Prof. Gisler sagt, des für

die Wissenschaft zu früh verstorbenen Dr. Lusser », *Rosa Lusseri*.

Nicht zu verwundern ist es daher, dass Dr. Lusser, auf Verwendung Dr. Nieburs, im Jahre 1822 zum Mitglied der Senckenbergischen Naturhistorischen Gesellschaft zu Frankfurt a/M. ernannt wurde und bald darauf auch, auf Betreiben Desors, in Neuenburg die gleiche Ehrung erhielt.

Lusser war ein Mann von seltener Energie und Arbeitskraft; dies beweisen seine Schriften die er uns hinterlassen hat, die veröffentlichten und die noch im Manuskript erhaltenen. Um so mehr müssen wir darüber staunen, als alle seine umfassenden naturwissenschaftlichen Forschungen nur einen Teil seiner Nebenbeschäftigungen bildeten.

Auf allen seinen Wanderungen ins Gebirge war es ihm eine Freude, auch jüngere Männer, die er vielfach als Begleiter mit sich nahm, für die gleiche Wissenschaft zu begeistern. Einer dieser wissensdurstigen Jünglinge war der nachmalige *Professor Anton Gisler*, ein würdiger Schüler Lussers.

Anton Gisler war am 20. Januar 1820 in Bürglen geboren. Seine Gymnasialstudien bestanden nur in Privatstunden. Trotzdem war er bald, nachdem er das Lyzeum in Freiburg bezogen hatte, einer der Ersten; eine reiche Begabung für die verschiedensten Fächer war ihm von Gott beschieden worden. Damit verband er einen eisernen Fleiss. Die Folge war die glückliche Vollendung seiner philosophischen und theologischen Studien. Dennoch gestattete ihm seine Bescheidenheit nicht, hoch zu streben. Die kleinste Kaplanei der Zentralschweiz, Riemenstalden, wählte er als Wirkungskreis. Einen Ruf als bischöflichen Kanzler nach Chur wusste sein direkter geistl. Obere zu verhindern, was Gisler letzterem übrigens nie vergass, und nur mit Bitterkeit sprach er davon. Dies hatte aber auch seine guten Früchte, indem er dem Kanton Uri erhalten blieb. Wider seinen Willen und nur nach langem Sträuben nahm er eine Kaplanei in Altdorf an mit einer Professur an der Kantonsschule. Als Lehrer war er nun am richtigen Platze. Obwohl er, als Klassenlehrer, fast sämtliche

Fächer erteilen musste, so entledigte er sich seiner Aufgabe doch sehr gut und gewissenhaft. In der Mathematik besonders war er, bei der ihm eigenen Klarheit und Geistesschärfe, ein mustergültiger Lehrer, konnte aber auch einem armen Sünder, der mit der Kreide in der Hand unsicher und un schlüssig an der Tafel stand, bei all seiner Güte wahre Dolchblicke zuschleudern. Er verstund es, nicht nur anzuspornen, sondern auch Liebe und Vertrauen in seinen Schülern zu erwecken.

Dennoch war die Heimstätte Gislers nicht die Schulstube, sondern Gottes freie Natur, nicht das Archiv, wo Aktenstaub und ein Berg trockener Blätter ihm das Auge getrübt und den Atem gehemmt hätten, sondern die Alpen mit ihrem saftigen Grün, die Berge mit ihren sonnigen Gipfeln, ihren trotzig en Felskuppen, aus deren Bändern und Spalten des Schöpfers Weisheit und Güte dem Forscher lieblich entgegenblickte.

Deshalb benützte Professor Gisler alle seine Mussestunden, um seinem Lieblingsfache, der Naturkunde, besonders der Botanik nachzugehen. Angesporn t dazu wurde er schon in Freiburg, besonders aber zu Hause durch Dr. Lusser, der seinen Heimatkanton kannte wie kein zweiter. In der Botanik wurde Lusser, wie er selber gestand, von seinem Schüler Gisler bald überflügelt. Eifrig durchstreifte Prof. Gisler den Kanton in allen Richtungen, die Botanisierbüchse in den weiten Taschen seines langen Rockes verborgen, die Bürgler- und Eggberge mit Rosstock und Rof-faien, die Schattdorferberge mit Bälmi und Mengihörnlein, alle die Bergketten und Verzweigungen des Schächentals, die Giebelstöcke bis zur Surenecke, die Bauer- und Isentalerberge bis zum Urirotstock, das durch seinen Frauenschuh bekannte Bockitobel, das Erstfeldertal mit seinen kühnansteigenden Spit-



Prof. Anton Gisler  
1820—1888

zen; dann in der Ferienzeit das Maderaner- und Fellital, das Meyental, die Göscheneralp, von da hinunter ins liebliche, damals noch stille Urserntal, wo der Botaniker noch ruhig seinen Lieblingsblumen nachgehen konnte, ohne vom Knall der Gotthardkanonen aufgeschreckt und verscheucht zu werden.

Dass nicht die Sucht nach Sport es war, welche Gisler hinauftrieb auf all die Höhen Uris, sondern dass es die Liebe zur Botanik war, beweist sein Herbarium, das Sie hier im Kollegium besichtigen können. Es soll circa 3000 Arten Phanerogamen und etwa 2000 Arten Kryptogamen enthalten. «Wohl niemand, sagte daher mit Recht Prof. Kaufmann in Luzern, hat die urtherische Flora durch wiederholte Exkursionen so genau und vollständig kennen gelernt wie Prof. Anton Gisler». Und Dr. Christ, in Basel, bezeichnet in seinem Buche: «Die Rosen der Schweiz», die Rosensammlung Gislers als zu den grössten der Schweiz gehörend. Drei neue Rosenarten hat Gisler in Uri entdeckt: Die *Rosa uriensis*, zwischen Wasen und Göschenen, die *Rosa Gisleri*, von Puget zu Ehren ihres Entdeckers so geheissen, auf den Planzern ob Altdorf, und die *Rosa Thomasii*, beim Mühlebach in der Gemeinde Unterschächen. Von dieser letzteren fand sich nur ein Strauch in Uri: dieser wurde aber bei Anlage der Klausenstrasse verschüttet, so dass die *Rosa Thomasii* von dort nur noch im Herbarium Gislers vorkommt.

Auch die Kryptogamen erfreuten sich besonderer Aufmerksamkeit von seiten Prof. Gislers. Besonders bemerkenswert ist seine grosse Sammlung der verschiedensten im Kanton vorkommenden Moose. Ich kann mich hier nicht näher einlassen, teils weil ich zu lange werden müsste, besonders aber weil ich nicht zu weit in ein Gebiet hinübergreifen möchte, worin ich nicht Fachmann bin. Aber den lebhaften Wunsch auszusprechen sei mir gestattet, es möge von Fachleuten die Flora Uris, wie sie Prof. Gisler gesammelt hat, einer Würdigung unterzogen werden. Das Material steht jederzeit gerne hier zur Verfügung, soweit wir es bieten können. Ein Versuch dürfte sich wohl lohnen; denn Prof. Dr. Christ sagt, es sei ihm, zu seiner Monographie, sehr reiches Material von verschiedenen Botanikern zu Gebote gestanden; Gislers Sammlung aus Uri allein aber

made auf ihn den Eindruck einer annähernd vollständigen Florula.

Damit, meine Herren, hätten wir die Urner Repräsentanten kennen gelernt auf dem Gebiete der Mineralogie und Geologie, der Zoologie und Botanik. Ich wäre aber nicht vollständig, wenn ich nicht auch der Technik Erwähnung täte. Wer von Ihnen hat nicht schon die kühne Strasse der Schöllenen mit der Teufelsbrücke und dem Urnerloch bewundert. An diese Kunststrasse aber knüpft sich der Name eines Urners, Ingenieur *Karl Emmanuel Müller*, von Altdorf, geboren am 18. März 1804, gestorben am 1. Dezember 1869. Müller war als junger Ingenieur in seine Heimat zurückgekehrt, als die Gotthardstrasse Amsteg-Göschenen in Angriff genommen worden war. 1827 wurde von der Landsgemeinde Uri ein Projekt durch die Schöllenen genehmigt; aber noch hatte sich niemand gefunden, den unwegsamen Saumpfad in der Schöllenen fahrbar zu machen und die Reuss da zu überbrücken wo sie sich am wildesten durch die Felsenschluchten windet. Als erstes Probestück praktischen Wirkens übernahm Ingenieur Müller die grösstenteils auch von ihm planierte Ausführung dieser schwierigen Arbeit. Heute, nach mehr als achtzig Jahren, ehrt das kühne Werk den Meister noch, wenn auch seither die Technik des Strassenbaues noch so gewaltige Fortschritte zu verzeichnen hat. Und wenn auch diese kühn angelegte Gotthardstrasse dem Verkehr nicht mehr genügt hat, und wenn auch das Dampfross, das seit dreissig Jahren durch den Gotthardkoloss fährt, ersetzt werden und dem elektrischen Betrieb Platz machen soll, so sei es mir gestattet, noch einen Urner zu erwähnen, den Erbauer des Albistunnels, Ingenieur *Franz Lusser*, in Zug. Er war es wohl, der zum erstenmale, wenn auch nicht auf die Elektrifizierung der Gotthardbahn, so doch auf die grossartigste Ausnützung der Urner Wasserkräfte zur Gewinnung elektrischer Kraft hinwies. Er hatte keinen geringeren Plan, als die Täler der Meyenreuss und der Göscheneralp unter Wasser zu setzen, dort grosse Stauseen anzulegen. Denn, so sagte er sich, billiger und rationeller kann man nirgends Stauseen anlegen, als wo das Tal eng ist und der Untergrund aus lauter Granitfelsen besteht,

wie das dort der Fall gewesen wäre. Leider blieb aber dieser grossartige Plan bis heute unausgeführt.

Immerhin sehen Sie, meine Herren, hat auch der Kanton Uri seine Vertreter in einzelnen Zweigen der Naturwissenschaften aufzuweisen, und hoffen wir, es werde die junge naturforschende Gesellschaft des Kantons Uri der fruchtbare Keim zu neuen Forschungen bilden. Damit erkläre ich die 95. Jahresversammlung als eröffnet.

---

# Strahlung und Materie

von

Joseph VON KOWALSKI

---

Die letzten zwanzig Jahre haben die Wissenschaft um manche überraschende Entdeckung bereichert, welche unsere theoretischen Ansichten über das physikalische Geschehen in mancher Hinsicht geändert haben, aber auch das systematische, zweckbewusste, nicht auf Zufall beruhende Studium der physikalischen Erscheinungen, hat nicht minder zu ähnlichen Umwälzungen der Theorie beigetragen.

Kaum auf einem anderen Gebiete ist diese Umgestaltung so markant, als auf dem Gebiete der Strahlungserscheinungen. Hier haben die Untersuchungen über die Entstehung der Strahlung, über die Wechselwirkung derselben mit der Materie, über den Druck der Strahlung und noch viele andere uns bewogen die Ansichten, welche wir uns von der Natur der Strahlung gebildet haben, einer gründlichen Revision zu unterziehen. Im Folgenden will ich es versuchen, Einiges über diese Fragen zu berichten und einen wenigstens flüchtigen Blick zu werfen auf die heutige Theorie des Strahlung und ihre Wandlungen.

Ehe ich zu meinem Thema übergehe, will ich aber zunächst präzisieren, von welcher Art von Strahlung ich sprechen will. Wir sprechen ja heute von Licht- und Röntgenstrahlen, von Kathoden- und Kanalstrahlen, von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen. Wenn ich nun an dieser Stelle schlechtweg von Strahlung spreche, so

will ich nur von der dem Licht verwandten Strahlung sprechen. Präziser gesagt, sprechen wir von der Strahlung, welche:

1° im Vakuum eine mit der Lichtstrahlung gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt;

2° interferenz- und polarisationsfähig ist.

Eine derartige Strahlung kann am einfachsten beschrieben werden unter Zuhilfenahme einer im Raume gerichteten Grösse, welche periodisch mit der Zeit ihren Wert ändert und sich wellenartig im Raume mit der Geschwindigkeit von  $3 \times 10^{10}$  cm. pro Sekunde fortpflanzt. Die Eigenschaften dieser gerichteten Grösse, des Strahlungsvektors, können, ohne besondere Hypothesen über die Natur der Strahlung zu machen, den meisten Strahlungserscheinungen befriedigend angepasst werden und so kann eine sehr vollkommene phänomenologische Theorie der Strahlung aufgebaut werden. In derselben ist bekanntlich die Intensität der Strahlung eine Funktion des Maximalwertes des schwingenden Vektors, die Richtung desselben im Raume stellt uns den Polarisationszustand dar; den verschiedenen Arten dieser Strahlung, so den verschiedenen Farben des Lichtes, entsprechen die verschiedenen Schwingungsperioden der Strahlungsvektoren.

Entsprechend der Gleichung

$$\lambda = c \times T$$

wo C die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlung im Vakuum, T die Periode und  $\lambda$  die Wellenlänge einer Strahlenart ist haben wir in der Tabelle I. die heutzutage bekannten Strahlenarten zusammengestellt.

Die erwähnte phänomenologische Theorie der Strahlung giebt uns trotz ihrer Vollkommenheit und Sicherheit, trotz ihrer grosser Leistungen in Bezug auf die Oekonomie des Denkens im Sinne Machs, keine wahre Befriedigung. Unser Geist sieht zwar ein, dass den festen Boden einer rein phänomenologischen Theorie verlassend und spezielle Hypothesen über das Geschehen in der Natur machend, er keine endgültige Erklärung der Tatsachen gibt. Wir sind im Klaren, dass in einer auf auch noch so geistvollen Hypothesen aufgebauten Theorie

« Alles nur Bildnis » ist, aber trotzdem zieht uns das Schöne, das Kunstvolle eines gelungenen Erklärungsversuches stark an und wirkt oft gewaltig anregend auf unser Denken. Kaum ein Kapitel der Geschichte der Wissenschaft beweist dieses in so prägnanter Weise, wie die Geschichte der Entwicklung unserer Ansichten über die Strahlung. Der Newtonschen Emissions-

TABELLE I

Wellenlängen-Gebiet	Bezeichnung	Entdecker
$\infty$ bis $4000 \mu$	Elektrische Strahlen	Hertz (1887) Lebedew (1895) Lampa (1897)
$4000 \mu$ bis $313 \mu$	unbekannt	
$313 \mu$ bis $8,5 \mu$	Reststrahlen	Rubens & Nichols (1898) Rubens & Baeyer (1911)
$8,5 \mu$ bis ca. $0,8 \mu$	Ultrarote Strahlen	W. Herschel (1800)
ca. $0,8 \mu$ bis ca. $0,38 \mu$	Sichtbare Strahlen	
ca. $0,38 \mu$ bis ca. $0,18 \mu$	Ultraviolette Strahlen	J.W. Ritter (1801) Cornu (1879)
$0,18 \mu$ bis $0,12 \mu$	Schumann-Strahlen	Schumann (1890)
$0,12 \mu$ bis $0,09 (?) \mu$	Reflex-Strahlen	Lyman (1904) Lénard (1910)
	Unbekannt	
$\lambda < 4 \times 10^{-5} \mu$	Röntgenstrahlen	Röntgen (1895) Sommerfeld (1912) Laue (1912)

theorie folgt die Huyghens-Fresnelsche Theorie des elastischen Aethers, dann kommt die vollkommene des elektromagnetischen Aethers von Maxwell und Hertz. Diese letztere, durch neue Hypothesen von Drude, Lorentz u. A. bereichert, erscheint im moderneren Gewande als elektronische Theorie,

um neuerdigs durch Einführung des Relativitätsprinzips, wie Schlemihl von seinem Schatten, vom Aether befreit zu werden.

Aber auch in dieser scheinbar sehr vollkommenen Form ist sie nicht in der Lage uns Antwort auf gewisse Fragen zu geben, welche wir uns stellen bei Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie. Im Speziellen bei der so grundlegenden Frage der Emission und Absorption des Lichtes durch Materie sind wir nicht in der Lage aus *ihr allein* Konsequenzen zu ziehen die uns die dabei eintretenden Verhältnisse vorausszusagen erlauben. Um diesem abzuhelpen haben Theoretiker wie Planck, Jeans, Einstein u. A. neue Methoden und Gesichtspunkte bei der Betrachtung der entsprechenden Probleme eingeführt. Ehe wir aber zur Besprechung derselben übergehen, erlauben Sie mir Ihnen in Erinnerung diejenigen Tatsachen zu bringen, welche für unsere späteren Erwägungen von Wichtigkeit sind.

Eine der wichtigsten neueren Eroberungen für unsere Kenntniss der Natur der der Strahlung ist die Entdeckung des sogenannten *Strahlungsdruckes*.

Schon Kepler im Jahre 1619 spricht im Werke *Harmonice mundi* die Vermutung aus, dass die Krümmung des Schweifes der Kometen in der Nähe der Sonne infolge des Druckes zu Stande kommt, welchen die Strahlung der Sonne auf denselben ausübt. Die Existenz dieses Druckes haben im XVIII Jahrhundert de Mairan und du Fay vergeblich experimentell nachzuweisen gesucht. Das Aufblühen der Undulationstheorie des Lichtes liess sogar gewissen Gelehrten die Existenz dieses Druckes als wenig wahrscheinlich erscheinen. In den nicht so sehr alten ersten Auflagen der populären Astronomie von Newcomb wird das Vermuten eines solchen von der Strahlung ausgeübten Druckes als unwissenschaftlich bezeichnet. Maxwell war der erste, der aus der elektromagnetischen Wellentheorie die Existenz dieses Druckes ableiten wollte, aber erst Bartoli (1876) und sodann Boltzmann ist es gelungen einen strengen theoretischen Nachweis dieses Druckes zu führen. Im Jahre 1874 veröffentlichte Crookes einen Bericht über Versuche, welche im ersten Augenblick die Hoffnung erregten, dass der Strahlungsdruck sich auch experimentell demonstrieren lässt.

Es sind dieses die berühmt gewordenen Versuche über das Radiometer. Der Verlauf der Radiometer-Erscheinungen war zwar derart verwickelt, dass man es sofort vermuten konnte, es wären nicht reine Druckkräfte der Strahlung, welche die Radiometerbewegungen bewirken, aber erst die genaue Ausrechnung dieser Kräfte durch Boltzmann im Jahre 1884 bewies, dass dieselben viel kleiner als die beobachteten sind. Bezeichnen wir mit  $U$  die Energiedichte der Strahlung, mit  $r$  das Reflexionsvermögen der Oberfläche, auf die die Strahlung normal auffällt, so wird der von der Strahlung ausgeübte Druck gegeben durch die Formel :

$$p = U(1 + r)$$

Dem entsprechend, da die Sonne im Mittel einer senkrecht zur Strahlung gelegenen Ebene ca. 2,54 kleine Kalorien pro  $\text{cm}^2$  und Sekunde zusendet, erhalten wir für eine vollkommen reflektierende Fläche einen Druck von ca. 1,2 mg. pro Quadratmeter. Sind die Flächen nicht vollkommen reflektierend, so ist die Kraft noch kleiner.

Im Radiometer beobachten wir aber Bewegungen, welche viel grösseren Kräften entsprechen.

Es war der Moskauer Physiker Lebedew, welchem es im Jahre 1901 gelungen ist einwurfsfrei die Existenz dieses Strahlungsdruckes nachzuweisen. Im Jahre 1903 gelingt es den amerikanischen Physikern Nichols und Hull den Druck mit einer wundervollen Genauigkeit zu messen. Diese Gelehrten führten Messungen mit verschiedenen Strahlungsdichten aus, indem sie das Licht ihrer Strahlungsquelle durch Absorption schwächten. In der folgenden Tabelle sind ihre Resultate mit den berechneten Zahlen verglichen.

TABELLE II

Beobachtet in	Berechnet in	Differenz in %
$10^{-5} \times \text{Dyn/cm.}$	$10^{-5} \times \text{Dyn/cm.}$	
7,01 + 0,02	7,05 + 0,03	— 0,6
6,94 + 0,02	6,86 + 0,03	+ 1,1
6,52 + 0,03	6,48 + 0,04	— 0,6

Wenn man beachtet wie schwierig es ist, so kleine Druckkräfte zu messen so muss man diese Uebereinstimmung zwischen Berechnung und Versuch als glänzend ansehen.

In neuerer Zeit wurden die Versuche von Lebedew und die von Nichols und Hull von anderen Gelehrten bestätigt. Speziell sind hier die Versuche von Poynting und die geistreiche Anordnung von Amerio zur Demonstration des Strahlungsdruckes zu erwähnen.

Nachdem Fitzgerald theoretisch abgeleitet hatte, dass der auf die Teilchen eines Gases von der Strahlung ausgeübte Druck, proportional dem Absorptionsvermögen des Gases für die gegebene Strahlung ist, hat Lebedew im Jahre 1910 durch Versuche nachgewiesen, dass sich dies mit einer Genauigkeit von 10 % bestätigt. Auch hier ist die gesuchte Uebereinstimmung in Anbetracht der experimentellen Schwierigkeiten eine überraschende.

*Wir dürfen also heute die Existenz des Strahlungsdruckes als eine experimentale Tatsache betrachten.*

An zweiter Stelle haben wir hier zu erwähnen die Untersuchungen, welche auf dem Gebiete der sogenannten Temperaturstrahlung gemacht worden sind. Die Temperaturstrahlung könnte man zunächst definieren als Strahlung, welche ein Körper infolge seiner Temperaturerhöhung emittiert. Es zeigt sich aber, dass eine solche Definition nicht streng genug ist. Bei Temperaturerhöhung eines Körpers beobachten wir öfters gewisse Vorgänge, welche sekundär zu Strahlungserscheinungen Veranlassung geben können. Leitet man diese Vorgänge auf einen anderen Weg als Temperaturerhöhung ein, so würden sie zu ähnlichen Strahlungserscheinungen führen. In diesen Fällen darf also die durch Erhöhung der Temperatur erzielte Strahlung, nicht als *reine Temperaturstrahlung* angesehen werden. Eine solche wird strenger definiert, wenn wir vom Kirchhoff'schen Gesetz der Strahlung ausgehen. Nach demselben gilt für eine homogene Temperaturstrahlung die Gleichung:

$$\frac{E}{A} = f(\lambda, T)$$

in welcher  $E$  das Emissionsvermögen,  $A$  das Absorptionsvermögen,  $\lambda$  die Wellenlänge und  $T$  die Temperatur bedeutet. Umgekehrt können wir dieses Gesetz als Definition der Temperaturstrahlung ansehen, also ähnlich verfahren wie bei der Benutzung des Boyle-Mariotteschen Gesetzes zur Definition der idealen Gase. Wir können also sagen: Emittiert und absorbiert bei Temperaturerhöhung ein Körper die Strahlung so, dass das Verhältniss des Emissionsvermögens zum Absorptionsvermögen allein von der Wellenlänge und absoluten Temperatur abhängig ist, dann haben wir mit reiner Temperaturstrahlung zu tun.

Zwischen den verschiedenen Körpern, welche als Temperaturstrahler dienen, können wir uns einen denken, welcher das Absorptionsvermögen gleich eins besitzt. So einen Körper bezeichnet man als einen *absolut schwarzen Körper* und die Strahlung die er emittiert als *schwarze Strahlung*. Für diese ist also die Emission  $S$  gleich einer universalen Funktion der Temperatur und Wellenlänge allein.

Einen wesentlichen Fortschritt erzielten W. Wien u. O. Lummer, indem sie in ihrer Hohlraumtheorie der Strahlung (1895) auf die Mittel zur experimentellen Verwirklichung des Kirchhoffschen schwarzen Körpers gaben. Eine einfache Ueberlegung zeigt uns in der Tat, dass die Temperaturstrahlung im Innern eines Hohlraumes eines beliebigen Körpers als schwarze Strahlung anzusehen ist. Kurz nachher (1897) haben Lummer und Pringsheim experimentel die Gesetze der schwarzen Strahlung ermittelt, indem sie einen Hohlraum auf möglichst gleichmässige Temperatur brachten und seine Strahlung durch eine kleine Oeffnung nach Aussen gelangen liessen. Für die Gesamtstrahlung eines solchen Körpers fanden sie das Stefansche Gesetz bestätigt, nach welchem

$$S = T^4$$

ist. Auch wurden für diese Strahlung die von Wien theoretisch abgeleiteten Verschiebungsgesetze experimentell richtig gefunden.

Nach diesen gelten die Gleichungen

$$\begin{aligned}\lambda_m \times T &= b = \text{einer Konstante} \\ S_m \times T^{-5} &= B = \text{einer anderen Konstante.}\end{aligned}$$

In diesen Gleichungen bezeichnen wir mit  $\lambda_m$  die Wellenlänge, für welche bei Temperatur  $T$  eine Emission ein Maximum ist, und mit  $S_m$  den Betrag dieser maximalen Emission.

Das Interessanteste war aber die Auffindung der Verteilung der emittierten Energie im Spektrum, denn diese konnte uns Aufschluss geben über die Form der genannten Universalfunktion. Auch hier verdanken wir den Untersuchungen von Lummer und Pringsheim (1899), die Festsetzung des Verlaufes der Verteilung der Emission im Spektrum und zwar für verschiedene Temperaturen bis zur absoluten Temperatur von ca.  $1600^\circ$ . Dieser Verlauf wird am besten durch die von Planck aufgestellte Gleichung wiedergegeben. Dieselbe hat die folgende Form :

$$S = F(\lambda, T) = \frac{8 \pi c h}{\lambda^5} \times \frac{1}{\frac{c h}{k \lambda T} \exp. -1}$$

Die Uebereinstimmung zwischen dieser Gleichung und der Erfahrung ist ganz vorzüglich, wenn wir für die Konstanten  $h$  und  $k$  folgende Werte annehmen :

$$\begin{aligned}h &= 6,55 \times 10^{-27} \text{ erg} \times \text{sec.} \\ k &= 1,346 \times 10^{-16} \text{ erg} \times \text{grad.}\end{aligned}$$

Diese letzte Formel von Planck, welche tatsächlich in vorzüglicher Weise uns Rechenschaft von der Verteilung der Energie in dem Spektrum eines strahlenden schwarzen Körpers giebt, soll jetzt zum Ausgangspunkt unserer weiteren Betrachtungen dienen. Es wäre unmöglich an dieser Stelle auf die ausführliche Ableitung, wie sie Planck gegeben hat, einzugehen. Wir wollen nur ganz kurz den Weg skizzieren, den Planck dabei eingeschlagen hat.

Die Tatsache, dass die Strahlung einen Druck auf die umgebenden Wände ausübt, erlaubte schon Boltzmann thermody-

namische Betrachtungen in die theoretischen Untersuchungen ihrer Eigenschaften einzuführen und auf diesem Wege zum Beweis des Stefan'schen Gesetzes zu gelangen. Diese Methode wurde erweitert und präzisiert durch Wien und Planck. Der Begriff der Temperatur und Entropie der monochromatischen Strahlung wurde streng definiert. Die Wienschen Verschiebungsgesetze konnten ohne weiteres auf diesem Wege aus der klassischen Elektrodynamik abgeleitet werden. Nun versagte aber die Methode, sobald man das Problem der Verteilung der Energie im Spektrum in Angriff nehmen wollte. Und da tauchte der Gedanke auf, einen Weg einzuschlagen, welcher auf dem Gebiete der Wärmetheorie grosse Erfolge feierte gerade dort, wo die reine Thermodynamik versagte. Die statistischen Methoden der kinetischen Wärmetheorie erlaubten ja Maxwell sein berühmtes Verteilungsgesetz der verschiedenen Geschwindigkeiten zwischen die einzelnen Molekeln eines Gases zu finden. Das Gesetz der Aequipartition der Energie erlaubte theoretisch das Verhältniss der spezifischen Wärmen einfacherer Gase zu berechnen. Sollte man nicht auch auf dem Gebiete der Strahlung diese Methoden anwenden können, um so mehr, da eine Ueberbrückung durch die Boltzmannsche Definition der Entropie gegeben war? Nach dieser letzteren dürfen wir die Entropie eines Gases, bis auf eine additive Konstante, als den Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des Zustandes des Gases definieren. Dabei können wir die Wahrscheinlichkeit eines Zustandes folgendermassen auffassen: Denken wir uns eine ungeheuer lange Zeit hindurch das Gas beobachtet und verbleibe dasselbe während einer bestimmten Zeit  $t$  in dem betreffenden Zustand, dann ist das Verhältniss von  $t$  zur Totalzeit die Wahrscheinlichkeit dieses Zustandes.

Analoge Betrachtungen stellt nun auch Planck über die Entropie der Strahlung an. Der Weg, den er aber verfolgt, unterscheidet sich vom klassischen Wege der statistischen Methode. In diesem letzteren wird nämlich an dem sogenannten Prinzip der Aequipartition der Energie festgehalten. Nach diesem Prinzip verteilt sich im Falle des Wärmegleichgewichts die Energie so, dass keine von den vorhandenen unabhängigen Arten der

Energie bevorzugt ist. Jede solche Art bekommt den gleichen Betrag der Gesamtenergie. Die Anwendung dieses Prinzipes führt, wie es mit grosser strenger Jeans gezeigt hat zu dem sogenannten Rayleighschen Strahlungsgesetz, welches nur richtig für sehr lange Wellen ist, aber im Fall kurzer Wellen versagt.

Nach Planck geschieht nun die Emission des Lichtes (Strahlung) durch elektrische Oscillatoren von molekularer Grösse. Diese Oscillatoren können nicht jede beliebige Menge von Energie aufnehmen oder abgeben, sondern nur bestimmte Energiequanta. Diese sind entsprechend dem Wienschen Verschiebungsgesetz der Wellenlänge einer bestimmten Schwingung umgekehrt proportional. Alle andere Eigenschaften der Oscillatoren nimmt Planck entsprechend der klassischen Elektrodynamik an. Darin liegt aber etwas unbefriedigendes der Planck'schen Ableitung. Nun ist es der Verdienst von Einstein streng gezeigt zu haben, dass die Annahme der Energiequanten eine notwendige Folgerung der Anwendung der Boltzmannschen Methode der Wahrscheinlichkeitsberechnung auf Strahlungsprobleme. Dadurch gewann die Existenz der Energiequanta eine gewisse Berechtigung und die Wissenschaft bemächtigte sich dieses Gebildes, ehe man ganz im klaren war, welche gewaltige Schwierigkeiten uns dieses neue Denkmittel bringen wird.

Die Spektralgleichung von Planck kann man in Angesicht der schönen Uebereinstimmung mit der Erfahrung, als experimentell gegeben ansehen. Die Frage, welche sich nun Einstein stellt, ist die folgende: Was kann man aus der als richtig angenommenen Spektralgleichung, auf die Natur der Strahlung folgern?

Um zu dem Ziele zu gelangen, benutzt Einstein eine, so für die moderne Denkweise charakteristische Ueberlegung, dass es für uns von grösstem Interesse ist wenigstens kurz auf dieselbe einzugehen. Einstein führt ein sogenanntes Gedankenexperiment aus. Bei einem Gedankenexperiment werden gewisse ideale aber fiktive Verhältnisse angenommen, welche auch nur von schematischen Charakter zu sein brauchen. In diesen Ver-

hältnissen wird nun schrittweise ein Vorgang verfolgt unter strenger Anlehnung an die Erfahrung. Solche Gedankenexperimente benutzt der moderne Naturforscher geläufig. Es ist ein Gedankenexperiment, welches van't Hoff zur Entdeckung der Gesetze der Lösungen geführt hat. Es sind Gedankenexperimente, die ein organischer Chemiker ausführt, wenn er an Hand einer Formel nach neuen Körpern sucht. Es sind noch Gedankenexperimente die Adam Smith ausführt, um aus der Fiktion «Egoismus einziges treibendes Prinzip» seine ökonomischen Gesetze abzuleiten sucht. Der Wert eines Gedankenexperimentes liegt also in der Brauchbarkeit der Fiktionen und der weiteren kritischen Anlehnung an die Erfahrung. Dabei scheint mir nicht unnötig hier hervorzuheben, dass eine Fiktion keine Hypothese ist. Eine Hypothese soll ein adäquates Bild des wirklichen Geschehens in der Natur sein. Sie hat nur solange ihre Berechtigung, solange sie als realer Ausdruck eines Realen angesehen werden kann. Bei einer methodisch richtigen Fiktion muss dagegen das Bewusstsein ihrer Unmöglichkeit ausdrücklich ausgesprochen werden. Ihre einzige Berechtigung ist ihre praktische Brauchbarkeit. Es muss der Fehler den wir begehen bei Benutzung der Fiktion praktisch zu vernachlässigen sein. Sie muss sich als nützliches Denkmittel erweisen und die Begründung dieses Nachweises sollte bei jeder Fiktion speziell vorgenommen werden.

In dem uns interessierenden Fall arbeitet Einstein mit der Fiktion eines vollkommenen Gases und der Fiktion von vollkommen reflektierenden Wänden. In einem Hohlraum denken wir uns wenige Molekeln eines vollkommenen Gases und eine gewisse Energie in Form von Strahlung. Die Strahlung soll dabei eine reine Temperaturstrahlung sein von derselben Temperatur wie das umgebende Gas. In diesem Hohlraum befindet sich noch eine Platte, welche in einer zu seiner Oberfläche senkrechten Richtung frei beweglich ist. Diese Platte sei so beschaffen, dass sie eine Strahlung von einem bestimmten Frequenzbereich vollständig reflektiert, dagegen Strahlungen von anderen Frequenzen vollständig durchlässt. Einstein zeigt, dass im Falle des Wärmegleichgewichtes die Platte sowohl

infolge von Molekularstössen wie auch in Folge des Strahlungsdruckes, gewisse kleine unregelmässige Bewegungen ausführen wird, ähnlich der Brown'schen Bewegung kleiner Teilchen. Unter Zugrundelegung der Planck'schen Spektralgleichung, lässt sich nun streng die Bewegungsgrösse berechnen, welche infolge der unregelmässigen Schwankungen des Strahlungsdruckes auf die Platte in einer bestimmten Zeit übertragen wird. Der mathematische Ausdruck für diesen Wert setzt sich aus zwei Gliedern zusammen. Eins von denselben lässt sich aus der klassischen Wellentheorie folgern, das zweite dagegen, welches wie Einstein zeigt, keineswegs zu vernachlässigen ist und welches sogar bei kleiner Dichte der Strahlungsenergie das erste Glied überwiegt, kann unmöglich als eine Folge der klassischen Theorie angesehen werden.

Einstein zeigt, dass dieses zweite Glied der Formel am einfachsten abzuleiten ist aus der Annahme, dass die Strahlung aus abgesonderten Mengen von Energie zusammengesetzt ist. Diese Mengen hätten den Betrag  $h\nu$ , wo  $h$  die Konstante des Planckschen Gesetzes ist und  $\nu$  die Frequenz der betrachteten Strahlungsart. Diese Menge, Licht-Quanta, sollten sich dabei unabhängig voneinander durch den Raum bewegen und unabhängig voneinander reflektiert werden. Um also beide Glieder der Formel zu erhalten, sollte man versuchen, die alte Undulationstheorie mit der soeben auseinandergesetzten Vorstellung über die quantenhafte Struktur der Strahlung zusammenzuschmelzen. Ich will es hier sofort hervorheben, dass diese Verschmelzung auf grosse Schwierigkeiten gestossen hat, welche bis jetzt nicht zu überwinden waren. Insbesondere sind gewisse Interferenzerscheinungen scheinbar direkt widersprechend einer derartigen diskontinuierlichen Struktur der Strahlung.

Man könnte zunächst glauben, dass vielleicht die spezielle Form des Planckschen Strahlungsgesetzes, die Einstein seinen Betrachtungen zugrunde legt, auf diese schwer mit der Undulationstheorie zu vereibarenden Vorstellungen führt. Nun hat aber am Anfang dieses Jahres Poincaré gezeigt, dass wenn wir einerseits die Plancksche Resonatorentheorie als richtig ansehen, andererseits ohne eine besondere Form der Strahlungs-

formel zu geben, einfach voraussetzen, dass die Totalstrahlung eines Körpers endlich ist, dann sind wir auch dazu geführt, ähnliche Diskontinuitäten in der Struktur der Strahlung anzunehmen, wie die durch die Quantenhypothese gegebenen.

Die Plancksche Resonatoretheorie ist eine strenge Folgerung der klassischen Elektrodynamik, diese lassen wir nicht gern fallen, zuviele Erfolge sind mit ihr verbunden. Die Endlichkeit der Totalstrahlung ist eine durch die Erfahrung gegebene Tatsache, mit der müssen wir zunächst rechnen. Wir stehen also hier vor einer dieser Schwierigkeiten, von der Poincaré so richtig sagt: « Les théories anciennes reposent sur un grand nombre de coïncidences numériques qui ne peuvent être attribuées au hasard; nous ne pouvons donc disjoindre ce qu'elles ont réuni; nous ne pouvons plus briser les cadres, nous devons chercher à les plier; et ils ne s'y prêtent pas toujours. »

Wir stehen also augenblicklich vor einer offenen theoretischen Frage; was die Zukunft uns für eine Lösung der Schwierigkeiten vorenthält, ist heute kaum vorauszusagen, und daher könnten wir uns mit voller Berechtigung fragen: Wie kommt es, dass die Wissenschaft in den letzten Jahren, so oft mit dem Begriff des Lichtquantums arbeitet? Ich glaube darauf die Antwort geben zu können, dass die Ursache davon in dem Erfolg liegt, welchen der Quantenbegriff bei der Lösung einer Reihe von experimentellen Fragen gehabt hat.

Die Methode, welche Planck bei der Ableitung seines Strahlungsgesetzes gebraucht, erlaubte schon diesem Gelehrten im Jahre 1900 die Konstanten seines Strahlungsgesetzes mit gewissen Konstanten auf ganz anderen Gebieten der Physik zu verknüpfen. So berechnet er aus seinem Strahlungsgesetze unter Zugrundelegung der aus den Messungen von Lummer, Pringsheim und Kurlbaum bestimmten Konstanten  $h$  und  $k$ , den Wert des Elementarquantums der Elektrizität zu  $4,69 \times 10^{-10}$  gegenüber dem in der allerletzten Zeit mit grosser Sorgfalt aus dem Fallgesetz von Tropfen durch Millikan bestimmten Wert von  $4,777 \times 10^{-10}$  und durch Zählung der  $\alpha$ -Teilchen des Radiums von Rutherford und Geiger ermittelten Wert von  $4,65 \times 10^{-10}$ . Diese wunderbare Uebereinstimmung kann kaum

auf Zufall beruhen und macht die Vermutung recht wahrscheinlich, dass den Konstanten des Planckschen Gesetzes eine gewisse allgemeine physikalische Deutung zuzuschreiben ist.

Wir verdanken aber Einstein die ersten Anwendungen des Lichtquantenbegriffes auf experimentelle Fragen. Es war im Jahre 1905, dass Einstein als erster *explicite* zum Ausdruck brachte, dass die Annahme, die Materie könnte nur in gewissen Quanten Strahlung emittieren und absorbieren, uns in einer Reihe von Fällen eine Erklärung der experimentell gefundenen Tatsachen geben kann. Emittiert die Materie Strahlung von der Frequenz  $\nu$  so kann dies nach Einstein nur diskontinuierlich geschehen, indem die Energiequanta vom Betrag  $h\nu$  als Ganze emittiert werden. Aehnlich bei Absorption, kann die Materie nur ein Energiequantum  $h\nu$  oder ein Vielfaches davon absorbieren. Hier wäre es wohl am Platze, eine kurze Bemerkung einzuschieben. Oefters hat man diese Hypothese als atomistische Auffassung der Struktur der Strahlungsenergie bezeichnet. Und doch ist ein wesentlicher Unterschied zwischen einem Atom der Materie und einem Energiequantum. Entsprechend den verschiedenen Elementen, haben wir eine gewisse endliche Anzahl verschiedener Atome, welche sich von einander durch eine endliche Differenz von Masse unterscheiden. Bei Strahlungsenergieelementen haben wir für jede monochromatische Strahlung von der Frequenz  $\nu$  das Quantum  $h\nu$ . Wir können also für einen endlichen Wellenbereich uns unendlich viele verschiedene Energiequanta denken, welche untereinander sich nur durch unendlich kleine Beträge der Energie unterscheiden. Bei jedem Bilde, das wir uns über die quantenhafte Struktur der Strahlung machen, dürfen wir diesen Umstand nicht vergessen.

Einstein wendet nun die Quantenhypothese in der oben erwähnten Form zur Ableitung eines Gesetzes, welches wir als *lichtelektrisches Aequivalenzgesetz* bezeichnen wollen.

Schon vor ca. 25 Jahren entdeckte Hertz die fördernde Wirkung des Lichtes auf die elektrische Entladung. Hallwachs, Elster und Geitel, Swyngedauw und andere, studierten diese Wirkung in verschiedenen Formen. Man verdankt es aber den

Arbeiten von Lenard im Jahre 1900, Klarheit in die Verhältnisse bei diesem *lichtelektrischem Effekt* hineingebracht zu haben. Er zeigt nämlich, dass das auf eine metallische Oberfläche auffallende Licht an derselben eine sekundäre Elektronenstrahlung erzeugt. Diese Strahlung ist um so intensiver, je intensiver das wirkende Licht ist. Die Geschwindigkeit dagegen, mit welcher die negativen elektrischen Teilchen die Oberfläche verlassen, sind in verhältnismässig grossen Grenzen von der Intensität des Lichtes unabhängig und wachsen mit der Abnahme der Wellenlänge des wirkenden Lichtes. Diese letzte Eigentümlichkeit der lichtelektrischen Erscheinungen war ziemlich schwer zu erklären; mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen wurden zu diesem Zwecke aufgestellt. Nun zeigt Einstein unter Zugrundelegung der Quantenhypothese, dass dieses Verhalten als direkte Folgerung dieser Hypothese anzusehen ist. Es genügt nur anzunehmen, dass die Quelle der Energie der austretenden Elektronen die Energie der auffallenden Strahlung ist und dass diese letztere keine zu grosse Dichte besitzt. Er leitet noch weiter ab, dass die Geschwindigkeit der austretenden Elektronen in diesem Falle eine lineare Funktion der Frequenz des erregenden Lichtes sein muss.

Dieses *lichtelektrische Aequivalenzgesetz* wurde in glänzender Weise durch die Versuche von Erich Ladenburg im Jahre 1907 bestätigt gefunden. Neuere Versuche von Millikan (1912) zeigen weiter, dass wenn man die Voraussetzung von Einstein einer kleinen Strahlungsdichte des erregenden Lichtes fallen lässt, in der Tat die austretenden Elektronen Geschwindigkeiten erreichen, welche nicht mehr dem unter dieser Voraussetzung abgeleiteten Aequivalenzgesetz entsprechen. In der allerletzten Zeit hat O. W. Richardson weiter die Theorie von Einstein verfolgt, und die erhaltenen Beziehungen gemeinschaftlich mit K. T. Crompton experimentell bestätigt gefunden.

Einstein verallgemeinert auch seine Betrachtungen auf Probleme der Verwandlung der Strahlung einer bestimmten Wellenlänge in Strahlung von anderer Wellenlänge bei Fluoreszenz und Phosphoreszenz. Die bekannte Stokesche Regel ergibt sich als direkte Folgerung dieser Betrachtungen. Da die Stokesche

Regel in vielen Fällen sich als nicht richtig erwiesen hat, und zwar unter Bedingungen, bei welchen man kaum die Dichte der Energie als sehr gross ansehen konnte, so könnte es scheinen, dass hier die Quantentheorie im direkten Widerspruch mit der Erfahrung steht. Man muss aber in Erinnerung bringen, dass die Einsteinschen Betrachtungen von der Annahme ausgehen, dass die bei Photolumineszenz hervorgebrachte Strahlung allein auf Kosten der erregenden Strahlung zustande kommt. Man kann aber wohl annehmen, dass zu dieser Hauptquelle der Energie sich eine andere gesellt, z. B. die Energie der thermischen Agitation. Macht man diese Annahme, so müssten die Abweichungen vom Stokeschen Gesetz bei Abnahme der Temperatur des fluoreszierenden Körpers auch abnehmen. Kowalski (1910) ist es gelungen, diese Tatsache festzustellen. Unter Zugrundelegung der Quantenhypothese berechnet er ferner die Differenz der Abweichungen für zwei verschiedene Temperaturen. Er findet, dass der Grössenordnung nach, auch hier die Quantenhypothese mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate liefert.

Der Erfolg der ersten Betrachtungen von Einstein regte auch andere Physiker zu weiteren Anwendungen des Begriffes der Lichtquanta an. An erster Stelle ist hier J. Stark zu nennen. In einfacher Weise verallgemeinert er das von Einstein gefundene Aequivalenzgesetz auf photochemische Fragen. Bei Hinzunahme gewisser Hypothesen über den Mechanismus der Entstehung des Bandenspektrums einer Substanz, erlaubt ihm die Quantenhypothese, die Berechnung der unteren Grenze dieses Spektrums. In vielen konkreten Fällen wird die Rechnung durchgeführt und diese Grenze für das Absorptionsspektrum bestimmter Substanzen als der Erfahrung entsprechend gefunden. Im Anschluss daran wird von Stark eine atomistisch-elektrische Valenzlehre entwickelt. Stark wendet seinen Ideen-gang auch auf Fragen über Phosphoreszenz und Fluoreszenz an und alle diese Arbeiten geben ihrerseits eine manigfache Anregung zur experimentellen Forschung. In den letzten vier Jahren sehen wir eine Reihe von Forschern sich mit Untersuchungen beschäftigen, welche, wenn auch nicht immer sich an

die Anschauungsweise von Stark anlehnen, doch aber durch das sich daran anknüpfende, neugeweckte theoretische Interesse angeregt worden sind. Manche neue Errungenschaft auf dem Gebiete der Absorption, Phosphoreszenz, Fluoreszenz, Photochemie, verdanken wir dem Ansporn, welchen die Quantentheorie der Forschung gegeben hat. Wir wollen hier nur an die Entdeckung der Bandenstruktur des Absorptionsspektrums des Diacetyls von *Gelbke* erinnern und an den von *Haber* entdeckten Zusammenhang zwischen dem Ultraroten und Ultravioletttem Absorptionsspektrum. Beinahe gleichzeitig mit diesen Ideen (1907-1908) entwickelte Stark gewisse Betrachtungen über die Anwendung des Quantenbegriffes auf Probleme die im Zusammenhang mit dem von Stark entdecktem Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen stehen. Wenn auch durch die in letzter Zeit veröffentlichten Untersuchungen von Vegard (1912) die Anwendbarkeit des Quantenbegriffes in seiner einfachsten Form auf die Verteilung der durch die Kanalstrahlen emittierten Lichtintensität in Zweifel gezogen werden kann, so sehen wir auch hier deutlich den Impuls, welcher der Wissenschaft durch die neuen Begriffe gegeben worden ist.

In allen diesen Arbeiten wird der Begriff des Energiequantums in der von Einstein genauer im Jahre 1905 formulierten Form gebraucht. Wir wiederholen: es wird der Strahlungsenergie eine quantenhafte Struktur zugeschrieben. Um die Schwierigkeiten, welche mit der physikalischen Auffassung der Energieelemente verbunden sind zu vermeiden, hat zuerst Planck und sodann in sehr deutlicher Weise Sommerfeld darauf aufmerksam gemacht, dass man statt die diskontinuierliche Struktur der Energie zuzuschreiben, es für die Wirkung, *Energie*  $\times$  *Zeit*, tut. Nach Sommerfeld wird die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie derart geregelt, dass jedesmal bei der Aufnahme oder Abgabe von Energie durch Moleküle dies für eine grosse Energiemenge in kurzer Zeit geschieht, für eine kleine dagegen, eine lange Zeit beansprucht wird, so, dass das Produkt aus *Energie*  $\times$  *Zeit* gleich der Planckschen Konstante  $h$  ist. Diese Auffassung hebt zwar nicht die erwähnten theoretischen Schwierigkeiten auf, hat aber mit dem Vorteil einer

gewissen physikalischen Deutung einen grossen heuristischen Wert. Man kann die Lehre von den Quanten, wie es Sommerfeld gezeigt hat, in einfacher Weise auf nicht periodische Prozesse ausdehnen. Interessante Anwendungen dieser Auffassung sind von Sommerfeld auf die Erscheinungen der Röntgen- und  $\gamma$ -Strahlen gemacht worden, sodann von Sommerfeld und Debye auf lichtelektrische Phänomene und von Sackur auf rein molekulartheoretische Betrachtungen.

Es gebührt wieder Einstein der Verdienst, zuerst die Plancksche Formel auf Wärmeevorgänge in der Materie angewandt zu haben.

Aus der klassischen Molekulartheorie der Wärme, also aus der Theorie, welcher das Aequipartitionsprinzip zugrundegelegt ist, ergibt sich als Folgerung für hinreichend tiefe Temperaturen die Gültigkeit des Gesetzes von Dulong und Petit. Bei hinreichend niedrigen Temperaturen müsste daher das Produkt von Atomgewicht  $\times$  spezifische Wärme für alle Elemente gleich sein. Nun lehrt uns die Erfahrung, dass eben bei niedrigen Temperaturen wir für eine Reihe von Elementen Ausnahmen finden.

Einstein ersetzt daher für feste Körper, in welchen wir ja die Träger der Wärme als periodisch schwingende Gebilde ansehen, das Prinzip der gleichmässigen Verteilung durch die Verteilung nach dem Planck'schen Gesetz.

Die Rechnung ergibt, dass wir dann in der Tat Abweichungen vom Dulong-Petit'schen Gesetz und zwar im von der Theorie geforderten Sinne, erwarten dürfen. Um diese Abweichungen zu berechnen, müssen wir allerdings den schwingenden Gebilden (Systemen) bestimmte Schwingungsfrequenzen zuschreiben. Umgekehrt, können wir bei der Annahme, dass es Atome sind, die die Schwingungen in den festen Körpern ausführen, die Eigenfrequenzen der Atome bezüglich der Atomkomplexe aus dem Verlauf der spezifischen Wärme mit der Temperatur berechnen. Die Betrachtungen von Einstein wären also nicht verifizierbar, falls wir nicht die Möglichkeit hätten, auf einem anderen Wege auch die Eigenfrequenzen der Atome bzw. der Moleküle der festen Körper zu berechnen. Auf eine

solcher Möglichkeiten weist schon in seiner ersten Arbeit über diesen Gegenstand Einstein hin. Für viele Körper dürfen wir nämlich die die Wärme hervorbringenden Gebilde mit den positiv geladenen Atomen identifizieren, welche Drude zur Erklärung der Absorption der Körper im ultraroten Gebiet annahm. Die Eigenfrequenzen dieser Gebilde sind uns aus den Messungen von Rubens und seinen Schülern mit Reststrahlen bekannt. Es sind inzwischen auch noch andere Wege zur Ermittlung dieser Eigenfrequenzen gefunden worden. So findet Einstein die folgende Formel

$$a) \quad \nu = 2,8 \times 10^7 M^{-\frac{1}{3}} d^{-\frac{1}{6}} K^{-\frac{1}{2}}$$

wo  $M$  das Atomgewicht bedeutet,  $d$  die Dichte und  $K$  den kubischen Kompressibilitätskoeffizienten.

Lindemann findet die Formel :

$$b) \quad \nu = 2,8 \times 10^{12} \times \sqrt{\frac{f}{Mv^{2/3}}}$$

wobei  $f$  den Schmelzpunkt,  $M$  das Atomgewicht und  $v$  das Atomvolumen bedeutet. Kürzlich stellt derselbe Forscher die Formel auf :

$$c) \quad \nu = 1,095 \times 10^{14} \times \sqrt{\frac{d \cdot n}{M}}$$

wo  $M$  ebenfalls Atomgewicht,  $d$  die Dichte und  $n$  die Valeur ist.

In der folgenden Tabelle III sind die Eigenfrequenzen, die aus der experimentell bestimmten Atom- bzw. -berechnet worden sind, mit den nach anderen Methoden bestimmten verglichen. Dabei ist bei der Berechnung nicht der ursprünglich von Einstein abgeleitete Ausdruck benutzt worden, sondern eine von Nernst und Lindemann aufgestellte Formel. Dieselbe lautet :

$$d) \quad C_v = \left[ \frac{\left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2 \exp. \frac{\beta\nu}{T}}{\left(\exp. \frac{\beta\nu}{2T} - 1\right)^2} + \frac{\left(\frac{\beta\nu}{2T}\right)^2 \exp. \frac{\beta\nu}{2T}}{\left(\exp. \frac{\beta\nu}{2T} - 1\right)^2} \right] \frac{3}{2} R$$

In dieser Formel bedeutet T die absolute Temperatur, R die Gaskonstante  $\beta$  ist eine universelle Konstante, welche mit dem Planckschen Wirkungsquantum  $h$  durch folgende Gleichung verbunden ist:

$$\beta = N \times \frac{h}{R}$$

Der Wert dieser Konstante ist demnach :

$$\beta = 4,865 \times 10^{-11}$$

TABELLE III — EIGENFREQUENZEN DER ATOME

	nach Gl. a)	nach Gl. b	nach Gl. c)	nach Gl. d)
Al.....	$6,7 \times 10^{12}$	$7,6 \times 10^{12}$	$8,2 \times 10^{12}$	$8,3 \times 10^{12}$
Cu.....	$5,7 \times 10^{12}$	$6,8 \times 10^{12}$	$7,2 \times 10^{12}$	$6,6 \times 10^{12}$
Ag.....	$3,8 \times 10^{12}$	$4,4 \times 10^{12}$	$4,6 \times 10^{12}$	$4,4 \times 10^{12}$
Hg.....	—	$1,3 \times 10^{12}$	$2,0 \times 10^{12}$	$2,2 \times 10^{12}$
Pb.....	$2,2 \times 10^{12}$	$1,8 \times 10^{12}$	$2,5 \times 10^{12}$	$1,9 \times 10^{12}$
Diamant.....	—	$34,1 \times 10^{12}$	$34,1 \times 10^{12}$	$40,0 \times 10^{12}$
S.....	—	$3,9 \times 10^{12}$	$6,6 \times 10^{12}$	$7,3 \times 10^{12}$
J.....	—	$1,7 \times 10^{12}$	$1,9 \times 10^{12}$	$2,0 \times 10^{12}$

Die Uebereinstimmung, welche wir in dieser Tabelle sehen ist eine überraschende und zwar um so mehr überraschend, wenn wir beachten, dass die Vorstellungen, welche den Ableitungen aller angeführten Formeln zugrundeliegen, sehr rudimentär sind. Nicht ein Mal geht es aus den Betrachtungen klar hervor, was man als Eigenschwingung eines aus Molekülen aufgebauten festen Körpers ansehen soll. Vor kurzem haben sich mit den dabei entspringenden Schwierigkeiten Debye, Natanson, Born u. Kärman und Brillouin beschäftigt. Aus diesen Untersuchungen springt es hervor, dass es in der Tat in festen Körpern, welche wir uns aus Raumgittern aufgebaut denken dürfen, gewisse Grenzfrequenzen gibt, die einigermaßen als Eigenfrequenzen aufgefasst werden können.

Debye einerseits, Born und Kärman andererseits, gelangen dabei zu einer Formel für den Verlauf der spezifischen Wärme mit der Temperatur, welche in ganz ausgezeichneter Weise die beobachteten Werte wiedergibt.

Die Grenzen dieses Vortrages erlauben mir nicht noch auf eine Reihe von anderen Untersuchungen einzugehen, welche ihren Ursprung auch in der Quantenhypothese finden. Diese kurze Uebersicht zeigt schon zur Genüge, wie die mit dem Quantenbegriff zusammenhängenden Ideen, befruchtend auf die experimentelle und theoretische Forschung gewirkt haben.

Eins ist aber scharf hervorzuheben: Dem Quantenbegriff als solchen, sind wir durch alle diese Untersuchungen kaum näher gerückt. Umgekehrt, eine ruhige Kritik der Verhältnisse lässt durchblicken, dass die ursprüngliche Quantenhypothese nicht haltbar sein wird. Hr. Einstein zeigt in einer höchst wichtigen Betrachtung, dass das photochemische Aequivalenzgesetz, einer der schönsten Erfolge der Quantentheorie, auch ohne dieselbe aus anderen, sehr einfachen Prämissen abzuleiten ist. Ich glaube daher mit Hrn. Einstein und anderen Physikern der Gegenwart in Einklang zu sein wenn ich sage:

*Die Quantentheorie vom Jahre 1905 ist ein überwundener Standpunkt.*

Um so mehr können wir uns fragen, wie kommt es, dass der an sich so unklare und mit den bisherigen Anschauungen widerspruchsvolle Begriff des Energiequantums, einen solchen gewaltigen Anstoss zur erfolgreichen Forschung geben konnte? Die Beantwortung dieser Frage müssen wir, meines Erachtens, in der Antwort auf eine viel allgemeinere Frage suchen und zwar in der auf die Frage: Was ist der Zweck und der Wert einer physikalischen Theorie?

Der wichtigste Baustein der Physik, wie auch jeder Naturwissenschaft, ist die Erfahrung. Bei dem Sammeln derselben bedienen wir uns unserer Sinne, deren Vollkommenheit wir durch unsere physikalischen Instrumente erweitern. Die experimentelle Methode erlaubt kritisch bei dem Sammeln der Tatsachen vorzugehen, die bestimmenden Bedingungen einer physikalischen Erscheinung festzusetzen, neue unbekanntes aufzufinden.

Nachdem wir die Erfahrung gesammelt, beschreiben wir die erhaltenen Resultate und das Bestreben dieses möglichst vollständig und doch auf einfachste Weise zu tun, im Sinne der

bekanntes Auffassung von Kirchhoff, gibt die erste Veranlassung zum Aufbau einer Theorie. Eine einfache Beschreibung einzelner Erscheinungen kann aber nicht als der einzige Zweck der Theorie angesehen werden. Die Erfahrung lehrt uns, dass manche auf den ersten Blick sehr verschiedene Erscheinungen zu einander in nahem Verhältnis stehen und wir glauben, dass alle physikalische Geschehenisse harmonisch mit einander verknüpft sind. Die Tatsache, dass Analogieschlüsse uns oft auf neue Entdeckungen mit Erfolg führen, bekräftigt uns in diesem Glauben. Daher verlangen wir von einer Theorie, dass sie uns den Weg zur Erforschung geahnter Zusammenhänge zeigt. Die Mittel, welche die physikalische Theorie zur Erfüllung dieses Zweckes besitzt, sind leider sehr beschränkt. Das was wir uns von den Erscheinungen denken, was wir sozusagen intuitiv von ihrem Zusammenhang fühlen, bestreben wir in Worten zum Ausdruck zu bringen. Wenn schon die menschliche Sprache überhaupt recht unvollkommen unsere Gedanken zum Ausdruck bringen kann, so hat die wissenschaftliche Sprache durch ihre, zwar sehr konsequente, aber auch zugleich sehr einseitige Entwicklung, gewissermassen den Gegensatz zwischen Wort und Gedanken noch verschärft. Entsprechend unserem visuellen Sinne, welcher bei den meisten Menschen als der vollkommenste anzusehen ist, arbeiten wir auch im Geiste am liebsten mit Gebilden, die wir uns visuell vorstellen können. Ja, ein so wichtiges Denkmittel, wie die mathematische Methode, hat sich zum grössten Teil auf unsere visuellen Empfindungen aufgebaut. Daher operiert die physikalische Theorie stets mit Gebilden, welche dem visuellen Sinn entsprechen. Dass wir über rein physikalische Erscheinungen und ihren Zusammenhang nicht notwendig mit visuellen Gebilden denken müssen, beweist die Tatsache, dass besonders auf andere Sinne veranlagte Menschen auch nichtvisuell logisch denken können. So denkt der geniale Musiker bei seinen musikalischen Deduktionen stets auditiv. Die ganze Harmonielehre und Kompositionslehre ist auf rein auditive Begriffe aufgebaut, im Gegensatz zur visuellen physikalischen Akustik. Es liegt nun in der Tradition der Physik mit visuellen Methoden zu arbeiten und

dem entsprechend hat sich auch unsere wissenschaftliche Sprache entwickelt. Wenn auch, infolge der grossen Vollkommenheit unseres Gesichtsinnes, dieses einen gewissen Vorteil in Bezug auf die Präzision und die Oekonomie des Denkens bietet, so können wir nicht umhin, in dieser Tatsache auch eine gewisse Beschränkung zu erblicken.

Durch das tiefe Hineindenken in die Verhältnisse des Geschehens in der Natur, wird im Geiste des Forschers die Ahnung des Zusammenhanges gewisser Tatsachen geweckt. Um Nutzen von dieser Ahnung zu ziehen, fixiert er sozusagen dieselbe an einem Bild, welches für ihn adäquat mit dem wirklichen Zusammenhang ist. Jedesmal wo er an das Bild denkt, wird in seinem Geiste die entsprechende Ahnung geweckt. Dies Bild kann nun der Forscher in Worten anderen Menschen mitteilen, es ist aber nicht gesagt, dass es auch bei Anderen dieselben Ahnungen hervorbringt, wie bei ihm selbst. Er ist dann ähnlich einem Amateur-Photographen, welcher sich wundert, dass die mässigen Bildern, die er seinen Freunden zeigt, diese nicht in gleiche Stimmung versetzen, wie ihn, der zugleich an das Original denkt. Anders der geniale Theoretiker; dieser bringt seine Stimmung in Bildern zum Ausdruck, welche auch Anderen seine Ahnungen zu suggerieren im Stande sind. Dabei braucht das Bild nicht gleich vollkommen und präzise zu sein. So wie eine Rodinsche Statue, kaum in Umrissen aus dem Marmorblock austretend, kann es uns die volle Empfindung des Schönen und Erhabenen der Harmonie des Geschehens in der Natur geben. In dieser Suggestionsfähigkeit besteht das künstlerische des Schaffens eines Theoretikers. Eine noch so vollkommene phänomenologische Theorie wirkt daher öfters weniger anregend, als ein nicht so klares aber künstlerisches Bild einer Hypothese. Wenn wir daher den Wert einer Theorie beurteilen wollen, müssen wir dieses künstlerische Moment mit berücksichtigen. Der weitere Fortschritt der Wissenschaft hängt von demselben in grossem Maasse ab und in der Förderung desselben liegt ja der Hauptwert jeder Theorie.

In dem bezeichneten Sinne müssen wir die Quantenhypothese als besonders künstlerisch bezeichnen. Der Quanten-

begriff ist zwar mit einem Bild zu vergleichen, welches wir aus weiter Ferne durch einen dichten Schleier betrachten. Die Umrisse, welche hervortreten, erlauben nicht einmal ihren Zusammenhang mit dem Ganzen zu entdecken. Was wir aber sehen, ist schön und kraftvoll genug, um in unserem Geiste die Ahnung der Wahrheit zu wecken.

---

# Ueber die Erforschung der luftelektrischen Erscheinungen

VON E. WIECHERT

---

Blitz und Donner erschreckten seit den ältesten Zeiten das Menschengeschlecht. Das furchtsame Gemüt sah in ihnen Wahrzeichen zürnender Götter. — Als die erwachende Naturwissenschaft die Elektrizität kennen lernte, als der Forscher elektrische Funken springen sah, ihren Knall hörte, kam bald der Gedanke, dass Blitz und Donner wohl nichts anderes als machtvollere Entfaltung der gleichen Naturkräfte seien. Franklin bewies es, indem er mittels des Drachen die Elektrizität vom Himmel herunter holte. Es kam nun die Zeit, wo viele Gelehrte diese Versuche in vielfachen Variationen wiederholten. In der Stadt Göttingen, die mir jetzt Heimat bietet, war es der bekannte Physiker Lichtenberg, der sie den Studenten oftmals vorführte. Dabei ging er mit ihnen auf den Hainberg, nahe der Stadt, um die Drachen steigen zu lassen. Das Geschick hat es gefügt, dass dort jetzt das Geophysikalische Institut der Universität steht, zu dessen wesentlichen Aufgaben es gehört, sich der luftelektrischen Forschung zu widmen.

Die Wissenschaft ist vorwärts gegangen. Das Gewitter ist uns heute nur noch eine Einzelercheinung in einer Fülle von luftelektrischen Vorgängen, die in der mannigfachsten und merkwürdigsten Weise unter einander und mit andern kosmischen Erscheinungen verkettet sind. Wohl werde ich Ihnen darzulegen haben, dass wir noch des Rätselhaften genug sehen,

aber Dank der hingebenden Arbeit einer grossen Zahl von Forschern sind doch vielerlei bedeutungsvolle Erfolge errungen. Weite und schöne Ausblicke öffnen sich uns schon jetzt, hoffnungsfroh dürfen wir vorwärts blicken.

Es ist erkannt worden, dass die luftelektrischen Vorgänge zwar in vieler Hinsicht lokal bedingt sind, aber doch in ihrer Entfaltung weite Gebiete, vielleicht in festem Zusammenhang die ganze Erde umfassen. So richtet sich der Blick des heutigen Luftelektrikers in die Ferne. Die Arbeit des Einzelnen, so wichtig sie ist, muss Anschluss suchen an das gleichgesinnte Vorgehen vieler Anderer. Es war dieser Gesichtspunkt, der im Jahre 1901, als die moderne luftelektrische Forschung ihre Schwingen eben zu kraftvollem Fluge geöffnet hatte, die Deutschen Akademien, denen Wien zugestellt ist, zu gemeinsamer Arbeit zusammen fügte<sup>1</sup>. Eine gemeinsame Kommission für luftelektrische Forschung wurde gegründet. Alljährlich vereinigen sich seitdem die Mitglieder an wechselnden Orten zu persönlichen Beratungen und Berichten. Dabei werden auch Männer zugezogen, die den Akademien nicht direkt angehören, aber sachverständig und bereit sind, an den Arbeiten sich zu beteiligen. Bei der Versammlung in diesem Jahr, die im Juni in München tagte, hatten wir die besondere Freude, einen Vertreter der Schweiz, Herrn *A. Gockel*, begrüßen zu können, dem die luftelektrische Forschung schon so vieles Wertvolle verdankt. —

Es kann heute nur mein Ziel sein, eine kurze Uebersicht über das Gesamtgebiet zu geben; insbesondere werde ich darauf hinweisen müssen, wo zur Zeit das Feld der vorwärts strebenden Arbeit liegt. —

Die Sinne des Menschen reichen nicht weit, schnell kommen wir an Grenzen, wo sie versagen. Es ist Aufgabe der Naturwissenschaft, durch zweckmässige Hilfsmittel und durch das Experiment die Sinne zu verschärfen. Das Forschungsgebiet der Luftelektrizität bietet uns ein schönes Beispiel hierfür. Ist die Luft frei von gröberen Staubteilchen, so zeigt uns das Auge in

<sup>1</sup> Die Anregung wurde von meinem Göttinger Kollegen *E. Riecke* gegeben.

der Nähe nichts von ihr und doch umfasst sie eine ganze Welt von Vorgängen in allen ihren Teilen! — Zunächst lehrt uns die Wissenschaft mit geistigen Augen die Moleküle sehen, welche die Luft zusammensetzen: Stickstoff-, Sauerstoff-, Argon-Moleküle u.s.f. In jedem Kubikzentimeter schon sind ca.  $3 \cdot 10^{19}$  dieser Moleküle vorhanden, von denen ein jedes etwas kleiner als  $\frac{1}{2}$  Milliontel Millimeter ist. Mit Geschwindigkeiten von mehreren Hundert Meter in der Sekunde fahren sie hin und her, so den Gas-Druck erzeugend und einander stossend. Wir wissen, dass die Atome des Stickstoffs, des Sauerstoffs u.s.f., welche die Moleküle aufbauen, sehr komplizierte Gebilde sind, für die Vorstellung durchaus nicht « unteilbar » wie der altehrwürdige Name « Atom » dem nichtwissenden Aussenstehenden vortäuschen könnte.

Zu den Bausteinen der Atome gehören auch die « *Elektronen* », negativ geladene Gebilde, welche die kleinste uns bekannte Menge der Elektrizität tragen, das elektrische « Elementarquantum ». Es beträgt  $4,7 \cdot 10^{-10}$  elektrostatische Einheiten. Das gleiche Quantum von positiver Elektrizität ist ebenso die kleinste vorkommende Menge positiver Art; aber niemals bisher haben wir Anzeichen dafür kennen gelernt, dass es den negativen Elektronen entsprechende selbständige positive Gebilde gibt. Jede elektrische Ladung stellt sich nun dar als ganzes Vielfaches des Elementarquantums, sodass die Elektrizität an der atomistischen Struktur der Materie Anteil hat, ja, die Elektrizität erscheint uns heute als nichts anderes als die Materie selbst, besser gesagt als eine besondere Erscheinungsform der Materie. Auch jene Elektronen, von denen ich sprach, haben « Masse » wie die Materie sonst. Die Masse des Elektrons ist allerdings viel kleiner — etwa 1800 Mal kleiner — als die eines Wasserstoff-Atoms. — Die Elektronen kommen auch frei vor, sie bilden so die *Kathodenstrahlen*, die  $\beta$ -Strahlen radioaktiver Körper; sie lösen sich auch ab, wenn Licht-, wenn Röntgen-Strahlen auf Materie fallen (« Photoelektrizität »).

Die letzten Jahre des vorigen Jahrhunderts haben gelehrt, dass manche materiellen Atome im Laufe der Zeit zerfallen, es sind dies die Atome der sogenannten « radioaktiven » Elemente.

Der Zerfall ist, wie der Name andeutet, meist mit Strahlung verbunden. Wir unterscheiden dabei  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlung. Bei der  $\alpha$ -Strahlung wird von dem zerfallenden Atom ein mit dem zweifachen Elementarquantum geladenes Helium-Atom ausgestossen, bei der  $\beta$ -Strahlung ein einzelnes Elektron. Bei der  $\gamma$ -Strahlung gehen Strahlen in die Ferne, welche genau das Verhalten der Röntgenstrahlen zeigen. Ueber das Wesen der  $\gamma$ -Strahlen, wie über das der Röntgen-Strahlen ist man sich heute noch nicht ganz einig, meist wird angenommen, dass die Röntgen-Strahlungen ähnlicher Art seien wie die des Lichtes, also Strahlungen elektromagnetischer Wellen. Sei es nun, dass es sich um Stosswellen oder um Wellen mit vielen aufeinander folgenden Schwingungen handelt. Jedenfalls muss die Stosszeit oder die Periode vielmals kürzer als die Periode des gewöhnlichen Lichtes sein. — Die  $\alpha$ -Strahlen kommen wegen des verhältnismässig grossen Umfanges ihrer Teilchen nicht weit, wenn sie in Materie eindringen. In gewöhnlicher Luft ist die « Reichweite » nur einige Centimeter. Die  $\beta$ -Strahlen gehen vielmals weiter, bei weitem am durchdringendsten sind aber die  $\gamma$ -Strahlen. Die besonders stark durchdringenden Strahlen, z. B. diejenigen welche Ra-C aussendet, werden auf die halbe Intensität erst gebracht, wenn sie einige Hundert Meter gewöhnlicher Luft durchlaufen.

Wenn in einer Flüssigkeit oder einem Gas einzelne Atome, Moleküle oder Gruppen von Molekülen geladen sind, so nennt man die geladenen Teilchen « Ionen ». Man wendet diesen Namen öfters auch auf freie Elektronen und selbst auf geladene Staubteilchen an. — Die Leitung in einem Metall beruht auf der Bewegung der Elektronen, die Leitung in Flüssigkeiten und Gasen auf die Bewegung von Ionen. Geladene Atome oder kleine Gruppen von Atomen zeigen sich als leicht beweglich; sie sind es, die für die Leitung der atmosphärischen Luft besonders in Betracht kommen. Als Maass der « *Beweglichkeit* » pflegt man die Wanderungsgeschwindigkeit zu wählen, welche zu einer treibenden Kraft von 1 Volt per Centimeter gehört. Diese Wanderungsgeschwindigkeit ist bei einzelnen Atomen und Atomgruppen von der Grössenordnung 1 cm/sec.

Die  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlen, und auch das kurzwellige Licht, ionisieren die Gase, durch welche sie hindurch gehen. —

### *I. Leitfähigkeit der Luft.*

Was ich bisher sagte, bitte ich als Einleitung zu betrachten. Indem ich nun zu meinem eigentlichen Thema übergehe, habe ich als eine Erscheinung von entscheidender Bedeutung zuvörderst hervorzuheben, dass die atmosphärische Luft, so wie sie uns umgibt, leitet; *sie enthält also Ionen*. Als man die Leitung zuerst bemerkte, dachte man zur Erklärung an die Wirkung des Staubes. Dieser ist aber nicht der wesentliche Faktor, denn es zeigt sich, dass die Luft um so besser leitet, je staubfreier sie ist. Die Durchsichtigkeit kann geradezu als ein rohes Maass für die Leitfähigkeit gelten. Das Experiment lehrt, dass die Anwesenheit jener leicht beweglichen Ionen das Bedingende ist, von denen ich soeben sprach, also jener Ionen, die nur einzelne Atome oder Atomgruppen mit wenigen Atomen umfassen. Neben diesen Ionen zeigt sich aber auch der Staub elektrisch geladen. Nicht genau, aber doch in Annäherung sind sowohl von den leicht beweglichen Ionen als auch von den Staubteilchen gleich viele der positiv und der negativ geladenen vorhanden. Indem man durch hinreichend starke elektrische Felder die geladenen Teilchen einem abgemessenen Luftquantum entzieht, kann man auf den Inhalt der Luft an freier Elektrizität schliessen. Und indem man die Grösse des Elementarquantums berücksichtigt, erhält man auch die Ionenzahl («Ionenzählung»). Es zeigt sich, dass die Ionenzahl erheblich schwankt. So ungefähr sind es gewöhnlich von den leicht beweglichen, von den «Leitungsionen» beider Arten, je 500 im Kubikzentimeter. Bezeichnet man die Menge der Elektrizität, welche von den leicht beweglichen Ionen im Kubikmeter im Ganzen getragen wird mit  $I_+$  und  $I_-$ , so liegen  $I_+$  und  $I_-$  gewöhnlich in der Nachbarschaft von  $\frac{1}{4}$  elektrostatischer Einheit positiver oder negativer Elektrizität. Die Anzahl der Staubteilchen ist in der Regel vielmals grösser als die der leicht beweglichen Ionen. Entsprechend sind auch die Gesamtladungen im Kubikmeter,

welche von Staubteilchen getragen werden, vielmals grösser als  $I_+$  und  $I_-$ , da aber die Staubteilchen mehr als 1000 Mal geringer beweglich sind als die molekularen Ionen, ist trotzdem ihr Anteil an der Leitfähigkeit unwesentlich. — Zur Bestimmung der Leitfähigkeit gibt es bequeme direkte Methoden. Man kann die Leitfähigkeit aber auch berechnen, wenn man den Inhalt an Elektrizität  $I_+$ ,  $I_-$  beobachtet und die mittlere Ionenbeweglichkeit als bekannt durch anderweitige Beobachtungen voraussetzen darf. Dem vorher angegebenen mittleren Werten  $I_+ = I_- = \frac{1}{4}$  es. E.<sup>1</sup> entspricht eine Leitfähigkeit  $\lambda = 2 \cdot 10^{-4}$  in elektrostatischen Einheiten. Dies heisst folgendes: Wirkt eine elektrische Kraft von der Intensität 1 im elektrostatischen Maass (das entspricht einem Potentialfall von 300 Volt auf 1 cm), so entsteht ein Strom, der in 1 Sekunde durch jeden Quadratcentimeter  $2 \cdot 10^{-4}$  elektrostatische Einheiten von Elektrizität hindurch bewegt. —

Wird ein geladener Körper der freien Atmosphäre ausgesetzt, so verschwindet seine Ladung wegen der Leitfähigkeit der Luft allmählich. Man nennt dies Phänomen die «*Elektrizitätszerstreuung*». Bei positiver Ladung werden die negativen Ionen angezogen und geben ihre Ladung ab; nur diese negativen Ionen kommen in diesem Fall für die Zerstreuung in Betracht, denn ein Ausstossen positiver Ionen findet unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht statt. Umgekehrt wird die Zerstreuung negativ geladener Körper durch positive Ionen übernommen. Demgemäss wird zwischen der Zerstreuung positiver und Zerstreuung negativer Elektrizität, oder auch, kürzer ausgedrückt, zwischen positiver und negativer Zerstreuung unterschieden. Entsprechend unterscheidet man zwischen positiver und negativer Leitfähigkeit,  $\lambda_+$  und  $\lambda_-$ . Dabei gehört die positive Leitfähigkeit zur negativen Zerstreuung und die negative Leitfähigkeit zur positiven Zerstreuung. Für die Elektrizitätsbewegung im Innern der Luft summieren sich die Wirkungen beider Ionenbewegungen, es ist also die gesamte Leitfähigkeit gleich der Summe der beiden polaren Leitfähigkeiten:

<sup>1</sup> Abkürzung für «elektrische Einheiten».

$\lambda = \lambda_+ + \lambda_-$ . Da die negativen Jonen etwas beweglicher sind als die positiven, ist im vorhin angenommenen Fall, wo  $\lambda = 2 \cdot 10^{-4}$  war,  $\lambda_-$  etwas grösser,  $\lambda_+$  etwas kleiner als  $1 \cdot 10^{-4}$  anzusetzen. —

Ich habe von der Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft als einer Tatsache gesprochen; die Jonen sind eben in der Luft vorhanden. Denken wir uns jetzt einmal alle Ursachen neuer Jonisierung von einem bestimmten Zeitmoment ab fort, dann werden die Jonen der beiden Arten sich gegenseitig mehr und mehr vereinigen und es wird die Jonisierung herabsinken. Das Gesetz hierfür ist bekannt. Der Einfachheit wegen will ich gleich viel Jonen beider Arten annehmen, sodass die Ladungen  $I_+$ ,  $I_-$  einander gleich sind:  $I_- = -I_+$ , dann darf gesetzt werden:

$$\frac{dI}{dt} = -\alpha I^2,$$

wobei  $\alpha$  eine gewisse Konstante ist, und  $I$  für  $I_+$  gesetzt wurde. Nahezu ist erfahrungsmässig  $\alpha = 1/300$ , wenn  $I$  nach elektrostatischen Einheiten im Kubikmeter gerechnet wird. — Aus dem hingeschriebenen Differentialgesetz folgt das Integralgesetz:

$$I(t - t_0) = \frac{1}{\alpha},$$

wobei  $t_0$  eine neue Konstante (Integrationskonstante) ist, die von jener Jonisierung abhängt, welche im Augenblick herrschte, wo alle jonisierenden Ursachen ausgeschaltet wurden. Zu  $t = t_0$  gehört  $I = \infty$ , denken wir uns also die Anfangsjonisierung äusserst hoch und rechnen die Zeit vom Moment der Ausschaltung der jonisierenden Ursachen, so kann unsere Formel einfacher geschrieben werden:

$$I = \frac{1}{\alpha t}.$$

Im Falle der Luft, wo  $\alpha = 1/300$  zu setzen ist, gibt das:

$$I = \frac{300}{t}.$$

Hieran können wir in bequemer Weise unsere Folgerungen knüpfen :

Es ergibt sich

nach 1 Sekunde, also für  $t = 1 : I = 300$  es. E./cbm.  
 » 20 Minuten, » »  $t = 1200 : I = \frac{1}{4}$  » »

und von diesem Zeitmoment gerechnet

20 Minuten später, also für  $t = 2400 : I = \frac{1}{2} \frac{1}{4}$  es. E./cbm.  
 1 Stunde » » »  $t = 4800 : I = \frac{1}{4} \frac{1}{4}$  » »  
 5 Stunden » » »  $t = 19200 : I = \frac{1}{16} \frac{1}{4}$  » »

Nach 1 Sekunde ist noch  $I = 300$  es. E. kommen also auf die Gesamtladung der positiven und negativen Ionen im Kubikmeter noch je 300 elektrostatische Einheiten. Für  $t = 1200$ , d. h. nach 20 Minuten ist  $I$  auf  $\frac{1}{4}$  es. E. gesunken, hat also etwa den gewöhnlichen Wert in der freien Atmosphäre erreicht. Unter diesen Umständen lehrt uns die Tabelle, für die Zeiten von diesem Augenblick ab, wie in der Atmosphäre die Ionisierung abnehmen würde, wenn bei der gewöhnlich vorhandenen Ionisierung plötzlich die ionisierenden Umstände fort fielen. Wir sehen, dass schon nach einer Stunde die Ionisierung auf  $\frac{1}{4}$  des Anfangswertes herabgesunken wäre. So folgt denn mit Sicherheit, dass *dauernd wirkende ionisierende Ursachen in der Atmosphäre vorhanden sein müssen*. Es kann auch nicht etwa dem Sonnenlicht die Ursache zugeschrieben werden, denn wir finden die Ionisierung auch die ganze Nacht hindurch, also viele Stunden nachdem die Sonne untergegangen ist. —

Welches sind die Ursachen? — Man hat eine der Ursachen in radioaktiven Beimengungen der Luft gefunden. In erster Linie wirken mit die Zerfallsprodukte des *Radiums*, nämlich die Emanation und ihre Abkömmlinge, Ra-A, Ra-B, Ra-C. Bedeutsam sind ferner die Zerfallprodukte des *Thoriums* und bemerkbar auch die des *Aktiniums*. Vielfache Experimente haben uns über diese Verhältnisse Aufschluss gegeben und es sind für die Messungen spezielle, bequeme Versuchsanordnungen ausgearbeitet worden.

Die radioaktiven Beimengungen der Luft sind so reichlich vorhanden, dass man vermuten könnte, sie deckten durch ihre

$\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung den ganzen Betrag der Ionisierung. Völlig anerkannt ist dieses heute freilich noch nicht, es gibt auch Stimmen dagegen; jedenfalls aber handelt es sich bei der radioaktiven Beimischung um einen Hauptfaktor der Ionisierung. —

Hier zeigt sich noch eine Eigentümlichkeit, die besondere Beachtung verdient. Ich sagte schon, dass von den drei Strahlenarten die durch  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  gekennzeichnet werden, die  $\gamma$ -Strahlen weitaus am durchdringendsten sind. Bei der Ionisierung der Luft machen sich nun Strahlen vom Durchdringungsvermögen der  $\gamma$ -Strahlen besonders bemerkbar. Um sie zu beobachten schliesst man ein Luftquantum ganz in Metall ein und wählt dabei die Dicke der Wandung so, dass die  $\alpha$ - und die  $\beta$ -Strahlen abgeschirmt werden. Man untersucht dann die Ionenbildung im Innern der Kapsel, indem man beobachtet, wie schnell die Ionen einen geschlossenen elektrisierten Körper zu entladen vermögen. Wird die Kapsel darauf mit einem sehr dicken Mantel von Materie, z. B. von einem 5—10 cm dicken Bleimantel umgeben, so vermindert sich die Ionenbildung im Innern — ein Zeichen dafür, dass vorher Strahlen eindringen, die nun abgeblendet werden. — Dass *überhaupt* stark durchdringende Strahlen auftreten, ist nicht auffällig, denn sie sind ja mit dem Zerfall der in der Luft vorhandenen radioaktiven Stoffe verknüpft. *Auffällig* ist aber ihre grosse Fülle. Diese scheint nach den Beobachtungen so gross zu sein, dass ein recht erheblicher Bruchteil der ganzen Ionisierung der Luft damit erklärt wird. Nun haben andererseits die Untersuchungen der Wirkungen radioaktiver Stoffe gelehrt, dass bei diesen stets nur ein sehr kleiner Bruchteil des ganzen Ionisierungseffektes auf Rechnung der  $\gamma$ -Strahlen kommt. Entweder ist man also genötigt diese Beobachtungen in Frage zu stellen oder man muss die Quelle der sehr durchdringenden Strahlung in der Atmosphäre nicht in ihren radioaktiven Beimengungen suchen. In der Tat hat man Hypothesen in letzterer Richtung aufgestellt. Es wurde entweder angenommen, dass die sehr durchdringenden Strahlen vom Weltenraum in die Atmosphäre eindringen, oder, dass sie vom Erdboden stammen. Gegen die Annahme des ausserir-

dischen Ursprunges spricht, dass die Intensität der Strahlung mit der Höhe über dem Meeresspiegel nicht in dem zu erwartenden Maasse steigt, gegen die Annahme des Ursprunges von dem festen Erdkörper, dass auch bei der Erhebung in die freie Atmosphäre mittels des Luftballons keine entsprechende Abnahme der Intensität eintritt. — Ich möchte es mir versagen, hier eine besondere Vermutung darüber auszusprechen, wo eine Erklärung zu suchen wäre, will vielmehr die Lösung des Rätsels der Zukunft überlassen. Bemerken will ich nur, dass das bisherige Beobachtungsmaterial, so wertvoll es ist, mir in mehr als einer Hinsicht nach ergänzungsbedürftig scheint.

Einen Hauptfaktor der Ionisierung der Luft fanden wir in ihren radioaktiven Beimengungen. Für die Radiumreihe zeigte sich dabei die Emanation als Muttersubstanz. Diese Emanation hat eine Halbwertszeit von etwa 4 Tagen, d. h. eine abgeschlossene Menge sinkt in je 4 Tagen auf die Hälfte des Betrages. Hieraus folgt unmittelbar der ausserordentlich wichtige Schluss, dass eine beständige Erneuerung des Emanationsgehaltes in der Luft stattfinden muss. Aehnliches gilt von den übrigen hier wesentlichen Reihen von radioaktiven Abkömmlingen. Wie geschieht nun die Erneuerung? Diese Frage führt uns zu einem weiteren grossen Gebiet der luftelektrischen Forschungen. Der richtige Weg zur Antwort scheint uns Dank den schon vorliegenden Arbeiten bekannt zu sein. Wir werden den Ursprung der radioaktiven Beimengung der Luft im Erdboden und im Meerwasser zu suchen haben. Sowohl die Gesteine, wie auch das Meerwasser enthalten die hier in Betracht kommenden radioaktiven Substanzen, zwar nur in geringen, aber doch in ausreichend scheinenden Mengen.

Beschränken wir uns auf die Besprechung des *Radiumgehaltes*, wo ein grosses Beobachtungsmaterial schon vorliegt. Der gewöhnliche Gehalt der Luft im Kubikmeter an Radiumemanation ist so klein, dass zur Deckung des Zerfalles ca.  $10^{-10}$  g Radium genügend wären. Die Gesteine der Erdrinde andererseits enthalten in jedem Kubikmeter meist  $1-2 \cdot 10^{-6}$  g Radium, genügend also für die Nachlieferung an 10000—20000 Kubikmeter Luft. Seewasser enthält ca. 300 Mal so viel Ema-

nation als die Luft. Die feste Erdoberfläche ist überall porös, so muss überall Emanation heraus diffundieren. Unterstützt wird dieser Prozess durch den Wind und durch die Barometerschwankungen («Bodenatmung»). Bei der See ist der Gehalt wohl geringer, dafür aber sorgt die Wellenbewegung für Verstärkung der Abgabe. Ob nun freilich die Bilanz: Erdkörper und See auf der einen Seite, Atmosphäre auf der anderen Seite, genau stimmt, wage ich nicht mit Sicherheit zu behaupten; weitere Beobachtungen scheinen noch sehr erwünscht. —

## II. Freie Ladungen.

Die Leitfähigkeit der Luft bewirkt einen beständigen Ausgleich der Elektrizität zwischen allen elektrisch geladenen Körpern in ihr. Dennoch finden wir freie Ladung im Bereiche der Atmosphäre! Das stellt den Luftelektriker vor neue Aufgaben der Forschung.

Orientieren wir uns zunächst etwas über die Beobachtungsergebnisse. Es zeigt sich, dass die gegen den Luftraum gerichtete Oberfläche der Erde selbst geladen ist und zwar von Ausnahmefällen abgesehen negativ. Dann enthält die Luft selbst überall freie Ladung und zwar ist diese von Ausnahmefällen abgesehen positiv, also umgekehrt wie die der Erdoberfläche. Die Ladungen machen sich bemerkbar, indem *elektrische Kräfte* erregt werden. In der Hauptsache ist die Anordnung der Ladungen so, dass wir schon eine gute Uebersicht erhalten, wenn wir uns alle Ladungen in horizontaler Schichtung denken. So wollen wir uns denn zunächst die Erde eben vorstellen, die Wolken in horizontalen Schichten etc. Die elektrischen Kräfte sind dann vertikal gerichtet. Indem man an die Spannungen denkt, pflegt man von «*Potentialgefälle*» zu sprechen. Einer elektrischen Kraft  $E$ , welche im elektrostatischen Maasssystem die Intensität 1 besitzt, entspricht ein Potentialgefälle  $P$  von 30000 Volt auf 1 Meter. Allgemein ist bei gleichen Einheiten

$$E = \frac{P}{30000}$$

Bis 30000 Volt-Meter steigt das Potentialgefälle in der Atmosphäre kaum jemals, selbst nicht bei Gewitter. An gewöhnlichen Tagen liegt es meist bei 100—200 Volt auf 1 Meter.

Zwischen den Ladungen und dem Potentialgefälle gibt der sogenannte Gauss'sche Satz einen sehr einfachen Zusammenhang. Betrachten wir irgend zwei horizontale Flächen (1) und (2), die nahe bei einander, aber auch beliebig weit, selbst viele tausend Meter weit auseinander liegen können, und nennen wir  $E_1$  und  $E_2$  die elektrischen Kräfte in beiden Flächen,  $\varepsilon$  die zwischen den beiden Flächen auf je 1 Quadratcentimeter der Flächenausdehnung liegende elektrische Ladung, so ist nach dem Gauss'schen Satz :

$$E_2 - E_1 = \pi\varepsilon$$

In der Erde ist  $E_1 = 0$  zu setzen, so gibt uns unser Satz, wenn (1) in die Erde, (2) direkt darüber gelegt wird, sogleich den Zusammenhang zwischen der Ladung der Erdoberfläche und dem Potentialgefälle dicht darüber. Zu einem mittleren Verhältnissen entsprechenden Potentialgefälle von 150 Volt-Meter gehört eine Ladung von ca.  $\frac{1}{2500}$  elektrische Einheiten auf den Quadratcentimeter. Das macht für 1 Quadratkilometer schon ca. 4 Millionen Einheiten !

Die Erdoberfläche ist, wie ich eben sagte, in der Regel negativ geladen, die Luft positiv, so wird die Ladung der Erdoberfläche mehr und mehr kompensiert, wenn wir von der Erdoberfläche höher und höher in den Luftraum hinein gehen ; unserer Formel gemäss (wenn wir uns denken, dass eine Ebene fest im Erdboden bleibt, während die andere höher und höher gehoben wird), wird dieses dadurch angezeigt, dass das Potentialgefälle mehr und mehr abnimmt. Schon in 1000—2000 Meter Höhe ist das Potentialgefälle meist auf etwa  $\frac{1}{5}$  des Wertes unten gesunken, ist also die Kompensation der Ladung der Erdoberfläche bis auf diesen Rest erfolgt. In 6000—7000 Meter Seehöhe ist die Kompensation bis auf wenige Prozent fortgeschritten, wie Ballonfahrten zeigten. So kommt man auf den Gedanken, dass die Atmosphäre im Ganzen vielleicht gerade die Ladung der Oberfläche aufhebt, sodass die Erde sich nach dem Welten-

raum hin als ungeladen darstellt. Dieser Schluss wäre aber doch nicht unbedenklich. Vielleicht herrschen in den grossen Höhen über 10 km, die den luftelektrischen Messungen bisher unzugänglich waren, ganz andere Verhältnisse wie unten. Dort leuchten die Polarlichter, die auf starke elektrische Vorgänge hindeuten, dort müssen wir jene sehr starken elektrischen Ströme annehmen, welche die noch in geheimnisvolles Dunkel gehüllten magnetischen Variationen verursachen. Es taucht auch die Frage auf, ob ein Austausch von Elektrizität zwischen den höchsten Schichten der Atmosphäre und dem Weltenraum stattfindet? Bei der Leichtbeweglichkeit der Elektronen, könnten diese einen Austausch recht wohl vermitteln. Neuere Theorien des Polarlichtes nehmen an, dass die Erde beständig von elektrisch geladenen Teilchen getroffen werde, die von der Sonne ausgestossen werden. So sehen wir, dass die luftelektrische Forschung hier die Blicke weit hinaus in andere Gebiete der kosmischen Physik richten muss. —

Doch kehren wir zurück zu den uns jetzt schon zugänglichen tieferen Schichten der Atmosphäre!

Wegen der Leitfähigkeit der Luft finden beständig elektrische Strömungen statt, welche die Ladungen zu mindern streben. Von Ausnahmefällen abgesehen ist bei der angegebenen Verteilung der Ladungen ein elektrischer Strom vorhanden, der von oben nach unten geht. Man nennt ihn den *vertikalen Leitungsstrom*. Infolge dieses Stromes würden die Ladungen schon in Bruchteilen einer Stunde auf die Hälfte sinken müssen, wenn nicht Ursachen im Spiel wären, die sie zu vergrössern streben. Welches sind diese Ursachen?

In aller erster Linie kommen offenbar die *Niederschläge* in Betracht! Regen, Schnee und Hagel zeigen sich fast immer elektrisch geladen und zwar oft sehr stark. So hat man vielfach die Meinung ausgesprochen, dass die Niederschläge die eigentliche Ursache der Ladungen seien, und ich möchte mich dieser Meinung anschliessen. Es lässt sich freilich nicht verkennen, dass die vollständige Erklärung heute noch auf sehr bemerkenswerte Schwierigkeiten stösst. Die luftelektrische Forschung mag daraus für sich einen kräftigen Anstoss zu weiteren Anstreng-

ungen entnehmen. Die Schwierigkeiten liegen in folgendem. Die herabkommenden Niederschläge sind bald positiv, bald negativ geladen. Zur Aufrechterhaltung der tatsächlichen Ladungen von Erdoberfläche und Luft müsste nun angenommen werden, dass negative Elektrizität im Ueberschuss herab geführt wird. Sehr sorgfältige Abschätzungen aber, über die wir gerade bei der diesjährigen Tagung der luftelektrischen Kommission der deutschen Akademien hörten<sup>1</sup>, ergaben, dass umgekehrt die positive Elektrizität bei den Niederschlägen im Ueberfluss zu sein scheint! Das bedeutet einen scharfen Widerspruch gegen unsere Annahme. — Hierbei scheint es mir aber wichtig, dass folgendes nicht ausser Acht gelassen wird. Die Niederschläge bringen so reichlich sowohl positive als auch negative Elektrizität herab, dass der Ueberschuss, um den es sich hier handelt, nur einen verhältnismässig kleinen Bruchteil der ganzen Mengen ausmacht, etwa nur 20 %. Unter diesen Umständen hat bei den sehr grossen Unregelmässigkeiten, welche die Niederschlagselektrizität zeigt, die Abschätzung des Ueberschusses viel Missliches. Das bisher gefundene Resultat, welches unseren theoretischen Ueberlegungen so unerwartete Schwierigkeiten bereitet, könnte vielleicht dort nur einem Zufall zuzuschreiben sein. Aber auch noch eine andere Möglichkeit der Erklärung bietet sich dar. Vielleicht sind die Ueberschüsse herabgeführter negativer Elektrizität in der Tat gar nicht an den wenigen Stellen zu finden, wo bisher die schwierigen Messungen der Niederschlags-Elektrizität ausgeführt wurden. Vielleicht sind sie in den Tropen, oder an den Polen, oder auf dem Meere oder an Bergeshängen zu suchen! Träfe etwas derartiges zu, so wären freilich bedeutsame weitere Schlüsse anzuknüpfen: Es müsste von jenen Gebieten, welche dem Erdkörper die negative Ladung zuführen, zugleich auch in den Höhen der Atmosphäre ein positiver Strom von Elektrizität nach allen Seiten sich ausbreiten. — Will man diese Hypothese verfolgen, so ist man weiter genötigt, eine äusserst hohe Leitfähigkeit der höchsten Schichten der Atmosphäre anzu-

<sup>1</sup> Durch einen Vortrag von *H. Benndorf*, der im Druck erscheinen wird.

nehmen, denn der Weg ist weit und die Dicke der Atmosphäre verhältnismässig klein. Es ist bemerkenswert, dass die Versuche, die erdmagnetischen Variationen zu erklären, eben zu dieser Vorstellung besonders hoher Leitfähigkeit der höchsten Schichten der Atmosphäre geführt haben. Eigentümlichkeiten der Uebertragung radiotelegraphischer Wellen deuten ebenfalls darauf hin. Und auch die luftelektrischen Messungen selbst bieten einige Fingerzeige, welche der Hypothese günstig scheinen. Wir werden hier zur Besprechung einer sehr bemerkenswerten Eigenart geführt, welche die Beobachtungen über den vertikalen Leitungsstrom enthüllt haben. Es hat sich gezeigt, dass dieser Leitungsstrom in der Atmosphäre vom Boden bis zu den höchsten Höhen, welche der Beobachtung zugänglich waren, nur wenig an Stärke variiert, während Potentialgefälle und Leitfähigkeit sehr stark variieren. Es hat sich ferner gezeigt, dass der vertikale Leitungsstrom an der Erdoberfläche zeitlich sehr viel weniger sich ändert, wie jene anderen Elemente. — Alles dies, wie auch manche andere Einzelheiten der luftelektrischen Vorgänge erhalten eine überraschend einfache Erklärung, wenn man annimmt, dass der gut leitenden Erdoberfläche in den grossen Höhen der Atmosphäre ebenfalls eine gut leitende Schicht entspricht, die mit der Erde eine nahezu konstante Potentialdifferenz besitzt. Diese Potentialdifferenz würde dann den vertikalen Leitungsstrom verursachen, der die Erdoberfläche und die höher leitende Schicht verbindet. Es würde sich so z. B. ohne weiteres erklären, dass der Strom mit der Höhe nur wenig variiert. Bei der Verschiedenheit der Leitfähigkeit der Atmosphäre in verschiedenen Höhen würde sich aber auch die Raumladung der Atmosphäre und die Variation dieser Ladung mit der Höhe erklären, ebenso auch die Variation des Potentialgefälles mit der Höhe. Ich will das Bild hier nicht weiter ausmalen, weil ich es vermeiden muss, zu sehr auf Einzelheiten einzugehen.

Nur kurz mag noch erwähnt werden, dass der Einfluss des Nebels, der Wolkenschichten, des Staubes auf das Potentialgefälle ebenfalls leicht verständlich wird. Dass die Hypothese der höheren leitenden Schicht wenigstens bis zu einem ge-

wissen Grade für die luftelektrischen Phänomene Bedeutung hat, glaube ich mit einiger Sicherheit behaupten zu können, fraglich scheint mir nur, auf wie weite Entfernung der Ausgleich in der Höhe vermittelt wird, ob es sich um 100 oder 1000 km handelt oder ob gar die ganze Erde umfasst wird. — Die Potentialdifferenz zwischen dem Erdboden und der Zirrenhöhe (ca. 10 km) beträgt rund  $\frac{1}{4}$  Millionen Volt.

Es bleibt mir nur noch übrig die Frage zu behandeln, wie dann die Ladung der *Niederschläge* zu erklären ist. Hier sind uns die wesentlichen Gesichtspunkte durch experimentelle Untersuchungen wohl bekannt. Wir wissen, dass die Kondensation bei Bildung der Niederschläge zunächst an den Staubteilchen erfolgt; diese werden zu den ersten « *Kondensationskernen* », wie man zu sagen pflegt. Erst wenn die Staubteilchen von den Tropfen fortgeführt worden sind, kommen die leicht beweglichen Ionen an die Reihe und zwar zunächst die negativen Ionen; nach diesen dann, also zuletzt, die positiven Ionen. So sehen wir, wie kräftige Scheidungen der Elektrizitäten und daher Elektrisierungen der Niederschläge und der zurückbleibenden Luft eintreten können. Man hat auch einige Anzeichen dafür, dass vielleicht noch andere scheidende Kräfte mitwirken.

Blicken wir zurück, so sehen wir, in wie ausserordentlich komplizierter Weise die luftelektrischen Erscheinungen sich abspielen: Radioaktive Bestandteile der Erde diffundieren in die Atmosphäre und zwar in wechselnder Weise, je nach der Beschaffenheit des Untergrundes, nach der Feuchtigkeit im Erdboden, nach der Mitwirkung des Windes, der Barometerschwankungen. Die radioaktiven Teile werden durch Luftströmungen in die Höhe gewirbelt und verursachen durch ihre Strahlungen beim Zerfall Ionisierung der Luft. Dabei wirkt vielleicht die Sonnenstrahlung und eine  $\gamma$ -Strahlung vom Erdboden, vielleicht auch vom Weltenraum mit. Ein Teil der gebildeten Ionen bleibt leicht beweglich, ein anderer wird von Staubteilchen eingefangen, diese elektrisierend. Bei der Wolkenbildung wird durch Tröpfchen die Aussonderung von Ionen bewirkt. Die Niederschläge führen sie fort, so wird der Erd-

boden und durch die zurückbleibenden Ionen auch die Höhe der Atmosphäre elektrisiert. —

Wir erkennen klar, dass der luftelektrischen Forschung noch manche mühevollen Arbeit bevorsteht, ehe sie im Stande sein wird, eine einigermaßen vollständige Rechenschaft über ihr Erscheinungsgebiet abzulegen. Ich hoffe aber, dass meine Uebersicht ihnen auch die Berechtigung jener Worte gezeigt haben wird, mit welchen ich im Anfang des Vortrages frohen Mutes auf die jetzt schon gewonnenen schönen Erfolge hinwies. Wer sich dem Studium der luftelektrischen Erscheinungen liebevoll zuwendet, fühlt sich umfassen von jenem herrlichen Gefühl, welches stets der Lohn des Naturforschers ist, wenn er sich von den geistigen Kräften, die dem Menschen vergönnt sind, hinaustragen lässt aus dem Leben des Alltags in die Unendlichkeit der Natur.

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Atomes et molécules

à la lumière de recherches magnétiques récentes

par

Pierre WEISS

---

Que la philosophie naturelle s'essaye, ambitieuse, à construire un système du monde et à comprendre tout l'univers dans une explication d'ensemble ou que, plus modeste, elle cherche seulement à dominer les faits par la connaissance des lois, il y a des questions fondamentales auxquelles elles ne saurait se dérober.

Aussi bien que l'architecte des cathédrales gothiques, épris d'idéal, que l'ingénieur utilitaire, le philosophe ne peut se dispenser de connaître la matière avec laquelle il construit.

Les idées sur la constitution de la matière sont aussi vieilles que la science elle-même. Les Grecs déjà eurent recours dans leurs explications à deux conceptions opposées : la continuité et la discontinuité de la matière. Ce sont eux qui ont inventé l'*atome*, c'est-à-dire l'indivisible. Mais en réalité pour eux l'atome n'est qu'une limite pratique de la divisibilité ; l'atome lui-même est, dans leur esprit, formé d'une matière au sens usuel du mot. Et ainsi la continuité qui paraissait évincée réapparaît subrepticement.

On montrerait facilement que la science moderne travaille tantôt avec la notion de continuité, tantôt avec la représentation atomique. Si grandes sont les difficultés du problème, si âpre est la lutte contre l'inconnu que toutes les armes sont bonnes. Même des succès retentissants, obtenus avec l'une des

conceptions, ne suffisent pas à discréditer l'autre. Les phénomènes électriques ont été l'objet de remarquables théories fondées sur des mouvements tourbillonnaires dans des fluides continus. L'éther, cette matière hypothétique, plus subtile que la matière ordinaire, qui a été imaginée pour représenter les phénomènes lumineux est douée de propriétés continues. Mais, incontestablement, c'est l'atomisme qui au cours des dernières années a enregistré les plus grands succès.

Notre point de vue est très différent de celui des Grecs. Nous distinguons de nos jours deux étapes dans la divisibilité de la matière. La première va jusqu'aux atomes des corps simples de la chimie dont nous connaissons actuellement une centaine environ, et jusqu'aux molécules formées par la combinaison des atomes. La seconde a pour objet une investigation bien plus approfondie de la matière, elle en est encore à ses débuts et ne comprend jusqu'à présent que des connaissances très fragmentaires sur certains matériaux qui à leur tour composent tous les atomes chimiques. Cette physique nouvelle s'occupe donc d'objets plus petits que l'atome parmi lesquels le plus connu est l'électron. Mais elle ne se les représente pas comme étant formés d'une matière semblable à celle qui nous est familière par l'expérience journalière. Car tout serait à recommencer à une plus petite échelle. Si l'on considère que dans les descriptions nous procédons habituellement par des images empruntées aux objets qui nous tombent sous les sens on conçoit que pour le « plus petit que l'atome » les moyens d'expression puissent nous faire défaut. Tant que l'on n'allait pas plus loin que l'atome ou la molécule on a en général travaillé avec deux images : la première qui suffisait pour une certaine approximation est le solide invariable de la mécanique, la seconde, la loi de force liée à un centre, empruntée à notre système solaire qui permettait d'aller plus loin dans la représentation des phénomènes. Mais déjà certains symptômes, et en particulier les mystérieuses propriétés des Quanta qui ont fait l'objet de la conférence de M. de Kowalski, montrent que ces images ne suffisent pas. C'est donc au milieu des plus grandes difficultés d'expression et de représentation que croît lentement cette science

nouvelle. Elle ne peut que noter attentivement les quelques traits qu'elle devine de l'image voilée. Je voudrais, dans cette causerie, marquer ces deux étapes de l'atomisme et indiquer plus particulièrement en quoi les études magnétiques ont contribué à la connaissance du plus petit que l'atome.

Les phénomènes chimiques, et notamment cette circonstance que les rapports pondéraux dans lesquels les corps se combinent peuvent s'exprimer par les multiples entiers d'une quantité déterminée de chaque corps simple, ont le plus contribué à faire accepter la discontinuité de la matière. On voit en effet immédiatement que si le chlore et le fer sont composés d'atomes identiques entre eux et si les chlorures de fer résultent de la réunion de ces atomes en nombres différents il en résulte que les quantités de chlore qui entrent en combinaison avec une même quantité de fer dans les divers chlorures sont entre elles comme certains nombres entiers. Par contre, sans le secours des atomes, il est extrêmement difficile de se représenter comment il se fait que, dans les deux chlorures, les quantités de chlore combinées à une même quantité de fer sont dans le rapport de 2 à 3 et pourquoi le chlore ne se mélange pas au fer en toutes proportions comme le sucre à l'eau. L'absence de toute autre explication plausible de la rationalité des rapports pondéraux dans les combinaisons chimiques est l'un des appuis les plus anciens et les plus importants de l'atomisme.

La chimie exige donc que la divisibilité de la matière soit limitée mais elle ne montre pas où se trouve la limite. Si, ayant choisi les masses atomiques on les remplaçait ensuite toutes par leur centième partie, rien ne serait changé dans les formules chimiques. En d'autres termes, jusqu'à présent ce ne sont que les rapports qui interviennent. Cela est tellement vrai que l'on a posé arbitrairement une masse atomique, celle de l'hydrogène, égale à l'unité et qu'on en a déduit toutes les autres. Si l'on suppose en outre que les nombres ainsi obtenus représentent des grammes de matière ils forment la série des atomes-grammes.

Mais cette manière de procéder pose immédiatement le pro-

blème de la détermination du nombre d'atomes vrais dans l'atome-gramme.

Ce nombre — le nombre d'Avogadro — est extrêmement grand  $0,685 \times 10^{24}$ ; il est probablement connu à 1 % près. Mentionnons brièvement les phénomènes extrêmement divers qui permettent de le déterminer. Ce sont la compressibilité des gaz, leurs constantes dielectriques. C'est aussi l'agitation incessante de très petites particules solides en suspension, connue depuis longtemps sous le nom de mouvement brownien par les microscopistes et qui est une preuve directe de la structure atomique. Ce mouvement montre en effet le mouvement des molécules à peu près comme le roulis et le tangage d'un navire révèle l'agitation de la mer. Une autre détermination de ce nombre a été faite par J. J. Thomson au moyen de la vitesse de chute d'un brouillard formé de gouttelettes d'eau égales et électrisées. Une autre encore résulte de la mesure de l'énergie rayonnée par un corps incandescent et de sa répartition spectrale.

Il est incontestablement très remarquable que des méthodes de mesure aussi différentes, mettant à contribution des phénomènes aussi divers, conduisent à des résultats concordants. Rien n'est plus propre à fortifier la confiance dans la réalité des atomes. Il n'est plus possible à présent de compter l'atomisme parmi ces doctrines provisoires pour lesquelles on a inventé l'expression très heureuse d'hypothèse de travail. Ce n'est pas une théorie qui représente les phénomènes jusqu'à un certain point seulement et qui exige un nouveau contrôle à chaque nouvelle application. On peut dire qu'elle domine la science tout entière.

C'est intentionnellement que j'ai omis dans l'énumération précédente un dernier groupe de déterminations concordantes du nombre d'Avogadro, à savoir celles qui se rattachent aux phénomènes offerts par les substances radioactives. Elles méritent d'être mentionnées à part comme marquant une étape nouvelle dans la certitude. Les rayons  $\alpha$ , émis par les substances radioactives, sont des atomes d'hélium chargé d'électricité et projeté avec une très grande vitesse. Si l'on expose un écran

de sulfure de zinc hexagonal à ce rayonnement, chaque projectile provoque, à l'endroit où il porte, une émission momentanée de lumière. Sous la loupe, l'écran ressemble à un ciel étoilé dont les étoiles s'allumeraient instantanément pour s'éteindre aussitôt. Ce phénomène, découvert par Crookes, est le premier dans lequel nos sens ont pu apercevoir l'effet produit par un atome isolé. On détermine le nombre d'Avogadro en comptant, directement ou indirectement, le nombre des atomes d'hélium projetés par une quantité connue de substance radioactive.

L'atomistique du deuxième degré qui s'occupe des matériaux constituant l'atome a son origine dans la structure atomique de l'électricité énoncée d'abord par Helmholtz. L'électricité, on le sait, en traversant une solution d'un sel métallique, la décompose et dépose le métal au pôle négatif, le reste de la molécule au pôle positif. Nous pouvons déterminer d'une part le nombre d'atomes déposés et la quantité d'électricité qui a traversé la solution et nous constatons que chaque atome en arrivant a déposé la même quantité d'électricité, ou tout au plus deux ou trois fois, exactement, cette quantité. Supposons que nous ayons à effectuer le transport d'une denrée (de farine, par exemple) à travers un désert et que nous recrutions à cet effet des bêtes de somme d'espèces variées, aussi prodigieusement différentes les unes des autres que l'est par exemple l'atome d'hydrogène de l'atome de mercure, 200 fois plus lourd. Supposons qu'examinant les charges portées par chaque animal nous les trouvions rigoureusement égales entre elles et cela quelles que soient les conditions au départ, la vitesse du transport, etc. La conclusion qui s'imposera est qu'il ne dépendait pas des porteurs de choisir des charges conformes à leurs aptitudes ou à leurs préférences ; ce n'étaient pas eux qui faisaient les paquets mais ceux-ci leur étaient donnés tout faits.

La même conclusion s'impose pour le transport de l'électricité dans l'électrolyse : chaque atome transporte une charge élémentaire indivisible ou un petit nombre de ces charges. Cet atome d'électricité est très petit il est de  $1,4 \times 10^{-19}$  coulombs, il a reçu le nom d'*électron*.

Cette conception a été très féconde. J. J. Thomson et son école qui, au cours des dernières années du siècle passé se sont proposé d'étudier les propriétés peu connues des gaz conduisant l'électricité, ont trouvé que cette conduction est liée à l'existence de molécules dans le gaz dont les unes portent une charge positive, les autres une charge négative, qui sont précisément égales à l'atome d'électricité de Helmholtz. C'est là le phénomène important et de nos jours bien connu des gaz ionisés.

Un nouveau progrès vint de l'étude de la décharge électrique dans les gaz très raréfiés. Nous répétons ici une expérience de Crookes dans laquelle un agent se propageant en ligne droite est émis par la cathode d'un tube dans lequel on a fait un vide très avancé. Cet agent, invisible par lui-même, provoque une belle traînée bleue sur un écran phosphorescent qu'il rencontre. Crookes appelait ce phénomène : la matière radiante. Il pensait qu'il était produit par un quatrième état de la matière plus subtil que l'état gazeux. Cette image imparfaite n'était pas tout à fait inexacte. On sait de nos jours que ces rayons — les rayons cathodiques — sont formés de petites particules égales entre elles, dont chacune a une masse 1830 fois plus petite que celle du plus léger des atomes, de l'hydrogène. Chacune de ces particules porte une charge d'électricité négative qui est précisément égale à un électron. On désigne souvent, avec J. J. Thomson, l'ensemble de la charge et de la petite masse qui la porte sous le nom de *corpuscule*. Ces corpuscules animés d'une vitesse très grande ont les propriétés d'un courant d'électricité négative. La trace sur l'écran est déviée par l'aimant comme le serait un tel courant.

Des théoriciens, parmi lesquels il faut nommer surtout H.-A. Lorentz et Drude, ont montré que si l'on admet que des corpuscules possédant la charge et la masse trouvées par l'observation des rayons cathodiques existent à l'intérieur des atomes, on peut, avec leur secours, édifier une théorie satisfaisante des phénomènes optiques, électriques et caloriques les plus importants dont la matière est le siège. Cela suffirait pour admettre, d'une part, des corpuscules décrivant dans l'intérieur

des atomes des mouvements planétaires et, de l'autre, une nuée d'électrons libres errant d'un atome à l'autre dans l'intérieur du solide. Mais ces hypothèses sont considérablement fortifiées par l'existence, en dehors des rayons cathodiques déjà mentionnés, d'une série de phénomènes où ces électrons sortent des métaux et où leur charge et leur masse devient mesurable. Si l'on fait tomber un rayon de lumière sur la surface polie d'un métal fortement électropositif tel que le zinc, le sodium, le rubidium, les ondes lumineuses détachent du métal des électrons qui sont projetés avec des vitesses caractéristiques. Une élévation suffisante de la température provoque le même phénomène : au rouge-blanc une surface de platine émet de nombreux électrons, phénomène dont Richardson a fait une étude détaillée. Enfin, l'an dernier Haber a montré qu'une réaction chimique, par exemple l'action du gaz phosgène sur un métal alcalin peut libérer des électrons.

L'étude des substances radioactives fournit des données nouvelles sur les rapports de l'électron avec la matière. L'uranium ou le radium sont composés d'atomes dont la durée est limitée. Pendant chaque seconde une certaine proportion de ces atomes est atteinte par le destin ; ils s'anéantissent dans une explosion. Cette proportion est très faible pour l'uranium, elle est relativement plus forte pour le radium, mais la nature du phénomène est la même. Le résultat est la formation d'un atome de poids atomique moindre ; la matière correspondant à cette diminution du poids atomique est projetée avec une grande vitesse et constitue les rayons  $\alpha$  et  $\beta$ .

Le plus souvent ce nouvel atome plus léger est lui-même instable ; il fait explosion à son tour avec émission de particules  $\alpha$  ou  $\beta$ , ou des deux à la fois, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'un état stable soit atteint. Les atomes du radium deviennent, après explosion, ceux de l'émanation qui n'est autre chose qu'un gaz radioactif. Les atomes de l'émanation ne vivent en moyenne que quatre jours et donnent naissance aux atomes du radium A qui sont encore moins stables. Ainsi sont franchis successivement tous les degrés d'une échelle de substances instables, le radium B, le radium C, jusqu'au radium G. Ce

dernier est identique avec le polonium qui a été découvert d'une manière indépendante et qui, lui aussi, n'a qu'une existence passagère. Il est probable qu'après explosion les atomes du polonium donnent du plomb.

Tous les projectiles des rayons  $\alpha$ , émis par des atomes très divers, sont identiques entre eux et consistent en atome, d'hélium dont chacun a perdu deux corpuscules. Il semble donc qu'ils soient l'un des éléments constitutifs primordiaux des atomes. Cette particule  $\alpha$  qui se produit avec prédilection dans les catastrophes atomiques a cela de particulier qu'elle est un porteur d'électricité positive comme l'électron porte l'électricité négative. Et le moindre renseignement sur l'électricité positive est intéressant parce que jusqu'à présent son siège dans l'atome est tout à fait énigmatique. Il est probable cependant que si la particule  $\alpha$  est un constituant important, ce n'est pas un constituant indivisible. On connaît en effet dans l'atome d'hydrogène qui est ionisé par la perte d'un corpuscule, un porteur qui n'a, pour la même quantité d'électricité positive, qu'une masse moitié moindre. Peut-être l'atome d'hydrogène est-il la plus petite quantité de matière qui puisse être liée à la charge élémentaire positive? On possède à ce sujet une indication précieuse par les expériences de J.-J. Thomson sur les rayons canaux. Ceux-ci sont des masses formées des atomes les plus divers, hydrogène, azote, carbone, mercure, etc., projetés avec de très grandes vitesses. La plupart de ces atomes ont été observés dans des conditions où ils possédaient une, deux ou trois charges élémentaires positives, par suite de la perte de un, deux ou trois corpuscules. Seul l'hydrogène n'a été trouvé porteur que d'une seule charge élémentaire. On peut donc dire, très provisoirement sans doute et jusqu'à plus ample information, que l'atome d'hydrogène est la plus petite masse qui porte une charge élémentaire positive. Il est remarquable que cette masse ne se rencontre pas parmi les produits de désintégration des atomes radioactifs.

Les rayons  $\beta$  sont des électrons. Puisqu'il y a, indépendamment des phénomènes radioactifs, de fortes raisons pour supposer, à l'intérieur de l'atome, l'existence de l'électron dont

rien ne fait suspecter l'indivisibilité, son caractère de constituant universel est certainement beaucoup mieux fondé que pour la particule  $\alpha$ .

Après ce coup d'œil rapide sur l'histoire de l'état actuel des représentations de la matière, nous allons montrer ce que l'on peut déduire d'un groupe de phénomènes restreint, mais particulièrement fécond en suggestions nouvelles. Je veux parler des phénomènes magnétiques.

Chaque aimant possède un pôle nord et un pôle sud. La force d'un aimant ne dépend pas seulement de la grandeur des pôles, mais aussi de leur distance. Des pôles mêmes très puissants, situés dans le voisinage immédiat l'un de l'autre, ne produiraient aucune action sensible à distance car leurs effets se détruiraient mutuellement. Le *moment magnétique d'un aimant*, c'est-à-dire le produit de la grandeur des pôles par leur distance est une mesure très rationnelle de la valeur d'un aimant. Quand on brise un aimant la somme des moments magnétiques des parties est égale au moment de l'aimant entier. Le moment par unité de volume a donc aussi un sens bien défini; on l'a appelé intensité d'aimantation. Si, continuant à briser l'aimant en des fragments de plus en plus petits on arrive jusqu'à la molécule, on obtient le *moment moléculaire*.

L'étude des phénomènes montre qu'il y a non seulement des aimants permanents mais encore des corps qui deviennent des aimants sous l'influence d'un aimant placé dans le voisinage ou, comme on dit, sous l'influence du champ magnétique de cet aimant, tout comme les corps prennent des propriétés électriques dans un champ électrostatique. L'idée qui se présenta naturellement fut de transporter au magnétisme les idées qui avaient fait leurs preuves en électricité. Poisson a admis que l'aimantation par influence consiste dans la séparation de fluides magnétiques contraires. Mais cette hypothèse qui peut être développée avec succès jusqu'à un certain point, n'explique pas tous les faits. Tandis que la polarisation électrique croit proportionnellement au champ quel que soit son intensité, le moment magnétique tend vers une limite qui ne peut être

dépassée même par l'application des champs les plus intenses. On dit alors que la substance est aimantée à saturation.

W. Weber imagina une hypothèse nouvelle qui rend compte

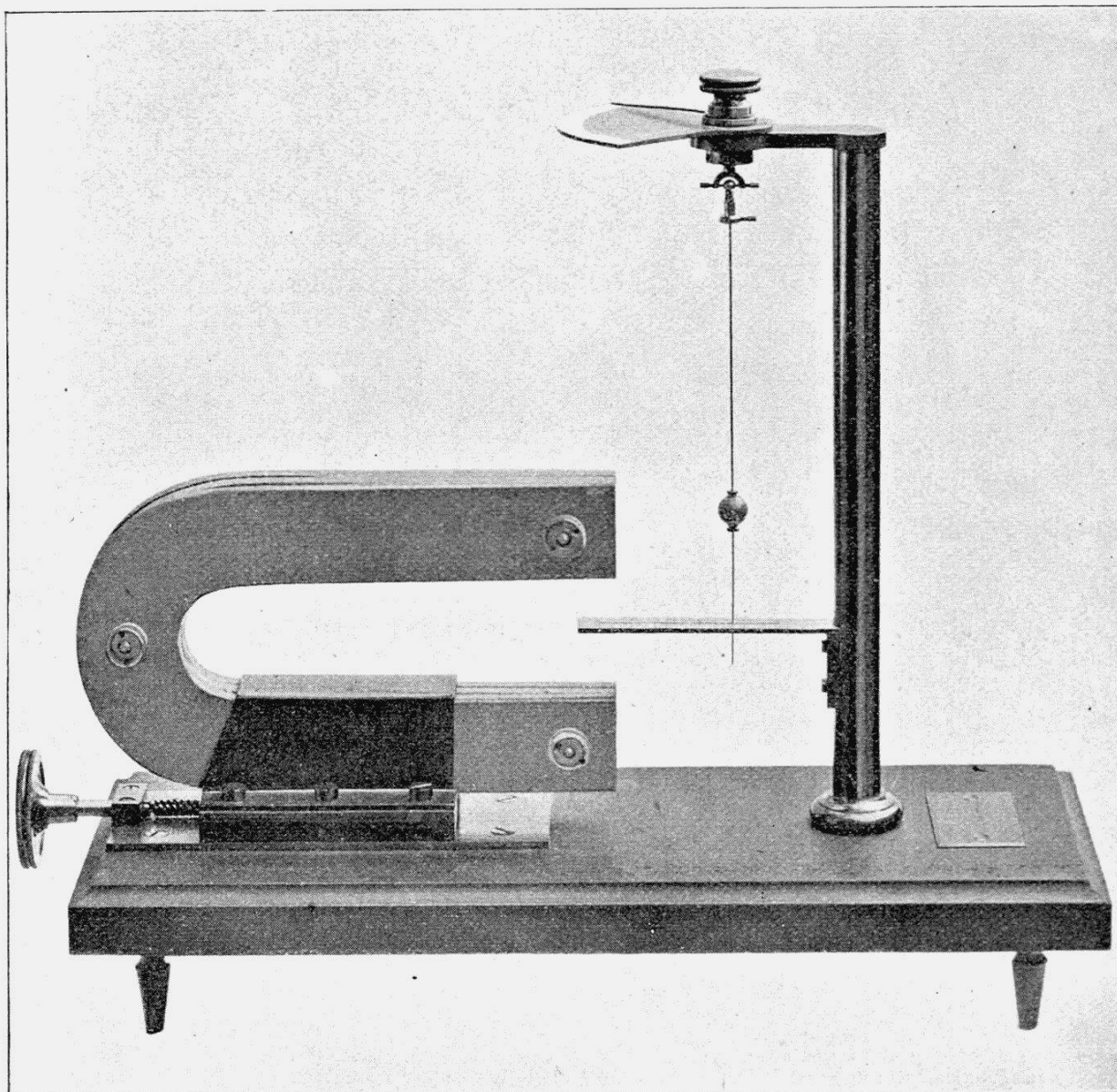


Fig. 1

d'une manière intuitive de cette saturation inexpiquée dans la conception de Poisson. Il admit que chaque molécule est un petit aimant invariable. Dans le fer à l'état naturel ces petits aimants sont disposés sans aucun ordre et l'action à distance des pôles voisins de nom contraire s'annule. Mais, si l'on fait

agir un champ magnétique croissant, les aimants moléculaires s'approchent progressivement du parallélisme et quand le parallélisme est complet un accroissement ultérieur du champ ne peut plus produire aucun effet ; c'est la saturation.

L'idée de W. Weber a pu être développée et rend compte de l'ensemble des phénomènes du magnétisme ; je ne vais décrire ici qu'un cas particulier qui peut être illustré par une expérience. Si l'on se représente que ces aimants moléculaires puissent tourner autour d'axes et que ces axes soient tous parallèles on pourra donner à ces aimants les directions contenues dans le plan perpendiculaire à ces axes, mais il sera impossible de les en faire sortir. Cette description s'applique exactement au cristal de pyrite magnétique ou pyrrhotine. Les aimants moléculaires ne peuvent prendre que des directions contenues dans le plan de base du prisme hexagonal dans lequel cette substance cristallise. Ce plan que l'on peut appeler « plan magnétique » est donc le siège de toutes les propriétés magnétiques. Si l'on approche du cristal un pôle d'aimant dans une position telle qu'il provoque l'orientation des aimants moléculaires, la substance est attirée. Si au contraire on l'approche dans une position telle que son champ soit perpendiculaire au plan magnétique la substance reste aussi indifférente magnétiquement que le serait un morceau de cuivre. Dans l'appareil reproduit fig. 1 une petite sphère de pyrrhotine est suspendue à un genou de Cardan. Il permet de la présenter à l'aimant, son plan magnétique étant soit perpendiculaire soit parallèle au champ. Dans le premier cas il ne se passe rien, dans le second, elle est attirée par le pôle d'une distance de plusieurs centimètres.

On se rend compte que les moments des molécules ou des atomes sont des constantes caractéristiques qu'il est nécessaire de déterminer pour pouvoir donner à la théorie tout son développement. Cependant, il y a quelques années, on ne possédait encore aucune valeur certaine de ces quantités et cela surtout parce que les conditions qui permettent de les atteindre n'avaient pas été clairement aperçues faute d'une théorie suffisante.

Nous allons d'abord décrire un cas où les moments atomiques peuvent être déterminés avec un minimum d'hypothèses qui ne dépasse pas l'idée fondamentale de Weber et les notions de la mécanique usuelle. Le fait que, en général, l'on peut dans un corps quelconque donner n'importe quelle direction à l'aimantation montre que les forces magnétiques à l'intérieur de la substance n'opposent pas d'obstacle insurmontable à l'orientation des aimants élémentaires. En d'autres termes, les énergies potentielles d'orientation n'empêchent pas leur parallélisme, c'est-à-dire la saturation. Mesurons maintenant le moment de l'atome-gramme de la substance d'après les méthodes classiques. La valeur que nous trouvons sera influencée par le fait que les aimants élémentaires oscillent par suite de l'agitation thermique. Ils ne seront donc orientés qu'exceptionnellement dans la direction du champ et se présenteront en général avec un certain raccourci. On trouve donc un moment magnétique trop faible. Mais l'erreur commise sera d'autant plus faible que l'agitation thermique sera moins intense. Elle disparaîtra donc avec elle au zéro absolu. C'est là que réside l'intérêt des mesures que Kamerlingh Onnes et moi avons effectuées à la température de l'hydrogène liquide à 20° seulement au-dessus du zéro absolu et par conséquent à -253° de l'échelle ordinaire. Nous avons trouvé pour les moments de l'atome-gramme de

fer	12.360
nickel	3.370

Ces valeurs sont exactement entre elles comme 11 à 3. En effet :

$$\begin{aligned} 12.360 : 11 &= 1123,6 \\ 3.370 : 3 &= 1123,3 \end{aligned}$$

Anticipant sur les développements qui vont suivre nous dirons de suite que cette propriété rencontrée ici pour la première fois est générale : tous les moments atomiques ont une commune mesure : 1123,5. Plus tard le moment de l'atome de cobalt qui ne peut être atteint qu'en surmontant des difficultés particulières à ce corps fut déterminé par M. O. Bloch. Il trouva

8,94 fois la valeur ci-dessus, c'est-à-dire au degré de précision des expériences, le nombre entier 9.

On peut interpréter cette commune mesure comme la manifestation de l'existence d'un même aimant élémentaire qui existe 11 fois dans l'atome de fer, 3 fois dans l'atome de nickel, 9 fois dans l'atome de cobalt. J'ai appelé le moment de cet aimant élémentaire le « magnéton ». Le nombre 1123,5 se rapportant à l'atome-gramme est le magnéton-gramme. Pour obtenir le magnéton lui-même il faut diviser par le nombre

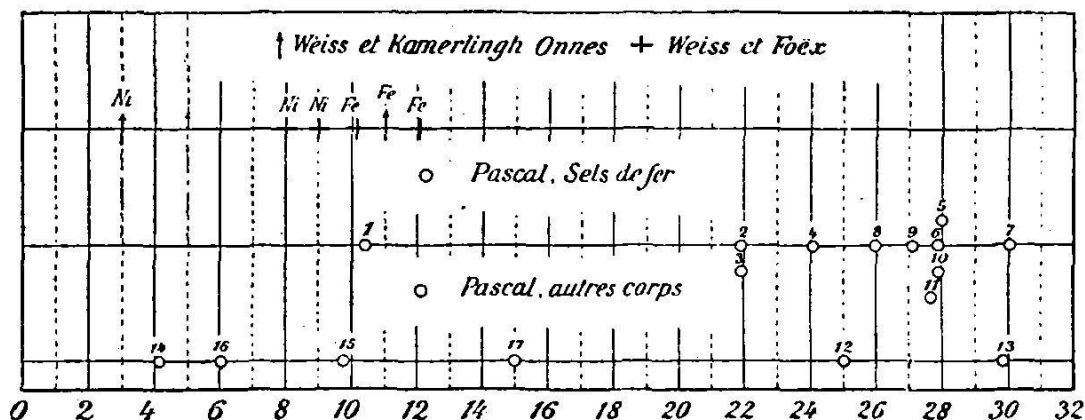


FIG. 2. — 1. Ferricyanure de K et amm. — 2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium. — 3. Citrate de fer et d'ammonium. — 4. Ferripyrophosphate de sodium. — 5. Ferrimétaphosphate de sodium. — 6. Chlorure ferrique. — 7. Sulfate ferrique. — 8. Ferrométaphosphate de potassium. — 9. Ferrooxalate de sodium. — 10. Ferropyrophosphate de sodium. — 11. Sulfate ferreux. — 12. Chlorure de cobalt. — 13. Sulfate de manganèse. — 14. Permanganate de potassium. — 15. Sulfate de cuivre. — 16. Sulfate de cuivre ammoniacal. — 17. Sulfate uraneux.

d'atomes vrais dans l'atome-gramme, le nombre d'Avogadro :  $0,685 \times 10^{24}$ . On trouve ainsi :

$$1,64 \times 10^{-21}$$

Pour obtenir d'autres déterminations des moments atomiques il est nécessaire de faire appel à une théorie cinétique des phénomènes paramagnétiques. Il existe en effet, à côté des métaux fortement magnétiques, un nombre beaucoup plus considérable de substances dont les atomes possèdent des moments magnétiques mais où, pour des raisons dans le détail desquelles nous ne saurions entrer ici, l'agitation thermique ne permet

pas d'obtenir, même approximativement, le parallélisme des aimants élémentaires. Ces moments ne peuvent donc être déduits qu'indirectement des observations sur le magnétisme faible que prennent ces substances. Langevin a le premier développé la théorie nécessaire en ayant en vue surtout l'oxygène, gaz paramagnétique. J'ai appliqué cette théorie aux solutions des sels paramagnétiques et j'ai trouvé ainsi un assez grand nombre de moments atomiques.

La fig. 2, ci-dessus, résume les résultats. Elle comprend une échelle de lignes verticales équidistantes, numérotées de 0 à 32, qui représentent les nombres entiers de magnétons. Les lignes en traits pleins correspondent aux nombres pairs, les lignes pointillées aux nombres impairs. Cette échelle a été tracée au moyen de la valeur du magnéton que nous avons déduite de l'aimantation à saturation du fer et du nickel aux très basses températures. Les valeurs marquées par des flèches sur la première ligne horizontale sont par définition sur les traits. Cette même horizontale porte en outre une série de moments atomiques de substances ferromagnétiques aux températures élevées, déterminées suivant une méthode qui sera décrite plus loin. Sur la deuxième et la troisième horizontale sont marqués les moments atomiques déduits d'une série très complète de mesures faites par Pascal sur les solutions des sels paramagnétiques. C'est à ces solutions que se rapporte la légende au-dessous de la figure.

De l'examen de cette figure, comme aussi de la discussion des résultats, pour lesquels je renvoie au mémoire détaillé<sup>1</sup>, il résulte une propriété très curieuse de ces moments atomiques. Un même atome n'a pas toujours le même moment. Les points 2, 4, 8, 6, 7, par exemple, représentent des valeurs du moment de l'atome de fer dans des combinaisons chimiques différentes. Disons en passant que les moments atomiques les plus grands sont fournis par les corps dans lesquels le fer a les réactions chimiques les plus intenses. Mais ces moments ne sont pas distribués au hasard ; on voit en effet du premier coup d'œil que

<sup>1</sup> *Arch. des sc. phys. et nat.*, mai 1911.

ces cinq points sont équidistants et que leurs distances sont égales à deux fois la valeur indiquée ci-dessus pour le magnéton. La figure montre donc que les nouveaux moments magnétiques satisfont aussi à la règle que nous avons indiquée : ils sont des multiples entiers du magnéton. Nous sommes donc amenés à modifier l'énoncé de Weber : Un atome n'a pas un moment magnétique unique, bien déterminé, il peut suivant les circonstances prendre des moments divers. Mais ceux-ci sont toujours des multiples entiers du magnéton.

Il ne semble pas possible, à première vue, d'étendre la théorie cinétique du magnétisme aux substances paramagnétiques solides. Il est difficile de se représenter que dans les corps solides la mobilité des molécules puisse être suffisante pour permettre d'appliquer sans grandes complications les lois de la mécanique statistique sur lesquelles repose la théorie cinétique. Mais si l'on fait le calcul comme si la théorie simple s'appliquait on trouve encore avec une approximation remarquable des multiples entiers du magnéton. On démontre ainsi du même coup que l'on s'était exagéré les difficultés qui s'opposent à l'application de la théorie cinétique et que les moments atomiques dans les corps solides sont des multiples entiers du magnéton.

Il est nécessaire pour déterminer les moments atomiques des substances ferromagnétiques aux températures autres que le voisinage du zéro absolu de faire usage d'une théorie plus explicite du ferromagnétisme. C'est la *théorie du champ moléculaire* qui permet d'atteindre ce résultat. Nous ne pouvons l'exposer ici et devons nous contenter d'en indiquer quelques résultats. Un groupe de ces résultats se traduit dans la fig. 3, où ont été représentés suivant une méthode indiquée dans le mémoire détaillé les expériences faites sur la magnétite aux températures élevées. Les points marqués sur le tracé inférieur sont placés d'une manière remarquable sur quatre droites qui sont juxtaposées ou reliées l'une à l'autre par une région de transition cd. La manière dont la transition se fait est secondaire, ce qui est essentiel c'est que la théorie montre qu'une substance dans un état déterminé doit fournir une seule et

même droite. On avait donc rencontré dans la magnétite une substance qui, dans les limites représentées dans la figure se présente dans quatre états différents. On peut y joindre un cinquième état existant en dehors des limites de la figure entre

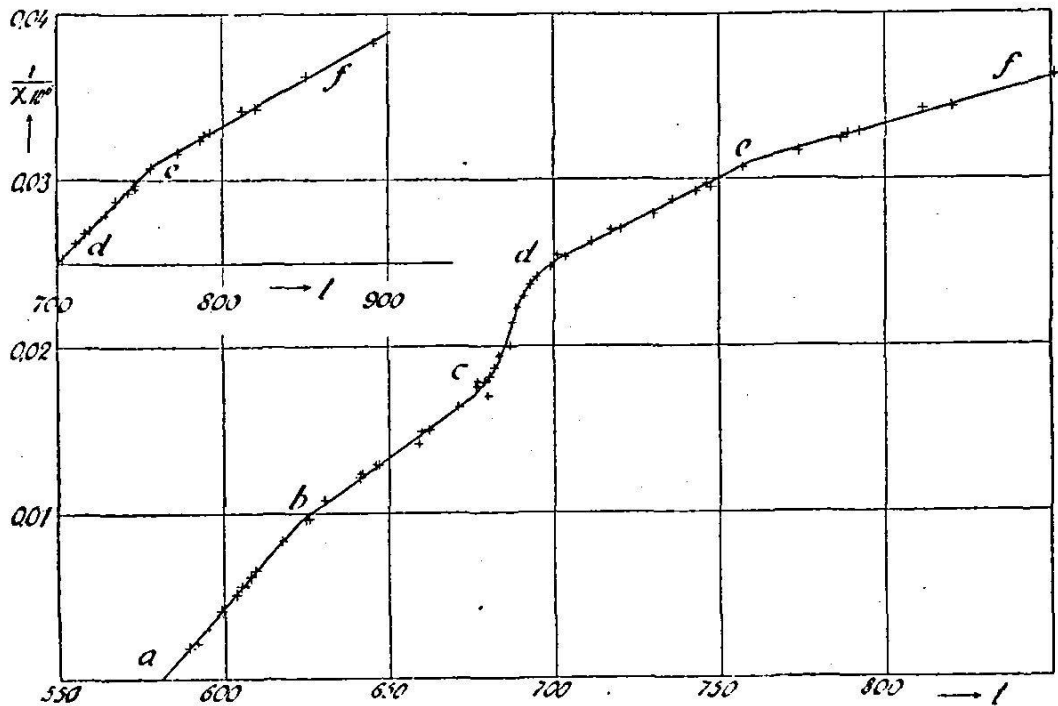


Fig. 3

900° et 1200°. Si l'on calcule pour ces divers états les moments magnétiques, on trouve qu'ils sont entre eux comme

$$4 : 5 : 6 : 8 : 10$$

Le moment de la molécule de magnétite augmente donc à quatre reprises quand la température s'élève et l'accroissement est soit une fois, soit deux fois le quart de la plus petite valeur qu'il possède dans cette série d'expériences. La ligne tracée dans la figure 3 correspond aux rapports exacts exprimés par les nombres entiers. Les observations marquées sur ce trait ne manifestent aucun écart systématique.

C'était la première fois que l'on rencontrait une même molécule pouvant prendre divers moments magnétiques ayant entre eux des rapports exprimables par des nombres entiers. Les métaux aux températures élevées présentent des propriétés ana-

logues. Une première étude, faite par M. G. Foëx sous ma direction, a donné :

Nickel $\alpha$ .....	8,03	magnétons
Nickel $b$ .....	9,03	»
Fer $\beta_1$ .....	12,08	»
Fer $\beta_2$ .....	10,04	»
Fer $\gamma$ .....	19,95	»

Ce sont des nombres entiers avec toute l'exactitude désirable.

Une deuxième série d'expériences, par M. O. Bloch, a confirmé les valeurs ci-dessus pour le nickel et a fourni les deux nouvelles valeurs suivantes :

Cobalt première détermination	15,01	magnétons
» deuxième	14,92	»

donc de nouveau des nombres entiers au degré de précision des expériences.

Si nous réunissons encore, pour terminer, différents moments atomiques trouvés pour une même substance, le nickel, nous obtenons le tableau suivant :

Nickel dans le voisinage du zéro absolu	3	magnétons
» au-dessus de 400° .....	8	»
» » » 900° .....	9	»
» dans les sels dissous .....	16	»

J'ai donc déterminé par l'application de la théorie cinétique du magnétisme aux corps paramagnétiques dissous et aux corps paramagnétiques solides un nombre relativement grand de moments atomiques, quantités qui, à première vue, paraissaient peu accessibles. Il s'est manifesté cette propriété très curieuse que le même atome, suivant les conditions de température et de liaison chimique peut prendre des moments magnétiques très différents. Mais on peut trouver, entre les moments d'un même atome d'abord, une commune mesure. On peut ensuite s'assurer que toutes les communes mesures trouvées ainsi pour les divers atomes sont une seule et même quantité. Elle a reçu le nom de *magnéton*.

Si l'on admet, ce qui est extrêmement probable, que ce moment magnétique réside dans un substratum matériel, on peut dire que le magnéton est un élément constituant d'un grand

nombre d'atomes magnétiques et probablement de tous. Jusqu'à présent la démonstration est faite pour Fe, Ni, Co, Cr, Mn, V, Cu, U.

Cette propriété appartient-elle aux seuls atomes magnétiques? Le cas du cuivre et de l'oxygène qui, suivant qu'ils sont libres ou combinés, sont magnétiques ou diamagnétiques, celui de l'iodure de mercure et de potassium, où la combinaison de trois atomes diamagnétiques donne une molécule paramagnétique, montre qu'on ne saurait tracer une frontière infranchissable.

Quelles vont être les conséquences de l'acquisition de cette donnée nouvelle sur la constitution intime de la matière? En première ligne elle fournit un nouveau moyen d'action dans les recherches magnétiques. Les propriétés des ferromagnétiques dont la complexité paraissait auparavant déroutante redeviennent abordables et, dans cet ordre d'idées, quelques résultats nouveaux ont déjà montré combien la notion nouvelle est féconde.

Le parallélisme déjà signalé entre l'intensité des propriétés chimiques et les nombres de magnétons soulève de nouvelles questions. Quel rôle les phénomènes magnétiques jouent-ils dans la combinaison chimique? Les forces chimiques sont-elles dans certains cas des attractions d'aimants élémentaires? Les valences sont-elles en relations avec les magnétons?

La nature de la transformation qu'un corps subit quand son nombre de magnétons change est encore très obscure et demande à être examinée pour elle-même. Elle n'est pas une modification allotropique au sens ordinaire du mot; le cas de la magnétite montre qu'une molécule peut conserver à travers ces transformations sa masse et son architecture générale. Cette transformation coûte-t-elle de l'énergie? Y a-t-il d'autres signes extérieurs qui l'accompagnent? Il n'est possible, jusqu'à présent, de répondre à cette dernière question que sur un point: le champ moléculaire qui exprime les actions mutuelles d'orientation entre les molécules d'un corps ferromagnétique subit un changement en même temps que le nombre de magnétons.

Si l'on se représente pour un instant comme étant donnée a priori l'existence de ces petits aimants égaux entre eux et se

rencontrant dans les atomes en nombres grands et variables suivant les conditions de l'expérience, leur démonstration expérimentale paraîtra entourée des plus grandes difficultés. On s'attendrait à ce que les moments magnétiques différemment dirigés eussent des résultantes sans rapport simple avec leur grandeur propre. Il semblerait que pour les saisir on dut attendre une occasion exceptionnelle comme celles qui font jaillir l'électron de l'atome.

La facilité avec laquelle les magnétons se manifestent, le caractère exceptionnel des cas où ils échappent à l'observation sont l'expression de propriétés importantes. Il est en effet très remarquable que ces aimants élémentaires soient toujours placés de façon que leurs moments magnétiques s'ajoutent algébriquement, c'est-à-dire qu'ils soient parallèles ou même disposés suivant une ligne droite. Il est peut être tout aussi curieux que, parmi les mesures existantes, si peu suggèrent l'idée de mélanges de molécules de nombres de magnétons différents. On peut se demander si l'égalisation du nombre des magnétons ne serait pas une des conditions de l'équilibre des molécules de même espèce entre elles.

Après l'électron symbolisant les idées nouvelles sur la structure discontinue de l'électricité, le magnéton marque une évolution analogue dans la représentation des phénomènes magnétiques.

Le magnéton est un troisième constituant de la matière qui, comme l'électron et la particule  $\alpha$ , appartient à un grand nombre d'atomes. L'Antiquité croyait à l'unité de la matière. Les alchimistes, en cherchant à faire de l'or, tentaient de transformer cette croyance en réalité tangible. Les fondateurs de la chimie moderne, à la fin du 18<sup>me</sup> et au commencement du 19<sup>me</sup> siècle, en élevant à la hauteur d'un principe l'invariabilité des corps simples, reculèrent à l'arrière-plan, loin des lois bien établies et des faits accessibles, l'hypothèse d'une substance première. Et maintenant, la découverte d'éléments constituants communs à tous les atomes, nous rapproche à nouveau de la conception des Grecs et de l'Unité de la Matière.

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Les pigments des végétaux

par

R. CHODAT

---

J'ai choisi, pour le traiter devant la Société, le sujet attrayant des pigments végétaux. Nul ne saurait nier l'intérêt général qui s'attache au problème de la coloration des plantes et de leurs fleurs. Qui ignorerait le rôle social joué par l'horticulture, préoccupée tout entière de faire les fleurs plus belles, plus brillantes et plus parfumées. Prenez ces roses, ces dahlias, ces chrysanthèmes. N'y découvrez-vous pas tous les tons de la gamme des couleurs? Quelles admirables combinaisons la palette de l'horticulteur a fournies, pour transformer la rose sauvage, l'églantier, en ces merveilleuses créations qui ont pour nom, Hugh-Dickson, Ecarlate, Beauté de Lyon, Veilchenblau, les dahlias simples ou doubles de nos grand-mères, en ces chatoyantes variétés qui font la joie des amateurs.

On pourrait à propos des pigments des fleurs parler du rôle qu'ils jouent dans la vie des plantes : comme préparés pour un but spécial, leur présence, leur distribution, tout semble concourir à réaliser une disposition qui assure aux fleurs la visite des insectes.

Mais ce sont là des questions complexes. Elles sont dans une très grande mesure étrangères à ma manière de penser scientifique. J'aime mieux demander à la physiologie d'expliquer, de décrire l'enchaînement des phénomènes que de poser la question : à quoi sert cette disposition, qu'elle est sa raison d'être ?

Cela étant, je vais essayer d'examiner à propos de la question des pigments et de leur formation dans les plantes, *quels sont les problèmes importants de la botanique contemporaine qui lui sont associés et par quelles méthodes elle essaye de les résoudre.*

De tous les pigments végétaux, celui qui intéresse le plus les botanistes c'est, sans contredit la chlorophylle, ce pigment indispensable à la création de la nourriture hydrocarbonée qui fait vivre directement ou indirectement végétaux et animaux. Depuis Senebier et Ingenhouz la manière d'être de la chlorophylle vis-à-vis de l'acide carbonique, de l'eau et de la lumière est bien définie. Des recherches récentes de Blackmann et Matthaei<sup>1</sup> ont précisé le rôle des facteurs variés qui interviennent dans la photosynthèse, la rapidité de la décomposition de l'anhydride carbonique en fonction des facteurs combinés, lumière, température, concentration du CO<sub>2</sub>. La question physiologique prend un faciès physico-chimique, elle est considérée au point de vue exclusif de la cinétique chimique, pour laisser de côté, provisoirement, les causes biologiques, c'est-à-dire celles que présentement on n'a pas réussi à décomposer en leurs facteurs physiques ou chimiques.

Mais le problème, plus simple, de l'origine de la chlorophylle est encore un mystère. Nous savons seulement que, dans la plupart des plantes, la lumière est nécessaire à la formation de ce pigment; elle ne l'est pas dans le cas des Conifères, des Fougères et d'un grand nombre d'Algues inférieures<sup>2</sup>. Nous savons aussi que chez beaucoup de végétaux la chlorophylle disparaît par l'étiollement. Dans l'obscurité les nouvelles pousses qui naissent ne développent plus de chlorophylle, dans les anciennes le pigment s'atténue ou disparaît complètement.

Plus récemment on a étudié la décoloration des plantes en pleine lumière, comme cela a lieu chez beaucoup de parasites, de saprophytes et chez les plantes panachées.

<sup>1</sup> Blackmann et Matthaei. Experimental researches in vegetable assimilation etc. *Proceed. of the royal Soc.* (1904-1905).

<sup>2</sup> Artari, Bildung des Chlorophylls, *Ber. d. d. bot. Ges.*, XX (1902), 201; Radais, Formation de la chlorophylle à l'obscurité, *C. R.*, T. CXXX 793 (1900).

Considérons tout d'abord ce dernier cas pour illustrer une méthode d'analyse moderne, celle de l'analyse biologique. La panachure est un phénomène plus profond qu'il ne paraît au premier abord. Il n'y a pas que disparition de la chlorophylle dans les parties non vertes ; il y a en même temps une modification profonde des tissus décolorés<sup>1</sup>. Depuis longtemps la panachure a été considérée comme une maladie bénigne. On a montré même que cette affection est, dans certains cas infectieuse, transmissible par la greffe<sup>2</sup>.

On sait que cette affection est héréditaire. Les semences récoltées sur les branches chlorotiques fournissent un pourcentage très élevé de plantes panachées, ce qui n'est pas le cas pour les semences récoltées sur les rameaux verts (*Mirabilis Jalapa* d'après Correns)<sup>3</sup>.

C'est ici qu'intervient une méthode d'analyse nouvelle, fondée sur la découverte de Mendel et développée surtout par Bateson<sup>4</sup> et ses collaborateurs, par Correns, Bauer et d'autres. D'après les idées actuelles, chaque plante est constituée dans son tréfond protoplasmique par une mosaïque de corpuscules représentatifs, les gènes, qui déterminent les caractères élémentaires manifestés au cours de l'évolution individuelle sous forme de caractères visibles ou non, morphologiques ou physiologiques. Chaque caractère manifesté correspond à un gène s'il est simple, à un groupe de gènes s'il est complexe. Ces gènes sont supposés invisibles comme les atomes, les ions, les électrons et les magnétons des physiciens et des chimistes. De même que l'association d'atomes invisibles détermine les caractères manifestés d'un corps chimique, celle des électrons négatifs dans l'atome, les propriétés de cet atome, de même aussi ces gènes supposés, déterminent l'apparence d'une plante. Il serait trop long de développer ici toute cette séduisante théorie. Je me borne à en extraire ce qui concerne le sujet que je veux traiter.

<sup>1</sup> Rodrigue, A. Feuilles panachées, *Bull. Hb. Boiss. Mémoires* (1900).

<sup>2</sup> Bauer, E. Ueber die infektiöse Chlorose der Malvaceen, *Sitzb. d. preuss. Akad. d. Wiss.* (1906) 11. — *Id. Ber. d. bot. Ges.* 25 (1907) 410.

<sup>3</sup> Correns. *Id.* Zur Kenntnis der Rolle von Kern u. Plasma bei der Vererbung. *Zeitsch. f. indukt. Abst. u. Vererb.* II (1909) 331.

<sup>4</sup> Bateson. *Mendels Principles of Heredity.*

Remarquons tout de suite que l'analyse biologique faisant usage d'une suggestion de Punnet a fait découvrir que chaque caractère a son contraire, qu'à chaque gène on peut supposer un antigène. Ainsi « vert » et « absence de vert » ou mieux dit « non-vert », soit capacité de produire du vert et incapacité d'en produire. Les caractères négatifs ne sont pas, dans la théorie moderne de l'hérédité, des valeurs nulles mais réellement des valeurs négatives au sens mathématique du mot et avec lesquelles il faut compter. On pourrait aussi les comparer à des catalyseurs négatifs à opposer aux catalyseurs positifs, les uns retardant la réaction, les autres l'accéléralant. Lorsqu'on fait un hybride, ce dernier possède la combinaison de gènes apportée par les cellules germes des deux parents et qui se sont associées en une zygote. Ces gènes peuvent se manifester au cours de l'évolution individuelle par des caractères visibles et si les deux parents étaient différents l'apparence de la plante hybride sera celle d'un mélange quand les caractères interfèrent, celui d'une mosaïque quand ils s'associent. Mais dans l'hybride, ne sont pas toujours manifestés les caractères qui correspondent aux gènes ; il y a parfois inhibition de certains gènes refoulés par les autres, mais non détruits.

Lorsque se forment dans cet hybride les cellules germes mâles ou femelles, dans ces cellules germes sont distribuées les gènes et l'expérience démontre que dans une même cellule germe ne peuvent coexister des gènes antagonistes. Par un procès aussi curieux qu'important qui précède la formation définitive des cellules germes mâles ou femelles (réduction chromatique) les gènes se distribuent selon la règle des probabilités, mais à ce moment du moins, les contraires se fuient : vert n'est pas dans la même cellule germe que non-vert, etc.

Toutes les expériences entreprises ces dernières années ont confirmé ces différentes suppositions et une branche nouvelle de la science (Génétique) est venue se greffer sur la biologie et l'innoculer d'une force nouvelle.

En particulier, la transmission de la panachure, étudiée par Correns, chez une race du *Mirabilis Jalapa*, est venue nous

montrer que si la plante panachée peut être, au point de vue du pigment, représentée par « vert et non-vert » (A. a.), ses cellules sexuelles soit mâles soit femelles seront pures. Les unes contenant le caractère A (facteur de pigmentation) les autres le caractère *a* (antagoniste du facteur pigmentation).

$$\begin{array}{l} \text{♂} \quad a \quad A. \\ \text{♀} \quad a \quad A. \end{array}$$

Les chances de rencontre des cellules A et *a* étant égales, on obtient les combinaisons suivantes :

$$\begin{array}{l} AA \quad aA \quad aa. \\ \quad \quad aA \end{array}$$

soit

$$A^2 + 2aA + a^2.$$

Il y aura dans la descendance trois catégories : 1° des plantes vertes ; 2° des plantes panachées et 3° des plantes blanches. Ces dernières ne sont pas viables. Après la germination elles meurent bientôt.

Correns a fait, en plus, l'intéressante découverte que, dans la plante étudiée, la chlorose est seulement transmise par les cellules femelles. Il semblerait que ce soit une maladie du plasma. Cela nous permet donc de localiser dans la cellule un caractère considéré. Car les germes mâles des rameaux chlorotiques sont incapables de transmettre la chlorose, sans doute à cause de la quantité insignifiante de plasma qui accompagne le noyau mâle dans la fécondation <sup>1</sup>.

Voilà donc un problème de très haute portée associé à la question du pigment chlorophyllien. Ici la formation de la chlorophylle est inhibée par une maladie du protoplasma.

Mais en est-il de même chez les plantes saprophytes et parasites? Notons tout d'abord que beaucoup de saprophytes décolorés, comme le *Neottia nidus avis*, contiennent encore de la chlorophylle qu'on peut reconnaître dans les extraits alcooliques par l'analyse au spectroscope.

<sup>1</sup> Correns, Vererbungsversuche mit blasgrünen und buntblättrigen Sippen. *Zeitschr. f. indukt. Vererb.* I (1909).

J'ai fait et fait faire sur le saprophytisme expérimental une grande série d'observations, soit en partant des Phanérogames en culture pure, soit en partant d'Algues en culture pure. Le résultat a été que la chlorophylle disparaît inégalement vite chez les diverses espèces. Chaque espèce considérée constitue donc un milieu spécial qui influe par des facteurs secondaires sur le phénomène considéré. Mais dans tous les cas, et ceci est conforme à d'autres expériences faites autre part, une abondante nourriture hydrocarbonée assimilable amène (en pleine lumière) à la décoloration plus ou moins forte. Si, au contraire, on associe à cette nourriture hydrocarbonée assimilable (par exemple, glycose) une nourriture azotée suffisante, mais plus particulièrement une nourriture azotée complexe comme la peptone, même en présence d'une forte concentration de sucre, la chlorophylle se maintient et même s'exagère. Ces résultats sont les mêmes, qu'il s'agisse de plantules de *Lepidium* (Jaffé et Chodat)<sup>1</sup>, soit qu'il s'agisse d'algues qui se décolorent facilement, comme le *Chlorella variegata*<sup>2</sup>. Beij.

Il semble donc bien que la disparition de la chlorophylle chez les plantes saprophytes et parasites soit amenée par un équilibre faussé entre la formation des matières sucrées et la production des matières protéiques.

Mais alors même que les conditions favorables sont réalisées et même lorsque les algues verdissent à l'obscurité, la lumière favorise la formation de la chlorophylle, et aussi la synthèse des matières protéiques<sup>3</sup>.

On sait d'autre part la nécessité du fer dans la production de la chlorophylle et je vais même plus loin, dans la production de la matière organique végétale. Sans fer pas de chlorophylle, mais aussi pas de croissance *active*. On ne sait pas généralement que la croissance des plantes vertes les plus diverses est excessivement accélérée par les sels ferriques comme le chlorure ferrique ( $\text{Fe}_2 \text{Cl}_6$ ). C'est ce qu'il nous a été possible de

<sup>1</sup> Inédit.

<sup>2</sup> Chodat et Mendrewska; inédit.

<sup>3</sup> Voir Chodat, Principes, II<sup>e</sup> Ed., 504 (1911).

mettre récemment en évidence dans la culture de beaucoup d'algues et ce qui a été confirmé par des essais de culture d'avoine faits par moi avec Monnier<sup>1</sup>. La dose utile de chlorure ferrique est excessivement élevée :  $\frac{1}{10}$ - $\frac{2}{10}$ ,  $\frac{0}{00}$ - $1 \frac{0}{00}$ .

Cette coïncidence entre la formation de la chlorophylle et la présence abondante de matières protéiques par rapport aux substances hydrocarbonées, montre que lorsque ces dernières sont en excès, l'azote disponible est utilisé pour la synthèse des matières protéiques essentielles et qu'il n'en reste pas pour la formation de la chlorophylle ; ou peut-être aussi, et très probablement, que la chlorophylle naît aux dépens des déchets des matières protéiques (dérivés de l'indol : tryptophane, etc.).

Il serait trop long de passer ici en revue les beaux travaux de Willstätter<sup>2</sup>, Marschlewski<sup>3</sup> et de leurs collaborateurs sur la constitution de la chlorophylle<sup>4</sup>. Disons seulement que malgré d'énormes efforts, nous sommes encore loin de connaître exactement la nature chimique de la chlorophylle. Le résultat le plus important, mais déjà ancien, est que parmi les principaux produits de la décomposition des chlorophylles se trouvent des combinaisons comme la phylloporphyrine, corps complexe dérivé du pyrrol ou de l'indol.

Le fait que le chlorure ferrique a un effet si marqué sur la formation de la chlorophylle, sans que le fer entre dans la composition de cette dernière, nous amène tout naturellement à l'idée que sa formation est due à une action catalytique, à l'intervention d'un ferment auprès duquel le fer joue le rôle de co-ferment<sup>5</sup>. En effet, la rapidité avec laquelle la chlorophylle est obtenue à partir du chlorophyllogène des plantes chlorotiques parle en faveur d'une action ferment. Malheureusement on ne connaît bien ni le chromogène, c'est-à-dire la substance

<sup>1</sup> Chodat et Monnier, Recherches sur l'augmentation en poids des plantes. *Archives*, IV<sup>e</sup> pér., XXXIII, 102 (1912).

<sup>2</sup> Willstätter. Chlorophyll u. seine wichtigsten Abbauprodukte, in Abderhalden. *Hdb. der Biochem. Method.* II, 671 (1910).

<sup>3</sup> Marschlewski, L. Chlorophyll. In Rosc. u. Schorlemmer. *Lehrb.*

<sup>4</sup> Monteverde. *Sct. Petropol.* (1893), etc.

<sup>5</sup> Monteverde et Liubimenko. Recherches sur la formation de la chlorophylle. *Bull. Acad. Sc. Pétersb.*, 609 (1912).

mère incolore dont procède la chlorophylle, ni le ferment oxydant qui, avec l'aide du fer<sup>1</sup>, interviennent dans le verdissement. Il y a là un beau champ à défricher.

Cette chlorophylle, dans la cellule, est liée à des corpuscules vivants définis, les plastides, aussi nommés « chloroplastides ». Souvent on observe que, dans ces mêmes chromatophores, lorsque la chlorophylle a disparu, par exemple en hiver, au soleil, les feuilles de *Buxus*, en automne les baies de la tomate, se colorent en rouge orangé par un pigment insoluble dans l'eau : la carotène. A mesure que, dans les fruits qui mûrissent, les acides sont remplacés par les sucres, le rougissement augmente. Lorsqu'en hiver, la migration des matières sucrées dans les feuilles persistantes du *Buxus*, etc. est arrêtée, la carotène apparaît. Dans nos expériences sur un nombre assez grand d'algues, nous avons trouvé que les conditions qui favorisent la disparition de la chlorophylle<sup>2</sup>, favorisent l'apparition de la carotène ; ainsi une nourriture sucrée excessive, l'augmentation de la concentration osmotique du milieu, une lumière très vive. La peptone, au contraire, entrave la formation de la carotène. Enfin la carotène apparaît aussi bien à l'obscurité que dans la lumière. Le rôle de la carotène est inconnu. Fixe-t-elle peut-être l'oxygène à la façon de l'hémoglobine ? Sert-elle de véhicule à l'oxygène dans certaines réactions ? Mais ce qu'on sait mieux c'est que, comme il y a plusieurs chlorophylles, il y a plusieurs carotènes<sup>3</sup>.

D'autres pigments sont, dans la cellule, liés à des corps définis, les plastides. Ce sont entre autres les pigments rouges et bleus des Algues comme les Rhodophycées et les Cyanophycées. Ces pigments qui accompagnent la chlorophylle, diffusent après la mort de la cellule et deviennent solubles dans l'eau. Les recherches de Molisch, de Kylin en particulier, nous ont rendu vraisemblable que ces pigments rouges et bleus sont des corps

<sup>1</sup> On sait le rôle catalytique du chlorure ferrique dans beaucoup d'oxydations.

<sup>2</sup> Voir une opinion contraire dans Monteverde et Liubimenko, *loc. cit.* p. 624 qui considèrent la carotène comme un produit complémentaire de la chlorophylle.

<sup>3</sup> Willstættter u. Escher, *Zeitschr. f. phys. Chem.* 64, 47 (1910).

azotés dérivés des albumines. Comme ces dernières, on peut les précipiter de leurs solutions par le sulfate d'ammonium en excès. Ils cristallisent. Leurs solutions sont rouges avec une vive fluorescence jaune-orangée ou pour la phyco-cyanine, bleues avec une fluorescence, un dichroïsme, rouge carmin.

Ces pigments ont aussi été étudiés à divers points de vue. Citons en premier lieu les expériences de Gaidukow-Engelmann<sup>1</sup> qui ont essayé de faire revivre l'ancienne théorie de Unger, que la couleur des algues est une adaptation à la profondeur de l'eau et à la longueur d'onde des radiations qui pénètrent dans ce milieu. Les radiations les plus vite absorbées étant les rouges, les plus réfrangibles pénétrant dans une plus grande profondeur, à ces différentes radiations correspondraient des adaptations complémentaires. Les Algues vertes à la surface, les rouges dans la profondeur. Gaidukow a essayé de démontrer que, par un éclairage *ad hoc*, certaines Cyanophycées modifieraient leurs colorations d'une manière complémentaire

Lumière . . . . .	rouge, jaune, vert, bleu
Couleur de la Cyanophycée .	vert, vert-bleu, rouge, brun-jaune

Nous avons expérimenté<sup>2</sup> en partant de cultures pures de l'*Oscillatoria amphibia* et en l'exposant dans les différentes régions du spectre en utilisant des plaques de gélatine colorée par des couleurs qui ne laissent filtrer que des régions bien définies du spectre (méthode utilisée pour la photographie en couleur). Nous n'avons pu reconnaître aucune adaptation chromatique. Werner Magnus<sup>3</sup> et Schindler ont également obtenu des résultats négatifs en partant de cultures impures; pour eux, les changements observés sont affaire de nutrition.

Quelle peut être l'origine et la genèse de ces pigments encore incomplètement étudiées au point de vue chimique? On a

<sup>1</sup> Gaidukow. Ueber den Einfluss des farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien, *Scripta Botanica* (1903).

<sup>2</sup> Chodat et Lagowska; inédit.

<sup>3</sup> Werner Magnus und B. Schindler. Ueber den Einfluss der Nahrungsalze auf die Färbung der Oscillarien, *Ber. d. d. bot. Ges.* XXX, 315 (1912).

fait la supposition qu'ils dériveraient des matières protéiques<sup>1</sup>.

Au cours de mes recherches sur la tyrosinase<sup>2</sup>, j'ai découvert un caractère général des matières protéiques solubles, de donner naissance, en présence des phénols, et plus particulièrement en présence du p-crésol ou de la pyrocatéchine à toute une gamme d'admirables colorations. Cette propriété est non seulement particulière aux albumines solubles, mais à tous les produits connus de leur peptolyse. Depuis les protéoses aux acides aminés simples ou complexes, en passant par les protéines et les peptides. On sait d'autre part que le p. crésol est un produit de la dégradation de la tyrosine, l'un des matériaux de construction de la plupart des albumines. Ces pigments qui varient du rouge vif au bleu indigo, vert bouteille, vert-bleu, violet gentiane, etc., etc., sont aussi obtenus à partir des peptides à tyrosine, tandis que la tyrosine ne la donne pas ou seulement dans des circonstances particulières.

Ces matières colorantes rappellent, soit par leur solubilité, soit par leur nature peptique ou peptoïque, enfin par leur beau dichroïsme les rhodophycines et les phycocyanines étudiées par Molisch, Kylin, etc. Il y a tout lieu de penser que l'origine de ces pigments d'algues est bien celle que nous avons mise en évidence. D'autre part, la tyrosinase est un ferment très répandu dans le règne animal et végétal.

Enfin, ce même ferment agit sur l'indol (qui est aussi un des matériaux de construction du plasma), en présence des phénols et en produisant un pigment insoluble bleu qui rappelle certains dérivés de la chlorophylle.

Ainsi, par cette méthode, nous avons un moyen d'investigation nouveau pour pénétrer plus avant dans cette question complexe de l'origine et de la synthèse des pigments liés au protoplasma ou aux plastides.

Mais le végétal produit aussi des pigments non azotés et dont

<sup>1</sup> La crésol-tyrosinase, réactif des peptides, des polypeptides, des protéines et de la protéolyse par les microorganismes. *Archives*, IV<sup>e</sup> pér., t. XXXIII, 70-95 (1912). — *Id.* Les matières protéiques et leurs dérivés en présence du réactif p-crésoltyrosinase. *Ibid.* 225-348.

<sup>2</sup> Chodat, *l. c.* 245 (20).

la collection variée a reçu le nom générique d'anthocyanes. Ces pigments sont solubles dans l'eau; on les trouve dissouts dans la vacuole ou les vacuoles; observés déjà chez les Algues Chlorophycées (*Ancylonema*, *Spirogyra*), les anthocyanes sont les pigments rouges, bleus ou violets des fleurs.

Pour la résolution du problème de la nature de ces pigments, on s'est aussi adressé à la méthode d'analyse biologique. Ici encore l'analyse biologique des hybrides a montré que la pigmentation dépend de plusieurs facteurs. Ainsi, certaines variétés de fleurs blanches qui, laissées à elles-mêmes et se fécondant par leur propre pollen, fournissent une descendance toujours blanche pour ce qui est de la couleur des fleurs, combinées avec d'autres variétés blanches, produisent une descendance à fleurs colorées. La pigmentation dépend donc de deux facteurs, A et B, dont chacun est à lui seul incapable de déterminer la coloration de la fleur. On a trouvé plus tard par des expériences toujours plus critiques, que la pigmentation comporte plusieurs facteurs et qu'elle se laisse expliquer en partant de la théorie Bach-Chodat des ferments oxydants, peroxydase-peroxyde et la présence d'un chromogène<sup>1</sup>.

Ici encore, on arrive à trouver des lois, à produire à coup sûr, en partant de certaines suppositions, la couleur de la descendance et à l'évaluer dans ses proportions, avec une si grande probabilité qu'il devient évident que les théories qui sont à la base de ces expériences constituent une admirable méthode d'investigation.

Mais l'analyse biologique ne peut remplacer l'analyse chimique.

Qu'est-ce que l'anthocyane? Toutes les anciennes recherches et les nouvelles tendent à nous montrer que l'anthocyane a des rapports avec les tanins. Les cellules qui produisent ces pig-

<sup>1</sup> Wheldale. On the formation of anthocyanine, *Journ. of genetics* I 134 (1911). — *Id.* Note on the physiological Interpretation of the Mendelian factors for Colour. *Rep. Evol. Com. Roy. Soc. Report V*, 1909. — Keeble and Armstrong, The Distribution of oxydases in Plants and their role in the formation of Pigments. *Roy. Soc. Proced.* 85 et 464 (1912). — *Id.* *Journ. of genetics* II, (1912) 279.

ment solubles contiennent aussi des tanins<sup>1</sup>. Overton les a considéré comme des glycosides de corps dérivés des tanins car c'est une observation confirmée maintenant par une belle série d'expériences que les sucres favorisent la production de l'anthocyane. Tout ce qui contribue<sup>2</sup> à accumuler les sucres dans les cellules les rend aussi capables de former ces matières colorantes, le froid (coloration automnale et hivernale des feuilles en rouge), l'annellation qui empêche la migration des substances hydrocarbonées, une lumière intense, etc.<sup>3</sup>

Quant à la nature chimique de l'anthocyane on sait depuis les recherches de Sostegni qu'il s'agit probablement d'un dérivé aromatique car la fusion de cette matière avec la potasse fournit de l'acide protocatéchique et de la pyrocatéchine. Les études, plus récentes, de V. Grafe qui a réussi en partant de très grandes quantités de fleurs de mauves ou de fleurs de *Pelargonium*<sup>4</sup> (28 kilogrammes), d'obtenir de l'anthocyane cristallisée en quantité suffisante, sont particulièrement significatives. Cet auteur a su différencier deux catégories d'anthocyane, la première un corps glycosidique amorphe stable, la seconde un corps dépourvu de sucre, beaucoup plus labile, instable, à caractère aromatique bien marqué, possédant des hydroxyles et des carboxyles, fournissant à la fusion à la potasse de l'acide protocatéchique et montrant dans ses réactions de grandes analogies avec les tanins ou les tannoïdes.

Des essais de synthèse de l'anthocyane à partir des matières tannantes des raisins blancs, entrepris par D. Malvezin<sup>5</sup> n'ont pas abouti à des matières colorantes possédant les caractères de l'anthocyane, quoique diverses réactions amènent à la production de matières colorantes rouges.

Tout converge donc vers cette solution qui consiste à partir

<sup>1</sup> Overton. Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pflanzen. *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. XXXIII (1890).

<sup>2</sup> Combes, R. Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. *Ann. Sc. nat.*, IX<sup>e</sup> série (1909 et 1912).

<sup>3</sup> *Id.* C. R. Ac. Sc. T. CLIII, 886 (1911). — Katic. In. Diss. Halle, 1905.

<sup>4</sup> Grafe, V. Studien über das Anthokyan. *Sitzbr. d. k. Akad. d. Wiss.*, Wien (1906), (1909, 1911).

<sup>5</sup> Malvezin, D. Sur l'origine de la couleur des raisins rouges. *Comptes rend.*, 147, 384 (1908).

du tannin ou des substances dérivées ou voisines pour faire la synthèse des anthocyanes.

C'est ce que j'ai essayé de réaliser<sup>1</sup> en partant de la tyrosinase le ferment oxydant qui s'est déjà montré si actif dans la réaction des albumines et de leurs dérivés dont il a été question plus haut. M. Wheldale a essayé, au moyen de la peroxydase et de l'eau oxygénée, d'obtenir à partir d'extraits de plantes à fleurs incolores, des pigments du type de l'anthocyane. Ces résultats sont négatifs. En effet les laccases (phénolase) et leur image peroxydase-peroxyde sont sans action sur les tanins pour les colorer en anthocyanes. Mais si au lieu de la laccase on utilise la tyrosinase purifiée le résultat est positif.

En faisant cette réaction il faut se rappeler<sup>2</sup> que la tyrosinase est inhibée dans son action oxydante par les acides. Dès lors il convient de neutraliser le tanin qui a un caractère acide et faire agir la tyrosinase sur une solution suffisamment diluée de ce corps. Nous avons utilisé l'acide gallo-tannique officinal. Dans ces conditions l'oxydation se fait avec rapidité. La couleur est d'abord rouge, puis elle passe au bistre et finalement au vert-foncé ou vert-bleu.

Si au lieu du tanin on utilise l'acide gallique, la réaction est plus rapide. Le pigment vert est le produit d'une réaction en milieu faiblement alcalin. Si ensuite, par le moyen du phosphate acide de potassium, on neutralise cette solution, la teinte passe au bleu. L'addition d'un acide fait immédiatement virer au rouge. La coloration rouge est celle de l'anthocyane de certains vins rouges légèrement violacés. Selon les circonstances, on obtient toute la gamme des rouges-roses aux mauves et aux bleus-verts. L'ammoniaque fait virer le rouge au vert comme il le fait pour l'anthocyane ; des solutions d'anthocyane du vin, de même concentration (jugée par l'intensité de la coloration), fournissent les mêmes réactions, celles de notre matière colorante synthétique.

On a donc ici une intéressante réaction qui, par un chemin

<sup>1</sup> Observations inédites.

<sup>2</sup> Chodat, R. Oxidationsfermente in Abderhalden. *Handbuch der Biochem. Methoden.*

inverse, amène au même résultat que les analyses des couleurs, c'est-à-dire que les tanins sont le point de départ pour la production des anthocyanes.

Nous disons anthocyanes, car toutes les recherches montrent qu'il y a, malgré les analogies, toute une classe de ces corps.

Quant au ferment la tyrosinase, il est très répandu dans le règne végétal. Je ne voudrais pas prétendre que, dans tous les cas, l'anthocyane doive son origine à l'action oxydante de la tyrosinase. Il n'est pas toujours facile d'isoler les ferments. Il n'est non plus certain que les ferments oxydants ne sont pas très nombreux et variés. Il faudra donc étudier dans quelle mesure la distribution des ferments oxydants spécifiques coïncide avec la formation de l'anthocyane. Disons en passant que la peroxydase intensifie l'action de la tyrosinase dans ce phénomène, soit sur le tanin, soit sur l'acide gallique. D'autre part, il se peut que d'autres substances oxy-acides aromatiques entrent aussi en ligne de compte. L'acide protocatéchique ne fournit cependant pas cette réaction. La pyrocatéchine au contraire réagit fortement vis-à-vis de la tyrosinase en produisant des pigments jaunes très intenses.

Quoiqu'il en soit, c'est pour la première fois, qu'à partir des tanins ou de leurs dérivés (ac. gallique), on arrive, en faisant agir la tyrosinase pure, à la production d'un pigment, dont l'analogie, sinon l'identité avec les anthocyanes est évidente.

Ainsi l'étude des ferments oxydants<sup>1</sup>, à son tour, viendra contribuer à jeter une lumière toute particulière sur le sujet si difficile de l'origine des pigments chez les plantes.

Il me resterait à vous parler de ces pigments jaunes si bien étudiés par notre regretté collègue *Kostanecki*, et dont M. le Prof. *Noelting* a fait un si lucide exposé dans le dernier volume des Actes (1911).

Il me faudrait vous parler aussi de la distribution des pigments dans les tissus des plantes, des dispositifs qui, dans l'épiderme, concourent à donner de l'éclat aux pétales, de ces papilles qui

<sup>1</sup> Chodat et Bach. *Bericht d. d. Chem. Ges.*, 1902-1906. — Abderhalden et Guggenheim, I, *Hoppe Seiler. Zeitschr. f. phys. Chem.*, 1908. — Chodat et Staub. *Archives*, 1907.

fonctionnent à la fois comme miroirs et comme lentilles. Il y aurait aussi à exposer les combinaisons par lesquelles, au rouge de la carotène ou au jaune d'or de son dérivé, la xanthophylle, viennent s'associer les rouges et les bleus des anthocyanes ou des flavones jaunes-dorés du suc cellulaire. Mais j'ai déjà été trop long. Il me suffit en terminant d'insister sur la nécessité dans laquelle se trouve le biologiste d'être attentif aux recherches poursuivies par les disciplines connexes, la physique et la chimie. Des réunions comme celles de la Société helvétique des sciences naturelles qui groupent des spécialistes du domaine étendu des sciences naturelles, sont l'image du travail scientifique qui, sur la base de la spécialisation, déborde au delà de ses limites étroites et utilise les découvertes d'un champ beaucoup plus étendu.

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Der Gebirgsbau der Zentralschweiz

von

Dr. P. ARBENZ (Zürich)

Mit einem Deckenschema der Zentralschweiz und Längsprofilen  
(Tafeln I und II).

---

Achtundzwanzig Jahre sind verflossen, seit *Marcel Bertrand*(1) durch seine Umdeutung der Profile durch die Glarneralpen den Anstoss zur Umwälzung der grundlegenden Vorstellungen über den Bau unseres Gebirges gegeben hat. Er setzte an Stelle der Glarner Doppelfalte, die aus einer von Norden und einer von Süden her kommenden Falte bestehen sollte, eine einheitliche von Süden gegen Norden geschobene Falte, indem er die ganze Nordfalte an die Südfalte anhängte, die Wurzel der gesamten überschobenen Massen von Glarus im Süden, im Vorderrheintal suchte.

Es dauerte lange, bis diese fundamentalen Vorstellungen, die bereits *Bertrand* auch auf die Præalpen der Westschweiz und des Chablais angewandt hatte, ausgebaut wurden. *Schardt* war es, der zuerst im Laufe der neunziger Jahre die Præalpen und Klippen der Schweiz als von Süden her überschobene, exotische Massen ausführlich und in aller Schärfe darstellte. An der Jahresversammlung unserer Gesellschaft in Engelberg, 1897 (2), sprach er in einem denkwürdigen Vortrag über dieses Thema.

1897 griff *Bertrand* (3) nochmals ein wichtiges Problem alpiner Tektonik auf. Er zog zusammen mit *Golliez* die Konsequenzen aus seiner früher geäußerten Anschauung über die Glarner Ueberschiebung auch für die Berneroberrländer und Unterwaldner Kalkalpen, deren erste Durchforschung und

Kartierung wir *Moesch* verdanken. *Bertrand* gelangte zum Schlusse, dass das ganze Gebirge nördlich der Linie Surenen-Jochpass-Scheidegg überschobenes, wurzelloses Gebiet sei, dessen Heimat wie die ehemalige Glarner Nordfalte im Süden, südlich des krystallinen Aarmassivs zu suchen sei. Damit war der Schlüssel zur Umdeutung aller Profile zwischen Genfersee und Rhein gegeben.

Merkwürdigerweise machte aber auch diese überaus wichtige Arbeit in ihrer vorsichtigen Ausdrucksweise momentan keinen allgemeinen Eindruck.

Erst als in den Jahren 1901 und 1902 *Lugeon* mit seinem epochemachenden Werk: *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse* (4) hervortrat, begannen die *Bertrand*'schen Ideen, erweitert und vertieft durch *Lugeon*, ihren Siegeszug durch die Geologenschulen in nah und fern. *Lugeon* war es auch gelungen, in den Gneissregionen des Wallis die Existenz von Deckfalten nachzuweisen.

Nichts zeugt mehr für die Fruchtbarkeit der *Lugeon*'schen Ideen und Konstruktionen als der Umstand, dass auch heute noch, zehn Jahre nachdem diese Arbeit erschienen, die Geologen mit der Anwendung und dem Ausbau der neuen Lehre beschäftigt sind. Mehr als je stehen wir heute, wie wir sehen werden, auf dem Boden dieser Ideen. Gerade die Alpen der Zentralschweiz sind und bleiben ein klassisches Beispiel eines Gebirgsstücks, dessen Bau erst durch einen verblüffenden und zunächst kaum glaubhaft erscheinenden tektonischen « Kunstgriff », wenn ich so sagen darf, verständlich wurde. Dabei ist das Problem im Ganzen betrachtet erstaunlich einfach. *M. Bertrand* schrieb 1884 mit Recht: « C'est simplement au fond l'hypothèse d'un pli unique, substituée à celle du « double pli » d'*Escher*. » Doch im Einzelnen stellen sich enorme Komplikationen ein. Nur eine gründliche Neudurchforschung des Alpengebietes konnte hier Licht schaffen. Die Schweizerische geologische Kommission, an ihrer Spitze Prof. *Alb. Heim*, beauftragte eine ganze Reihe von jüngern Geologen, darunter auch den Sprechenden, mit solchen Neuaufnahmen. Heute ist der grösste Teil der Kalkalpen zwischen Diablerets und Rhein fertig auf-

genommen, ferner wurde ein grosser Teil des Walliser Deckenlandes neu kartiert. Diese grosse Arbeit hätte mit verhältnismässig so geringen Mitteln niemals in so kurzer Zeit ausgeführt werden können, hätten nicht die neuen Ideen bei der geologischen Jungmannschaft einem wahren Feuereifer gerufen.

Es wäre undankbar, würden wir an dieser Stelle nur derjenigen Männer gedenken, denen wir den gegenwärtigen Aufschwung der Alpengeologie zuschreiben müssen. Mit Bewunderung müssen wir aber gerade heute auf die Werke eines Pioniers der Alpengeologie blicken, dessen Arbeitsfeld das Reusstal war: Dr. *Lusser*. Seine Profile (5) waren für jene Zeit (sie erschienen 1842 in den Denkschriften), da man von Jura, Kreide und Eocän in diesem Lande noch kaum etwas wusste, von einer ungewöhnlichen tektonischen Genauigkeit. Wir sehen bereits die Windgällenfalte in ihren grössten Umrissen dargestellt, wir finden in seinen Profilen den Faltenwurf des Frohnalpstocks, der Bauenstöcke richtig wiedergegeben. Seine scharfen Einzelbeobachtungen haben auch heute noch ihren Wert. Wenn *Lusser* damals noch nicht jeder Stufe und jedem Gestein seinen richtigen Namen geben konnte, so fallen doch seine Gruppen der « Niederschläge erster, zweiter, dritter Art » mit den tektonischen Einheiten, wie man sie heute unterscheidet, grösstenteils zusammen.

Wie manchen Wandel die Ansichten über den Bau der Zentralschweiz durchgemacht haben, lässt sich nicht mit wenigen Worten sagen. Ich muss mich darauf beschränken, die Resultate der Neudurchforschung zu schildern. Nur zu einem kleinen Teil kann es sich um Resultate eigener Arbeiten handeln. Für die östliche Schweiz (Glarner- und St. Galler-Alpen) sind die Aufnahmen von *Oberholzer* und *Arnold Heim* massgebend, im Vierwaldstätterseegebiet die Arbeiten von *Tobler* und *Buxtorf*; für die Windgälle kommen die neuen Arbeiten von *W. Staub* in erster Linie in Betracht; die Urirotstockgruppe und die Berge zwischen Engelberg, Meiringen und dem Sarnersee sind das Arbeitsfeld des Sprechenden. Für den grössten Teil unseres Gebietes liegen geologische Spezialkarten vor. Eine geologische Karte der Umgebung des Vierwaldstättersees, in der Haupt-

sache von *Tobler* und *Buxtorf* aufgenommen, befindet sich im Druck.

Bevor wir uns mit dem Bau der Zentralschweiz im Einzelnen befassen können, ist es wohl zweckmässig, einen Ueberblick über die *Gliederung des Alpenkörpers* zu geben, so wie sie heutzutage angenommen wird. Nicht dass damit das letzte Wort über die regionale Tektonik unseres Gebirges gesprochen wäre. Die Ansichten, die Namen werden sich noch häufig ändern.

Diejenigen Partien der Alpen, in denen die krystallinen Gesteine (Granit, Gneiss und krystalline Schiefer im allgemeinen) auf grossen Flächen zu Tage treten, — Regionen, die meistens schon durch ihre Massenerhebung ausgezeichnet sind, — pflegt man *Zentralmassive* oder kurz *Massive* zu nennen. Man spricht von einem Aarmassiv, Gotthardmassiv, Silvrettamassiv u.s.w. Unter diesen zeigen die nördlichen, alpenauswärts gelegenen Massive: Mont-Blanc-, Aiguilles-rouges-, Aar- und Gotthard-Massiv, ferner auch der südlichste Gneissdistrikt, das Massiv des Monte-Cenere (Seengebirge) steile Stellung der Gneisse und diskordante Ueberlagerung durch jüngere Schichten. Alle die genannten Massive sind zwar intensiv gefaltet, als Ganzes sind sie jedoch an Ort und Stelle geblieben, d.h. *autochthon*. Die Reihe von äusseren Massiven, die auch in den Westalpen mehrere Vertreter hat, erfuhr in der Carbonzeit zusammen mit dem Seengebirge und gleichzeitig mit Vogesen und Schwarzwald eine intensive Faltung. Man bezeichnet diese als die *hercynische* Faltung, und die Gebirge, die damals in Mitteleuropa aufgestaut wurden, das armoricanische und variscische Gebirge. Schon zu Beginn der Triaszeit hatte dieses alte mächtige Gebirge seine scharfen Formen verloren und war auf weite Strecken sogar völlig ausgeebnet.

Ganz anders verhalten sich die Gneissmassive in Wallis, Tesin und Bünden. In ihnen ist keine alte Faltung, keine Discordanz unter der Trias vorhanden. Hier hat der carbonische Schub nicht gewirkt, wohl aber nördlich und südlich dieses Streifens. Um so mehr ergriff dafür in der Tertiärzeit der faltende Schub dieses bisher verschonte Gebiet und türmte mächtige Gneissdecken in Form von liegenden Falten übereinander.

Wir nennen diese Zone, deren Erforschung und tektonische Deutung in neuester Zeit insbesondere von *Argand* (6) in hohem Masse gefördert wurde, die *penninische Zone* und die Ueberfallungsdecken in dieser Region die *penninischen Decken*.

Die Sedimente, die zu den Massiven gehören, verhalten sich in tektonischer Beziehung wie diese selbst sehr verschieden. Ueber dem krystallinen Untergrund der äussern autochthonen Massive liegt eine reichgegliederte Schichtserie von Trias bis Eocän, in der meistens der Jura dominiert. Dies ist der *autochthone Sedimentmantel* der äussern Massive. Nach der Fazies seiner Sedimente gehört er zur helvetischen Zone.

Ganz anders sieht die Sedimenthülle der penninischen Massive aus. Hier dominieren mesozoische, mehr oder weniger tonige Schiefer, die im Wallis als *Schistes lustrés* oder *Glanzschiefer*, in der östlichen Schweiz als *Bündnerschiefer* bezeichnet werden.

Das Bindeglied zwischen der autochthon-helvetischen und der penninischen Region ist in den *helvetischen Decken* zu finden.

Diese Massen entstammen in der Tat der Region am Südrande der autochthonen Massive, vor allem des Aarmassivs. Hier ist ihre Wurzel, die im Wallis bei Sitten und in Bünden im Vorder-Rheintal zu sehen ist. In Form von mächtigen Deckfalten (*nappes de recouvrement*) überdeckten sie das Aarmassiv, sind aber auf der Massivhöhe völlig abgetragen worden. Dagegen blieben sie nördlich des Massivs in einer vertieften Zone, und an den Enden des Massivs, d.h. da wo das Massiv in die Tiefe taucht, auch auf dem Scheitel des Gebirges ganz oder teilweise erhalten. Am Alpenrande schliesslich bäumen sie sich wieder auf. Das ist die Brandungszone und zugleich die Stirnregion der helvetischen Decken. Somit besitzen die helvetischen Decken zunächst der Wurzel einen *aufsteigenden Teil*, dann eine *Scheitelregion* über der Massivhöhe, einen *absteigenden Teil* und zuletzt nochmals eine *aufsteigende Stirnregion* am Rande des Molasselandes.

Die helvetischen Decken zerfallen in eine Anzahl von mehr oder weniger tief von einander getrennten *Zweig-* oder *Teildecken*. Als Ganzes hervorgegangen, aus liegenden Falten und Schuppen, zeigen diese Teildecken selbst wieder intensive

Sekundärfalten. In der Fazies ihrer Schichtreihen sind die helvetischen Decken unter sich recht verschieden. Von Norden gegen Süden, d.h. in der Richtung von der helvetischen gegen die penninische Zone, ist eine allgemeine Zunahme der Mächtigkeit der meisten Stufen zu konstatieren, und zwar setzen besonders die schiefrig-tonigen Ablagerungen immer stärker ein und verdrängen die Kalkfazies.

Ueber den helvetischen Decken liegen aber noch weitere Massen, die noch höheren Decken angehören. In der Westschweiz und im Chablais sind sie in den *Præalpen* zusammenhängend erhalten, in der Zentral- und Ostschweiz dagegen nur noch in Ueberresten, den sogenannten *Klippen*, vor der Abtragung bewahrt geblieben. Die Fazies ihrer Schichtreihen ist von der helvetischen stark verschieden und deutet auf eine weit südlichere Heimat. Innerhalb der penninischen Zone können sie ebenfalls nicht wurzeln, wir müssen sie daher von einer noch südlicher gelegenen Zone ableiten.

Der Bau Graubündens kann über die Lage der Wurzeln dieses Deckensystems Aufschluss geben. Aequivalente der Klippendecke und deren Begleiter liegen nämlich dort über dem penninischen Bündnerschieferland und reichen südwärts mindestens bis zum Engadin und Bergell. Man nennt dort diese Decken im allgemeinen die *lepontinischen*. Auch hier müssen wir aber die Wurzeln dieser Decken südlich der penninischen Zone erwarten.

Damit ist aber noch nicht das höchste Glied des Alpenkörpers genannt. Auf den lepontinischen Decken Graubündens liegt das System der riesigen *ostalpinen Decken* mit ihrer mächtigen Triasentwicklung, mit riesigen überschobenen Gneissmassiven wie Silvretta und Oetztalemasse, mit Fenstern, in denen des lepontinische und penninische Untergrund zum Vorschein kommt (wie im Unter-Engadin, in den Hohen-Tauern und am Semmering). Die Wurzeln dieses mächtigen Deckenlandes kommen vom Tonale-Pass ins Veltlin herüber und lassen sich dann weiter über Bellinzona bis gegen Ivrea verfolgen.

Die Linie, an der die ostalpinen Decken gegen Westen aufhören, zieht sich quer durch den ganzen Alpenkörper hindurch.

Sie schneidet das Faltenstreichen unter schiefem Winkel. Diese Linie entspricht nicht der Stirn der Decke, sondern ist lediglich als ein Erosionsrand aufzufassen. Das ostalpine Deckensystem ist als Ganzes wie das lepontinische und helvetische von Süden gegen Norden (nur lokal von Süd-Osten gegen Nord-Westen) gewandert und hat auch noch eine Strecke weiter westwärts über dem penninischen und helvetischen Gebiet gelegen, wo es heute verschwunden ist. Somit liegen auf Grund der Deckentektonik die Ostalpen nicht neben, sondern *über* den Westalpen und ihrer Fortsetzung.

Betrachten wir noch zum Schlusse dieser Uebersicht die Lage der Decken und ihrer Wurzeln im Vergleich mit den Massiven, die in der Carbonzeit gefaltet worden sind, dem Aarmassiv und dem insubrischen Seengebirge. Alle Decken unseres Landes stammen ohne Zweifel aus dem Raum zwischen diesen beiden alten verfestigten Klötzen. Diese beiden Massivzonen im Norden und im Süden wirkten zur Zeit der Faltung im Tertiär auf die sich bildenden Decken wie die Backen eines Schraubstocks.

So folgen sich also südlich der äusseren Massive nacheinander die Wurzeln der helvetischen, penninischen, lepontinischen und ostalpinen Decken. Hauptwurzeln sind die Linie des Rhone-Rheintales für die helvetischen Decken, das Veltlin und die Amphibolitzone von Ivrea für die ostalpinen Decken.

Am *Aufbau der Zentralschweiz* nehmen Teil: das autochthone Aarmassiv, die helvetischen Decken und einige Klippenberge.

Das *Aarmassiv* im weitern Sinne zerfällt zwischen Andermatt und Erstfeld, wie auch weiter westlich in zwei Teile. Der südliche Teil, das eigentliche Aarmassiv, enthält den karbonischen Intrusivstock des Aaregranits mit seinen randlichen Porphyrapophysen. Vom nördlichen Teil ist dieser durch die tiefe muldenförmige Einfaltung der Windgälle getrennt, die sich wohl ins Maiental zum Malmkalkheil von Färnigen und den jurassischen Mulden am Sustenpass fortsetzt. Der nördliche Teil des Massivs, das Massiv der Erstfeldergneisse, besteht in der Hauptsache aus Injektionsgneissen, sedimentären Gneissen

und sericitischen Schiefen hohen Alters. Die diskordante Auflagerung des Karbons auf den Gneissen westlich des Wendenjochs beweist, dass es sich im Erstfeldermassiv um vor- oder altkarbonische Gesteine und Intrusionen handelt.

Rechts des Reusstales wird das Erstfeldermassiv von seinem autochthonen Sedimentmantel überwölbt, links des Tales ist dieser auf dem Scheitel des Gneissrückens nur noch in kleinen Resten auf der Krönte, am Zwächten und an den Spannörtern erhalten. Zusammenhängend stellen sich hier die autochthonen Sedimente erst am Nordabfall des Massivs ein und bilden die hohen Felsmauern der Schlossberg- und Titliskette. Auffallend ist, wie die mesozoischen Schichten diskordant auf den Schichtköpfen der Gneisse und auch des Karbon aufsitzen. Wir ersehen daraus, dass der Untergrund schon in karbonischer Zeit gefaltet und vor Beginn der Triasperiode bereits wieder abgetragen und ausgeebnet war.

Ueber das Erstfeldermassiv und seinen Sedimentmantel schwingt sich die mächtige Windgällenfalte mit ihrem Porphyry im Gewölbekern. Sie wurzelt nach *W. Staub* (7) südlich des Maderanertales und stammt mit samt dem Porphyry aus der südlichen Massivzone, d.h. aus dem eigentlichen Aarmassiv. Somit ist hier ein Teil des Aarmassivs über das tieferliegende Erstfeldermassiv hinübergefaltet worden.

Westlich des Reusstales ist von der Windgällenfalte nichts mehr vorhanden. Sie hatte einst hoch über den Spannörtern und der Krönte gelegen. Dafür stellen sich im Erstfeldertal, im Gadmertal und bei Innertkirchen im Nordmassiv bedeutende Trias- und Malmfalten ein, die besonders im Urbachtal durch die Arbeiten von *Baltzer* berühmt wurden. Im Querprofil des Haslitals fällt die Trennung von Nord- und Südmassiv schwer, weil eine der Färniger Mulde entsprechende Synklinale aus Jurakalk fehlt. Erst vom Mönchsloch an stellt sich ein der genannten Mulde höchst wahrscheinlich entsprechender Kalkzug wieder ein, der unter dem Namen *Oberer Jungfraukeil* bekannt ist. Dieser reicht westwärts bis ins Lötschental und grenzt das Massiv des Gasterngranits südlich vom eigentlichen Aarmassiv ab. Gasterngranit und Erstfelder Gneisse gehören in die glei-

che Zone (Zone der nördlichen Gneisse) und entsprechen sich tektonisch. Das eigentliche Aarmassiv verhält sich zum nördlich vorgelagerten Gastern-Erstfeldermassiv gleich wie das Mont-Blanc-Massiv zum Massiv der Aiguilles-Rouges.

Kehren wir zur Windgälle zurück. Ueber dem Malm folgt direkt das Eocän (die Kreide kann hier übergangen werden), das zusammen mit Oligocän in grosser Mächtigkeit das ganze Schächental erfüllt und über die Surenen nach Engelberg zieht. Innerhalb dieser Eocänzone, wir wollen sie die *parautochthone* nennen, gibt es reichliche Komplikationen. Malmfalten spalten das Tertiär in mehrere Serien, die zum Teil den Namen Decke verdienen, weil sie grösstenteils von ihrer Wurzel abgetrennt sind. Sie haben sich südlich über der Windgälle vom Mantel des reichgefalteten Aarmassivs abgetrennt. Dahin gehören Griesstock- und Faulendecke. Wir wollen diese kleinern Decken, die von *W. Staub* eingehend studiert worden sind, nach *Arnold Heim* die *parautochthonen* Decken nennen.

Von grosser Bedeutung ist das tektonische *Verhältnis der Windgällenfalte zu den parautochthonen Decken*. Die Windgällenfalte hat sich nämlich in diese Decken hineingedrängt und überfaltet die unterste sogar ein Stück weit. Dieser Vorgang ist der Anfang zu einer Einwicklung, einem Phänomen, dem wir später noch unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Wir können aus diesen Verhältnissen schliessen, dass *die Windgällenfalte gegenüber den parautochthonen Decken in ihren letzten Bewegungen jünger ist*.

Die parautochthone Tertiärzone ist eine der wichtigsten Zonen in den helvetischen Alpen. Sie erweitert sich gegen Osten beträchtlich und erreicht im Flyschgebiet von Elm und Linthal ihr Maximum. Gegen Westen verschmälert sie sich rasch. Am Jochpass und bei Meiringen erreicht sie stellenweise kaum noch dreissig Meter. Dass sie sich durch das ganze Berner Oberland bis zur Gemmi fortsetzt, wurde schon 1897 von *Marcel Bertrand*(3) festgestellt. Sie scheidet überall die autochthone Zone im Süden von den nordwärts absteigenden noch erhaltenen Resten der helvetischen Decken.

In der Zentralschweiz, speziell im Quertal der Reuss, finden

wir, abgesehen von den bereits genannten *parautochthonen*, in der Hauptsache nur *zwei helvetische Decken*, die unter sich selbst wieder durch ein Band von Eocän getrennt sind.

Die obere Decke baut Frohnalp und Bauenstöcke auf und wird als *Drusbergdecke* bezeichnet, die untere, die südlich unter der genannten hervorkommt bildet die Axenkette und die Berge von Isental. Sie trägt den Namen *Axendecke*.

Die beiden Decken sind in ihrer *Kreidefazies* stark voneinander verschieden. Die obere Decke, die sog. *Drusbergdecke*, ist durch eine mächtige Entwicklung der Kreidesedimente ausgezeichnet. Die kalkigen Horizonte nehmen innerhalb dieser Decke von Norden gegen Süden an Mächtigkeit ab. An ihre Stelle treten mergelige und tonige Schichten.

Die *Axendecke* dagegen zeigt im Ganzen bedeutend geringere Mächtigkeiten in der Kreide und ein Ueberwiegen der kalkigen Fazies, besonders im Valangien.

In den *parautochthonen Decken* ist die Kreide nur rudimentär ausgebildet, im *autochthonen* Windgällengebiet fehlt sie mit Ausnahme des tiefsten noch fraglichen Horizontes gänzlich.

Denken wir uns die verschiedenen Decken an ihren Ursprungsort zurückversetzt, so bekommen wir von Norden nach Süden im ehemaligen Ablagerungsraume eine *stetige Faziesveränderung* und zwar in dem Sinne, dass die Kreidesedimente südwärts in immer grösseren Mächtigkeiten auftreten.

Eine ähnliche Faziesfolge lässt sich auch in der Kreide der Säntis-Churfirstengruppe und auch im Wildhorngebiet nachweisen.

Die *Strukturformen* der beiden in der Zentralschweiz dominierenden Decken, der Drusbergdecke oben und der Axendecke unten, zeigen wesentliche Differenzen.

Während in der *Drusbergdecke* eine Anzahl von schräggehenden Falten, z. B. die Falte des Seelisbergerkulms, des Frohnalpstocks, der Fallenfluh, das Bild beherrschen, tauchen in der Axendecke alle Falten in die Tiefe. Die Ueberschiebungsflächen beider Decken tauchen zwar am Urnersee in gleicher Weise nordwärts in die Tiefe, die Stellung der Sekundärfalten ist aber in beiden sehr verschieden. Die Axendecke kann als Beispiel einer mit der Stirn in die Tiefe *tauchenden Decke*

bezeichnet werden. Die Drusbergdecke und die nordwärts unmittelbar sich daran anschliessenden tieferen Teildecken erheben sich dagegen in der nördlichen Kalkkette wieder. Die Stirnen dieser Decken, Falten und Schuppen schauen nicht in die Tiefe, sondern schräg nach oben.

Die Axendecke gehört zu den kompliziertesten Teilen der helvetischen Alpen. Seit den Untersuchungen von *Alb. Heim* ist allbekannt, wie am Urnersee eine eocäne Mulde von unten in die Kreide am Axen hineingreift und oben von Kreide völlig überwölbt wird. An der Silbern und am Glärnisch, die in die östliche Fortsetzung der Axendecke gehören, konnte *Oberholzer* eine ganze Anzahl von grossen Schuppen und Teildecken nachweisen. In der Axenkette selbst werden uns die Untersuchungen von *Buxtorf* und *Hauswirth* ähnliche Komplikationen aufdecken.

Die Drusbergdecke enthält in der Zentralschweiz nur Kreide und Eocän. Einzig bei Muotatal und am Schonegg-Pass ist etwas Malm mitgekommen. Im allgemeinen sind aber die Jurakerne dieser Decke weiter im Süden zurückgeblieben und der Abtragung anheimgefallen.

Ganz anders verhält sich die *Axendecke*. Ihr Jura ist in riesigen Massen bei der Ueberschiebung genügend weit mitgelangt, dass er noch heute erhalten bleiben konnte. Er nimmt die Flächen zwischen dem Bösen Faulen, dem Ortstock und dem Kinzig-Kulm ein. Der Malmkalk erreicht aber mit seiner tauchenden Gewölbestirn das Niveau des Urnersees nicht, sondern schliesst höher oben am Gruonbach total umwickelt von unterer Kreide auf.

Seinerzeit, als man diese Kette notwendigerweise als autochthon ansehen musste, war es kaum begreiflich, warum dieser Malm keinen Stiel nach der Tiefe besitzt. Auf Grund der Deckentheorie wird dieses Strukturbild ohne weiteres verständlich.

Verfolgen wir nun die beiden Decken im Streichen, und zwar zunächst nach Osten.

Die Falten der Drusbergdecke setzen sich im obern Sihltal fort. Am Fluhbrig ist die Stirn der Drusbergdecke als mäch-

tiges liegendes Gewölbe erhalten. Unter der eigentlichen Drusbergdecke (*Arn. Heim*) (= Fluhbrigdecke nach *Lugeon*) erscheinen östlich des Wäggitals zwei tiefere Abzweigungen der gleichen Decke. Sie tragen den Namen *Räderten-* und *Wiggis-* (resp. *Säntis-*) decke. Die Drusbergdecke selbst ist dort abgewittert. An die Wiggisdecke schliessen sich die Churfürsten und an diese das Faltenbüschel des Säntis. Aus diesem Grund hat *Arn. Heim* an Stelle des Namens Wiggisdecke den der *Säntisdecke* eingeführt. Geht man dem Kamme der Churfürsten entlang gegen Südosten, so erreicht man in der Alviergruppe die streichende Verlängerung der Räderten- und Drusbergteildecken. Hier finden wir aber solche grosse Falten nicht mehr. Die Räderten- und Drusberg- (Fluhbrig-) teildecken resp. Falten klingen somit gegen Osten aus. Der faltende Schub hat sich dafür im Säntisgebirge um intensiver ausgelöst.

Hier im äussersten Osten der höhern helvetischen Decke (Säntis-Drusbergdecke) sind am Gonzen auch die Jurakerne dieser Decke erhalten.

*Wir sehen somit wie die Drusbergdecke gegen Osten ausklingt und ihre Rolle der Wiggis-, im weiteren Sinne der Säntisdecke abtritt.*

Gehen wir zur *Axendecke* über. Ihre Hauptentwicklung fällt zwischen Ortstock und Glärnisch. Oestlich des Linthtals ist sie nur in Liasresten (Magereu, Spitzmeilen) erhalten. Bei Wallenstadt hat *Arn. Heim* Reste derselben aufgefunden. Es handelt sich aber nur um Jura, und auf diesem liegt unmittelbar die Säntisdecke (Churfürsten). Man kann sich nun fragen, wo die Kreide der Axendecke östlich des Linthtales hingekommen sei. Ich bin nun zur Ansicht gelangt, dass wir sie wenigstens teilweise im Säntis suchen müssen. Im Glärnischgebiet ging der Komplex der Drusbergdecke mit ihren Abzweigungen über die Axendecke hinweg, im Osten wurde die Kreide der Axendecke von ihrem Jura abgetrennt und der Stirn der Wiggis- (Säntis-) decke angegliedert.

Während wir im Reusstal unter der Axendecke direkt auf die parautochthone Flyschzone stossen, schieben sich im Glarnerland unter der Axenkette noch die *Mürtschen-* und die *Glar-*

*nerdecke* ein. Beide reichen gegen Westen nur wenig über Linthal hinaus. Diese beiden tiefsten Decken sind die einzigen helvetischen Decken die eine vollständige Schichtreihe vom Verrucano bis zum Eocän enthalten. Alle höheren Decken der Zentralschweiz enthalten als älteste Schichten höchstens Trias.

Es ist gewiss kein Zufall, dass sich die tiefern helvetischen Decken da einstellen, wo gegen Osten das Aarmassiv zur Tiefe sinkt, und dass vor dem Massiv selbst nur die höhern Decken zur Geltung gelangen.

Verfolgt man unsere Decken auch *westlich des Reusstals*, so tritt dieses Verhältnis deutlich in Erscheinung.

Wir können die Kreidefalten der Drusbergdecke der Zentralschweiz gegen Westen bis zum Brienersee verfolgen, und von dort ist der Anschluss an die grösste helvetische Decke der westlichen Berneralpen, die *Wildhorndecke*, leicht möglich. Wir können somit sagen, dass die *Drusberg-Säntisdecke in die östliche Fortsetzung der Wildhorndecke fällt*.

Die Fortsetzung der *Axendecke* westlich des Reusstals finden wir in der *Urirotstockgruppe*. Die höhern Gipfel und Plateaux dieses herrlichen Gebirgsstücks sind aus Malm, Dogger und Lias einer höhern Abzweigung der Axendecke, der Urirotstockdecke herausmodelliert und zeigen intensive Faltungen<sup>1</sup>. Die Kreideregion der Axendecke nimmt westlich des Urnersees die Gegend von Isental ein. Eine tiefe Mulde trennt sie von der Kreide des Gitschen, die als verkehrte Serie der Urirotstockmasse zu deuten ist.

Der Malm am Fuss des Gitschens könnte als Fortsetzung desjenigen ob Flüelen angesehen und zur Axendecke gerechnet werden. Er ist aber faziell ganz anders ausgebildet. Es ist ein heller Korallenkalk, wie er sich in der Axendecke nicht findet. Ohne Zweifel gehört er einer tiefern tektonischen Einheit an. Auch am Weissberg bei Engelberg ist eine Linse solchen Korallenkalks unter der Urirotstockdecke vorhanden.

Die Urirotstockdecke und die Kreide der eigentlichen Axen-

<sup>1</sup> Die neuesten Mitteilungen von A. Buxtorf lassen darauf schliessen, dass die Urirotstockdecke die direkte Fortsetzung der Axendecke ist, dass somit beide Decken identisch sind. (Während des Druckes beigelegt).

decke reichen nach Westen nicht wesentlich weiter als bis zum *Engelbergertal*. Dort legen sich auf die Urirotstockdecke die komplizierten Jurafalten der *Hutstockgruppe*. Die jüngsten Schichten, die an diesen Falten teilnehmen, gehören zur untersten Kreide, alle jüngern Sedimente bewegten sich weiter nach Norden. Dass die Hutstockfalten und die Berge bei der Frutt zur höhern helvetischen Decke (im Sinne von *A. Buxtorf*) gehören, unterliegt keinem Zweifel. Wir sehen somit in dieser Region zum ersten Mal die Jurakerne der Drusbergdecke erhalten. Sie verdanken ihre Erhaltung dem Umstand, dass *die Axendecke und ihre Fortsetzung, die Urirotstockdecke, gegen Westen aufhören*. Diese teilen also das Schicksal der tiefern Decken von Glarus: ihre Stirn zieht sich zurück. Eine um die andere der tiefern Decken setzt an der Basis der helvetischen Schubmassen aus, so dass vom Jochpass zum Lauterbrunnertal einzig die Drusberg-Wildhorndecke übrig bleibt<sup>1</sup>.

*Im Gegensatz zu diesen tiefern Decken, der Axendecke im engern Sinne und der Urirotstockdecke, zeigt die höhere Decke, die Drusbergdecke, im Zentrum der Schweiz vor dem Aarmassiv keine abgeschwächte Form*. Im Gegenteil sind ihre Sekundärfalten hier zum Teil viel intensiver als im Osten. So nimmt die kleine Falte am Hauserstock ob Sisikon gegen Westen an Grösse immer mehr zu, wird im Engelbergertal zu einer grossen liegenden Falte und entwickelt sich schliesslich zu einer Art Teildecke, der Augstmatthorndecke von *P. Beck*.

Wir sehen somit, dass bei der jetzigen Nomenklatur Decke und Decke jedenfalls nicht immer dasselbe sagen will. Grosse *Stammdecken* müssen von kleinern *Zweig- oder Teildecken* unterschieden werden. Besonders diese letztern gehen im Streichen deutlich aus liegenden Falten hervor, wie denn überhaupt der Faltenbau die Tektonik der helvetischen Alpen durchaus beherrscht.

Immer noch werden mehr und mehr Decken unterschieden, die Analyse der Strukturformen schreitet weiter. Für den Nicht-

<sup>1</sup> Inwiefern hier auch noch Reste der Diableretsdecke vorhanden sind, ist zur Zeit noch nicht eruiert worden.

eingeweihten wirkt diese grosse Zahl von Decken und Decklein verwirrend. Wer aber den Gang der Erforschung verfolgt, wird keinem der zahlreichen Terraingeologen einen Vorwurf daraus machen, dass er zu viel Decken unterschieden hat. Es fällt nachher, wenn man den Charakter der vielen Einzelteile einmal kennt, nicht schwer, Ordnung zu schaffen und zusammenzufassen, was zusammengehört.

Besonders reichgegliedert ist die *Kreideregion des Vierwaldstättersees*. In der *Randkette*, die tektonisch an die tiefern Teile der Wildhorndecke, d.h. an die Räderten- und vor allem an die Wiggis-(Säntis-)decke anschliesst, unterscheidet *Buxtorf* (3) eine Niederhorn-, Pilatus- und Bürgenstockdecke. Selbstverständlich sind dies nur Zweig- oder Teildecken, deren Jurakerne weiter zurück zu suchen sind. Sie haben zum Teil gedrängten Faltenbau, zum grössten Teil handelt es sich aber nur um einfache Schuppen ohne irgend eine gewölbeförmige Stirnbiegung. Im Gegensatz zu den bisher geschilderten weiter südlich gelegenen Deckenteilen, wo die Ueberschiebungsflächen an der Basis der Decken gegen Norden in die Tiefe fallen, steigen die verschiedenen Teildecken der *Randkette* nordwärts empor. Die Unterfläche der helvetischen Decken hat somit in der Zentral- und Ostschweiz die Form einer *Mulde*. Dies ist die « Absenkungszone ».

In dieser Mulde, wo alle tektonischen Elemente die tiefste Lage einnehmen, liegen die *Klippenberge* (Giswilerstöcke, Stanserhorn, Buochserhorn, Klewenalp, Mythen) als Reste der höhern Decken mit exotischer Fazies.

Bisher habe ich versucht, die Gliederung der helvetischen Alpen in Decken zu schildern, deren Verbreitung und Beziehungen zu einander kurz zu erörtern, somit im Grossen und Ganzen die Formen der Querprofile zu charakterisieren. Bevor wir aber dazu übergehen können die Formen der Längsprofile ins Auge zu fassen, muss noch eine wesentliche Komplikation im helvetischen Gebirge erwähnt werden. Das sind die *Einwicklungen* höherer Decken unter tiefere.

*Lugeon* machte schon in seiner grundlegenden Arbeit, dann aber auch später auf Reste von Decken aufmerksam, die ihren

normalen Platz über der Wildhorndecke, d.h. zu oberst auf den helvetischen Decken der Berneralpen haben und bereits zu dem Deckenkomplex der sog. Préalpes internes gehören, die aber sogar unter die Diableretsdecke hineingreifen und tief in den Muldensack zwischen dieser und der Morclesdecke in Liegenden eindringen. Die Diableretsdecke hat hier diese Reste der höhern Decke *eingewickelt*.

Wir haben durch *W. Staub* in der Windgälle Anfänge zu Einwicklungen kennen gelernt.

Von besonderer Bedeutung ist das Auftreten des sog. *Wildflysches* mit exotischen Blöcken und Fetzen von Kreideschichten in der parautochthonen Flyschzone der Zentral- und Ostschweiz. Er enthält Fossilien des Mitteleocän (Lutétien) und liegt über Obereocän (Priabonien, Bartonien) und Oligocaen. Seine Hauptverbreitung liegt in der Umgebung der Klippen. Der Wildflysch hat seine Heimat nicht in der parautochthonen Zone, sondern ist dorthin lediglich in Folge von Einwicklungen im grossen Stil gelangt, wie sie in Anlehnung an *Lugeon* auch *Arn. Heim*, *P. Beck* und *Buxtorf* annehmen. Die normale Position des Wildflysches wäre über den helvetischen Decken. Seine Heimat ist weiter südlich gelegen.

Aber nicht bloss Wildflysch, auch Reste der eigentlichen Klippendecke wurden eingewickelt. So liegen z. B. östlich des Thunersees Klippenpakete am Molasserand unter der helvetischen Randkette.

Daraus müssen wir ganz allgemein schliessen, dass *die Wildflyschdecke und die Decke der Préalpen (Klippendecke) schon an Ort und Stelle, d. h. schon überschoben gewesen sein müssen, bevor sich die helvetischen Decken entwickelten*. Ferner sind auch innerhalb der helvetischen Decken, wie wir an der Windgälle bereits gesehen haben, *die jüngsten nachweisbaren Bewegungen in den allertiefsten Decken und im Autochthonen selbst erfolgt*.

Dies geht mit aller Deutlichkeit aus dem *Verhalten des Aarmassivs zu den Decken* und deren Unterfläche hervor. Am Ende des Massivs ist der Abfall der Decken vom Scheitel gegen die Absenkungszone nicht steil. Vor der Mitte des Massivs dagegen wird die Ueberschiebungsfläche, je weiter wir nach Westen

vorrücken, immer steiler. Bei Meiringen steht sie stellenweise schon vertikal, und im Berner Oberland ist sie nach älteren und neueren Beobachtungen sogar auf längere Strecken überkippt. Wir sehen daraus deutlich, dass *die Ueberschiebungsfläche der helvetischen Decken nicht mehr ihre ursprüngliche Lage besitzt, sondern durch eine nachträgliche Aufwölbung und ein Vordrängen des Aarmassivs steil gestellt und zum Teil lokal überkippt wurde.*

Diese Steilstellung macht sich auch in den autochthonen Falten selbst bemerkbar, die z. B. in der Gegend der Engelhörner in ihren Malm-Eocänpartien gänzlich auf dem Kopf stehen. Bei dieser Umformung wurde auch die Windgällenfalte, wie wir gesehen haben, weiter vorgetrieben, der Flysch am Nordhang des Titlis und an der Schlossbergkette vom Autochthonen abgeschert, und die Decken glitten noch stärker in sich zusammen: Dabei stauten sich die einen und andern an Hindernissen, so z. B. die komplizierten Hutstockfalten an dem Faltenknäuel der Urirotstockdecke am Scheideggstock bei Engelberg. Ferner ist diese letzte Bewegungsphase gewiss für zahlreiche sekundäre Verschiebungen (Brüche etc.) innerhalb der Decken verantwortlich zu machen. Sie sind zu einer Zeit erfolgt, als die Decken auf dem Scheitel des Aarmassivs wohl schon teilweise abgetragen waren. Wenn man sich der Beweiskraft dieser Argumente nicht verschliesst, so muss man zugeben, dass die Decken über dem Massiv niemals so grosse absolute Höhen erreicht haben, wie man annehmen könnte, wenn wir sie uns über den heutigen Massiven in der Luft vollständig ergänzt denken.

Bis jetzt war nur von der Aufwölbung des Massivs die Rede, die die Scheitelregion der Decken noch erhöht hat, und wir können uns fragen, ob nicht auch die Absenkungszone vor dem Massiv in ihrer heutigen Form sehr jung sei und gleichsam als Mulde zu dem aufgestauten Gewölbe, als Vortiefe zur Massivfalte aufzufassen wäre. Noch sind wir auf Vermutungen angewiesen; trotzdem will es mir scheinen, dass die Verschärfung der Absenkungsmulde zusammen mit der letzten Massivaufwölbung nichts anderes sei als *eine flache Falte*, bestehend

aus Mulde und Gewölbe, eine Falte, die Autochthones und alle Decken zugleich ergriffen hat. Die Faltenform ist vor dem Massiv am schärfsten, flacher dagegen, wo das Massiv verschwindet.

Schliesslich liegt es nahe, auch die Ueberschiebung der Randkette und deren Anpressung an die Molasse mit dieser letzten Faltungsphase in Zusammenhang zu bringen.

Alle diese Ueberlegungen haben den Zweck nachzuweisen, dass die helvetischen Decken am Nordfuss des Aarmassivs nicht mehr die Form und Stellung zeigen können, die sie kurz nach der Ueberschiebung zeigen mussten. Ich möchte hier zum ersten Mal die Ansicht aussprechen, dass *alle* Decken, in denen die Sekundärfalten im allgemeinen überklippt sind, *nachträglichen Bewegungen diese Stellung verdanken*.

Ueberall in der Zentralschweiz zeigt es sich, dass die Drusbergdecke beim Ueberschreiten der Axendecke letztere tektonisch stark beeinflusst hat. Ganz besonders deutlich zeigt sich dies in den Bergen von Isenthal. Aber die letzte Steilstellung der Axenkette ist zweifellos jünger und mit den Vorschüben im Windgällegebiet in Zusammenhang zu bringen.

Wir sehen somit, dass wir den Prozess der Alpenfaltung selbst in einem kleinen, aber gründlich durchforschten Revier, gliedern können. Wir können zum mindestens drei Phasen unterscheiden:

1. Die Ueberschiebung des Wildflysch und der Præalpen, die im Eocän begonnen und im Oligocän im Wesentlichen vollendet war.

2. Die Ueberschiebung der helvetischen Decken, und zwar:
  - a) zuerst die der tieferen,
  - b) später die Beendigung der Bewegungen in der Drusbergdecke.

3. Die letzte Aufwölbung des Massivs und die Vertiefung der Absenkungszone. Gleichzeitig oder früher erfolgte der Vorstoss der parautochthonen Windgällefalte und analoger Falten.

Die faltenden Schübe haben sich also im Laufe der Zeit in die Tiefe zurückgezogen. Dies ist ein Phänomen, das uns nicht verwundern darf. Die Bewegungen dauern eben durch lange

Zeiträume hindurch. Abtragungen grosser Gebirgsteile wechseln ab und gehen Hand in Hand mit den Aufstauungen. Gebirgsstücke, die bereits durchtalt sind, können den Schub nicht mehr übernehmen; er packt naturgemäs die tieferen zusammenhängenden Teile der Erdrinde, und die *oberflächlichen Teile*, die Produkte älterer Schübe sein mögen, *werden als tote Fracht passiv mitgetragen*.

In jüngster Zeithat *Argand* (6) in verblüffender Weise die Faltung der penninischen Alpen in Phasen zergliedert. In jenem grossen Gebiete können prinzipielle Fragen gelöst werden. Die helvetischen Alpen sind ja doch nur eine *Dépendence* der penninischen, und es wird früher oder später gelingen müssen, die Wirkungen der Revolutionen in den mächtigen penninischen Decken, die verschiedenen Phasen der Unterschiebungen auch dem vorgelagerten, aufgewühlten und weggeschobenen helvetischen Lande aufzufinden. Doch dazu sind wir heute noch nicht gelangt.

---

Damit glaube ich die wesentlichsten Züge, die in den Querprofilen der Zentralschweiz zum Ausdruck kommen, erwähnt zu haben und möchte nun versuchen, die Aufmerksamkeit auf die Form der *Längsprofile* zu lenken, die für das Verständnis des ganzen Strukturbildes von grösster Bedeutung sind. Nur auf den Querprofilen empfinden wir das verwirrende Chaos der Decken «peinlich», im Längsprofil wird unser Gebirge dagegen wieder einfach und übersichtlich.

Schon lange weiss man, dass die Decken und ihr autochthoner Untergrund im Längsverlauf langsam auf- und absteigen. In den aufragenden Partien, die wir *Kulminationen* nennen wollen, sind die höchsten Decken zuerst abgetragen worden und die tiefern zum Vorschein gelangt; in den Depressionen dagehen, die als schiefe Quermulden den Alpenkörper durchsetzen, waren die höchsten Decken am ehesten vor der Abtragung geschützt und sind daher an diesen Stellen am häufigsten erhalten geblieben.

Vom Aostatal an steigen die penninischen Decken in ihrem Streichen ostwärts langsam an und erreichen zwischen Simplon

und dem nördlichen Tessin ihren Höhepunkt. Die höheren Walliserdecken verschwinden eine um die andere. Ihre mesozoische Unterlage und die nächst tiefere Decke kommen zum Vorschein. Jenseits der Kulmination, das heisst östlich des Tessins, sinken alle Decken wieder zur Tiefe, und je weiter wir nach Osten fortschreiten, immer stossen wir wieder auf eine höhere Decke, die erhalten geblieben ist. Die allgemeine Kulmination der penninischen Decken liegt zwischen dem Simplon und dem nördlichen Tessin, hinter dem Aar- und Gotthardmassiv. Dort sind die tiefsten Decken entblösst worden. Hier ist der tektonische Höhepunkt des ganzen Alpenbogens.

Auch die Zone der autochthonen Massive zeigt ein intensives Auf- und Absteigen der Axen. Die Depression zwischen Montblanc- und Aarmassiv, in der die helvetischen Decken von der Wurzel bis zur Stirn erhalten sind, ist schon lange bekannt. In ihr zeigen auch, wie die Forschungen von *Argand* lehren, die penninischen Decken ein unbehindertes Vorrücken, während sie hinter dem Montblanc- und Aarmassiv zurückgehalten wurden. *Die Massive wirkten also schon zur Zeit der grossen Schübe als Widerstände auf die herandrängenden Decken, hinter denen sie zurückgehalten wurden und sich aufstauen mussten.*

Welchen Verlauf der Scheitel der Südzone des Aarmassivs nahm, können wir nicht sagen. Wohl aber lässt sich die Struktur Oberfläche des Nordmassivs einigermaßen rekonstruieren. Nach dem Verlaufe des Jungfraukeils und der Einfaltungen bei Innertkirchen lässt sich durch Konstruktion ableiten, dass in der Gegend des Haslitalles eine flache Einsenkung im Nordrand des Massivs auftritt. Es ist allerdings nicht sicher, ob wir diese Einsattelung auf das ganze Massiv ausdehnen dürfen. Dadurch würde eine Wölbung des westlichen Aarmassivs von einer Wölbung des östlichen durch eine schwache Einsenkung getrennt. Die westliche wollen wir mit I, die östliche mit II bezeichnen.

In der Windgälle taucht das Erstfelder Massiv ostwärts unter, am Tödi und im Limmernboden das Aarmassiv. Das Gefälle der Gneissoberfläche beträgt in axialer Richtung 15 bis 20°. Nach dem Verlauf der autochthonen Sedimente muss die

Gneissoberfläche in der Gegend des Segnespasses am tiefsten liegen, wohl ungefähr auf Meeresniveau. Nochmals taucht der Gneiss im Osten in der kleinen Kulmination bei Vättis auf, die wir mit III bezeichnen.

Von dort an fällt die Oberfläche des hercynisch gefalteten Untergrundes definitiv ab und erreicht in dieser Zone des Alpenkörpers nirgends mehr die Tagesoberfläche.

Betrachten wir den *Verlauf der helvetischen Decken* im Längsprofil, so finden wir auch hier Kulminationen und Depressionen.

Wir wollen den Längsverlauf der helvetischen Decken zunächst in derjenigen Zone verfolgen, die dem *Nordrand des Aarmassivs unmittelbar benachbart ist*.

Die Depression I/II (Haslidepression) ist sehr deutlich ausgeprägt. Ostwärts steigen die Faltenaxen rasch an, wie auf der geologischen Spezialkarte Engelberg-Meiringen deutlich zum Ausdruck kommt. Der Höhepunkt, d.h. die Kulmination II, liegt zwischen Urirotstock und Reusstal. Nicht nur die Faltenaxen, auch die Deckenbasis hat sich rasch gehoben. Weiter gegen Osten gelangen wir wieder abwärts in eine Depression, die derjenigen zwischen II und III im Massiv nicht direkt entspricht. Der tiefste Punkt in diesem Längsprofil liegt hier in der Gegend der Schächentaler Windgälle. Nach einigen Unregelmässigkeiten erreicht man in langsamem Anstieg weiter gegen Osten eine dritte Kulmination etwa in der Gegend des Spitzmeilen. Ueberall sehen wir, dass die Faltenaxen in den verschiedenen übereinander liegenden Decken gleiches Auf- und Absteigen zeigen, ebenso auch die Unterfläche der Decken, soweit sie sichtbar ist. Differenzen entstehen da, wo eine Decke im Streichen an Mächtigkeit rasch abnimmt und ihre Rolle von einer andern übernommen wird.

Jenseits der dritten Kulmination senkt sich das Gebirge rasch und intensiv nach Osten und erhebt sich erst östlich des Rheines wieder. Wir stossen hier somit auf eine neue Depression (III/IV).

Verfolgen wir nun auch das *Längsprofil durch den nördlichen, vorwiegend kretazischen Teil der helvetischen Decken*, etwa in der Axe der Absenkungszone.

Der Brienergrat enthält eine flache Kulmination, entsprechend I. Die Depression I/II ist in der Gegend nördlich des Brünig schwach angedeutet. Von Sarnen an erheben sich alle Axen gegen Osten rasch, um zwischen Seelisberg und Frohnalpstock die Kulmination II zu erreichen. Jenseits steigen sie ebenso rasch wieder zur Tiefe, um in der Gegend von Iberg die Depression II/III zu bilden. Der rasche Anstieg, der sich nun gegen Osten einstellt, entblösst nacheinander die tiefern Stirnteile der Drusbergdecke. Südlich Wesen erreichen wir den höchsten Punkt, also auch hier eine dritte Kulmination. Hernach folgt ein rascher Abfall gegen das Rheintal. Die Oberfläche der Säntisdecke erreicht das Niveau des Rheintals und verläuft bei Feldkirch horizontal. Dort stehen wir in einer Depression. Die vierte Kulmination stellt sich im Vorarlberg bei Au ein.

Das *Auf- und Absteigen der Randkette* wurde von *C. Burckhardt* und *Arnold Heim*, ferner auch von *Buxtorf* eingehend studiert. Wie schon *F. J. Kaufmann* dargetan hatte, steht die Randkette gänzlich unter dem Einfluss der *Nagelfluh-Zentren*. Diese wirkten als Widerstände auf die heranrückenden Decken. Im allgemeinen betrachtet, finden wir in unserem Alpenvorland drei grosse Nagelfluhmassen, die des Napf, die des Rigi und die des Zürcher Oberlandes und der St. Galler und Appenzeller Vorberge.

Diesen drei Zentren entsprechen mehr oder weniger genau drei einspringende Winkel in der Randkette, die nicht bloss Erosionsformen sind.

Der westlichste Winkel bei Thun entspricht einer Depression der Faltenaxen, auf deren Deutung hier nicht näher eingegangen werden kann. Im allgemeinen liegt jedoch die flache Wölbung I der Randkette hinter dem Napfmassiv, etwa bei Schangnau. Der einspringende Winkel ist dort nicht sehr deutlich.

Hinter dem Rigi ist der einspringende Winkel dagegen äusserst prägnant. Schräge Längsbrüche verursachen dort eine Längsstreckung der Randkette an der Stelle, wo sie besonders intensiv an den Nagelfluhklotz angepresst wurde. *Mit der Nagelfluh des Rigi fällt die Kulmination II, die auch in der Randkette fühlbar ist, zusammen.*

Die Kulmination III der Kreideketten bei Wesen fällt deutlich vor die östlichste Nagelfluhmasse. Dort stösst man in der Randkette auf eine Region mit intensiven Längsstreckungen.

Im Säntis wölben sich die Falten nochmals hoch empor und tauchen dann insgesamt in die folgende tiefe Depression hinab, um sich dann im Vorarlberg teilweise wieder zu erheben.

In der Randkette haben wir somit eine Zone vor uns, in der die Einflüsse des Vorlandes, insbesondere die der Nagelfluhsperne, ausserordentlich intensiv waren. An diesen Hindernissen haben sich die Ketten aufgebäumt und ihre Scheitel haben sich meistens gehoben. Auch wurden sie an diesen Stellen zurückgehalten. Unter den Deformationen, die in dieser Situation entstanden sind, spielt die Längsstreckung eine grosse Rolle.

So liegt der Zusammenhang der Kulminationen in den randlichen Ketten der Zentralschweiz mit den Nagelfluhmassen auf der Hand.

Für die weiter alpeneinwärts gelegenen Zonen kann aber dieses Moment nicht mehr geltend gemacht werden. Im Innern des Gebirges ist für die Entstehung der Kulminationen und Depressionen die Konfiguration der Massive von grösster Bedeutung. Wir sehen, dass die penninischen Decken von den Massiven beeinflusst werden. Die Massive wirkten gegen diese südlichen Decken als Widerstände. Zwischen Montblanc- und Aarmassiv sind die Gneissdecken weiter vorgedrungen, ebenso wie die lepontinischen Massen der Præalpen.

Auch die helvetischen Decken zeigen deutlich den Einfluss der Massivwiderstände.

*Einmal sind die helvetischen Decken ihrer Zahl nach in den Depressionen zwischen den Massiven am vollständigsten entwickelt, besonders reichlich die tieferen, dann aber lässt sich auch direkt ein Vorrücken des Scheitels der Decken über der Massivdepression, z. B. am Segnespass, nachweisen.*

*Vergleicht man die Kulminationen in den Decken mit denen der Massive, so fallen folgende Unterschiede ohne weiteres auf:*

Die Längswölbungen sind in den Decken im Ganzen viel schwächer als im Massiv. Die Absenkungszone hebt sich in der

Längsrichtung im allgemeinen nicht mit dem Massive; wohl sind hier die Kulminationen in ähnlicher Lage wie im Massive vorhanden, doch ist eine direkte Verbindung nicht immer sicher. Vor allem muss auffallen, dass die Kulminationen und Depressionen nicht immer direkt quer zum Streichen des Gebirges verlaufen. Von grosser Bedeutung sind, wie schon hervorgehoben wurde, die Depressionen zwischen den Massiven. Hier ist die Zahl der Decken am grössten. Vor den Massivwölbungen reduziert sich ihre Zahl von unten nach oben. Auch dieser Umstand ist auf die stauende Wirkung des Massivs zurückzuführen.

Ueberblicken wir nochmals die Längsprofile, so können wir drei Einflüsse konstatieren, die wir bei der Beurteilung der Kulminationen und Depressionen<sup>1</sup> zu berücksichtigen haben:

1. Die Wirkung der Massive als vorherbestehende durch alte Faltung versteifte Klötze, die sich auf sämtliche Decken geltend macht. Wir konstatieren eine stauende Wirkung auf die penninischen Decken und einen modifizierenden Einfluss, nämlich eine Auslese der darüber hinweggehenden helvetischen.
2. Die stauende Wirkung der Nagelfluhzentren am Alpenrand.
3. Die Veränderung der bereits gebildeten Kulminationen und Depressionen durch die Erhöhung und das Vordrängen des Aarmassivs.

Naturgemäss muss es zu einer Wechselwirkung und Interferenz dieser Faktoren kommen. Auf manchen Linien konzentrieren sich alle drei Wirkungen, so auf der Linie der Kulmination II, die vom Tessiner Scheitel bis zum Rigi führt. Die Depression II/III verläuft ganz schräg durch das Gebirge und ist nicht einheitlich.

Aus allen diesen Erörterungen geht hervor, dass die *Kulminationen keine nachträgliche Deformationen sind, vor allem nicht Vertikalbewegungen ihre Entstehung verdanken, sondern mit dem Faltungsprozess und dem Andrang der Decken aufs Engste verknüpft sind*. Die tiefste Ursache liegt aber noch weiter zurück

<sup>1</sup> Argand hat kürzlich für diese Phänomen die Bezeichnung *Segmentation* geschaffen.

als der tertiäre Faltenvorgang und ist in dem verschiedenartig in Klötze zerteilten, karbonisch gefalteten Untergrund zu suchen.

Es ist nicht möglich im Rahmen eines Vortrages die Entwicklung des alpinen Strukturbildes zu schildern. Nur einen Punkt möchte ich zum Schlusse noch herausgreifen, nämlich die Beziehung zwischen *der Längsgliederung des Gebirges und der Anlage der Täler*.

Für die *ursprüngliche Entwässerung* spielen die quer zum Gebirge verlaufenden Depressionen eine grosse Rolle. Sie dirigieren in erster Linie die sich bildenden Quertäler. Für eine grosse Zahl von Tälern der westlichen Alpen hat *Lugeon* gezeigt, dass ihre Mündung mit axialen Depressionen in den Falten zusammenfallen. So können wir uns vorstellen, dass die ältesten Täler der Schweizeralpen, die der Molassezeit, teilweise von den Depressionen dirigiert worden waren. Die *Hauptabtragung* erfolgte aber damals, wie auch später in den aufragenden Teilen des Gebirges, *in den Kulminationen*. Es ist wohl kein Zufall, dass *die drei Nagelfluhzentren vor den drei Kulminationen der helvetischen, resp. penninischen Alpen* liegen. Die Kulminationszonen lieferten die Geschiebemassen; je bedeutender die Kulmination, um so bedeutender war die Abtragung. So liegt die grösste Nagelfluhmasse vor der Wölbung I, die des Rigi vor II und die der Zürcher und St. Galler Voralpen vor III.

Für die pliocäne Faltungsphase war diese Gruppierung von grosser Bedeutung, indem die innern Widerstände (die Massivkulminationen) mit den äussern (den Nagelfluhzentren) in *eine* Querprofilinie fallen konnten. Dies gilt besonders für die Kulmination II, die Reusswölbung.

Was schliesslich die *Lage der gegenwärtigen Täler der Zentralschweiz* anbelangt, so können wir keine einfache Gesetzmässigkeit, keinen direkten Zusammenhang mit der Längsgliederung des Gebirges erkennen.

Zwar verlassen Aare und Rhein das Gebirge in Depressionen, ähnlich wie viele Täler der westlichen Alpen, Reuss und Linth münden dagegen in Kulminationen.

Vergleicht man die verschiedenen Talläufe im Innern der

helvetischen Alpen, so fällt uns ihre Heterogenität noch mehr auf.

Das Reusstal folgt ungefähr der Wölbung II, das Muotatal liegt zum grössten Teil in einer Depression, seine Mündung weicht aber vor den Klippen der Mythengruppe nach links aus und verlässt die Depression.

Linth- und Sernftal bewegen sich zunächst ebenfalls in einer Depression (einer Teildepression von II/III). Die Mündung des Tales ins Vorland fällt aber wieder in eine Kulmination.

Das Rheintal fällt von Buchs an mit einer Depression zusammen.

Von den zahlreichen *Längstälern*, deren Betrachtung uns aber zu weit von unserm Thema wegführen würde, gehören eine ganze Anzahl zu sog. *subsequenten Deckenrandtälern*. Ihre Form und Anordnung steht mit dem Gebirgsbau in engstem Zusammenhang. Dort ist jedoch nicht die Längsgliederung, sondern die Quergliederung das ausschlaggebende Moment.

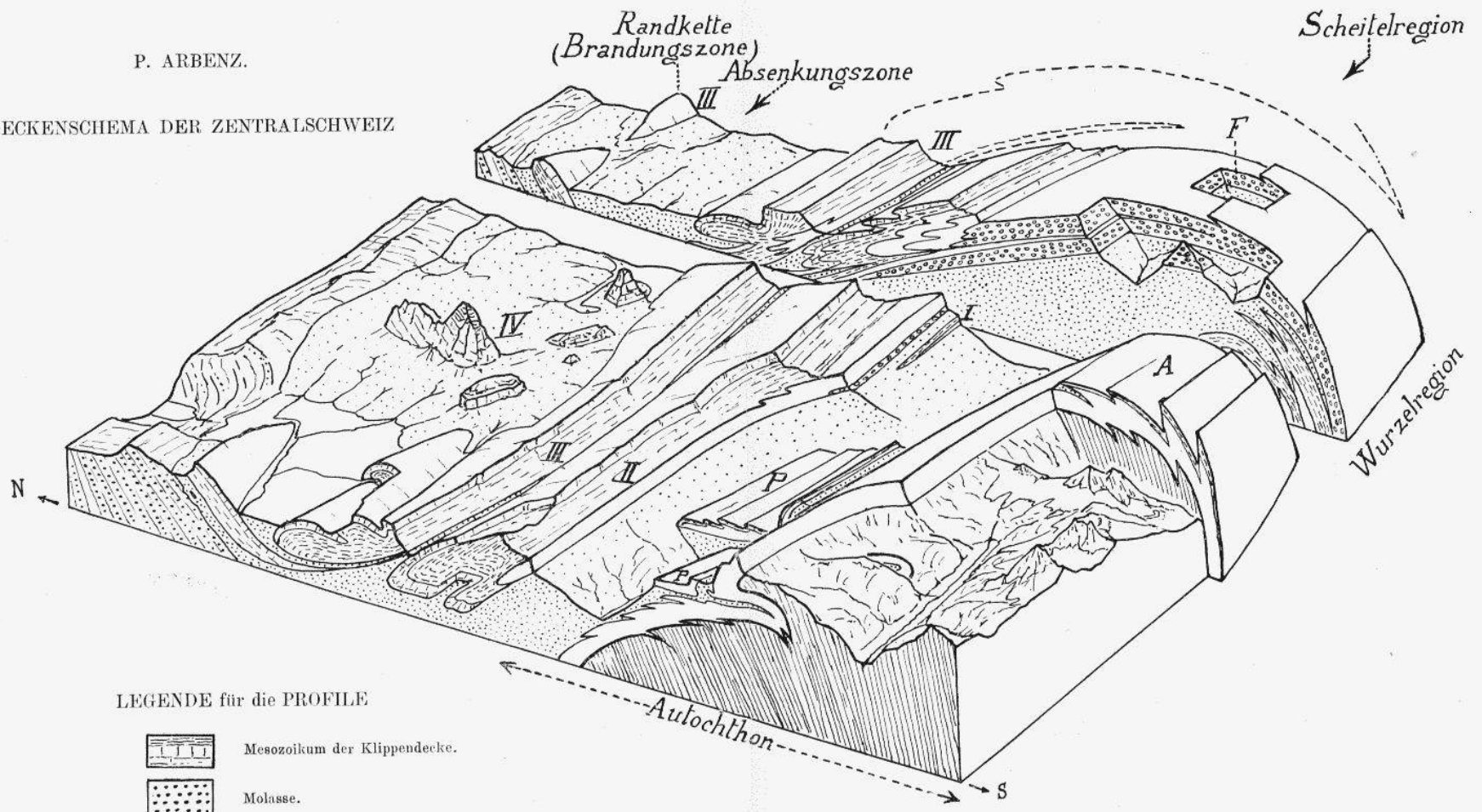
So sehen wir, dass die tektonische Längs- und Quergliederung des Gebirges in sehr verschiedenartiger Weise die Anlage der Täler und den Gang der Abtragung beeinflusst.

Verwickelt und reich an Etappen ist die geologische Geschichte des Alpenkörpers; kompliziert verschlungenen Wegen folgte die Abtragung. Wir haben in einem kleinen Gebiete gesehen, wie sich verschiedene, ungleich altrige Bewegungen im Strukturbild des heutigen Gebirges erkennen lassen und wie zur Zeit der letzten tektonischen Bewegungen das Gebirge sich an seinen Abtragungsprodukten, der Nagelfluh, ungleichmässig staute, entsprechend der ungleichmässigen Verteilung der verfestigten Nagelfluhmassen. Wir sahen ferner, wie diese Verteilung in gewissem Zusammenhang mit der allgemeinen Längsgliederung des Gebirges überhaupt steht, und wie diese Gliederung selbst wieder von der Anordnung resistenter Massen höheren Alters bestimmt wurde. Auf Grund einfacher mechanischer Vorstellungen, durch Vergleich mit einer bewegten, plastischen Masse, die sich an verschiedenen Hindernissen staut, ist uns das Werden des Gebirges verständlicher geworden.

Ungeheuer war der Fluss der Lithophäre im ganzen Alpen-

P. ARBENZ.

DECKENSHEMA DER ZENTRALSCHWEIZ

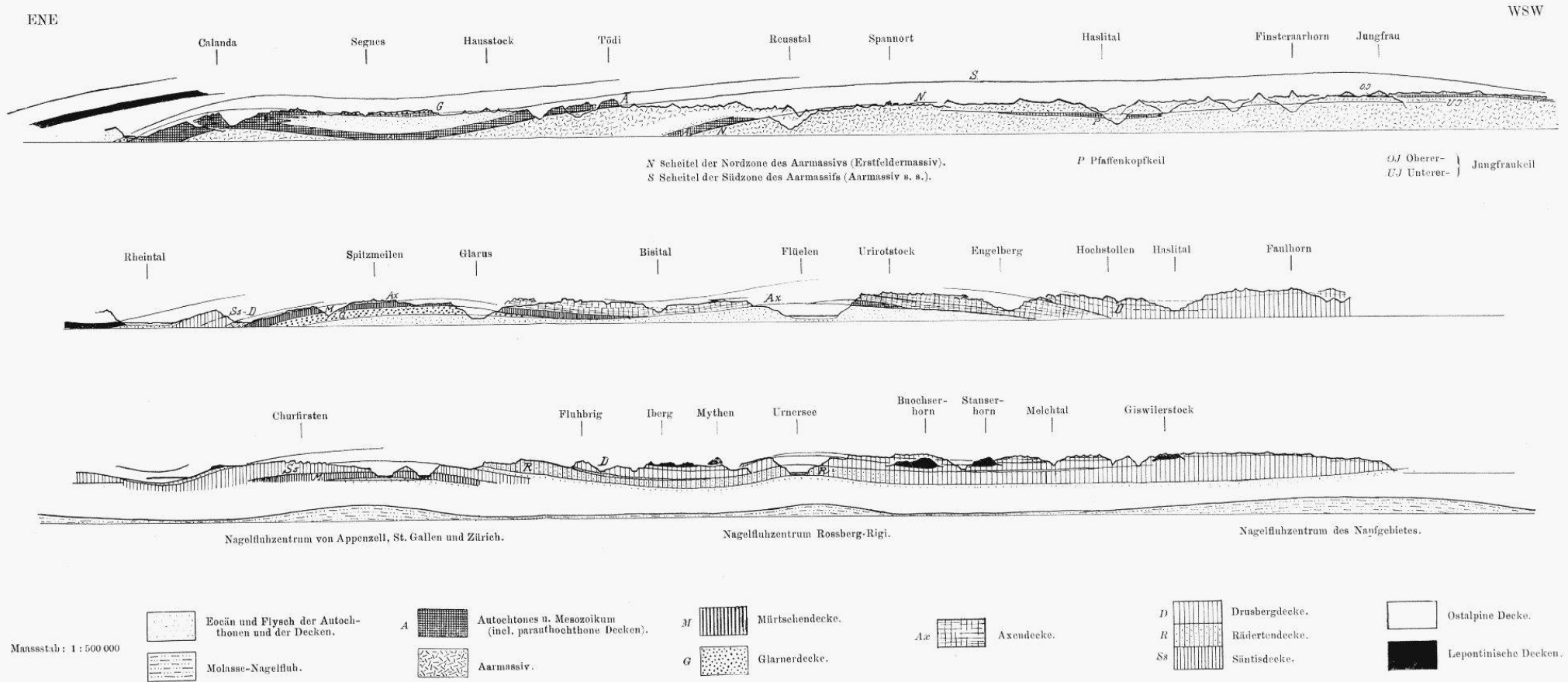


LEGENDE für die PROFILE

-  Mesozoikum der Klippendecke.
-  Molasse.
-  Eocän, Flysch.
-  Kreide, helvetisch.
-  Jura, helvetisch.
-  Trias und Permien der helv. Decken.
-  Krystallines Massiv.

- P = Parautochthone Decken.
- I—III = Helvetische Decken.
- IV = Klippendecke.
- A = Autochthoner Sediment-Mantel.
- F = Fenster.

P. ARBENZ. — LÄNGSPROFILE DURCH DIE HELVETISCHEN ALPEN DER ZENTRAL- UND OSTSCHWEIZ



gebirge, den Karpathen und dem Apennen. In dem kleinen Teile der Alpen, der uns heute beschäftigte, stossen wir nur auf die Vorposten der grossen Bewegungen der südlichen Alpen. Deutungen und Probleme, die dort gereift sind, konnten hier ihre Anwendung und Erweiterung finden. So vervollständigte sich uns das Bild vom Bau der Zentralschweiz in hohem Masse, und gleichzeitig erlangten wir auch eine genauere Vorstellung von den aufeinanderfolgenden Bewegungen. Die Analyse der Strukturformen ermöglichte auch eine Analyse der tektonischen Geschichte des Gebirges (9).

#### ZITIERTE ARBEITEN

1. M. BERTRAND. Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord. *Bull. Soc. géol. de France* (3) XII, p. 318, 1884.
2. H. SCHARDT. Die exotischen Gebiete, Klippen und Blöcke am Nordrande der Schweizeralpen. *Verh. d. Schweiz. naturf. Ges.*, 1897; *Ecoglae V*, p. 233, 1898.
3. M. BERTRAND et H. GOLLIEZ. Les chaînes septentrionales des Alpes bernoises. *Bull. Soc. géol. de France* (3) XXV, p. 568, 1897.
4. M. LUGEON. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France* (4) I, p. 723, 1901 (1902).
5. LUSSER. Geognostische Forschung und Darstellung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Art am Zugersee. *Denkschriften (alte) der Schweiz. natf. Ges.* I, Abt. 1, 1829.
  - Nachträgliche Bemerkungen zu der geognostischen Forschung und Darstellung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Art am Zugersee. *Neue Denkschriften VI*, 1842.
6. E. ARGAND. Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. *Matér. Carte géol. Suisse, nouv. sér.* livr. XXXI, 1911.
  - Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales. *Ibid.*, livr. XXVII. Carte spéciale 64 et coupes, 1911.
  - Phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. *Bull. Soc. vaud.* Procès-verbal, 21 février 1912.
  - Encore sur les phases de déformation des plis couchés de la zone pennique. *Ibid.*, 6 mars 1912.

- Sur le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements. *Ibid.*, 20 mars 1912.
  - Sur le drainage des Alpes occidentales et les influences tectoniques. *Ibid.*, 3 avril 1912.
  - Le faite structural et le faite topographique des Alpes occidentales. *Ibid.*, 17 avril 1912.
  - Sur la segmentation des Alpes occidentales. *Ibidem*, XLVIII, p. 345 (1<sup>er</sup> mai 1912).
  - 7. W. STAUB. Geologische Beschreibung der Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal im Kanton Uri. *Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz*, neue Folge XXXII, mit geol. Spezialkarte N° 62. 1911.
  - Beobachtungen am Ostende des Erstfelder Massives. *Geol. Rundschau* III, p. 310, 1912.
  - 8. A. BUXTORF. Erläuterungen zur geologischen Karte des Bürgenstocks. *Geol. Karte d. Schweiz*. Erl. heft N° 9, 1910. (Tektonische Karte).
  - 9. P. ARBENZ. Der Gebirgsbau der Zentralschweiz, *Vierteljahrschrift d. natf. Ges. Zürich*, Protokoll vom 4. Dez. 1911.
-

# Der schweizerische Nationalpark

von

Dr. Paul SARASIN

---

Dr. Paul SARASIN, Basel, Präsident der Schweiz. Naturschutzkommission, hielt einen Vortrag in ungebundener Rede über den Schweizerischen Nationalpark, welchen er mit einer Reihe von Lichtbildern begleitete. Einleitend sprach er sich über die Wichtigkeit der Begründung von Grossreservationen in naturschützerischer Beziehung aus, wobei er betonte, dass dieselben nur dann ihr Zweck erfüllen, wenn sie die gesamte Natur des betreffenden Distrikes, namentlich alle Pflanzen und alle Tiere unter strengen Schutz stellen. Die oft als Muster herangezogenen nordamerikanischen Reservationen können für solche Schutzgebiete nicht zum Vorbild dienen, da sie viele Tiere und fast alle Pflanzen ungeschützt lassen und darum nur *partielle* Reservationen sind, unsere Schweizerische Reservation soll aber als erste *totale* Grossreservation allen andern, somit auch den amerikanischen zum Vorbilde werden. Die Ueberwachung solcher totaler Reservationen soll dementsprechend nicht Jägern unterstellt werden, wie dies in Amerika der Fall ist, sondern Naturforschern, wie bei uns in der Schweiz, und es ziemt sich deshalb umsomehr, dass der Schweiz. Nationalpark als ein Werk der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft zu gelten habe, welche mittelst ihres aktiven Organes, der Schweiz. Naturschutzkommission, die Verantwortung für strenge Ueberwachung im naturschützerisch totalen Sinne zu übernehmen

hat. Nachdem der Vortragende noch eine Beschreibung der Reservation in kurzen Zügen entworfen hatte, wobei er darauf hinweisen konnte, dass sie auch an Naturschönheit bis jetzt ihresgleichen nirgends findet, gab er der lebhaften Hoffnung Ausdruck, es möge die Eidgenossenschaft, dem Gesuche der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft und ihrer Kommission für Naturschutz entsprechend, die für die Pacht des Gebietes nötigen jährlichen Unkosten übernehmen, wogegen die Naturschutzkommission mit Hilfe des von ihr ins Leben gerufenen Schweiz. Bundes für Naturschutz diejenigen der Ueberwachung bestreiten werde. Er teilte mit, dass die Gemeinde Zernez sich bereit erklärt habe, das von ihr für die Reservation zu überlassende grosse Gebiet auf 99 Jahre in Pacht abzustehen. Der Vortragende wies darauf hin, dass, wenn die Eidgenossenschaft helfend eingreife, von der Schweiz die erste Grossreservation in Europa und die erste totale Reservation der Welt geschaffen sein werde. Möge darum, so schloss er, in der Schweiz. Nationalversammlung dem idealen Werke eine ideale Gesinnung entgegengebracht werden, von welcher getragen man sich gerne bereit finden wird, zur Verwirklichung des grossen und guten Werkes die helfende Hand zu bieten.

---

# Vorträge

gehalten

in den Sektionssitzungen

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# I

## Mathematische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Mathematischen  
Gesellschaft

Sitzung: Montag, den 10. September 1912

*Präsident:* Herr Prof. Dr. R. Fueter, Basel.

*Sekretär:* » Prof. Dr. M. Grossmann, Zürich

---

1. Herr Prof. Dr. R. FUETER (Basel): *Ueber die Einteilung der Idealklassen in Geschlechter.*

Die Einteilung der Idealklassen eines algebraischen Körpers  $K$ , der in einem bestimmten Zahlbereich  $k$  Abelsch ist, in Geschlechter, beruhte bisher auf der Einführung von Symbolen und verlangte, dass  $k$  Einheitswurzeln enthält. Nimmt man dagegen den Begriff des *Zahlstrahls* und der *Strahlklasse* zu Hilfe, so gelingt eine völlig allgemeine und einfache Definition der Geschlechter von  $K$ . Denn jeder zu  $k$  relativ-Abelsche Körper  $K$  legt durch seine Relativ-discriminante einen Strahl ( $f$ ) in  $k$  fest, der mit  $K$  in engstem Zusammenhange steht, wie der Vortragende früher gezeigt hat. *Alle Idealklassen, deren Relativ-norm in Bezug auf  $k$  in dieselbe Strahlklasse dieses Strahls fallen, bilden ein Geschlecht.* Es existiert dann der Satz, dass nicht alle möglichen Geschlechter existieren können; d. h. dass nicht alle Strahlklassen Relativ-normen von Klassen des Oberkörpers sind.

Der Vortragende erläutert das Auseinandergesetzte an dem einfachen Beispiel der 7. Einheitswurzeln.

2. Herr Prof. Dr. F. BÜTZBERGER (Zürich): *Ueber bizen trische Polygone.*

Nach einer kurzen Besprechung der grundlegenden Arbeiten von *Euler, Fuss, Poncelet, Feuerbach, Steiner* und *Jacobi*, wird

an eine merkwürdige Probe erinnert, die Herr *Hagge* in Schot-  
tens Zeitschrift<sup>1</sup> veröffentlicht hat. Ist nämlich  $r$  der Radius des  
Umkreises  $M$ ,  $\rho$  derjenige des Inkreises  $N$  eines bizentrischen  
 $n$ -Ecks und  $MN=c$  die Zentrale beider Kreise, so besteht zwi-  
schen  $r$ ,  $\rho$  und  $c$  eine Gleichung. Setzt man darin  $r=2$ ,  $c=1$ , so  
erhält man für  $\rho$  stets eine algebraische Gleichung mit ganzen  
Koeffizienten, deren Summe gleich 1 ist.

Will man diese Gleichung elementar ableiten, so kann man  
wie Fuss und Steiner, die Winkelsumme benutzen; besser ist  
aber die Methode der Normalprojektion der Eckradien und  
der Zentralen auf die zugehörigen Berührungsradien oder die  
Normalprojektion der Zentralen auf die Seiten des Polygons.  
Wichtig ist die Bemerkung, dass es sowohl für gerade, als auch  
für ungerade Werte von  $n$  je zwei symmetrische Polygone gibt,  
von denen im erstern Fall bald das eine, bald das andere leicht-  
ter zum Ziele führt. Jede Seite wird von ihrem Berührungspunkt  
in zwei Stücke zerlegt. Je zwei von einer Ecke ausge-  
hende Stücke sind gleich. Bezeichnet man bei geradem  $n$  die  
gleichliegenden Stücke links und rechts mit gleichen Buchsta-  
ben  $xx'$ ,  $yy'$  . . . , so erhält man den Ausdruck für das gestri-  
chene Stück aus demjenigen für das ungestrichene, indem man  
hier  $\rho$  durch  $-\rho$  ersetzt und es gilt das allgemeine Gesetz:

$$xx' = yy' = zz' = \dots$$

So findet man die bisher bekannten Gleichungen in einfacher  
und symmetrischer Gestalt ohne Begleitung lästiger Faktoren  
und kann leicht die weitem Gleichungen für  $n = 9, 10 \dots$  hin-  
zufügen. Setzt man mit Fuss:

$$p = r + c, \quad q = r - c, \quad pq = \rho s$$

so lautet z. B. die Gleichung für das Siebeneck:

$$\frac{s^2 - (p^2 - q^2)}{s^2 + (p^2 - q^2)} \cdot \sqrt{p - q} = \frac{s + (p - q)}{s - (p - q)} \cdot \sqrt{q - p}$$

oder rational gemacht:

$$\begin{aligned} & (p + q)^4(p - q)^2 \cdot \rho^6 - 2pq(p + q)(p - q)^2 \cdot (p^2 + q^2) \cdot \rho^5 \\ & - p^2q^2(p^2 - q^2)^2 \cdot \rho^4 + 4p^3q^3(p + q)(p^2 + q^2 - pq) \cdot \rho^3 \\ & - p^4q^4(p + q)^2 \cdot \rho^2 - 2p^5q^5(p + q) \cdot \rho + p^6q^6 = 0. \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Jahrgang 1911, S. 98, und 1912, S. 375—378.

Für  $n = 9$  erhält man die Gleichung:

$$\frac{s^3 - (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s + (p - q)(p + q)^2}{s^3 + (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s - (p - q)(p + q)^2} \cdot \sqrt{q - \varrho} =$$

$$= \frac{s^2 - (p^2 - q^2)}{s^2 + (p^2 - q^2)} \sqrt{p - \varrho}$$

Durch Quadrieren ergibt sich für  $\rho$  eine Gleichung 9. Grades. Die Gleichung für das bizen trische Zehneck wurde mittelst beider Projektionsmethoden gewonnen und zwar in der Form:

$$2s(p^2 + q^2 - s^2)(\sqrt{s^2 - p^2} + \sqrt{s^2 - q^2}) = s^4 - (p - q^2)^2$$

oder:

$$\frac{s^3 + (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s - (p - q)(p + q)^2}{s^3 - (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s + (p - q)(p + q)^2} \sqrt{(p - \varrho)(q + \varrho)} =$$

$$= \frac{s^3 - (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s + (p - q)(p + q)^2}{s^3 + (p - q)s^2 - (p - q)^2 \cdot s - (p - q)(p + q)^2} \sqrt{(p + \varrho)(q - \varrho)}$$

In beiden Fällen findet man für  $\rho$  durch Wegschaffung der Wurzeln eine Gleichung 12. Grades. Die Haggese Probe stimmt immer.

Tritt an Stelle des Inkreises ein Ankreis oder wird das bizen trische  $n$ -Eck mit zwei oder mehreren Umläufen sternförmig, so umfassen die obigen Gleichungen für gerade Werte von  $n$  alle Fälle; ist aber  $n$  ungerade, so gelten sie nur für die Polygone, die eine ungerade Anzahl von Umläufen haben, für die andern ist  $\rho$  durch  $-\rho$  zu ersetzen.

Schliesslich führt eine Verallgemeinerung der Theorie der bizen trischen Vierecke auf bemerkenswerte Büschel von Kurven und Flächen 4. Ordnung, und folgende Aufgabe:

Gegeben ist eine Kugel  $N$  und ein exzentrisches trirektangulärisches Achsenkreuz, das sich um seinen festen Scheitel  $E$  dreht. In den Schnittpunkten der drei Achsen mit der Kugel  $N$  lege man die Tangentialebenen; diese bilden ein Hexaeder; welches ist der Ort seiner 8 Ecken?

Eine ausführliche Begründung dieser Resultate wird in der Beilage des Programms der Kantonsschule Zürich 1913 erscheinen.

3. Prof. Dr. M. GROSSMANN (Zürich): *Projektiver Beweis der absoluten Parallelenkonstruktion von Lobatschefskij.*

Es sei  $A B C D$  ein ebenes Viereck, das bei  $A, B$  und  $D$  rechte Winkel hat. Dann ist der Winkel bei der vierten Ecke  $C$  ein spitzer, rechter oder stumpfer Winkel, je nachdem die Geometrie von *Lobatschefskij*, *Euklid* oder *Riemann* gelten soll, und gleichzeitig ist  $B C$  grösser, gleich oder kleiner als  $A D$ . Im ersten Falle schneidet der Kreis mit dem Mittelpunkte  $A$  und dem Radius  $B C = r$  die Gerade  $C D$  in zwei Punkten  $S$  und  $T$ , und man kann auf trigonometrischem Wege zeigen, dass die Geraden  $A S$  und  $A T$  die *Parallelen* sind, die man durch den Punkt  $A$  zur Geraden  $B C$  ziehen kann.<sup>1</sup>

Es ist wiederholt versucht worden, diese Parallelenkonstruktion geometrisch zu beweisen; aber die bisherigen Beweise sind keineswegs einfach und bestehen überdies in einer nachträglichen Verifikation, welche die tieferen Zusammenhänge nicht erkennen lässt.<sup>2</sup>

Nun bietet aber die von *Cayley* und *Klein* entdeckte projektive Formulierung der Sätze der nichteuklidischen Geometrie, wonach die metrischen Eigenschaften einer ebenen Figur projektive Beziehungen derselben zum absoluten Kegelschnitt der Ebene sind, die Mittel zu einem sehr einfachen und anschaulichen Beweis.

Es sei in *Fig. 1 w* der absolute Kegelschnitt,  $A$  irgend ein eigentlicher Punkt,  $k$  der Kreis mit dem Mittelpunkt  $A$  und dem beliebigen Radius  $r$ , und  $a$  die Abstandslinie zu einem beliebigen Durchmesser  $x$  des Kreises, d. h. der Ort aller Punkte, die von  $x$  den Abstand  $r$  haben.

Zwischen den drei Kegelschnitten  $w, k$  und  $a$  bestehen folgende Beziehungen: 1)  $w$  und  $k$  sind in doppelter Berührung in den imaginären Schnittpunkten mit der absoluten Polaren von  $A$ . 2)  $w$  und  $a$  sind in doppelter Berührung in den Schnitt-

<sup>1</sup> *Engel* und *Stäckel*: Urkunden zur Geschichte der nichteuklidischen Geometrie. Bd. I. Nikolaj Iwanowitsch Lobatschefskij. S. 256.

<sup>2</sup> Vgl. insbesondere *Engel*: Zur nichteuklidischen Geometrie, Leipzig, Ber. Ges. Wiss., 50, 181-191 (1898).

*Schur*: Ueber die Grundlagen der Geometrie, Math. Ann. 55, 265-292 (1901).

punkten mit der Axe  $x$  der Abstandslinie. 3)  $k$  und  $a$  sind in doppelter Berührung in den Schnittpunkten mit dem Durchmesser  $y$ , der in A rechtwinklig zu  $x$  ist.

Nun sei C ein beliebiger Punkt der Abstandslinie  $a$ , B seine Normalprojektion auf den Durchmesser  $x$ , D seine Normalprojektion auf den Durchmesser  $y$ , S der Schnittpunkt von CD mit dem Kreis  $k$ . Dann gilt es zu beweisen, dass A S und BC

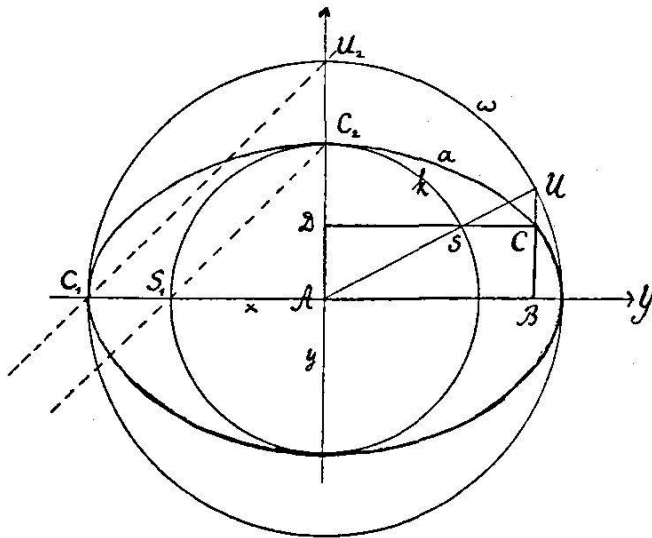


Fig. 1.

parallel sind, d. h. dass der Schnittpunkt dieser beiden Geraden ein Punkt U des absoluten Kegelschnittes  $w$  ist.<sup>1</sup>

S und C sind entsprechende Punkte in der Kollineation  $C_{ka}$  die  $k$  in  $a$  überführt, den Durchmesser  $y$  als Axe und dessen absoluten Pol Y als Zentrum hat.

C und U sind entsprechende Punkte in der Kollineation  $C_{aw}$ , die  $a$  in  $w$  überführt, den Durchmesser  $x$  als Axe und dessen Pol X als Zentrum hat.

Es ist zu beweisen, dass S und U in gerader Linie mit A liegen, d. h. entsprechend sind in der Kollineation  $C_{kw}$ , die  $k$  in  $w$

<sup>1</sup> Deutet man  $w$  als Kreis der euklidischen Geometrie und wählt man A im Mittelpunkt desselben, so wird  $k$  ein Kreis mit diesem Mittelpunkt, die Abstandslinie  $a$  aber eine Ellipse, für die  $w$  und  $k$  die Kreise über den Hauptaxen sind. Unsere Figur stellt dann die bekannte Konstruktion der Ellipse aus diesen beiden Kreisen dar.

überführt, A als Zentrum und die absolute Polare von A, d. i. die Gerade XY als Axe hat.

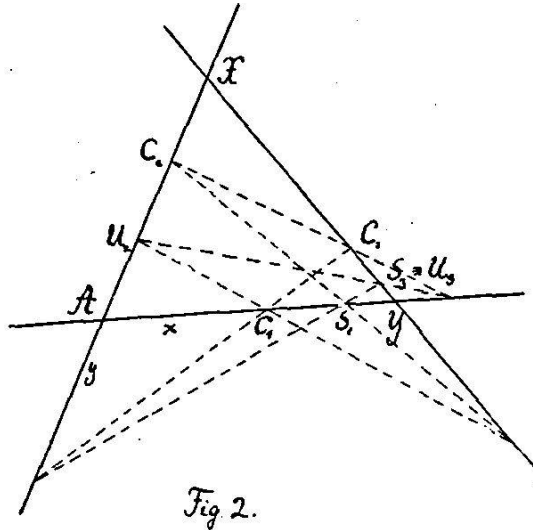
Die Kollineationen  $C_{ka}$  und  $C_{aw}$  sind nicht unabhängig von einander; denn einmal liegt das Zentrum jeder auf der Axe der andern, und dann sind die Charakteristiken beider einander gleich, da

$$1) \text{YAS}_1\text{C}_1 \overline{\wedge} \text{XAC}_2\text{U}_2,$$

weil die Geraden  $S_1C_2$  und  $C_1U_2$  sich auf XY schneiden.

Das Produkt der beiden Kollineationen  $C_{ka}$  und  $C_{aw}$  ist somit eine Kollineation für die A ein Doppelpunkt, XY eine Doppelgerade ist. Um nachzuweisen, dass die Kollineation in A ein Zentrum hat, hat man zu zeigen, dass XY eine Axe ist, d. h. dass jeder Punkt von XY ein Doppelpunkt ist.

In *Fig. 2* sei  $C_{ka}$  gegeben durch das Zentrum Y, die Axe  $y$ , das Paar  $S_1, C_1$ . Ferner  $C_{aw}$  durch das Zentrum X, die Axe  $x$ , das Paar  $C_2, U_2$ , so dass die Projektivität 1) erfüllt ist.  $S_3$  sei ein beliebiger Punkt der Geraden XY. Man konstruiere  $C_3$  mit-



telst des Paares  $S_1, C_1$ , hierauf  $U_3$  aus  $C_3$  mittelst des Paares  $C_2, U_2$ , und findet  $U_3 \equiv S_3$ . Denn es ist nach den erwähnten Konstruktionen

$$\begin{aligned} \text{YAS}_1\text{C}_1 \overline{\wedge} \text{YXS}_3\text{C}_3, \\ \text{XAC}_2\text{U}_2 \overline{\wedge} \text{XYC}_3\text{U}_3, \end{aligned}$$

also wegen 1) auch

$$YXS_3C_3 \bar{\wedge} XYC_3U_3 \bar{\wedge} YXU_3C_3,$$

woraus, nach dem *v. Staudt'schen* Fundamentalsatz der projektiven Geometrie

$$U_3 \equiv S_3.$$

4. M. le Prof. D<sup>r</sup> D. MIRIMANOFF (Genève): *Sur quelques problèmes concernant le jeu de trente et quarante.*

La théorie du jeu de trente et quarante, donnée pour la première fois par Poisson en 1820, a été complétée en plusieurs points par Oettinger, dans un travail consciencieux qui semble avoir passé inaperçu. Bien que les déductions de Poisson et Oettinger présentent des lacunes, je n'aurais pas cru utile de revenir sur ce sujet, si Bertrand, en traitant l'un des problèmes du jeu, n'était arrivé à des résultats ne concordant pas entièrement avec ceux d'Oettinger et de Poisson; le désaccord n'est pas grand, mais il existe, et cela suffirait pour justifier une étude nouvelle.

Pour simplifier le problème, Bertrand a introduit une hypothèse qui modifie les conditions du jeu; il était facile de refaire ses calculs et je dirai tout de suite que plusieurs de ses résultats contiennent des décimales inexacts.

Bien plus difficile est l'étude des problèmes réels. Je montrerai comment on pourrait compléter l'analyse d'Oettinger. Quant à celle de Poisson, elle exigerait des développements trop longs pour trouver place dans cette communication.

1. Le jeu de trente et quarante se joue avec six jeux de 52 cartes. Le banquier abat une, deux, trois... cartes, jusqu'à ce que la somme des points ait dépassé trente (les figures valant dix). Cette première rangée est suivie par une seconde. Le joueur parie pour l'une des rangées et gagne, si le nombre des points de sa rangée est plus petit que celui de l'autre. Si les deux rangées ont 31 points chacune, le banquier a droit à la moitié des mises. Tel est le seul avantage du banquier. Pour le calculer, il suffit donc d'évaluer la probabilité d'abattre deux rangées de 31 points chacune. D'où le problème fondamental suivant: Quelle est la probabilité d'abattre une rangée de

$i$  points? Désignons cette probabilité par  $p_i$ . Il est utile de réunir les rangées en groupes que j'appellerai *familles*. Je dirai que deux rangées appartiennent à une même famille, si elles se composent de cartes de même valeur. Désignons par  $n_i$  le nombre des familles de  $i$  points. J'ai calculé  $n_i$  pour tous les  $i$  ne dépassant pas 31. En particulier il existe 4231 familles de rangées ayant chacune 31 points.

Dans le jeu de trente et quarante les cartes ne sont pas remises dans le jeu; la probabilité  $p_i$  dépend donc du nombre et de la valeur des cartes sorties. Mais considérons le cas hypothétique où les cartes sorties seraient remises dans le jeu et soit  $P_i$  la probabilité d'abattre une rangée de  $i$  points dans cette hypothèse. Bertrand s'est borné à ce cas limite, déjà envisagé par Poisson et Oettinger, mais un certain nombre des valeurs des  $P_i$  calculées par lui contiennent des décimales inexactes. En particulier  $P_{31} = 0,148061$  (plus exact. 0,14806086) et non 0,148218; par conséquent l'avantage du banquier dans cette hypothèse serait  $\frac{1}{2} \cdot 0,0219220$  et non  $\frac{1}{2} \cdot 0,0219686$ .

2. C'est dans l'étude du problème réel que la notion de famille m'a été particulièrement utile. Pour évaluer la probabilité  $p_i$  il suffit de calculer le coefficient de  $t^i$  dans le développement de  $(1 + ut)^{x_1}(1 + ut^2)^{x_2} \dots (1 + ut^{10})^{x_{10}}$ ,  $x_1, x_2 \dots x_{10}$  désignant le nombre des as, des deux, etc., au moment où l'on abat la rangée. Ce coefficient est un polynome de la forme  $a_1u + a_2u^2 + \dots + a_k u^k$ . Posons  $s = x_1 + x_2 + \dots + x_{10}$  et soit  $b_m$  le coefficient binomial  $\binom{s}{m}$ ; la probabilité d'abattre une rangée de  $m$  cartes et de  $i$  points est égale à

$$\frac{a_m}{b_m}, \text{ d'où } p_i = \sum_{m=1}^k \frac{a_m}{b_m}.$$

Mais est-il nécessaire de calculer toutes ces fractions? Oettinger néglige celles dont l'indice est supérieur à une certaine limite. J'ai cherché à me rendre compte du degré d'approximation obtenu de cette manière, en décomposant  $\frac{a_m}{b_m}$  en une somme de probabilités partielles relatives aux différentes famil-

les de  $m$  cartes et de  $i$  points; or, il est facile de calculer la borne supérieure  $e_m$  de ces probabilités partielles; en la multipliant par le nombre des familles de  $m$  cartes on en déduit une borne pour  $\frac{a_m}{b_m}$ . J'ai réussi ainsi à justifier le procédé d'Oettinger, mais je n'ai pas eu le temps de vérifier ses calculs. On rencontre dans les mémoires d'Oettinger et de Poisson d'autres points obscurs qu'il serait utile de mettre en lumière. Je compte le faire prochainement.

5. Herr Prof. Dr. O. SPIESS (Basel): *Ueber Gruppen algebraischer Funktionen.*

Ist  $R_n(x)$  eine rationale Funktion  $n$ -ten Grades, so besitzt die Gleichung: (1)  $R_n(y) - R_n(x) = 0$   $n$  algebraische Funktionen zu Wurzeln  $y_0 = x, y_1(x), \dots, y_{n-1}(x)$ , die eine Gruppe bilden, indem  $y_h(y_i) = y_k$ . Umgekehrt sind alle Alg. Funktionen, die eine endliche Gruppe bilden, die sämtlichen Wurzeln einer Gleichung der Form (1). Betrachten wir z. B. eine Gruppe, die durch Iteration einer einzigen  $\nu$ -deutigen Funktion entspringt (monogene Gruppe). Einem Punkt  $x$  der Zahlenebene entsprechen dann  $\nu$  Punkte, diesen zusammen wieder  $\nu^2$  andere, die aber zum Teil koïnzidieren können u.s.w. Ist die Anzahl aller so aus  $x$  entspringenden Punkte endlich, so haben wir eben eine endliche Gruppe vor uns. Verbindet man jeden Punkt mit den  $\nu$  ihm entsprechenden durch (mit Pfeilen versehene) Linien, so entsteht ein Liniennetz (Polygramm), als Bild der Gruppe. Da es bloss auf den Zusammenhang dieser Linien ankommt, kann man sie von der Ebene loslösen und in irgend welchen Räumen konstruiert denken. So sind z. B. die Kantenmodelle der regulären und halbbregulären Polyeder solche Gruppenbilder.

Es entsteht das *Problem*, die allgemeinste Gleichung der Form (1) aufzustellen, die zu einem gegebenen Polygramm gehört. Indem man die Ecke  $x$  geschlossene Umläufe ausführen lässt und die Vertauschungen der andern Ecken betrachtet, lässt sich die Frage in manchen Fällen allgemein lösen. So gehört zum Oktaeder die Funktion des 6. Grades  $R_6(x) = R_3 S_2(x)$ , wo  $S_2(x)$  eine lineare Substitution vom Cyclus 2 gestattet. Diese

Betrachtungsweise lässt sich natürlich auch auf unendliche Gruppen ausdehnen.

6. Prof. J. ANDRADE, Besançon (France). *Nouveaux modèles de mouvements pour l'enseignement de la géométrie.*

Ces modèles ne concernent que la géométrie qualitative, la seule qui offre au débutant une réelle difficulté; ce sont des modèles de mouvements ou d'assemblages, matérialisant les premiers concepts de la géométrie, qui sont non des concepts de formes, mais des concepts de mouvements.

- I. Modèle relatif à la définition réaliste de la droite.
- II. Triangle évidé avec axe perpendiculaire traversant son plan en un sommet.
- III. Modèle dont les deux phases de mouvement schématisent la propriété fondamentale du dièdre.
- IV. Modèle pour illustrer une propriété fondamentale du trièdre, ou théorème du parapluie.
- V. Modèle de démonstration pour ce théorème: que deux plans qui ont un point commun ont une droite commune, ou ce qui revient de même: qu'une seule droite perpendiculaire à un plan peut-être conduite par un point de ce plan. Les modèles I, II, III, IV ont déjà été indiqués par l'auteur dans son livre « Le mouvement »<sup>1</sup> mais le modèle V, réalise par un jeu de fils la conséquence singulière de deux normales élevées d'un même point à un plan: à savoir qu'un même point d'un solide en rotation décrirait à la fois une ligne et une surface si le théorème étudié était en défaut.

Des photographies de ces modèles de mouvements paraîtront en décembre dans la « Revue de l'enseignement technique ».

7. M. Gustave DUMAS, Zurich: *Sur les singularités des surfaces.*

L'auteur de cette communication rappelle d'abord, en quel-

<sup>1</sup> Le mouvement, mesures du temps et mesures de l'étendue. Alcan éditeur. Paris 1911.

ques mots, comment se pose le problème de la résolution des singularités des surfaces, puis, dans un exposé d'un caractère tout à fait général, développe sa méthode, en résolvant d'une manière complète la singularité que la surface

$$(1) \quad z^{10} - 4y^{12} + 4x^3y^8 + x^8y^4 - x^9 + Ax^4y^5z^2 = 0$$

présente au point

$$(2) \quad x = y = z = 0.$$

Son procédé le conduit à faire correspondre aux points singuliers considérés certains polyèdres analogues aux polygones de Newton utilisés pour les courbes algébriques planes.

Dans l'exemple de ci-dessus, la polyèdre comporte une seule face finie, triangulaire, T. La résolution complète de la singularité s'effectue en partant de trois substitutions se rattachant respectivement à chacune des arêtes de T, et de la forme :

$$(3) \quad \begin{cases} x = \xi^a \eta^{a'} u^{a''} \\ y = \xi^b \eta^{b'} u^{b''} \\ z = \xi^c \eta^{c'} u^{c''} \end{cases}$$

Les exposants  $a, b, c$ , etc., sont des entiers positifs ; quelques-uns d'entre eux peuvent être nuls. Leur déterminant, pris en valeur absolue, doit se réduire à l'unité.

Par l'intermédiaire des substitutions (3) on obtient des représentations holomorphes de portions de la surface (1), dans le voisinage du point (2), qui, dans leur ensemble, représentent complètement cette surface (1) dans le voisinage de ce même point (2).

Pour atteindre ce dernier résultat, il suffit d'ailleurs un nombre fini de ces représentations <sup>1</sup>.

M. G. Dumas montre ensuite que le polyèdre permet de distinguer les uns des autres les différents *cycles*, ou, ce qui revient au même, les diverses nappes qu'une surface présente dans le voisinage d'un point singulier, et, termine en donnant quelques

<sup>1</sup>) Pour de plus amples renseignements sur la résolution de la singularité considérée, voir *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 154, p. 1495, séance du 3 juin 1912.

indications relatives à différents polyèdres rencontrés dans le cours de ses recherches.

8. Prof. D<sup>r</sup> M. PLANCHEREL, Fribourg. *Unicité du développement d'une fonction en série de polynômes de Legendre et expression analytique des coefficients de ce développement.*

$P_n(x)$  désignant le polynôme de Legendre  $\frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2-1)^n$ , nous appellerons série de polynômes de Legendre toute série de la forme  $\sum_{n=0}^{\infty} a_n P_n(x)$ .  $f(x)$  étant une fonction sommable dans l'intervalle  $(-1, +1)$ , on peut former les *coefficients de Legendre*  $f_n = \frac{2n+1}{2} \int_{-1}^{+1} f(x) P_n(x) dx$ . La série  $\sum f_n P_n(x)$  formée au moyen de ces coefficients n'est pas nécessairement convergente; nous l'appellerons la *série de Legendre* de  $f(x)$ ,  $f(x)$  en sera dite la *génératrice*.

On peut se poser au sujet de ces séries des questions analogues à celles que *Cantor* et *Dubois-Reymond* ont posées et partiellement résolues dans la théorie des séries trigonométriques. Les théorèmes suivants constituent une réponse partielle à ces questions.

I. *La condition nécessaire et suffisante pour que dans tout l'intervalle  $(-1, +1)$  à l'exception au plus d'un ensemble réductible de points,  $\sum a_n P_n(x)$  converge vers zéro, est que  $a_n = 0$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).* Ce théorème est dû à M. Dini. La méthode qui me donne les théorèmes suivants m'en fournit une démonstration plus simple.

II. *Si la série  $\sum a_n P_n(x)$  converge dans tout l'intervalle  $(-1, +1)$ , à l'exception au plus d'un ensemble réductible de points, vers une fonction  $f(x)$  bornée, c'est une série de Legendre dont  $f(x)$  est la génératrice.*

III. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une série  $\sum a_n P_n(x)$  (convergente ou non) possède une fonction génératrice*

$f(x)$  est que la série  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_{-1}^x P_n(x) dx$  converge dans tout l'intervalle  $(-1, +1)$  vers  $\int_{-1}^x f(x) dx$ .

Dans les théorèmes analogues de Cantor et de Dubois-Rey-  
mond, l'élément analytique qui joue un grand rôle dans la  
démonstration est l'expression  $\frac{1}{h} [f(x+h) + f(x-h) -$   
 $2f(x)]$  dont la limite pour  $h = 0$  donne la dérivée seconde  
généralisée de  $f(x)$ . Pour trouver dans notre cas une expression  
jouant un rôle analogue, nous considérerons une fonction  $F$   
 $(\delta, \varphi)$  sur la sphère de rayon 1. Décrivant autour du point  $(\delta, \varphi)$   
comme centre un petit cercle de rayon sphérique  $h$ , appelant  
 $(\delta', \varphi')$  les points de ce petit cercle,  $ds'$  l'élément d'arc et  $s$  le  
périmètre de ce petit cercle, nous formerons l'expression

$$\Delta_2 F(\delta, \varphi; h) = \frac{1}{\sin^2 \frac{h}{2}} \left[ \frac{1}{s} \int F(\delta', \varphi') ds' - F(\delta, \varphi) \right]$$

Notant  $\Delta_2 F(\delta, \varphi)$  la limite de cette expression pour  $h = 0$ ,  
il vient, si  $F$  possède une différentielle seconde,

$$\Delta_2 F = \frac{1}{\sin \delta} \frac{\partial}{\partial \delta} \left( \sin \delta \frac{\partial F}{\partial \delta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \delta} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2}.$$

En particulier,  $\Delta_2 P_n(\cos \delta) = -n(n+1)P_n(\cos \delta)$ . L'ex-  
pression  $\Delta_2 F(\delta, \varphi; h)$  jouit de propriétés d'extrémum qui per-  
mettent de suivre dans la démonstration de nos théorèmes une  
marche analogue à celle donnée par Hölder dans le cas des  
séries trigonométriques. Faisant correspondre maintenant par  
la substitution  $x = \cos \delta$ , à toute série  $\sum a_n P_n(x)$  une fonction  
 $F(\delta) = -\sum \frac{a_n}{n(n+1)} P_n(\cos \delta)$ , on démontre que  $\lim_{h=0} \sin$   
 $\frac{h}{2} \Delta_2 F(\delta, h) = 0$  et qu'en tout point de convergence de la série  
 $\sum a_n P_n(x)$ ,  $\Delta_2 F(\delta) + a_0 = \sum a_n P_n(\cos \delta)$ . L'utilisation de ces  
propriétés conduit sans difficulté aux théorèmes énoncés plus  
haut.

9. Prof. Dr. E. MEISSNER (Zürich). *Kinematische Untersuchungen.*

Das Problem der Stützung eines starren Körpers durch Ebenen führt u. a. auf die Frage nach der Existenz polyedra-ler Flächen. Darunter sind konvexe geschlossene Flächen zu verstehen, die im Innern eines regulären Polyeders sich mit drei Freiheitsgraden derart bewegen lassen, dass sie stets alle Polyederseiten berühren.

Mathematisch führt dies auf lineare Funktionalgleichungen, denen eine auf der Einheitskugel eindeutige Funktion genügen muss. Je nach der Art des umschliessenden Polyeders kann man fünf Typen solcher Flächen unterscheiden und es fragt sich, ob ausser der Kugel Flächen von jedem Typus existieren.

Die zum Würfel gehörenden Flächen sind mit den Flächen konstanter Breite identisch. Von den tetraedralen und oktaedralen Flächen werden Beispiele nach einer bestimmten Methode konstruiert, die im Dodekaeder- und Ikosaederfall aber nur die Kugel ergibt.

Zum Schluss wird der Satz bewiesen, dass die Kugel die einzige Lösung desjenigen Problems ist, bei dem das reguläre Polyeder durch ein reguläres dreiseitiges Prisma ersetzt wird. Dies ist um so bemerkenswerter, als die zu lösende Funktionalgleichung derjenigen des Tetraederfalles vollständig analog ist.

10. Prof. Dr. A. EMCH, Urbana (U. S. A.) *Ueber eine besondere conforme Transformation in der Ebene.*

Bezeichnet man mit  $A_\lambda$  und  $A_\mu$  zwei beliebige Punkte, welche in der komplexen Ebene durch  $z_\lambda$  und  $z_\mu$  dargestellt seien und trennt man in dem quadratischen Polynom  $\alpha_0(z - z_\lambda)(z - z_\mu)$  den reellen vom imaginären Teil, so dass

$$u + iv = \alpha_0(z - z_\lambda)(z - z_\mu)$$

ist, so stellen  $u = 0$ ,  $v = 0$  zwei orthogonale gleichseitige Hyperbeln dar, die durch  $A_\lambda$  und  $A_\mu$  gehen und ausserdem durch die imaginären Punkte  $B_\lambda$ ,  $B_\mu$ , die mit  $A_\lambda$ ,  $A_\mu$  ein orthogonales Quadrupel bilden, mit dem Mittelpunkt  $M_{\lambda\mu}$  und den Kreispunkten  $J_1$ ,  $J_2$  als Diagonalknoten.

$B\lambda$ ,  $B\mu$  heissen *assoziierte Punkte* von  $A\lambda$ ,  $A\mu$ .

Stellt  $u + iv = f(z)$  ein Polynom  $m^{\text{ten}}$  Grades dar, so wird durch  $u + \lambda v = 0$  ein *Stelloidenbüschel*  $m^{\text{ter}}$  Ordnung definiert, welcher als Grundpunkte die  $m$ -reellen Wurzelpunkte des Polynoms und ihre  $m(m - 1)$  assoziierten Punkte besitzt. Umgekehrt bestimmen  $m$  beliebige Punkte und ihre  $m(m - 1)$  assoziierten als Grundpunkte ein Büschel von Stelloiden.

Die Polaren  $k^{\text{ter}}$  Ordnung in Bezug auf ein Stelloidenbüschel  $m^{\text{ter}}$  Ordnung bilden einen Stelloidenbüschel  $(m-k)^{\text{ter}}$  Ordnung.

Ist ein Stelloidenbüschel durch  $(m + 1)$  beliebige Punkte und ihre assoziierten bestimmt, so kann man jeden Punkt  $P' (x', \gamma')$  der Ebene die  $n$  reellen der Grundpunkte des ersten Polarenbüschels bezüglich des Stelloidenbüschels zerordnen, gemäss der Beziehung

$$z' = z - \frac{(n + 1)\Phi(z)}{\Phi'(z)},$$

worin  $\varphi(z) = 0$  den Stelloidenbüschel definiert.

Endlich wird noch die Frage behandelt, ob es möglich sei, eine allgemeine irreduzible rationale Transformation

$$z' = \frac{f(z)}{g(z)}$$

in ähnlicher Weise geometrisch zu deuten.

11. R. DE SAUSSURE (Genève) : a) *Sur le mouvement le plus général d'un fluide dans l'espace.*

Le mouvement le plus général d'un fluide dans un plan (à un instant donné) est le mouvement défini par le système de tous les cercles tangents en un même point  $M_0$  à une même droite  $D_0$ . Ce système est la forme fondamentale de la géométrie des flèches dans un plan, c'est-à-dire de la géométrie où l'on prend comme élément spatial primitif une flèche (ensemble d'un point  $M$  et d'une droite  $D$  passant par ce point et affectée d'un sens).

A la géométrie des flèches dans le plan correspond dans l'espace à 3 dimensions la géométrie des *feuilletts* (ensemble d'un point  $M$ , d'une droite dirigée  $D$  passant par  $M$ , et d'un plan  $P$  passant par  $M$  et par  $D$ , et dont les faces sont différenciées par

les signes + et —). Les systèmes de feuillets sont analogues aux systèmes de droites, donc la géométrie des feuillets est analogue à la géométrie réglée, avec cette différence qu'un feuillet dépend de 6 coordonnées, tandis qu'une droite ne dépend que de 4 coordonnées<sup>1</sup>.

Si l'on affecte un feuillet MDP d'un coefficient numérique  $a$  on obtient un *feuillet coté*. D'autre part une droite affectée d'un coefficient numérique (*droite cotée*) n'est pas autre chose, au point de vue géométrique, que l'élément appelé par R.-S. Ball: une *vis* (*screw*). Donc les systèmes de feuillets cotés sont analogues aux systèmes de vis de Ball. On trouve en effet que le système *linéaire* de feuillets cotés  $\infty^1$  est complètement déterminé par 2 feuillets cotés; le système linéaire  $\infty^2$ , par 3 feuillets cotés; le système linéaire  $\infty^3$ , par 4 feuillets cotés, etc.

C'est le système linéaire ( $\infty^3$ ) de feuillets cotés qui représentera le mouvement le plus général d'un fluide dans l'espace (à un moment donné), car ce système remplit tout l'espace de telle façon qu'en un point quelconque se trouve un feuillet et un seul, lequel feuillet définit le mouvement de la molécule fluide située en ce point.

b) *Continuité et discontinuité.*

La continuité est une propriété essentielle et inhérente à la notion d'espace, de même que la discontinuité est inhérente à la notion de nombre. Les nombres sont des points isolés et ce n'est que par un procédé artificiel et purement intellectuel que l'on arrive à la notion du *continu mathématique*. Au contraire, dans le continu physique, tel que l'espace, ce qui est réel c'est la continuité et le *point* est une notion purement intellectuelle ne correspondant à aucune réalité. En d'autres termes: les nombres sont des points isolés sans pont pour les réunir, au contraire l'espace est un pont continu qui n'a pas d'extrémités. On ne doit donc pas définir (comme le fait par exemple M. Poincaré dans *La valeur de la science*) le continu physique comme on définit le continu mathématique, car cette définition sup-

<sup>1</sup> Voir *Exposé résumé de la géométrie des feuillets*, par R. de Saussure. *Mémoires de la Soc. de Phys. de Genève*, vol. 36.

pose l'existence d'éléments, discernables ou indiscernables, qui n'existent pas dans l'espace. Ce qu'il faut définir dans le nombre, c'est la continuité théorique entre des points isolés que l'on rapproche toujours davantage; au contraire, dans l'espace la continuité est la chose primitivement donnée, et ce qu'il faut définir, c'est l'existence théorique de points, lignes, surfaces, servant à limiter la continuité de l'espace.

Le nombre et l'espace sont deux entités inadéquates l'une à l'autre, car ce qui existe dans l'une, n'existe pas dans l'autre et réciproquement. Mais l'esprit humain est parvenu à les rendre adéquats artificiellement, en créant d'une part un pont continu entre les nombres, et d'une part des points dans l'espace pour le limiter. Tel est le double artifice qui permet d'appliquer le nombre discontinu à l'espace continu.

12. Prof. Dr. F. RUDIO (Zurich). *Der Stand der Herausgabe der Werke Leonhard Euler's.*

Der Vortragende teilt mit, dass nunmehr fünf Bände der Eulerausgabe erschienen seien: Der erste Band, der am Tage der Bundesfeier 1911 hat vorgelegt werden können, enthält die *Algebra*, herausgegeben von H. Weber-Strassburg, zwei weitere Bände umfassen die *Dioptrik*, herausgegeben von E. Cherbuliez-Zürich und die beiden zuletzt erschienenen, von P. Stückel-Karlsruhe herausgegebenen Bände enthalten die *Mechanik*. Die Algebra und der erste Band der Mechanik sind mit Bildnissen Eulers geschmückt. Die Mechanik musste in zwei Bänden herausgegeben werden, da sie 111 Bogen umfasst, die zum Preise von 25 Fr. zu liefern ein Ding der Unmöglichkeit wäre — ganz abgesehen von der Monstruosität einer solchen Publikation. Der Vortragende kommt dabei auf die Herstellungskosten der ersten Bände zu sprechen. Der erste Band, die Algebra; hat allein rund 22,000 Fr. gekostet, denen aus dem Abonnement nur 9,450 Fr. Einnahmen gegenüberstehen. Dieser eine Band hat also ein Defizit von über 12,000 Fr. verursacht. Günstiger stellt sich die Rechnung bei den zwei dünneren Dioptrikbänden, die mit rund 31,000 Fr. Ausgaben und 19,000 Fr. Einnahmen den Eulerfond *zusammen* mit 12,000 Fr. belasten.

Die Hauptursache dieser unverhältnismässig grossen Defizite besteht darin, dass für die Eulerausgabe eine grössere Schrift gewählt wurde, als ursprünglich vorgesehen worden war. Die den ersten Berechnungen zugrunde gelegte Korpusschrift hätte aber dem monumentalen Charakter, den eine Eulerausgabe beanspruchen darf, nicht entsprochen. Freilich ergibt sich aus den mitgeteilten Zahlen die ernste Mahnung, der sich kein Einsichtiger wird verschliessen können, dass die Bände im Durchschnitt nicht über 60 Bogen umfassen dürfen, wenn nicht das ganze Unternehmen schwer gefährdet werden soll. Eine Erhöhung der ursprünglich in Aussicht genommenen Bände-zahl ist daher nicht zu vermeiden.

Den jetzt vorliegenden fünf Bänden werden sich in wenigen Monaten drei weitere angeschlossen haben. Als sechster Band wird noch im Laufe dieses Jahres die erste Hälfte der Abhandlungen über die *Elliptischen Integrale*, herausgegeben von *A. Krazer*-Karlsruhe, erscheinen. Der Band ist bereits fertig gesetzt und korrigiert. Auch von dem folgenden Bande, der die zweite Hälfte der genannten Abhandlungen bringen wird, ist bereits ein grosser Teil gesetzt. Da beide Teile über 90 Bogen umfassen, mussten sie aus den angegebenen Gründen in zwei Bänden untergebracht werden. Von einem weiteren Bande, den von *G. Kowalewski*-Prag herausgegebenen *Institutiones calculi differentialis* ist ebenfalls ein Teil gesetzt. Die Eulerausgabe schreitet also rüstig vorwärts.

Zum Schlusse teilte der Vortragende noch einiges über das gewaltige handschriftliche Material mit, das die Petersburger Akademie in liberalster Weise zur Verfügung gestellt und nach Zürich gesandt hat. Mit der Sichtung der Manuskripte, die noch reiche Ausbeute für die Eulerausgabe versprechen, ist namentlich *G. Eneström*-Stockholm beschäftigt, der bereits wiederholt zu diesem Zwecke in Zürich Aufenthalt genommen hat.

Der Vortragende hatte wenige Wochen zuvor Gelegenheit gehabt, auch dem *Internationalen Mathematiker-Kongress in Cambridge* über die Eulerausgabe zu referieren. Auf Grund dieses Referates fasste der Kongress einstimmig folgende Resolution :

«Im Anschluss an die Verhandlungen der früheren Internationalen Mathematiker-Kongresse, insbesondere an den Beschluss des IV. Kongresses in Rom, betreffend die Herausgabe der sämtlichen Werke *Leonhard Eulers* bringt der V. Internationale Kongress zu Cambridge der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft seinen wärmsten Dank für die tatkräftige Inangriffnahme des grossen Unternehmens zum Ausdruck und verbindet damit zugleich seine hohe Anerkennung für die monumentale Ausgestaltung, die sie dem Werke in den bereits vorliegenden fünf Bänden hat angedeihen lassen. Der Kongress spricht die Erwartung aus, dass der Euler-Ausgabe auch weiterhin die Unterstützung nicht fehlen werde, die ihr bisher schon in so dankenswerter Weise von der ganzen wissenschaftlichen Welt, insbesondere von den grossen Akademien, zu teil geworden ist ».

13. Prof. Dr. H. FEHR (Genève). *L'état des travaux de la Commission internationale d'enseignement mathématique et de la Sous-commission suisse.*

Dans la précédente réunion (Soleure), M. H. Fehr a indiqué le plan des travaux adopté par la Sous-commission suisse comme contribution à l'enquête générale entreprise par la Commission internationale de l'enseignement mathématique dans le but de mettre en lumière les tendances modernes de cet enseignement.

Cette étude, qui vient de paraître, comprend douze rapports publiés sous la direction de M. H. Fehr, qui est à la fois président de la Sous-commission suisse et secrétaire-général de la Commission internationale.

M. H. Fehr dépose sur la table un exemplaire destiné au Dr. P. Huber, président du Comité annuel d'Altdorf. Voici la composition de ce volume :

*L'Enseignement Mathématique en Suisse.* Rapports de la Sous-commission suisse publiés sous la direction de H. Fehr. — 1 vol., XVI et 756 p., 18 fr., en 8 fascicules en vente séparément, Georg & C<sup>ie</sup>, Genève et Bâle.

*Fasc. 1.* — Les travaux préparatoires : Rapport préliminaire sur l'organisation de la Commission et le plan général de ses travaux, publié au

nom du Comité central par *H. Fehr*, secrétaire-général de la Commission (en français et en allemand).

Organisation des travaux en Suisse. — 43 p.

*Fasc. 2.* — Aperçu général, par *H. Fehr*.

Der mathematische Unterricht an den schweizerischen Primarschulen, von *Just. Stöcklin*.

Der mathematische Unterricht an den schweizerischen Sekundarschulen, von *von Badertscher*, Bern. — 106 p.

*Fasc. 3.* — Der mathematische Unterricht an den höheren Mädchenschulen der Schweiz, von *E. Gubler*, Zürich.

Der mathematische Unterricht an den Lehrer- und Lehrerinnenseminarien der Schweiz, von *F. R. Scherrer*, Küsnacht.

Organisation und Methodik des mathematischen Unterrichts in den Landerziehungsheimen, von *K. Matter*, Frauenfeld. — 109 p.

*Fasc. 4.* — Der mathematische Unterricht an den schweizerischen Gymnasien und Realschulen, von *K. Brandenberger*, Zürich. — 167 p.

*Fasc. 5.* — Les mathématiques dans l'enseignement technique moyen en Suisse, par *L. Crelier*, Bienne. — 112 p.

*Fasc. 6.* — Les mathématiques dans l'enseignement commercial suisse, par *L. Morf*, Lausanne. — 70 p.

*Fasc. 7.* — Der mathematische Unterricht an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, von *M. Grossmann*, Zürich. — 52 p.

*Fasc. 8.* — L'Enseignement mathématique à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne, par *M. Lacombe*, Lausanne.

Der mathematische Unterricht an den schweizerischen Universitäten, von *J. H. Graf*, Bern. — 72 p.

Ces rapports contiennent un ensemble de documents fort précieux, mais il ne constituent en réalité qu'une première partie des travaux. Il y a lieu de tirer parti de l'enquête faite en Suisse et à l'étranger et d'examiner les progrès à réaliser dans l'enseignement aux divers degrés. Dans une réunion, tenue à Bienne le 11 juillet, la Sous-commission a décidé, sur la proposition de son Président, de s'adresser, d'une part, aux autorités scolaires, pour leur signaler un certain nombre de réformes qui s'imposent à l'heure actuelle, d'autre part, aux Sociétés d'ordre pédagogique, telles que la Société des professeurs de Gymnases, la Société des professeurs de Mathématiques, etc., pour leur proposer de mettre en discussion un certain nombre de questions.

La place nous manque pour résumer ici ces vœux et propositions; bornons-nous à mentionner que pour l'enseignement

universitaire on estime que, par suite du nombre trop restreint des professeurs ordinaires, l'organisation des études mathématiques dans les universités suisses est insuffisante; elle est loin de satisfaire aux exigences, même les plus modestes, de la science moderne et aux buts que doit poursuivre l'enseignement universitaire. Il est donc désirable que de nouvelles chaires soient créées de manière que chaque université possède au moins trois chaires de Mathématiques pures<sup>1</sup>, une chaire d'Astronomie, une chaire de Mécanique et une chaire de Physique mathématique.

La Sous-commission demande en outre qu'une plus grande attention soit vouée :

1. Au développement des études dans leur côté purement scientifique, ainsi qu'à la préparation théorique et pratique des professeurs de mathématiques.

2. A l'enseignement théorique et pratique destiné aux étudiants en sciences naturelles.

Quant aux travaux effectués dans les autres pays, ils comprennent plus de 280 rapports répartis sur près de 150 fascicules ou volumes. Ils ont été présentés au V<sup>e</sup> Congrès international des Mathématiciens, qui vient d'avoir lieu à Cambridge. Dans sa séance de clôture, le 27 août dernier, le Congrès a décidé de renouveler le mandat de la Commission pour une durée de 4 ans, afin de permettre aux Sous-commissions nationales de terminer leurs rapports et d'étudier un certain nombre de questions d'une importance fondamentale dans des réunions qui auront lieu avant le prochain Congrès. On trouvera dans *l'Enseignement mathématique* du 15 novembre un compte rendu très complet de la Réunion de Cambridge avec une liste de tous les travaux publiés ou en préparation.

<sup>1</sup> 1. Calcul différentiel et Intégral; Analyse supérieure.

2. Algèbre supérieure; Théorie des nombres; Calcul des probabilités.

3. Géométrie analytique; Géométrie supérieure.

---

## II

### Physikalisch-meteorologische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft.

Sitzung : Dienstag, den 10 September 1912

Präsident: Herr Prof. P. Weiss, Zurich.

Sekretär: » Prof. H. Veillon, Basel.

1. M. A. JAQUEROD parle des travaux qu'il a effectués en collaboration avec M. St. PRZEMYSKI sur la *diffusion de l'hydrogène et de l'hélium à travers la silice*.

Les mesures ont été faites à des températures comprises entre 17° et 1200° pour l'hélium, et entre 400° et 1200° pour l'hydrogène; elles ont permis de constater les faits suivants:

L'hélium diffuse encore sensiblement à la température ordinaire; pour l'ampoule employée (50 cm<sup>2</sup> de surface et 0,8 mm. d'épaisseur) la vitesse est de 1 mm<sup>3</sup> à l'heure; à 1200° elle est plus de mille fois plus considérable.

L'hydrogène diffuse notablement plus lentement, mais les courbes représentant le phénomène en fonction de la température ont des allures très semblables. Une relation simple semble même exister: si l'on représente par  $T_H$  et par  $T_{He}$  les températures, comptées sur l'échelle absolue, pour lesquelles la vitesse de diffusion des deux gaz est la même, on a sensiblement:

$$\frac{T_H}{T_{He}} = \text{constante (1,8 env.)}$$

La vitesse de diffusion est pour les deux gaz, à température constante, directement proportionnelle à la pression, ce qui

différencie nettement ce cas de celui de la diffusion de l'hydrogène à travers le platine, par exemple, la vitesse étant alors proportionnelle à  $\sqrt{p}$ . Dans ce dernier cas, on admet que l'hydrogène diffuse à l'état dissocié — ce qui explique bien la loi vit. diff. =  $C\sqrt{p}$ . Avec la silice, le phénomène est donc différent — on ne saurait d'ailleurs admettre une dissociation, au sens ordinaire du mot, de l'hélium.

L'explication la plus simple consiste à supposer qu'il y a dissolution des gaz dans le verre de silice, et que le processus de diffusion est exactement le même que dans le cas d'une pellicule liquide. S'il en est ainsi, la solubilité des deux gaz H et He dans la silice doit être sensible. Des expériences tentées sur l'hélium ont donné des résultats positifs : des fragments de verre de silice placés dans une atmosphère d'hélium, se saturent de gaz, dont le volume peut ensuite être déterminé par chauffage et extraction à la pompe. Les auteurs ont ainsi constaté que cette dissolution suit bien la loi de Henry. De plus, la solubilité diminue lorsque la température s'élève, ce qui a bien lieu également avec les liquides.

Enfin des essais analogues ont été faits avec le verre ordinaire. Ils n'ont pas pu être poussés au delà de 400° par suite de la facile fusibilité de cette substance, mais ont permis de déceler une diffusion appréciable dans le cas de l'hélium ; la vitesse est, à 400°, environ cent fois plus faible qu'à travers la silice.

Les phénomènes constatés auront leur importance dans certaines études relatives à la radioactivité et au dégagement d'hélium par les minéraux chauffés ; la diffusion à travers le verre, qui existe probablement aussi pour l'hydrogène, permettra peut-être d'expliquer le vieillissement des tubes de Plücker, phénomène ordinairement attribué aux électrodes, ou à un effet dû à la décharge électrique, mais dans lequel la solubilité dans le verre du gaz étudié pourrait bien jouer un rôle.

Les données numériques encore incomplètes seront publiées plus tard dans un mémoire détaillé.

2. P. CHAPPUIS. — *Sur une nouvelle mire de précision en invar.*

Les mires actuellement en usage au Bureau topographique fédéral pour les nivellements de précision sont constituées par des lames de bois sans nœuds, soigneusement assemblées et recouvertes de plusieurs couches de peinture. La division est gravée en noir sur l'enduit blanc (ripolin) dont la surface a été doucie et polie avec soin.

La peinture n'est cependant pas absolument imperméable à l'humidité, et l'on n'a pas tardé à reconnaître que lorsqu'une mire, longtemps maintenue à l'air sec, est exposée à l'air humide, elle s'allonge progressivement de quantités qui dépassent de beaucoup les erreurs de lecture. Pour éviter les erreurs systématiques qui résulteraient de ces variations de longueur, on a reconnu nécessaire de comparer la mire chaque jour avec une règle de longueur connue. Les mires du colonel Goulier, qui sont utilisées par l'un des ingénieurs du Bureau topographique fédéral, sont munies à cet effet d'une règle bimétallique, système Borda, logée dans le bois et portant un dispositif qui permet d'effectuer très simplement cette comparaison. Pour les autres mires de précision, l'ingénieur chargé du nivellement procède chaque jour à la mesure des intervalles de la mire à l'aide d'un mètre étalon. Ces déterminations exigent un outillage encombrant et compliquent beaucoup les opérations du nivellement.

Il est naturel de chercher à supprimer les inconvénients que l'on vient de mentionner en substituant au bois un métal peu dilatable. L'acier nickel (à 36 % de Ni) appelé invar, qui a déjà rendu de si grands services pour la mesure des bases géodésiques, semble tout désigné à cette application et divers essais ont été déjà effectués à cet effet.

L'appareil que je vous présente a été construit suivant mes indications par M. Kern, à Aarau. M. Kern a apporté à ce travail l'appoint précieux de sa grande expérience et je tiens à le remercier ici de son très généreux et très utile concours.

Cette mire est constituée par deux rubans d'invar, fixés par leur extrémité inférieure à la platine d'acier qui sert de base à la mire et maintenus en haut sous une tension de 10 kg. envi-

ron par l'action d'un ressort. Ce ressort est disposé dans un tube d'acier, fixé sur la base, qui occupe le centre de la mire et règne sur toute sa longueur.

Comme une division sur métal nu, mat ou poli, n'eût pas été visible à distance, j'ai recouvert le métal d'un enduit blanc bien adhérent. Les traits ont été tracés sur cet enduit, le ruban ayant été placé sous la tension de 10 kg. La dilatation de l'invar a été mesurée par des expériences spéciales sur deux échantillons du ruban employé.

Ces mesures ont donné pour le coefficient moyen  $2,5\mu$  par mètre et par degré, ce qui montre que l'invar employé n'est pas de très bonne qualité. Ce coefficient doit être un peu majoré par suite de l'augmentation de tension qu'éprouve le ressort lorsque la température s'élève. En effet, le tube d'acier auquel est fixé le ressort se dilate plus que l'invar. En tenant compte de cette correction, on trouve pour le coefficient moyen de dilatation  $3,3\mu$  par mètre et par degré. Ce résultat est confirmé par des comparaisons effectuées directement sur la mire à de températures comprises entre  $4^\circ$  et  $25^\circ$ , qui ont donné une dilatation de  $2,9\mu$  par mètre et par degré.

Dans ces conditions, il est nécessaire de tenir compte des variations assez grandes de température qui se présentent au cours des observations sur le terrain; mais il suffit d'une mesure assez grossière de température (à  $1^\circ$  près) pour établir la correction de dilatation avec toute la précision désirable. J'ajouterai que des comparaisons, effectuées à différentes reprises depuis neuf mois, n'ont révélé aucun changement notable dans la longueur des rubans.

Un appareil destiné à des mesures en campagne doit être mis à l'épreuve non seulement au laboratoire mais sur le terrain. Le Bureau topographique fédéral a bien voulu faire l'essai de cette mire dans un nivellement exécuté ce printemps par M. l'ingénieur R. Gassmann, entre Bulle et Vevey. Dans son rapport, M. Gassmann constate que l'appareil s'est bien comporté. Il m'écrivait à ce sujet de Vevey que s'il avait disposé d'une deuxième mire en invar, il aurait abandonné ses anciennes mires pour achever sa campagne avec les nouvelles.

3. M. Auguste PICCARD (Zurich) démontre un *manomètre de grande sensibilité*<sup>1</sup>.

L'appareil est basé sur le principe du tube en U contenant au milieu une colonne d'eau. Avec cette forme primitive on devrait, pour déterminer la variation de pression à l'un des deux bouts du tube, mesurer la variation de la différence de niveau des deux ménisques. Le premier perfectionnement (apporté par Olivier à l'occasion de mesures magnétiques au simple tube en U inauguré par Quincke dans ce genre de

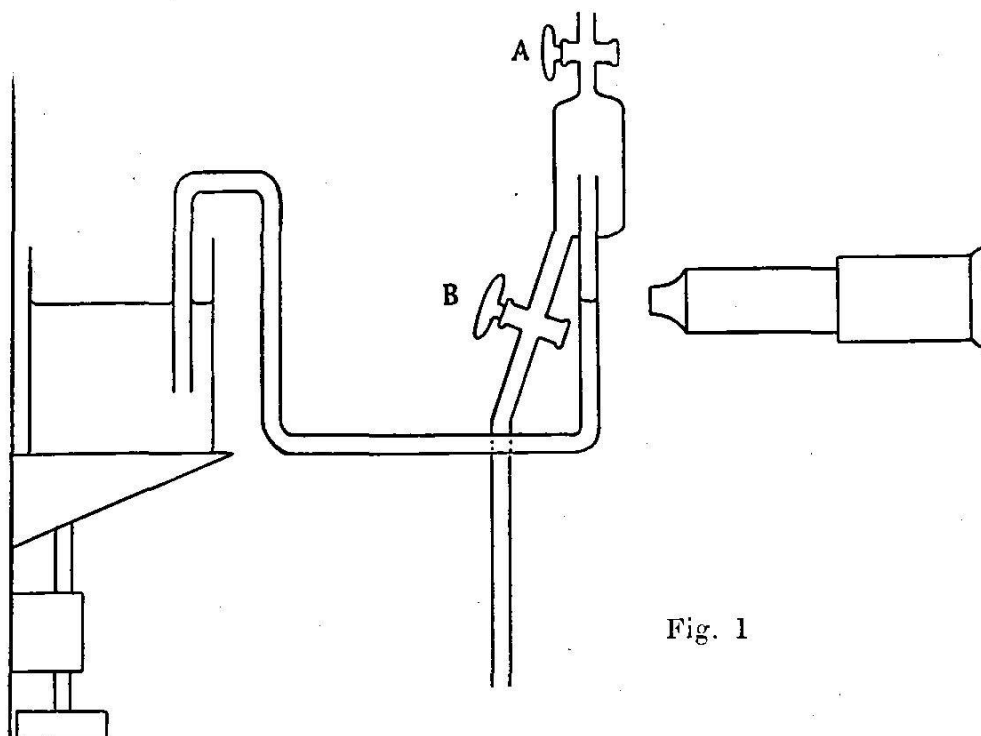


Fig. 1

recherches) consiste à faire communiquer l'un des bouts du tube (celui de gauche dans notre figure) avec l'eau contenue dans un récipient à grande surface. Ce récipient peut être déplacé dans le sens vertical à l'aide d'une vis micrométrique. Le petit ménisque (dans le tube de droite) est pointé par un microscope. C'est sur ce petit ménisque que l'on fait agir la pression que l'on veut mesurer (ou le champ magnétique dont on veut étudier l'effet sur le liquide). On observe tout d'abord

<sup>1</sup> Ce tube avait déjà fait ses preuves quand parut un travail de M. Sève (Thèse, Paris 1912) décrivant un appareil analogue.

au microscope un dénivèlement du ménisque, mais au lieu de le mesurer l'on agit sur la vis micrométrique de façon à déplacer le grand ménisque jusqu'à ce que le petit ménisque revienne à sa position primitive. C'est ainsi la vis micrométrique qui détermine la pression à mesurer. L'appareil serait excellent si le petit ménisque ne présentait pas de frottements irréguliers sur les parois du tube. On a en effet souvent l'impression que le ménisque reste accroché au tube. Ces frottements produisent en général des causes d'erreurs considérables. L'on peut s'en libérer complètement en assurant au ménisque et au tube une *propreté parfaite*. Cela se fait aisément en employant le tube démontré en séance (fig. 1). Le tube de droite débouche dans un petit globe de verre qui communique d'une part au moyen du robinet A avec le récipient dont on veut mesurer la variation de pression, et d'autre part au moyen du robinet B avec un tube descendant.

Avant de se servir du manomètre, on ferme A, ouvre B, puis on fait circuler un mélange chaud de bichromate de potasse et d'acide sulfurique à travers tout le tube dans la direction de gauche à droite, le tube vertical à partir de B faisant siphon aspirateur. Puis on remplace l'acide chromique peu à peu par de l'eau absolument pure (ne contenant surtout pas trace de graisse), en ayant soin de ne jamais laisser pénétrer de l'air dans le tube. Si l'on veut commencer maintenant les lectures, il suffit de fermer B et d'ouvrir A. On voit qu'on se sert maintenant d'un ménisque qui vient de déborder dans toutes les directions et qui par ce fait est absolument pur. M. Piccard remercie M. Chappuis auquel il doit l'idée de cet étalement quasi infini. Il faut encore avoir soin de ne laisser pénétrer par A que de l'air filtré et saturé d'humidité. Dans ces conditions le ménisque garde ses excellentes qualités pendant très longtemps, et si jamais il devient suspect, il suffit de fermer A et d'ouvrir B un petit instant, ce qui rajeunit le ménisque. Cet appareil a servi pour déterminer directement la susceptibilité magnétique de l'eau. Les moyennes de plusieurs petites séries d'observations coïncident à 0,001 mm. près, même si l'on travaille à raison de une observation à la minute.

4. Herr Dr. Eduard RIECKE (Göttingen): *Ueber die Piezo-  
elektricität des Turmalins.*

Der Anschauung zufolge, welche zuerst von *Lord Kelvin* ausgesprochen worden ist, besitzt der Turmalin ein molekulares elektrisches Moment in der Richtung der Hauptachse. Die Wirkungen dieses Moments werden für gewöhnlich verdeckt durch eine äusserlich aufgelagerte elektrische Schichte, welche überall das entgegengesetzte Vorzeichen besitzt wie die mit der molekularen Ladung äquivalente Oberflächenbelegung. Die Beobachtung gibt nur Aufschluss über die Aenderungen der molekularen Ladung, welche durch Verschiebung der Moleküle veranlasst werden.

Die phänomenologische Theorie stellt zwischen den beobachteten piezoelektrischen Momenten der Volumeinheit und zwischen den Deformationsgrössen die Beziehungen auf:

$$\begin{aligned} p_1 &= \epsilon_{11}X_x + \epsilon_{12}Y_y + \epsilon_{13}Z_z + \epsilon_{14}Y_z + \epsilon_{15}Z_x + \epsilon_{16}X_y \\ p_2 &= \epsilon_{21}X_x + \dots \\ p_3 &= \epsilon_{31}X_x + \dots \end{aligned}$$

Der Molekulartheorie zufolge besitzt jedes Molekül des Turmalins ein elektrisches Moment in der Richtung der Hauptachse. Ausserdem sind in einer zur Hauptachse senkrechten Ebene sechs in den Ecken eines regulären Sechseckes verteilte abwechselnd positive und negative Pole von gleicher Stärke vorhanden. Die molekulare Theorie erklärt die bei einer Deformation neu auftretenden Momente durch eine diëlektrische Polarisierung, welche durch die bei der Deformation entstehenden elektrischen Kräfte erzeugt wird. Sie führt auf Formeln von der oben gegebenen Art. Die piezoelektrischen Konstanten  $\epsilon$  erscheinen aber nun als Funktionen der diëlektrischen Konstanten und der molekularen Ladungen; sie hängen ausserdem ab von gewissen Molekularsummen, die im Falle des Turmalins sehr einfache Werte besitzen. Die elektrischen Erscheinungen des Turmalins hängen nur ab von den vier Constanten  $\epsilon_{15}$ ,  $\epsilon_{31}$ ,  $\epsilon_{33}$  und  $\epsilon_{22}$ . In den Werten der drei ersten tritt nur das molekulare Moment der Volumeinheit in der Richtung der Hauptachse auf. Der Wert von  $\epsilon_{22}$  hängt ab von den in

den Ecken des Sechsecks verteilten Polen. Man kann hiernach das molekulare Moment der Volumeinheit aus den beobachteten Werten von  $\varepsilon_{31}$ ,  $\varepsilon_{33}$  und  $\varepsilon_{15}$  berechnen. Die unter sich wohl übereinstimmenden Werte ergeben für das molekulare Moment der Volumeinheit ungefähr den Wert  $10^5$ . Die Zahl der Moleküle im ccm beträgt etwa  $10^{21}$ . Somit das Moment eines einzelnen Moleküls  $0,7 \times 10^{-16}$ . Für den Durchmesser des Moleküls ergibt sich ein Wert von  $0,8 \cdot 10^{-7}$  cm; hiernach wäre die Ladung eines Pols gleich  $8,8 \cdot 10^{-10}$ , also nahe das doppelte des Elementarquantums. An dieses Resultat schliessen sich weitere Betrachtungen an, die sich auf die Temperaturabhängigkeit des molekularen Momentes, die Theorie der Elasticität und der Kristallstruktur beziehen.

5. Joseph DE KOWALSKI (Fribourg). — *Sur la coloration des platinocyanures par les rayonnements du radium.*

En poursuivant les études qu'il a présentées à la Société de Physique à la séance de Berne, l'auteur a fait tailler par MM. Steeg et Reuter, à Hambourg, des plaques de platinocyanure du calcium et de platinocyanure du rubidium parallèles et perpendiculaires à l'axe principal. Les plaques furent soumises au rayonnement des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  rendus parallèles. Les plaques taillées parallèlement à l'axe se colorèrent très rapidement. Les plaques perpendiculaires à l'axe ne donnèrent aucune trace de coloration, après trois mois d'exposition au rayonnement. La source du rayonnement étant très faible, l'auteur se propose de continuer les expériences dans des conditions plus favorables. Si l'observation se confirmait, il en résulterait le phénomène inattendu, à savoir: que l'absorption de ces rayonnements dépend de l'orientation du cristal.

6. Dr. R. BILLWILLER (Zürich). *Neue Untersuchungen über die Dynamik des Föhn.*

Die Einführung leicht zu bedienender *Registrierapparate* in der Meteorologie ermöglicht es, den zeitlichen und örtlichen Verlauf von Föhnfällen jetzt weit besser zu übersehen als bisher.

Dadurch hinwiederum werden wir in den Stand gesetzt, Fragen der Entscheidung näher zu bringen, welche auf Grund des bisherigen Beobachtungsmaterials nicht gelöst werden konnten.

Hierher gehört in erster Linie die Frage nach der *Ursache des Herabsteigens des Föhn* in die Täler. *Wild* nahm eine saugende Wirkung des über die Alpenkämme hinbrausenden Sturmes an, während *Billwiler*, sen. auf die natürlichen Konsequenzen des Luftzufflusses gegen das bei Föhn immer vorhandene atlantische Depressionsgebiet hinwies.

Auf Grund eines umfangreichen, durch Registrierapparate im Innsbrucker Föhngebiete gewonnenen Materials kommt *von Ficker* zur Ueberzeugung, dass «die Ursache für das Herabsteigen des Föhn ganz im Sinne Billwillers auf der See-seite des Gebirges liege», modifiziert aber diese Erklärung folgendermassen. Dem Föhn vorgängig findet sich immer sehr stabile Temperaturschichtung, ja meist ausgesprochene Temperaturumkehr im Föhntal. Das Abfliessen dieser Inversions-schicht verursacht im Inntal die dem Föhn vorgängigen talabwärts wehenden Winde mit langsamer Temperaturerhöhung bei hoher relativer Feuchtigkeit. Erst wenn der Kaltluftsee abgeflossen ist, kann Föhn durchbrechen. *v. Ficker* neigt zur Annahme, dass das Vorhandensein einer kalten Tiefenschicht Bedingung für das Herabsteigen des Föhn sei.

Aus dem im *Reusstal* im Jahre 1911 gewonnenen Beobachtungsmaterial geht aber hervor, dass hier zufolge der viel besseren Ventilation der Täler der Westalpen im allgemeinen und des Reusstales im besondern die Temperaturschichtung vor Föhn eine viel weniger stabile zu sein pflegt und dass Inversionen selten sind. Für einen ausgewählten Fall (3. Okt. 1911) wird gezeigt, wie wenige Stunden vor Föhnausbruch im Reusstal noch vom St. Gotthard bis Erstfeld-Altdorf hinunter ein einheitlicher, sehr starker Temperaturgradient ( $0,65^{\circ}$  pro 100 m) besteht und wie der Föhn in Altdorf *plötzlich* (ohne vorgängigen, talabwärtswehenden Wind mit langsamer Erwärmung) einsetzt. Daraus darf der Schluss gezogen werden, dass für den Durchbruch des Föhnes kein Abfliessen einer Inversionsschicht erforderlich ist. Wenn in gewissen Tälern der Ostalpen eine dem

Föhne vorgängige Inversionsschicht die Regel ist, so besteht allerdings ein Zusammenhang zwischen Abfließen der Inversionsschicht und Föhndurchbruch, aber nur derart, dass beide Erscheinungen auf dieselbe Ursache (Saugwirkung der Depression) zurückzuführen sind.

7. M. le D<sup>r</sup> CH.-ED. GUILLAUME a envoyé quelques exemplaires de sa note intitulée: *Etude des mouvements verticaux de la Tour Eiffel*<sup>1</sup>, dont M. Raoul GAUTIER rend compte brièvement en montrant quelques diagrammes originaux que M. Guillaume a joints à son envoi.

C'est une nouvelle application des propriétés de l'*invar*. M. Guillaume a mesuré les mouvements verticaux de la Tour Eiffel en tendant un fil d'*invar* entre le sol et la deuxième plateforme (116 mètres). Sur celle-ci, le fil, tendu au moyen de contre-poids, peut, par un système de leviers et une plume, inscrire ses oscillations sur un cylindre d'enregistreur Richard. Le fil lui-même a un coefficient de dilatation faible qui s'annule sous une tension de 19 kg. Cette tension étant insuffisante pour résister au vent, elle a été poussée à 25 et même 50 kg. Sous cette dernière tension, la dilatabilité du fil est négative et ce fil ajoute aux mouvements thermiques de la Tour un supplément de  $\frac{1}{23}$  de leur valeur.

Mais cela n'infirme en rien la valeur des diagrammes obtenus qui accusent un parallélisme remarquable entre les mouvements du vaste thermomètre métallique que constitue la Tour et les changements de température de l'air enregistrés au Bureau météorologique central tout voisin.

Certaines oscillations brusques dans la courbe sont dues aux coups de vent qui courbent le fil et qui s'inscrivent sur les diagrammes par des pointes dirigées vers le haut et dont la base s'appuie sur la courbe générale du mouvement thermique. Durant les jours de tempête, l'appareil mis en déroulement rapide a enregistré très fidèlement la structure des coups de vent. Il n'est donc pas seulement un thermographe fidèle, mais

<sup>1</sup> C. R., t. 155, p. 26, 1<sup>er</sup> juillet 1912.

un anémographe dont on pourrait utiliser les indications en le rendant indépendant de la température.

8. J. ANDRADE (Besançon). — *Spiral double pour chronomètres marins.*

I. — On sait que le spiral *cylindrique* réglant des chronomètres marins, à spires suffisamment nombreuses, constitue avec le balancier un organe régulateur dont les vibrations ont été obtenues isochrones par deux procédés distincts devinés par deux artistes au XVIII<sup>m</sup> siècle.

L'Anglais Arnold modelait le spiral à ses extrémités suivant des courbes terminales appropriées.

Le français Pierre Le Roy conservait au spiral sa forme cylindrique, mais lui donnait une étendue angulaire d'un nombre entier de tours plus ou moins un quart de tour.

Phillips a justifié par la théorie la règle d'Arnold et précisé le tracé des courbes terminales.

M. Caspari a donné la théorie de la méthode de Le Roy.

La méthode d'Arnold produit sur le balancier libre non seulement une vibration isochrone, mais encore une vibration régulière, c'est-à-dire sinusoïdale, qui est liée à la proportionnalité de l'angle dont tourne le balancier au moment qui lui est transmis par le spiral.

Au contraire, la méthode de Pierre Le Roy produit un isochronisme satisfaisant, mais détruit la régularité, c'est-à-dire la loi sinusoïdale de la vibration du balancier.

Or, on peut désirer conserver la loi sinusoïdale, non pas par une simple coquetterie théorique, mais pour obtenir des avantages de marche qui sont liés à cette régularité sinusoïdale elle-même.

Le principal de ces avantages est la sécurité complète de l'isochronisme sinusoïdal à l'égard de la lente mais forte variation du terme constant du frottement qui est dû à l'épaississement des huiles.

Mais d'autre part, d'excellents régleurs répugnent à violer l'élasticité du spiral par le modelage des courbes terminales.

Dans ces conditions, il m'a paru intéressant de chercher à généraliser la méthode de Pierre Le Roy, de manière à obtenir une *vibration sinusoïdale sans courbes terminales*.

Or nous allons voir que le but est facile à atteindre, en nous servant de l'analyse d'approximation qui a conduit M. Caspari à sa belle justification théorique de la méthode devinée par Le Roy.

Rappelons d'abord la valeur du moment transmis au balancier par la déformation d'un spiral cylindrique.

Soient avec les désignations habituelles :

$E$  le coefficient d'élasticité } du spiral ;  
 $L$  la longueur

$I$  le moment d'inertie géométrique de sa section transversale par rapport à l'axe de flexion de cette section ;

$A$  le moment d'inertie du balancier ;

$p$  l'étendue angulaire du spiral cylindrique, et  $u$  l'angle d'écart du balancier ;

Soit :  $K^2 = \frac{EI}{AL}$ . Si l'on néglige le petit effet d'inertie du spiral.

et si l'on a égard à la petitesse de  $\frac{1}{p}$  nous pourrions adopter pour mesure du moment transmis au balancier l'expression :

$$- K^2 u - K^2 u \frac{2}{p^2} [2 - 2 \cos(p + u) + u \sin(p + u)]$$

Cette formule est due à M. Caspari ; j'en ai tiré les conséquences suivantes :

Adoptons un second spiral prolongeant en quelque sorte le premier, mais s'encastant sur une nouvelle virole et sur un nouveau piton ; désignons par  $K'$  et  $p'$  les analogues de  $K$  et  $p$  pour ce second spiral appliqué au même balancier.

Ce nouveau spiral transmettra au balancier le moment

$$- K'^2 u - K'^2 u \frac{2}{p'^2} [2 - 2 \cos(p' + u) + u \sin(p' + u)]$$

Mais maintenant associons nos deux spiraux de manière que l'on ait :

$$\begin{cases} \frac{K'^2}{p'^2} = \frac{K^2}{p^2} \\ p' = p + (2K'' + 1) \pi \end{cases} \quad (K'' \text{ entier})$$

L'ensemble des deux spiraux produira sur le balancier une vibration *isochrone et sinusoïdale* de durée :

$$\frac{2\pi}{\sqrt{K^2 + K'^2 + \frac{8K^2}{p^2}}}$$

Le mode opératoire le plus simple consistera à scinder un spiral cylindrique en deux portions égales, de sorte que

$$p' = -p = (2K'' + 1) \frac{\pi}{2}$$

II. *Description.* — Un spiral cylindrique d'environ vingt tours et demi est coupé en deux portions égales, dont chacune, avec son piton et sa virole propres angulairement distantes de 90°, reproduit un spiral de Le Roy.

La fig. 1 représente les deux spiraux attachés à leurs viroles et pitons respectifs.

La fig. 2 est une vue en plan montrant les positions relatives des points d'attache des spiraux au balancier et aux pitons.

Les fig. 3 et 4 montrent schématiquement des variantes d'exécutions dans lesquelles les positions relatives de chacun des deux spiraux sont différentes de celles de la fig. 2.

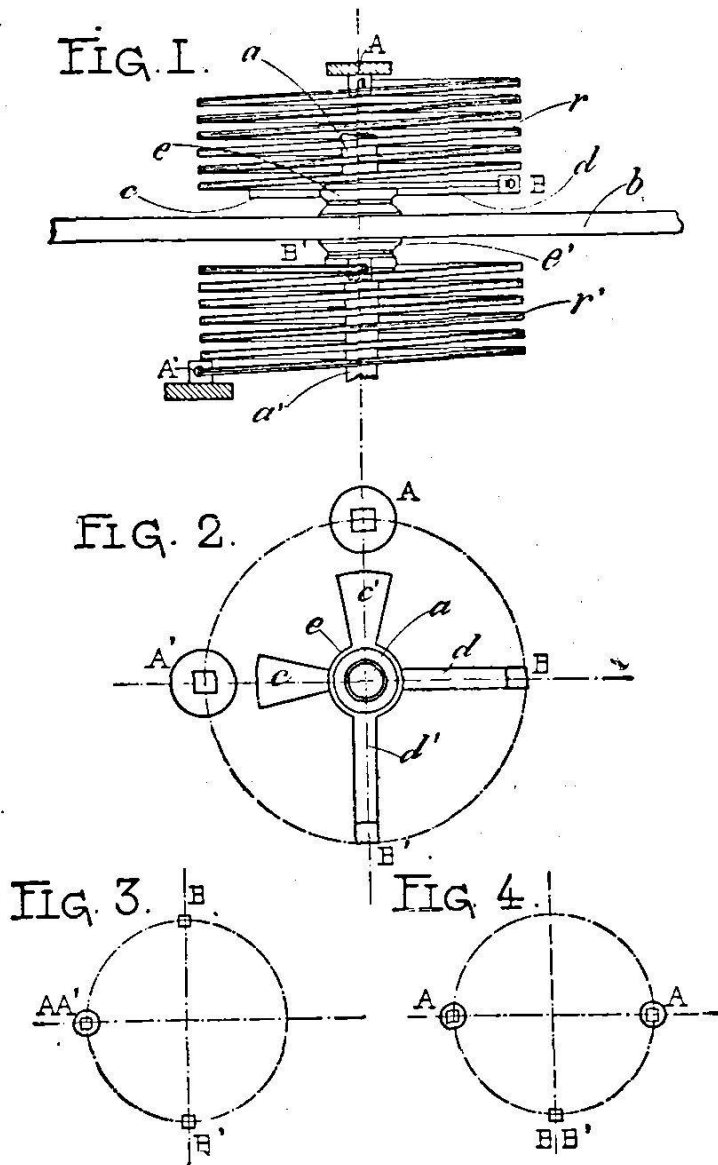
Le dispositif régulateur représenté fig. 1 et 2 comporte deux spiraux identiques,  $r$  et  $r'$ , fixés indépendamment l'un de l'autre de chaque côté du balancier  $b$ , dont  $a$  et  $a'$  sont les parties supérieure et inférieure de l'axe du balancier. Sur la partie supérieure  $a$  de l'axe de balancier est fixée la virole  $e$ , munie des bras  $c$  et  $d$  (fig. 2).

La partie inférieure  $a'$  porte la virole  $e'$  à bras  $c'$  et  $d'$  (fig. 2).

A et A' sont les pitons respectifs de chacune des deux portions du spiral.

Le spiral  $r'$  est fixé au balancier par l'extrémité  $B'$  du bras  $d'$  de la virole  $c'$  et d'autre part au piton  $A'$ .

Ainsi que le montre la fig. 2, les points d'attache  $B, B'$  au balancier de chacun des spiraux font par rapport aux pitons



correspondants  $A, A'$  un angle égal à  $90^\circ$ , soit  $90^\circ$  entre les points  $A, B$  et  $90^\circ$  entre  $A', B'$ .

Dans la forme d'exécution représentée en fig. 2, la position relative des points d'attache  $A$  et  $B$  par rapport à ceux  $A'$  et  $B'$  correspond à la disposition en croix des bras  $c, d$  et  $c', d'$  des viroles. Cette disposition laisse arbitraire l'écart angulaire

B', elle pourrait par exemple être modifiée comme l'indiquent les fig. 3 et 4.

Dans les fig. 3 et 4, A et A' sont les pitons, B et B' les points d'attache à la virole du balancier.

Les deux spiraux  $r$  et  $r'$  sont identiques comme dimensions et nature, et cette condition est réalisée au mieux en prélevant par sectionnement les spiraux  $r$  et  $r'$  à un même spiral.

Plus encore que pour le spiral simple, l'emploi des aciers « Guillaume » est ici tout indiqué.

De plus, comme pour tous les spiraux cylindriques, l'emploi de pitons-glissières réglables formant plans dont le prolongement passe par l'axe du balancier peut être ici recommandé pour l'ajustage des deux spiraux.

Le spiral double sans courbes terminales qui vient d'être décrit, breveté en Allemagne, fait actuellement l'objet de demandes de brevets dans les différents pays d'industrie horlogère.

9. L. DE LA RIVE (Genève). — *Sur l'équivalence de la force Biot et Savart dans le champ magnétique uniforme et de la force centrifuge composée.*

Considérons un électron en mouvement dans un champ magnétique uniforme avec une vitesse initiale normale au champ qui est dirigé suivant OZ de telle sorte que la trajectoire est dans le plan  $xy$ ; les équations du mouvement sont :

$$[1] \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{eH}{m} \frac{dy}{dt} \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{eH}{m} \frac{dx}{dt}$$

où  $e$  est la charge de l'électron en unités électromagnétiques,  $H$  l'intensité du champ et  $m$  la masse de l'électron. Faisons  $eH/m = 2\omega$ ,  $\omega$  étant une vitesse angulaire, et cherchons l'équation de la trajectoire par rapport à des axes  $x'$ ,  $y'$  animés d'un mouvement de rotation autour de OZ d'une vitesse angulaire  $\omega$ .

Pour trouver les équations du mouvement, il faut obtenir :

1° Les composantes de la force réelle donnée par les [1] projetées sur les  $x'$   $y'$ ; pour l'axe  $x'$  on a :

$$X_1 = 2\omega \frac{dy}{dt} \cos \omega t + 2\omega \frac{dx}{dt} \sin \omega t$$

2° Les composantes de la force centrifuge composée, ce qui donne pour le même axe de coordonnées :

$$X_2 = 2\omega \frac{dy'}{dt} = 2\omega \left[ -\frac{dx}{dt} \sin \omega t - \omega x \cos \omega t + \frac{dx}{dt} \cos \omega t - \omega y \sin \omega t \right]$$

3° Les composantes de la force centrifuge, ce qui donne :

$$X_3 = \omega^2 x' = 2\omega^2 x' - \omega^2 x' = 2\omega^2 [x \cos \omega t + y \cos \omega t] - \omega^2 x'$$

En faisant la somme  $X_1 + X_2 + X_3$ , on voit que tous les termes se détruisent, sauf le dernier, et comme il en est de même pour l'axe  $oy'$ , on obtient pour les équations du mouvement :

$$[2] \quad \frac{d^2 x'}{dt^2} = -\omega^2 x' \quad \frac{d^2 y'}{dt^2} = -\omega^2 y'$$

d'où résulte que la trajectoire mobile est une ellipse parcourue par l'électron suivant la loi des aires décrites par rapport à l'origine. La trajectoire fixe est donc engendrée par un point qui décrit une ellipse, tandis que l'ellipse elle-même subit une rotation de vitesse angulaire constante autour de l'origine. Il est à noter que dans les [1]  $e$  est de l'électricité négative et aussi que la quantité  $eH/m$  a les dimensions d'une vitesse angulaire.

*En résumé, l'identité de définition des deux forces, Biot-Savart et centrifuge composée, qui dans le cas de  $e$  négatif sont dirigées en sens contraire, donne lieu pour les axes rotatifs à la disparition de la force centrifuge et à l'apparition d'une force attractive proportionnelle à la distance.*

#### 10. Adrian BAUMANN (Zürich II). a) *Die Erklärung der Oberfläche des Mars.*

Die dunklen Flächen auf dem Mars, welche die Bezeichnungen von Meeren und Seen tragen, sind Land. Der grösste Teil davon, ein mit Asien vergleichbarer Kontinent, zeigt ausgedehnte Schneefelder, dunkle Gebirgszüge und dazwischen Gletscher. Ausgedehnter als der Kontinent ist der mit dickem Eis bedeckte Ozean, der fast die ganze nördliche Halbkugel und einen grossen Teil des südlichen Tropengebietes umfasst. Seine verschiedenen Teile tragen heute noch die Namen von Ländern und die Inseln darin werden als Seen bezeichnet. Besonders

dann, wenn der Planet sich von der Sonne entfernt und sich seine Oberfläche abkühlt, reisst die Eisdecke des Meeres in einige grosse Schollen entzwei; durch deren Zusammenstösse werden die entstandenen Risse erweitert und abgesplitterte Eisblöcke auf die Ränder der Schollen geschoben. Später verschweissen die Risse; es bilden sich neue nebenan, zwischen denselben Endpunkten; die Eisblöcke verdunsten; nur deren Verunreinigungen bleiben als unregelmässige Flecken und bilden zusammen breite, meist geradlinige Streifen, Moränen vergleichbar. Sowohl die Risse wie auch die Moränen werden als Kanäle bezeichnet. Die Verdopplung der Kanäle ist eine reelle Tatsache, indem durch schräg laufende Kräfte sich Risse als Tangenten an gegenüberliegenden Stellen einer Insel bilden können.

Mehrere Inseln enthalten tätige Vulkane: Abgesehen von frühern Veränderungen hat sich im Jahre 1907 eine vulkanische Insel neu gebildet; damals sowie zwei Jahre nachher sah man in der Umgebung der Insel die Verdunklung des Eises durch die vom Wind verstreute vulkanische Asche; eine gelbliche Wolke aus vulkanischem Staub bedeckte 1909 einen grossen Teil des Mars. — Eine andere vulkanische Insel warf damals auch Wasserdampf aus, der als Schnee herunterfiel.

Die Erscheinungen an den Polen erklären sich durch das eigenartige Klima, das einigermassen mit unserem Winter über dem Nebelmeer verglichen werden kann.

Diese Erklärung steht im Einklang mit sämtlichen beglaubigten Beobachtungen, auch mit der grossen Zahl derjenigen, welche man bisher wegen angeblicher Widersprüche bezweifelt hatte. Sogar der Wahrheits-Beweis ist möglich. Interessante Einzelheiten sind noch zu erforschen; besonders aber ergeben sich höchst wichtige Gesichtspunkte für die Erkenntnis unserer Erde.

#### b) *Der Ring des Saturn.*

Mit voller Sicherheit lösbar ist die folgende physikalische Aufgabe: Es sei gegeben ein Weltkörper mit einer ausgedehnten Atmosphäre, die hauptsächlich Wasserdampf enthält, also ent-

sprechend warm ist. Durch eine ausnahmsweise unterbrochene Abkühlung sinke die Temperatur bis unter den Gefrierpunkt. Was entsteht, wenn zugleich eine ungeheure Umdrehungsgeschwindigkeit vorausgesetzt wird?

Infolge der gegenseitigen Anziehung der entstehenden Wassertropfen bildet sich von aussen nach innen ein Wasserring, der immer flacher und gleichmässiger wird. Dann wächst von aussen nach innen ein Ring aus Eis. Da sich dieser nur als Ganzes umdrehen kann, läuft er innen langsamer als der äussere Rand des innen noch vorhandenen Wasserrings. Wenn daher infolge einer ausnahmsweisen Erwärmung der innere Teil des Eisrings schmilzt, hat das Schmelzwasser für den Umlauf als Mond eine zu kleine Geschwindigkeit und fällt in den Wasserring. Wenn dann später die Kälte wieder überhänd nimmt, ist eine Lücke da (beim Saturn die Teilung von Cassini und diejenige von Encke) und es entsteht ein neuer Eisring innerhalb des äussern.

Die noch vorhandene, den Keplerschen Gesetzen entsprechend, umlaufende Luft wird durch die Reibung am Eisring aussen beschleunigt, innen verzögert. Dieser Teil der Luft wird durch das Wachstum des Eisringes immer mehr verzögert und bildet schliesslich einen besondern Ring innerhalb des Eisringes (beim Saturn der Florrying; es wurde auch die Beobachtung eines äussern Florryinges gemeldet).

Der Ring des Saturn zeigt alle der Lösung dieser physikalischen Aufgabe entsprechenden Eigenschaften; es scheinen ihn ausserdem eine Unmenge kleine und kleinste Körper zu begleiten.

11. A. ROSSEL. — *Progrès de la lumière artificielle*. Les lampes électriques Soffites-Osram.

La culture et le développement modernes doivent en grande partie leur extension au perfectionnement de l'éclairage. L'éclairage public a permis l'agrandissement des villes d'après les lois de l'hygiène; le commerce en a largement profité ainsi que l'industrie partout où la lumière joue un rôle particulièrement important, entre autre pour l'application des couleurs; en

même temps le confort a été introduit dans les habitations. Les localités et les locaux mal éclairés se trouvent dans un état d'infériorité évident. Les premières conditions de développement sont l'eau et la lumière.

Lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Zofingue, j'ai démontré pour la première fois la fabrication du carbure de calcium et la purification de l'acétylène, et à la réunion de Soleure, l'importance des découvertes Auer et la fabrication du filament métallique wolfram de la lampe Osram. Ces découvertes ont eu en Suisse pour conséquence une meilleure utilisation des forces hydrauliques, par conséquent le progrès national.

Actuellement, nous devons le perfectionnement de la lumière au courant électrique.

Edison avait trouvé le moyen pratique de la divisibilité de la lumière électrique au moyen des lampes à incandescence aux filaments de charbon. Cette découverte introduisit la lumière électrique dans les maisons, mais elle resta longtemps un objet de luxe. Auer de Welsbach auquel nous devons le manchon aux oxydes métalliques cerium et thorium, qui a popularisé la lumière du gaz, a également remplacé le filament de charbon dans la lampe électrique à incandescence par un filament métallique, l'osmium, qui avait l'avantage de n'exiger pour une bougie

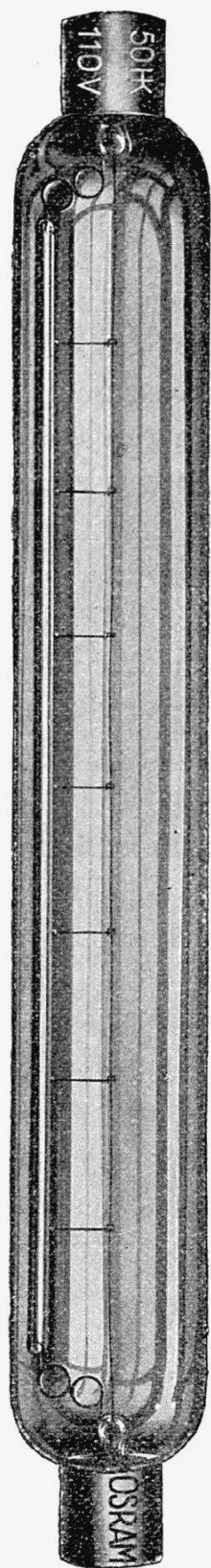


Fig. 1

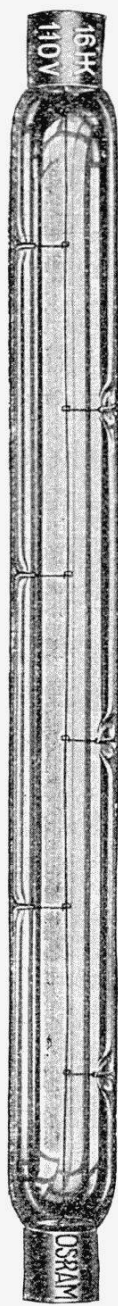


Fig. 2

Nouvelle lampe électrique à filaments métalliques soffites-osram en tubes réflecteurs. — Fig. 1, lampe de 50 bougies; fig. 2, lampe de 16 bougies.

normale que 1 watt au lieu de 3,5 watt du filament au charbon, par conséquent réalisant une économie de 70 %.

Cependant la lampe électrique aux filaments du métal osmium était loin de répondre aux exigences pratiques favorables au développement des forces hydrauliques. Le métal osmium, de la famille du platine, très coûteux, fut alors remplacé par le métal meilleur marché wolfram et nous fûmes dotés de la lampe *Osram*. Lors de la réunion de Soleure, j'ai décrit la fabrication du filament du métal wolfram qui présentait des difficultés particulières à cause de la faible malléabilité du métal qui ne se laissait pas étirer au fil que l'on fabriquait par un procédé fort compliqué de soudage. Actuellement cette difficulté est surmontée, le filament jusqu'à un diamètre de 0,01 millimètre de diamètre est tiré à la filière, ce qui assure la solidité absolue de la nouvelle lampe électrique. La Société Auer fabrique des lampes de 1 à 10 bougies pour les basses tensions, entre autre pour l'éclairage des wagons de chemins de fer et les lampes portatives, de 15 à 1000 bougies pour les tensions de 100 à 125 volts et de 10 à 1000 bougies pour les tensions de 200 à 250 volts. La nouvelle lampe *Osram* possède la même solidité que les lampes aux filaments de charbon, en sorte que l'économie de 70 % est réalisable pour toutes les conditions d'éclairage électrique.

Le filament métallique étiré à la filière a permis un nouveau perfectionnement, celui de la fabrication des lampes *Osram* sous forme de tubes au lieu de la forme de poires Edison. Dans un tube en verre de Bohême dans lequel on a fait le vide est placé un fil métallique allant d'une extrémité à l'autre ; ces lampes dont vous voyez ici deux exemplaires, dont l'un de 25, l'autre de 100 bougies, ont reçu le nom de *Soffites-Osram* et sont surtout employées pour la projection d'une lumière indirecte, la moitié du tube, à l'intérieur, étant recouverte d'une couche d'argent servant de réflecteur, ces lampes Osram de différentes formes, vu la somme de rayons violets de la lumière

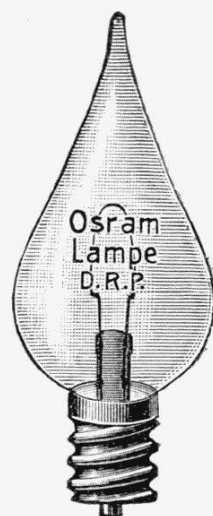


Fig. 3

Lampe Osram pour basses tensions.

qu'elles produisent, sont d'un grand secours pour l'éclairage de nuit, des galeries de tableaux.

J'ai le plaisir de remettre au P. Morand-Meyer une lampe Soffite-Osram de 100 bougies pour une tension de 125 volts, en souvenir de la belle réception faite à Altorf aux membres de la Société helvétique des sciences naturelles.

---

### III

#### Chemische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Chemischen  
Gesellschaft.

**Sitzung : Dienstag den 10. September 1912.**

*Präsident:* Herr Prof. Fr. Fichter (Basel).

*Sekretär:* » Dr. J. Schmidlin (Zürich).

---

1. M. Ph.-A. GUYE (Genève) rend compte de divers travaux, effectués en 1910 dans son laboratoire, sur la *densité et la composition de l'air*, auxquels ont collaboré à des titres divers MM. J. KOVACS, E. WOURTZEL et H.-E. WATSON.

Une série de 30 déterminations de la densité de l'air de Genève, faites en février, mars et avril 1910 avec la collaboration de MM. Kovacs et Wourtzel, conduit à une valeur du poids du litre normal d'air  $L = 1,2930$  gr., légèrement supérieure aux valeurs, 1,2928 gr. et 1,2927 gr., qui résultent des mesures antérieures de Rayleigh et de Leduc ; les moyennes journalières extrêmes sont comprises entre 1,29275 et 1,2933. Deux mesures récentes, faites à Genève par M. German, confirment les valeurs de 1910. En outre, les minima de densité observés en 1910 sont très voisins de maxima barométriques, résultat déjà observé en 1880-81 par M. Morley, à Cleveland (U. S. A.), pour la teneur en oxygène, et qui s'explique en admettant qu'il y a alors chute d'air des régions supérieures dans les régions inférieures de l'atmosphère.

En présence de ces faits, M. Guye a repris avec M. Watson l'étude théorique de la variation de la composition de l'air,

supposé tranquille, en fonction de l'altitude et de la température, jusqu'à l'altitude de 15 kilomètres ; la théorie indique des variations de composition beaucoup plus fortes que celles observées, ce qui doit être attribué au brassage de l'air à la surface de la terre, qui tend à remener une composition homogène. Néanmoins, pour préciser ce point, M. Guye a organisé des expéditions en vue de recueillir simultanément, à la même heure et de la même manière, le 19 mai 1910, de l'air à Genève (400 m. d'altitude), au Mont-Salève (1280 m.) et aux Rochers de Naye (2045 m.). M. Watson en a déterminé la teneur en oxygène par une méthode très exacte, élaborée par lui, et a trouvé des teneurs variables en oxygène ; 21,03, 20,94 et 21,02 volumes sur 100 volumes d'air ; à Genève même, les 19 mai et 11 et 12 juillet 1910, M. Watson a trouvé des variations du même ordre. Il est à remarquer que le plus grand écart constaté par M. Watson, soit 0,09, correspond à celui observé au cours des séries d'analyses antérieures faites par Bunsen, Regnault et Morley.

M. Guye fait aussi remarquer que les limites entre lesquelles oscille la densité sont beaucoup plus étendues que celles que l'on devrait trouver si ces variations de densité dépendaient seulement des variations dans la teneur en oxygène. Il a donc cru bien faire de revoir de plus près les observations antérieures d'autres expérimentateurs modernes ; des renseignements qu'il doit à l'obligeance de Lord Rayleigh, il résulte que les minima de densité de l'air constatés par ce dernier correspondent bien à des maxima barométriques, comme à Genève ; d'autre part, M. A. Jaquerod lui a signalé qu'en élaborant sa méthode pour la mesure des densités des gaz, basée sur le principe d'Archimède, il n'était pas parvenu à calibrer exactement le flotteur en prenant l'air comme gaz de référence ; on trouvait entre les diverses déterminations des différences beaucoup plus grandes que celles correspondant aux variations admises de teneur en oxygène. C'est là une confirmation assez importante des faits observés à Genève.

De leur discussion, M. Guye conclut qu'il faut reprendre l'étude de l'air et rechercher, en particulier si celui-ci ne con-

tient pas, dans les périodes de haute pression, quelques gaz très légers provenant des régions supérieures de l'atmosphère ; les éléments hypothétiques coronium, nébulium et protofluor, dont les poids atomiques, d'après M. J.-W. Nicholson, seraient voisins de 0,5, 1,6 et 2,4, constitueraient certainement des gaz très légers, et pourraient en effet ne se trouver que dans les régions supérieures de l'atmosphère et ne parvenir à la surface de la terre que dans les périodes de maxima barométriques. Cette hypothèse, ainsi que d'autres qui se présentent à l'esprit, seront examinées de plus près lorsque de nouvelles expériences, actuellement projetées, auront été faites dans le sens qui vient d'être indiqué.

2. Georges BAUME et Mario BASADONNA (Genève). — *Recherches sur la cémentation par les gaz.*

Après avoir rappelé l'importance qu'a prise le problème de la cémentation par suite des progrès récents de la construction métallique, et le rôle que jouent les gaz carbonés dans ce phénomène, dont ils sont les véritables agents — ainsi que l'établissent les travaux classiques de Charpy, Guillet, etc. —, M. Baume rend compte des premières recherches qu'il a entreprises, en collaboration avec M. le D<sup>r</sup> Basadonna, sur la cémentation du fer pur<sup>1</sup> par les gaz et les systèmes gazeux.

Les expériences de Charpy, Schenck, Giolitti et ses élèves, etc., ainsi que les études de A. Portevin<sup>2</sup>, montrent l'importance que présentent la nature chimique et le mode d'action du ciment gazeux sur le résultat final de la cémentation. Après avoir indiqué les divers facteurs dont dépend le phénomène, l'auteur signale les différentes formes que peut prendre la courbe de pénétration du carbone dans le métal selon la vitesse (et la limite) de dissociation du gaz étudié ; l'ensemble des résultats obtenus, soit avec l'oxyde de carbone à différentes températures, soit avec les gaz  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{N}_2$ ,

<sup>1</sup> Le fer électrolytique pur dont nous avons fait usage, nous a été gracieusement remis par Mr le D<sup>r</sup> Honegger, que nous remercions sincèrement de sa grande aimabilité.

<sup>2</sup> Cf. A. Portevin, *Revue de Métallurgie*, t. VII, p. 859 (1910).

gaz d'éclairage<sup>1</sup>, à la température de 875°, légèrement supérieure à la température de transformation du fer, permet de retrouver expérimentalement les divers types de courbes qu'il est possible d'imaginer :

1° Si la vitesse d'apport du carbone est très lente, la courbe devient sensiblement une droite à pente d'autant plus faible que la vitesse de pénétration, qui croît avec la température, est plus grande ; tel est le cas de la plupart des gaz carburants employés. L'auteur rappelle à ce propos les résultats que donne la dissociation de l'oxyde de carbone, dont une masse déterminée fournit des quantités de carbone d'autant plus petites que la température est plus élevée : l'expérience<sup>2</sup> prouve que la profondeur de cémentation croît avec la température, mais que la *teneur totale* en carbone de la couche cémentée diminue dans les mêmes conditions.

2° Si la vitesse de dépôt du carbone est, au contraire, très grande, celui-ci peut se déposer dans certains cas sur le métal ; la variation de la teneur en carbone est alors plus rapide, et la courbe de pénétration peut présenter parfois un point d'inflexion dont la tangente se rapproche plus ou moins de la verticale, ce qui conduit à des variations brusques de la composition de la couche cémentée : les avaries des pièces cémentées n'ont souvent pas d'autre origine. Tel est le cas de l'acétylène, qui donne des courbes de pénétration présentant un point d'inflexion extrêmement net, dans les conditions des expériences de MM. Baume et Basadonna.

L'auteur indique, en terminant, les résultats curieux auxquels conduit la cémentation par le cyanogène, et rappelle qu'une note sommaire, relative à ces divers essais, a paru récemment dans ce recueil ; on y trouvera plusieurs photographes s'y rapportant<sup>3</sup>. L'état actuel des recherches permet d'espérer que la publication d'un mémoire détaillé sur l'ensem-

<sup>1</sup> Tous ces gaz, sauf le gaz d'éclairage, ont été amenés à un grand état de pureté par les méthodes modernes de liquéfaction et fractionnements successifs.

<sup>2</sup> Ces résultats ont été obtenus par l'analyse métallographique.

<sup>3</sup> G. Baume et M. Basadonna, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève, septembre 1912.

ble du problème pourra être faite dans un avenir assez rapproché, tant au point de vue du phénomène de la cémentation elle-même que des équilibres qui en sont l'origine.

3. Prof. Dr. Eduard SCHÆR (Strassburg i. E.) *Beobachtungen über chemischen Blutnachweis.*

Der Vortragende weist zunächst darauf hin, dass bei dem Nachweise von Blut, resp. Blutfarbstoff in vielen Fällen, namentlich wenn es sich um sehr kleine Mengen oder um starke Verunreinigungen des Blutes mit fremden Materien handelt, neben der spektroskop. Untersuchung und der bekannten Herstellung der sog. Häminkristalle nach Teichmann noch anderweitige Methoden des Nachweises durch gewisse chemische Reaktionen in hohem Grade wünschenswert sein können. Es gilt dies sowohl bei der Identifizierung von Blutflecken, als bei dem Blutnachweise in Sekreten und Exkreten wie Harn, Faeces u.s.w.

Im Laufe der letzten 50—60 Jahre sind zu diesem Zwecke eine Anzahl von Methoden aufgefunden und empfohlen worden, unter denen vom Vortragenden fünf verschiedene Reaktionen kurz besprochen und mit einigen kritischen Bemerkungen begleitet werden.

Diese Reaktionen zeichnen sich, wie kurz ausgeführt wurde, ungeachtet verschiedener Empfindlichkeit durch vollständigste Korrelation aus, da sie sämtlich auf der Bildung gefärbter Oxydationsprodukte unter der Einwirkung des durch Blutfarbstoff aktivierten Hydroperoxydes beruhen und abgesehen von der Verschiedenheit der verwendeten oxydablen Substanzen unter sonst gleichen Umständen in gleicher Weise auftreten.

Die älteste dieser Blutnachweisungsmethoden ist die als *Van Deen-Schönbein'sche* Reaktion bekannte Blaufärbung des *Guajakharzes*, bei der ursprünglich als oxydierendes Agens insoliertes Terpentinöl, später die sog. Hünefeld'sche Lösung verwendet wurde, welche vorteilhaft durch eine analog zusammengesetzte Hydroperoxyd-Lösung ersetzt werden kann, ebenso wie auch das Guajakharz sich durch die empfindliche Guajakonsäure ersetzen lässt. Etwas neueren Datums ist die zuerst von *Klunge* beobachtete, später von dem Verfasser weiter bearbeitete

*Aloin*-Reaktion, bei der ein intensiv himbeerrot gefärbtes Oxydationsprodukt des Aloins bzw. des Isobarbaloins entsteht; sodann die von *Adler* empfohlene *Benzidin-Reaktion* mit grünblauem Oxydationsprodukt, ferner die von *Adler* und von *Fürth* beschriebene Methode mit *Leukomalachitgrün*, bei der durch Oxydation das intensiv färbende Malachitgrün entsteht, endlich die von dem Vortragenden unlängst beschriebene *Hydrocoerulignon*-Probe, welche auf der Oxydation dieser letztern Verbindung zu purpurrot gefärbtem Coerulignon beruht.

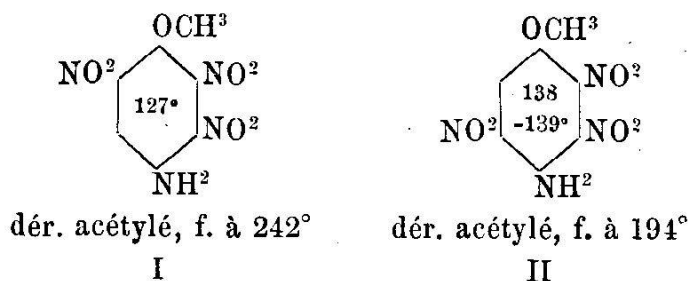
Als bemerkenswerte Tatsache ist die einer neuen Mitteilung von *Fürth's* zu entnehmende Beobachtung zu erwähnen, wonach selbst kleine Mengen von Pyridin, wenn dasselbe als Lösungs- bzw. Extraktionsmittel des Blutfarbstoffes verwendet oder bei der Reaktion der bluthaltigen Flüssigkeit zugesetzt wird, die Leukomalachitgrün-Reaktion in erheblichem Maasse verstärkt. Dies gilt nach Beobachtungen des Vortragenden auch für die Guajakblau- und Benzidinblau-Reaktion, in geringerem Grade für die Aloinrot- und Coerulignonprobe.

Der zweite von dem Vortragenden berührte Gegenstand betrifft die Aufschliessung und Auflösung auf Leinwand oder auf Textilstoffen und anderweitigen Substraten befindlichen Blutflecken nach der schon mehrfach veröffentlichten, aber vielleicht noch ungenügend bekannten Methode der Behandlung der Blutflecken mit konzentrierter (75—80 prozentiger), wässriger *Chloralhydratlösung* (bei sehr alten Flecken nach vorheriger Befeuchtung mit stärkerer Essigsäure). Es gelingt auf diese Weise, selbst sehr alte Blutflecken restlos in Lösung zu bringen, was der Vortragende durch Vorweisung einiger Leinwandstücke illustriert, deren dunkel-rotbraune Blutfärbung durch Behandlung mit Chloralhydrat bis auf einen schwachen, bräunlich-grauen Schatten verschwunden ist.

Schliesslich behandelt der Vortragende noch in Kürze die aus der Litteratur genügend bekannten Fehlerquellen der auf Oxydations-Erscheinungen beruhenden Blutreaktionen und die zur Vermeidung von Irrtümern zu verwendenden Cautelen.

4. D<sup>r</sup> Frédéric REVERDIN (Genève). — *Sur les deux trinitro-p-anisidines isomères et sur une trinitro-p-phénétidine.*

Les deux trinitro-p-anisidines isomères, théoriquement possibles,



sont connues; la première a été préparée par l'auteur lui-même en 1909, et la seconde par Meldola et Kuntzen en 1910.

M. Reverdin parle des travaux qui ont été faits et publiés en partie déjà, pour établir leur constitution, des réactions qui sont en leur faveur et de celles qui ont pu laisser quelques doutes; il a entrepris des recherches pour apporter une nouvelle preuve directe de la constitution de la trinitro-p-anisidine, f. à 127° en particulier, en la transformant en un dérivé connu.

Les trinitro-p-anisidines sont particulièrement intéressantes à étudier, car elles renferment un groupe « nitro » mobile (en 3), elles peuvent conduire à un grand nombre de dérivés dont il sera bon de connaître les caractères et qui seront utiles pour des identifications et des déterminations de constitution.

L'étude un peu complète de la *trinitro-2-3-6-p-anisidine* a été plus ou moins entravée jusqu'ici par le fait que son mode de préparation laissait beaucoup à désirer au point de vue du rendement. L'auteur a donc commencé par étudier cette question, avec la collaboration de M. DE LUC, et les recherches ont conduit à un procédé qui, sans être complètement satisfaisant, constitue cependant un progrès sensible, puisqu'il permet d'obtenir environ 40% du rendement théorique. Il consiste à nitrer la toluène-sulfonyl-p-anisidine en deux phases : 1° en solution acétique et à 20-30° par l'acide nitrique de D = 1.52 et 2° à 70° environ par l'acide nitrique de D = 1.4.

Parmi les nouveaux dérivés de la trinitro-p-anisidine, f. à 127°, l'auteur a préparé dernièrement par substitution du groupe

« nitro » mobile : l'éther phénylique de la dinitro-2-6-p-anisidine, l'amino-3-dinitro-2-6-p-anisidine ainsi que son dérivé acétylé, etc.

Des recherches parallèles ont été faites dans la série de la p-phénétidine, avec la collaboration de M. FÜRSTENBERG. On a obtenu par un procédé analogue, en partant de la toluène sulfonyl-p-phénétidine et dans des conditions qui paraissent au premier abord plus avantageuses, une trinitro-p-phénétidine qui possède des caractères très semblables à ceux de la trinitro-2-3-6-p-anisidine.

Elle cristallise en belles aiguilles rouges, f. à 124-125°, son dérivé acétylé en aiguilles blanches, f. à 241-245°.

Cette nouvelle combinaison renferme, de même que la trinitro-anisidine un groupe « nitro » mobile, ce qui a permis, en admettant la même constitution, d'obtenir les dérivés suivants : méthylamino-3-dinitro-2-6-p-phénétidine, f. à 169-170°; hydroxy-3-dinitro-2-6-p-phénétidine, f. à 167°; éther phénylique-3- de la dinitro-2-6-p-phénétidine, f. à 151°; amino-3-dinitro-2-6-p-phénétidine, f. à 243-246°, etc.

Les auteurs se réservent de poursuivre les recherches dont il vient d'être question.

5. E. BRINER et E. DURAND (Genève). — *Formation des acides nitreux et nitrique à partir des oxydes d'azote et de l'eau.*

Plusieurs expérimentateurs ont déjà étudié ces systèmes, mais en opérant sur des solutions relativement diluées ou à des pressions d'oxyde d'azote ne dépassant pas 1 atm. Ces essais ont montré que la réaction :



est réversible, d'où :

$$\text{const.} = \frac{C^3_{\text{NO}_2\text{H}}}{C^2_{\text{NO}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{NO}_3\text{H}}} \quad 1)$$

En étudiant ce problème dans toute sa généralité, c'est-à-dire en opérant également sur des solutions concentrées et à des pressions plus élevées que 1 atm., les auteurs ont été ame-

nés, pour expliquer les résultats obtenus, à formuler les suppositions suivantes, qui d'ailleurs sont confirmées par de nombreux faits : dans tous ces systèmes, le corps qui est l'origine des teintes vertes ou bleues est l'oxyde  $N_2O_3$ , lequel à l'état liquide possède une coloration bleue très foncée. Mis en présence de l'eau, il y est soluble et réagit suivant :



d'où :

$$\text{const.} = \frac{C^2_{NO_2H}}{C_{N_2O_3} \cdot C_{H_2O}} \quad 2)$$

Dans la phase aqueuse il y a donc  $N_2O_3$  libre coloré en présence de  $NO_2H$  incolore. Lorsque la concentration de  $N_2O_3$  atteint la limite de solubilité, il y a séparation d'une phase  $N_2O_3$  liquide.  $N_2O_3$  se comporte donc à l'égard de l'eau comme  $SO_2$  ou  $CO_2$ , à la seule différence qu'à l'état gazeux  $N_2O_3$  se dissocie en oxyde et peroxyde. En combinant les relations 1) et 2) on arrive à :

$$\text{const.} = \frac{C^2_{NO_2H} \cdot C^4_{NO}}{C_{H_2O} \cdot C^3_{N_2O_3}},$$

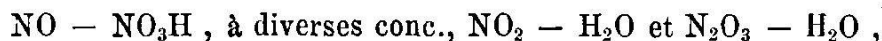
ou puisque la pression de  $NO$  est proportionnelle à  $C_{NO}$

$$\text{const.} = \frac{C^2_{NO_2H} \cdot P^4_{NO}}{C_{H_2O} \cdot C^3_{N_2O_3}}$$

ou encore si  $N_2O_3$  forme une nouvelle phase à l'état pur :

$$\text{const.} = \frac{C^2_{NO_2H} \cdot P^4_{NO}}{C_{H_2O}}$$

Ces relations permettent d'interpréter très facilement les phénomènes qui se manifestent dans les systèmes :



soit les variations des concentrations des différents constituants, les changements de teintes et les apparitions de phases nouvelles.

Si l'on opère sur de l'acide nitrique pur ou très concentré, il faut envisager en outre les deux relations :



qui expliquent les processus (formation d'une phase  $\text{NO}_2$ ) dans les systèmes :



Au point de vue de la loi de phases, ces systèmes comportent trois constituants indépendants.

D'autres gaz liquéfiés ( $\text{NOCl}$ ) ou d'autres corps liquides aux température et pression ordinaires ( $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SOCl}_2$ , etc.) donnent également lieu avec l'eau à des réactions équilibrées, qui feront l'objet de recherches ultérieures.

6. Fritz EPHRAIM (Bern). *Ueber die thermische Dissociation von Einlagerungsverbindungen.*

Es wurde eine Anzahl von Druck-Temperaturkurven von Verbindungen des Typus  $\text{M}(\text{NH}_3)_6\text{X}_2$  aufgenommen und aus diesen nach der Formel

$$Q = \frac{2T_1 \cdot T_2}{T_1 - T_2} \cdot \ln \frac{p^1}{p^2}$$

die Bildungswärme berechnet. Die so erhaltenen Zahlen für die Bildungswärme sind in befriedigender Uebereinstimmung mit denjenigen, die sich nach der Formel

$$\log p = - \frac{Q}{4,571T} + 1,75 \log T + 3,3$$

ermitteln lassen, letztere Formel besteht aber nur dann zu Recht, wenn die Dissociation nach dem Schema  $\text{M}(\text{NH}_3)_6\text{X}_2 \rightleftharpoons \text{M}(\text{NH}_3)_5\text{X}_2 + \text{NH}_3$  verläuft, nicht aber etwa nach dem Schema  $\text{M}(\text{NH}_3)_6\text{X}_2 \rightleftharpoons \text{M}(\text{NH}_3)_4\text{X}_2 + 2\text{NH}_3$ . Es geht also hieraus hervor, dass die Hexammine primär stets in Pentammine übergehen und da die Kurven der niederen Ammine denen der Hexammine analog sind, so ist zu schliessen, dass ein allmählicher Abbau durch Fortnahme je eines Ammoniakmoleküls möglich ist, dass also alle stöchiometrisch denkbaren Ammine von  $(\text{NH}_3)_1$  bis  $(\text{NH}_3)_6$  auch wirklich, wenn auch nur vorübergehend, existieren.

Dies steht im Widerspruch mit den bei den Hydraten gesam-

melten Erfahrungen, denn es existieren durchaus nicht alle stöchiometrisch denkbaren Hydrate. Auch unterscheiden sich die Dampfdruckkurven der Hydrate von denen der Ammoniakate dadurch, dass sie Knickpunkte aufweisen, dass also die Hydrate nur beschränkte Existenzgebiete besitzen, während die Ammoniakatkurven stetig verlaufen. Der Grund dieses Unterschieds ist der, dass beim Zerfall des Hydrates ausser dem Bodenkörper noch eine gesättigte Lösung entsteht, während beim Zerfall des Ammoniakates nur der feste Bodenkörper zurückbleibt, das Ammoniak aber entweicht. In der aus  $M(H_2O)_6X_2$  entstehenden Lösung können aber verschiedene Systeme vorhanden sein, z. B.  $M(H_2O)_5X_2 + 1M_2O$  oder  $M(H_2O)_4X_2 + 2H_2O$  oder  $M(H_2O)_3X_2 + 3H_2O$  u.s.w. und es wird ein Hydrat nur dann in Erscheinung treten können, wenn es unter den gegebenen Umständen eine genügend kleine Löslichkeit besitzt. So ist die Frage nach der Existenzfähigkeit der Hydrate eine Frage nach ihrer Löslichkeit.

7. Erwin Ott. *Ueber symmetrische und asymmetrische Dicarbonsäurechloride.*

Die Frage nach der Konstitution des Succinyl- und Phtalylchlorids ist trotz zahlreicher, bis in die neueste Literatur sich erstreckender Untersuchungen noch nicht völlig aufgeklärt, wenn auch besonders durch die neueren Arbeiten über das Phtalylchlorid die Annahme der asymmetrischen Formel immer unwahrscheinlicher geworden ist. Sämtliche Beweise von V. Auger für die Laktonformel des Succinylchlorids sind schon 1897 von Vorländer als unzureichend erklärt worden, und es erschien daher wünschenswert, zunächst an möglichst günstigen Fällen die Möglichkeit des Vorkommens asymmetrischer Dicarbonsäurechloride zu prüfen. Als solche wurden die Chloride von Maleinsäuren gewählt, da mit der Einführung einer Aethylenbindung aus stereochemischen Gründen gegenüber dem Succinylchlorid eine Steigerung der Beständigkeit des  $\gamma$  Laktonrings zu erwarten war.

Als zweckmässigste Darstellungsmethode für die Maleinsäurechloride wurde die Umlagerung der entsprechenden Fumar-

säurechloride durch Aluminiumchlorid angewandt. Diese Darstellungsmethode beweist aufs neue die Unbrauchbarkeit der Aluminiumchloridsynthesen für Konstitutionsermittlungen, worauf schon Vorländer bei der Kritik der Beweise Auger's, deren wichtigster auf der Reaktion des Succinylchlorids mit Benzol nach Friedel und Crafts beruht, hingewiesen hat.

Die Annahme der asymmetrischen Konstitution der Maleinsäurechloride wird durch folgende Gründe gestützt :

1. Während fumaroide Chloride gegenüber Alkoholen und primären Basen auch in sehr starker Verdünnung mit sehr grosser, nicht mehr messbarer Geschwindigkeit reagieren, zeigen die maleinoiden Chloride dabei starke Verzögerungen. Der Grund dafür ist in dem Fehlen der Halogenacylgruppen, die bei normal gebauten Dicarbonsäurechloriden infolge der Additionsfähigkeit der Carbonyle den schnellen Austausch der Chloratome ermöglichen, zu suchen.

2. Die Molekularvolumina der Fumarsäurechloride sind um den von der Theorie verlangten Betrag grösser als die der entsprechenden Maleinsäurechloride, während die Annahme von nur durch cis-trans Isomerie unterschiedenen Formeln gleiche Molekularvolumina verlangt.

Diese Ergebnisse wurden auf den Fall des Succinyl- und Phtalylchlorids angewandt. Beim Phtalylchlorid bestätigten beide Methoden die ausschliesslich symmetrische Formel und ergänzen daher die von Brühl auf die Molekularrefraktion und die von Scheiber auf die Bestimmung des Absorptionsvermögens für ultraviolettes Licht gegründeten Beweise. Beim Succinylchlorid konnte nur auf Grund des Molekularvolumens auf ein teilweises Vorkommen der Laktonformel geschlossen werden, die grosse Reaktionsfähigkeit des Chlorids beweist dagegen die sehr geringe Beständigkeit der asymmetrischen Form.

Durch Einwirkung von Aluminiumchlorid auf das Succinylchlorid wurde dementsprechend kein neues Chlorid erhalten, das Phtalylchlorid dagegen lieferte dabei ein zweites *o*-Phtalylchlorid, für welches auf Grund der charakteristischen Hemmung der Reaktionsgeschwindigkeit die asymmetrische Formel anzunehmen ist.

Bezüglich weiterer bei dem besonders eingehend untersuchten Chlormaleïnsäurechlorid vorhandener physikalischer und chemischer Eigenschaften, die eine weitere Stütze für die bei Maleïnsäurechloriden angenommene Laktonformel bilden, sei auf die in Lieb. Ann., Bd. 392, 245 (1912) erschienene Originalarbeit hingewiesen.

8. J. SCHMIDLIN (Zurich). — *Sur le tribiphénylméthyle.*

Le tribiphénylméthyle, découvert par Schlenk, est un mélange de deux corps isomères, l'un de couleur rouge, l'autre de couleur bleue. Les observations de Schlenk permettent déjà de s'en assurer. La solution du chlorure de tribiphénylméthyle dans le benzène, chauffée avec du cuivre en poudre, prend d'abord une teinte bleu-vert, puis elle se colore en rouge-violet, pour devenir enfin d'un violet presque noir.

A ces deux méthyles de couleur différente correspondent deux carbinols et deux chlorures, qui donnent cependant en solution acétique-sulfurique des spectres d'absorption identiques. Les deux méthyles possèdent des poids moléculaires qui correspondent au radical tribiphénylméthyle, ce qui confirme pleinement les expériences de Schlenk.

Les rendements dans la préparation du tribiphénylcarbinol, très faibles jusqu'ici, sont devenus presque quantitatifs. Les seuls produits secondaires qu'on y retrouve toujours sont deux hydrocarbures nouveaux : le dibiphényle et le tribiphénylméthane. Ce dernier se forme sous l'action réductrice des grandes quantités d'acide iodhydrique qui sont mises en liberté et proviennent du magnésium activé par l'iode.

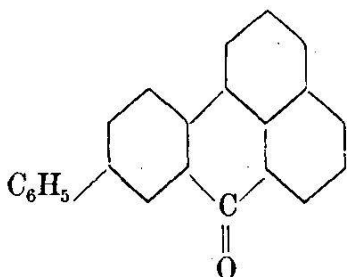
Un intérêt particulier s'attache à la propriété que possèdent l'iodure et le bromure de biphénylmagnésium, d'émettre au contact de l'air une lumière bleuâtre très intense. Les magnésiens des iodure et bromure de phényle, du bromure de naphthyle, de l'iodure d'éthyle, du chlorure de benzyle et du chlorure de triphénylméthyle, ne présentent aucunement ce phénomène.

9. J. SCHMIDLIN et A. GARCIA-BANUS (Zurich). — 1° *Sur le phényl-biphényl-naphtyl-méthyle.*

Le chlorure de l'acide  $\alpha$ -napthoïque et le biphényle ont fourni, par l'action du chlorure d'aluminium, la *p*-phényl- $\alpha$ -naphtyl-cétone ; celle-ci, traitée par l'iodure de phénylmagnésium, a conduit au phényl-biphényl-naphtyl-carbinol. Le dédoublement de ce carbinol en ses deux modifications optiques présente un grand intérêt, non seulement à cause du méthyle brun que l'on peut obtenir, mais aussi à cause des réactions de substitution, qui ont lieu dans la série des triarylcabinols avec une facilité particulière.

L'union du radical phényl-biphényl-naphtyl-méthyle avec des corps actifs se fait très difficilement. Il est impossible d'obtenir un éther avec l'alcool menthylique, mais nous avons pu en préparer un avec l'alcool amylique et nous espérons pouvoir le dédoubler.

La biphényl-naphtyl-cétone, traitée par le chlorure d'aluminium, nous a fourni la phényl-benzanthrone,



qui forme des cristaux jaune d'or comme sa substance mère.

2° *Réduction des alcools aromatiques au moyen des alcools aliphatiques.*

Le triphénylméthane et ses analogues se préparent le plus facilement par l'action de l'alcool éthylique ou méthylique sur la solution des carbinols ou de leurs chlorures dans l'acide sulfurique concentré. On peut préparer ainsi le tribiphénylméthane et le diphénylméthane en partant du benzhydrol. La réduction ne se fait pas dans tous les cas, car il se produit souvent, soit une perte d'eau sous l'influence de l'acide sulfurique, soit d'autres transformations plus compliquées, comme dans le

cas de l'alcool benzylique. L'hydrate de toluylène ne fournit que du stilbène.

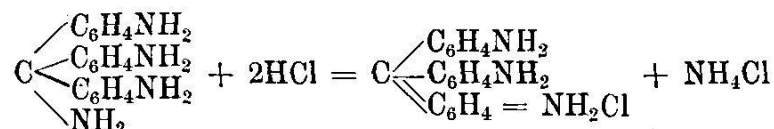
Cette nouvelle réaction rappelle les expériences antérieures de M. Fosse, qui a réduit les xanthydrols par l'alcool et l'acide bromhydrique. Mais ce dernier procédé ne s'applique, comme M. Fosse l'a démontré, qu'aux xanthydrols, ce qui l'avait conduit à admettre une action de l'oxygène du noyau ; celui-ci formerait des sels d'oxonium d'où résulterait le pouvoir oxydant du produit. Notre réaction démontre maintenant que les carbinols aromatiques secondaires et tertiaires jouissent de la même propriété oxydante vis-à-vis des alcools, si l'on emploie le dissolvant convenable, qui est l'acide sulfurique.

10. E. NOELTING et J. SAAS (Mulhouse). — *Sur les bases des colorants triphénylméthaniques.*

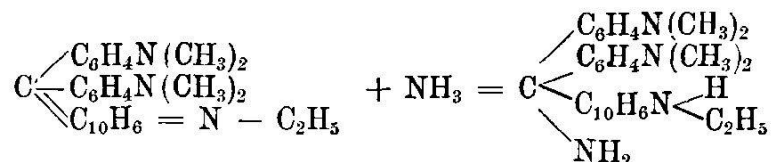
Si l'on traite les colorants triphénylméthaniques par les alcalis caustiques, on obtient d'abord une solution colorée dans laquelle est contenue la base ammonium. Peu à peu cette solution se décolore et il se précipite la base carbinol incolore, ou, dans certains cas, une base imide fortement colorée, par exemple dans le cas du Bleu Victoria. Avec l'ammoniaque, le phénomène est analogue et la décoloration et la précipitation ont lieu bien plus rapidement. Pour le Bleu Victoria B, le Bleu de Nuit et quelques autres colorants, le précipité coloré est également la base imide, mais dans le cas de la Fuchsine, du Violet cristallisé, du Violet éthylique, du Naphtobleu, du Vert Malachite, les précipités blancs ne sont pas les carbinols, mais les carbinolamines, pour la fuchsine par exemple :



Toutes ces bases sont bien cristallisées et faciles à purifier. Dans les acides dilués elles se dissolvent d'abord sans coloration, mais si l'on chauffe, il y a élimination d'ammoniaque et formation du sel coloré.



Avec le Bleu Victoria R et le dérivé méthylé correspondant, il y a d'abord précipitation de la base imide, mais celle-ci, chauffée pendant quelque temps avec l'ammoniaque, se transforme en carbinolamine.



Avec le Bleu Victoria B et le Bleu de Nuit, la transformation en carbinolamine n'a jusqu'à présent pas pu être réalisée.

11. J.-G. ANDEER (Furna). *Das Resorcin und seine synthetischen Farbstoffpräparate als epileptogene Substanzen.*

Im Jahre 1877 bei Gelegenheit der Schweiz. naturforschenden Gesellschafts-Versammlung in Bern, empfahl ich dem ärztl. Publikum der mediz. Sektion derselben, das pharmakologisch noch ganz unbekanntes Resorcin als « *Antisepticum und Haemostaticum* » mit begleitender Demonstration von Präparaten. Ein paar Jahre später veröffentlichte ich unter dem Titel: « Einleitende Studien über das Resorcin zur Einführung desselben in die Medizin », in einer 85 Druckseiten umfassenden Monographie meine weiteren physiologischen Laboratoriums experimente über das Resorcinum medicinale der Pharmacopoe. Das übereinstimmende Endergebnis aller an vielen Tieren vorgenommenen Versuche zeigte dabei, dass das Resorcin in übermässiger, hypertherapeutischer Gabe den Versuchsthiere verabreicht, zuerst rauschähnliche Symptome, wie nach einer akuten Alkoholvergiftung verursache, hierauf zitternd klonische, dann stockend tonische und später beide Formen der abwechselnd stürmischen Krämpfe auslöse und zwar oft auch mit gleichzeitiger Schaumbildung im Munde und mit wiederholtem, eigentümlichen Schrei, den ich « *cri épileptique* » nennen möchte. Am prägnantesten fand ich dieses Symptomen-

complexbild bei Hunden und Katzen bei Resorcinvergiftung (Resorcinismus acutus) welches täuschend ähnlich der Epilepsie glich, die ich bei beiden zufällig ein paar Mal genau zu beobachten Gelegenheit hatte. Genau dieselbe Beobachtung wurde auch von meiner Umgebung bei meinem Autoexperiment mit Resorcin in über mässiger Gabe genommen, gemacht, (dessen genaue Beschreibung in meiner oben erwähnten Broschüre) die Vergiftung glich damals einem akuten Resorcinismus mit spontanen epileptischen Anfällen « cri epileptique », Salivationsschaum am Munde, dem einst ein einstiger Schulfreund von mir wiederholt ausgesetzt war bei äusserer Anwendung des Mittels. Für die Erzeugung epileptiformer. Anfälle fehlten immer die beiden letzteren Symptome nämlich das Geschrei und die Salivation, welche für die ächte genuine innere oder spontane Epilepsie charakteristisch sind, wie das Fehlen derselben bei äusserer Anwendung des Resorcins.

Im Hinblick auf diese zahlreichen experimentellen Præmissen und Tatsachen des neuen chemischen Agens der künstlich hervorgerufenen Epilèpsie, kam ich auch auf den Gedanken, *vergleichsweise* bei mehreren Hunden verschiedenen Alters, differenter Grösse und Stärke, mit den in den chemischen Fabriken künstlich dargestellten Resorcinfarbstoffen (Farbasen) in Form *endoperitonealer* Einspritzungen zu wiederholen und das Endergebnis derselben ergab die nämlichen Symptome des akuten Resorcinismus (akute Resorcinepilepsie) wenn auch langsamer und in weniger intensiver und potenziertes Form aber sie führten doch schliesslich zum Tode des Tieres, ein Vorkommnis, an welches bis jetzt niemand gedacht hatte und mir selber sehr befremdend vorkam aus vielen Gründen.

Nachdem ich durch soviele Versuche bewiesen habe, dass man durch *chemische* Agentien derivate der Dioxybenzole beziehungsweise des Resorcins und sogar durch seine synthetischen Farbstoffe (Basenchromogene) die künstliche Epilepsie in optima Forma hervorrufen könne und dieselbe mithin einzig und allein als das Ergebnis des übermässigen oder hypertherapeutischen Diphenolismus resp. des akuten Resorcinismus zu interpretieren sei, so wird es auch meine Pflicht und mein Vor-

recht sein, durch passende chemisch-physiologische und pathologische Versuche die wahre Entstehung der sog. genuinen, resp. *spontanen* Epilepsie wie die Genese der artifiziellen zu beweisen und hoffe später darüber passende diesbezügliche Mitteilungen dem ärztlichen Publikum machen zu können.

12. Fr. FICHTER (Basel). *Elektrolytische Oxydation der Alkohole in ammoniakalischer Lösung.*

Oxydiert man 5 gr Aethylalkohol in 100 cm<sup>3</sup> einer kaltgesättigten Lösung von gewöhnlichem käuflichem Ammoniumcarbonat an einer Platinanode mit 10 Ampère-Stunden und mit einer Stromdichte, die 0.01 bis höchstens 0.02 A qcm beträgt, so bleibt beim Eindampfen eine Mischung von Ammoniumnitrat und Acetamidinnitrat,  $\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{NH} \\ \text{NH}_2 \end{array} \cdot \text{HNO}_3$  zurück, aus welcher durch wiederholtes Abdampfen mit Baryumcarbonat das Acetamidinnitrat, im günstigsten Fall 2 gr, rein isoliert werden kann. Seine Bildung erklärt sich folgendermassen. Der Aethylalkohol wird in normaler Reaktion zunächst zu Aldehyd oxydiert, aus welchem unter der Einwirkung des Ammoniaks der Lösung Aldehydammoniak entsteht. In der Tat kann man auch von Aldehydammoniak ausgehen und dadurch etwas bessere Ausbeuten an Acetamidinnitrat erzielen.

Dass der Aldehydammoniak eine Rolle als Zwischenprodukt spielt, ist ferner daraus zu ersehen, dass nur die nächsten Homologen des Aethylalkohols, *n*-Propylalkohol und *n*-Butylalkohol, bei der elektrolytischen Oxydation die entsprechenden Amidinnitrate liefern, während in allen den Fällen, wo anders als nach der einfachen Additionsformel zusammengesetzte Kondensationsprodukte der Aldehyde mit Ammoniak auftreten, die Reaktion versagt. Bei der elektrolytischen Oxydation unter den angeführten Bedingungen wird ein Teil des Stromes zur Umwandlung von Ammoniak in Salpetersäure bzw. Ammoniumnitrat verbraucht. Da Acetamidin eine stärkere Base ist als Ammoniak, so findet man es nach dem Abdampfen als Nitrat vor, das auch die wiederholte Behandlung mit Baryumcarbonat ohne wesentliche Zersetzung erträgt. Sorgt man durch *vorhe-*

*rigen* Zusatz von Ammoniumnitrat dafür, dass das Acetamidin als Salz in der Lösung auftritt, so kann man auch mit rein chemischen Oxydationsmitteln von Alkohol  $[C_a (M_u O_4)_2]$  oder von Aldehydammoniak  $[(NH_4)_2 S_2 O_8]$  ausgehend in ammoniakalischer Lösung die Reaktion durchführen.

Der Aldehydammoniak wird offenbar zu Acetamid weiteroxydiert, das durch seinen Geruch beim Abdampfen leicht bemerkbar ist. Ein Teil des Acetamids aber geht bei der elektrolytischen Oxydation an der Anode infolge Kondensation mit Ammoniak in Acetamidin über. Auch diese Phase der Reaktion lässt sich mit geringeren Ausbeuten rein chemisch nachahmen, wenn man das Wasser ausschliesst und Acetamid mit flüssigem Ammoniak und etwas Ammoniumnitrat im Druckrohr 12 Stunden lang auf  $95^\circ$  erhitzt. Derartige Reaktionen sind bisher nicht beobachtet worden, weil die eine Bedingung zum Fixieren des Amidins, der Zusatz von Ammoniumnitrat, nicht erfüllt wurde.

---

## IV

### Geologische Gesellschaft

zugleich Versammlung der Schweizerischen Geologischen  
Gesellschaft

**Sitzung : Dienstag den 10 September 1912.**

*Einführender* : Herr Pfarrer Rippmann, Erstfeld.

*Präsident* : Herr Prof. Hobbs aus Michigan. U. S. A.

*Sekretäre* : Herr Dr. A. Jeannet (Zürich).

» Dr. Herbert Seeber (Zürich).

---

1. Herr Dr. Walter STAUB bespricht an Hand einer Profiltafel den *Bau der Gebirge zwischen Schüchental und Maderanertal*.

Ein kristalliner Sockel, das Ostende der nördlichen Gneise des Aarmassivs, bildet die *Basis* dieser Gebirgsgruppe. Auf ihm ruht ein rein *autochthoner* Sedimentmantel aus Rötidolomit, Dogger und Malm. Eine Abscheerungsfläche trennt über dem autochthonen Malm eine erste kürzere Ueberschiebung ab, welche ebenfalls aus Malm besteht, und nur an ihrer Basis im Süden etwas ausgeschleppten Dogger aufweist. Die Ueberschiebung wurde nach dem Belmonten ob Erstfeld die *Belmetenüberschiebung* genannt; ihr südlicher Teil wölbt sich zu der weitausholenden Windgällenfalte auf, deren Kern vom Windgällenporphyr eingenommen wird. Die Wurzelregion der Windgällenfalte liegt auf der Südseite des Maderanertales.

Von der Belmontenüberschiebung und der Windgällenfalte durch ein schmales Eozänband getrennt, erhebt sich über diesen tektonischen Einheiten die *Hohen Faulendecke*, deren Namen dem Hohen Faulen ob Erstfeld entnommen wurde. Diese Decke stellt die erste eigentliche parautochthone Decke dar und ist charakterisiert durch die langgezogene Form des Malm und die Bedeckung von Taveyannazsandstein. Dieser Taveyan-

nazsandstein des östlichen Teils der Hohen Faulendecke steht noch in ununterbrochener Verbindung mit seiner Wurzelregion, welche sich südlich an die Windgällenfalte anschliesst. Ueber der Hohen Faulendecke liegt die *Griesstockdecke*, deren Deckennatur schon von Rothplez (geotektonisches Problem der Glarneralpen) erkannt worden ist, welche jedoch erst von Alb. Heim eine eingehende Schilderung erfahren hat. Ausgezeichnet ist die Griesstockdecke durch ihr vollständiges Abgezerrtsein von jeder Wurzelregion, was zu der Annahme einer passiven Verfrachtung dieser Decke in ihre heutige Lage geführt hat. Eine weitere Eigenart beruht in dem Unterschied zwischen der fast eben verlaufenden Unterfläche und der reich gefalteten Oberfläche. Ueber dem südlichen Teile der Griesstockdecke erhebt sich die *Kammlistockdecke*, welche im Kammlistock ihr hauptsächlichstes Auftreten besitzt. Die Stellung dieser Decke zu ihrer Umgebung ist noch nicht völlig klargelegt, doch ist sie als eine tektonisch geschlossene Einheit von den übrigen Deckenkomplexen abzutrennen und besitzt eine Stirnumbiegung am Nordende des Kammlistockgrates.

Ueber der Balmwand, dem nördlichen Teil der Griesstockdecke, erheben sich dann Reste jenes tektonischen Elementes, das von Alb. Heim als *Lochseitenkalk* bezeichnet wurde, und als verkehrter Mittelschental der Axendecke aufgefasst worden ist. Der Lochseitenkalk vom Typus des Klausenpasses (denn nur um diesen Lochseitenkalk handelt es sich hier), dessen Verbreitung mit derjenigen der Griesstockdecke zusammenfällt und dessen südliche Verlängerung über die Kammlistockdecke zu liegen käme, besitzt jedoch eine normale Schichtfolge aus Malm, unterer Kreide und Schrattenkalk.

Ausgezeichnet ist der Lochseitenkalk durch eine stark gefaltete Unterfläche und eine glatte etwa  $15^\circ$  nach Norden geneigte, einer Rutschfläche ähnlichen Oberfläche. Ueber dem Lochseitenkalk krönt der Südrand der Axendecke die nördlichen Gehänge des Schächentales. Mit der Gliederung in diese verschiedenen tektonischen Einheiten, ist die Anatomie der Gebirgsgruppe klargelegt.

Was nun die Verbreitung der geologischen Formationen

anbelangt, so bestehen die parautochthonen Falten und Decken vorwiegend aus Malm. In der autochthonen Region trennt der alte Rücken des Gastern-Erstfeldmassivs in Trias, Dogger und unterem Malm, zwei Faciesprovinzen, eine nordwestliche und eine südöstliche, ab. Der Unterschied dieser Faciesprovinzen erlischt jedoch bereits im Malm. Die Kreide fehlt mit Ausnahme des Oehrlikalkes in der autochthonen Region ganz, vervollständig aber ihre Schichtfolge in je höhere Decken wir gelangen. Die Kammlistockdecke und der «Lochseitenkalk» bilden hier allein eine Ausnahme.

Was den Werdeprozess und die Faltungsphasen in dieser Gebirgsgruppe anbelangt, so hat der Referent (infolge Abreise ins Ausland) bereits seine frühere Arbeit: Ueber die Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal (Beitr. z. geol. Karte der Schweiz XXXII, Lieferung 1911) in einem kleineren Nachtrag betitelt: Beobachtungen am Ostende des Erstfeldermassivs, *Geologische Rundschau*, III, p. 310—319, 1912, ergänzt und es sei daher andieser Stelle auf diese Arbeit hingewiesen.

An der Diskussion beteiligten sich die Herren: Dr. *Arbenz* (Zürich), Dr. *Leuthardt* (Liestal), Prof. *Schmidt* (Basel).

2. Herr Dr. A. BUXTORF bespricht die wichtigsten Ergebnisse seiner *Neuaufnahme des Westendes der Axenkette und des Isentales*:

Am *Westende der Axenkette* (Axendecke), speziell am Rofaien und Dieppen, lassen sich *mehrere Teildecken* erkennen, an denen sich aber *nur Untere Kreide* (Berrias-Drusberg-Schichten) beteiligt. Diese Teildecken oder Schuppen entsprechen den von *J. Oberholzer* an der Silbern innerhalb der Axendecke erkannten Kreide-Zweigdecken; ihre letzten Andeutungen zeigen sich noch auf der Westseite des Urnersees.

Die aus der Tiefe heraufstechende, verkehrte *Eocänmulde des Axenmättli* trennt die Axendeckenstirne in einen *Nord-* und *Südlappen*, die sich westlich des Urnersees im Isental fortsetzen in Scheidegg-Horn-Schijengrat, bzw. Scharti-Kulm-Bärenstock-Kaiserstuhl. (Vergl. auch *A. Tobler* in *Ecl. geol. Helv.*, Bd. IX, S. 42.) Dabei steigt die verkehrte Axenmättlimulde

nach Westen zu im Streichen bedeutend an; ihre Umbiegung ist zum Teil erhalten in dem zwischen Gross- und Kleintal gelegenen Faulen (2058 m).

Besondere Complicationen zeigt der *Gitschen*. Die in der Basis des Gitschen über den Altdorfer-Sandsteinen auftretende mächtige Malmmasse wurde von *Alb. Heim* (Beitr. z. geolog. Karte der Schweiz, Liefg. 25, Tafel III) und dem Vortragenden früher als Aequivalent des bei Flüelen ausstreichenden Malms der Axendecke gedeutet. Diese Ansicht muss verlassen werden. Der Gitschenmalm, der sich durch hellgraue Färbung, Mässigkeit und Marmorisierung vom Axenmalm unterscheidet, bildet mit wenig mächtiger Unterer Kreide und Eocän eine selbstständige tektonische Einheit, die *Gitschendecke*. Das Eocän derselben ist im besondern noch charakterisiert durch *eigenartige, brecciöse Conglomerate*, die ich *Kleintalconglomerate* nenne; dieselben führen selten Nummuliten und Orbitoiden. Die Componenten dieser Conglomerate sind *ausschliesslich helvetische Gesteine*: Oberer Malm und Untere Kreide; die Conglomerate sind wohl entstanden bei der Abtragung der Kreide, welche den Gitschenmalm, im besondern aber die heute als autochthon bezeichneten Malmmassen überlagerte.

Die *Gitschendecke* ist entweder eine ganz selbständige Decke der parautochthonen Gruppe oder aber sie entspricht der *Griesstockdecke des Schüchentals* (ähnliche facielle Ausbildung des Malm und der Unteren Kreide, gleiche tektonische Stellung). Westlich der Klausenstrasse und besonders bei Altdorf, wo der Altdorfer Sandstein am höchsten ansteigt, wäre dann also die Griesstockdecke der Erosion anheimgefallen, mit dem Absinken und Untertauchen des Altdorferflysches nach Westen zu aber würde am Gitschen die Griesstockdecke wieder einsetzen.

Unter der Gitschen (? = Griesstock)-Decke folgt am Gitschen und im Kleintal zunächst ein sehr compliziertes System liegender Falten von *Neocom, Urgon und Eocän*, das besonders im Kleintalhintergrund schön hervortritt und *schief* zum alpinen Streichen nach Südwesten unter den Urirotstock hineinstreicht; eine Fortsetzung desselben kennen wir bisher nicht. Nach oben schliesst dieses Faltenbündel an den Gitschenstöcken und im

Kleintal ab mit einer *verkehrten Schichtfolge*, die vom Eocän bis in den Malm und Dogger reicht (Hinterer Gitschenstock P. 2674, Kesselstock und Schlieren). Malm und Dogger zeigen am hintern Gitschen, am Schlieren und Rimistock eine ausgezeichnet schöne *nach Norden gerichtete Gewölbestirne*. Da im Grosstal und am Bannalppass diese Jurastirne in direkten Zusammenhang tritt mit den Kreidefalten des Axensüdlappens, so ergibt sich daraus, dass das Juradeckfaltensystem des Urirotstocks mit der Axendecke viel direkter zusammenhängt als Referent bis jetzt geneigt war, anzunehmen. Jedenfalls darf man dasselbe nicht mehr zur *höhern* helvetischen Deckengruppe stellen, sondern nur zur *tiefen*, wie dies seiner Zeit schon von *M. Lugeon* (Les grandes nappes, etc., *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1901, Pl. XVII) vorgeschlagen worden ist.

Ob der Jurakern der Axendecke von Flüelen in ganz direkten Zusammenhang mit der Jurastirne des Schlieren gesetzt werden darf, kann nicht entschieden werden, da die Unterschiede zwischen den beiden Urnerseeseiten viel zu gross sind. Im besondern fehlt östlich der Reuss ein Aequivalent des am Gitschengipfel und im Kleintal auftretenden Faltenbündels.

Es sei noch erwähnt, dass im Isental die Kreidestirnfalten der Axendecke im Detail *ausserordentliche Complicationen* zeigen, die wohl darauf zurückzuführen sind, dass diese Stirnen nach ihrer Ueberschiebung nochmals von tiefgreifenden tektonischen Vorgängen beeinflusst wurden, die wohl mit der letzten Aufstauung des Aarmassivs in Zusammenhang zu bringen sind. Nähere Angaben hierüber wird der Referent im Erläuterungsheft zur geologischen Karte des Vierwaldstättersees (1:50,000) geben, welche 1913 erscheinen wird.

An der Diskussion nahmen Teil die Herren: Prof. *Schardt* und Dr. *Arbenz* (Zürich), Dr. *Buxtorf* (Basel), Dr. *Staub* (Zürich). Die Bemerkung von Prof. *Schardt* bezieht sich unter Anderm auf die *Entdeckung von Rhätlumachelle* über dem Quartenschiefer der Axendecke im Schächental.

Anschliessend an die Vorträge von Dr. *Staub* und Dr. *Buxtorf*, teilt Prof. *Schardt* mit, dass bei Anlass der Exkursion vom 8. September, unter Leitung von Dr. *Staub*, über den Quartenschiefer

Schiefern der Axendecke, *typische Rhätschichten* konstatiert worden seien. Beim Aufstieg von Spiringen nach Obfluh, wobei der Kontakt zwischen Wildflysch und Axendecke durchquert wird, fiel ihm schon unterhalb des Rötidolomitbandes beim Rötisegg, im heruntergefallenen Schutte, ein Gesteinsbrocken auf, welchem zahlreiche Schalendurchschnitte das Aussehen einer Rhätlumachelle verliehen. Nun fanden sich auch ähnliche Brocken oberhalb des Rötidolomites bis über den Quartenschiefer bei 1380 m Höhe, wodurch das Vorhandensein von Rhät fast ausser Zweifel gesetzt wird. Nach längerem Herumsuchen gelang es ihm auch bei etwa 1390 m Höhe typische Rhätlumachelle im anstehenden Gestein zu finden. Ueber derselben liegen dunkelgraue, kieselige, dünnbackige Kalke, in welchem Dr. Staub Abdrücke von Zweischalern (*Cardinia?*) fand; sie mögen dem untersten Lias (Hettangien) entsprechen. Einige typische Proben der Rhätlumachelle wurden in der Sitzung vorgewiesen. Es wird vielleicht möglich sein, aus dem sehr harten Gestein bestimmbare Fossilreste herauszupräparieren, wodurch das Vorhandensein von Rhät in der Schichtenreihe der Axendecke völlig bestätigt werden kann.

3. Herr Dr. F. ZYNDEL (Basel) spricht: *Ueber Quarzzwillinge von Seedorf (Uri)*.

Quarzzwillinge dieses Fundortes lieferten Belege für die Existenz von zwei Zwillingsgesetzen, die der Referent früher auf geometrischem Wege abgeleitet und für wahrscheinlich gehalten hatte.<sup>1</sup> Nach dem Fundorte sollen diese neuen Gesetze heissen: Seedorfer Gesetz I und Seedorfer Gesetz II.

a) *Seedorfer Gesetz I*. — Ein Zwilling dieser Art ist abgebildet in Fig. 1. Zwei ungleich grosse Individuen A und B sind miteinander verwachsen. Individuum A ist 5 mm lang, Individuum B 0,5 mm. Dieses wurde in grösserem Maassstabe gezeichnet als Individuum A.

In der Art der Verwachsung lassen sich folgende Regelmässigkeiten erkennen:

<sup>1</sup> Vergl. diese Verhandl. 1910, Bd. I, S. 208-210.

es sind parallel die Flächen  $r_2$  von A und  $b_2$  von B  
 die Zonen  $b_1 r_2 \rho_3$  von A und  $b_1 b_2 b_3$  von B.

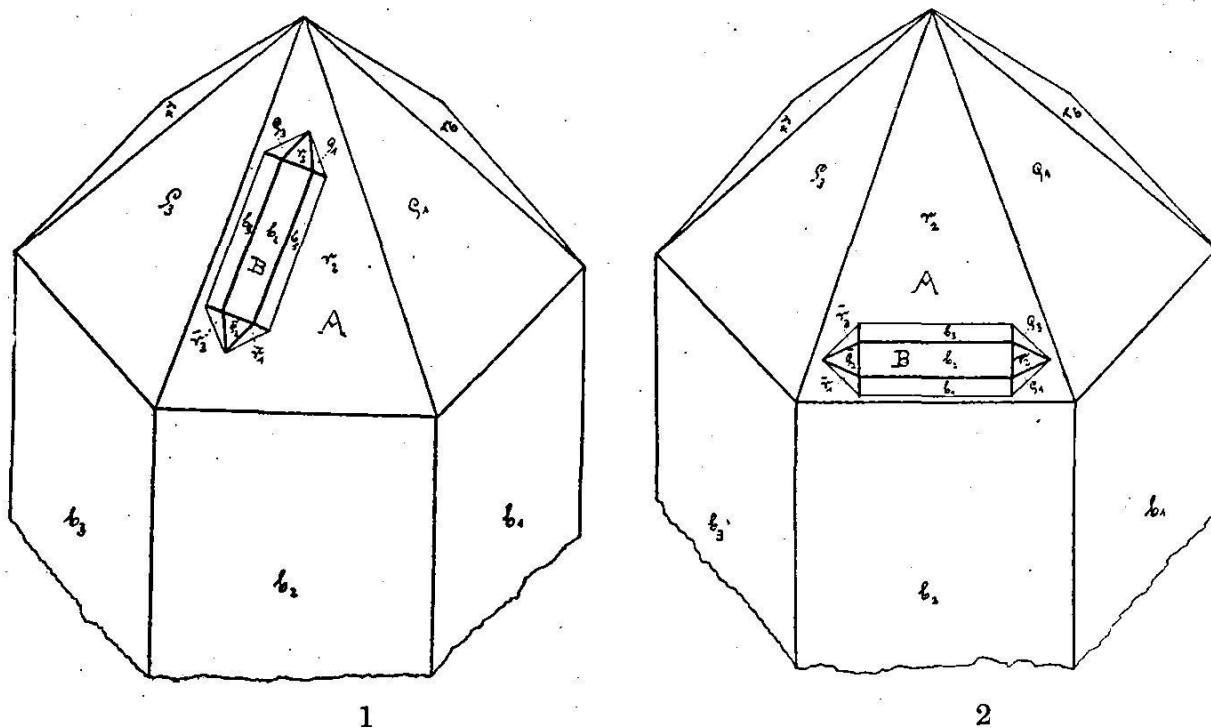
Deckung erfolgt zwischen ungleichartigen Flächen und zwischen ungleichartigen Zonen der beiden Individuen. Die Verwachsung ist als *Heterozwilling* zu bezeichnen. Sie entspricht dem Gesetze *b* der 1910 noch hypothetischen Zwillingsgesetze des Referenten.

b) *Seedorfer Gesetz II.* — Ein Zwilling dieser Art ist abgebildet in Fig. 2. Zwei ungleich grosse Individuen A und B sind miteinander verwachsen. Individuum A ist 6,5 mm lang, Individuum B 0,4 mm. Dieses wurde in stark vergrössertem Maassstabe gezeichnet.

In der Art der Verwachsung lassen sich folgende Regelmässigkeiten erkennen :

es sind parallel die Flächen  $r_2$  von A und  $b_2$  von B  
 die Zonen  $b_2 r_2 o$  von A und  $b_1 b_2 b_3$  von B.

Deckung erfolgt zwischen ungleichartigen Flächen und zwischen ungleichartigen Zonen der beiden Individuen. Auch diese Verwachsung ist als *Heterozwilling* zu bezeichnen. Sie entspricht



dem Gesetze *c* der 1910 noch hypothetischen Zwillingsgesetze des Referenten.

Ausser Verwachsungen nach dem Seedorfer Gesetz I und nach dem Seedorfer Gesetz II sind an den Quarzen von Seedorf auch noch Zwillinge nach andern seltenen Gesetzen zu konstatieren (Zwickau, Breithaupt-Goldschmidt, Lötschental, Zinnwald). Eine ausführliche Beschreibung des interessanten Vorkommens wird der Referat demnächst an einer andern Stelle geben in einer zusammenfassenden Arbeit über Quarz-zwillinge.

In der Diskussion sprachen die Herren: Prof. *Schmidt* (Basel) und Prof. *Hobbs* (Michigan).

4. Herr Dr. F. MÜHLBERG spricht über *Ueberschiebungen und Verwerfungen in den Clusen von Oensingen und Mümliswil*.

Die Herren Celliers und de Villiers waren von Prof. Steinmann in der Erwartung, es werde ihnen gelingen, meine Darlegung von Ueberschiebungen durch den Nachweis von Verwerfungen zu widerlegen, mit der Untersuchung des Hauensteingebietes betraut worden. In der Veröffentlichung ihres Befundes haben sie jede Differenz ihrer Beobachtungen und Ansichten von den meinigen hervorgehoben und vermieden, offen zu gestehen, dass sie meine Darlegungen bestätigt gefunden haben. Aber jeder Kundige wird das doch ohne weiteres erkennen.

Herr Gerth, dem von Steinmann die Untersuchung der Clus von Oensingen anvertraut war, hat seine Ergebnisse unter dem Titel: «Beiträge zur Kenntniss der Weissensteinkette» 1910 veröffentlicht. Er wiederholt darin die Behauptungen Steinmann's, ohne auch nur zu versuchen, die tatsächlichen Beobachtungen, die ich dagegen vorgebracht habe, zu widerlegen. Beide deuten die Erscheinungen statt durch Ueberschiebung, durch Verwerfungen. Da die Stirn des hinübergeschobenen Komplexes theils ursprünglich, theils infolge seitheriger Bergstürze und Erosionen naturgemäss einen unregelmässigen Verlauf hat, soll auch die Verwerfung merkwürdiger Weise von Westen her zuerst einige Kilometer nach NE, dann 1 km nach N, dann 2 km nach NE, ferner 300 m nach ESE,  $\frac{1}{2}$  km nach ENE, 250 m nach E, 300 m nach NE, 1 km nach N, unter

merkwürdiger Biegung  $1\frac{1}{2}$  km nach NE gerichtet sein, nachher, unter einem Bergsturz ganz verborgen, ca 1 km nach NW, und endlich nach NE in die nördliche Farisbergkette und in nördlichere Gebiete überspringen. Die zum Beweise angeführten Tatsachen, soweit sie richtig sind, sprechen aber ebensowohl oder noch besser für Folgen von Ueberschiebungen als für Verwerfungen. Andere Tatsachen, die eine Ueberschiebung beweisen, aber nicht als Folgen von Verwerfungen gedeutet werden können, werden verschwiegen. So z. B. die Lagerung von südostwärts geneigtem Sequan nördlich und über dem zugehörigen Sequan am Kluserroggen, die nur infolge von Zurückschiebung um mindestens 250 m (in horizontaler Richtung) durch den Gewölbescheitel des Hauptrogensteins des Oensinger Roggens an ihre jetzige Stelle gelangt sein können und zum Teil auch beweisen, dass dort seither eine Erosion im Betrag von mindestens 500 m (an anderen Stellen noch viel mehr), stattgefunden hat. — Damit stimmt auch die Lage der Effingerschichten und des Callovien östlich des Kluserroggens auf und über der Oberkante des Malm-Nordschenkels beim Hinter-Flühli etc.

Für die Existenz einer von Gerth und Steinmann behaupteten Verwerfung von der Schwengimatt zum Kluser-Roggen fehlen beweiskräftige Tatsachen. Die Lagerungsverhältnisse sind hier ganz normal.

Ganz verfehlt ist Gerth's und Steinmann's Verbindung obiger von ihnen sogenannten « Hauptverwerfung » der Weissensteinkette mit der Verwerfung auf der Westseite des Beretenkopfes in der nördlich gelegenen Farisbergkette. Letztere Verwerfung ist vielmehr ganz auf das Innere der Farisbergkette beschränkt. Ihr NE-Teil hört westlich Hof Schlosswird im oberen Callovien auf und endigt im SW in der Schlucht südlich des Farisberges an der Grenze der Blätter 148 und 162 des topographischen Atlases ebenfalls im Callovien. Damit fällt ein Hauptbeweis für die Annahme einer Verwerfung in der Weissensteinkette, welche die Fortsetzung der Farisbergverwerfung sein soll, dahin.

Statt alles anderen mag hier noch erwähnt werden, dass sich auch Herr Buxtorf durch Grabung an der Stirn des hinüberge-

schobenen Komplexes in der Mümmliswiler Clus von der Tatsache der Ueberschiebung überzeugt hat.

Der Jura, als der nördlichste Ausläufer der Alpen, hat also mit diesen den Ueberschiebungsbau, die Deckenstruktur gemein; doch sind diese Decken im Jura von sehr geringer Ausdehnung. Obschon die Ueberschiebungszonen grösstenteils durch Bergstürze und Trümmerhalden verdeckt sind (das ist zum Teil auch in den Alpen so), sind die Ueberschiebungen durch die bekannten Aufschlüsse ebenso sicher bewiesen, als die Decken in den Alpen.

An der Diskussion beteiligten sich die Herren: Prof. *Schardt* (Zürich), Prof. *Schmidt* und Dr. *Buxtorf* (Basel).

5. Herr Prof. Dr. H. PREISWERK hält über *die Struktur der nördlichen Tessiner Alpen* folgenden Vortrag:

Die Gebirge des nördlichen Tessin bilden nach Zusammensetzung und Struktur den Uebergang von der Simplonmasse im Westen zum Adulamassiv im Osten.

Wie im Simplongebiet lassen sich die Gebirgsarten in die drei Hauptgruppen teilen: 1. Die ältern kristallinen Gesteine. 2. Die Trias, als Marmor, Dolomit, Gyps, Rauchwache und Quarzit entwickelt. 3. Die Kalkschiefermassen die den Lias und wohl auch höhere mesozoische Stufen representieren.

Die ältern kristallinen Massen zeigen im nördlichen Tessin eine ungemein reiche Gliederung. Die einzelnen Glieder lassen sich bei typischer Entwicklung unschwer als Eruptivgesteine und Sedimente auseinanderhalten. Mächtige Sedimentmassen finden sich z. B. ostwärts von Fusio gegen den Campo Tencia hinauf. Sie überdecken dort in umgekehrter Lagerung die Kalkschiefer und Marmore von Fusio und erreichen gegen 2000 m Mächtigkeit. Es sind meist granathaltige braune Glimmerschiefer, die häufig Disthen und Staurolit führen. (Sie werden auf der Karte 1 : 100,000 mit «Gl» bezeichnet.)

Diese Glimmerschiefer sind nun da und dort von Lagen und Linsen saurer und basischer Eruptivgesteine durchsetzt. Die basischen sind durchweg als Amphibolite, die sauren meist als grobfaserige Augengneisse entwickelt. Die mit den Eruptivge-

steinen wechselnden Sedimente verlieren vielfach ihren typischen Charakter. Es entstehen allerhand Mischgesteine, wohl auch Contactgesteine und Injektionsgneisse. Dem Aussehen nach kann man solche Gesteine als «braune Gneisse» und «Bändergneisse» zusammenfassen. In den bis jetzt erwähnten Gesteinen treten nun einzelne einheitliche, wesentlich saure Eruptivmassen auf, die wenigstens in ihren letzten Nachschüben jünger sind: Die Masse des Sambucogranits, des Rodigranits und der Antigoriogranit. Am Pizo Cristallina findet man den grobfaserigen Augengneiss als Einschlüsse in Sambucogranit, und auf der Massarialp werden die Amphibolitreichen Bändergneisse discordant von Eruptivgängen durchbrochen. Alle drei Granitmassive zeigen starke Magmaspaltung; Differenzierung zu dioritischen, gabbroiden und peridotitischen Gesteinen. Die Peridotite sind zumeist in Talk-Chlorit-Carbonatgesteine, «pietre ollare» umgewandelt, dagegen fand ich im Antigoriogneiss bei Roseto im Bavonatal schönen frischen Pleonast führenden Lherzolith mit Uebergängen in Olivin-Norit. Die Massive zeigen stellenweise eine Randfacies mit porphyrartiger Ausbildung. Bei Monti di Faiedo, im Pratotale, sind die Randpartien des Rodigranites erfüllt mit glimmerischen Schollen, die offenbar dem Nebengestein entstammen. Aplitische Adern, die oft Schriftgranit enthalten, durchschwärmen dieses und die Schollen. Wir haben hier deutlichen Primärcontact. G. Klemm hat verschiedene Primärcontacte des Tessinergranits aus der Leventina eingehend beschrieben. Es ist aber zu betonen, dass diese Erscheinungen auf die vortriadischen Gesteine beschränkt sind und die kristalline Ausbildung der triadischen und post-triadischen Sedimente mit diesen Primärcontacten nichts zu tun haben.

Zur Triaszeit, stellenweise vielleicht schon zur Permzeit, setzte eine transgredierende Sedimentation ein. Ich bin der Ansicht, dass die Trias- und Lias-Sedimente häufig discordant auf den älteren Bildungen ruhten. Freilich ist diese Discordanz vielfach durch die intensive Auswalzung völlig verwischt oder durch nachträgliche tectonische Discordanzen unkenntlich gemacht.

Die sonst so einfache mesozoische Schichtenserie erscheint namentlich da wo an der Basis reichlich detritisches Material vorhanden ist, wie im Kristallinamassiv, compliziert dadurch, dass die Marmore in mehreren Lagen übereinander auftreten. Eine wilde Wechsellagerung von Marmoren, porphyrartigen Gneissen und Kalkschiefern trifft man auf Campo la Torba. Man ist versucht triadische Porphyrdecken zu sehen. Doch zeigen gerade die schön aufgeschlossenen Spitzfalten am Naret, dass die Lamellierung vorwiegend tectonisch gedeutet werden muss. Auch den eigenartigen Geröll- und Blockschichten, die den Kalkschiefern in der Madone-Kette eingelagert sind, bin ich geneigt eine tectonische Erklärung zu geben und sie als Mylonite aufzufassen.

Die starken dynamischen Wirkungen lassen sich aus der Tectonik des Gebietes wohl verstehen. Der Gebirgsbau des Aufnahmegebietes wird beherrscht durch einen doppelten Gneisslappen dessen Kerne der Sambucogranit einerseits und die basischen Gesteine des Sassellogebietes anderseits bilden. Das ganze Gebilde, das «Sambucomassiv» heissen mag, ist als eine gefurchte Anticlinalenstirne aufzufassen, deren Axe derart steil nach Osten einfällt, dass die Erdoberfläche einen richtigen Querschnitt durch die Anticlinale liefert. Die meist sehr steil stehenden Schichten zeigen einen hemizirculären Verlauf. Ja sie schliessen sich fast völlig zum Kreis, indem der Lappen des Sambucomassivs, der im Norden den grössten Teil des Maggia-Peccia- und Bavonatales einnimmt, südwärts in der Nähe von Peccia zu einer wenige Kilometer breiten Decke ausgewalzt wird.

Diese Decke lässt sich als Dach des Antigoriogneisses südwärts verfolgen bis in die Onsernonetäler. Sie fällt durchschnittlich mit 30° nach Osten ein und trennt somit auf der ganzen Linie den Antigoriogneiss von der grossen Tessinergneissmasse der Leventina.

Die Grenze zwischen Antigoriogneiss und der Sambucodecke wird am Pizo di Castello im Pecciatatal durch eine typische mesozoische Mulde, einen Ausläufer der Teggiolomulde, gebildet. Am Westhang des Pizo del Mascarpino bei Peccia ist nur noch

ein schmales Marmorband vorhanden, und weiter südwärts verschwinden mesozoische Sedimente, so dass das Dach des Antigoriogneisses nur noch am Wechsel der Gneissarten erkennbar ist. Erst bei Someo im Maggiatal fand ich wieder Marmorlinsen, die gerade an der Gesteinegrenze sich einstellen und ihr mehrere Kilometer weit folgen, das Tal der Maggia querend. Ich kann nicht umhin, sie für ausgewalzte Reste der mesozoischen Mulde vom Pizo di Castello resp. der Teggiolomulde zu halten und sie sind mir ein Indicium für die grosse tectonische Bedeutung dieser Linie. Erst bei Vergeletto dreht das nord-südliche Streichen unter Steilstellung der Schichten in west-östliches um und der bisher liegende Ahntigoriogneiss tritt aufgerichtet zwischen Cordevio und Ponte Brolla im untern Maggiatal in die Region des Haupt-Tessinergneisses über.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das östliche Einfallen der Tessinergneisslappen auch westlich vom Haupt-Tessinergneiss anhält. Die tectonisch tiefsten Massive des Deckensystems finden sich daher im Simplongebiet, speziell im Antigoriotal. Von hier tauchen die tectonischen Elemente nach Westen und nach Osten in die Tiefe. Dabei stehen aber teilweise die liegenden und die hangenden Gneissmassen auch an der Oberfläche in direktem Zusammenhang, was dadurch bedingt ist, dass die Muldenenden und damit die Wurzeln der Gneisslappen selbst aufgeschlossen sind.

6. Dr Albert BRUN. *Cristobalite (Simili) ou Cristobalite Sigma* ( $\Sigma$ ).

L'auteur désigne sous le nom de cristobalite sigma ( $\Sigma$ ) les cristaux qu'il a obtenu en chauffant pendant 5 heures à 1600° environ le verre de silice, fondue préalablement au chalumeau oxyhydrique.

Ces cristaux sont de grandes colonnes pouvant atteindre  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$  millimètre de longueur — allongement de signe optique positif — quelquefois groupés en sphérolites à croix noire ayant un signe optique positif, extinction à zéro parallèle au plus grand allongement.

La biréfringence assez élevée atteint 0,004 · N < 1,51.

Ces propriétés distinguent le produit artificiel du minéral naturel et le rapprochent du quartz.

L'auteur entre dans quelques considérations relatives à la genèse du quartz par voie anhydre et montre comment, sous l'influence de chlorures, le verre de silice donne le quartz.

*Albite. Anorthose.* Dans cette communication, qui est préliminaire, l'auteur résume très brièvement ses recherches sur l'albite et l'anorthose.

Il montre que l'on peut faire cristalliser intégralement des verres ayant la composition de ces minéraux, en se plaçant dans les conditions auxquelles sont soumis les magmas volcaniques expulsés, tels que l'auteur les a définis dans de précédents travaux.

Le milieu vitreux, dans lequel se développent les cristaux, milieu qui finit par devenir holocristallin, est anhydre, privé de gaz, et n'est soumis à aucune pression. La température de cristallisation oscille autour de 740°. Les minéralisateurs gazeux considérés comme dissolvants à la température qui provoque la cristallisation, sont donc inutiles, et, ici, inexistants. La température de 740° est insuffisante pour volatiliser les traces de chlorure présentes.

De plus, la température nécessaire à la cristallisation des albites et des anorthoses, est de 200° et plus, supérieure à celle qui détruit les micas blancs ou noirs hydrogénés. Le mica hydrogéné ne peut donc plus être invoqué comme preuve d'une action de l'eau dans la cristallisation des granites, et sa formation n'est pas contemporaine de celle des feldspaths.

Il devient donc urgent, en se basant sur ces expériences, de modifier complètement les idées théoriques qui règnent à l'égard de la genèse des roches granitiques éruptives, et de *rejeter d'une manière absolue, l'eau, considérée comme agent de cristallisation sous pression.*

7. Herr Dr. A. BUXTORF (Basel) spricht: *Ueber die geologischen Verhältnisse des Furkapasses und des im Bau befindlichen Furkatunnels.* Anlässlich geologischer Untersuchungen für den gegenwärtig im Bau befindlichen Furkatunnel wurden inner-

halb der Sedimentzone der Furka, in der nächsten Umgebung der Passhöhe, folgende Verhältnisse erkannt:

Auf die besonders im obersten Teile stark schiefrigen und zersetzten *sericitischen Gneisse des Nordrandes des Gotthardmassivs* folgen nach Norden zu:

1. *Rauchwacke* (Zellendolomit), 10-20 m.
2. Weiche, chloritische und sericitische *Schiefer* mit *Gypsadern* und *-linsen*, dünnen *Quarzitbänkchen* und grusigem *Dolomit*, Mächtigkeit wechselnd 10-50 m, beim Tunnelwestportal 40 m.
3. *Phyllite*, circa 120 m Clintonitführend, häufig secundär gefältelt, mit untergeordneten eisenschüssigen Bänkchen.
4. *Sandige* und *quarzitische Kalkschiefer* mit *phyllitischen Zwischenlagen*, zusammen ca. 160 m. Quarzitische Bänke bilden vorspringende Rippen. In Kalkschiefern *Belemniten*, wohl zum *Lias* gehörig.
5. *Phyllite*, circa 55 m.
6. *Kalkschiefer*, circa 30 m, einzelne spätige Einlagerungen, wohl Echinodermen breccien.
7. *Hellgraue schiefrige Kalke*, einige Meter mächtig, wenig kristallin, von schiefrigem *Hochgebirgskalk* nicht zu unterscheiden und daher wohl als *Malm* anzusprechen. Lieferten bei Serzen, westlich der Furka, einen zerdrückten *Belemniten* (*C. Schmidt - H. Zeller*, 1895, Sammlung des Basler Naturhist. Museums).
8. Nördlich anschliessend folgen sofort die schon zum Aarmassiv gehörenden Gneisse.

Anscheinend besteht die Sedimentzone der Furka in der Nähe der Passhöhe aus einer von der Trias bis in den Malm reichenden, *das Gotthardmassiv concordant und normal überlagernden Sedimentserie*, welche in facieller Hinsicht vermittelt zwischen dem helvetischen Faciesbezirk und den Bündnerschiefern und längs anormalem Contact am Aarmassiv abstösst. Anormale Kontakte und Ueberschiebungen der Furkasedimente über Gneiss des Aarmassivs beschreibt schon *von Fritsch* (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lief. XV, S. 100-101 und Taf. IV, F. 15-16), ebenso erwähnt *Alb. Heim* (Beitr. z. geol.

Karte, XXV, S. 116) eine Zerdrückung des Nordschenkels der Furkamulde.

Die Sedimentzone der Furka *nimmt* nach der Tiefe zunächst an Mächtigkeit zu, am Nordrand fallen ihre Schichten steil nördlich, am Südrand steil südlich.

Der ursprünglich projectierte, 1827 m lange und 1911 m vom Westportal aus bis auf 156 m vorgetridene *Tunnel* durch die Furkapasshöhe erschloss *nur* Trias und begegnete grossen Schwierigkeiten (Druckpartien). Die erst nachher (Herbst 1911) ausgeführte geologische Detailaufnahme ergab, dass auch der Rest des Tunnels wesentlich nur in Trias zu liegen gekommen wäre, worauf dieses alte Trace verlassen und ein neues in den sericitischen Gneissen am Nordrande des Gotthardmassivs gewählt wurde. Dieser nunmehr im Bau befindliche, 1858 m lange neue Tunnel, hat nur am Westportal eine vorausgesehene kurze Triasstrecke durchfahren; gegenwärtig geschieht der Vortrieb beidseitig in Gneiss, dessen Schichten fast parallel der Tunnelaxe laufen und steil südwärts fallen. Die noch zu bauende, circa 1600 m lange Tunnelstrecke dürfte voraussichtlich ganz in diese Gneisse zu liegen kommen.

In der Diskussion bemerkte Herr Dr. *Staub*, dass die geologische Kommission ihn mit der Bearbeitung der Urserenzone im Sommer 1911-1912 beauftragte, und dass die Ergebnisse dieser Untersuchung gemeinsam mit denjenigen von Herr Dr. *P. Niggli* im Laufe des nächsten Winters erscheinen werden.

M. le Dr *Léon-W. Collet*, directeur du Bureau hydrographique fédéral, demande aux géologues de bien vouloir envoyer leurs publications et surtout les cartes géologiques à cette institution.

8. Herr Prof. Dr. L. ROLLIER (Zürich) lässt folgende Notiz der Gesellschaft übermitteln: *Ueber die obercretacischen Pyritmergel (Wang- und Seewener-Mergel) der Schwyzer-Alpen.*

Die von mir 1903 im Toggenburg zunächst entdeckten obercretacischen Pyritmergel wurden bis in die Gegend von Iberg verfolgt, ohne dass die charakteristische Lilliput-Fauna von dort bis jetzt hier zum Vorschein gekommen wäre. Nicht weit

vom Seewener-Kalk entfernt, bei 1119 m in Tschalun, wurde ein etwas verdrücktes Exemplar eines *Micraster* cfr. *Brongniarti* Héb. von Dr. Arn. Heim gefunden, das die Vermutung wahrscheinlich machte, dass der grösste Teil des als Flysch zwischen Iberg und Schwyz kartierten Gebietes von obercretacischen Mergeln eingenommen wird. Dass es dem in der Tat so ist, beweist der Fund von Inoceramen- und Seeigel-Bruchstücken mit anderen Senon-Fossilien an der Strasse Iberg-Schwyz, den ich letzten Sommer (1912) mit meinen Studierenden machen konnte. Das erste Fragment einer gut erkennbaren Schale von *Micraster* fand Herr stud. Trümpy unter dem Grossen Schienberg, unweit des Einganges in den Eisentobel, bei ca 1290 m Meereshöhe, das zweite fand Herr stud. Ahrens, Pyritkügelchen fanden alle, darunter Herr stud. L. von Lóczy die hübsche *Margaritella lensiformis* J. Böhm. Mehrere Inoceramen-Fragmente fanden sich hie und da, der Strasse entlang, bis Ibergeregg (1406 m). Somit ist die ganze Mächtigkeit (über 200 m) der sogenannten Flyschmergel westlich Iberg nicht Flysch, sondern obere Kreide. Ich fand später mit Herrn Pater Damian Buck, Professor im Stift Einsiedeln, im Sauerbrunnentobel noch einige Kreidefossilien, darunter ein gut erhaltenes Schalenfragment der charakteristischen *Ananchytes ovata* Lam., und Leistmergel-Fossilien wie *Trochus (Ziziphinus) Studeri* J. Böhm, *Margaritella conoidea* J. Böhm, in winzigen Pyritexemplaren. *Inoceramus Cripsii* Mantell haben wir im untersten grünen Seewener-Kalkmergel sowohl als im höheren schwarzgrauen Seewener-Mergel fast in allen Aufschlüssen des Tobels in gut erkennbaren kleineren oder grösseren Fragmenten ziemlich häufig gefunden. Foraminiferen sind vorhanden: *Textularia*, *Rotalia*, *Globigerina*, etc.

Die Flyschfindlinge, welche mit roten, grünen oder grauen Nummulitenkalkblöcken überall im Bachbette herumliegen, sind alle von oben heruntergewandert. Sie sind nicht in den Kreidemergeln eingeschlossen.

Ich muss ferner noch wichtigere Vorkommnisse bekannt machen, welche auf die Tektonik der Schwyzer-Alpen einen gewissen Einfluss haben mögen. Die bis jetzt als Flysch kartierte

Zone zwischen den Nummulitenkalken von Steinbach-Eutal-Wäggital und der subalpinen Nagelfluh ist kein Flysch, sondern pyritischer Kreidemergel. Ich fand am 18.-19. August dieses Jahres in der « Riese » S. Willerzell und weiter östlich N. unter Sattellegg eine breite Zone, die unten eine schmale Ueberschiebungszone mit verschiedenen Mergeln, vielen Harnischen, Flyschbreccien und Flyschsandsteinen in Blöcken aufweist, darauf graugrüne Kreidemergel mit oxydierten Pyritknollen, gegen 50 m mächtig, dann graue fossilführende Mergel, die allmähig in dunkelgraue, feinsandige über 30 m mächtige, mit einigen Arten der Leistmergelfauna übergehen. Hier fand ich: *Baculites* (?) sp., *Dentalium* sp., *Drepanocheilus vagans* J. Böhm, *Alaria* sp., *Lima (Plagiostoma) cfr. Hoperi* Sow., *Inoceramus* sp., *Nucula Stachei* Zittel, *Nuculana* sp., *Leda* sp. Zu oberst, unter dem Assilinen-Grünsandstein des unteren Parisien sind die Mergel sandiger, glauconithaltig und können schon das Untereocän (Londinien) repräsentieren.

Oestlich der Riese, unter Sattellegg, im tieferen Niveau der fossilführenden Kreidemergel fand ich: *Trochus granifer* J. Böhm, *Lima (Plagiostoma) aspera* Mant., L. (P.) *Hoperi* Sow., *Crussatella* sp., vielleicht *C. Marrotiana* d'Orb, riesige Textularien und Koproolithen. Diese und die tieferliegenden grünen Mergel können dem Senon angehören. Die höheren Pyritmergel sind als Wangschichten aufzufassen. Die ganze Serie ist in Iberg-Schwyz mächtiger entwickelt. Wir erhalten somit die einfachen Altersverhältnisse: Wangschichten = Danien; Seewener- (Amdener- und Leist-) Mergel = Sénonien; Seewenerkalk = Turonien, was ich schon früher annahm.

Somit ist in der Schwyz-Einsiedeln-Gegend zwischen Nummuliten-Bildungen und Molasse eine überschobene, aber *normale stratigraphische Schichtreihe mit dem allmähigen Uebergang der obercretacischen Kreidemergel zum Eocän*. Die diesbezüglichen Profile gelegentlich zu publizieren möchte ich mir vorbehalten.

Die Gegend zwischen Steinbach und Iberg ist ferner, im Ganzen genommen, eine Mulde im Nummulitenkalk und Flysch (Schräh). Im Flysch: unten Schiefer, dann Schiefer, Sandsteine und Kalke mit Chondriten und Helminthoiden, höher grobe

Sandsteine und Niesenconglomerat mit groben Breccien und kristalliner Nagelfluh, über 600 m mächtig. In einem Handstück jener groben Breccien fand ich, im Cement eingeschlossen, einen isolierten Zahn der oligocänen *Oxyrhina minuta* Ag. Die Hohgantserie muss sehr wahrscheinlich über den Nummulitenbildungen von Steinbach im tieferen und mittleren «Flysch» repräsentiert sein. Ebenso die Niesengesteine. Die Stockfluh und andere isolierte Nummulitenkalk-Klötze, die zum Teil auf Flysch, zum Teil auf Kreidemergeln aufgesetzt sind, betrachte ich als «Klippen».

*Postscriptum.* Nachträglich muss ich hinzufügen, dass die Senonmergel mit grossen, aber dünnchaligen Inoceramen bis zum Nordabhang des Tritt bei Trachslau verfolgt werden konnten. Ferner habe ich eine vollständige Oberkreideserie mit Inoceramen-Mergel als tiefstes Glied am Gschwendstock (Stockfluh) und an der Butzfluh unter den Nummulitenbildungen dieser Klippe aufgenommen. Diese Inoceramen-Mergel kommen ferner am Nordabhang des Furggelenstocks bis zum Nordfusse der Mythen hier allerdings unter dem Wildflysch vor. Chondriten und Helminthoiden habe ich nirgends in den Kreidemergeln beobachten können. Sie sind hingegen, wie bekannt, im Flyschschiefer und in den Flyschkalken sehr verbreitet und wenn sie beide zusammen vorkommen, scheint mir dadurch das oberescäne Alter des Gesteines festgestellt zu sein. Dies ist besonders der Fall im schwarzen Schiefer von Seewis (Gandwald) im Prättigau, wo zu Theobold's und Heer's Zeiten viele Chondriten zum Vorschein gekommen sind. Sie sind in Heer's Flora fossilis Helvetiae (Lief. 3, Zürich 1877), beschrieben und abgebildet. Letzthin kam mir aus unserer Dublettensammlung das Original von *Chondrites affinis* Sternb. sp. in die Hände, das auf Taf 61, Fig. 7 abgebildet ist und ich bemerkte darauf deutliche Spuren der *Helminthoidea labyrinthica* Heer, die sonst auf der Originalzeichnung nicht reproduziert ist. Kurz darauf schenkte Herr stud. Ahrens unseren Sammlungen ein grösseres Gesteinstück vom Gandwald, worauf die grossen Chondriten (*affinis*) mit den Helminthoiden zusammen vorkommen. Diese

in unseren Sammlungen jetzt aufgestellten Prachtstücke beweisen ein obereocänes Alter (Flysch) für die Bündnerschiefer um Seewis herum und auch wohl weiter im Prättigau. —

9. M. le Prof. M. LUGEON. *Sur la Tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences.*

M. Maurice Lugeon envoie à la section de géologie une note dans laquelle il annonce la découverte sous le pli couché de la Dent de Morcles d'une lame de schistes cristallins écrasés qu'il a suivi sur plus de trois kilomètres. Elle ne peut provenir que du Massif du Mont-Blanc et le synclinal de Morcles représente l'embouchure du synclinal de Chamonix.

10. Herr Prof. A. BALTZER bringt 1. eine Notiz über die in der Nähe des Iseosees (Oberitalien) vorkommenden, von ihm früher beschriebenen **Blättermergel von Pianico-Sellere.**

Dieselben wurden von ihm der letzten Interglacialzeit zugewiesen, von Lepsius dagegen in neuerer Zeit zum Pliocän gerechnet und als nicht beweiskräftig für interglaciales Alter erklärt, da er eine darunter liegende Grundmoräne nicht finden konnte.

Obwohl dieselbe auch von andern Forschern, z. B. Penck, konstatiert wurde, habe ich sie zum Ueberfluss im vorletzten Frühjahr nochmals auf der rechten Seite der Borlezza, obenher des dortigen Wehres nachgesehen und trotz Hochwasser und Rutschungen anstehend konstatieren können.

In den Blättermergeln auf der andern Seite des Flusses fanden sich nebst den bekannten Pflanzen (*Rhododendron ponticum* sehr häufig) auch Fischreste (Barsch) und ein Froschskelet (*Rana agilis* Thomas) nach gef. Bestimmung von Prof. Th. Studer.

Für mich ist dieses Profil, im Gegensatz zu Lepsius, eines der wichtigsten Interglacialprofile der Alpen. Ich empfehle die Untersuchung bei niedrigem Wasserstand vorzunehmen.

2. Bei diesem Anlass möchte ich noch erwähnen, dass ich das in meiner Iseoseearbeit gegebene cursorische und schematische Profil Fig. 7, **Trompia-Crocetapass**, ebenfalls im vorletzten Frühjahr kurz besuchte. Was ich dort beim Anstieg in einem

Abschnitt der Cedegolaschlucht sah: Rauhwanke, *Servino*, Sandstein und Sericitgestein, alle steil aufgerichtet, nordfallend; ferner was ich an einer Stelle der Torgolaschlucht östlich von Memmo, wahrnahm, spricht *nicht* für die von mir früher angenommene, schon von N. Tilmann bestrittene flache, grosse Ueberschiebungsdecke. Mein altes Profil bedarf einer vollständigen Neuaufnahme.

3. Auf der Seite des *Camonicatales* verläuft die Grenze von Buntsandstein, Perm? und Sericitgestein von Minolfa her bei Fraine vorüber gegen Zonccone etc. Der Kontakt ist selten entblösst. Aber zwischen Dosso Camussone und Dosso della Pedona schießt das Sericitgestein direkt *unter* den Sandstein ein, also ohne Ueberschiebung.

Literatur über die Gegend: Cacciamali, Studio geologico dei dintorni di Collio, Brescia, 1903; Dr. N. Tilmann, Tektonische Studien im Triasgebirg des Val Trompia, Bonn, Georgi, 1907; Baltzer, Zentralblatt für Min. Geologie etc. 1909, Nr. 5; Salomon Adamellogruppe.

---

## V

### Botanische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Botanischen  
Gesellschaft.

Sitzung: Dienstag, den 10. September 1912

*Ehrenpräsident*: Herr Geh.-Rat. Prof. Dr. P. Magnus, Berlin.

*Präsident*: Herr Apotheker J. Schmid, Altorf.

*Sekretär*: Herr Dr. W. Rytz, P.-D., Bern.

#### 1. R. CHODAT. *Lichens épiphyllés des environs de Genève.*

M. R. Chodat continuant ses recherches sur les Dunes de Sciez décrit la fixation des dunes « au lac » par l'*Hippophæ rhamnoides* ou par le *Buxus sempervirens* selon les circonstances. Il insiste particulièrement sur la succession des formations. Marécage: Phragmitaie, Scirpaie, Schœnaie, Holoschœnaie constituant des zones autour du marécage. L'Holoschœnaie établit le passage vers l'Artemisia (*A. campestris*). Sur le sable de la Dune les *Euphorbia Gerardiana*, *Scabiosa pachyphylla* et *S. canescens*, etc., connues dans les dunes déjà décrites. Puis la Buxaie s'implante et prépare le terrain pour la Pinède (*Pinus sylvestris*). Sous la Pinède continuent à croître les buissons qui accompagnaient la Buxaie, un gazon s'établit *Carex alba*, *Melica*, *Pyrola uniflora*, *P. secunda*, *P. rotundifolia*, *Epipactis atrorubens*, *Orchis pyramidalis*, *Platanthera bifolia*, *Hieracium Pilosella*, etc., *Limodorum abortivum*, *Dianthus sylvestris*, *Anthericum ramosum*, etc. Dans cette pinède les buissons de *Buxus* commencent à s'élever (dans la dune ils sont déprimés). Au milieu de cette forêt pénètrent maintenant *Abies*, *Picea*, *Fraxinus*, *Tilia*, et les buissons du voisinage. Mais grâce à l'ombre et à l'humidité le Buis devient arborescent. En certains points on a enlevé les autres arbres et la Buxaie a pu

se développer en formation presque pure. Alors la couverture de la forêt est très sombre ; le feuillage des Buis laisse difficilement passer la lumière et le sous bois devient humide. Le sol abonde en *Arum maculatum*, *Ægopodium*, *Hedera Helix* et des mousses. Le lierre grimpe sur les arbres qui se couvrent de mousse (*Neckera crispa*) qui pendent en longues guirlandes ou en chevelures denses, donnant aux arbres une apparence de végétaux arborescents des Tropiques couverts d'épiphytes. C'est dans cette forêt humide que l'auteur a constaté la présence de lichens épiphytes, lichens qu'on ne trouve généralement que sur les feuilles persistantes des végétaux de la forêt tropicale. On a déjà trouvé en Europe deux lichens sur la feuille du Buis, le *Catillaria Bouteillei* aux environs de Paris et le *Pilocarpon leucoblepharon* au Caucase. Ici ce sont trois espèces : *Catillaria Bouteillei* (Desm.) Zahlbr., un *Strigula* et une *Parmelia*, qui abonde sur les troncs et passe sur les feuilles. M. Chodat montre que c'est pour la première fois qu'on trouve en Europe un *Strigula*. Il décrit la gonidie qui correspond exactement au *Phycopeltis epiphytica* Milliard. Il décrit comment ce *Phycopeltis* lichénisé prolonge ses disques en filaments séparés comme chez les *Phycopeltis* tropicaux.

Il démontre aussi que contrairement à l'opinion de Karsten, le *Strigula* qui est la combinaison de *Phycopeltis* avec le champignon-lichen se développe sous la cuticule qu'il soulève. Ce *Strigula* ressemble au *S. complanata* Mtgne. Mais sa gonidie n'est pas un *Cephaleuros* et les apothécies manquent. Il faut provisoirement l'appeler *Strigula Buxi* Chod. Finalement le centre du disque formé par le lichen se désorganise. Les filaments du *Phycopeltis* pénètrent dans la feuille et y parasitent. Sous le *Strigula* la feuille souffre ; elle réagit plus fortement au-dessous de la région attaquée directement. On voit dans les palissades se former un periderme isolant. Il y aurait lieu de rechercher le *Strigula Buxi* dans des localités analogues.

2. Prof. D<sup>r</sup> Ant. MAGNIN. *Sur les espèces biaréales jurassiennes et un mode de représentation de leur distribution géographique.*

Une des particularités les plus remarquables de la phytosta-

tique du Jura franco-helvétique est, sans contredit, la localisation de plusieurs espèces aux deux extrémités de l'arc jurassien, avec une lacune plus ou moins étendue dans ses parties centrales.

J'ai déjà signalé l'importance de ce fait en 1905, dans une communication à la *Société botanique de Lyon* (24 octobre, p. XXXVII) et dans un article des *Archives de la Flore jurassienne* (N<sup>os</sup> 58-59 et 60), en proposant de rattacher ces plantes à la catégorie des espèces disjointes que j'ai appelées *espèces biaréales* ou à *double aire jurassienne*.

Mais ce sujet n'a pas laissé de me préoccuper depuis lors et je viens aujourd'hui entretenir mes confrères de la *Société botanique suisse* d'un procédé de représentation cartographique de ces plantes, mettant bien en évidence leur répartition singulière à la surface du Jura.

Les plantes dont je m'occupe dans cette communication sont donc les espèces *biaréales* qui ont leurs aires placées à chacune des extrémités de l'arc jurassien et qu'on peut en conséquence appeler espèces *biaréales terminales*; ces aires sont, du reste, les terminaisons occidentales de l'aire générale de plantes *pontiques* ou *alpines*, parvenues aux confins du Jura par les deux voies d'immigration danubienne et rhodanienne ou par les deux bordures calcaires septentrionale et méridionale des Alpes.

Comme exemples de ces espèces *biaréales terminales*, je vous présente les cartes suivantes :

1. *Primula auricula*;
2. *Gentiana asclepiadea*;
3. *Saxifraga mutata*;

Et les suivantes représentant des aires ayant une tendance à se rejoindre vers le milieu du Jura :

4. *Salvia glutinosa*;
5. *Coronilla montana*;

Enfin, deux types de *biaréales* non terminales :

6. L'endémique jurassienne: *Heracleum juranum*;
7. *Arnica montana*, exemple de localisation d'espèces calcifuges, plus ou moins au voisinage de massifs cristallins, mais toujours sur des sols oligo- ou acalciques.

(Je renvoie, pour plus de détails sur ces plantes, à la note ci-jointe, extraite des *Archives de la Flore jurassienne*.)

Ce procédé de représentation peut, du reste, être simplifié, comme je l'ai fait pour la répartition des plantes alpines dans le Jura, au moyen de cartes autographiées rudimentaires, limitées aux chaînes principales, les aires occupées par chaque espèce étant représentées par des accolades dans la marge. Une carte semblable, dont je vous présente un exemplaire, a été autographiée pour l'herborisation publique que j'ai dirigée à la Dôle, le 14 juillet dernier, et antérieurement pour l'excursion forestière faite le 14 septembre 1910, au Suchet, à laquelle j'ai eu le plaisir d'assister avec notre président, M. le Prof. Schröter, MM. Barbey et Moreillon, précieux souvenir des relations amicales que les botanistes des deux pays voisins entretiennent, par dessus les frontières, au milieu de la riche flore des sommets jurassiens.

3. Dr. R. STÄGER, Bern. *Mitteilung über blütenbiologische Studien an Geranium Robertianum*.

Die Beobachtungsergebnisse der Blütenbiologen gehen in Bezug auf die Blüteneinrichtung von *Geranium Robertianum* stark auseinander, was leicht erklärlich ist, da jeder nur einseitig beobachtete. Ausgedehnte Beobachtungen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten und Wetterlagen haben den Vortragenden von der grossen Variabilität der betreffenden Blüten überzeugt, so dass alle bisherigen Beobachtungsergebnisse z. B. von H. Müller, A. Kerner, Kirchner und Schulz der Hauptsache nach zu Recht bestehen, trotz ihres scheinbaren Widerspruchs. Wenn Müller die Blüte als protandrisch, Kerner als protogyn und Schulz als homogam erklärt, so hat keiner falsch gesehen, denn sie kann unter Umständen alle diese Phasen präsentieren. Nach den Ausführungen des Referenten lässt sich hauptsächlich ein *Schönwetter*- und ein *Schlechtwettertypus* erkennen. Dem Schönwettertypus entspricht ein frühzeitiges Reifen und Entleeren der Antheren bei kleiner, sternförmiger Entwicklung der Narbe. Wir haben zuerst Protandrie, der Autogamie folgt; oder in extremen Fällen teilt

sich die Narbe erst nach dem gänzlichen Verwelken der Antheren. Dann kann die Bestäubung nur mit Hilfe der Insekten vor sich gehen. Das Blühen ist beim Schönwettertypus in  $\frac{1}{2}$  Tag erledigt.

Dem Schlechtwettertypus entspricht im Gegenteil ein frühzeitiges Reifen und Spreizen der Narbenäste, oft schon in der Knospe und ein spätes, verzögertes Stäuben der Antheren. Die Narbenschenkel erreichen oft eine bedeutende Länge und rollen sich uhrfederartig zurück. Wir haben dann Protogynie mit folgender Autogamie. Das Blühen kann erst nach  $1\frac{1}{2}$ —3 Tagen erledigt sein. Wetterlage und Standort vermögen sich bis zu einem gewissen Grade aufzuheben, so dass an einem sehr feuchten und kühlen Standort auch bei im allgemeinen schönen Wetter der Schlechtwettertypus zur Ausbildung kommt. Um zu entscheiden, welche der drei physikalischen Faktoren: Licht, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft für den jeweiligen Blühmodus ausschlaggebend sein möchten, wurden vergleichende Messungen und Versuche angestellt. Daraus scheint hervorzugehen, dass zwar Farbe und Grösse der Blüten, sowie deren Oeffnen resp. Schliessen der Lichtwirkung gehorchen, dass aber Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft das eigentliche treibende Agens für den Blühmodus bei *Geran. Rob.* ausmachen und dass relativ hohe Temperaturen mit geringer Feuchtigkeit Protandrie, relativ niedere Temperaturen mit grosser Feuchtigkeit Protogynie mit langen Narbenästen veranlassen. Das Hauptergebnis der Untersuchungen drängt sich in den Satz zusammen: Aehnliche Temperaturen mit entsprechender relativer Feuchtigkeit der Luft veranlassen bei *Geranium Robert.* ähnlichen Blühmodus. — Zum Schluss wird noch einer weissen Varietät (*Geranium Robertianum* var. *flore albo*) Erwähnung getan.

Die Discussion wird benutzt von den Herren Prof. *Wilczek* und *Schröter*.

4. L. H. Quarles VAN UFFORD, D<sup>r</sup> ès sciences. *Les effets d'une tempête dans une forêt.*

Dans la nuit du 30 septembre au 1<sup>er</sup> octobre 1911 une tem-

pête d'une extrême violence détruisit en Hollande de grandes étendues de forêt en particulier le bois de la Haye. Cette tempête et les conséquences que nous allons envisager donnent à cet événement un grand intérêt, tant au point de vue de la géographie botanique qu'à celui de la science forestière<sup>1</sup>.

Le bois de la Haye se compose actuellement surtout de hêtres et d'ormes ; les chênes autrefois naturellement dominants sont devenus rares. La tempête a épargné ceux-ci et déraciné les hêtres. Nous voyons ici une indication vérifiée déjà d'autre part que dans le climat océanique de la Hollande c'est le chêne qui est l'arbre le mieux approprié au climat et non le hêtre.

C'est une erreur commise dans l'administration forestière de bois de la Haye que d'avoir voulu trop épargner les vieux arbres souvent pour des raisons d'intérêt historique et de ne pas avoir entrepris à temps des coupes nécessaires ; ceci parfois sous la pression de l'opinion publique de la Haye, dont les habitants désiraient conserver intacte leur forêt. Le manque de lumière dans la forêt a eu comme résultat direct que les arbres sont devenus très hauts, qu'ils ont de petites couronnes et que le système racinaire est faiblement développé. Le caractère de la forêt « petites couronnes qui se touchent à une grande hauteur » ne nuit en rien à l'esthétique de la forêt, mais met en danger la solidité des arbres.

Une autre erreur a été celle de ne pas avoir étudié suffisamment le sol en plantant de nouveaux arbres. Dans le bois de la Haye il se trouve une mince couche d'argile entre la tourbe et le sable qui forme le sous-sol. A cause de cette couche d'argile imperméable les racines ne s'enfoncent pas mais s'étendent à la surface. On a vu des arbres de 20 à 30 mètres de haut dont les racines ne s'enfonçaient pas à plus de 40 centimètres dans le sol. D'autre part l'eau ne s'écoulant pas à

<sup>1</sup> Pour se renseigner sur la tempête, son origine et son développement, on peut consulter le rapport de l'institut météorologique hollandais (Utrecht).

On trouvera des détails sur le bois de la Haye et sur les effets de la tempête dans une brochure intitulée : « De storm van 30. Sept -1. Octobre 1911 in Het Haagsche Broch Staatsbuchbeheer Utrecht ».

travers la couche d'argile, les racines pourriront rapidement.

La tempête dont nous parlons a déraciné environ 3,000 grands arbres, spécialement des hêtres; l'âge moyen de ces arbres était de 150 à 200 ans.

En étudiant de près la catastrophe on arrive malgré tout à une conclusion rassurante, à savoir que même les ouragans les plus violents qui se produisent en Hollande ne sont pas nécessairement funestes aux forêts. Ils ne font que relativement peu de mal aux arbres absolument appropriés au climat et bien enracinés. Par contre ils sont destructeurs pour tout le reste.

Discussion: Herr Prof. Dr *Chodat*, Herr Prof. Dr *Schellenberg*, Herr Prof. Dr *Jaccard*.

5. Dr JOHN BRIQUET (Genève): *Carpologie comparée des Clypeoles.*

Les neuf espèces du genre de Crucifères *Clypeola* sont toutes méditerranéennes, l'aire totale du genre s'étendant du Maroc à la Perse. Une seule d'entre elles (*C. Jonthlaspi* L.) sort du domaine méditerranéen proprement dit comme membre de colonies xérothermiques.

La carpologie comparée de ces espèces met au jour des faits intéressants dont les principaux peuvent être résumés comme suit.

Chez toutes les espèces, la silicule est uniloculaire, ovée ou orbiculaire, plus ou moins fortement comprimée sur les deux faces, à valves indéhiscentes entourées d'un faisceau libéro-ligneux marginal tantôt très rapproché de la marge, tantôt éloigné d'elles de façon à isoler une aile. Le pericarpe est constitué par un épicarpe pilifère, rarement glabre en tout ou en partie, un mésocarpe microcytique souvent chlorenchymateux, enfin un endocarpe scléreux parfois renforcé par les éléments voisins du mésocarpe. La semence unique, aplatie comme la silicule, orbiculaire ou ovoïde, entière, est suspendue à l'extrémité d'un funicule plus ou moins horizontal; elle renferme un embryon à cotylédons accombants; elle n'occupe pas toute l'aire circonscrite par les faisceaux marginaux: il existe entre le coelum et les faisceaux une région où les deux valves de la

silicule se touchent ou sont très rapprochées l'une de l'autre, celle du rayon. On doit donc distinguer dans le fruit trois régions morphologiques : la région centrale occupée par la semence ou *disque*, le *rayon* et les deux *ailes*, séparées l'une de l'autre au sommet du fruit par le style, à la base par le torus surmontant le pédicelle.

Nettement différenciés, le disque et le rayon ne manquent chez aucune espèce. Par contre, les ailes sont presque nulles chez le *C. dichotoma*, très étroites et érodées chez les *C. echinata* et *lappacea*. Chez le *C. ciliata*, elles sont étroites mais pourvues d'une haie dense de longs cils étalés. Leur développement est très marqué, avec texture membraneuse, chez les *C. Raddeana* et *Jonthlaspi*. Chez le *C. elegans*, elles sont pourvues d'un système de ballonnets très remarquable. Enfin, elles sont très larges et érodées, mais de texture coriace chez les *C. eriocarpa* et *cyclodontea*.

L'indument du fruit des Clypéoles offre les formes les plus variées. Unicellulaires partout, les poils peuvent être pyriformes (*C. Raddeana*), allongés et obtus ou claviformes (*C. Jonthlaspi* et *elegans*), droits, effilés et aigus au sommet (*C. ciliata*), ou démesurément allongés et entortillés (*C. eriocarpa*). Le *C. cyclodontea* présente des poils de deux formes très différentes ; les uns sont étoilés, à étoile subsessile à 4 branches 2-3 furquées ; les autres allongés à parois très épaisses effilés en pointe recourbée. Les *C. echinata* et *lappacea* réalisent un type tout autre ; ils possèdent des poils courts et échinés, à échines souvent bifurquées et des poils glochidiés plus grands, à glochides dirigés vers le bas, au moins en ce qui concerne la région apicale des poils. Enfin, chez le *C. dichotoma*, les poils sont allongés, renflés en massue et fortement verruqueux.

Les cellules épidermiques sont le plus souvent peu saillantes, celles des *C. cyclodontea* et *echinata* à parois très sclérifiées, rarement très papilleuses, à papilles de forme d'ailleurs variable selon les espèces (*C. Raddeana*, *ciliata* et *elegans*).

Le mésocarpe est en général microcytique, plus ou moins développé en chlorenchyme. Là où les deux assises internes en deviennent scléreuses dans quelques types (*C. cyclodontea* et

*lappacea*), renforçant l'endocarpe qui est scléreux dans toutes les espèces.

Les autres tissus présentent moins de variations. Citons cependant la présence de deux faisceaux dorsaux dans le péri-carpe du *C. eriocarpa*, la présence ou l'absence (*C. echinata*) de fibres dans les ailes au-delà du faisceau marginal, l'absence ou la présence (*C. cyclodontea*) de chlorenchyme à la maturité dans les ailes, etc.

Au point de vue de la dissémination, les caractères précités permettent de constituer les groupes biologiques suivants :

A. Espèces anémochores, dépourvues de poils glochidiés.

a) Anémochorie du fruit, qui se détache de l'inflorescence.

I. Fruit appartenant au type du disque plan<sup>1</sup>, non enveloppé de poils laineux. Appareil auxiliaire constitué par :

1) Un système de ballonnets alaire : *C. elegans*.

2) Une haie dense de cils étalés : *C. ciliata*.

3) Une aile membraneuse non érodée : *C. Raddeana* et *C. Jonthlaspi*.

4) Une aile coriace érodée : *C. cyclodontea*.

II. Fruit appartenant au type des ballons<sup>2</sup>, enveloppé par une épaisse lanugosité, formant un corps sphéroïdal : *C. eriocarpa*.

b) Anémochorie de l'inflorescence ; le rameau fructifère se détache, le fruit restant caché parmi les bractées persistantes et membraneuses : *C. dichotoma*.

B. Espèces zoochores, pourvues de poils glochidiés : *C. echinata* et *lappacea*.

Ces groupes biologiques correspondent parfaitement aux groupes systématiques naturels que la carpologie comparée oblige à constituer, mais avec un ordre un peu différent. Cela ressort à l'évidence du tableau suivant :

Sect. I. *Jonthlaspi* Coss.

Subsect. 1. *Bullatæ* Briq. : *C. elegans* Boiss. et Huet.

<sup>1</sup> Dingler. *Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane*, p. 92. München 1889.

<sup>2</sup> Dingler, *Op. cit.* p. 67.

Subsect. 2. *C. ciliatæ* Briq. : *C. ciliata* Boiss.

Subsect. 3. *Velares* Briq. : *C. Jonthlaspi* L. et *C. Raddeana*  
Alb.

Sect. II. *Orium* DC. : *C. eriocarpa* Cav.

Sect. III. *Cyclodon* Coss. : *C. cyclodonte* Del.

Sect. IV. *Bergeretia* DC. : *C. echinata* DC. et *C. lappacea* Boiss.

Sect. V. *Pseudanastatica* Boiss. : *C. dichotoma*. Boiss.

Les caractères morphologiques et histologiques du fruit, tout en étant en relation étroite avec les modes de dissémination ont ainsi, sans aucun doute, une haute valeur systématique. Le résultat utile — la dissémination — est obtenu de toute façon, mais il est réalisé par des moyens très divers. Chacune des modalités biologiques correspond à un type de mutation différenciel. Celui-ci a très probablement été « encouragé » par une longue sélection dans chaque cas particulier, mais il n'en reste pas moins l'expression d'un processus phylétique dont l'origine première est intérieure et doit nécessairement jouer un rôle taxonomique important.

6. Dr. Theodor HERZOG, Zürich. *Mitteilungen über eine zweite Reise in Bolivia.*

Die geographische Lage Bolivias an der Grenze zwischen Tropen und Subtropen und etwa in der Mitte der ungeheuren Andenkette sowie seine Geschichte machen es zu einem der interessantesten Objekte pflanzengeographischer Forschungen. Seine Hochländer und die Abhänge seiner Gebirge waren der Ausgangspunkt, von dem aus die Neuländer im Amazonas- und La Plata-Becken, als die Hochsee zurückwich, zum grössten Teil mit Pflanzen besiedelt wurden, und während des wiederholten Wechsels der klimatischen Verhältnisse im Hochland, der sich durch das Hin- und Herschwanken der Gletschergrenzen deutlich bemerkbar macht, haben auch in den Höhen allerhand Wanderungen und umgekehrt Arealzerstückelungen stattgefunden: In den Interglazialzeiten eine weite Ausbreitung xerophytischer Elemente, in den Glazialepochen aber die Einwanderung borealer und austral-arktischer Sippen. Gerade in

den Hochländern von Bolivia und Peru werden diese Einflüsse besonders deutlich, weil hier die Einwanderungsströme von beiden Seiten noch volle Kraft besaßen und so ihre Artenfülle sich nicht nur erhalten konnte, sondern auch in den reichen Abstufungen des Klimas dieser Gebiete die günstigsten Bedingungen für die Entstehung neuer Formen fand.

Da in der Ostcordillere von Bolivia die interessantesten Verhältnisse und der Verlauf der wichtigsten Verbreitungsgrenzen zu erwarten stand, wählte sich der Vortragende speziell dieses Gebiet für seine Forschungen.

Die Reihenfolge der Formationen auf den beiden Abhängen der Ostcordillere ist rein schematisch :

Südabhang :

- I. Megatherme Trockenwälder und Grassteppen.
- II. Megatherme Succulenten- und Dornbuschbestände.
- III. Gelockerte Gesträuchformationen und Steppe.
- IV. Hochandine Polsterpflanzen oder völlige Wüste.

Nordabhang :

- I. Regenwälder und megatherme Gras- und Gesträuchformationen.
- II. Immergrüne Hartlaubgehölze der Nebelregion.
- III. Matten.
- IV. Hochandin-nivale Polster- und Rosettenpflanzen.

Jede dieser Formationen hat ihre unverkennbaren Leitpflanzen, die z. T. zugleich floristische Merkzeichen abgeben, so die *Bougainvilleen* und die Gattung *Schinopsis* in den Xerophytenverbänden des südl. Berglandes, die eine deutliche Verbindung mit den Formationen des Grau Chaco herstellen. Auf der andern Seite die zahlreichen Palmensippen, deren Erlöschen genau die Grenze des Regenwaldes veranschaulicht.

Bemerkenswert ist das Vorkommen einiger Gattungen, die uns in den Xerophytenverbänden S. O. Bolivias und dann wieder in Mexiko vorkommen, so die monotypische Gattung *Alvaradoa*. Das Gleiche lässt sich bei den Moosen nachweisen.

Der Vortragende führt sodann an Hand seiner Reiseroute durch die zahlreichen Formationen des Gebietes und erläutert seine Mitteilungen an Hand zweier Formationskarten.

Discussion: Die Herren Dr. *L. Quarles van Ufford*, Prof. Dr. *Chodat*, Prof. Dr. *Wilczek* und der Vortragende.

7. Prof. Dr. A. LENDNER, Genève: *L'Ilex dumosa*, une falsification du Maté.

Contrairement à ce que prétendent certains auteurs, M. Lendner avait insisté dans une publication précédente sur le fait qu'il ne fallait considérer comme Maté véritable que celui qui était constitué par les feuilles de l'*Ilex paraguariensis* St-Hilaire et ses variétés.

On n'avait jusqu'à présent aucun renseignement sur les autres espèces de maté, ni sur leur valeur commerciale ni sur leur teneur en caféine. De nouveaux matériaux reçus dernièrement en assez grande quantité par M. le Dr Hassler permirent de faire des analyses de deux espèces: l'*Ilex dumosa* Reiss et l'*I. coaguazuensis* Loesener, qui furent trouvées absolument exemptes de caféine.

En outre l'auteur reçut de M. le Dr Machon de Lausanne, un intéressant échantillon d'une falsification de maté vendu sur le marché de Buenos-Ayres. Il s'agissait encore d'une « yerba » constituée exclusivement de l'*I. dumosa* var. *montevideensis*, comme le démontra une étude anatomique. A l'analyse il n'y eut pas trace de caféine.

Ces faits permettent donc d'affirmer qu'il faut considérer définitivement l'adjonction de l'*I. dumosa* comme une falsification du maté.

L'*Ilex paraguariensis* est surtout fréquent dans la partie du Brésil qui touche à la frontière du Paraguay. Il devient de plus en plus rare au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, et l'on tend à lui substituer l'*I. dumosa*.

Discussion: Herr Dr. Th. *Herzog*.

8. P. MAGNUS. *Zur Geschichte unserer Kenntnis des Kronenrostes der Gräser und einige sich daran knüpfende Bemerkungen.*

Der Kronenrost der Gräser wurde zuerst 1837 von Corda in den *Icones Fungorum* I, p. 6 beschrieben und auf Tab. 2, Fig. 96 abgebildet. Er gibt aber als Wirtspflanze *Luzula albida*

an, auf der *Puccinia coronata* sicher nicht vorkommt. Da er nur Blätter der Wirtspflanze vor sich gehabt hat, ist deren falsche Bestimmung leicht erklärlich. Seine Beschreibung und Abbildung lassen keinen Zweifel, dass er den Kronenrost vor sich gehabt hat.

Danach hat 1862 C. G. Preuss in Dr. Jac. Sturm: Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen, III. Abt. Die Pilze Deutschlands, VI Bändchen, S. 5, Taf. 3, *Puccinia sertata* Preuss beschrieben und abgebildet und deren grosse Aehnlichkeit mit *Puccinia coronata* Cda., sowie ihre Unterscheidung von derselben hervorgehoben. Er gibt diesen Kronenrost auf *Phragmites communis* an, worauf ebenfalls kein Kronenrost auftritt. Ich konnte mich an dem von Preuss selbst in Klotzsch Herb. Mycologicum Nr. 1395 ausgegebenen Exem- plare leicht überzeugen, dass die Wirtspflanze *Phalaris arun- inacea* ist, auf der der Kronenrost nicht selten auftritt. Er wird jetzt zur *Puccinia coronata* Cda. gezogen.

Schon 1854 hatte Bellynck einen Kronenrost auf *Lolium perenne* bei Namur gesammelt, den er als eigene Varietät von *Puccinia coronata* unterschied und *P. coron. var Lolii* Bellynck nannte. Im Bulletin de l'Académie royale des séances, des lettres et des beaux arts de Belgique, Tome XXI, S. (235) be- schreibt Westendorp diese Bellyncksche Varietät und unter- scheidet sie morphologisch dadurch, dass die Zähne der Krone weniger zahlreich und stumpfer sind, als in Cordas Figur, was auch oft zutrifft.

1866 wies A. de Bary nach, dass *Puccinia coronata* Cda. ihre Aecidien auf *Rhamnus* bildet.

Einen wichtigen Fortschritt in der Naturgeschichte der Kronenroste lieferte Nielsen 1875 in der Ugeskrift for Land- maend, niende Bind, S. 549—556 und in der Botanisk Tidsk- rift 3 raekke, 2 Bd. 1877, S. 39 und 40. Er zeigte, dass die Aec- idien auf *Rhamnus Frangula* und *Rh. cathartica* zu verschie- denen Kronenrost-Arten gehören, von denen er die eine zum *Aecidium* auf *Rhamnus Frangula* gehörige *Puccinia* als *P. coro- nata* Cda., die andere zum *Aecidium* auf *Rhamnus cathar- tica* gehörige als *Puccinia Lolii* Nielsen bezeichnete. Er zeigte

dass die Keime der Sporidien Teleutosporen der letzteren niemals in *Rhamnus Frangula* eindringen und vice-versa.

Er stellte auch durch genaue Impfversuche fest, dass die Keimschläuche der *Uredo* der *Puccinia Lolii* Nielsen von *Lolium perenne* in *Avena sativa* eindringen und Sporenlager bilden, was ihn nicht hinderte der Art oder Varietät den Namen *Puccinia Lolii* Nielsen zu geben.

Diese Verschiedenheit zweier durch die Zugehörigkeit zu den *Aecidien* auf *Rhamnus Frangula* oder *Rh. cathartica* unterschiedenen Kronenroste bestätigte und erweiterte H. Klebahn 1892 und 1894 in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Bd. II, S. 337—342 und Bd. IV, S. 129—136. Auch er bezeichnete die zu dem *Aecidium* auf *Rhamnus Frangula* gehörige Art als *Puccinia coronata* Cda., während er die zu den *Aecidien* auf *Rhamnus cathartica* gehörige Art *Puccinia coronifera* Kleb. nannte. Ich habe schon in der Oesterr. Botan. Zeitschr. 1901, Nr. 3 ausgeführt, dass ich das nicht für berechtigt halten kann, da dem Namen *Puccinia Lolii* Nielsen die Priorität gebühre. Jetzt möchte ich die Art als *Puccinia Lolii* (Belyneck) Nielsen bezeichnen. Klebahn hat selbst schon Nielsens Versuche nach Bot. Tidsskrift, 3 Raekke, Bd. II, S. 39 zitiert. Da aber Nielsen dort seinen schon 1875 der Art gegebenen Namen nicht erwähnt, hat Klebahn, wie leicht erklärlich, den gegebenen Namen übersehen. Wenn er hingegen im Jahrbuche der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten XX (1902), 3. Beiheft, S. 53—54 meint, dass der Name *Puccinia Lolii* Nielsen nur für *P. coronifera* var. *Lolii* in Betracht kommen könnte (trotzdem sogar bereits Nielsen auf Grund seiner Experimente die Form auf *Avena sativa* hinzugezogen hatte), so ist mir das nicht verständlich. Wenn die verschiedenen Varietäten mit dem gemeinsamen Namen *Puccinia coronifera* Kleb. bezeichnet werden können, so können sie ebensogut mit dem älteren, wohl begründeten Namen *Puccinia Lolii* Nielsen bezeichnet werden. Ich habe nie die Meinung aussprechen hören, dass man z. B. den Namen *Bremia Lactucae* Reg. nicht anwenden könne, weil diese Art noch auf vielen anderen Compositen-Gattungen als *Lactuca* auftritt, oder dass man die Namen *Ajuga Genevensis*

oder *Circaea Lutetiana* nicht anwenden solle, weil sie auch an vielen Orten auftreten, die ihr spezifischer Name nicht bezeichnet.

Klebahn und Eriksson haben dann in sorgfältigen Versuchen die Kenntnis der auf das Auftreten auf verschiedenen Wirtspflanzen begründeten biologischen Varietäten beider Arten erweitert.

Von besonderem Interesse ist auch die Arbeit von M. A. Carleton: *Cereal Rusts of the United States* (U. S. Department of Agriculture, Division of Vegetable Physiology and Pathology, *Bullet. No. 16*, Washington, 1899), auf die ich noch mit ein Paar Worten zurückkommen werde.

Neuerdings hat nun F. Mühlethaler eine wertvolle Untersuchung über Infectionsversuche mit *Rhamnus* befallenden Kronenrosten im *Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkoide und Infektionskrankheiten*, II. Abt., Bd. 30 (1911), S. 386 bis 419, veröffentlicht. Leider hat er die Arbeiten Nielsens nicht genug gewürdigt. In der historischen Einleitung hat er die einen der wichtigsten Fortschritte unserer Kenntnisse der Kronenroste begründende Arbeit Nielsens nicht erwähnt, trotzdem Klebahn selbst am letzten angeführten Orte S. 53 sagt, dass Nielsens Versuche, die Vermutung in ihm hatten entstehen lassen, dass *Puccinia coronata* in zwei Arten zu zerlegen sei, was eben Nielsen schon getan hatte. Mühlethaler hat dann später zwar die Versuche Nielsens S. 414 erwähnt, führt aber Nielsens Unterscheidung nicht ein Mal als Synonym an. Von grossem Interesse sind seine Infectionsversuche und die Anschauungen, zu denen er in Folge derselben gelangt ist. Sie verdienen eine nähere Besprechung. Er unterscheidet auf Grund der Resultate seiner Versuche und der von anderer Seite vorliegenden, eine grosse Reihe von *formae speciales* der *Puccinia coronifera* Kleb., wie er sie bezeichnet. Doch sind diese unterschiedenen *formae speciales* vielfach nicht völlig spezialisiert. So geht Schweizer Material der auf *Lolium* auftretenden *f. sp. Lolii* auf *Festuca* über und würde dann dort die *f. sp. Festucae* eigentlich bilden und ebenso konnte *Lolium perenne* mit der *Uredo* von *Festuca arundinacea*, *F. elatior* und anderen *Festuca-*

Arten infiziert werden. Mühlethaler sagt mit Recht, dass das Resultat seiner Versuche den Eindruck hervorbringt, dass die f. sp. Lolii der *Puccinia coronifera* Kleb. in der Schweiz weniger spezialisiert sei, als z. B. in Deutschland.

Mit der f. sp. *Agropyri* konnte Eriksson *Lolium perenne* und *Festuca elatior*, also Wirtspflanzen zweier anderer *formae speciales* infizieren.

Nielsen infizierte mit Erfolg *Avena sativa* durch die *Uredo* seiner *Puccinia Lolii* Nielsen von *Lolium perenne*. Klebahn und Mühlethaler scheinen dies mit einigen Zweifeln zu notieren. Aber ich sehe gerade bei dem so gewissenhaften und genauen Beobachter Nielsen keinen Grund zu solchen Zweifeln ein, um so weniger, als Klebahn, Eriksson und Mühlethaler später auf anderem Wege (durch Zucht der *Aecidien* auf *Rhamnus cathartica* aus den *Teleutosporen* u. s. w.) gezeigt haben, dass in der Tat der Kronenrost des Hafers zur *Puccinia Lolii* Nielsen (= *P. coronifera* Kleb.) gehört. Aehnliche Beobachtungen liegen in Carleton's Versuchen vor. Carleton berichtet l. c. S. 46 und 47, dass er die *Uredo* von *Avena sativa* «successfull» geimpft hat auf *Avena fatua*, *Phleum pratense*, *Avena pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Eatonia spei*. indet., *Koeleria cristata*, *Anthoxantum odoratum*, *Festuca* sp. indet., *Alopecurus alpestris*, *Phalaris arundinacea*, *Polypogon monspeliensis* und *Phleum asperum*, wobei ich noch die Arten, wo nur einzelne *Uredorasen* erschienen sind, weglasse.

Diese Beobachtungen zeigen, wie gesagt, recht deutlich, dass diese *formae speciales* oft wenig spezialisiert sind und sie daher besser als biologische Racen oder Gewohnheitsracen, wie ich sie genannt habe, bezeichnet werden. Letzterer Namen gibt zugleich einer Anschauung über ihre Bedeutung und Entstehung Ausdruck. Und diese Anschauung wird durch interessante Ergebnisse einer neuen Untersuchung wesentlich gestützt.

E. M. Freeman und E. C. Johnson teilen in ihrer Arbeit: *The rusts of grains in the United States* (U. S. Dep. of Agriculture, Bureau of plant industry, Bull. 216, 1911) interessante Beobachtungen über *Puccinia graminis* mit. Mit Sporen von *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* wurde Weizen und Gerste reich-

lich infiziert, Roggen nur spärlich, Hafer nicht. Aber mit den aus solcher Infektion auf Gerste hervorgegangenen Uredosporen wurde Roggen leicht und vereinzelt Hafer infiziert.

Die Uredo von *Puccinia graminis* f. sp. *hordei* infizierte Gerste und Weizen gut, Hafer und Roggen schwach. *Puccinia graminis* von Roggen infizierte nur Roggen und Gerste; aber die von der Gerste so gewonnene Uredo infizierte auch Hafer. Die *Puccinia graminis* des Hafers infizierte Hafer gut, Gerste nur schwach; sie scheint sich am ausgeprägtesten an den Hafer gewöhnt zu haben. Ob auch wie die Vff. an der in 17 Generationen von der Gerste auf den Weizen übergeimpften *Puccinia graminis* glauben zeigen zu können, die Grössenverhältnisse der Uredosporen von der Wirtspflanze beeinflusst und geändert werden, müsste erst noch durch weitere ausgedehntere Untersuchungen erhärtet werden. Hier erscheinen die Gewohnheitsrassen noch weniger ausgeprägt und scheint durch Veränderung der Gewohnheit, z. B. beim Uebergange von Weizen auf die Gerste, die der Gewohnheit entsprechende Anpassung leichter erschüttert und modifiziert zu werden, was vielleicht auf der in der anderen Wirtspflanze etwas veränderten Ernährung und Stoffbildung beruht.

Discussion: Herr Prof. Dr. *Ed. Fischer*.

9. Prof. Dr. H. C. SCHELLENBERG, Zürich. *Ueber die Befruchtungsverhältnisse einiger Kirscharten.*

Die blütenbiologischen Einrichtungen der Kirschen sind von *Sprengel*, *Müller* und besonders *Kirchner* eingehend untersucht worden; dagegen fehlen Experimente über Selbst- und Fremdbefruchtung. Die Untersuchungen an 12 Kirscharten ergaben als Resultat, dass nur durch Fremdbestäubung reife Früchte entstehen; bei Selbstbestäubung tritt keine Fruchtbildung ein. Daneben wurde beobachtet, dass einzelne Fruchtknoten auch bei Ausschluss jeglicher Einwirkung von Pollen schwellen, dann aber nach 14—20 Tagen abfallen. Von ihnen gelangten keiner zur Reife.

Die Blüten verhalten sich bei den einzelnen Sorten ungleich. Von starker Protogynie, die bei einzelnen Sauerkirscharten

vorkommt, bis zu schwacher Proterandrie, die bei verschiedenen Süßkirschen zu beobachten ist, finden sich alle Abstufungen. Ebenso wechseln die Formen der Blüten von Sorte zu Sorte.

Bei vielen Sauerkirschensorten ist eine weitgehende Verkümmernng der Geschlechtsorgane zu beobachten: Verkümmerte, geschrumpfte Antheren und abgestorbene kleine Stempel. Die gleichen Sorten zeigen auch viele verkümmerte Pollenkörner in den scheinbar gesunden Antheren. Die Verkümmernngserscheinungen stehen wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Stammesgeschichte der betreffenden Sorten. In Folge zu weit abstehender Verwandtschaft der Stammeltern treten Störungen bei der Bildung der Geschlechtszellen auf, wie das bei den unfruchtbaren Bastarden beobachtet worden ist.

Discussion: Herr Dr. *R. Stüger*.

---

## VI

### Zoologische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Zoologischen  
Gesellschaft

Sitzung : Dienstag, den 10. September 1912

*Einführender* : Herr Dr. J. Aschwanden, Erstfeld.

*Präsident* : » Prof. M. Musy, Fribourg.

*Sekretär* : » Prof. Dr. J. Bloch, Solothurn.

---

1. M. le Dr. Arnold PICRET (Genève): *Le vol des insectes autour des lampes.*

On connaît l'influence qu'exerce la lumière sur les animaux; les uns la recherchent (diurnes; insectes autour des lampes), les autres la fuient (nocturnes; crustacés de la faune qui nage entre deux eaux). Beaucoup d'espèces restent indifférentes aux rayons lumineux. L'attraction qu'exerce la lumière est parfois assez forte pour désorienter complètement l'animal (Renards et phares d'automobiles en marche; expériences de Lubbock avec des Abeilles et des Mouches). Aussi, certains naturalistes ont-ils voulu voir, dans ce phénomène, des cas de *tropisme*, c'est-à-dire une influence mécanique de la lumière sur les animaux absolument indépendante de leur volonté. La théorie des tropismes a été suffisamment mise en avant, ces dernières années, pour qu'il soit nécessaire d'en indiquer, ici, le principe.

Des expériences que j'ai pratiquées depuis trois ans avec des Papillons montrent au contraire que, dans leur vol vers la lumière, ces animaux agissent volontairement, suivant leur *caprice*, si je puis m'exprimer ainsi, ou leur instinct, et qu'aucune

attraction mécanique ne motive leur vol. Ces expériences sont au nombre de 171 avec 22 espèces. Il serait superflu de les relater dans leur ensemble. Elles montrent tout d'abord que la méthode employée par les Lépidoptères nocturnes pour se rendre à la lumière varie dans une large mesure, non seulement suivant les espèces considérées, mais aussi suivant les *individus* d'une même espèce. Aussi nous bornerons-nous, pour le moment, à la seule indication de ceux des résultats qui se sont vérifiés pour un certain nombre d'individus de plusieurs espèces.

Un premier résultat, et celui-ci est le seul qui se soit vérifié d'une façon absolument générale, est que chaque Papillon expérimenté, à quelle espèce qu'il appartienne et quel que soit le mode employé pour se rendre à la lumière, finit toujours par quitter celle-ci au bout d'un instant pour aller se cacher dans quelque recoin obscur. En agissant de cette façon, l'Insecte montre déjà suffisamment qu'il aurait tout au moins la faculté d'échapper à l'attraction mécanique du tropisme, si c'était une pareille attraction qui eut motivé son vol vers la lumière.

*Série I.* Le Papillon est lâché en face et à trois mètres de distance d'un foyer lumineux (lampe de 10 bougies munie d'un réflecteur ou phare à acétylène de motocyclette) dont les rayons convergent horizontalement. Il se dirige, lentement, en une ligne droite et horizontale, directement vers le foyer et, au moment de l'atteindre, à environ 40 centimètres de celui-ci, il prend brusquement une direction verticale et va droit au plafond. (Expérience vérifiée 32 fois avec 15 individus appartenant à 12 espèces).

Il semble, à première vue, que ces expériences militent en faveur de la théorie des tropismes. En effet, il faut, au système musculaire des ailes du Papillon pour être influencé par les rayons lumineux, un certain temps; c'est celui pendant lequel l'animal vole horizontalement; à 40 centimètres du foyer, l'action mécanique se ferait alors sentir et obligerait l'Insecte à décrire un angle droit qui, avec la force acquise, le conduirait au plafond. Mais, dans ce mouvement, les *deux côtés* du Papillon (puisque celui-ci se présente de face à la lumière) sont également éclairés; il ne saurait donc y avoir d'inégalité d'action

de la part des rayons lumineux. Si l'on admettait d'autre part qu'il y eut production d'une sorte de paralysie musculaire, le Papillon tomberait sur le sol, au lieu de monter au plafond. Or, cette chute ne s'est présentée que dans un seul cas.

D'autre part, les trois modes suivants infirment encore la théorie en question. 1. Lorsque le Papillon a terminé son vol horizontal, il revient sur lui-même en suivant le même chemin parcouru, avant de se diriger au plafond (3 individus appartenant à 3 espèces). 2. L'animal franchit la distance qui le sépare du point de départ au foyer lumineux en une ligne horizontale, comme précédemment; mais son vol est entrecoupé de quatre ou cinq arrêts d'hésitation où il effectue de petits vols planés au-dessus et au-dessous de la ligne directe. (Expériences vérifiées 13 fois, avec 7 individus appartenant à 4 espèces.) 3. Le Papillon monte au plafond trois ou quatre fois successivement avant de se rendre à la lumière. (Expériences avec 3 individus d'une espèce.)

Nous signalerons encore, comme infirmant la théorie des tropismes, le grand nombre de Papillons qui, lâchés en face d'un centre lumineux, vont immédiatement se cacher à l'ombre, fuyant ainsi manifestement la lumière. Or ceux qui agissent de cette façon se rapportent aux mêmes espèces que celles qui ont pris part aux expériences précédentes. (Expériences vérifiées 15 fois avec 8 individus appartenant à 5 espèces.)

*Série II.* Le Papillon est lâché *au-dessous* d'une lampe de dix bougies munie d'un réflecteur et suspendue au plafond. Il monte directement à la lumière en traçant un vol spiralé. (Expériences vérifiées 22 fois avec 14 individus appartenant à 11 espèces.)

Ici encore, nous ferons remarquer que, dans son vol, les deux côtés du Papillon sont également éclairés et qu'il ne saurait être question d'une action de la lumière plus forte sur un côté que sur l'autre.

*Série III.* Nous avons aussi institué un certain nombre d'expériences avec *deux foyers lumineux* d'égale puissance, placés à 1 m. 50 l'un de l'autre. Il est évident que si le vol vers la lumière est le résultat d'un tropisme, l'Insecte, placé en face

et à égale distance des deux foyers, se trouvera orienté directement entre eux deux. Or ce cas ne s'est vérifié que trois fois (3 individus appartenant à 2 espèces). Tandis qu'au contraire les cas où l'animal se dirige vers l'un des foyers sans s'inquiéter de l'autre, sont beaucoup plus fréquents (25 fois avec 7 individus appartenant à 3 espèces). Il arrive aussi que l'animal, après avoir volé autour de l'un des foyers pendant un instant, se dirige vers l'autre, autour duquel il vole pour revenir au premier. (10 fois avec 8 individus appartenant à 4 espèces.)

Lorsqu'un des foyers est plus lumineux que l'autre, trois fois le Papillon s'est dirigé en premier lieu vers le plus intense et trois fois vers le moins lumineux. Enfin, en présence de trois lampes d'égale force, l'animal se comporte de la même façon que lorsqu'il n'y en a que deux.

Nous avons encore effectué des expériences avec des Papillons de jour (Rhopalocères). Contrairement à ce que l'on a écrit, ceux-ci volent parfaitement vers la lumière lorsqu'ils sont mis en sa présence. Leur vol, dans ces conditions, semble être motivé par un *caprice* ou un instinct analogues à celui des Hétérocères.

2. M. le Prof. H. BLANC présente deux exemplaires de la petite Lamproie (*Petromyzon Planeri*) provenant d'un lot d'une vingtaine d'individus de cette espèce pêchés dans le ruisseau le Mouzon près St-Blaise et auxquels il manquait des orifices branchiaux externes; à l'un, les troisième et quatrième du côté gauche, à l'autre, les cinquième et sixième du côté droit. Disséqués, ces deux sujets intéressants présentaient un squelette branchial absolument normal dans tout son ensemble, mais les sacs branchiaux correspondant aux orifices absents étaient atrophiés, soit plus petits que les sacs normaux situés en avant et en arrière d'eux.

Ces malformations n'ayant pu se produire chez l'adulte ne s'expliquent que par un arrêt du développement des sacs qui sont restés réduits de bonne heure durant le cours de leur croissance.

Comme chez les jeunes larves de Lamproies, l'éctoderme ne s'invagine pas comme il le fait généralement pour aller au-devant des évaginations endodermiques du segment antérieur de l'intestin qui doivent aboutir plus tard aux sept paires de sacs branchiaux; qu'il est bien établi que les évaginations endodermiques ne communiquent avec l'extérieur, à la surface de l'éctoderme larvaire, que lorsqu'elles arrivent en contact avec ce dernier, on peut supposer que les sacs branchiaux arrêtés dans leur croissance et n'ayant pas touché l'éctoderme, ce dernier ne s'est pas ouvert; telle est la seule explication plausible qui puisse être donnée des deux anomalies présentées.

Mais quelle est la cause de l'atrophie de ces sacs? L'étude comparée de coupes pratiquées à travers les parois des sacs réduits et normaux permettra de décider si elle est due peut-être à une réduction de parties essentielles de ceux-ci, soit des plis branchiaux internes, des vaisseaux leur appartenant ou encore des oscules internes qui assurent la communication des sacs avec l'aqueduc sous-œsophagien.

3. M. le Prof. H. BLANC communique les premiers résultats d'une étude qu'un de ses étudiants, M. W. Roszkowski, a entreprise sur les *Limnées de la région profonde du lac Léman*.

Le Prof. F.-A. Forel découvrit ces mollusques en 1869 et il en confia alors la détermination aux spécialistes Clessin et Brot qui, se basant uniquement sur les caractères extérieurs de la coquille, les déterminèrent en faisant trois espèces: *Lymnæa profunda*, Clessin, dérivant de la *Ly. stagnalis*, L., la *Lymnæa abyssicola*, Brot, de la *L. palustris*, Müll, et la *L. Forelii*, Clessin, de la *L. auriculæria*, L.

Si, malgré leur variabilité, les caractères externes présentés par la coquille permettent de distinguer les trois espèces littorales *L. stagnalis*, *palustris* et *auriculæria*, il n'en est pas de même pour la *L. ovata* qui est aussi une forme littorale du lac Léman dont la coquille ressemble souvent à la *L. auriculæria*, ce qui fait que certains conchyologistes considèrent ces deux espèces comme n'en étant qu'une seule, étant données les nombreuses formes intermédiaires qui existent entre elles. Mais

lorsqu'on s'adresse à l'anatomie de l'appareil sexuel hermaphrodite, on constate que la *L. ovata* a un réceptacle séminal pyriforme qui débouche directement dans le vagin, alors que celui de la *L. auricularia* communique avec cet organe par un long canal, comme c'est le cas du réceptacle séminal des *L. stagnalis* et *palustris*. Ces différences étant connues, *Lymnaea ovata* et *auricularia* sont donc de bonnes espèces malgré les variations présentées par leurs caractères extérieurs qui permettraient de les confondre.

Or, poussant plus loin ses investigations, M. Roszkowski démontre que le réceptacle séminal de la *L. profunda* et de la *L. Forelii* est sans canal pareil à celui de la *L. ovata*; ces Lymnées sont donc apparentées à cette dernière espèce plutôt qu'à la *L. stagnalis*, comme le supposaient Brot et Clessin. Le réceptacle séminal de la *L. abyssicola* ressemblant à celui de la *L. palustris* avec un canal bien distinct, la parenté entre ces deux espèces est par là démontrée. Tenant compte à la fois de ces caractères essentiels, toujours fixes tirés de l'anatomie comparée des appareils génitaux et de la répartition des Limnées dans les fonds variant de 10 à 280 mètres, M. Roszkowski réunit, jusqu'à plus ample informé, la *L. profunda*, Clessin, et la *L. Forelii*, Clessin, sous le nom de *L. ovata*, Drap. var. *profunda*, Clessin, et il désigne l'espèce *L. abyssicola*, Brot, comme *L. palustris*, Müll, var. *abyssicola*, Brot.

Tels sont les premiers résultats intéressants pour la systématique des Limnées du fond du Léman, dont l'auteur étudie aussi l'anatomie, le développement et la biologie.

#### 4. Herr Dr. GANDOLFI-HORNYOLD. *Ueber die Nahrungsaufnahme der Spatangiden.*

Die Nahrungsaufnahme geschieht *nicht passiv*, wie man dies in den meisten Lehrbüchern findet, indem die Tiere bei ihrer Fortbewegung im Sande die Unterlippe wie einen Pflug gebrauchen und auf diese Weise der Sand beim Gehen gleichzeitig in den Mund eingeschaufelt wird, sondern aktiv durch die Mundfüßchen mit Hilfe der Ober- und Unterlippenstacheln. Die Mundfüßchen besitzen Drüsen um die Sandkörner besser

anzuheften, auch dienen sie als Tastorgane, um die am reichsten mit Organismen besetzten Sandkörner auszuwählen.

5. Herr Prof. Dr. J. NÜESCH (Schaffhausen): *Die Nagetierschichten am Schweizersbild und Richtigstellung der Angriffe gegen das letztere* (siehe Seite 241).

6. Herr Prof. P. MORAND, (Altdorf): *Beitrag zur Biologie des Schneehuhns*.

Am 23. Juni d. J. fand einer meiner Schüler im Gitschental ob Seedorf (Uri), 90 m. höher als die drei Hütten der Tischleren (1620 m. über Meer), acht Schneehuhneier, von denen eines zur Untersuchung mitgenommen wurde. Ich öffnete dasselbe und fand, dass der Embryo am 17. Tage seiner Entwicklung stand. Das Alpenschneehuhn (*Tetrao lagopus*, auch *Lagopus mutus*) brütet 21 Tage. Da ich am Donnerstag den 27. Juni eben frei war, also am Tage wo die sieben Jungen ausschlüpfen sollten, ging ich ins Gitschental, wo ich nach längerem Suchen wieder das Nest fand. Das Huhn war darauf, tat aber kein Lebenszeichen. Ich führte die Hand sachte gegen den sitzenden Vogel und — husch «krögrögröögrö» — die Henne war weg, und die kleinen, blitzschnell laufend, ihr «pip-pip-pip» hören lassend, suchten unter den Alpenrosen eine gute Zufluchtstätte. Weil das Flaumkleid sehr bunt ist, passt es sich täuschend der Umgebung an, so dass ich sie erst nach langem Suchen fangen konnte. Sie waren kaum einige Stunden alt, pipten jämmerlich und suchten immer wieder sich zu verkriechen. Doch alles half nichts, sie mussten mit ins Tal.

Tschudi schreibt in seinem «Tierleben der Alpenwelt»: «Die Schneehühner werden noch lange eine Zierde des Hochgebirges bleiben, wo sie aus Scheu vor *Sonnenwärme* und *Licht* sich am liebsten auf der *Nordseite* zwischen Felsenstücken und Alpenrosenbüschen aufhalten». Ich teile diese Ansicht nur teilweise; denn, wie ein erfahrener Jäger mir versicherte, hatte er auf der *Sonnenseite* immer mehr brütende und junge Schneehühner getroffen als auf der Nordseite, so z. B. auf der Südseite der Giebelstöcke, des Brunnistockes, am Nussfruttli und

Angistock, auch ob der Windgällenhütte. Die jungen sind auf alle Fälle sehr empfindlich gegen Kälte und Feuchtigkeit. Das Käfig polsterte ich mit Wolle aus und jede Nacht musste ich sie mit erwärmtem Wollzeug bedecken. Sie pipten dann noch einige Zeit, dann gab es Ruhe bis am Morgen. Die Morgen- und Abendfrische war ihnen am gefürchtetsten, da suchten sie immer nach Wärme, den Sonnenstrahlen liefen sie buchstäblich nach. Mechanisch erzeugte Wärme verabscheuten sie (erwärmte Steine, Bettflaschen). Licht und Wärme der Sonne war ihr Element. Leider waren jene Tage regnerisch; die Küchlein litten während des Tages sehr unter Kälte und Feuchtigkeit, so dass dann drei einer Darmkrankheit erlagen.

In Bezug auf die *Nahrung* verlangen die Tiere bei weitem keine so sorgfältige Pflege, wie Brehm in seinem « Tierleben » glaubt. Die Meinen frassen gleich am zweiten Tage zerkleinerte Eier, später Salat, Reis, Fliegen, Spinnen und kleine Würmer. Preisel- und Heidelbeeren frassen sie nicht. Auch im Magen der alten findet man höchst selten Beeren, selbst im September nicht. Sie fressen meistens Blatt- und Blütenknospen der Preisel- und Heidelbeerstaude, der Alpenrose, Steinbrech und Gräser. — Wasser tranken die jungen gerne und oft.

Die alten Schneehühner sind *gesellige Tiere*. Die Mutter lebt mit den jungen und wenn die letzteren erwachsen sind, gesellt sich auch der Vater zu ihnen. So bleiben sie den ganzen Winter beisammen und vereinigen sich auch mit andern Familien. Schon Ende September trifft man häufig z. B. auf den Surenen 30 bis 40 Stück zusammen. Bei Nebelwetter weiden sie den ganzen Tag nach Hühnerart und « verhächeln » den Boden. Wenn es ruhig schneit, so lassen sie sich gerne einschneien, indem sie ganz ruhig am Boden sitzen und warten. Es entsteht dann eine vom Jäger « Schneehügel » genannte Erhebung. Darunter bleiben sie oft ein bis zwei Tage. Bei ungestüm einfallender Witterung hingegen suchen sie Schutz unter Felsvorsprüngen, Felsblöcken und niedrigem Gestrüppe. Beim Herannahen des Föhns und während desselben zeigt das Schneehuhn eine auffallende Unruhe, fieberhafte Erregung und ein anhaltendes monotones « grö-grö »-Rufen. Der seiner Spur folgende

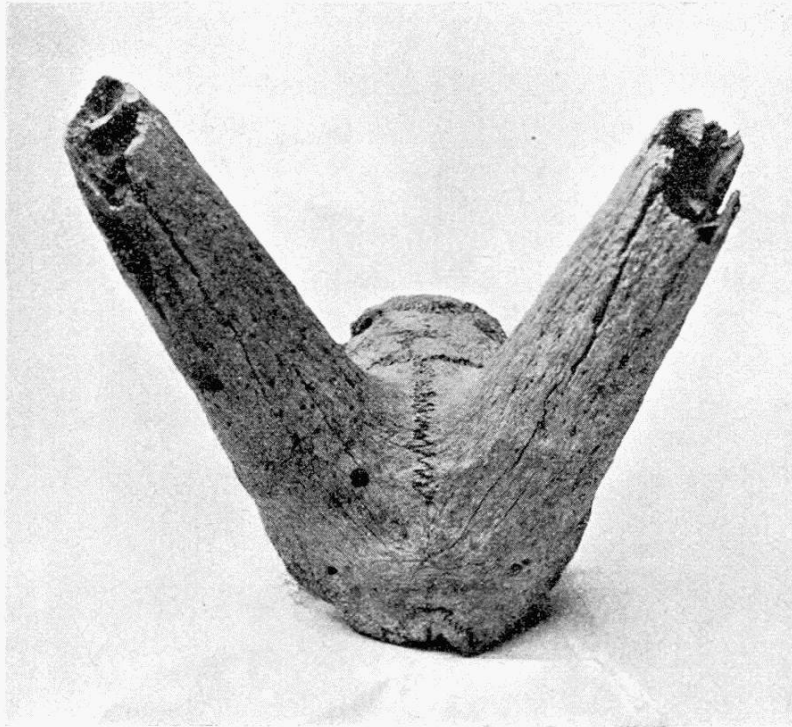
Jäger steht dann von weiterer Verfolgung ab, denn er kennt diese Zeichen und weiss aus Erfahrung dass ihn das Huhn nicht auf Schussnähe kommen lässt, wenn es, wie er zu sagen pflegt, « den Föhn im Leibe hat ».

Die Jungen waren vom zweiten Tage an zahm und zwar so, dass sie nicht allein sein wollten. Sobald man sie verliess begann ein fortgesetztes monotones Pipen bis man wieder zu ihnen kam. Bei trübem Wetter waren sie ruhig; bei schönem sehr lebhaft, liefen schnell, gern gegen glänzende Gegenstände, die sie längere Zeit anpickten. Bemerkenswert muss noch werden, dass das langsame Gehen für sie beschwerlich war, indem die hintere Zehe (der Daumen) beim Schritt immer an den grossen Mittelfussknochen des andern Fusses anschlug, während beim Laufen das nicht der Fall war. Vor grössern Tieren: Katzen, Hunden, Rindvieh, hatten sie Furcht und suchten sich zu verstecken; ebenfalls wenn sie einen Flintenschuss oder das Schreien eines Tieres hörten; hingegen blieben sie vollständig ruhig, wenn das Signal der nahen Dampflokomotive oder des Automobils ertönte.

Leider war es mir nicht möglich das Leben und Treiben dieser Tierchen länger zu betrachten. Am Abend ihres dreizehnten Lebensstages sind sie durch mein Verschulden erstickt.

7. Herr Dr. Paul SARASIN (Basel) zeigte den fragmentarisch erhaltenen Schädel eines Steinbockes vor, welcher unlängst von Herrn Parkwächter Langen im Gebiete des Schweizerischen Nationalparkes aufgefunden worden ist. Er lag auf einem Grasband am Südabhang des Piz d'Esen in der Höhe von ca. 2800 m. Nach der nicht sehr weit vorgeschrittenen Verwitterung zu schliessen, dürfte das Stück, welches der Mächtigkeit der knöchernen Hornansätze nach einem recht kräftigen Thiere angehört hat, etwas über 200 Jahre alt sein und bildet somit, wie das vor einiger Zeit im Val Ftur aufgefundene, einen Beleg für das Vorkommen des Steinbocks im Gebiete der Reservation in verhältnismässig geringer historischer Vergangenheit. Da nun also speziell das Gebiet des Schweiz. Nationalparkes einen Teil der ursprünglichen Heimat dieses Thieres ausmacht,

worin dasselbe sich wohlgeföhlt hat, so erscheint es um so mehr gerechtfertigt, den geplanten Versuch einer Neubesiedelung des



Steinbockschädel aus dem Schweizerischen Nationalpark  $\frac{1}{4}$

Parkes durch Steinwild ins Werk zu setzen, in der Hoffnung, dass es gelingen möge, aus dem im Besitz des Königs von Italien befindlichen Steinwildparke des Monte Paradiso in den Graischen Alpen das nötige Besiedelungsmaterial abgestanden zu erhalten.

8. Herr H. FISCHER-SIGWART: *Zwei Mönchsgeier (Vultus monachus L.) und ein grauer oder Gänsegeier (Gyps fulvus L.) in der Schweiz erlegt im Jahr 1912.*

Am 15. Juni 1912 kam in der *Schweizerischen Volkszeitung* eine Notiz folgenden Inhalts: « Auf dem Weidland im Nessen-tal, Berner Oberland, wurde am 24. Mai, nahe bei einem Gebäude, von Herrn J. Jaggi, ein männlicher Kuttengeier oder Mönchsgeier geschossen, mit einer Flügelweite von 2,6 Meter. Der Vogel wird im zoologischen Präparatorium von Herrn Franz Schönmann in Thalwil ausgestopft ».

Auf meine Anfrage bei letzterm erhielt ich unterm 23. Juni folgende Antwort: «Fraglicher Kuttengeier ist am 24. Mai bei Nesselal gegen Fends geschossen worden, von einem Herrn J. Jaggi. Es ist unzweifelhaft ein Kuttengeiermännchen, im Gefieder nicht übel, nur bei Flügel und Stoss etwas zerschlossen, so dass mir derselbe den Eindruck machte, aus einer Gefangenschaft zu sein. Es müsste danach geforscht werden.....»

« Sig. Franz Schönmann, jun., Präparator ».

Nun erschien Anfangs Juli in verschiedenen Zeitungen wieder eine Notiz folgenden Inhalts: «Die beiden Jäger Joh. Jaggi, Bergführer, und Hans Immer, Hotelier zur Engstelenalp an der Frutt, entdeckten auf den Alpen von Nesselal, Gemeinde Gadmen, Berner Oberland, einen mächtigen Mönchsgeier, der sich bis in die Nähe eines Alpstalles gewagt hatte, wo ihn die sichere Kugel Jaggis erreichte».

Es folgten dann einige Notizen über die Heimat dieses Vogels u. s. w. Dann hiess es weiter:

«Der gesammte Mageninhalt bestand in ein Paar Haarborsten. Gegenwärtig befindet sich das Tier in dem Präparatorium von Herrn M. Odermatt in Stans. Diese ornithologische Sehenswürdigkeit wird laut *Vaterland* in kurzem in die Privatsammlung von Herrn Immer, Hotel Engstelenalp, übergehen.....»

Da in beiden Artikeln der gleiche Jäger als Erleger des Geiers angegeben war, aber als Präparatoren in einem Artikel Herr Franz Schönmann in Thalwil, im andern Herr M. Odermatt in Stans, so kam mir die Sache merkwürdig vor und ich schrieb auch an letztern Präparator und erhielt von ihm folgende Antwort, am 18. Juli: «Der Mönchsgeier, der bei mir in Arbeit ist, wurde am 24. Mai geschossen und mir frisch zugeschickt. Das Gefieder ist unversehrt, er kann also nicht aus der Gefangenschaft entfliegen sein. Später soll auch noch ein zweiter erlegt worden sein, der eben bei Herrn Schönmann sein wird, etc. etc.»

« Sig. M. Odermatt-Langenstein. »

Nun besuchte ich die beiden Präparatoren, am 25. und 27. Juli, und konstatierte, dass wirklich bei jedem derselben ein Kuttengeier beinahe fertig präpariert vorhanden war, bei Herrn Schönmann in Thalwil ein Männchen im Jugendkleid mit dunkelbraunem Gefieder, bei Herrn Odermatt aber ein viel grösseres Exemplar im helleren Alterskleid, das ich wegen seiner Grösse für ein sehr altes Weibchen hielt. Der Präparator versicherte mir aber, dass es ein Männchen sei.

Bei Herrn Schönmann vernahm ich, er habe den Vogel am Pflingsttage, also am 26. Mai erhalten, im Fleische, von Herrn Streich, Mineralienhändler in Nessental. Er stehe mit Herrn G. Schneider in Basel wegen Verkaufs in Unterhandlung. Der Verkauf kam dann wirklich zu Stande und der Kuttengeier kam schliesslich ins Museum von Neuenburg.

Herr Odermatt sagte mir, der bei ihm befindliche Geier sei nun Eigenthum des Herrn Immer, Gastwirth in Meiringen. Es ist dies der Bruder des Gastwirths auf der Engstelenalp. Er habe den Vogel am 25. Mai erhalten. Herr Immer habe ihm schon Vorwürfe gemacht, weil er die Sache in die Zeitungen gebracht habe. Es scheine ihm da etwas Unklares dabei. — Da ich nichts anderes wünschte, als genau zu wissen, wo die Kuttengeier geschossen worden seien, indem ich seit vielen Jahren naturwissenschaftliche Tagebücher führe, so schrieb ich an Herrn Immer, zum Bären in Meiringen, er möchte mir im Interesse der Wissenschaft nähere Auskunft geben, wo dieser Kuttengeier (oder beide) erlegt worden sei und möchte dafür sorgen dass er in ein Museum mit vaterländischen Sammlungen komme. Es war mir darum zu thun, zu erfahren, wo der Geier schliesslich hinkomme. Von Herrn Immer erhielt ich auf mein Schreiben am 2. August eine Karte folgenden Inhalts:

«Ihr werthes Schreiben vom 28. Juli ist in meinem Besitze. Leider muss ich Ihnen mittheilen, dass ich Ihnen über Ihre Anfragen keine Auskunft ertheilen kann.

Hochachtungsvoll,

sig. per *A. Immer*, H. Goeggel ».

Seither vernahm ich, dass dieser Kuttengeier nun definitiv im Besitze von Herrn Immer, Hotelier in Meiringen, sei, und dass von Bern aus eine amtliche Untersuchung stattgefunden habe. —

Nun erschien in den Zeitungen, im Juli, wieder eine Nachricht, dass bei Schuls in Graubünden ein Gänsegeier (*Gyps fulvus* L.) erlegt worden sei. Um auch über dieses Ereignis nähere Angaben für mein Tagebuch zu erhalten, schrieb ich sofort an Herrn E. Zollikofer, Präparator in St. Gallen, der mir unterm 25. Juli Folgendes schrieb:

«Ohnehin gegenwärtig arg mit Schreibereien überladen, erlaube mir, auf Ihre Anfrage hin der Einfachheit wegen gleich die gesammte Korrespondenz bezüglich des *Gyps fulvus* zur Einsicht zu übersenden, woraus Sie ersehen, dass ich denselben zweifellos (seinem Zustande gemäss) für ein «nicht verflogenes Freiheits- sondern einfach für ein entflorenes Gefangenschafts-Exemplar» halte. Das gleiche wird wohl auch für die zwei erlegten Kuttengeier zutreffen. Es erscheint sogar sehr wahrscheinlich, dass alle drei Stück im Zusammenhang sind, das heisst absichtlich oder unfreiwillig am gleichen Ort die Freiheit erlangt haben. Hinzuzufügen habe ich bloss, dass es sich um ein mittleres Männchen handelt und der Schlussakt sich in der Nähe von Schuls befindet».

Aus der Korrespondenz ergab sich, dass dieser Gänsegeier am 24. Juni bei Herrn Zollikofer anlangte und nach vielem Briefwechsel vom Rhätischen Museum angekauft wurde. Er wird nun von Herrn Zollikofer präpariert, der alle Gewähr dafür bietet, dass trotz des schlechten Zustandes des Geiers, ein schönes Schaustück daraus hergestellt wird.

Es schwebt also über die ursprüngliche Herkunft dieser drei Geier noch ein Zustand der Ungewissheit, ein geheimnisvolles Dunkel. Es wäre zu erforschen, ob sie aus ihrem Heimatlande durch Stürme zu uns verschlagen worden oder irgendwo aus der Gefangenschaft entfloren sind. Nachforschungen in der

Schweiz haben keinen Aufschluss in letzterer Beziehung ergeben. Trotzdem es nahe liegt, dass die beiden Kuttengeier doch durch Sturm verschlagene Exemplare sein könnten, sollen diese Nachforschungen auch im Auslande noch fortgesetzt werden. Je nach dem Resultate derselben kann dann mit einiger Sicherheit festgestellt werden, welchen Umständen dies merkwürdige Zusammentreffen zu verdanken ist, dass binnen so kurzer Zeit von wenigen Wochen in unserem Lande drei fremde Geier aufgetreten sind.

Zofingen, den 6. September 1912.

---

# Die Nagetierschichten am Schweizersbild. Eine Richtigstellung der Angriffe auf das Letztere

VON

Dr. Jakob NÜESCH in Schaffhausen.

Vortrag, gehalten in der Zoologischen Sektion den 10<sup>ten</sup> September 1912  
in Altdorf.

Die prähistorische Niederlassung am Schweizersbildfelsen wurde den 13. Oktober 1891 von mir entdeckt und in den Jahren 1891-1894 auf eigene Kosten ausgegraben. Die Resultate der Ausgrabungen sind im 35. Bande der Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, I. Aufl. 1896, II. vermehrte und verbesserte Aufl. 1902 niedergelegt. Eine Extra-Subvention des Bundesrates ermöglichte der Denkschriftenkommission die Herausgabe des Werkes; es enthält die I. Auflage ausser dem Berichte über die Entdeckung der Niederlassung, über die Schichten und ihre Einschlüsse noch lo wissenschaftliche Beiträge von den Fachgelehrten Dr. A. Bächtold in Schaffhausen, Prof. Dr. J. Früh in Zürich, Dr. A. Gutzwiller in Basel, Medizinalrat Dr. A. Hedinger in Stuttgart, Prof. Dr. J. Kollmann in Basel, Prof. J. Meister in Schaffhausen, Prof. Dr. A. Nehring in Berlin, Prof. Dr. A. Penck in Wien, Prof. Dr. O. Schötensack in Heidelberg, Prof. Dr. Th. Studer in Bern, die II. Auflage noch 3 weitere Beiträge über Funde in der Niederlassung von Dr. Victor Fatio in Genf, Prof. Dr. O. Schötensack in Heidelberg und Prof. Dr. M. Schlosser in München.

Bei den Ausgrabungen des Schweizersbildes konnten 6 übereinanderliegende Schichten der Niederlassung nachgewiesen werden, welche durch ihre kulturgeschichtlichen und faunistischen Einschlüsse von einander verschieden waren. Die von 117 Spezies herrührenden Ueberreste von Tieren ermöglichten es Studer in Bern und Nehring in Berlin, die Aufeinanderfolge

einer Tundra-, Steppen-, Wald- und Haustierfauna nachzuweisen. Nehring<sup>1</sup> hatte eine solche Aufeinanderfolge der Tierwelten in der postglazialen Zeit aus verschiedenen Einzelfunden früher schon vermutet, aber in der zoologischen Welt wenig Anklang damit gefunden. Das Schweizersbild brachte den untrüglichen Beweis für seine Ansichten. Ganz besonderes Interesse erregten die beiden Nagetierschichten am Schweizersbild, die untere und die obere. Die untere Nagetierschichte fand sich in der auf dem Bachschotter liegenden 50 cm mächtigen unteren Breccienschicht, die obere in der oberen Breccienschicht, welche die gelbe Kulturschicht von der grauen, die Magdalenienzeit von der Neolithik, trennt.

Aus dem Vorkommen der kleinen und kleinsten Säugetier-Arten lassen sich nämlich im allgemeinen weit zuverlässigere Rückschlüsse auf das Klima und die Vegetation machen, als aus dem der grossen Säugetier-Arten. Seit den Ausgrabungen am Schweizersbild wird den Nagetierresten eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt, als es früher der Fall war. Es sind Nagetierschichten seither von M. Schlosser in München in fränkischen Höhlen, von Boule, Verneau und Villeneuve in der Prinzenrotte am ligurischen Golf, von R.-R. Schmidt in schwäbischen Höhlen, besonders im Sirgenstein, von Bayer in Wien in niederösterreichischen Niederlassungen und in jüngster Zeit von Rutot in zahlreichen belgischen Höhlen gefunden worden. Rutot sagt in seiner Note sur l'existence des Couches à Rongeurs arctiques dans les cavernes de Belgique, Bruxelles 1910 : « Le parallélisme du niveau belge avec le niveau supérieur à Rongeurs du Schweizersbild et quelques cavernes du Wurtemberg est donc bien établi » und am Schlusse seiner Untersuchungen : « Voilà donc un résultat bien net pour la Belgique, et si maintenant nous comparons ce résultat à celui tiré de l'étude des cavernes de Suisse et du Wurtemberg, nous voyons que tous deux concordent de la manière la plus satisfaisante. En somme, les conclusions qui découlent de l'étude des couches à faune arctique des cavernes de Belgique viennent

<sup>1</sup> Nehring, Tundren- & Steppen zur Eiszeit, Seite 177, 1890.

confirmer purement et simplement celles tirées de l'exploration méthodique du Schweizersbild et des cavernes de Sirgenstein, de Wildscheuer et d'Ofnet ».

Die Einreihung der Nagetierschichten in die geologische Chronologie der Eiszeiten verursacht gegenwärtig heftige Fehden zwischen Bayer in Wien und Schmidt in Tübingen. Bayer versetzt die obere Nagetierschicht der österreichischen Stationen an das Ende der letzten Vergletscherung und die untere Nagetierschicht an den Schluss der vorletzten Eiszeit. Schmidt dagegen reiht die obere Nagetierschicht vom Sirgenstein ein in das Bühlstadium und die untere in die letzte Eiszeit und zwar vor das Solutréen und noch vor das Aurignacien; die beiden Nagetierschichten am Schweizersbild hält er für Magdalenieneiszeitlich und verlegt sie in das Bühlstadium. Berücksichtigt man, dass die untere Nagetierschicht in einer 50 cm mächtigen Verwitterungsschicht des Schweizersbildfeldens unter der eigentlichen Renntierschicht daselbst sich befindet und dass zur Zeit der Bildung der unteren Breccien-schicht der Mensch sich nur ganz selten an dem Schweizersbild aufhielt, — es finden sich nur in den oberen Lagen der unteren Breccien-schicht Anzeichen dafür —, dass ferner diese Verwitterungszone in die Zeit der Besiedelung des Kesslerloches fallen muss, welches in die Achenschwankung nach Penck zu versetzen ist, so muss auch die untere Nagetierschicht am Schweizersbild in die gleiche Zeit, in die Achenschwankung, versetzt werden.

Sollten, wie Schmidt meint, beide Nagetierschichten am Schweizersbild wirklich Magdalenieneiszeitlich sein, so ändert das nichts an der Tatsache, dass zwei Nagetierhorizonte, welche mindestens 60-80 cm auseinander liegen, am Schweizersbild vorhanden waren und dass diese äusserst kleinen Nager nur durch die peinlichste Sorgfalt und Umsicht, wie sie Schmidt und Bayer bei ihren Untersuchungen anwenden mussten, schon 20 Jahre früher bei den Ausgrabungen am Schweizersbild durchgeführt wurden.

Es muss auf diese Tatsache umsomehr hingewiesen werden, als in den drei ersten Berichten der Schweizerischen Gesellschaft

für Urgeschichte versucht worden ist, die Grabungen am Schweizersbild und die Ergebnisse derselben zu diskreditieren. Es wurde dort kühn behauptet, « man habe sich immer mehr und mehr in der wissenschaftlichen Welt davon überzeugt, dass das Schweizersbild nicht zu den gut ausgegrabenen Fundstellen gehöre ». Diese Behauptung entspricht dem gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft nicht ; sie steht in direktem Widerspruch mit den Ergebnissen derselben. Die am Schweizersbild zu Tage geförderten Resultate sind durch neuere und neueste Grabungen bestätigt und ergänzt worden. Die am Schweizersbilde zum ersten Male aufgefundenen Pygmäen der neolithischen Zeit sind seither in Deutschland, Frankreich, Italien und anderwärts auch aufgefunden worden. In gleicher Weise verhält es sich mit der ganzen Aufeinanderfolge der am Schweizersbild von Studer und Nehring nachgewiesenen Tierwelten, der Tundra-, Steppen-, Wald- und Haustierfauna in der postglacialen Zeit. Selbstverständlich war dieser Nachweis nur dadurch ermöglicht, dass die paläontologischen Funde, ebenso wie alle andern, nach der Tiefe getrennt gehalten und nach den Schichten geordnet, den Spezialforschern zugestellt wurden. Diese Folge von Tierwelten in der postglacialen Zeit ist anderwärts ebenfalls aufgefunden worden. Selbst Botaniker sind in ihren Untersuchungen über die Umbildung der Glacialfelder in Sumpf-, Moor-, Steppfelder und Wälder zu ähnlichen Resultaten für die Zeit nach der letzten grossen Vergletscherung der Alpen gelangt. Ebenso sind die Berechnungen über die annähernde Zeitdauer der ganzen Niederlassung und der einzelnen Ablagerungen am Schweizersbild von einer Reihe von Geologen, sowie von schwedischen und dänischen Archäologen, die das Alter der dortigen prähistorischen Stationen, sowie dasjenige von Torf- und Moorablagerungen bestimmten, im grossen und ganzen gleichfalls bestätigt worden. Prof. Dr. A. Penck nimmt als Grundlage seiner Berechnungen über das Alter des Menschengeschlechtes die approximativen Zahlenwerte vom Schweizersbild an.

Die Ansicht, welche der hohe Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft in seiner Botschaft vom 10. April 1894 an die

Eidg. Räte betreffend die Erwerbung der ersten Auswahl der Schweizersbildfunde für das Landesmuseum in Zürich ausdrückte, dahingehend, dass die Funde am Schweizersbild noch bedeutungsvoller werden durch die Anregungen und wissenschaftliche Beleuchtung der Fundtypen, hat sich allseitig bestätigt, namentlich wenn noch erwähnt wird, dass die Frage über die Bedeutung und Stellung der Pygmäen im anthropologischen System, welche in den letzten Jahren und jetzt noch die wissenschaftliche Welt wie kaum eine andere so lebhaft beschäftigt, von Prof. Dr. Kollmanns Entdeckung der neolithischen Pygmäen am Schweizersbilde ausgegangen ist. Es sei hier nur an die grosse Kontroverse zwischen Kollmann in Basel und Prof. Dr. Schwalbe in Strassburg und ihren Anhängern erinnert. Bereits haben denn auch schon Gelehrte des Auslandes zu den erwähnten Verdächtigungen der Ausgrabungen des Schweizersbildes Stellung genommen. Prof. A. Penck hat in der Sitzung der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnographie und Urgeschichte von 17. Febr. 1912 erklärt, dass das Schweizersbild erfreulicherweise in ganz musterhafter Weise ausgebeutet worden sei; er habe sich bei seinen wiederholten Besuchen des Schweizersbildes während der Ausgrabungen von der Sorgfalt, mit welcher dort gearbeitet worden ist, überzeugen können. Prof. Dr. E. Krause sagt in einer Anmerkung zu seiner Abhandlung über die Vegetationsverhältnisse Mitteleuropas während der paläolithischen Zeiten, Naturwissenschaftl. Wochenschrift N° 50, 1911: « Nüesch ist von anderen Schweizergelehrten so angegriffen worden, dass man sich fast entschuldigen muss, wenn man ihn noch zitiert. Mir scheint dabei ein gut teil « Kantönliefersucht » mitzuspielen. Man braucht Nüesch's Schlussfolgerungen nicht aufzunehmen, ich tue das auch keineswegs in jeder Hinsicht, aber man muss doch anerkennen, dass die tatsächlich festgestellten Funde von grosser Wichtigkeit sind und dass die Art der Veröffentlichung es jedem « denkenden » Forscher ermöglicht, sich daraus ein eigenes Urteil zu bilden ».

Ob diese Art von Kantönliefersucht, auf welche Krause hinweist, der schweizerischen Urgeschichte und überhaupt der

schweizerischen Wissenschaft zur Ehre gereicht, sei dahingestellt!

Die materiellen Ansprüche an die Schweizersbildfunde, welche Drittpersonen glaubten an dieselben geltend machen zu können, sind schon vor bald 20 Jahren von den Bundesbehörden und von den Gerichten einlässlich geprüft und von allen Instanzen einstimmig als völlig unbegründet abgewiesen worden. Die infolgedessen von der gleichen Seite gemachten Angriffe und Behauptungen in der Tagespresse richten sich durch ihre Sprache von selbst und verdienen keine weitere Erörterung.

Zum Schlusse folgen noch Aeusserungen in derselben Sache von Prof. Dr. Th. Studer in Bern, Prof. Dr. J. Kollmann in Basel, als Mitarbeiter an der Erforschung des Schweizersbildes, sowie von Herrn Dr. Paul Sarasin in Basel, der bis vor kurzer Zeit Mitglied des Vorstandes der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte war und der sich als Unparteiischer in dieser Angelegenheit ebenfalls äussern wird.

*Anmerkung.* Die nachstehenden Aeusserungen der genannten Herren waren schon vor dem Tode des Verfassers der Jahresberichte der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte abgefasst und in meinen Händen, was aus dem Datum der einzelnen Erklärungen hervorgeht. Letztere konnten aber aus verschiedenen Gründen damals nicht sofort veröffentlicht werden. Im Interesse der wissenschaftlichen Gerechtigkeit und der urgeschichtlichen Forschungen in der Schweiz folgen sie hier unverändert.

Zoologisches Institut der Hochschule Bern.

Bern, 5. Februar 1912.

Mit Verwunderung hat der Unterzeichnete die sich in neuerer Zeit wiederholenden Angriffe gegen die Zuverlässigkeit der von Hrn. Dr. Nüesch am Schweizersbild erlangten Resultate gelesen. Schwere Beschuldigungen und Verdächtigungen hat

Hr. Dr. Heierli, Sekretär der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte und Redaktor des Jahresberichtes im II. Berichte darüber publiziert, wobei es sich allerdings nicht um die Ansicht der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte, sondern um eine Privatpolemik handelt, die Hr. Dr. Heierli schon seit längerer Zeit gegen Hrn. Nüesch führt. Die Verdächtigungen treffen natürlich nicht nur Hrn. Dr. Nüesch, sondern auch die Mitarbeiter an der Publikation über das Schweizersbild, deren Arbeit damit entwertet werden soll. Die Betreffenden hätten danach blindlings die Ausführungen von Hrn. Dr. Nüesch geglaubt und wären die Betrogenen, oder wären, da sich darunter nicht ganz Unerfahrene befanden, wissentliche Komplizen. Dieselben dürften daher wohl berechtigt sein, in der Angelegenheit mitzusprechen.

Der Unterzeichnete hat den Ausgrabungen am Schweizersbild längere Zeit beigewohnt und sich von der Genauigkeit und Gewissenhaftigkeit, mit der dieselben ausgeführt wurden, überzeugt; einig in Anerkennung waren auch die auswärtigen Gelehrten, welche zu jener Zeit die Fundstelle besuchten. Im Rüdensaal in Schaffhausen war das ausgegrabene Material nach Schichten geordnet und übersichtlich ausgestellt und etikettiert. Der Unterzeichnete hat selbst die Auswahl des Materials getroffen, das er zur Bearbeitung zugesandt wünschte, und hat dasselbe sorgfältig verpackt und etikettiert erhalten. In gleicher Weise erhielt Hr. Prof. Dr. Nehring, der genügend kompetent war, sein Material richtig zu beurteilen, die Nagerknochen zugesandt.

Die beim Schweizersbild befolgten Methoden wurden für weitere Ausgrabungen vorbildlich und förderten analoge Resultate, wie die Publikationen über die Untersuchungen in Mentone von Chan. de Villeneuve, Boule und Verneau, in Bayern von Schlosser, in Württemberg von Schmidt, in Belgien von Rutot zeugen.

Eine Nachuntersuchung der Schweizersbildverhältnisse durch Hrn. Dr. Heierli könnte ja trotzdem stattfinden. Sie dürfte zu demselben Resultate führen, wie die mit viel Kosten- und anderem Aufwand von der Denkschriftenkommission der schwei-

zerischen naturforschenden Gesellschaft auf Ansuchen von Hrn. Heierli publizierte Nachuntersuchung des Kesslerloches bei Thayngen, die unter gleichem Titel nichts anderes enthält, als die breitgeschlagenen Resultate der Publikation von Nüesch und seiner Mitarbeiter.

Gegenüber allen Anfeindungen sehen sich die Mitarbeiter zu grossen Danke gegenüber Hrn. Dr. Nüesch verpflichtet, der durch seine bahnbrechenden Untersuchungen die Wissenschaft der Urgeschichte in so hervorragendem Masse fördern half.

Dr. Th. Studer, Professor.

Vesalianum.

Anatomisches Institut.

Basel, 19. Februar 1912.

Herrn Dr. J. Nüesch in Schaffhausen.

Ihren Ausführungen, denen sich schon andere Herren angeschlossen haben, um die wiederholten Angriffe des Hrn. Dr. Heierli in Zürich zurückzuweisen, trete ich mit Vergnügen bei. Ich bestätige ebenfalls, dass ich mich am Schweizersbild *persönlich* von der grossen Umsicht überzeugt habe, mit der bei der Bergung der zahlreichen prähistorischen Funde vorgegangen wurde.

Ich füge ferner hinzu, dass die spätere Aufstellung der interessanten Objekte im Rüdensaal zu Schaffhausen mit geradezu vorbildlicher Sorgfalt durchgeführt worden ist. Lehrreich und übersichtlich war die Anordnung, sodass jeder unbefangene Besucher den Eindruck erhielt, hier ist mit grosser Gewissenhaftigkeit gearbeitet und geforscht worden.

Meine besondere Entgegnung richtet sich aber gegen eine abfällige Bemerkung, die mir fälschlicherweise in den Mund gelegt wird. Ein junger Docent für Anthropologie an der Universität Bern, Hr. Dr. Schwerz, hat in einer Arbeit « Versuch einer anthropologischen Monographie des Kantons Schaffhausen, speziell des Klettgaues, neue Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 45, Zürich, 1910 »

folgende Bemerkung drucken lassen: «Kollmann klagt, dass die von Dr. Nüesch geleitete Ausgrabung und Konservierung dieser wichtigen Skelettreste nicht mit der erforderlichen Umsicht geschah».

Ich erkläre hiemit ausdrücklich, dass eine solche Klage von meiner Seite niemals geäußert wurde. In Wirklichkeit ist das gerade Gegenteil der Fall. In der Zeitschrift für Ethnologie, Band 26, in der ich die erste Mitteilung über die Funde am Schweizersbild veröffentlicht habe, und die gerade Hr. Schwerz zitiert, heisst es in der einleitenden Bemerkung wörtlich: «Das Schweizersbild hat durch *sorgfältige Ausgrabung des Hrn. Dr. Nüesch* den Nachweis geliefert, dass der Mensch dort gelebt hat, während noch das Renntier u. s. w. in der Gegend heimisch waren».

Wie Herr Schwerz dazu kommt, eine totale Verdrehung meiner Worte in seine Abhandlung glatt aufzunehmen, ist unbegreiflich. Ich protestiere hiemit gegen eine solche Fälschung meiner Angabe. Hr. Schwerz hat sich ferner keinesfalls die Mühe gegeben, meine späteren Publikationen über den nämlichen Gegenstand in den Denkschriften durchzublättern. Dann hätte er 2 Figuren finden müssen, die jedem Anthropologen, der solche Grabungen von der anatomischen Seite aus betrachtet, eine freudige Ueberraschung bereiten. Die beiden Figuren stellen nämlich Hammer und Ambos aus dem Felsenbein eines vorzeitlichen Kindes dar. Das sind aber Knöchelchen, die nur ein par Millimeter lang sind. Sie wurden im Grabe N° 21 gefunden und sind bis heute Unika.

Und die Unterliefer der kleinsten Säuger, der Mäuse, die aus dem nachglacialen Schutt herausgeholt wurden! Sie sind auch nur einige Millimeter lang und von Nehring beschrieben und abgebildet. Wer nach solchen Proben genauer Ausgrabungen noch, wie Herr Schwerz, an der Sorgfalt der Ausgrabung des Schweizersbildes zweifelt, dem ist — nicht zu helfen.

Prof. Dr. J. Kollmann.

Sammlung für Völkerkunde,

Basel.

Basel, 7. Februar 1912.

Gern komme ich dem Wunsche des Hrn. Dr. Nüesch nach, zu seinen vorstehenden Ausführungen auch meinerseits das Wort zu ergreifen. Obschon ich bei den Ausgrabungen am Schweizersbilde und im Kesslerloch nie persönlich anwesend war, so bin ich nie weder im Privatgespräch noch in der Litteratur auf einen triftigen Grund gestossen, die wissenschaftliche Sorgfalt, womit dieselben vorgenommen worden sind, zu bemängeln, und ich erkläre darum ausdrücklich, dass ich sowohl die Hebung jener prähistorischen Schätze als deren wissenschaftliche Verwertung, speziell der Fundstelle im Schweizersbild, von jeher als eine der hervorragendsten Leistungen in der schweizerischen Prähistorie betrachtet habe und sie noch stets als solche betrachte. Wenn Hr. Krause schreibt : « Nüesch ist von andern Schweizergelehrten so angegriffen worden, dass man sich fast entschuldigen muss, wenn man ihn noch zitiert » so beklage ich dies ausserordentlich, nicht nur im Sinne der wissenschaftlichen Gerechtigkeit, sondern auch im nationalen Sinne und betrachte diese Feststellung des Hrn. Krause als eine Mahnung an die schweizerischen Prähistoriker, diese Scharte durch ethisch reiferes Verhalten wieder auszuwetzen. Es ist mir dabei besonders peinlich an der Schädigung des guten wissenschaftlichen Namens des Hrn. Dr. Nüesch, wenn auch ohne mein Wissen, schuldig zu sein; denn die Jahresberichte der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte, in denen heftige Angriffe von Seiten des Sekretärs der Gesellschaft gegen Nüesch enthalten sind, tragen auf dem Titel die Worte : « Im Auftrage des Vorstandes erstattet » und dem Vorstande habe ich bis vor einem Jahre ebenfalls als Mitglied angehört. Ich betrachtete aber die Abfassung des Berichtes als Vertrauenssache und nahm nicht Kenntnis vom Manuscripte; denn eine Einforderung desselben wäre, ausser der zeitraubenden Arbeit es kritisch durchzusehen, ein Misstrauensvotum gewesen und die reichen Kenntnisse des Verfassers Heierli konnten mir für den Wert des Inhaltes

Bürge sein. Ich bedauere aber das Vorkommnis, das zu hindern nicht in meiner Macht lag.

So hoffe ich nun, mit meinen Worten dazu beigetragen zu haben, das in der wissenschaftlichen Welt so wohl begründete Ansehen des Hrn. Dr. Nüesch in seiner Integrität wieder herzustellen, und ich gebe der ferneren Hoffnung Ausdruck, es möge der Wetteifer der zahlreichen trefflichen Prähistoriker der Schweiz künftig eine Form annehmen, die ihr Ansehen zu heben, und nicht es zu schädigen, geeignet ist.

Dr. *Paul Sarasin.*

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide