

**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:** 116 (1935)

**Rubrik:** Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 09.04.2026

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

II. Teil  
Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten  
und  
Hauptvorträge

Vorträge  
gehalten in den Sektionssitzungen

---

II<sup>e</sup> Partie  
Discours d'introduction du Président annuel  
et  
Conférences principales

Communications  
faites aux séances de sections

---

II<sup>a</sup> Partita  
Discorso inaugurale del Presidente annuale  
e  
Conferenze principali

Comunicazioni  
fatte alle sedute delle sezioni

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der S. N. G.

zur 116. Jahresversammlung in Einsiedeln

Von

Prof. Dr. P. DAMIAN BUCK, Einsiedeln

## Zweihundert Jahre geologische Forschertätigkeit im Kanton Schwyz

Hochgeehrte Versammlung!

Ich begrüsse Sie und heisse Sie alle herzlich willkommen im Namen der kantonalen, der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft, der jüngsten Zweiggesellschaft.

Die hochgeehrte Versammlung begreift ohne Zweifel, dass es für eine neugeborne Tochtergesellschaft keine Kleinigkeit ist, die altehrwürdige Muttergesellschaft in einem Landdorfe zur Jahresversammlung aufzunehmen.

Sollte es daher da und dort nicht klappen, so bitte ich Sie, wenigstens das eine Auge zuzudrücken. Ich hoffe aber zuversichtlich, dass im wesentlichen, d. h. in wissenschaftlicher Hinsicht, die 116. Jahresversammlung der S. N. G. sich erspriesslich abwickle.

Mögen Sie auch in den „Finstern Wald“ und in eine Moorlandschaft geraten sein, so bedenken Sie wohl, dass beide dann und wann von glänzenden Sonnenstrahlen echter Wissenschaftlichkeit durchleuchtet worden sind.

Botaniker und Geologen waren es vor allem, die im Hochtal von Einsiedeln, überhaupt im Gebiete des Kantons Schwyz, wissenschaftliche Knacknüsse und Kleinodien gefunden.

Angesichts dieser Tatsache entschloss ich mich, die Pioniere im Geiste an uns vorüberziehen zu lassen, die dazu beigetragen, das gewaltige, wissenschaftlich-geologische Gebäude aufzutürmen, das heute achtunggebietend vor uns steht.

Selbstverständlich stehen die politischen Grenzen des Kantons Schwyz in keiner Weise mit der Ausdehnung der geologischen

Formationsgruppen, die die Fundamente unserer Scholle bilden, in Beziehung, weshalb meine Ausführungen auch nicht von den politischen Grenzen eingeengt werden.

Ich will gleich eingangs den beiden Herren Professoren ALBERT HEIM und ALPHONS JEANNET herzlich danken für die wegleitenden Gedanken, die sie mir zur Arbeit gegeben, und Herrn Prof. JEANNET noch besonders für die Literatur, die er mir im Geologischen Institut der E. T. H. bereitwilligst zur Verfügung stellte.

Der erste Forscher, dem wir beim Studium der Schwyzer Vor-alpen begegnen, ist JOH. JAKOB SCHEUCHZER, Stadtarzt und Mathematiker in Zürich. Hier wurde er am 2. August 1672 geboren und starb ebendasselbst am 23. Juni 1733. — Er ist der Begründer des geologischen Studiums im Gebiete der Schweizeralpen. Seine wissenschaftlichen Ergebnisse hat er in den „Itinera per Helvetiae alpinas regiones, facta annis 1702—1711“ und in „Joh. Jakob Scheuchzers Naturhistorie des Schweizerlandes“ (I. Teil, zweite, verbesserte Auflage, Zürich bei Heidegger & Co. 1752, S. 112) niedergelegt.

Als erster erkennt er in den Alpen Falten und zeichnet sie in guten Skizzen. So stellt er schon ganz richtig die beiden Talwände am Urnersee mit den charakteristischen Falten dar, ferner das Gewölbe vom Axenstein und die südlich anschliessende, scharfe Muldenumbiegung bei Schiefernegg zwischen Morschach und Sisikon.

SCHEUCHZER beobachtete weiter mit grosser Genauigkeit die Mulde zwischen Frohnalp- und Hauserstock, wie auch den Zusammenhang der Falten zu beiden Seiten des Urnersees. Es war ihm jedoch nicht vergönnt, den Schluss zu ziehen: die Gesteinsfaltung zum aufgetürmten Gebirge ist älter als die Talbildung. Dazu waren die Anfangsstadien der alpinen geologischen Kenntnisse noch nicht tief und weit genug.

Wiederum ist es Zürich, das 1767 in JOH. CONRAD ESCHER VON DER LINTH der naturwissenschaftlichen Gelehrtenwelt einen genialen und erfolgreichen Forscher und Geologen geschenkt (1767 bis 1823). Sagt doch BERNHARD STUDER in seiner Vorrede zur Monographie der Molasse von ihm: „HANS CONRAD ESCHER VON DER LINTH verdanken wir die ersten wissenschaftlichen und mit höherem Sinn aufgefassten Ansichten über die Natur unserer Gebirge.“ Und ESCHER selbst äusserte sich am Anfange seiner geologischen Laufbahn: „Wir dürfen noch kaum sagen, dass die Geognosie bis zur Wissenschaft sich erhoben habe, und so ist es gewiss

nicht unwichtig, dass dieselbe nach gründlichen Prinzipien bearbeitet werde.“

Da er überzeugt war, dass nur im Fels und Feld der Geolog zum Geologen wird, machte er von 1791 an jährlich grössere und kleinere Gebirgsreisen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse davon veröffentlichte er zunächst in den „Geognostischen Nachrichten über die Alpen, in Briefen aus Helvetien“. Sein erster Brief „Profilreise von Zürich bis an den Gotthard“ erschien im August 1795. — H. C. ESCHER will darin eine Übersicht der bisher bekannten geognostischen Kenntnisse der Schweiz geben.

Die Erstlingsgeologen der Schweiz beschäftigten sich ganz folgerichtig zunächst mit den Gesteinen, den fundamentalen Grundlagen jedes weitem und tiefern geologischen Studiums. — So erforscht ESCHER auf dieser Profilreise vor allem die Felsgesteine, ihre gegenseitige Lagerung, ihr Streichen und Fallen. Er findet Mergel- und Sandsteinschichten mit kleinen Steinkohlenlagern bei Käpfnach, wie auch Übergänge vom Mergel zum Sandstein. Er unterscheidet den Sandstein in einen mergeligen, grobkörnigen, wenig harten und in einen feinkörnigen, härtern.

Weiter beobachtet er die Wechsellagerung von Mergelsandstein, Sandstein und Nagelfluh der Molasse und das Einfallen der Schichten mit 30 Grad gegen Süden, wie das nördlich der Kalkschichten (es sind die 1833 von LYELL als Eozängebilde benannten Kalke) im Kanton Schwyz zu sehen ist. ESCHER glaubt, die Entstehung der Granitbestandteile der Nagelfluh in unsern Alpen, hingegen die Porphyrgeschiebe in weiter Ferne suchen zu müssen. Als Transportmittel nimmt er das fliessende Wasser an. Rigi und Rossberg scheinen ihm gleichen Ursprungs und gleicher Zusammensetzung zu sein.

Der Insel Schwanau gegenüber entdeckt er die Kalke der Rigihochfluh, die die Nagelfluh überlagern, glaubt aber dennoch nicht an ein höheres Alter des Liegenden. Als Beweise führt er die grosse Mächtigkeit der Kalke und das Vorkommen von Knollen in der Nagelfluh an, die aus der anstehenden Kalksteinzone stammen. Er zieht auch den Schluss, dass diese Kalke, heute Eozänkalke benannt, einer andern Formation angehören als die Kalke des Hochgebirges, nämlich die später benannten Trias-, Jura- und Kreidekalke. Ihm sind auch die Eisenkonkretionen im heutigen Nummulitenkalk nicht entgangen. — Die Kalkfelsen der Frohnalp scheinen

ihm auf den auslaufenden Nagelfluhbänken der Rigi aufgesetzt. ESCHER erwähnt auch die Biegungen oder Falten des Axenberges, wie das schon J. J. SCHEUCHZER getan.

Am 28. Juni 1819 liest ESCHER, damals Linth-Präsident, der „Schweiz. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften“ seine „Beiträge zur Naturgeschichte der freiliegenden Felsblöcke in der Nähe des Alpengebietes“ vor. — Auf seinen Exkursionen findet er nämlich zwischen Jura und Alpen, besonders in den Flusstälern, überall grössere und kleinere Felsblöcke, die aus den Zentralalpen stammen und nicht von anstehenden Felsen. Als Transportkraft nimmt er die Wasserkraft an.

Wie nämlich im Jahre 1818 im Bagnestal, Wallis, der Gletschersee den untern Damm durchbrochen und einen gewaltigen Murgang verursacht hat, so werden auch die überall in den Flusstälern des schweizerischen Mittellandes zerstreuten Felsblöcke dorthin transportiert worden sein; so ist seine Auffassung. An die transportierende Kraft der Gletscherströme dachte er noch nicht; aber er war von seiner angegebenen Ursache, dem Durchbruch der Alpenseen in den Alpenketten, auch nicht voll und ganz überzeugt.

Die kolorierten, geologischen Darstellungen vom Kanton Schwyz sind vollendete Kunstwerke für seine Zeit und heute noch von hervorragendem Wert.

Ich erwähne davon die folgenden: 1. Ansicht der Kleinen Mythen vom Wirtshaus des Passes über den Schwyzerhaken (9. Juni 1805). — 2. Die Mythen vom Rigi aus. — 3. Grosser und Kleiner Aubrig, die Wägghithaler vom Köpfenstock bis zum Glärnisch. — 4. Das Rossbergprofil (1813). — 5. Von Euthal gegen das Sihltal (1814). — 6. Fluhbrig mit Schichtung und Scheinberg. — 7. Vom Etzel gegen Einsiedeln (1795). — 8. Bergsturz von Goldau. (Siehe Escherkasten E. T. H.)

In HORACE BÉNÉDICT DE SAUSSURE (1740—1799) treffen wir einen neuen Pionier, der in den Schwyzer Alpen geologisch gearbeitet hat. Er ist der erste gewaltige systematische Beobachter in den Alpen. Er führte u. a. die zweite Besteigung des Montblanc aus. 1762 wird er schon Professor in Genf. Er stellt fest, dass die uns sichtbaren Gesteinsschichten sich zum grössten Teil durch Sedimentation gebildet haben und in den Alpen eine schiefe bis senkrechte Stellung oder Lagerung haben können. So sei es der Fall mit dem Valorcine-Konglomerat in Frankreich und auch mit

den Nagelfluhbänken an der Rigi. Er behauptet, dass die Bergmassen erst nach der Bildung der Geröllschichten (Sedimentschichten) emporgehoben worden seien. — Nebenbei begegnete ihm der interessante Fehler, das Valorcine-Konglomerat für die Fortsetzung der Riginagelfluh zu halten. (Voyages dans les Alpes, 4 Bände, 1779—1796.)

In JOH. GOTTFRIED EBEL (1764—1830) steht ein hervorragender geologischer Beobachter vor uns. Als Doktor der Medizin in Zürich und in Frankfurt a. Main veröffentlichte er 1808 ein Werk von ausserordentlicher Bedeutung. Es ist betitelt: „Über den Bau der Erde in dem Alpengebirge.“ Im Vorwort zu diesem Werk sagt EBEL: Der für die Wissenschaften zu früh verstorbene HORACE BÉNÉDICT DE SAUSSURE war der erste, der in den Alpen vortreffliche geognostische Beobachtungen anstellte, und ihm gebührt der unvergängliche Ruhm, den Grund zur wahren geognostischen Erforschung gelegt zu haben.“

EBEL war ein scharfer, genauer Beobachter und ein weitgereister Mann. Auch er beobachtete, wie einst SCHEUCHZER und H. C. ESCHER, die Krümmungen in den Felsen des Achsenberges und des gegenüberliegenden Seelisberges.

Auch für ihn bildeten die Kalkalpen und die Sandstein- und Nagelfluhbildungen den Gegenstand eifrigen Studiums. Er findet an der Nord- und Südwestseite der Kalkalpen unmittelbar die Nagelfluh- und Sandsteingebilde angelagert. Den Ruffi- und Rigi-berg erkennt er als Repräsentanten der Nagelfluh. Zwischen Arth und dem Lowerzersee beobachtet EBEL, wie die Nagelfluh unmittelbar an den Alpenkalkstein angrenzt.

Einer der ersten innerschweizerischen geologischen Pioniere ist Dr. med. KARL FRANZ LUSSER aus Altdorf, Uri (1790—1859). Er beschäftigt sich vorerst mit der Morphologie, mit dem Studium der Gesteine, mit ihrem Schichtenverlauf. Er findet die Zentralkerne unserer Alpen heraus. — Auf der Hackeneck beim Mythen entdeckt er Pektiniden und Ostraciten, ferner die Glaukoniten als vorwiegendes Gestein und anschliessend die Nagelfluh und den Mergelsandstein. Er weist die Nagelfluhkonstituenten in den südlich liegenden Alpen nach. Der Tonporphyr allein scheint ihm eine Ausnahme zu machen. Durch seine zähe Ausdauer auf seinen Exkursionen hat er ihn gefunden, und zwar an der Windgälle am 4. September 1826, und später auf der Oberkäsern (Uri) am 15. Sep-

tember 1828, welchen Fund er an EBEL berichtet. — Endlich zeichnete er nach der Natur die Gebirgsprofile vom Gotthard über den Frohnalpstock bis über die Rigi hinaus. Das Bild wurde in geologischer Bemalung herausgegeben in den „Denkschriften der allgemeinen Schweiz. Gesellschaft für die Naturwissenschaften“ in Zürich, 1829 (I. Bd., 1. Abt.). — Er unterschied darin richtig und gut: Kalksteinzonen und Sandsteinkonglomerate, und gab vom Gotthard bis über die Rigi hinaus die Lage der Schichten richtig eingezeichnet an. Das bedeutende Werk von LUSSEK erscheint uns wie eine vertiefte, verbesserte und erweiterte Auflage von SCHEUCHZERS Zeichnungen.

An unserm Geiste sehen wir ferner eine andere markante Gestalt vorüberziehen, die im Kanton Schwyz geologisch tätig gewesen, nämlich CHRISTOFF BERNOULLI, Vorsteher einer Lehranstalt in Basel (1782—1863). Er gab 1811 eine „Geognostische Übersicht der Schweiz“ heraus, worin er ebenfalls die Gesteine der Kalkalpenformation behandelt. Hier findet er 1. Alpenkalkstein und als Zwischenlager am Lowerzersee und an der Rigihoehfluh „linsenförmigen Eisenstein“ (die roten Nummulitenkalke), 2. Sandstein (Alpensandstein), von dem er einen feinkörnigen, grünlichen, öfters Nummuliten einschliessenden, mit chloriterdigem Bindemittel versehenen Sandstein unterscheidet (glauconithaltigen Grünsandstein). Er findet ihn an den beiden Aubrigen, am Schwyzerhaken (Mythen) und am Rotzberg bei Stans. Am Schwyzerhaken hat er nach ihm die Eigentümlichkeit, dass er viele Kalkerde eingesprengt enthält, die leicht auswittert und ihm daher ein poröses Aussehen gibt, wodurch dieser Berg in den Ruf eines erloschenen Vulkans gekommen. — Im gleichen Jahr stellt BERNOULLI fest, dass die Gesteine der Alpen, im besondern die der Zentralmassive, unter den Geröllen der Nagelfluh merkwürdigerweise fehlen. Nachmals bestätigte STUDER diese Tatsache und nach ihm Dutzend andere.

Im Jahre 1806 geschah am Rossberg im Kanton Schwyz ein geologisches Ereignis von weittragendster und nachhaltigster Bedeutung. Nämlich am 2. September 1806 ging in Goldau der grösste Bergsturz der Schweiz in historischer Zeit zu Tal. Es handelte sich um ein Abgleiten einer Nagelfluhfelsmasse von 80—100 m Mächtigkeit auf schlüpfrig gewordener Mergelunterlage mit einem Volumen von 35—40 Millionen Kubikmeter, wie ALBERT HEIM nachmals berechnet hat. Sie zerstörte drei bis vier Dörfchen, tötete

457 Personen und 323 Stück Vieh. Alle zeitgenössischen Beobachtungen darüber wurden von Dr. med. KARL ZAY von Arth gesammelt und in einem Buche herausgegeben, das eine Fundgrube von merkwürdigen Einzelheiten des grossen Naturereignisses, wie der Psyche und merkwürdiger Schicksale der Menschen ist.

1822 erkennt BUCKLAND (1784—1856) in den Alpen die Kreide und die Oolithenformation. Mit einem Schlage öffneten sich weittragende Aussichten. Von da an galt es, Versteinerungen zu sammeln, getrennt nach Schichten sie zu ordnen und zu studieren, welche Veränderungen sie mit der Übereinanderfolge der Schichten erleiden.

Im Jahre 1807 gibt ALEX. BRONGNIART (1770—1846) den nach dem Mesozoikum folgenden Formationen den Namen Tertiär und 1834 erklärt er, dass die Nummulitenkalke der Alpen dem calcaire grossier (Grobkalk) von Paris entsprechen und dass die Oeninger-Kalksteine noch jünger seien als die Nummulitenkalke.

1850 kommt das aufsehenerregende Werk von Sir RODERICK MURCHISON aus Schottland (1792—1871) über den Gebirgsbau in den Alpen in deutscher Sprache, bearbeitet von GUSTAV LEONHARD, heraus. MURCHISON berührt das Gebiet des Kantons Schwyz an verschiedenen Orten. Zunächst schenkt er den nummulitischen Gesteinen und dem Flysch seine Aufmerksamkeit. Einleitend bemerkt er, dass er auf seinem Rückwege von Savoyen so glücklich war, zu Solothurn bei einer Versammlung der Schweizer Naturforscher einen Aufsatz über Nummuliten und andere Foraminiferen von RÜTIMEYER vortragen zu hören. Darauf bespricht er das Gebiet von Seewen. Er beschreibt die Lagerfolge der Sedimente am Urmißberg und unterscheidet von Nord nach Süd: 1. Neocomien, 2. oberes Neocomien (Schrattenkalk), mit *Caprotina ammonia*, *Hippurites Blumenbachi*, Korallen und Echiniten, 3. Gault mit kleinen Ammoniten, 4. Seewerkalk mit Fragmenten von *Inoceramus*, 5. sandige, grünliche Sandsteine mit *Nummulina planospira*, Orbitoliten usw. MURCHISON berichtet weiter, dass sich fast allenthalben über Schwyz Schichten von Seewerkalkstein erheben, so besonders am Grossen Mythen. Diese Kalksteine erinnern ihn in hohem Grade an die Scaglia, das italienische Äquivalent der Kreide, während sie sonst keinem Kalkstein der Schweizeralpen gleichen, wie er bemerkt. Sie nehmen nach ihm deutlich die Stelle oberhalb der ältern Kalksteine, Jura und Neocomien ein, und er trägt keine Bedenken, sie

zur obern (weissen) Kreide zu rechnen. Später schreibt er: „Wenn ich übrigens behaupte, dass die Gipfel des Mythen der Kreidegruppe angehören, will ich damit nicht gesagt haben, dass dies auch mit dem untern Teil des Berges der Fall ist.“ — Aufs neue studiert er die Flyschschichten und Nummulitenkalke zwischen Mythen und Einsiedeln, wobei er auf einen „Schwendberg“ östlich von Einsiedeln zu sprechen kommt. Wahrscheinlich handelt es sich hier um den Hummel südöstlich von Einsiedeln. Er dehnt seine Exkursionen weiter auf die Nummulitenkalkbänke hinterhalb Gross, Euthal und Sattelberg aus.

Am 21. August 1794 wurde in Büren, Kanton Bern, BERNHARD STUDER, nachmals einer der hervorragendsten Schweizer Geologen, geboren. 1825—1873 war er Professor der Geologie in Bern und starb daselbst am 2. Mai 1887. Seine Hauptwerke sind: „Geologie der Schweiz“ (2 Bände, 1851—1853) und die Herausgabe einer geologischen Karte mit ARNOLD ESCHER. 1825 veröffentlichte er „Beiträge zu einer Monographie der Molasse“. In diesem Werke widmet er der Rigi ein ganzes Kapitel. Nach ihm sind die Fundamente der Rigi an den Ufern des Küssnachersees aufgedeckt. Er nennt sie gewöhnliche Molasse, die mit Lagern und Nestern mannigfaltiger Nagelfluh wechselt. Ihre Schichten zeigen sich schon am Luzernersee bei Seeburg; am Meggenhorn wird die Nagelfluh vorherrschend. Auch roter Mergel ist im Gefolge mit einer Mächtigkeit, die nicht geringer ist als die darauffliegenden Nagelfluhschichten am Rigikulm. Auch die Findlinge auf Seebodenalp stechen ihm in die Augen. Er verfolgt die Nagelfluh bis in die Nähe der Insel Schwanau.

Ferner studiert er mit grossem Eifer den mit vielen Petrefakten durchsetzten Grünsandstein östlich der Mythen. Die südliche Grenze der Molasseformation sieht er östlich der Rigi, ungefähr in der Linie von der Insel Schwanau nach dem Klösterlein Au bei Einsiedeln. STUDER fallen auch die bunten Mergel von grosser Mächtigkeit an der Strasse von Einsiedeln bis Schindellegi auf. Er stellte sodann fest, dass die Nagelfluh dem Sandstein aufgelagert ist, und findet ihre Fortsetzung am Hirzli, am Speer und in den hohen Vorwällen des Säntis bei Urnäsch.

In seinem damals sehr bedeutenden Werk unterscheidet er eine untere Süsswassermolasse, eine Meeresmolasse und eine obere Süsswassermolasse. Er kennt auch die Meeresmolasse von Luzern

und Bäch (Kanton Schwyz), wie auch die Antiklinalen und Synklinalen und die WSW bis ENE streichenden Molasseschichten, von der fast flachen bis zur senkrechten Stellung, wie sie das nördliche Drittel des Kantons Schwyz beherrschen.

Ein ganz besonderes Verdienst gebührt BERNHARD STUDER für seine Anregung in der S. N. G., eine Schweizerische geologische Kommission zur systematischen geologischen Landesaufnahme gegründet zu haben. Sein Wunsch ging am 20. März 1860 im Schosse der S. N. G. in Erfüllung. Er war ihr erster Präsident. 1853 erscheint die erste geologische Karte der Schweiz, herausgegeben von STUDER und ARNOLD ESCHER VON DER LINTH. 1869 folgt die zweite Auflage. In dieser trefflichen geologischen Karte ist fast der ganze Kanton Schwyz das Beobachtungswerk von ARNOLD ESCHER VON DER LINTH.

In ARNOLD ESCHER VON DER LINTH (1807—1872) begegnen wir einem ganz grossen, einem unserer besten Schweizer Geologen, dessen Arbeiten bis auf den heutigen Tag hervorragende Bedeutung haben. Vom Frühling 1833 bis zu seinem Tode am 12. Juli 1872 hat ESCHER an der Entzifferung der Schweizeralpen unermüdlich gearbeitet. Alljährlich ging er während 5—6 Monaten, oder noch mehr, dieser Beobachtungsarbeit nach. Seine Vorlesungen hielt er nur im Winter. Er führte stets ein sorgfältiges Beobachtungstagebuch, worin sich viele wertvollste Skizzen finden. Den Belegstücken, die er mitnahm, gab er Nummern, die auch im Tagebuch verzeichnet sind. Seine Tagebücher bilden eine unerschöpfliche Quelle objektiver Beobachtungen. Prinzipiell notierte er niemals theoretische Gedanken. Was später an geologisch-kartographischen Leistungen veröffentlicht worden ist, sind immer nur Ergänzungen, Vertiefungen und Bestätigungen von ESCHERS Beobachtungsmaterial. Viele Erscheinungen im Kanton Schwyz hat einzig ESCHER, oder ESCHER als erster gefunden. Er hat den obersten Kreideschichten nach dem Vorkommen bei Seewen den Namen „Seewerkalk“, ferner einem einige Stufen ältern Schichtenkomplex, der ihm am Drusberg besonders ausgeprägt vorkam, den Namen „Drusberg-schichten“ gegeben.

Anfangs Mai 1833 studierte er im Kanton Zürich die Molassehügel und kam bis Rigi und Rossberg. Aber auch die Grenze zwischen dem Kalk von Seewen, dem Flysch und der Nagelfluh wollte er ergründen. Er beschäftigte sich eingehend mit den Ge-

steinsarten der Nagelfluhgerölle und ihrer Herkunft. Am Rossberg fand er, in weichem Mergel eingebettet, fossile Pflanzen (*Sequoia Langsdorfi*) und verkohltes Holz. Im September und Oktober des Jahres 1833 unternahm er mit BERNHARD STUDER eine geologische Alpenreise. Im sehr milden Winter 1834 durchforschte er den Zün- gelenberg, den Urmiberg und die Hohe Rohne.

ESCHER entdeckte, dass die Jura- und Kreidekalkschichten vom Glärnisch bis zum Vierwaldstättersee sich fortsetzen. Von Sisikon bis Brunnen studierte er die Kreidefelsen (Neocom, Urgon und Gault), die merkwürdige Falten zeigen. Er glaubt, dass sie einer breiten Kreidezone angehören, die als Fortsetzung der Chur- firsten-Wiggiskette zu betrachten ist und bis Nidwalden und an den Brienersee verfolgt werden kann. — Im Juli 1835 besuchte er das Wäggitthal, bestieg den Rädertenstock und Zindlenspitz. 1836 durchforschte er das Bisisthal, das Muotathal und die Umgebung der Windgälle, wo er hauptsächlich die Abänderungen des Porphyrs und die Eisenoolithe mit zahlreichen Belemniten und Ammoniten, wie auch den Hochgebirgskalk studierte. Im gleichen Monat bestieg er den Grossen Mythen und erklärte das ihn aufbauende Gestein als Neocom, Urgon und den Gipfel als Seewerkalk.

1840 untersuchte er die Terrasse von Morschach mit den prächtigen Karrenbildungen, wie auch die mächtigen Findlinge von Gotthardgranit unweit dem Axenstein, die von ihm wissenschaftlich höher bewertet wurden als vom heutigen Vorstand der Oberallmeind. Bald darauf entwarf er von der Frohnalp und dem Axenberg ein sorgfältiges Profil. — In den Jahren 1841, 1853, 1859, 1866, 1868 und 1869 dehnte er seine geologischen Forschungen wiederum auf das Wäggitthal und das Quellgebiet der Sihl, überhaupt auf die Gegend von Iberg aus.

Auf diesen geologischen Studienreisen hatte unser HH. P. WIL- HELM SIDLER das Glück, den grossen Geologen zu begleiten und sich von ihm in die praktische Geologie einführen zu lassen. P. WILHELM war ein ausgezeichnete Naturbeobachter und weiland Lehrer der Geologie an unserem Lyzeum, wo er auch mich für das Studium der Erdrinde zu begeistern vermochte. Unsere zahlreichen Versteinerungen aus der Kreide und dem Eozän hat er von Äplern aus Iberg erworben. ESCHER schwelgte seinerzeit im Iberger Seeigelparadies, wohin er 1853 auch seinen Freund DESOR mitnahm.

Hier im schwyzerischen Kalkgebirge unterschied ESCHER nach den Petrefakten zuerst durchgreifend 4—5 Altersstufen und verglich sie zeitlich mit den in andern Ländern unterschiedenen Altersstufen. — Ebenso erkannte er als erster, dass der Roggenstock, die Mördergrube und die beiden Schyen aus Jura- und Kreidesteinen bestehen, die mit den Gesteinen der Umgebung gar nicht übereinstimmen, sondern eine ganz andere Fazies vertreten. Den einen von diesen fremden Gesteinen gab er den Namen „Wangschichten“, bis eine bessere Aufklärung komme, wie er bemerkte. Er stellte einwandfrei fest, dass diese rätselhaften Fremdlinge ringsum von Flyschschiefern umgeben sind, aber, obschon älter als der Flysch, nicht durch ihn hinabwurzeln, sondern wie Kappen ihm aufliegen.

Im Zusammenhang mit diesen eigenartigen Schichtenkomplexen fand ESCHER auch basische Eruptivgesteine (nämlich Spilite, Melaphyre und Diabase) in kleineren Mengen. Schon lange hatte er in den Geröllen der Sihl bei Zürich solche Gesteine gefunden, aber nicht erraten können, dass sie aus dem Iberger Klippengebiet stammen.

Jetzt gab es für ihn keinen Zweifel mehr; er instruierte zum Sammeln von Findlingen und Petrefakten einige Männer, wie z. B. die Gebrüder REICHMUTH, die er als Führer und Träger kennengelernt hatte, und die Ergebnisse waren staunenswert. ESCHER kehrte oft wieder an die ihm bekannten klassischen Stellen zurück. Er wollte die Funde und Beobachtungen aufs neue prüfen, ergänzen und verbessern.

Im Jahre 1868 kam Prof. RENEVIER von Lausanne (1831—1906) in die Gegend von Iberg, um hier seine geologischen Studien, Vergleiche mit der Westschweiz, zu machen. Zunächst schenkte er seine Aufmerksamkeit den Nummulitenkalken von Iberg, dann dem Seewerkalk in der Gegend von Waag, weiter dem Gault der Wannentalp, wie auch dem Aptien und dem Neocom der Guggerenfluh. Von da wanderte er über die Egg nach Schwyz und bemerkte über das rote und weisse Mythengestein, dass es der Juraformation angehöre. Wenn auch RENEVIER das jurassische Alter der weissen Mythenkalken erkannt hat, so verwechselte er doch den Schrattenkalk der Fallentfluh mit ihnen und rechnet die roten Schichten des Mythengipfels (couches rouges) zu den gleichaltrigen Sedimenten.

Im Jahre 1860 erscheinen in den „Neue Denkschriften der allgemeinen Schweiz. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften“, Bd. XVII (mit LIII Tafeln, Zürich) von FRANZ JOSEPH

KAUFMANN, Luzern (1825—1892) die „Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse“ (Bl. VIII). KAUFMANN behandelt in dieser Arbeit auch die Molasse und die jüngern Ablagerungen des Kantons Schwyz. Er erkennt die Hohe Rohne als Antiklinale; weiter bespricht er die Quartärbildungen, das Diluvium, das Reussgletschergebiet, die Moränen und Findlinge. Der hervorragende Geologe offenbart sich darin als sehr gründlicher, sorgfältiger und vorsichtiger Beobachter und Forscher. Die Arbeit enthält eine vortreffliche Karte der Molassezonen an der Rigi, der er ein eigenes Kapitel widmet, und am Rossberg. Es ist darin viel Neues zu finden.

1872 veröffentlicht KAUFMANN als XI. Lieferung der „Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz“ sein aufsehenerregendes Werk: „Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz.“ Die zugehörige Karte ist Blatt VIII, 1:100,000. Er gliedert seine Arbeit in zwei Kapitel: 1. Kreide- und Eozängebilde der Gebirgsgruppe der Rigi; 2. Molasse- und jüngere Ablagerungen im Kanton Schwyz. Die Doppellagerung der Kreide im Vitznauerstock und in der Hochfluh, wie auch das diskordante Anstossen an die Rigi-Nagelfluh sind richtig erkannt und ebenso in den Profilen, vielleicht noch etwas unbeholfen, dargestellt. KAUFMANN erweist sich stets und überall als äusserst zuverlässiger Beobachter. Sein Versuch, die Abwesenheit des Gault und des Seewerkalkes in der untern Kreideschuppe zu erklären, beruhte nicht auf richtiger Erkenntnis; er wurde durch die später ins Leben getretene Deckentheorie abgeklärt.

In den Jahren 1874 und 1875 unternahm KAUFMANN in Begleitung von MÖSCH Exkursionen ins Gebiet des Buochserhorns und der Giswilerstöcke. Die gesammelten Petrefakten schickte er an DE LORIOI, Paläontologe in Genf, der sofort konstatierte, dass es sich um keine Kreidefauna handle. Er vergleicht dann genau das Mythengestein mit dem der Giswilerstöcke und des Buochserhorns und kommt mit MÖSCH und DE LORIOI zur festen Überzeugung, dass die hellen Mythenkalke aus dem Jura stammen. In der Folge veröffentlicht KAUFMANN diese Entdeckung im Jahrbuch des S. A. C. (1875/76) in der Abhandlung „Fünf neue Jurassier“, wobei er die Klippenberge Mythen, Buochser- und Stanserhorn, Enzimattberg und auch den Giswilerstock im Auge hatte. Sein Motto lautet hier: „Viribus unitis.“ Also auch KAUFMANN sieht in den Klippen Fremdlinge, die aus Trias-, Jura- und Kreidesteinen sich aufbauen,

demnach einer andern Formation angehören und in den Einsenkungszonen der normalen Falten als Überbleibsel festgehalten sind.

1875 wird von der Schweizerischen Geologischen Kommission Blatt IX der Karte 1:100,000 veröffentlicht. In dieser Arbeit ist der grössere Teil des Kantons Schwyz, mit Ausnahme des Muotathalgebietes, enthalten; es ist seinerzeit von ARNOLD ESCHER vorskizziert worden. Die SW-Ecke bis an die Sihl ist nachher von KAUFMANN und die Molasse von GUTZWILER ausgearbeitet worden. Beide Geologen waren der Aufgabe gewachsen; waren sie doch gelehrige Schüler von ARNOLD ESCHER. Manche Stellen hatten sie nachher, mit ESCHER zusammen, nochmals besucht und studiert. Das Gebiet des Kantons Schwyz ist in dieser Karte sehr gut und eingehend dargestellt; alles von ESCHER Vorgezeichnete ist bestätigt und da und dort ergänzt worden. Gegenüber der frühern Karte von 1869 in kleinerem Maßstabe ist die wesentliche Korrektur eingefügt worden, dass die untern Kalkwände des Mythen nicht aus Schrackenkalk, sondern aus Malnkalk bestehen. Die Schichten des Roggenstockes sind als Ibergsschichten bezeichnet.

1877 erscheinen die Arbeiten von KAUFMANN über die „Mythenstöcke, Sihltäler und Hohe Rohne“ im Druck, nachdem er sie bereits schon 1876 vollendet hatte, in den „Beiträgen zur geologischen Karte“, XIV. Lief., II. Abt., unter dem Titel: „Kalkstein- und Schiefergebiete des Kantons Schwyz und Zug und des Bürgenstocks bei Stans“, Blatt IX. Er benützte zu dieser Arbeit auch die geologischen Aufzeichnungen von ARNOLD ESCHER, und zeichnete selbst eine geologische Karte über dieses Gebiet, deren Original im Museum von Bern sich befindet.

Über die Grenze zwischen Molasse und Eozän schreibt KAUFMANN (S. 133): „Die Berührung der Molasse mit Eozän ist ausser dem Lautobel bei Sattel nur noch in der Gegend vom Guggel, zirka 1 km westlich vom Gipfel des Engelstockes, von mir beobachtet worden (1872). Die Zone der untern Molasse (Molasse rouge) ist im SSO von Altmatt durch einen kleinen Steinbruch entblösst (in einem Seitentälchen, zirka 800 m von Altmatt entfernt). Im W und N von Einsiedeln tritt diese Zone, wie bekannt, an vielen Stellen zutage, so an der Strasse Einsiedeln—Biberbrück.

Rote Mergel findet er anstehend beim Alpeinschnitt am Horgenberg bei Einsiedeln, wie auch im Rappennest bei Einsiedeln unter dem Hochterrassenschotter.

KAUFMANN berichtet weiter: „Herrn P. SIDLER verdanke ich über die neuern Ablagerungen von Einsiedeln folgende Mitteilungen: „Über die Geröll- und Schuttmassen, welche in der Gegend von Einsiedeln zutage treten, habe ich schon seit längerer Zeit einige Notizen gesammelt. Bei Einsiedeln selbst ist es die ganze Brüel-ebene (nördlich vom Kloster), welche meist über 20 Fuss tief hinab Grienlager aufweist, ebenso der starke Hügelzug, welcher zwischen den Niederungen der Sihl und dem Talkessel der Alp die Wasserscheide darstellt.

Mitten in diesen Schuttmassen liegen oft Felsblöcke von sehr namhafter Grösse, eckig und kantig, der Gesteinsart nach aus dem Sihltale stammend. Das nämliche wiederholt sich durch den halbkreisförmigen Hügel von Birchli über Horgenberg bis Schlagberg an der Sihl, so dass man hier auf eine Endmoräne des Sihlgletschers schliessen möchte. Nahe bis an die durch genannten Hügelzug bezeichnete Grenze reichen die Findlinge des Sernfgesteins.“

„Nebst diesem Gletscherschutt erwähne ich noch einer mächtigen Ablagerung von Letten, als einer der jüngsten Talbildungen in der Umgegend von Einsiedeln. Diese Ablagerung wird von Fremden meist wenig bemerkt, obwohl der Flecken selbst bis hart an die Front des Klosters auf einer oft über 30 Fuss mächtigen Lettenschicht steht, welche sich südlich in die Wäni, nach Trachslau und zum Kloster Au, westlich bis an den Fuss der Samstagn, Kreuzweid (eigentlich Hundwylern geheissen), Katzenstrick und Brunnern, nördlich bis zum Schnabelsberg, Rappennest und Horgenberg erstreckt. Die Letten rühren von den ausgewitterten Mergeln am Freiherren- und Wäniberg, an der Samstagn, Kreuzweid usw. her. Sie werden in den Töpferwerkstätten und Ziegeleien benützt. Beachtet man einerseits, dass die Grenzen der Lettenverbreitung ziemlich genau in die Niveaukurve fallen, welche durch die Höhe bestimmt ist, bis zu der die Alp anschwellen musste, bevor sie sich die tiefen Schluchten durch das Rappennest ausgewaschen hatte, und beachtet andererseits die überall sehr feine und gleichmässige Verteilung der Lettenschichte, wie sie aus keinem fliessenden, wohl aber aus einem stehenden Wasser sich niederschlagen konnte; so gelangt man zur Ueberzeugung, dass dieser Talkessel zur Zeit dieser Lettenbildung einen See umschloss. Ähnliches liesse sich unschwer für die Niederungen der Sihl zwischen

Euthal, Gross und Willerzell dartun. Gegenwärtig sind die Lettenschichten an den meisten Stellen durch Torf bedeckt.“

1877 hatte CHARLES MAYER (1826—1907) im Eozän der Sihltäler die ihm von ESCHER bezeichneten Fossilfundstätten Steinbach, Stockplangg und andere gründlich durchsucht und eine reichliche Menge von Versteinerungen in die Zürcher Sammlungen gebracht und genaue Bestimmungen wie auch Vergleichen mit andern eozänen Fundstellen, besonders in Paris und Ägypten, durchgeführt. Er bestimmte 435 Arten und ordnete sie in einem systematischen Verzeichnis. Leider sind diese Fossilien fast alle nur Steinkerne.

Im Jahre 1877 schuf Professor RÜTIMEYER in Basel (1825 bis 1895) einen Prachtsband „Die Rigi“. Er gibt darin die Unterscheidung der Kalknagelfluh und bunte Nagelfluh und behandelt sehr gut die erratischen Blöcke an der Rigi wie auch die Fragen der Talbildung, in die hinein er helles Licht gebracht.

1878 unternimmt ALBERT HEIM in der obern Hälfte des Vierwaldstättersees Tiefseemessungen. Es zeigte sich, dass der Grund des Urnersees ganz flach sich gestaltet und im Querprofil Rütli-Morschach 196—200 m tief liegt. Nach Norden erstreckt sich das ausgedehnte Muota-Delta, das bis nach Treib hinüberreicht und auf dem Grunde einen Seeboden von Muota-Sand und -Schlamm bis an die Schwelle der Moräne bei Schwibogen aufgeschüttet hat, so dass die Wassertiefe hier nur 120 m beträgt.

1879 publiziert U. STUTZ, Dozent der Geologie am Eidgenössischen Polytechnikum, eine Arbeit über die Contorta-Zone aus der Urschweiz und die Terebratula diphya von der Axenstrasse. Er schliesst seine Veröffentlichung folgendermassen: „Wir haben also wirklich die Diphyenkalk vor uns. Die Schichten, auf dem Neocom liegend, sind umgekehrt und gehören in die Sohle. Die unterteufenden Schichten des Corallien fehlen. Die folgenden Eozängebilde gehören zum Hangenden des Axenberges. Die letztere Kette ist von derjenigen der Frohnalp durch die grosse Verwerfung geschieden, welche über das Riemenstaldental, das Muotathal, Prugel und Klönthal verläuft und die obersten Kreide- oder Eozän-schichten ins gleiche Niveau bringt mit den Diphyenkalken. Dass unser ganzes Gewölbe zwischen Brunnen und Sisikon (Sissigen) von der Frohnalp sich losgelöst und in die Tiefe gesenkt habe, hoffe ich später bis zur Evidenz nachzuweisen. Dabei stülpte sich der Südschenkel um, so dass wir jetzt den Kieselkalk auf oberen

Neocommergeln und die Diphyenkalke auf Kieselkalken liegen sehen.“

1882 erscheint vom gleichen Autor im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie die „Geologische Beschreibung der Axenstrasse“, worin nicht nur sehr viele und neue Fossilien erwähnt und bestimmt sind, sondern auch die Stratigraphie vom Dogger bis zu den Nummulitenkalken behandelt wird.

1890 legt uns STUTZ eine neue und gründliche paläontologisch-stratigraphische Studie vor über: „Das Keuperbecken am Vierwaldstättersee, mit 12 Holzschnitten.“

1885 gibt die Geologische Kommission das Blatt XIV (1:100,000) in geologischer Bearbeitung heraus. Darauf sind die „Hochalpen zwischen Reuss und Rhein“ dargestellt und in der NW-Ecke beinahe das ganze Gebiet des Muotathals. Diese Bodenfläche ist von ALBERT HEIM unter Benützung der Reisenotizen von ARNOLD ESCHER neu aufgenommen worden. Erst im Jahre 1891 erscheint dazu der Textband als Lieferung XXV (1. Serie), mit Profilen und Abbildungen, so unter anderen Profil 8: vom Köpfenstock zum Glärnisch usw., auf Tafel III die Profile von Ingenbohl bis zum Rophaien und das der Silbern. Die Profile wurden von ALBERT HEIM selbst in Stein gestochen. Neu ist für die Berge des Kantons Schwyz, dass er in der Silbern eine mehrfache Übereinanderlagerung von Falten der Kreidekalke und Eozänschichten feststellte und dass die flachliegenden Falten ihre Gewölbeumbiegungen gegen Norden schliessen und südlich, nämlich im Rätischtal, steil aus ihren Wurzeln heraufsteigen. Die flachen Eozänmulden sind gegen Norden geöffnet. Im allgemeinen sinken die mehrfachen Gesteinsfolgen von SSE gegen NNW in die Tiefe. Malm und Dogger der Schächenthaler Windgälle und des Bisisthales sinken unter die Kreide des Axenberges und die Schichten des Axenberges unter die der Frohnalp-Drusbergkette.

Im Jahre 1893 bis 1896 berichtet Dr. KARL BURKHARDT (geb. 1869) in den „Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz“ (XXXII. Lieferung) über die Kontaktzone der Kreide und des Tertiärs im besondern, mit Rücksicht auf den Kanton Schwyz, über die Kontaktzone im Rigigebiet, wo vor allem die Rigi-Hochfluhkette, der Vitznauerstock und der Kontakt zwischen Eozän und Rigi-Nagelfluh zur Sprache kommen. BURKHARDT hebt klar hervor, dass die Nummulitenzone, die schon von Sarnen, im Süden vom Brisen,

im SW von Bauen kommt und dann sich fortsetzt über Sisikon, Katzenzägel, Muotathal, Pragelpass, Richisau, Deyenalp, Rautispitz, Näfels, Kerenzen, Bättlis, zum Südabhang der Churfirten und weiter über Sälisalp, Langegg bis nahe bei Wallenstadt sich zusammenhängend verfolgen lässt. Er gliedert vor allem die mittlere Kreide der Wägghalerberge, wo er eine nördliche und südliche Fazies unterscheidet. Nach ihm fehlen in der Südfazies Albien und Aptien völlig und das Cenoman transgrediert auf den Requiendienkalk. Die Ketten südlich der eben genannten Linie zeigen viel schwächere Entwicklung der Kreideschichten, besonders des Schrattenskalkes und des Gault, hingegen die nördlich davon gelegene Frohnalp-Drusberg-Churfirtenkette eine stärkere und gegliedertere Entwicklung des Schrattenskalkes, Gaults und Seewerkalkes. Auf dieser Linie stossen daher zwei Kreidefazies aneinander, die weit voneinander entstanden sind.

Den Deckenbau kennt KARL BURKHARDT noch nicht und weist ihn auch später ab. In dieser Arbeit beschäftigt er sich schon mit der Kontaktlinie der Kreideketten und der Molasse, die auf der ganzen Länge von 38 km den Kanton Schwyz durchschneidet, und zwar von Vitznau über Einsiedeln, das Vorderwägghal bis südlich vom Hirzli und Weesen. Diese Linie teilt den Kanton Schwyz in einen südlichen Abschnitt, die Alpen, und in einen nördlichen, die Voralpen. Die Molasse in horizontaler Lagerung findet sich erst nördlich des Kantons Schwyz. Der ganze Kanton liegt demnach im Gebiet der tertiären, alpinen Erdkrustenbewegung. Die ganze Kontaktlinie zeigt überall ältere Erosion an der Molasse, und dann das Anstossen, zum Teil Überstossen der Kreideketten.

In dieser Zeit taucht eine epochemachende Theorie auf dem geologischen Forum auf. Schon ARNOLD ESCHER erkannte, dass das Kreidegebirge fast durch die ganze Schweiz auf das Tertiär überschoben ist, welches Problem 1875 aufs neue zur Sprache kam, aber erst in den Jahren 1893—1896 stellten SCHARDT und später LUGEON, anlehnend an BERTRAND das Licht über „Die Theorie vom Deckenbau der Alpen“ auf den Scheffel. 1903 schloss sich auch ALBERT HEIM der neuen Theorie an.

1893 erscheint in den „Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz“ die sorgfältige Arbeit eines Schülers von STEINMANN in Bonn, Dr. EDMUND C. QUEREAU aus Amerika, nämlich: „Die Klippenregion von Iberg (Sihlthal)“. Nach ihm sind die couches rouges

nicht obere Kreide, sondern Tithon. QUEREAU glaubt mit STUDER, GÜMBEL und später ROLLIER an ein Vindelicisches Gebirge. Er bespricht seine Zusammensetzungen, Lage und Ausdehnung. Seiner Arbeit fügt er eine gute geologische Karte von 1:25,000 der Iberger-Klippen und ihrer Umgebung, einschliesslich Forstberg, Drusberg und Fiedersberg bei.

1894 veröffentlicht Dr. CASIMIR MÖSCH, Zürich, in den „Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz“ (XXIV. Lieferung, 3. Abteilung) „Geologische Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss und Kiental“. Er behandelt darin 3 Abschnitte, die sich auf den Kanton Schwyz beziehen: 1. Das rechtsseitige Ufer des Vierwaldstättersees zwischen Brunnen und Flüelen (Axenstrasse). 2. Ein Beitrag zur Geologie der NW-Ecke des Kartenblattes XIV innerhalb der Grenzen zwischen dem Linththal-Urnerboden-Schächenthal-Reussthal und dem Vierwaldstättersee bis Brunnen, mit Einschluss des Muota-Bisisthales bis zur Höhe des Pragelpasses. 3. Der Frohnalpstock.

Vom Jahre 1900 bis auf den heutigen Tag wurde die Schweizerscholle, wie zuvor, ununterbrochen mit vorbildlichem Eifer und zäher Ausdauer petrographisch, geologisch und paläontologisch bearbeitet, so dass zur Klärung der verworrenen Verhältnisse unseres Alpenkörpers, des Jura und der Molasse sehr befriedigende Resultate ans Licht gekommen sind.

Vor allem sind es nicht wenige und unbedeutende Forscher gewesen, die sich gerade die Formationen, die den Kanton Schwyz durchziehen, zum Gegenstand ihres geologischen Studiums machten. Grossartige und schwierige Probleme harrten hier ihrer Lösung. Um das Jahr 1900 herum und schon vorher erfuhren die geologischen Vorstellungen über unsern Alpenaufbau gewaltig einschlagende Änderungen. Es war die Erkenntnis vom Deckenbau der Alpen, die tief in die geologische Wissenschaft eingriff. Er wurde zuerst erkannt von den Geologen BERTRAND, SCHARDT, LUGEON usw. (Siehe ALBERT HEIM, Geologie der Schweiz, II. Bd., S. 13—32). Eine Menge von Unbegreiflichem wandelte sich plötzlich in Selbstverständliches um. Überwältigend und unbegreiflich schien es, dass unsere helvetischen Kalkgebirgsketten von der Südseite des Tödi-Urnerloch-Galenstock-Granitmassivs herübergestossen worden sind, als liegende Falten, eine über die andere. Aber die genau und überall beachteten Tatsachen sind nicht zu leugnen und beweisen es.

Wenn wir all die aufreibenden Arbeiten der Geologen, die im Kanton Schwyz geforscht, ins Auge fassen, so müssen wir bekennen: sie haben Grossartiges geleistet. Wir wollen hier die Resultate seit 1900 kurz zusammenfassen und überschauen. Sie haben folgende Glieder gefunden, die das Gebirge im Kanton Schwyz von S nach N aufbauen:

1. Die Axendecke: Sie kommt vom S über den Tödi-Klariden-Scheerhornrücken herab und setzt am Klausenpass ein. Ortstock, Glattalp, Karrenalp und Schächenthaler Windgälle sind aus ihrem Jurakern modelliert. Nach Süden, gegen den Klausenpass hin, reicht sie auf ganz ebener Rutschfläche hinauf und bricht am Pass durch Verwitterung und Erosion ab. Gegen NNW wird dieser gewaltige, gefaltete Faltenkern dünner. Zwei km südlich von Flüelen, am Axen, in etwa 1200 m Meereshöhe, endet er mit scharfer, nach N gekehrter Umbiegung. Das gleiche findet gegen NE am Deyenstock, nördlich des Klönthalersees, in etwa 1500 m Meereshöhe statt. Das ist das gegen NNW gekehrte Umbiegungsknie der Malmschichten des Deckenkernes. Nirgends wurzelt er nach der Tiefe. Die ganze Gesteinsmasse schwimmt auf den jüngern Eozänschichten und ist an ihrem N-Ende von diesen umwickelt. Das ganze Bisisthal ist in die Lias-, Dogger- und Malmschichten der Axendecke eingeschnitten.

Um die Malmschichten schliessen sich die Kreideschichten. Sie fallen ab vom Axengrat, Wasserberg und der Silber, mit vielen untergeordneten Komplikationen. Alle die Kreideschichten tauchen an der Eozänzone Sisikon-Katzenzägel-Muotathal-Pragelpass nach N tief ein und biegen sich in der Versenkung rückwärts um den Malmkern herum. Diese Verhältnisse sind am Querschnitt des Urnerseetales, am Axen, und das andere Ende am Deyenstock im Klönthal. Die Kreide dieser Ketten schlägt auch hier nach der Tiefe keine Wurzeln, sondern steckt als umgekehrter Umbiegungskopf im Flysch. So gestaltet sich der Verlauf einer sogenannten Tauchdecke.

2. Die Drusbergdecke ist im Kanton Schwyz nur in den Schichten des Kreidesystems vorhanden. Ein Jurakern ist nirgends zu finden, die innerste Füllung über der Überschiebungsfäche aus Valangienkalk (Valangienschichten). Die Sekundärfalten entwickeln sich nach oben sehr schön mit den Kieselkalk-, Schrattenkalk-, Gault- und Seewerkalkschichten. Die volle Mächtigkeit des Kreide-

komplexes ist durchwegs entblösst an dem nördlichen Gehänge des Riemenstaldenthal und setzt dann beim Dorf Muotathal auf die N-Seite des Muota-Prageltales über. Wiederum findet Abfallen des Kopfbruches nach Süden und im allgemeinen Absinken der Schichten nach NNW statt. Die Drusbergdecke dehnt sich nach N mächtig aus, sie wird zur Säntisdecke und spaltet sich schon im schwyzerischen Gebiet in einige Zweige, die sich nach N in prachtvollen Umbiegungen abschliessen. Solche sind: die Säntisdecke, Räderten-decke und Drusbergdecke in s. s. Diese Deckenzweige zeigen ihre nördliche Frontumwendung wie folgt:

<i>Hauptdecke:</i>	<i>Teile:</i>	<i>Regionale Ausdehnung:</i>
Säntis-Drusberg- decke	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Drusbergdecke s. s.} \\ \text{Räderten- und} \\ \text{Säntisdecke s. s.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fluhbrig—Drusberg—} \\ \text{Tierberg—Räderten-} \\ \text{stock} \\ \text{Wiggis—Aubrig?} \end{array} \right.$
<i>Axendecke:</i>		
Griesstock—Wa- geten		$\left\{ \begin{array}{l} \text{Silbern—Bächistock—} \\ \text{Axenberg—Klausen—} \\ \text{Köpfler} \end{array} \right.$

An vielen Stellen finden wir unter den ältesten Schichten einer Decke oder Teildecke eine ziemlich ebene Rutschfläche oder manchmal auch Fetzen verquerter Schichten in verkehrter Reihenfolge übereinander liegen, ein sogenannter „verkehrter Mittelschenkel“. Der obere normale Schenkel einer Decke oder Teildecke weist schöne kleinere Falten mit der ursprünglichen Mächtigkeit der Schichten auf.

3. Das ausgedehnte Flyschland. Im Flysch stecken einige von den Kreidefalten abgerissene Fetzen (Aubrige, Köpfenstock) und an andern Stellen liegen Klippen auf dem Flysch. Bekanntlich bestehen die Klippen aus fremdartigen Gesteinen, abgetrennt vom Ursprungsort. Sie enthalten Fetzen basischer Eruptivgesteine, ferner Trias-, Jura- und Kreideschichten. Wie bekannt, gehören zu den Schwyzerklippen die Mythenstöcke, die Rotenfluh, die beiden Schyen, die Lauchernstöcke mit der Mördergrube und der Roggenstock. Klippen mit gleicher Gesteinsart und gleichen Fossilien finden sich auch in der Stockhornkette, in den Préalpes romandes und in Savoyen. Nur wenige Klippen finden wir im Osten,

wohl aber im Rhätikon, der gegen Süden umbiegend in die ostalpinen Decken des Oberengadins übergeht. Im W wie im E liegen die Klippengesteine auf den Flysch aufgeschoben oder andern neuern Bildungen. Sie sind Reste der obersten ostalpinen Decken, am Südrand der Ostalpen wurzelnd. Die abgewitterten und abgspülten Teile der Klippendecken liegen grossenteils als Gerölle in der Nagelfluh. Die Klippen finden ihre Erklärung in den Decken.

4. Nördlich des ausgedehnten Flyschlandes folgt die Molasse. Wir erkennen an der Kontaktlinie von Vitznau über den Lowerzersee — Biberegg — Sattellegg — Vorderwäggethal — N — Köpfenstock — Niederurnen — Weesen verschiedene Variationen. Manchmal verläuft das Streichen der Molassebänke schief oder ganz quer zum Flysch, meistens ist die Grenze der Nagelfluh-, der Sandstein- und Mergelschichten ganz unabhängig von der Schichtlage. Es handelt sich hier um die tektonische Kontaktzone zweier Gebirgsmassen von verschiedener Entwicklungsgeschichte. Nahe am Kontakt fällt die Molasse meist ziemlich steil nach SE unter das Alpenland ab. In einer Entfernung von 3 und mehr km, nördlich der Flyschgrenze, stehen die Molasseschichten senkrecht (Aegerisee bis Schübelbach), die Schichtlage schwankt um die Vertikale. Von Feusisberg bis Schmerikon verläuft eine Antiklinale. Die marine Molasse bis Bäch — Freienbach — Wollerau fällt nach NNW ein.

Eine durchgehende genaue Untersuchung des Molassegebietes ist heute noch nicht abgeschlossen. Wohl hat E. BAUMBERGER in den *Eclogae* (geol. Helv. vol. 24, Nr. 2, 1931) in neuester Zeit einen wesentlichen Beitrag zur Aufklärung publiziert, nämlich „Zur Tektonik und Altersbestimmung der Molasse am schweizerischen Alpenrand“. Er ist überzeugt, dass am ganzen schweizerischen Alpenrand die Lagerungsverhältnisse der Molasse durch das alpine Deckengebirge bestimmt worden sind. Die subalpine Molasse ist in ihrem alpennähern Teil eine Überschiebungszone mit ausgesprochener Schuppenstruktur. Die Schuppen enthalten nur stam-pische Sedimente nach BAUMBERGER u. a., und er bemerkt weiter: „Noch steht der Untersuchung ein weiteres Feld offen. Es tauchen immer wieder neue Fragen auf. Es braucht noch viel gründliche Arbeit im Felde und eine seriöse Auswertung der paläontologischen Belege, um die Schwierigkeiten zu überwinden, die das Problem der subalpinen Molasse noch immer in überreicher Masse bietet.“

In den Alpen ruhen die helvetischen Decken immer auf der stam-pischen Molasse und nicht auf der obern Molasse.“

5. Quartärgebilde sind im Sihlgebiet des Kantons Schwyz reichlich vorhanden. Der Talverschluss durch die grosse Linthgletscher-Randmoräne bei Schindellegi hat das hohe Niveau des obern Sihltales festgelegt. Gewaltige Moränenwälle umranden das Einsiedlermoor und gestalten den Talgrund bei Bennau und Altenberg bis zur Teufelsbrücke hinaus. Unterhalb Einsiedeln findet man die Spuren früherer Flussläufe, die heute quellenführend sind. Die Schlagbühlschlucht ist entstanden durch eine Verstopfung des etwas weiter links gelegenen Sihllaufes. Das Material dazu stammt aus der grossen Einsiedlermoor-Endmoräne. Dadurch wurde die Sihl nach rechts abgelenkt und schnitt sich in den dortigen Molasse-sporn ein, wodurch vor Zeiten ein See entstanden, der durch den neuen Stausee zum Teil wieder hergestellt wird.

Wie aus den vorliegenden Ausführungen zu ersehen ist, starrten vor 200 Jahren die gewaltigen Felstürme und Felszinnen unseres Alpenkörpers den ersten geologischen Schweizer Pionieren noch stumm und trotzig ins Antlitz. Die Gebirge gaben ihnen auf all die hundert Fragen, die sie an sie stellten, nicht die geringste Antwort. — Erst allmählich, nach ungezählten Bergfahrten der Wissbegierigen, fingen sie langsam an, leise ihren Mund zu öffnen, und heute, nach hundertjähriger Bestürmung, halten sie mit unsern Geologen intime Zwiesprache.

Die satirische Bemerkung, die LECLERC DE BUFFON (1707—1788) von den Geologen seiner Zeit machte, hätte heute, auf die Schweizer Geologen angewendet, keine Berechtigung mehr. Er sagte nämlich: Die Geologen können, den römischen Auguren gleich, auf der Strasse sich nicht begegnen, ohne zu lachen.

Heute stehen unsere Schweizer Geologen vor einem mächtigen, glanzvollen Gebäude geologischen Wissens, das auf den denkenden Menschen einen erhebenden Eindruck machen muss.

Aber gerade im Angesichte dieser Tatsache müssen wir dankbar unserer ersten geologischen Schweizer Pioniere gedenken, die keine Mühe scheuten, Quaderstein um Quaderstein aus den Felsen herauszuberechnen zum Fundamente des heutigen petrographischen, stratigraphischen und tektonischen Kolosseums, wie es u. a. in ALBERT HEIMS „Geologie der Schweiz“, RUDOLF STAUBS „Bau der

Alpen“, in seiner „Alpinen Morphologie“, in der „Geologie der Alpen“ von CADISCH und vielen andern Werken skizziert ist.

Heute gehört die Schweiz glücklicherweise, trotz ihrer verworrenen, schwer erschliessbaren tektonischen Verhältnisse, zu den geologisch besterforschten Ländern, was für sie in wirtschaftlicher, technischer und wissenschaftlicher Hinsicht von unschätzbarem Werte ist.

Einzig schon diese gewaltigen Errungenschaften auf dem Gebiete geologischen Wissens, ganz abgesehen von den andern naturwissenschaftlichen Zweigen, sind Grund genug, um mit Freude, mit Begeisterung und mit Stolz eine Jahresversammlung der S. N. G. zu begehen. — Daher erkläre ich in diesem Sinne die 116. Jahresversammlung der S. N. G. als eröffnet.

# Fünfundsiebzig Jahre Spektralanalyse

Von

AUG. HAGENBACH, Basel

(Der Vortrag war durch 36 Projektionen — meistens Originalaufnahmen von Spektren aus der Physikalischen Anstalt Basel — bereichert.)

Im Jahre 1860, also vor 75 Jahren, erschien in den Annalen der Physik die Abhandlung von KIRCHHOFF und BUNSEN, betitelt „Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen“, von der man mit Recht behaupten kann, dass sie das gewaltige Gebiet der Spektralanalyse einleitete.

Mit einem einfachen Spektralapparat, bestehend aus Kollimator, Fernrohr und drehbarem Prisma, beobachteten sie die Flammen, die durch die Chloride der Alkalien und Erdalkalien gefärbt wurden. Sie verwendeten verschiedene Flammen, Schwefelkohlenstoff, Alkohol usw., vor allem die nicht leuchtende Leuchtgasflamme, den Bunsenbrenner, der damals aus dem Bedürfnis heraus, die Störung durch die Leuchtkraft der Flamme zu vermeiden, entstanden ist. Als erstes wichtiges Resultat erwähnen die beiden folgendes: „Man kann auf diese Linien eine Methode der qualitativen Analyse gründen, welche das Gebiet der chemischen Reaktion erheblich erweitert und zur Lösung bisher unzugänglicher Probleme führt.“

Den Chemiker BUNSEN interessiert vor allem auch die ungeheure Empfindlichkeit spektralanalytischer Reaktionen und er stellt fest, dass z. B. weniger als ein Millionstel mg Na noch zu erkennen ist. Verschiedene Salze der Alkalien gaben das nämliche Spektrum, so dass man daraus schliessen muss, dass nur die Metalle leuchten. Sie sprechen von der Bedeutung der Methode für die Auffindung neuer chemischer Elemente, die infolge ihrer Seltenheit chemisch nicht gefunden werden können. Sie sagen, „dass es wirklich solche bisher unbekannte Elemente gibt, davon haben wir uns bereits zu überzeugen Gelegenheit gehabt.“ Sie finden spektralanalytisch das

Cäsium und das Rubidium. Heute können wir noch viele weitere Elemente nennen, die ihre Entdeckung dieser Methode verdanken. Ich erinnere vor allem an die Reihe der Edelgase.

Zum Schlusse kommen sie darauf zu sprechen, dass die Spektralanalyse auch auf die Sonne und Sterne anzuwenden sei und sie begründen damit die Astrophysik, ein Gebiet, das heute in einem Stadium höchster Entwicklung steht.

Die FRAUNHOFERSchen Linien des Sonnenspektrums waren damals bekannt, ihre Bedeutung aber nicht. Die Lösung dieses Problems verdankt die Physik KIRCHHOFF.

Zu gleicher Zeit erschien von KIRCHHOFF eine Publikation, deren Bedeutung erst im Lauf der Jahre und Jahrzehnte voll erkannt worden ist. Sie enthält den Beweis des Satzes, dass für jede Temperaturstrahlung die Emission der Absorption bei gleicher Temperatur proportional ist. Natriumdampf sendet somit nicht nur die gelben D-Linien aus, sondern er verschluckt sie auch. Diese Tatsache wurde von KIRCHHOFF und BUNSEN in dem bekannten Versuch der „Umkehr der Natriumlinien“ experimentell bewiesen.

Damit waren aber auch die FRAUNHOFERSchen Linien, d. h. die dunklen Linien des Sonnenspektrums, als Absorptionslinien erklärt. Man kann ebensogut durch die Absorption wie durch die Emission die chemische Natur des Oszillators feststellen. Die Ausichten mit dem Spektroskop die Analyse der Gestirne durchzuführen, schien erfolgreich.

Nach dieser kurzen Skizze der Entdeckung der Spektralanalyse machen wir einen Sprung in die heutige Zeit und betrachten in einer schematischen Darstellung das gesamte elektromagnetische Spektrum, wie es heute bekannt ist. Das Gebiet des sichtbaren Lichtes ist nur ein kleiner Teil, aber immerhin ein wichtiger. Für unsere Betrachtungen brauchen wir neben dem sichtbaren den ultravioletten Teil, der leicht photographisch festgehalten werden kann. Diesen beiden Gebieten kommt für die Strahlung der Gase die grösste Bedeutung zu. Der ultrarote Teil ist das Gebiet der Wärmestrahlung der festen Körper, es kann mit dem Thermoelement energetisch erfasst werden. Für die experimentell erforschten Gesetze hat PLANCK eine Erklärung gesucht und ist dabei zur Quantentheorie geführt worden, wonach die Strahlungsenergie immer nur in bestimmten Paketen vorkommt. Wie wir die Materie aus Atomen und die Elektrizitätsmengen aus Elektronen

und Positronen zusammenbauen, müssen wir die Strahlungsenergien gequantelt auffassen. Die Konsequenzen dieser Hypothese für die Spektroskopie werden wir später besprechen.

Das kurzwellige Gebiet der Röntgen- und Gammastrahlen, sowie die langen, die sogenannten elektrischen Wellen lassen wir ganz weg. Generell unterscheiden sich diese Gebiete nicht anders voneinander wie die hohen von den tiefen Tönen in der Musik; aber in bezug auf die Entstehung und die Methodik der Untersuchung auch in ihren Anwendungen behalten sie ihre spezielle Eigenart. Wir beschränken uns also auf die Emission des Sichtbaren und des Ultravioletten.

Wir wollen nun verfolgen, wie der Grundgedanke von KIRCHHOFF und BUNSEN der eigentlichen Spektralanalyse in die Physik eingegriffen hat. Ein Körper in Gasform zum Leuchten gebracht, sendet Licht aus, das spektral zerlegt für das leuchtende Element charakteristisch ist. Man kann also, wenn alle Spektren der Elemente bekannt sind, aus einem Spektrum auf die Gegenwart der elementaren Stoffe schliessen, d. h. im chemischen Sinne Analysen vornehmen.

Die ersten Untersuchungen bezogen sich auf die Alkalien und Erdalkalien. Diese lassen sich leicht spektral erkennen, die Erregung in der Flamme genügt, denn der sichtbare Teil des Spektrums ist durch relativ wenige charakteristische Linien typisch.

Für die weiteren Elemente war vor allem die Flammenmethode ungenügend. Der elektrische Lichtbogen, in dem infolge seiner hohen Temperatur von fast 4000 Grad alle Substanzen verdampfen, und der elektrische Funke mit allen seinen Variationen (Kapazität, Selbstinduktion, Druck-Geissleröhren) brachten die gewünschte Erweiterung der Lichterzeugung für alle Elemente.

Zum Zwecke der Analyse müssen häufig verschiedene Leuchtmethoden kombiniert werden, sonst ist man durchaus nicht sicher, ob man alle gesuchten Elemente im Spektrum vorfindet. Wir ersehen das z. B. aus den Flammenspektren. Die verschiedenen Salze des Kaliums zeigen im Bunsenbrenner alle das gleiche Spektrum. Wo ist aber das Cl des Chlorides, das Br des Bromids usw.? Ferner im Spektrum der Luft hat man von den Spektren der Edelgase nie etwas gefunden; erst als man die Gase stark anreichern konnte, gaben sie sich spektroskopisch zu erkennen.

Diese Beispiele, die durch viele vermehrt werden könnten, mögen uns beweisen, dass oft mehrere Erregungsarten für ein zu untersuchendes Präparat gewählt werden müssen.

Dies sonderbare Verhalten der verschiedenen Elemente ist heute geklärt. Wir wissen, dass jede Spektrallinie eine bestimmte Anregungsenergie verlangt, und wenn diese nicht zur Verfügung gestellt wird, so bleibt die Linie aus. Grosse Energien stecken im Bogen und im Funken, weshalb diesen Methoden die bedeutendste Rolle zukommt.

Um die Spektren zu beobachten, verwendet man entweder Spektroskope zur okularen Betrachtung oder Spektrographen zu photographischen Aufnahmen. Letzterer Methode kommt eine viel grössere Bedeutung zu, weil man nicht an den sichtbaren Teil gebunden ist, weil man ferner ein Attest hat, das mit einem Messmikroskop beliebig oft ausgemessen und jederzeit zum Vergleich wieder herangezogen werden kann.

Die Prismenapparate sind lichtstark, können aber nur zum Vergleich von Spektren, also zu relativen Messungen dienen.

Physikalisch ist jede Spektrallinie einer Wellenlänge in Zentimetern ausdrückbar. Die Spektralfarbe ist ein physiologischer Begriff und hat im Sichtbaren höchstens qualitative Bedeutung. FRAUNHOFER hat schon 1822 Beugungsgitter hergestellt, um optische Wellenlängen messen zu können. Glasplatten, die mit vielen parallelen Furchen — einige Hundert pro Millimeter — geritzt sind, geben Beugungsbilder, die für jede Wellenlänge an verschiedener Stelle entstehen. Sie dienen also ebenso wie Prismen zur Erzeugung von Spektren. Man kann nun aber aus dem Abstand der Gitterfurchen und dem Beugungswinkel die Wellenlängen rechnen. Dies ist prinzipiell sehr einfach, praktisch aber schwierig, sobald man grosse Genauigkeit fordert. Die Schwierigkeit liegt bei der Messung der Gitterkonstanten, d. h. des Abstandes der Gitterfurchen. Wie auf allen Gebieten der Physik, sind auch hier die absoluten Messungen schwieriger wie die relativen. Man wurde deshalb unwillkürlich darauf geführt, ein linienreiches Spektrum absolut auszumessen und dann alle weiteren Messungen an dieses Spektrum als Maßstab anzuschliessen.

Die ersten absoluten Messungen sind mit den D-Linien, d. h. mit den gelben Natriumlinien von ÅNGSTRÖM ausgeführt worden und wurden von verschiedenen Physikern wiederholt. Der Mittel-

wert diene nun zunächst als Ausgangswert für alle weiteren Wellenlängen.

Mit den Gittern kann man nach der Koinzidenzmethode eine Wellenlänge mit andern Wellenlängen, die ungefähr halb oder drittel oder viertel so gross sind, vergleichen. Dies hat vor allen zuerst ROWLAND in Baltimore systematisch durchgeführt. Er hat von 1882 an die ersten Konkavgitter mit einer von ihm konstruierten Teilmaschine hergestellt, wobei die Gitterfurchen auf einem Hohlspiegel aus einer alle Wellenlängen reflektierenden Metallegierung geteilt wurden. Durch die Anwendung des Hohlspiegels werden alle Linsen entbehrlich. Diese Gitter mit zirka 600 Linien pro Millimeter sind Kunstwerke. ROWLAND hat nun nach der Koinzidenzmethode das Eisenspektrum ausgemessen, wobei als Basis der Mittelwert der D-Linien diene. Ausserdem hat er etwa 20,000 Linien im Sonnenspektrum an dieses System angeschlossen.

Mit den ROWLANDSchen Gittern sind nun unzählige Spektren ausgemessen worden; aber je mehr man die Genauigkeit steigerte, um so mehr stellten sich Zweifel ein an der Richtigkeit des ROWLANDSchen Systems. Es folgte eine Zeit der Kritik und Untersuchung der ganzen Methoden. Das Interessanteste war die Vermutung, dass der Koinzidenzmethode nicht ihre theoretische Richtigkeit anhaften könnte. KAYSER in Bonn hat diese Vermutung durch das Experiment bewiesen. Ausserdem war man sich bewusst, dass die Basis, also die Wellenlänge der D-Linien in Zentimetern, den Ansprüchen der Genauigkeit nicht genüge.

Der Spektroskopiker, der mit den vielen Hunderttausenden von Zahlen zu tun hat, wünscht ein System, in dem er nicht jedesmal wieder Umrechnungen vornehmen muss. Wie aber sollte man Wandel schaffen?

Durch zwei französische Forscher, FABRY und BUISSON, sind Interferenzen zwischen versilberten Platten mit grossen Gangunterschieden untersucht worden und sie haben dabei nachgewiesen, dass man mit den feinsten Spektrallinien Distanzen von fast einem Meter ausmessen kann.

Diese Methode hat MICHELSON benützt, den Normalmeter mit der Wellenlänge der schärfsten uns bekannten Spektrallinie, die durch Cadmiumdampf im Geisslerrohr erzeugt wird, zu vergleichen. Dadurch hatte man eine Normale von der Genauigkeit von etwa einem Hundertmillionstel. An diese Wellenlänge ( $\lambda_{Cd} = 6438,4696 \cdot 10^{-8}$  cm,

15° C, trocken, 760 mm) hat man dann das ganze linienreiche Spektrum des Eisens durch neue Messungen angeschlossen. Man nennt dies das internationale System.

Im Lauf der Jahrzehnte sind nun die Spektren aller Elemente an das internationale Wellenlängensystem angereiht worden. Die Messungen wurden veröffentlicht und in grossen Tabellenwerken gesammelt, unter denen besonders das grosse Handbuch von KAYSER, in der heutigen Weiterführung von KONEN geleitet, in erster Linie Erwähnung verdient.

Ausserdem bestand aber stets das Verlangen nach bildlichen Darstellungen. Schon KIRCHHOFF und BUNSEN haben ihre Publikation mit einer farbigen Tafel der Alkalispektren begleitet. Der erste photographische Atlas stammt von RAND CAPRON, 1877 in London erschienen. Er enthält 136 photographische Aufnahmen mit Prismen aus Glas und Quarz. Die Spektren enthalten nur ungefähr 1000 A. und sind ohne Maßstab und Zahlen. Der Atlas hat wenig Verbreitung gefunden und ist heute eine spektroskopische Seltenheit. 1905 haben dann der Sprechende mit KONEN einen Atlas von Emissionsspektren herausgegeben, 280 Spektren aller Elemente enthaltend, aufgenommen mit ROWLANDSchen Konkavgittern von 1 m. Jedes Spektrum ist geteilt in den sichtbaren und den ultravioletten Teil, und ist mit einem Maßstab versehen, mittels dem man eine Wellenlänge mit einer Genauigkeit von 1 A. ablesen kann. Der Text dazu ist in deutscher, französischer und englischer Auflage erschienen.

Der grosse Vorteil der Gitterspektren gegenüber den prismatischen beruht darauf, dass der Maßstab überall gleich ist, während jedes Prisma entsprechend seiner individuellen Dispersion einen längs des Spektrums verzerrten Maßstab aufweist.

1911 erschien ein Prachtwerk „Atlas typischer Spektren“ von EDER und VALENTA in Wien, das auf 53 Tafeln Spektren, teils mit Prisma, teils mit Gitter aufgenommen, enthält.

Das absolut verschiedene Aussehen der Banden- und Linienpektren lässt die Vermutung zu, dass der Ursprung der beiden Typen ein verschiedener ist. Es war ein langer Weg, bis diese Frage eindeutig beantwortet werden konnte. MITSCHERLICH hat schon frühzeitig nachweisen können, dass es Spektren von Verbindungen gibt. Er fand Oxyd- und Chloridverbindungen als Bandenspektren. Nach und nach hat sich die Zahl der Verbindungsspektren

vermehrt und heute bringt fast jeder Tag die Ausmessung neuer Verbindungsspektren. Ausserdem hat man aber auch bei Elementen, wie etwa Schwefel, Stickstoff, Quecksilber usw. ebenfalls Bandenspektren erzeugen können durch geeignete Erregungsart. Erst die neueste Zeit hat die feste Überzeugung gebracht, dass auch in diesen Fällen Molekülspektren vorliegen. Bandenspektren stammen von Molekülen, Linienspektren von Atomen.

Somit könnte man vermuten, dass es nur 92 Linienspektren gebe, soviel wie Elemente. Es gibt aber viel mehr. Ein Element muss also zwei oder sogar mehrere Linienspektren geben können. Man fand hauptsächlich durch Funkenerregung kompliziertere Spektren als im Bogen. Man bezeichnet deshalb die Spektren als Funkenspektren. Sie sind meistens mit den Bogenspektren gemischt. Über die heute geltende Erklärung werden wir später hören.

Aus allem dem geht hervor, dass es ungeheuer viele Spektrallinien gibt, eine Tatsache, die für die Anwendung der Spektralanalyse eine beträchtliche Schwierigkeit darstellt.

Bei der Anwendung des Spektroskopes zu chemisch-analytischen Zwecken muss man verschiedene Probleme unterscheiden. Das allgemeinste besteht in der Auffindung aller Elemente, die in einem vorliegenden Präparat vorhanden sind. Als einfaches Beispiel diene eine Metallegierung. Wir müssen Spektralaufnahmen im Sichtbaren und U. V. mit Bogen oder Funken, eventuell mit beiden Methoden erzeugen, und zu allen Aufnahmen das Einspektrum in Kontakt hinzuphotographieren. Die Spektren werden ausgemessen und mit den Tabellen verglichen. Intensitätsschätzungen helfen aus Tabellen, die der Reihe nach alle bekannten Linien aufführen, die Elemente festzustellen. Je genauer die Messung, um so leichter wird das gelingen. Bei linienreichen Spektren ist die Methode mühsam, zeitraubend, aber sicher. Sie ist der rein chemischen Analyse überlegen bei der Feststellung kleiner Beimengungen. Es gibt Fälle, gerade bei Metallegierungen, wo kleine Beimengungen wichtig sind. Eine Probe von Al, die uns zur Analyse übergeben wurde, hat 14 Elemente neben Al ergeben, während die chemischen Analytiker nur 6 finden konnten.

Diese Art der Analyse spielt in der Metallographie eine bedeutende Rolle; sie kommt nun auch bei den Mineralogen in Anwendung, denen sie manche Probleme lösen soll. Eine Schwierigkeit bei den Gesteinen ist die Tatsache, dass vor allem zur

Untersuchung mit dem Funken eine chemische Behandlung vorausgehen muss, ein Aufschliessen, und da wird es notwendig, die chemischen Reagentien auch noch spektralanalytisch zu prüfen. Wie zu den meisten wissenschaftlichen Methoden, gehört auch hier neben den apparativen Hilfsmitteln Erfahrung und Routine.

Ganz anders und viel einfacher liegen die Aufgaben, bei denen der Nachweis zu erbringen ist, ob ein bestimmtes Element vorhanden ist. Im allgemeinen genügt hier eine Aufnahme. Findet man die stärksten Linien oder eine charakteristische Gruppe von Linien dieses Elementes, so ist der Beweis erbracht. Hier kommt man gewöhnlich ohne jede Messung aus. Um ganz sicher zu sein, photographiert man das betreffende Element in Kontakt dazu.

Weitere analytische Aufgaben löst die sogenannte „lokale“ Spektralanalyse. Es liegt z. B. ein physiologisches Organ, sagen wir eine Leber, vor. Man soll nicht nur feststellen, welche Metalle, wie etwa Ag, Cu, Bi, Hg usw. darin aufgespeichert sind, sondern man soll gleich angeben, wo. Man tastet mit einem Hochfrequenzfunken das Organ ab und nimmt von allen den Physiologen interessierenden Stellen das Spektrogramm auf. Bei der spektralen Empfindlichkeit der Metalle kann man somit die Verteilung der Metalle feststellen. Dieses Problem ist hauptsächlich in letzter Zeit durch WERNER GERLACH im Pathologischen Institut Basel mit Erfolg ausgearbeitet und verwendet worden.

Ich bin überzeugt, dass auch die physiologische Botanik manche Probleme über den Aufbau der Pflanzen mit dieser Methode mit Erfolg an die Hand nehmen könnte.

Die ungeheuer kleinen Substanzmengen, bei Funkenuntersuchungen unter Umständen unwägbar kleine Mengen, ferner die grosse Empfindlichkeit vieler Elemente, die Raschheit des Verfahrens gestatten zahllose weitere Anwendungsgebiete. Man untersucht Kunstgegenstände, Farblacke, Farben von Gemälden usw., wobei die Überlegenheit über die chemische Analyse evident ist. Diese Beispiele mögen genügen, um die Fruchtbarkeit des Gedankens von KIRCHHOFF und BUNSEN darzutun.

Neben dieser qualitativen Analyse bestand natürlich von Anfang an der Wunsch einer quantitativen.

Zur quantitativen Auswertung der Spektren liegen aber die Verhältnisse recht kompliziert.

Nehmen wir z. B. ein Bogenspektrum des Messings auf, so finden wir wohl die Linien des Kupfers und des Zinks, aber aus der Intensität der Linien können wir durchaus nicht auf die Konzentration schliessen. Die Elemente sind spektral verschieden empfindlich. Jahrzehntlang sind alle Bemühungen, das Mengenverhältnis gemischter Stoffe optisch zu eruieren, erfolglos gewesen. Erst die neueste Zeit hat Wege gefunden, die Spektralanalyse auch quantitativ auszubauen, allerdings nur zu bestimmten Zwecken, aber gerade auf einem Gebiet, in dem die rein chemische Analyse nicht mehr genügt, auf dem Gebiet der Verunreinigungen, d. h. Nachweis von Beimengungen sehr kleiner Konzentration, sagen wir unterhalb ein Prozent. Wie wir schon besprochen haben, spielen solche kleine Beimengungen eine Bedeutung vor allem in der Metallurgie, weil die physikalischen Eigenschaften der Legierungen dadurch stark bedingt werden, ferner in der Biologie und bei Ursprungsbestimmung von Kunstobjekten, Schmuck usw.

Nehmen wir nun als Beispiel eine Zinnprobe in der Cadmium als Verunreinigung nachgewiesen ist. Wir möchten wissen, wie hoch ist der Prozentgehalt. Die Intensität der Cadmiumlinien ist abhängig von der Art der Lichterzeugung, sie ist also im Funken anders wie im Bogen; deshalb einigen wir uns auf eine bestimmte Methode. Wir wählen etwa den oszillatorischen Funken mit gegebenen elektrischen und mechanischen Bedingungen. Nun stellen wir Zinn-Cadmiumlegierungen her von bekannten Konzentrationen 10%, 3%, 1%, 0,3%, 0,1% und 0,03% und machen unter den gleichen Bedingungen wie mit der Probe die spektralen Aufnahmen. Wir sehen, wie die Linien des Cd immer schwächer werden. Durch Vergleich der Aufnahme der Probe mit der Skala kann man die unbekannte Konzentration wenigstens zwischen zwei Grenzen einschliessen.

DE GRAMMONT hat diese Methode verallgemeinert, indem er allgemein festzustellen suchte, wie sich das Spektrum einer Beimengung mit abnehmender Konzentration vereinfachte. Er fand, dass zum Schluss eine immer kleinere Zahl von Linien, die sogenannten Restlinien, übrigblieben, aus deren Auftreten man dann auf die Konzentration schliessen konnte. In dieser Allgemeinheit ist die Anwendung nicht sicher, weil eben unter verschiedenen Bedingungen des Funkens oder Bogens die Restlinien ungleich ausfallen.

Der Physiker WALTHER GERLACH in München hat diese Methode nun spezialisiert und durch Schätzung von Intensitäten einer Linie der Trägersubstanz mit einer Linie der Zusatzsubstanz sehr brauchbar umgestaltet.

Er sucht für gegebene Legierungen, z. B. Pb in Sn, Cd in Sn usw., ein Linienpaar, von dem eine Linie der Grundsubstanz, die andere der Zusatzsubstanz angehört und deren Intensitätsverhältnis unabhängig von andern Zusätzen und auch weitgehend von der Methode der Erregung ist (natürlich nur in gewissen Grenzen). Für jede Konzentration wird man ein Paar finden, wobei die beiden Linien gleiche Stärke haben. Man kann dann daraus die Konzentration angeben.

Diese Methode ist nach SCHEIBE noch verfeinert worden. Er kann durch einen geeigneten rotierenden Sektor vor dem Spalt erreichen, dass die Länge der Spektrallinie proportional der Lichtstärke ist.

Nach 25jähriger Entwicklung der Spektralanalyse nahm die Disziplin eine neue Wendung, sie bekam einen andern Sinn. Man interessierte sich nicht nur um die ausgesandte Strahlung, um daraus auf den Stoff zu schliessen, sondern man fragte auch nach dem Vorgang.

Wenn eine periodische Bewegung also eine Welle ein Gebilde verlässt, so muss in diesem Gebilde ein Schwingungsvorgang verlaufen. Welche Vorgänge spielen sich da ab? Das Wort Spektralanalyse erhielt damit den Sinn einer Analyse der schwingungsfähigen Systeme im Atom oder Molekel.

Man fragte sich vor allem zunächst einmal, welcher Zusammenhang besteht zwischen den Linien eines Elementes. Wenn z. B. Natrium durch hohe Temperatur angeregt zum Leuchten gebracht wird, so sendet es viele Spektrallinien aus. Alle Linien kommen aus demselben Na, müssen somit in einem Zusammenhang stehen. Um dieser allgemeineren Bedeutung der Spektralanalyse Ausdruck zu verleihen, hat KAYSER in Bonn das Wort Spektroskopie eingeführt und sein vielbändiges Werk so betitelt. Man kann sagen, das zweite Vierteljahrhundert der Spektroskopie war hauptsächlich der Beantwortung der Frage nach dem Zusammenhang der Spektrallinien gewidmet.

Schon frühzeitig hat man aus akustischen Analogien versucht, die Wellenlängen oder die Schwingungszahlen, wie es ja in der

Akustik üblich ist, miteinander zu verbinden; aber die Analogie mit den Obertönen versagte.

Der erste erfolgreiche Schritt in dieser Richtung, der für die weitere Entwicklung der Spektroskopie von fundamentaler Bedeutung war, ist genau vor 50 Jahren, also 1885, JOH. BALMER geglückt. Ich glaube, wir dürfen an diesem 50jährigen Jubiläum in unserm Kreise dieses Mannes gedenken, da er doch einer der Unsrigen war. Wir dürfen es um so eher tun, als er für seine Tat in den Kreisen der Wissenschaft nie besonders geehrt wurde, hat man doch, bis vor einigen Jahren vom Sprechenden eine kleine Publikation erschien, kaum etwas von ihm in spektroskopischen Kreisen gewusst. Ich halte es für eine Ehrenpflicht, über BALMER hier das zu erzählen, was ich über die Entdeckung weiss. Dadurch dass sie unter dem Einfluss von ED. HAGENBACH, dem Vater des Sprechenden, entstanden ist und ich mich seinerzeit noch persönlich orientiert habe, so möchte ich als Letzter, der damit in persönlicher Verbindung stand, die Geschichte der Entdeckung, soweit sie sich nachträglich fassen lässt, wiedergeben.

JOHANN JAKOB BALMER ist am 1. Mai 1825 in Lausen b. Liestal geboren, er besuchte das Pädagogium in Basel, studierte in Karlsruhe und Berlin und doktorierte in Basel 1849 in Mathematik. Sein Doktordiplom von 1849 eigenhändig vom damaligen Dekan Schönbein geschrieben, verlieh ihm den Doktorgrad ohne mündliche Prüfung. Später war er Lehrer an der Töchterschule in Basel für Rechnen und Schreiben. Er habilitierte sich 1865 für Mathematik. Sein übriger Lebenslauf interessiert uns hier nur soweit, als er für die Entdeckung der Spektralformel in Betracht kommt.

Balmer hat das Wasserstoffspektrum in einer Vorlesung über Optik von ED. HAGENBACH 1884 zum erstenmal gesehen, jedenfalls zum erstenmal beobachtet im wissenschaftlichen Sinne. Die vier Linien fielen ihm auf als eine Reihe mit regelmässig abnehmenden Distanzen. Das hatten wohl andere auch schon bemerkt. Dass er aber die zahlenmässige Beziehung der Wellenlängen dieser Linien zu erfassen suchte, kann man verstehen, wenn man seine Einstellung zum Leben, zur Religion, zur Natur und zur Architektur verfolgt. Aus seinen Schriften, Vorträgen, Skizzen und Publikationen geht hervor, dass die Welt für ihn eine grosse Harmonie war. In einem Vortrag über NEWTON fand ich

an drei Stellen eine solche geistige Einstellung. Z. B. sagt er: „Gewiss kann man eine solche das Sichtbare durch das Unsichtbare erklärende Forschungsweise, die Echtheit der Schöpfung, ja die Harmonie und Verbindung des Sichtbaren mit der geistigen Welt begreifen.“ 1878 hielt er einen öffentlichen Vortrag über Farbenharmonie, der in der Zeitung in extenso abgedruckt wurde. Ich fand in seinen Notizen, die mir gelegentlich zur Verfügung standen, eine grosse Tabelle, in der er Farben mit menschlichen Gefühlen und Empfindungen in Verbindung brachte. Sein Sinn für Symmetrie und Perspektive war sehr ausgeprägt. Bautechnische Probleme interessierten ihn stets nach den geometrischen Abmessungen. Oft führte er tiefdurchdachte Symbolik auf den Salomonischen Tempelbau zurück. Für ihn hatte die Naturwissenschaft die Aufgabe, die Harmonien der Natur zu entdecken und zu erfassen. Auch besass er ein bedeutendes künstlerisches Empfinden, das in seinem Sohn, dem bekannten Maler und Porträtist fortlebte. Er war ein fabelhafter Zeichner geometrischer Gebilde. Wir besitzen stereoskopische Bleistiftzeichnungen des Ikosaeders in höchster Vollendung.

Nun zum Resultat. In der Überzeugung, dass die Linien des Wasserstoffs in einfacher harmonischer Verbindung stehen müssen, suchte er nach den Beziehungen der Wellenlängen und es gelang ihm, folgenden Zusammenhang zu entdecken:

Die vier Wasserstofflinien mit den Wellenlängen

$$6562,8 \quad 4861,3 \quad 4340,5 \quad 4101,8 \text{ AE}$$

konnte er rechnen, indem er die Zahl 3645,6 multiplizierte mit  $\frac{m^2}{m^2-2^2}$ , wobei m für die 4 Linien die Werte 3, 4, 5 und 6 annimmt.

Allgemein ausgedrückt  $\lambda = h \frac{m^2}{m^2-n^2}$  m = 3; 4 . . . . n = 2

Setzen wir für unsere weitere Diskussion den reziproken Wert von  $\lambda$  als Frequenz  $\nu$ , so lautet die Spektralformel

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \text{ wobei } R \text{ eine Konstante ist.}$$

BALMER stand in ständigem, wissenschaftlichem Verkehr mit HAGENBACH-BISCHOFF wie ich aus persönlicher Erfahrung weiss und wie auch aus dem beigegebenen Brief hervorgeht, den er in dieser Zeit an ihn schrieb. Daraus ist zu ersehen, dass HAGEN-

Breslau, 6 Sept. 1886.

Gebährtester Herr Professor!

Für die Uebersendung der Specialabzüge  
Ihrer Abg. und Ihre begleitenden Zeilen  
empfangen Sie meinen herzlichsten Dank.  
Dass die Messungen von Müller & Kempp,  
mit den entsprechenden Constanten in der  
Formel, mit dieser so auffallend genau überein-  
stimmen, war mir wirklich höchst überras-  
chend. Bei  $H_2$  waren Wellenlänge Sie  
aus Angabe für  $H_2 = 4101,2$  abgeleitet  
haben, sollte vielmehr die Correctur statt  
 $2,2$  gleich  $2,3$  genommen werden, im Verhältn.  
mit zur Wellenlänge von  $6562,1$  gegenüber  
 $4101,2$ , wodurch dann  $6561,8$  zu folgen  
wäre, wodurch die Differenz auf  $+ 2,3$   
verringert würde. Wenn ich mit Ihren  
Zahlen der Cornu'schen Beobachtungen  
( $H_2 = 6561,9$  genommen) die Formel  
mit der Constanten  $3645,135$  ver-  
gleichende so ist die Summe aller Differen-  
zen noch  $\approx - 9,05$ , wobei alle Wellenlängen  
auf 3 bis 6 Decimalstellen berechnet sind.

Mir macht es grosse Freude, dass mein  
Versuch, eine Formel für die Wellenlängen  
der Wasserstofflinien aufzufinden, von  
Erfolg gekrönt worden ist. Aber jedenfalls  
kannst Ihnen bei der jungen Sache der  
geübte Verdienst zu, weil ja Sie es waren,  
der mich in meine ersten unbeholfenen  
Versuche aufmunterte, und später die  
Vergleichung der Formel mit den Messungen  
der verschiedenen Beobachtungsreihen  
vorant, wodurch allein erst die Sache  
Worth erhielt.

Die bei jetzt mir bekannt gewordenen  
Messungen im Wasserstofflinien z. B. von  
Pfeiffer, Huggins, Angström, Schuster &  
sowie mir nicht mit Namen bekannten  
Physikern, sowie die aus Kirchhoff's Linien  
abgeleiteten Wellenlängen des Wasserstoffs,  
wie ich dieselben aus dem Spectr. der Lyfied  
(quartile Mittel), soweit die Abgänge in  
unser Schulbuchtheke vorhanden sind,  
gefunden habe, zeigen nicht so wenig  
Uebereinstimmung untereinander, dass  
ich derselben ohne Zögern eine Regel  
zu folgen versuchte. Ich hoffe, dass gewisse

Angaben über die Wasserstofflinien viel später  
noch erhalten werden.

Und nun empfangen Sie für Ihre  
gütliche Wohlthat nochmals meinen herz-  
lichsten Dank.

Mit ausgesetzter Hochachtung

Jhr

Walter Bruns

BACH dabei mitgearbeitet hat. HAGENBACH machte ihn auf die weiteren von HUGGINS gemessenen Wasserstofflinien aufmerksam und er selbst prüfte die Formel an den damals genauesten Messungen des Wasserstoffspektrums von CORNU bis  $m = 15$  (Brief vom 26. August 1886 an BALMER). Gleich darauf rechnete HAGENBACH die CORNUSCHEN Zahlen auf die ÅNGSTRÖMSCHE Skala um unter Berücksichtigung der Dispersion und fand, dass die maximale Abweichung zwischen Beobachtung und Rechnung nur für eine Linie 0,6 Å betrage, während sie für die andern viel kleiner war. CORNU hatte nämlich die Übertragung seiner Messungen auf die ÅNGSTRÖMSCHE Skala unrichtig durchgeführt. Zum Schluss schreibt HAGENBACH in einem Brief vom 7. September: „Nun handelt es sich darum, den Grund dieses Gesetzes zu finden, ich habe mir allerlei Gedanken darüber gemacht, bin aber noch zu keinem bestimmten Resultat gekommen.“

Eine Reihe von Spektrallinien, die also durch eine solche Gleichung mit einer Laufzahl darstellbar ist und die für die Laufzahl unendlich an einer Stelle im Endlichen konvergiert, heisst eine Serie.

Die Bedeutung dieser Entdeckung liegt kurz in folgendem: Diese Formel war die erste brauchbare Antwort auf die Frage: Welche Beziehungen bestehen zwischen den Spektrallinien eines Elementes? Der Wasserstoff ist das leichteste Element, das erste im periodischen System, also offenbar auch das am einfachsten gebaute. Die Formel enthält nur eine Konstante und sonst nur ganze Zahlen. Die Spektrallinien sind also auch eine Art Harmonie; wie die Obertöne zum Grundton harmonisch, ganzzahlig verbunden sind, so auch hier, wenn auch in etwas komplizierterer Weise. Jede Schwingungszahl stellt sich dar als eine Differenz von zwei Ausdrücken — zwei Termen — wie wir heute sagen. Der zweite Term beginnt mit  $m = 3$  und entspricht der ersten und stärksten — roten — Spektrallinie (Grundfrequenz), die letzte Linie hat  $m = \infty$  und gibt das Ende der Serie (Grenzfrequenz).

BALMER hat dieses fundamentale Gesetz nicht als grosser Gelehrter durch umfangreiche mathematische Spekulationen gefunden. Es war ein gelungener Wurf eines genialen Menschen, der sich, von einer bestimmten Einstellung zur Natur beseelt, leiten liess, offenbar im festen Bewusstsein, in dem Leitmotiv der harmonischen Zusammenhänge einen sicheren Führer zu haben.

Schon BALMER und HAGENBACH haben anschliessend versucht, die gleiche Serienformel auch auf andere Elemente anzuwenden, nämlich auf Sauerstoff, Cadmium, Thallium und Erbium. Serienhafte Gebilde fanden sich noch bei verschiedenen Elementen, aber die BALMERSche Formel in dieser ursprünglichen Form genügte nicht.

Von verschiedenen Seiten suchte man die BALMERSche Idee zu verwerten und da stellte sich heraus, dass die Spektren der meisten Elemente viel zu ungenau bekannt waren.

Es folgt nun die Zeit der Aufnahme und genauen Ausmessung der Spektren mit den grossen ROWLANDSchen Konkavgittern besonders durch KAYSER und RUNGE. Sie fanden bei den Alkalien und Erdalkalien, bei Kupfer, Silber, Gold und weiteren Gruppen des periodischen Systems Serien, die durch Formeln dargestellt werden konnten, ganz ähnlich wie die BALMERSche, zwei Terme mit einer Laufzahl, doch musste die Konstante anders gewählt werden. Besonders die Alkalien wiesen dem Wasserstoff sehr ähnliche Verhältnisse auf, aber überall fand sich nicht nur eine Serie, sondern deren mehrere. Bei den Alkalien war ausserdem jede dieser Serien doppelt, bei den Erdalkalien dreifach.

Nun nahm die Spektroskopie einen gewaltigen Aufschwung. Mit der Feststellung der Serien ist aber ja nur der Anfang gemacht. Die Frage der Physik ist doch immer das Warum. Wie sieht nun dieser Oszillator aus, damit er solche Serien emittieren kann? Um welche energetischen Umwandlungen im Gebilde Wasserstoff oder Natrium usw. handelt es sich, damit Strahlungsenergie bestimmter Frequenz erscheint?

Die Aufgabe, die sich die Optiker mit der Frage stellten, ist etwa mit einem akustischen Vergleich folgende: Stellen wir uns vor, wir hätten Gelegenheit, Klavierspiel zu hören, wir könnten sogar die Töne und Klänge und Harmonien im Bereich der Schwingungsmöglichkeiten hervorrufen, und wir sollten aus dem, was wir hören, herausfinden, wie das Klavier aussieht. Der Vergleich ist durchaus nicht übertrieben. Nehmen wir ein einfaches Spektrum wie das Natrium, so ist die Zahl der Frequenzen, die wir ihm entlocken können, sogar viel grösser als die Töne eines Klaviers samt allen Obertönen.

Damit begann der dritte Akt der Spektroskopie, der heute noch nicht zu Ende gespielt ist, der interessante Bilder und Szenen enthält und fast die ganze physikalische Welt auf die Bühne gebracht hat.

Als Vorspiel müssen wir die Arbeiten eines Schweizers nennen, der vielen von uns bekannt war, WALTHER RITZ aus Sitten. Seine gesammelten Werke sind 1911 von der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft herausgegeben worden. Er hat als erster die Bedeutung der BALMERSchen Formel erkannt und hat versucht, durch ein Atommodell die Vorgänge zu erklären. Dabei ist er auf ein Prinzip geführt worden, das den Namen Kombinationsprinzip trägt. Er stellte die begründete Behauptung auf, dass man beliebige Terme aus verschiedenen Serien eines Elementes miteinander kombinieren könne, um neue Linien zu berechnen. Diese Folgerung wurde weitgehend bestätigt, aber nicht in allen Fällen. Man hat die Ausnahmen gesammelt und das Kombinationsprinzip durch eine Auswahlregel ergänzt. Aber wie es so geht in der Physik, beim näheren Zusehen ist die Natur immer komplizierter, als es anfänglich scheint. Man hat die Linien, die dem Kombinationsprinzip nicht gehorchen, als „verboten“ bezeichnet, ein ganz guter Ausdruck. Auch im gewöhnlichen Leben heisst verboten, was gelegentlich doch geschieht. So war es auch hier, und die Theoretiker mussten eine Auswahlregel von der Auswahlregel ersinnen. Das dritte Vierteljahrhundert der Spektroskopie hat damit begonnen.

Die beiden genannten Tatsachen, BALMERformel und Kombinationsprinzip, sind die Ausgangspunkte für ein brauchbares Atommodell geworden. NIELS BOHR, ein Theoretiker in Kopenhagen, stellte 1915 das Ihnen allen bekannte Atommodell auf, wobei ein Atom einem Planetensystem gleicht, in deren Mitte die Masse des Atoms sitzt und drum herum die Elektronen auf bestimmten Bahnen kreisen. Die anziehenden Kräfte zwischen der positiven Ladung des Kerns und der negativen der Elektronen werden durch die Schwingkraft kompensiert. Die Energien der Elektronen auf den erlaubten Bahnen sind verschieden und sind durch ganze vielfache des PLANCKSchen Wirkungsquantums bestimmt. BOHR legte somit die quantenhafte Aufteilung der Energie, wie sie PLANCK aus der Strahlung der festen Körper gezwungenermassen annehmen musste, dem Atommodell zugrunde. Fällt ein Elektron, nachdem es etwa durch hohe Temperatur, Flamme, Bogen gehoben ist, von einer Bahn auf eine andere zurück, so erscheint die Energiedifferenz als emittierte Strahlung, d. h. als Spektrallinie.

Vom theoretischen Standpunkte aus war die Aufstellung dieses

Modelles eine Kühnheit, und wenn nicht der Erfolg der Anwendung geradezu verblüffend gewesen wäre, hätten die Physiker längere Zeit zur Verdauung gebraucht.

BOHR behandelte den einfachsten Fall, ein Kern mit einer positiven Elementarladung und ein kreisendes Elektron, also das Wasserstoffatom, und berechnete die Energiedifferenzen zwischen den verschiedenen Bahnen als Frequenzen der Spektrallinien. Die Konstante in der BALMERSchen Formel konnte er ebenfalls berechnen und fand sie in absoluter Übereinstimmung mit der von BALMER angegebenen Grösse. Die BALMERSche Formel und zugleich das RITZsche Kombinationsprinzip waren theoretisch aus dem Modell begründet.

Man wusste also bis auf einen gewissen Grad, wie das Klavier Wasserstoff aussehen könnte.

In der BALMERSchen Formel enthält der erste Term im Nenner die Zahl 2. Dies bedeutet in der BOHRschen Auffassung, dass die Elektronen von den äusseren Ringen auf den zweiten heruntergefallen sind. Sollten da nicht etwa die andern Ringe, also der erste oder der dritte usw., als Endziel der Elektronen in ihrem Sturz auftreten können. Es waren also beim Wasserstoff noch andere Serien zu erwarten. Man konnte ohne weiteres durch Einsetzen der Zahl 1 oder 3 oder 4 an Stelle der 2 die andern Serien berechnen. Man hat sie nicht nur berechnet, sondern auch experimentell bestätigt.

Die Übertragung des BOHRschen Modells auf die übrigen Elemente brachte sofort grosse Schwierigkeiten. Schon beim zweiten Element Helium, bei dem zwei Elektronen und ein Kern, also drei Kraftzentren vorhanden sind, ist die genaue Rechnung nicht mehr durchführbar, und bei den weiteren Elementen wird die Lage immer bedenklicher.

Vor allem aber fehlte im Modell die Erklärung für die Doppelserien der Alkalien, der Triplettserien der Erdalkalien und die Verdoppelung der Wasserstoffserie, die man bei grosser Dispersion gefunden hatte.

Das einfache Modell versagte. Zur Erklärung der sogenannten Feinstruktur, d. h. der Aufteilung einer Linie in 2 oder mehrere, Dublett, Triplet, hat Sommerfeld das Atommodell verbessert. Statt der Kreisbahnen nimmt er neben den Kreisen auch elliptische

Bahnen an, deren Gestalt (Verhältnis der Achsen) quantenhaft geregelt sind. Danach sind also mehr Energieniveaus vorhanden und man kann damit mehr Linien erklären. Der Erfolg dieses erweiterten Bildes war sehr bedeutend. Hervorzuheben ist, dass die Anschaulichkeit auch im erweiterten Modell erhalten blieb.

Das Bild des Planetensystems war in mancher Hinsicht förderlich, was folgende Beispiele belegen mögen. Die Erde kreist nicht um den Mittelpunkt der Sonne, sondern beide Körper rotieren um den gemeinsamen Schwerpunkt. So ist es auch bei den kleinen atomaren Systemen, z. B. beim Wasserstoff. Wenn nun aber neben dem Wasserstoffatom mit der einfachen Masse noch ein Isotop mit doppelter Masse existiert, so müssen die Spektrallinien dieser Atome verschoben sein. Auf diese Weise ist das Deuterium gefunden worden. Sie wissen, dass man heute Wasser mit Deuterium anreichern kann und ich zeige Ihnen eine Gitteraufnahme, die wir mit 58%  $D_2O$  aufgenommen haben. Aus dem Abstand der Doppel­linien des H konnten wir rückwärts das Massenverhältnis rechnen und kamen zum erwarteten Wert 1,996, also 2.

Herr WEHRLI hat aus Aufnahmen mit der Verbindung InI ein Isotop mit dem Masse 113 gefunden neben der 115. Aston hat ganz kürzlich mit dem Massenspektrograph die Bestätigung erbracht.

Betrachten wir ferner irgendeins von den Planetensystemen mit mehreren Elektronen und entfernen wir ein Elektron davon. Machen wir also das neutrale Atom zu einem Ion und erregen wir es dann zum Leuchten, indem wir die Elektronen auf höhere Bahnen heben, aus denen sie wieder zurückfallen, dann ist das Spiel der Kräfte ein anderes und es tritt ein neues Spektrum auf. So gibt es Spektren des neutralen, des einfach, zweifach bis vierfach jonisierten Elementes. Dies ist die Erklärung für die früher erwähnten Funkenspektren.

Trotz des grossen Erfolges des anschaulichen Modelles war man gezwungen, es zu verlassen. Der allgemeinste Vorwurf, den man dagegen erhob, bestand darin, dass in unserm Modell das Elektron zur gegebenen Zeit an einem bestimmten Ort sein müsste. Dies hat man aber nie bestätigen können. Man hat deshalb das Elektron auf der Bahn „verschmiert“, so dass man nur noch von einer räumlichen Verteilung der neg. Elektrizität um den Kern

spricht. Man verwarf also unser Klaviermodell wieder und sprach nur von Energieniveaus.

Man muss zwar das Elektron anerkennen, aber man billigt ihm keinen Ort zu.

Neue Schwierigkeiten tauchen auf, die unserm Modell immer mehr Bedeutung nehmen. Während die Alkalien durch das Sommerfeldsche Modell noch recht befriedigend erklärt werden konnten, so wurde es schliesslich unmöglich bei den schwereren Atomen, wo die Aufspaltung in viele Komponenten in sogenannte Multiplett erfolgt.

Für die Aufspaltung ist von GOUDSMIT und UHLENBECK eine ganz andere Möglichkeit herangezogen worden. Sie betrachten das Elektron als Kreisel. Man nennt das den Elektronenspin. Eine rotierende Ladung aber bedeutet ein magnetisches Feld. Das Elektron besitzt also nicht nur Ladung und Masse, sondern es hat auch ein eigenes mechanisches Impulsmoment, dem eine bestimmte Quantenzahl zugeordnet wird.

Um diese Verhältnisse mathematisch zu fassen, sind von BROGLIE, SCHRÖDINGER, DIRAC u. a. komplizierte Theorien aufgestellt worden, die man in der Gesamtheit als Wellenmechanik bezeichnet. Sie verbieten jede bildliche Vorstellung im dreidimensionalen Raum. Sie sind rein mathematischer Formalismus. Glücklicherweise lassen sich immer wieder Konsequenzen ziehen, die durch das Experiment geprüft werden können.

Weil im Kreiselektron eine magnetische Kraft sitzt, so kann man als Prüfstein dieser Theorien besonders die Beeinflussung der Lichtquelle durch magnetische Kräfte einsetzen. Den Einfluss eines Magnetfeldes auf eine Lichtquelle hat schon FARADAY vor 100 Jahren vergeblich gesucht. Der Erfolg blieb nur aus, weil die damaligen magnetischen Felder zu klein waren. Erst 1896 ist durch ZEEMANN, einem holländischen Physiker, die Aufspaltung der Spektrallinien im Magnetfeld gelungen. Die Erscheinung in Richtung wie senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien entsprach den einfachen klassischen Betrachtungen besonders auch in bezug auf den Sinn des Polarisationszustandes der Linien. Aber alle unsere Theorien sind falsch, weil die Hypothesen, auf denen sie aufgebaut sind, nie mehr als angenäherte Bilder der Wirklichkeit sind. Die genaueren Untersuchungen des Zeemaneffektes mit immer stärkeren Magnetfeldern haben sehr komplizierte Auf-

spaltungen ergeben. Diese werden durch die neueren Theorien weitgehend verstanden.

In der BALMERSchen Formel finden wir zwei Quantenzahlen, das  $m$  und das  $n$ . Bei einer weiteren Interpretation, unter der Annahme des Elektronenspins, ist man gezwungen, vier Quantenzahlen annehmen zu müssen. Damit lassen sich aus den Kombinationen wieder zuviel Spektrallinien erwarten. Herr PAULI in Zürich setzte eine Hypothese ein, welche viele der Kombinationen verbietet. Er sagt: Ein Atom kann nicht in einem Zustand sein, in dem zwei Elektronen die gleichen Werte aller vier Quantenzahlen haben. Dies Prinzip gibt also einerseits die möglichen Kombinationen der Terme, die zu Spektrallinien führen und andererseits gibt es die Zahl der Elektronen in den Schalen. Es führt dadurch zum eindeutigen Aufbau des periodischen Systems der Elemente, und erklärt weitgehend die Periodizität der spektroskopischen und chemischen Eigenschaften und die Grösse der Perioden. Das Pauliprinzip ist eines der grossen ordnenden Faktoren der Atomphysik geworden.

Zum Schluss seien noch kurze Bemerkungen zu den Molekülspektren angeführt. Wie wir früher im Bild sahen, gibt es neben den Linienspektren, die den Atomen zugeschrieben werden müssen, noch Bandenspektren, von Molekeln stammend. Sie bestehen meistens auch aus scharfen Linien, die aber gruppenweise in auffällig regelmässiger Weise angeordnet sind.

Die Diskussion der Entstehung der Banden führt hier zu drei Energiearten. Ein Molekel besteht aus zwei oder mehr Massen und den Elektronen in meist noch unbekannter Anordnung. Dementsprechend besteht eine Elektronenenergie, zwei Energien für die Massen, nämlich eine Schwingungsenergie der Massen gegeneinander und eine Rotationsenergie. Sind nur zwei Kerne vorhanden, so liegen die Verhältnisse für die Massenenergien übersehbar, bei 3 und mehr Kernen ist dies nicht mehr der Fall. Man versteht also, dass die Theorie der zweiatomaren Molekel einigermaßen bemeistert werden konnte, während man bei den mehratomaren noch über das Tasten kaum hinaus ist.

Dass man die Spektren der zweiatomaren bis auf einen gewissen Grad lesen kann, mögen Sie aus dem Beispiel einer Untersuchung der Herren WEHRLI und MIESCHER über die zweiatomaren Gruppen der Halogenide von B, Al, J und Th ersehen.

Es gelang, die Gleichungen für die Kanten (Kantengesetz) aufzustellen und daraus die Kernfrequenzen, die Dissoziationsenergien und die Kernabstände, wenigstens relativ, zu errechnen.

Dies ein Beispiel sage Ihnen, dass das Studium der Bandenspektren das Ziel verfolgt, den Aufbau der Molekel zu ergründen, genau so wie das der Linienspektren den Bau der Atome.

Auf dem Gebiet der Molekülspektren sind wir erst ganz am Anfang und die Zahl der bekannten Verbindungen verspricht hier Arbeit für Generationen.

Ich habe versucht, in diesem historischen Rückblick der Entwicklung der Spektroskopie über 75 Jahre drei Perioden hervorzuheben, die erste durch BUNSEN und KIRCHHOFF eingeleitete chemisch-analytische, die zweite durch die BALMERSche Formel veranlasste, in der man die zahlenmässige Verkettung der Spektrallinien als Problem betrachtete, und die dritte durch das BOHRsche Atommodell charakterisierte, in der die Frage nach der Entstehung der Spektren, nach dem Bau der Atome und Molekel, also der Struktur der strahlenden Materie das Feld beherrschte. Wir haben die Entwicklung an ganz wenige Namen geknüpft. Eine solche einfache Linie hat etwas Bestechendes. Die wenigen Marksteine stehen wie Pfeiler da, an denen die Wege der Entwicklung gewiesen werden. Diese einfache Darstellung ist aber nicht ganz gerecht. Wohl sind es die Grossen, die den Weg durch Entdeckungen bahnen; aber mit den grossen Gedanken ist es in der Naturwissenschaft nicht getan.

Vor jeder grossen Tat liegt eine Erfahrung, die oft aus Tausenden Beobachtungen und theoretischen Spekulationen besteht; nach jeder wissenschaftlichen Tat muss ein Ausbau durch Kleinarbeit folgen, ohne die jede Weiterentwicklung stocken würde. Schätzungsweise mögen heute wohl 50,000 spektroskopische Arbeiten vorliegen. Wir wollen neben den Grossen auch der Vielen gedenken, die mit Einsetzen ihrer Kraft und Begeisterung für wissenschaftliches Denken an dem Auf- und Ausbau mitgeholfen haben, und mit Freuden werden wir morgen in den Sektionssitzungen unsere Arbeit in diesem Sinne beginnen.

# Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die osmotischen Zustandsgrößen der Pflanzenzelle

Von

Prof. Dr. A. URSPRUNG, Freiburg

(Der Vortrag war durch zahlreiche Tabellen und Kurven illustriert, die hier nicht wiedergegeben sind.)

Vor nunmehr achtzig Jahren veröffentlichte der geniale CARL NÄGELI bei Schulthess in Zürich eine Abhandlung über die „Diosmose (Endosmose und Exosmose) der Pflanzenzelle“. Damit war jene Forschungsrichtung eröffnet, deren gegenwärtigen Stand ich Ihnen kurz schildern möchte. NÄGELI hielt die osmotischen Vorgänge in der Zelle für so kompliziert, dass, wie er sagt, „an eine quantitative Analyse wohl nie gedacht werden darf“. Heute sind wir so weit, dass die osmotischen Zustandsgrößen gemessen und in Mol oder Atmosphären angegeben werden können. Diesen Fortschritt verdanken wir vornehmlich PFEFFER und DE VRIES. PFEFFER entdeckte 1873 beim Studium einiger Reizbewegungen hohe Turgordrucke, die vermutlich osmotischer Natur waren, und DE VRIES wies ihre weite Verbreitung nach. Im Jahre 1877 veröffentlichte PFEFFER, der damals Professor in Basel war, seine klassischen Versuche mit dem semipermeablen Osmometer und erklärte damit das Zustandekommen der bisher rätselhaften osmotischen Zellkräfte. Die Bedeutung dieser „osmotischen Untersuchungen“ PFEFFERS und der 1884 erschienenen „Analyse der Turgorkraft“ VON DE VRIES beschränkte sich aber bekanntlich nicht auf die Physiologie, sondern erstreckte sich auch auf Physik und Chemie — man denke nur an VAN'T HOFFS Theorie der Lösungen.

Neben den allgemein gewürdigten Verdiensten enthielten diese Arbeiten jedoch noch Anregungen, die leider unberücksichtigt blieben, und deren Nichtbeachtung die osmotischen Studien vielfach in eine

Sackgasse führte, aus welcher der Ausweg erst nach Jahrzehnten gefunden wurde. Die Ursachen dieser Latenzperiode festzustellen, soll unsere erste Aufgabe sein.

### I.

Zu dem Zwecke betrachten wir eine lebende, genau untersuchte Markzelle von *Impatiens Noli tangere* im natürlichen, turgeszenten Zustand. Wir unterscheiden an unserer Zelle die Membran, den Protoplasten und den Zellsaft. Denken wir uns mit dem Zellsaft ein semipermeables Osmometer gefüllt, das in Wasser taucht, so besteht Gleichgewicht, wenn das Manometer 9,7 Atm. anzeigt. Der Zellsaft sucht also Wasser mit 9,7 Atm. einzusaugen; dasselbe gilt im Gleichgewichtszustand für den Protoplasten. Somit beträgt die „Saugkraft des Zellinhaltes“ 9,7 Atm. Die Wand unserer Zelle ist gedehnt, sucht sich zu kontrahieren und übt daher auf den Zellinhalt einen Druck aus, den „Wanddruck“, der zu 5,4 Atm. bestimmt wurde.

Die „Saugkraft der ganzen Zelle“ setzt sich zusammen aus der Saugkraft des Zellinhaltes, die Wasser einzusaugen sucht, und dem Wanddruck, der Wasser auszupressen strebt, und beträgt somit  $9,7 - 5,4 = 4,3$  Atm. Damit haben wir drei osmotische Zustandsgrößen kennengelernt, die begrifflich und numerisch verschieden sind und die an der isolierten Zelle in einer einfachen Beziehung stehen, die wir durch die Saugkraftgleichung ausdrücken können:

Saugkraft der Zelle = Saugkraft des Zellinhaltes — Wanddruck.

Zu Beginn dieses Jahrhunderts waren diese Verhältnisse nicht so klar. Damals setzte man die Zustandsgrößen, die wir soeben als verschieden erkannt haben, einander begrifflich und numerisch gleich. Ja noch mehr; man suchte diese Größen mit einer Methode zu messen, die wieder eine andere Grösse ergab, nämlich die Saugkraft bei Grenzplasmolyse, die 10,5 Atm. beträgt.

Beispiel: Ein Autor studierte die Aufnahme des Wassers. Massgebend ist in diesem Falle die Saugkraft der Zelle, die bei unserer *Impatiens* 4,3 Atm. beträgt. Gemessen wurde aber die Saugkraft bei Grenzplasmolyse, die 10,5 Atm. ausmacht. Der Fehler ist somit grösser als der gesuchte Wert. Die gefundenen 10,5 Atm. wurden ferner als Turgordruck bezeichnet, womit eine weitere Konfusion verbunden war; denn der Turgordruck beträgt 5,4 Atm.

So müssen wir denn bei diesen älteren Arbeiten stets unterscheiden zwischen der Grösse, von welcher der Autor spricht, der Grösse, welche er zu messen glaubt, und der Grösse, die er tatsächlich misst. Dass diese Verwechslungen zahlreiche Missverständnisse zur Folge haben und den Fortschritt der Erkenntnis hemmen mussten, ist leicht einzusehen.

Wie aber war es möglich, dass ein solcher Zustand entstehen und jahrzehntelang bestehen konnte? Das erscheint um so rätselhafter, als DE VRIES die aus unserer Saugkraftgleichung sich ergebenden Beziehungen zwischen den einzelnen Zustandsgrössen schon vor einem halben Jahrhundert erkannt hatte. Die Erklärung liegt wohl darin, dass man damals den Wanddruck für unbedeutend hielt und dass man die Volumänderung der Zelle vernachlässigen zu können glaubte. Setzen wir den Wanddruck Null und die Saugkraft des Inhaltes gleich der Saugkraft bei Grenzplasmolyse, dann deckt sich allerdings die Saugkraft der Zelle mit der Saugkraft bei Grenzplasmolyse.

## II.

Um aus der Sackgasse herauskommen zu können, war dreierlei nötig: klare Begriffe, eine eindeutige Terminologie und Messmethoden für die verschiedenen Zustandsgrössen.

Die begriffliche Klärung lag im Latenzzustande seit 1877 vor, war aber völlig in Vergessenheit geraten und musste wieder neu erarbeitet werden, was ungefähr gleichzeitig und unabhängig von mehreren Seiten geschah.

Welche Schwierigkeiten die Terminologie bereitete, sei an einem Beispiel erläutert. Früher bezeichnete man alle osmotischen Zustandsgrössen mit Vorliebe als „osmotischen Druck“: die 10,5 Atm. sowohl wie die 9,7 Atm., die 5,4 Atm. oder die 4,3 Atm. Dass dies zu Missverständnissen führen musste, ist natürlich. Wie soll man da Abhilfe schaffen?

Betrachten wir ein gewöhnliches, semipermeables Osmometer. Wir füllen es mit einer Rohrzuckerlösung von 0,355 Mol, die mit dem Inhalt unserer Impatienszelle isosmotisch ist. Tauchen wir das Osmometer in Wasser, so herrscht Gleichgewicht, wenn das Manometer einen Druck von 9,7 Atm. anzeigt; wir sagen daher, eine Rohrzuckerlösung von 0,355 Mol besitzt einen osmotischen Druck von 9,7 Atm. Nun geben wir dem Osmometer eine andere Gestalt,

indem wir das Manometer unter der semipermeablen Membran anbringen; jetzt zeigt unser Manometer an Stelle eines Druckes eine Saugung von 9,7 Atm. an. Wir können also mit gleichem Recht dem Zellinhalt einen osmotischen Druck oder eine osmotische Saugung von 9,7 Atm. zusprechen. Wir ändern das Osmometer nochmals ab und bringen an ihm zwei Manometer an, das eine oben, das andere unten. Zeigt das obere Manometer einen Druck von 5,4 Atm. an, so lesen wir am unteren Manometer eine Saugung von 4,3 Atm. ab; dies erklärt sich dadurch, dass von den 9,7 Atm. Gesamtsaugung 5,4 Atm. durch den Manometerdruck äquilibriert sind.<sup>1</sup>

Wie in dem letzten Osmometer, so besteht auch in unserer Impatienszelle gleichzeitig Druck und Saugung. Die 5,4 Atm. Manometerdruck entsprechen dem Wanddruck der Zelle, und nach dem NEWTONSchen Prinzip der Wechselwirkung muss bei Gleichgewicht dem Wanddruck ein gleich grosser, aber entgegengesetzt gerichteter Innendruck entgegenwirken, den man seit jeher Turgordruck nennt. Auf aussen befindliches Wasser übt unsere Zelle, gleich wie das Osmometer, eine Saugung von 4,3 Atm. aus.

Wie hoch ist nun der osmotische Druck? Will der Physiologe einen physikalischen Terminus gebrauchen, so hat dies naturgemäss im Sinne der Physik zu geschehen; unter osmotischem Druck kann somit nur der maximale Druck von 9,7 Atm. verstanden werden, den der Zellsaft im semipermeablen Osmometer zu entwickeln vermag. Der Turgordruck dagegen beträgt 5,4 Atm. Turgordruck und osmotischer Druck sind also zwei verschiedene Grössen und müssen daher auseinandergehalten werden. Das ist aber, wie eine jahrzehntelange Erfahrung gezeigt hat, nicht möglich, wenn man beide als „Druck“ bezeichnet. Diese Verwechslung kommt bei den besten Pflanzenphysiologen der älteren und neuesten Zeit vor und ist auch insofern wohl verständlich, als beide Drucke osmotischer Natur sind und daher im weiteren Sinne des Wortes osmotische Drucke darstellen. Diese Verwechslung hört aber sofort auf, wenn wir die 9,7 Atm. als Saugkraft des Zellinhaltes bezeichnen, was nach Angabe des Manometers zulässig ist. In unserer intakten Zelle nennen wir die 5,4 Atm. Turgordruck, weil das Manometer wirk-

---

<sup>1</sup> Die zugehörigen Figuren können in Ztschr. f. Bot. 1930, 23, 189 oder in Plant Physiol. 1935, 10, 118 nachgesehen werden.

lich diesen Innendruck anzeigt, und entsprechend bezeichnen wir die 4,3 Atm. als Saugkraft der Zelle; denn das der intakten Zelle angesetzte Manometer weist diese Saugung auf. Es richtet sich also die Anwendung von „Druck“ und „Saugung“ nach den Angaben des Manometers, die objektiv sind und unabhängig von jeder hypothetischen Vorstellung über den Mechanismus der Osmose.

Ich schliesse diese Bemerkungen mit einem Zitat aus der vorletzten Auflage eines unserer besten Handbücher. Wir lesen dort, dass in den Zellen von Pilzen, die auf konzentrierten Lösungen kultiviert werden, „Drucke (gemeint sind osmotische Drucke) von 300 Atm. und mehr vorkommen können“. Jeder nicht besonders vorbereitete Leser wird hier unter „Druck“ einen in der Zelle herrschenden Innendruck, also den Turgordruck, verstehen. Tatsächlich liegt aber hier der Turgordruck in der Nähe von Null; die 300 Atm. stellen somit einen „Druck“ dar, der gar nicht drückt, sondern Wasser in die Zelle einzusaugen strebt und daher zweifellos besser als Saugkraft der Zelle bezeichnet wird.

### III.

Wir kommen zum Hauptteil der neueren Untersuchungen, der Ausarbeitung und Anwendung geeigneter Messmethoden. Die begriffliche Klärung hätte nicht viel genützt, wenn es nicht möglich geworden wäre, die verschiedenen osmotischen Zustandsgrößen auch quantitativ zu bestimmen. Wir beginnen mit der ältesten Zustandsgrösse,

1. dem Grenzplasmolysewert, bzw. der Saugkraft bei Grenzplasmolyse. Um diese Grösse zu messen, legt man die Zelle in ein geeignetes Osmotikum von ausreichender Konzentration; der Zelle wird dann Wasser entzogen, bis die Wand völlig entspannt ist und das Plasma sich eben abzuheben beginnt. Die Grenzplasmolyse stellt zweifellos einen abnormalen Zustand der Zelle dar. Deshalb wurde diese Methode neuerdings gänzlich abgelehnt, nachdem man früher von ihr in allen osmotischen Zellfragen Aufschluss erwartet hatte. Beide Extreme gingen zu weit. Es war die Grenzplasmolyse, mit der DE VRIES im Jahre 1888 das damals unbekannte Molekulargewicht der Raffinose bestimmte und mit der er 1884 seine Studien über die isotonischen Koeffizienten ausführte, die auf die physikalische Chemie so befruchtend wirkten. Heute dient die Plasmolyse vornehmlich zur Erforschung der Per-

meabilität und der Osmoregulationen. Wenn wir z. B. in den Schliesszellen der *Convallaria* im Dunkeln eine Saugkraft bei Grenzplasmolyse von 11 Atm., nach Besonnung im feuchten Raum aber von 26 Atm. feststellen, so haben wir damit eine bedeutende Zunahme osmotisch wirksamer Stoffe nachgewiesen, deren weitere Analyse Sache der Biochemie ist.

Es hat aber hier wie überall die Messung nur dann einen Wert, wenn sie zuverlässig ist, und so haben wir denn auch die Fehlerquellen zu streifen. Unter ihnen spielt eine Hauptrolle das Plasmolytikum, das durch die Zellwand dringen muss, in das Protoplasma aber nicht permeieren darf. Als Beispiel mögen die Schliesszellen des Efeublattes dienen: Rohrzucker führt zu dem richtigen Wert von 18 Atm., Kalisalpeter dagegen führt *ceteris paribus* zu 50 Atm., einem Wert, der viel zu hoch liegt, weil Kalisalpeter permeiert. Auf andere Fehlerquellen einzugehen, ist hier nicht der Ort; es sollte nur darauf hingewiesen werden, dass selbst mit dieser bekanntesten und in jedem Praktikum geübten Methode ganz unrichtige Resultate erhalten werden können.

2. Die Saugkraft der Zelle. Sie gibt uns ein Mass für die Kraft pro Flächeneinheit, mit der die Zelle das Wasser einzusaugen strebt. Die Saugkraft der Zelle ist somit die für die Wasseraufnahme, Wasserabgabe und Wasserleitung massgebende Zustandsgrösse.

Die Messmethode ist im Prinzip sehr einfach: wir bestimmen jene Konzentration, z. B. einer Rohrzuckerlösung, in der das Zellvolumen konstant bleibt, während es in schwächeren Lösungen grösser, in stärkeren kleiner wird. Einige Messungsergebnisse mögen uns die physiologische Bedeutung der Saugkraft der Zelle näher bringen.

Wenn das Wasser in einer Pflanze von der Wurzel bis zur Sproßspitze emporsteigt, so sind dabei Widerstände zu überwinden; man vermutete daher eine Zunahme der Saugkraft in Richtung des Wassertransportes. Solange man jedoch der grenzplasmolytischen Methode sich bediente, war das erwartete Ansteigen nicht aufzufinden; es stellte sich aber in allen untersuchten Geweben ein, als man die richtige Grösse — die Saugkraft der Zelle — mass. Als weiteres Beispiel greifen wir in einem turgeszenten Efeublatt eine Palisadenreihe heraus, die von einem grossen Nerv in einen nervenarmen Raum hineinführt. Die Saugkraft stieg hier

von einem Minimum in der Nähe des Nervs bis zu dem Maximum von zirka 33 Atm. in der 210. Palisade; von hier an fiel die Saugkraft wieder, weil die Wasserversorgung nun von einem andern Nerv aus erfolgte. Die aufsteigende Saugkraftkurve zeigte ferner lokale Depressionen, die stets über schwachen Gefässbündeln lagen. So orientiert die Saugkraftverteilung über die Wege der Wasserversorgung; sie zeigt, dass die Speisung der Efeu-palisaden in der Hauptsache seitlich aus den grossen Nerven erfolgt, dass aber auch die Nerven höherer Ordnung mitbeteiligt sind. Der Grenzplasmolysewert verhielt sich auch hier unregelmässig.

Besondere Beachtung verdient noch der Wurzelquerschnitt in der Absorptionszone. Das Wasser muss hier von der Epidermis bis in die Gefässe wandern. Der Grenzplasmolysewert liess keine Beziehung zum Wassertransport erkennen; die Saugkraft dagegen nahm in der Rinde von aussen nach innen zu. In der Endodermis jedoch fiel die Saugkraft wider alles Erwarten stark ab, obschon die Endodermis von der Rinde Wasser erhalten muss. Der Mechanismus wurde erst verständlich, als man auch Saugkraftdifferenzen zwischen verschiedenen Seiten einer Zelle zu messen lernte. Es zeigte sich, dass die Endodermis als Saugpumpe und Reduzier-ventil wirkt; auf der Rindenseite ist die Saugkraft der Endodermiszelle so gross, dass sie Wasser aufzunehmen vermag, auf der Perizykelseite aber ist die Endodermis-saugkraft so klein, dass Wasser von dem Perizykel absorbiert werden kann. Noch auffallender war die polare Differenzierung der Saugkraft in dem an die Gefässe grenzenden Parenchym, das nach den vorliegenden Messungen als Saug- und Druckpumpe wirkt, indem es den Nachbarzellen Wasser entzieht und in die Gefässe hineinpresst. Damit war ein Einblick gewonnen in den Mechanismus des Blutens.

Aber diese Resultate sind in letzter Zeit mehrfach der Kritik unterzogen worden, so dass wir auf die Messmethode zurückkommen müssen.

Ihr Prinzip ist, wie schon erwähnt, einfach; es besteht in der Ermittlung jener Rohrzuckerkonzentration, in der das Zellvolumen konstant bleibt. Wären hierzu wirkliche Messungen des Volumens erforderlich gewesen, so hätte die Methode gleich anfangs an technischen Schwierigkeiten scheitern müssen, denn eine exakte Volumbestimmung ist bei den meist unregelmässig geformten Zellen nur in seltenen Fällen möglich. Nun kommt es aber glücklicherweise

gar nicht auf das Volumen selbst an, sondern nur auf den Sinn der Volumänderung, und diesen können wir in der Regel aus der Änderung der Zellfläche ableiten, die sich zeichnen und messen lässt. Aber dies gelingt nicht so leicht. Die Ursache liegt zum Teil beim Versuchsobjekt, zum Teil beim Autor. Es gibt tatsächlich Zellen, die in verschiedenen Rohrzuckerkonzentrationen so minimale Flächenänderungen zeigen, dass die Saugkraft auf diesem Wege unbestimmbar bleibt. Andererseits stellen aber brauchbare Flächenmessungen höhere Anforderungen an exaktes Arbeiten, als vielfach angenommen wird, so dass brauchbare Resultate mit grossen Opfern an Zeit und Geduld verbunden sind.

Diese technischen Schwierigkeiten, welche die Zellmethode nicht allen Experimentatoren zugänglich machen, waren die Veranlassung zur Ausarbeitung vereinfachter Verfahren; sie stellen geringere Anforderungen, sind aber auf die Einzelzelle nicht anwendbar, sondern geben nur Durchschnittswerte für Zellverbände. Bei der sogenannten Streifenmethode wird der Sinn der durchschnittlichen Volumänderung der Zellen aus der Längenänderung von Gewebestreifen entnommen, die diese in verschiedenen Konzentrationen des Osmotikums erleiden. Wegen seiner Einfachheit hat dieses Verfahren, das auch im Freien anwendbar ist, bereits eine ziemliche Verbreitung erhalten. Auf diesem Wege wurde zum Beispiel gefunden, dass die Saugkraft eines Organes deutliche periodische Schwankungen aufweist. So verlaufen die Tagesschwankungen der Saugkraft in der Zunge der Bellisblüte annähernd parallel dem Sättigungsdefizit der Luft. Diese Saugkraftänderungen weisen hin auf Änderungen der Wasserbilanz; der Saugkraftzunahme im Verlaufe des Vormittags entspricht steigende Unterbilanz, der Saugkraftabnahme Überbilanz. Es vermag also auch die gesunde, turgeszente Pflanze unter den normalen meteorologischen Verhältnissen eines schönen Sommertages ihre Wasserbilanz nicht konstant zu halten, obschon sie über Einrichtungen zur Regulation der Transpiration verfügt. Diese Störung des Bilanzgleichgewichtes löst in der Pflanze, zum Teil automatisch, Kräfte aus, welche auf die Wiederherstellung des Gleichgewichtes hinarbeiten; denn durch die Erhöhung der Saugkraft wird die Wasseraufnahme erleichtert. Auf die Abhängigkeit der Saugkraft von den Aussenfaktoren weist ferner sehr deutlich die Blattspreite von *Satureia alpina* hin; ein einziger Regen nach längerer Trocken-

periode genügte, um die Saugkraft von 34,5 auf 13,5 Atm. sinken zu lassen.

Und nun noch einige paradoxe Resultate. Wir sahen früher, dass in einem Stengel die Saugkraft von unten nach oben ansteigt. Bei *Satureia alpina* ergab aber die Streifenmethode im Blatt 13,5 Atm. und in der höher inserierten Krone nur 8,0 Atm. Der Widerspruch dürfte bloss scheinbar sein. Das früher konstatierte Ansteigen bezog sich auf ein bestimmtes Gewebe des Stengels, zum Beispiel das Hadromparenchym. Verbraucht nun die Krone weniger Wasser als das Blatt, so genügt in der Krone auch ein geringeres Saugkraftgefälle, das leicht zu einer niedrigeren Durchschnittsaugkraft führen kann. Dieselbe Überlegung ergibt, dass in einem Parasiten die Durchschnittsaugkraft tiefer liegen kann als im Wirt, obschon das Haustorium stärker saugen muss als das wasserabgebende Gewebe des Wirtes. Ein anderer merkwürdiger Befund bezieht sich auf die submersen Süßwasserpflanzen; sie sind rings umgeben von Wasser mit der Saugkraft Null; daher vermutete man vielfach auch in diesen Pflanzen die Saugkraft Null. Die Streifenmethode führte aber stets zu positiven Werten. Die genauere Analyse zeigte nun, dass die Organoberfläche, die allein mit dem Wasser in direkter Berührung steht, von Null nur wenig abweicht; die höheren Saugkräfte der tieferliegenden Zellschichten dürften durch den Wasserverbrauch der Submersen bedingt sein.

Aber nicht alle Objekte lassen sich mit dieser bequemen Streifenmethode messen; so zeigen zum Beispiel Streifen aus Pinusnadeln oder älteren Grasblättern keine Längenänderungen in verschiedenen Zuckerkonzentrationen, weil sie durch stark verdickte oder verkieselte Epidermen daran gehindert werden. Ist aber die Längsdimension eines Blattstreifens starr, so kann trotzdem die Blattdicke deutlich reagieren. Hierauf beruhen zwei weitere Methoden; die eine misst die Dickenänderung direkt mit dem Mikroskop, die andere nach vorausgehender Vergrößerung mit einem Hebelapparat und erreicht dadurch eine aussergewöhnliche Empfindlichkeit.

Noch andere Messverfahren sind ausgearbeitet worden; weder auf sie noch auf die Fehlerquellen, die natürlich jeder Methode anhaften, kann hier eingegangen werden. Dagegen soll wenigstens die schwierigste Aufgabe, die Bestimmung polarer Saugkraftdifferenzen, kurz erwähnt werden. Wir haben bereits gehört, dass auf

entgegengesetzten Seiten derselben Zelle die Saugkraft unter Umständen wesentlich differieren kann: zum Beispiel Endodermisaußenseite  $+ 4,7$  Atm., Endodermisinnenseite  $+ 0,5$  Atm. Wie sind bei der Kleinheit des Objektes solche Unterschiede messbar? Dadurch, dass man an glücklich geführten Schnitten die Endodermis so in Vaseline einbettet, dass das eine Mal nur die Innenseite, das andere Mal nur die Außenseite frei liegt; an der freien Seite wird dann jeweils in üblicher Weise die Saugkraft bestimmt. Das Prinzip ist somit einfach; die Technik allerdings ein Geduldsspiel, womit die geringe Zahl derartiger Messungen zusammenhängt.

Bevor wir die Saugkraft der Zelle verlassen, sei noch auf die Saugarbeit und die Saugleistung hingewiesen, zwei Grössen, die für die Wasserversorgung von weit grösserer Bedeutung sind als die Saugkraft selbst. Soll Zelle a der Zelle b Wasser entziehen, so kommt es auf das Saugkraftgefälle  $a-b$  an; dieses muss grösser sein als der Filtrationswiderstand. Und soll die Bilanz nicht gestört werden, so muss Zelle a in der Zeiteinheit ebensoviele Wasser aufnehmen, als sie abgibt. Diese in der Zeiteinheit aufgenommene Wassermenge hängt ausser vom Saugkraftgefälle und vom Filtrationswiderstand auch noch von der Grösse der Berührungsfläche ab.

3. Die Saugkraft des Bodens. Das Substrat, aus dem die Pflanze ihren Wasserbedarf deckt, ist gewöhnlich der Boden. Dieser aber hält das Wasser ebenfalls mit einer gewissen Kraft fest, so dass die Pflanze dem Boden nur dann Wasser zu entziehen vermag, wenn ihre absorbierenden Teile stärker saugen als der Boden selbst. Die Saugkraft des Bodens spielt somit bei der Wasserversorgung der Pflanze eine wichtige Rolle, und es sind daher mehrfach Methoden ausgearbeitet worden, um diese Grösse zu messen.

Es handelt sich dabei gewöhnlich um Dampfdruckmethoden, welche von der annähernd richtigen Voraussetzung ausgehen, dass gleichem Dampfdruck auch gleiche Saugkraft entspricht. Diese Verfahren haben den Vorteil, dass sie auf die gesamte Bodensaugkraft sich erstrecken, gleichgültig auf welchem Wege sie zustande kommt. Bei einer dieser Methoden gelangt die Bodenprobe in ein hermetisch verschliessbares Gefäss aus Glas zusammen mit verschiedenen Vergleichslösungen von bekannter Saugkraft. Man kontrolliert mit dem Mikroskop bei möglichst konstanter Temperatur

die Volumänderung der Vergleichslösungen, die in Kapillaren eingeschlossen sind. Nimmt eine Kapillare Wasser auf, so saugt sie stärker als der Boden, gibt sie Wasser ab, so saugt sie schwächer; Volumkonstanz deutet auf Gleichheit der Saugkräfte hin. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass der tote Raum möglichst klein wird, dass der Gleichgewichtszustand nicht abgewartet werden muss, wodurch die Versuchsdauer auf ein Minimum reduziert ist, und dass die Kapillaren beliebig oft kontrolliert werden können, ohne dass das Gefäss geöffnet zu werden braucht. Allen Dampfdruckmethoden gemein ist die Empfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen; doch lässt sich diese Fehlerquelle wirksam bekämpfen.

Diese Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, dass der Boden neben den Wurzelspitzen turgeszenter Pflanzen Saugkräfte von null bis zu 20 Atm. und darüber aufweisen kann, und dass gewisse Pilze selbst auf Lösungen von 300 bis schätzungsweise über 1000 Atm. Saugkraft noch zu existieren vermögen.

Wie stark müssen nun höhere Pflanzen, an die wir uns hier halten wollen, das Wasser ansaugen? Natürlich stärker als der Boden, denn sonst könnten sie ihm ja kein Wasser entziehen. In den Wurzelhaaren ist somit eine höhere Saugkraft zu erwarten als im angrenzenden Boden. Die jeweilige Höhe der Wurzelhaarsaugkraft einer normal sich entwickelnden Pflanze hängt von mehreren Faktorengruppen ab: vom Boden, vom Klima, und vor allem auch von der Pflanze selbst. So werden an das einzelne Wurzelhaar um so geringere Anforderungen gestellt, je grösser die Zahl der Wurzelhaare ist; je stärker die Pflanze transpiriert, um so mehr Wasser wird sie im allgemeinen in der Zeiteinheit auch aufnehmen müssen, doch können zwischengeschaltete Wasserspeicher und verschiedenartige Anpassungen an Dürre- und Austrocknungsresistenz in mannigfacher Weise regulierend eingreifen.

4. Die Saugkraft des Zellinhaltes. Sie wird gewöhnlich in der Weise bestimmt, dass man die Pflanze auspresst und den Saft kryoskopiert; natürlich können dabei nur Durchschnittswerte erhalten werden. Die zahlreichen Fehlerquellen, denen auch diese Methode unterworfen ist, beziehen sich zum Teil auf die Gewinnung des Preßsaftes, zum Teil auf die Ermittlung seiner Gefrierpunkterniedrigung; ausserdem erhalten wir auf diesem Wege nur Werte für den Gefrierpunkt und nicht für die Temperatur der lebenden Pflanze.

Hier, wie bei allen übrigen Zustandsgrössen, erfolgt die Prüfung eines Resultates am besten in der Weise, dass man erstens dieselbe Grösse mit verschiedenen Methoden zu messen sucht, und dass man zweitens für dasselbe Objekt mehrere Zustandsgrössen bestimmt und mit Hilfe der Saugkraftgleichung vergleicht.

Nicht minder bedenklich als unrichtige Zahlenwerte ist die fehlerhafte Deutung eines richtig gemessenen Wertes. Gerade bei dieser Grösse wurde wie beim Grenzplasmolysewert in älterer und neuester Zeit hierauf zu wenig geachtet.

Welche physiologische Bedeutung besitzt nun die Saugkraft des Zellinhaltes? Im Gleichgewichtszustand bildet die Saugkraft des Zellinhaltes ein Mass für die Saugkraft des Protoplasmas. Das Protoplasma aber ist die Lebenssubstanz und seine Saugkraft von Bedeutung für die Lebensfunktionen, obschon über die engeren Zusammenhänge noch wenig bekannt ist. Die Saugkraft des Zellinhaltes stellt ferner eine wichtige Komponente der Saugkraft der Zelle dar. Wenn zum Beispiel bei einer Topfpflanze der Boden mehr und mehr austrocknet, so steigt die Saugkraft der Pflanzenzellen immer höher an, zum Teil, weil die Saugkraft des Zellinhaltes zunimmt. Dies ist zunächst sicher nützlich, denn hierdurch wird die Wasseraufnahme erleichtert. Aber der Nutzen ist begrenzt; steigt nämlich die Saugkraft des Protoplasmas zu weit an, so stirbt die Zelle ab oder geht doch in einen latenten Zustand über. Die Kenntnis der Saugkraft des Zellinhaltes, selbst in der Form von Durchschnittswerten, wie sie der Preßsaft zu liefern vermag, kann somit zweifellos wertvoll sein. Der Umstand jedoch, dass sich fast aus allen Pflanzen Saft auspressen lässt, hat auch in neuester Zeit wieder dazu geführt, aus der Kryoskopie wie früher aus der Grenzplasmolyse das osmotische Mädchen für alles zu machen, und das ist natürlich verkehrt. Solche Experimentatoren gleichen einem Meteorologen, der mit einem Thermometer auch die relative Luftfeuchtigkeit und den Luftdruck messen zu können glaubt.

5. Der Wand- und Turgordruck. Denken wir uns einen aufgeblasenen Gummiball, auf den keine äussere Kraft einwirkt; bei Gleichgewicht ist der Wanddruck gleich dem Innendruck. Ebenso muss in einer isolierten Zelle im Gleichgewichtszustand der Wanddruck gleich dem Turgordruck sein. Wirkt dagegen auf

den Gummiball oder die Zelle noch eine äussere Druck- oder Zugkraft ein, so wird:

$$\text{Turgordruck} = \text{Wanddruck} \pm \text{Aussenkraft.}$$

Durch das Zusammenwirken der einander entgegengesetzten Drucke erhält die zartwandige Zelle, gleich wie der Gummiball, eine gewisse Festigkeit. Diese Festigkeit ist an das Vorhandensein ausreichender Wassermengen gebunden und verschwindet daher beim Welken.

Ist in der turgeszenten Zelle kein Gleichgewicht vorhanden, so überwiegt entweder der Wanddruck oder der Turgordruck. Ist der Wanddruck stärker, so kann es zur Auspressung von Wasser oder Zellsaft aus der intakten Zelle kommen, wie wir dies bei der Guttation beobachten.

Überwiegt umgekehrt der Turgordruck, so kann die Zellwand gesprengt und der Inhalt fortgeschleudert werden; so schießt *Pilobolus* sein Sporangium bis 1 m hoch in die Luft.

Unter den Turgorbewegungen wollen wir den wichtigsten Fall, die Bewegung der Schliesszellen im Spaltöffnungsapparat, herausgreifen. Die besonders auf der Unterseite der Blätter vorhandenen Spaltöffnungen besitzen bekanntlich die Fähigkeit, sich zu öffnen und zu schliessen, was für die Regulierung der Transpiration von grundlegender Bedeutung ist. Von SCHWENDENER, einem St. Galler, der hauptsächlich in Berlin wirkte, wurde in einer trefflichen Arbeit gezeigt, wie bei dem eigenartigen Bau der Schliesszellen eine Turgorzunahme zur Erweiterung, eine Turgorabnahme zur Verengerung der Spalte führen kann.

Um nun den Turgordruck der Schliesszellen zu messen, können wir ausgehen von der Saugkraftgleichung. Gelingt es, die Saugkraft der Schliesszelle und die Saugkraft ihres Inhaltes zu bestimmen, so erhalten wir den gesuchten Turgordruck durch eine einfache Subtraktion. Wir können auch einen andern Weg einschlagen; in beiden Fällen ist die Technik mühsam und durch viele Fehlerquellen gefährdet, führt aber zu demselben Resultat. Wenn man nämlich die vielen individuellen Anomalien berücksichtigt, die hier das Studium des Mechanismus so erschweren, und sich auf Spalten beschränkt, die bei fehlendem Turgordruck sich schliessen, so ergibt sich tatsächlich die von SCHWENDENER geforderte Beziehung: mit steigendem Turgordruck nimmt die Spaltweite zu.

**Turgordruck und Wachstum.** Eine andere viel diskutierte Bedeutung des Turgordruckes betrifft seine Beteiligung am Wachstum. Nach einer verbreiteten, auf SACHS und DE VRIES zurückgehenden Auffassung liefert der Turgordruck die Energie für die Volumvergrößerung der wachsenden Zelle. Man erwartete daher an der Stelle stärksten Wachstums auch den höchsten Turgordruck. Nach den vorliegenden Messungen trifft aber gerade das Gegenteil zu; mit dem stärksten Wachstum koinzidiert der schwächste Turgordruck. Dagegen fällt mit dem Wachstumsmaximum das Saugkraftmaximum der Zelle zusammen. Welche physiologische Bedeutung besitzt nun diese Verteilung der osmotischen Zustandsgrößen? Wir wollen beim Wachstum drei Prozesse ins Auge fassen: die Volumzunahme der Zelle, die bleibende Flächenvergrößerung der Wand und die Substanzvermehrung der Wand.

Beginnen wir mit der Volumzunahme der Zelle. Sie ist nur möglich bei entsprechender Wasseraufnahme: dadurch wird das Saugkraftmaximum im Streckungsmaximum verständlich. Kausalmechanisch ist die Erhöhung der Saugkraft der Zelle auf verschiedene Weise denkbar: durch Zunahme der Saugkraft des Zellinhaltes, durch Abnahme des Wanddruckes und durch Kombination beider Momente. Nach den an Wurzeln durchgeführten Messungen ändert sich die Saugkraft des Zellinhaltes nur wenig. Dagegen fällt der Wanddruck stark ab. Die lebende Zelle schlägt also in zweckmässiger Weise den Weg ein, der unter möglichst ökonomischer Verwendung der osmotisch wirksamen Stoffe zum Ziele führt. Die Volumzunahme der wachsenden Zelle erfolgt, wie wir eben sahen, unter Abnahme des Wanddruckes. Das ist bemerkenswert; denn in einem Gummiball oder in einer nicht wachsenden Zelle ist es umgekehrt, je grösser hier das Volumen wirkt, um so grösser wird auch der Wanddruck.

Die Abnahme des Wanddruckes ist beim Wachstum verbunden mit einer bleibenden Flächenvergrößerung der Zellwand. Die Energie für die Flächenvergrößerung wird von den einen, nach dem Vorgange von SACHS und DE VRIES, dem Turgordruck zugeschrieben; hiernach müsste mit dem Wachstum entweder der Turgordruck selbst entsprechend zunehmen oder aber die Dehnbarkeit der Wand. Die erste Eventualität ist, wie wir gesehen haben, nicht realisiert. Bei der Dehnbarkeit der Wand müssen wir unterscheiden, ob sie elastisch oder plastisch ist. Da die

Flächenvergrößerung bleibend sein muss, kann die elastische Wanddehnung nur in Verbindung mit Apposition oder Intussuszeption zum Ziele führen; zudem hat sich die vermutete Proportionalität zwischen elastischer Turgordehnung und Wachstum weder in Wurzeln noch in Stengeln nachweisen lassen. Diese Vorstellung ist heute in den Hintergrund getreten gegenüber der plastischen Dehnbarkeit der Wand. Mehrfach hat man durch Zugversuche eine plastische Dehnbarkeit der Wand gefunden und zeigen können, dass der wachsenden Wand höhere Plastizität zukommt. Damit ist aber noch nicht viel erreicht; denn dass bei jedem Objekt durch ausreichenden Zug die Elastizitätsgrenze überschritten wird, ist längst bekannt. Es handelt sich vielmehr darum, ob der Turgordruck in seiner natürlichen Grösse und bei natürlicher Einwirkungsdauer solche Überdehnungen in ausreichendem Masse zustande bringt. Es ist ferner zu untersuchen, ob dieser Parallelismus immer besteht, ob es sich also um eine notwendige Wachstumsbedingung handeln kann oder nur um eine mehr zufällige Begleiterscheinung.

Bei der von NÄGELI-SCHWENDENER-PFEFFER vertretenen Wachstumstheorie hat der Turgordruck geringere Bedeutung; die Wand wächst hier aktiv, durch Intussuszeption. Stets muss eine Verminderung der Wandkohäsion das Flächenwachstum begünstigen; das eine Mal wird der erforderliche Turgordruck auf ein Minimum reduziert, das andere Mal wird das „Auseinandertreiben der Zellhautpartikel durch die sich einkeilende Substanz“ (Pfeffer) erleichtert. Die Erhöhung der plastischen und elastischen Dehnbarkeit passt also zu verschiedenen Wachstumstheorien.

Ziehen wir endlich noch den dritten Punkt herbei, die Substanzvermehrung der Wand, so kommen wir in keinem Falle um jene komplizierten Vorgänge herum, die in der Bildung neuer Wandsubstanz und ihrer An- oder Einlagerung in die vorhandene Wand bestehen. In welcher Weise die verschiedenen Wuchsstoffe an den verschiedenen Wachstumsprozessen beteiligt sind, fällt ausserhalb des Rahmens dieses Vortrages. Gehen wir noch einen Schritt weiter und betrachten wir die Endprodukte des Wachstums, die unendliche Mannigfaltigkeit der Blätter und Blüten und der pflanzlichen Form überhaupt, so kommt uns wieder so recht zum Bewusstsein, wie weit wir, trotz der angestregten Arbeit von Generationen, noch immer vom Ziele entfernt sind.

6. Die Natur der osmotisch wirksamen Stoffe. Nachdem wir uns über die Grösse und Bedeutung der osmotischen Zustandsgrössen orientiert haben, wollen wir zum Schlusse noch kurz auf die Frage eingehen, welches denn die chemische Natur der osmotisch wirksamen Substanzen ist. Die ersten grundlegenden Untersuchungen verdanken wir wiederum DE VRIES. Aus seinen Analysen war bereits zu entnehmen, dass in gewissen Fällen Rohrzucker die Hauptrolle spielt, in anderen Glukose, wieder in anderen Oxalsäure, Äpfelsäure oder Kochsalz, um nur einige der verbreitetsten Stoffe zu nennen. Diese Kenntnisse sind in neuerer Zeit erweitert und vertieft worden. Die Wirksamkeit dieser Substanzen ist eine ganz bedeutende; so beträgt der osmotische Druck oder die Saugkraft von 1 Mol Rohrzucker, d. h. von rund 342 g Rohrzucker, in 1 Liter Lösung bei 20° C zirka 35 Atm.; für konzentrierte Lösungen von NaCl werden über 350 Atm., für konzentrierte LiCl-Lösungen über 1000 Atmosphären angegeben. Die osmotische Leistung hängt vor allem ab von der Konzentration und der chemischen Zusammensetzung. Vergleichen wir zum Beispiel beim Rohrzucker die Drucke mit den zugehörigen Konzentrationen, so sehen wir, dass die anfänglich vermutete Proportionalität nicht besteht, was besonders bei höheren Konzentrationen deutlich wird: 0,1 Mol = zirka 2,7 Atm., 1 Mol = zirka 35 Atm., 2 Mol = zirka 117 Atm. Beim Vergleich verschiedener Nichtelektrolyte fiel DE VRIES auf, dass äquimolekulare Lösungen annähernd isosmotisch sind; ein Gesetz, das für Elektrolyte nicht stimmte und DE VRIES 1884 zur Aufstellung seiner isotonischen Koeffizienten veranlasste. Diese Befunde waren für die physikalische Chemie von hohem Interesse und wurden durch VAN'T HOFF und ARRHENIUS der Erklärung entgegengeführt.

Die Saugkraft einer Zelle ist nicht konstant, wie uns die Tages- und Jahreskurven gezeigt haben. Diese Schwankungen können auf verschiedene Weise entstehen; was uns hier besonders interessiert, das sind jene Prozesse, durch welche in der lebenden Zelle osmotische Substanz erzeugt oder zerstört wird. Einige Beispiele sind allbekannt; man denke an die Entstehung von Zucker aus CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O, an die Umwandlung von Stärke in Maltose, die Spaltung der Disaccharide in Monosaccharide und die entgegengesetzten Vorgänge. In der Regel sind aber die Osmoregulationen noch wenig analysiert.

Wir sind am Ende. Blicken wir zurück bis zu NÄGELI, so ist ein wesentlicher Fortschritt nicht zu verkennen. Blicken wir vorwärts, so sehen wir die Ziele, denen wir zustreben, aber auch die Hindernisse, die zu überwinden sind. Doch wir hoffen, dass die gegenseitige Befruchtung der verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen, die in der Vergangenheit so schöne Früchte reifen liess, andauere, und dass Physik und Chemie uns stets neue Waffen schenken werden, um tiefer in den Mechanismus der lebenden Zelle vorzudringen.

# Avec un géologue à travers le canton de Schwytz

Par

A. JEANNET

(Avec une planche)<sup>1</sup>

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Dans ses « Nouvelles Genevoises » RODOLPHE TÖPFFER décrit une rencontre qu'il fit dans la vallée du Trient, aux environs de Vallorcine. Son récit débute par ces mots: « Ces Messieurs étaient des géologues. » La figure annexée ne manque pas d'ironie, mais que dire des réflexions qui l'accompagnent! « C'est une charmante compagnie que les géologues », dit notre auteur, « mais pour les géologues surtout. Leur manière est de s'arrêter à tout caillou, de pronostiquer à chaque couche de terrain. Ils cassent les cailloux pour les emporter, ils égratignent les couches pour en faire un système à chaque fois; c'est fort long. » . . . , et plus loin: « Toutefois, s'il m'arrive d'éviter les géologues, j'aime en tout temps la géologie. »

Cette appréciation de TÖPFFER est certainement encore celle qui règne dans le public en général. Le géologue est-il mieux apprécié dans sa famille? Il ne le semble pas. N'ai-je pas entendu il y a quelque 20 ans, la fille de l'un de nos grands maîtres d'alors, disant: « Il est bien embêtant papa, avec sa géologie! »

Sur le terrain tout au moins, le géologue sera partout et toujours un compagnon fort désagréable pour les non-initiés. Il perd littéralement son temps à casser des pierres, puis il les sent, il les lèche, enfin il les regarde longuement à la loupe. Lorsqu'il en a plein les poches, il se décide à les emballer après les avoir soigneusement étiquetées. Mais ce n'est pas tout encore; il prend des notes, fait des croquis, dessine sur des cartes; ça n'en finit jamais!

---

<sup>1</sup> Planche offerte à la S. H. S. N. par des amis de la géologie schwytzoise.

Il n'y a d'yeux que pour les différences et les couleurs des roches, les contournements des couches, pour les formes du terrain, pour les éboulements et les glissements mettant à nu le sous-sol, mais qui font le désespoir des propriétaires fonciers. Quant aux autres beautés de la nature, il les délaisse le plus souvent, ou ne les regarde que s'il n'y a décidément rien d'autre à observer.

Un géologue tout seul est déjà une compagnie peu enviable, mais qu'est-elle lorsqu'il s'agit d'une troupe de ces personnages? Ils discutent sans fin à propos de tout et de rien, ne sont jamais d'accord et font un vacarme effrayant avec leurs marteaux. S'ils ne frappaient que sur des pierres, cela serait encore supportable, mais nous savons par l'exemple de ce qui se passe avec nos étudiants, qu'il leur suffit d'avoir un marteau en main pour se croire obligés de taper sur tous les objets se trouvant à portée!

Mais rassurez-vous, votre serviteur sera aujourd'hui seul à vous conduire, il n'utilisera ni marteau, ni loupe, ni crayon; il se contentera de vous faire voir des paysages et de les commenter.

D'ailleurs le naturaliste a maintenant des moyens de transport autrement rapides et confortables qu'autrefois. Sans doute doit-il encore se servir de temps à autre de ses jambes, car la montagne n'est guère accessible qu'à pied, du moins pour les études que nous faisons, mais combien ses abords sont actuellement facilités grâce à l'auto qui l'amène sans fatigue à pied d'œuvre. L'avion même est un moyen d'exploration et les photographies d'avion sont utilisées avec le plus grand profit.

C'est en grande partie par automobile et avion que nous allons faire une rapide randonnée au travers et au-dessus du pays de Schwytz.

On peut l'aborder commodément par le N, l'W et le SW. Seuls les marcheurs y pénétreront par le S et par l'E, soit à partir de Riemenstalden ou de la route du Klausen, soit par le Klöntal et le Prigel.

A l'exception des bords du lac de Zurich et de la vallée de la Linth, le vieux pays est bien défendu par sa ceinture de montagnes. Au NW et au N, la grande barrière molassique culmine avec le Rigi (1800 m.) et se continue par le Rossberg, le Hohe Rohne, l'Etzeln et le Melchertli; quelques trouées permettent de pénétrer à l'intérieur. C'est d'abord celle d'Arth-Goldau—lac de Lowerz, puis celle du lac d'Aegeri par le Morgarten et Sattel,

ensuite vient celle de Schindellegi, celle de l'Etzel et enfin celle du Wäggitäl. Une autre barrière montagnaise défend l'accès du territoire; c'est celle que suit la frontière cantonale au S et à l'E. Mais elle est de nature toute différente, principalement calcaire, presque partout infranchissable, si ce n'est aux alpinistes. Elle se suit du Frohnalpstock par la crête de l'Axen, la muraille qui domine le Klausen jusqu'à l'Ortstock, se dirige au N par le Böser Faulen, le Haut-Klöntal, le Räderten et les montagnes du Wäggitäl. Seul le Prigel est d'un abord relativement facile.

Par le lac, il faut franchir le détroit formé par les Nasen ou du S venir par la branche d'Uri.

Toutes ces trouées, ces portes du canton comme je les appelle, sont dues à des causes géologiques. Quelques-unes sont utilisées comme voies de grande communication. C'est par les portes du N et du NW que se sont principalement produites les invasions. Il suffit de citer celle de Morgarten en 1315, de songer aux défenses de Küssnacht et d'Arth, du Morgarten, de Schindellegi et de l'Etzel en 1798. La ceinture calcaire n'a guère été franchie que par Souvarow en 1799, au Kinzigpass à l'aller et au Prigel au retour. C'est dire combien l'intérieur du pays est protégé par ses limites naturelles.

La barrière molassique est formée par des alternances de bancs de poudingue (Nagelfluh) de grès et marnes plus tendres, inclinées vers l'intérieur du territoire et formant comme de gigantesques marches d'escaliers. Il suffit d'avoir vu les versants du Rigi et du Rossberg pour se rappeler ce dispositif. Ces bancs de conglomérat se prolongent dans les défilés, au travers des portes d'accès sous forme de crêtes allongées, disposées les unes en arrière des autres, en favorisant la défense. A cet égard, la porte d'Aegeri—Sattel, au travers du Morgarten est un exemple inoubliable.

Mais avant d'entreprendre ce court voyage, il convient de connaître certaines expressions, certains noms de terrain qui seront fréquemment employés. D'ailleurs la conférence d'ouverture prononcée par M. le Rév. Père DAMIAN BUCK vous a déjà familiarisés avec plusieurs d'entre-eux, de sorte que notre tâche en est facilitée d'autant.

Les termes de moraine, de Molasse, de Tertiaire, de Crétacé, de Jurassique, de Trias, constamment utilisés par les géologues ne parlent guère à l'imagination des profanes. Sans entrer dans les

détails, nous pouvons les caractériser rapidement en gardant en vue l'application que nous en ferons à la région qui nous occupe.

Les moraines ou terrains glaciaires sont des dépôts non stratifiés consistant en boues qui renferment des blocs de diverse nature, plus ou moins anguleux, souvent polis et striés. Elles peuvent passer latéralement à des graviers et sables disposés en couches régulières ou non. On les rencontre indistinctement sur tous les autres terrains. Dans le bas pays, elles forment une épaisse couverture ayant conservé parfois la forme en remparts ou collines allongées ou arquées.

Ce paysage morainique est surtout développé dans le N du territoire, entre Schindellegi et le lac. C'est grâce à l'extension d'anciens glaciers que des moraines se trouvent sur tout le Plateau suisse. Celles qui s'observent dans le pays de Schwytz sont à rapporter à deux glaciers principaux d'origine différente. Le bassin du lac de Zurich fut occupé par l'ancien glacier de la Linth et du Rhin, celui du lac des Quatre-Cantons par celui de la Reuss. Des dépôts de l'un et de l'autre se rencontrent au voisinage d'Einsiedeln. Ces anciens glaciers ont recouvert le pays à plusieurs reprises, au moins quatre à cinq fois successivement. A cette époque un grand lac occupait toute la vallée de la Linth. Ses rives étaient envahies par de grands marais dont les restes sont conservés à l'état de charbons feuilletés et de débris végétaux et animaux dans des boues lacustres. On les trouve à l'Unter-Buchberg, au voisinage de Wangen. Ce lac a persisté à travers plusieurs glaciations, car ses dépôts alternent avec des terrains morainiques ou sont en relation avec des moraines. Le paysage lacustre compris entre Rapperswil et Pfäffikon, avec ses îlots d'Ufenau et de Lützelau, existait au SE; l'Unter- et l'Ober-Buchberg en étaient les îles principales.

La Molasse, d'une extension considérable, puisqu'elle forme le sous-sol de tout le Plateau suisse, est formée de roches variées telles que marnes, grès, conglomérats, d'origine lacustre, marine ou fluviatile. C'est le seul terrain se rencontrant au N d'une ligne passant approximativement par Vitznau, Lowerz, Einsiedeln, le S de Bilten et le N de Weesen. Faiblement ondulée ou horizontale sur le Plateau suisse, cette Molasse se plisse et se casse aux approches des Alpes, d'où son nom de Molasse subalpine. C'est elle qui constitue la barrière NW et N dont il a déjà été question. On pourrait supposer qu'aux abords des Alpes se présente la Molasse la plus jeune. Il n'en est rien. C'est la plus ancienne au contraire

qui apparaît le long du front N de la chaîne. Cette disposition est due à de grandes lames, de gigantesques écailles, arrachées et portées en avant par la poussée alpine. Ainsi la Molasse s'avance très loin au-dessous des Alpes, mais à de grandes profondeurs. La Molasse subalpine simplement plissée est désignée sous le nom de zone externe, par opposition à la zone interne qui est charriée.

En arrière de la Molasse vient une région monotone appartenant déjà aux Alpes. Elle est occupée par des roches tertiaires plus anciennes que BERNARD STUDER a désignées sous le terme de Flysch. Il s'agit d'un ensemble varié, principalement schisteux et gréseux, imperméable, ébouleux. Tout le territoire compris entre Euthal et Unter-Iberg, par ex., est formé de ce terrain, avec Spital comme sommet principal, et cela jusqu'au Gschwendstock et même plus au S.

A la base des terrains tertiaires apparaissent des niveaux bien connus, étudiés depuis longtemps, les calcaires et les grès nummulitiques. Ils forment souvent des écailles à la base du Flysch. Les bandes célèbres de Steinbach et d'Euthal, non loin d'Einsiedeln, ont fait l'objet de très nombreuses études. La dernière en date vient de paraître; elle est renfermée dans le premier numéro des « Berichte » de la Société schwytoise des Sciences Naturelles qui vous a été distribué.

Les montagnes calcaires ou helvétiques, formant tout le centre et le S du pays, sont plus anciennes et se composent principalement de terrains crétacés et jurassiques.

On rapporte au Crétacé une série variée de roches dont l'épaisseur, au N de Muotathal, est d'au moins 1600 m. Dans ces régions, on y distingue de haut en bas :

Les Couches de Wang, formant une haute paroi calcaire à Wang, d'où le nom, mais passant latéralement à une série marneuse très épaisse, le complexe des marnes supracrétacées à nodules et fossiles pyriteux. Au-dessous viennent les Couches de Seewen (près Schwytz), calcaires à la base.

Le Crétacé moyen, le Gault, des anciens auteurs, est formé de roches verdâtres, glauconieuses, gréseuses ou échinodermiques.

Au Crétacé inférieur ou Néocomien, on rapporte d'abord les grandes parois de « Schrattenkalk » faciès Urgonien du Barrémien, jouant ici le même rôle morphologique que les calcaires blancs dans le Jura. Vers le S, ces calcaires passent latéralement et par le bas

# Coupes géologiques du Bassin de la Haute-Sihl

par A. Jeannet.

Avec utilisation des documents publiés par Albert Heim (Mythen), J. Oberholzer et E.C. Quereau.

Sud

Nord

## I. Mythen

Gd. Mythen 1902

Petits Mythen 1815 1765

Zwischenmythen

Haggenegg

Coupe I 1200 m

## II. Schienberg-Gschwendstock

Kl. Schienberg 1560 Gr. Schienberg 1575

Coupe I 1200 m

Coupe I 1200 m

Gschwendstock 1592 Bütziflüh 1604

Minster

Wüstwaldtobel

Heiken

Subbrunnentobel

Heuberger

Roggenstock 1781

Coupe II 700 m

Coupe II 700 m

Hessisbohl

Guggern

## III. Heuberger-Guggern

Gr. Sternen 1971

Coupe III 700 m

Coupe III 700 m

Fortberg 2219

Farenstockli 1655

Totenplang 1769

Farenstock 1630

Waag

Stockfluh 1604

Kasern

Stille Waag

Waag

Coupe IV 500 m

Coupe IV 500 m

Drusberg 2285

Hund 2136

Twäriberg 2118

Rütistein 1980

Schülberg 1932

Ob. Ofen

Fidersberg 1919

Gr. Biet 1968

Leiterstollen 1793

## V. Drusberg-Karrenstock

Untersihl

Sihl

Tierfedern

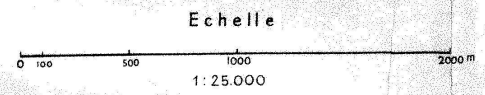
Schrot

Karrenstock 1292

Coupe V 700 m

### Légende

- Alluvions
- Eboulis moraines
- Nappes des Klippes
- Lambeaux supérieurs
- Tr. Calcaire dolomitique (Trias)
- Di. Diabase, etc.
- Ra. Radiolarite, calc. clairs, etc. (Nappe de la Simme)
- Nappe des Préalpes médianes
- Ff. Flysch
- Cr. Niveau gris supérieur
- Cg. Couches rouges
- M. Malm
- D. Dogger
- Tr. Brèche de Ramsi (Petits Mythen)
- Tr. Trias
- Niveau à plantes (Zwischenmythen)
- Lambeaux ultrahelvétiques
- W. Wildflysch (souvent blocs exotiques)
- Nappe helvétique supérieure
- Nappe du Drusberg
- Ff. Flysch
- N. Nummulitique
- Cw. Couches de Wang
- Cs. Marnes supracrétacées
- Cf. Couches de Seewen
- Cg. Gault
- Al. Albien
- G. Gargasien
- Cb. Schrattealkalk à Orbitol. supérieur
- Cd. Couches du Drusberg
- Ca. Couches d'Altman
- Ch. Calcaires siliceux (Hauteriviens)
- Plan de chevauchement



Coupe V 700 m

A. Jeannet del. VII. 1935.

SWITZERLAND 4-13. BUREAU

à des alternances marneuses et marno-calcaires, les Couches du Drusberg, de nature plus profonde. Au-dessous vient la puissante masse des Calcaires siliceux, le « Kieselkalk », constituant à eux seuls la presque totalité de la chaîne du Fluhbrig. Au sommet apparaît une mince bande de calcaires gréseux verdâtres, les Couches d'Altmann. Quant au Crétacé tout à fait inférieur, le Valanginien, il apparaît dans le Haut-Wäggital et les parages du Prigel sous forme de petits bancs calcaires clairs au sommet et de marnes foncées très épaisses à la base.

Le Jurassique, situé normalement au-dessous des sédiments qui viennent d'être cités, occupe de vastes territoires dans la chaîne de l'Axen, au S du canton. Il y est formé d'abord par les Couches à ciment, puis par les Calcaires de Quinten, enfin par les Couches de Schilt; tous ces niveaux sont attribués au Malm. Le Dogger se rencontre principalement dans le Bisital, sous forme de puissantes parois de brèches échinodermiques. Quant au Jurassique inférieur ou Lias, il borde la chaîne de l'Axen au S, sur les territoires d'Uri et de Glaris, mais il se rencontre également dans le fond du Bisital.

En ce qui concerne le Trias, formé de roches de teintes plutôt claires: calcaires dolomitiques, cornieules, avec schistes vivement colorés au sommet, il n'apparaît, dans la série helvétique, que dans les parages du col du Klausen.

Mais en dehors et en dessus des chaînes calcaires, des terrains secondaires se rencontrent aussi localement. Leur étrange position est longtemps restée incomprise des géologues. Du Crétacé, du Jurassique, du Trias et même des roches cristallines ont été reconnus, soit en grandes masses, constituant des „Klippes“ ou reliques, telles que les Mythen, les deux Schienberg, la Mördergrube et le Roggenstock au S d'Iberg, soit en blocs isolés dans le Wildflysch. La plupart de ces terrains y ont un aspect, nous disons un faciès différent de celui que présentent les couches de même âge de la série helvétique. Ainsi, le Crétacé supérieur est représenté par des calcaires schisteux rouges ou gris, formant le sommet du Grand Mythen par exemple. Le Gault est absent, le Néocomien l'est ordinairement aussi, mais on le rencontre à la Rothe-fluh sous forme de calcaires grisâtres, tachetés. C'est le Malm massif qui constitue la masse principale des Mythen. Dogger et Lias sont très subordonnés, le premier représenté sur

le flanc E des Petits Mythen par la „Rämsibreccie“ à rares cailloux cristallins. Au Trias, viennent des calcaires dolomitiques blonds ou foncés à algues calcaires (Diplopores) des marnes sombres, parfois à plantes (Zwischenmythen), du gypse. Enfin il convient d'ajouter à cette liste déjà longue, les roches cristallines telles que diabases, variolites, gabbros; des blocs isolés, de granites rouges et verts du type d'Habkern, se rencontrent dans le fond des torrents de la région S du Flysch.

Les terrains helvétiques se répartissent en deux grandes masses séparées ordinairement par des couches tertiaires. Elles forment deux grands plis couchés ou nappes, eux-mêmes plus ou moins digités. La nappe supérieure, celle qui s'avance ici le plus loin vers le N est la nappe du Drusberg-Säntis. Au S d'une ligne passant par la vallée de Riemenstalden, le Muotatal et le Klöntal supérieur, apparaît un pli plus profond, la nappe de l'Axen, s'étendant jusqu'au Klausen. Entre deux on observe, dans les parages du Pragel, une sorte d'écharde, c'est la lame des Richisau. Au S du Schächental, emballés dans les Grès d'Altdorf d'âge tertiaire, apparaissent encore des plis plus profonds voisins du massif autochtone de l'Aar, aussi les désigne-t-on sous le nom de nappes parautochtones.

La nappe du Drusberg-Säntis montre, dans le pays de Glaris à l'W de la Linth, plusieurs digitations superposées, en retrait les unes par rapport aux autres, disparaissant au SW et se montrant à nouveau au voisinage du Lac des Quatre-Cantons. La plus profonde est celle du Wiggis-Riseten, entièrement sur territoire glaronais; mais elle remonte bientôt au jour à l'W, formant la chaîne des Aubrig. Elle surgit à nouveau de la profondeur avec l'Urmi-berg, le Bürgenstock, etc. La digitation superposée forme toute la crête frontière du Haut-Wäggital; c'est celle du Räderten, disparaissant sous la chaîne du Fluhbrig. Elle ressort de la profondeur à Morschach-Seelisberg. Le pli helvétique supérieur, du Drusberg-Fluhbrig, occupe une vaste région comprise entre le Pragel et le Lac des Quatre-Cantons d'une part, le Frohnalpstock et Unter-Iberg d'autre part. Il est lui-même plusieurs fois replié. Limité en avant par le grand et beau pli frontal du Fluhbrig, il se continue dans l'admirable demi-cylindre couché de la vallée de la Waag au S d'Unter-Iberg. En arrière vient un synclinal peu creusé dans le Sihltal, mais déjà profond sous Ober-Iberg. Puis

viennent les ondulations des Leiterstollen-Schwarzstock, Gr. Biet-Totenplangg, avec flanc N déjà un peu couché. Une grande vasque synclinale sépare ce dernier du pli-faille schématique du Twäriberg-Forstberg; elle est occupée au centre par une grande épaisseur de couches de Wang et même de calcaires nummulitiques. Cette large dépression s'abaisse au SW jusqu'à la vallée de la Muota puis remonte dans la direction du Frohnalpstock. Sur le flanc gauche de la Stille Waag, les deux replis du Schwarzstock et du Totenplangg se rapprochent, se cassent et dégènèrent en pli-faille. Les ondulations de la nappe du Drusberg se retrouvent au SW au N du Bas-Muotatal. Ils y forment les beaux plis couchés du Giebel et de la Fallenfluh, le second en retrait sur le premier.

La nappe de l'Axen venant au S de la première, comporte également plusieurs éléments tectoniques superposés. On y a distingué de haut en bas: la nappe des Silber-Todalp, la nappe de la Bächistock, enfin celle de l'Axen proprement dite.

Dans le pays de Glaris, à gauche de la Linth, d'autres nappes apparaissent au-dessous des premières. C'est d'abord celle du Mürtschen, puis la nappe glaronaise. Enfin, sortant de la profondeur tout au N, la chaîne du Wageten-Köpfler, présentant une série stratigraphique simple est actuellement rattachée à une nappe parautochtone, celle du Griesstock, se trouvant au S du Klausen.

Ainsi qu'il ressort des croquis et esquisses que vous avez sous les yeux, les trains de plis du Drusberg et de l'Axen s'enfoncent au SW et se relèvent dans les parages du Lac d'Uri. Ils forment un ensellement, une sorte de transsynclinal qui fut en partie l'amorce du drainage primaire de la région et grâce auquel les „Klippes“ ont été préservées de l'érosion. Si en effet celles-ci forment des sommets ou des crêtes, elles n'en sont pas moins, géologiquement parlant, situées dans une grande dépression, résultat de la disposition conjuguée de l'ensellement dont il vient d'être question et de la vaste ondulation synclinale de la nappe du Drusberg. C'est dans la région où ces deux systèmes se coupent que la majorité des Klippes est conservée.

Celles-ci ne reposent pas directement sur la nappe du Drusberg. Un coussinet de Flysch, parfois très épais, les sépare, qui déborde en avant de la nappe et s'étend jusqu'à la Molasse sub-alpine. Ce Flysch de caractère spécial renferme dans sa partie méridionale, surtout, des blocs plus ou moins volumineux de roches

cristallines et sédimentaires ayant le faciès des terrains des „Klippes“ inférieures. On en fait une nappe dont l'origine est à chercher immédiatement au S de la zone helvétique, la nappe du Wildflysch, ultrahelvétique.

Dans les „Klippes“, on peut distinguer trois éléments superposés: A la base, la lame des Klippes proprement dites, la „Klippendecke“, dont l'apparement aux Préalpes médianes romandes ne fait aucun doute. Elle constitue les Mythen et la Rothe fluh, le Petit Schienberg, la base de la Mördergrube, côté E, et celle du Roggenstock. Les éléments les plus caractéristiques en sont les Couches rouges et le Malm. Au-dessus une mince lame de radiolarite et de calcaires siliceux clairs accompagnés de roches éruptives, se rapporte à la nappe de la Simme. Elle existe principalement en avant de la Mördergrube et au Roggenstock. Enfin des calcaires dolomitiques superposés à des marnes foncées, constituant le Grand Schien, ainsi que les sommets de la Mördergrube et du Roggenstock, appartiennent à un lambeau supérieur qui paraît devoir être rattaché à la grande nappe austro-alpine de la Suretta.

Grâce à l'exposé qui précède, nous allons pouvoir reconnaître sur la série des clichés qui vont passer sous vos yeux, les divers éléments dont se composent les montagnes de Schwytz. Je m'empresse d'ajouter qu'il serait impossible, en un temps si limité, de vous promener dans tout le pays. C'est la raison pour laquelle nous explorerons principalement les régions nord et centrale qui me sont d'ailleurs beaucoup plus familières.

Nous commencerons par les confins septentrionaux, puis nous pénétrons à l'intérieur par les portes de la barrière molassique d'abord, calcaire ensuite.

Nous devons une partie de ces clichés à l'amabilité de notre président annuel, M. le Rév. Dr Damian Buck, ainsi qu'à un de ses amis, M. Karl Hensler, d'Einsiedeln. Les clichés d'avion proviennent de la collection de la Société „Swissair“ à Zurich.

Il fut ensuite présenté et commenté quelques 70 vues de tout le pays, propres à donner une idée de sa structure, de la variété de ses sites, de son charme, tant au point de vue scientifique que pittoresque.

En conclusion, au point de vue géologique, le Pays de Schwytz présente-t-il des caractères qui lui sont particuliers? Oui, à cer-

tains égards, mais dans les détails seulement. Comme les cantons de St-Gall et de Lucerne, il est à cheval sur la Molasse subalpine et sur la zone helvétique. Dans celles-ci, la digitation supérieure de la nappe Drusberg-Säntis, ondulée et plissée, est entièrement à découvert dans le territoire schwytois. Les „Klippes“ assez étendues dans l'Unterwald (Buochserhorn, Stanserhorn-Arvisgrat) n'y correspondent qu'au seul complexe inférieur d'Iberg, soit aux Préalpes médianes proprement dites. La nappe de la Simme ne se rencontre guère, à l'état de „Klippe“, que dans les montagnes de Schwytz. Il en est de même du lambeau triasique tout à fait supérieur du Roggenstock-Mördergrube, n'ayant pas d'analogue dans les Préalpes romandes, mais des affinités avec les Grisons.

En stratigraphie, les termes locaux tels que: Couches de Wang, Couches de Seewen, Couches du Drusberg, désignant des horizons précis et très étendus dans les Alpes à faciès helvétique, sont utilisés depuis longtemps. En tectonique, vous avez entendu à plusieurs reprises des noms tels que: Nappe des Silbern, Nappe du Räderten, Nappe du Drusberg, dont l'extension est plutôt régionale.

Si l'apport schwytois à la stratigraphie et à la tectonique alpine est loin d'être négligeable, nous estimons cependant qu'il est surpassé par la seule présence des Mythen, conférant à ce canton un caractère particulier et unique. Malgré leur altitude moyenne, leur isolement, leur forme, leur structure les font remarquer de bien loin à la ronde.

N'est-on pas en droit de penser que les couleurs du sommet du Grand Mythen, ainsi que leur disposition, ont suggéré celles du drapeau schwytois, devenu emblème national? En effet de Schwytz, et de ses environs, le «Weissnollen», ce lambeau de Jurassique blanc, apparaît tout entouré de rouge.

Le Grand Mythen est notre drapeau suisse et le symbole de la Confédération helvétique, et cela pour deux raisons: d'abord parce que les teintes des rochers qui forment la pointe de la fière pyramide sont devenues nos couleurs nationales, ensuite parce que c'est à ses pieds qu'est conservé le plus ancien pacte fédéral, ce „Bundesbrief“ qui est à l'origine de nos franchises et de toutes nos libertés.

Ce sont des raisons, me semble-t-il suffisantes, pour tous les naturalistes suisses, de chérir et de vénérer les Mythen et le Pays de Schwytz tout entier.

# Individual- und Gruppenmedizin

Von

W. LÖFFLER, Zürich

Eine Haupttriebfeder menschlichen Handelns liegt im Bestreben einer gewissen Sicherstellung sowohl der eigenen Person wie auch der ihr nahestehenden Menschen, vor allem also der Familie.

Daraus entwickelten sich früh neben der uralten Individualmedizin gewisse Tendenzen, die als Gruppenmedizin zu bezeichnen sind. So war schon den Römern eine primitive Form von Lebensversicherung bekannt. Im Mittelalter übernahmen die Zünfte bisweilen ähnliche vorsorgliche Verpflichtungen für den Todesfall eines Mitgliedes.

Bei manchen Menschen geht das wirkliche Interesse nicht wesentlich über den engen Kreis der Familie hinaus, was sich bemerkbar macht, sobald auch nur ein kleines Opfer oder gar ein kleines Risiko zugunsten der Allgemeinheit verlangt wird.

Es besteht aber doch bei vielen Menschen ein Interesse am Wohlergehen grösserer Gruppen, der Gemeinde, des ganzen Landes; denn in das Wohl und Wehe des Ganzen ist auch dasjenige des Einzelnen unlösbar verstrickt. Wir müssen zugeben, dass in Bezug auf gesundheitliche Sicherstellung des Einzelnen wie der grossen Masse oft weniger die Einsicht wirksam ist als die Angst. Sie fühlt die Gefahr, verkennt aber oft ihr Wesen und bekämpft sie daher mit unrichtigen Massnahmen oder solchen von unnötiger Härte, besonders wenn versäumt worden ist, zu richtiger Zeit mit kühler Überlegung zweckmässige Abwehr vorzubereiten.

Dieser Angst kann man aber auch heute noch in einzelnen Fällen eine gewisse Berechtigung nicht absprechen. Es kann der Arzt wohl die Furchtbarkeit einer Epidemie miterleben, er kann die Schwere eines erbbedingten Leidens ermessen, das wie

ein Fluch durch eine Sippe geht, aber nur der Künstler ist imstande, diese Schrecken in ihrer ganzen Wucht und Tragik darzustellen, wenn etwa in der Sippe der Tantaliden der Fluch wie ein Erbübel ein Glied nach dem andern grausam unerbittlich trifft, oder wenn die Pfeile Apollos, das Symbol der Epidemie, die Kinder der Niobe dahinraffen. Wenn Arnold Böcklin die Seuche darstellt oder Sinclair Lewis eine moderne Pestepidemie schildert, so hat nur das Gewand gewechselt, das Ereignis bleibt dasselbe, und das Grauen, das es erweckt. Die Furcht aber ist ein schlechter Berater, sinnlose Flucht oder fatalistische Ergebenheit ihr Resultat. Ihre Wirkung ist zudem von kurzer Dauer. Es gilt das italienische Sprichwort: *Passato il pericolo, gabbato il santo!* Ist die Gefahr vorbei, wird der Heilige verlacht, d. h. die zielstrebige Abwehr wird dann vernachlässigt.

Was nun die Medizin an zielstrebigem Abwehrmassnahmen leistet, ist vorwiegend Gruppenmedizin. Die Menschheit ist in gesundheitlicher Hinsicht zu ständiger Abwehr gezwungen, nicht nur gegen die grossen und kleinen Infekte, auch gegen alle möglichen andersartigen Gefahren. Wenn der Fortschritt der Technik Gefahren beseitigt, so erzeugt er solche in noch grösserer Zahl, als physikalische und chemische Schädigungen, die nicht nur den Einzelnen, sondern ganze Bevölkerungsgruppen treffen können. Endlich wird der Mensch bedroht von Gefahren von innen, solche, die in der Organisation des Individuums selbst und seiner Sippe begründet sind. Der Fortschritt naturwissenschaftlich-medizinischer Erkenntnis ermöglicht es, vielen Gefahren in noch nützlicher Zeit zu begegnen, so dass wir ihnen nicht mehr wie einem unabweislichen Schicksal gegenüberstehen.

Abwendung oder Verminderung einer Gefahr bedeutet, einer Schädigung wirksam begegnen in einem Stadium, in dem noch kein Unheil angerichtet worden ist.

Die Abwehr geht also nach zwei Richtungen: gegen Gefahren, die von aussen kommen: diese sind belebter oder unbelebter Natur, also Infektionen, die in den Epidemien ihre Gipfel erreichen, oder unbelebter, physikalischer und chemischer Natur, gewerbliche Schädigungen, solche durch Lebensmittelindustrie usw. in einer ungeheuren stets wachsenden Mannigfaltigkeit, selbst wenn wir uns nur auf die Friedensmedizin beschränken.

Dem steht gegenüber eine zweite Gruppe: die Gefahren, die von innen kommen, die in der Konstitution des Individuums selbst und seiner Sippe begründet sind, die Erbleiden im weitesten Sinne des Wortes.

Der Nachweis, dass zwischen den Wirkungen der ersten und der zweiten Gruppe mannigfache Beziehungen bestehen, ist verhältnismässig neu, bietet aber ganz besonders geartete Abwehrmöglichkeiten.

Das ärztliche Handeln erfolgt nun nach zwei grundsätzlich verschiedenen Gesichtspunkten, demjenigen der Individualmedizin und demjenigen der Gruppenmedizin.

Es kann sich hier nur darum handeln, in grossen Zügen an Beispielen zu zeigen, was damit gemeint ist. Eine Vertiefung der einzelnen Fragen ist im Rahmen eines kurzen Vortrages nicht möglich. Möglich erscheint mir aber, das Interesse der naturwissenschaftlich Gebildeten an Fragen zu wecken, die früher oder später für jeden einzelnen von Bedeutung sein können und deren Bedeutung für die Allgemeinheit nicht leicht überschätzt werden kann.

Gruppenmedizin beansprucht gerade heute vermehrtes Interesse, als das stärkere Hervortreten derartiger Fragen nicht nur von praktischem, sondern auch wohl von theoretischem Interesse ist. Mancherorts wird der Gruppe im Gegensatz zum Individuum, der „Gesamtheit“, eine grosse, uns zur Zeit überwertet erscheinende Bedeutung zugemessen, während andererseits nicht bestritten werden kann, dass eine derartige Entwicklung in mancherlei Hinsicht nicht nur biologisch verständlich, sondern auch biologisch begründet ist. Die Tendenz der Natur nach der Erhaltung der Art kommt an der Gesamtheit deutlicher zum Ausdruck als am Individuum.

Zunächst die Individualmedizin: Wenn jemand den Arzt über seine Gesundheit um Rat angeht, so bedeutet dies eine Angelegenheit, die nur die beiden beteiligten Individuen betrifft: Patient und Arzt. Die Feststellungen des Arztes existieren nur für den Patienten und für ihn selbst. Sie unterliegen, wie alles, was der Patient dem Arzt anvertraut, der ärztlichen Schweigepflicht, als einem der Grundpfeiler im Verhältnis zwischen Patient und Arzt.

Der Arzt hat die Aufgabe, sich in das Interesse des Patienten soweit wie möglich hineinzudenken. Seine Leistungsfähigkeit zeigt

sich in der Diagnosestellung und in der Durchführung der Heilmethode. Patient und Arzt sind in diesem individual-ärztlichen Verhältnis rechtlich durch einen Privatvertrag verknüpft. Bis vor wenigen Jahrzehnten war diese Art des Verhältnisses von Arzt zu Patienten sozusagen die einzige Form ärztlicher Tätigkeit.

Nun steht aber weder der Kranke noch der gesunde Mensch isoliert da. Mannigfache, engere und weitere Bindungen, solche biologischer, rechtlicher und moralischer Natur bestehen, wenn der Arzt aus irgendeinem Grunde für den Kranken ein Zeugnis ausstellt, wie dies heute so häufig ist, so ist die Grenze der Individualmedizin schon überschritten. Es handelt sich bereits um eine gutachtliche Äusserung zuhanden von Drittpersonen. Das Arztgeheimnis ist mit Wissen und Willen des Patienten durchbrochen. Es handelt sich um eine Massnahme, die eine bestimmte Menschengruppe interessiert, zum Beispiel die Krankenkasse, die Lebensversicherungsgesellschaft usw.

Nun aber ein typisches Beispiel von Gruppenmedizin. Es ist den meisten von uns bekannt und mancher hat sich dabei vielleicht gewundert, dass alles so ganz anders vor sich geht, als in der privatärztlichen Sprechstunde: ich habe im Auge die ärztliche Untersuchung bei der Rekrutierung. Die Untersuchung verläuft nicht nur deswegen anders, weil in kurzer Zeit viele Menschen zu untersuchen sind, sondern weil es sich hier um eine Untersuchung ganz anderen Charakters handelt. Bei der Individualuntersuchung hat der Patient die Initiative ergriffen. Er verlangt Rat. Die Frage des Arztes lautet: Welches sind Ihre Klagen oder Besorgnisse? Bei der Rekrutierung wird vom Staat die Frage an den Arzt gestellt: Erfüllt der zu Untersuchende gewisse Bedingungen oder erfüllt er sie nicht? Nicht Beschwerden sind es, die ihn zum Arzt führen, sondern das Gesetz. Diese Untersuchung hat viel weniger das Individuum und sein Wohl im Auge als das Gesamtinteresse. Die Gesamtheit fragt nicht, wie geht es dem Herrn X? sondern die Frage lautet für ihn wie für alle Gruppenpersonen: Ist er diensttauglich?

Diese beiden Beispiele einer individualärztlichen und einer gruppenärztlichen Untersuchung zeigen den grundlegenden Unterschied zwischen den beiden Arten ärztlicher Handlung. Wohl sind es die gleichen Ärzte, die mit gleicher ärztlicher Technik unter-

suchen, verschieden aber sind Gesichtspunkte und Schlussfolgerungen.

Gruppenmedizinische Massnahmen können nun aber in grundsätzlich verschiedener Art erfolgen, je nach ihrem Ausgangspunkt. Dieser kann sein:

1. Die Gruppe. Sie ist von bestimmter biologischer oder soziologischer Struktur. Gesunde werden untersucht, etwa im Hinblick auf Tauglichkeit, auf eine Gefährdung oder zur Vornahme einer prophylaktischen Massnahme.

2. Ausgangspunkt bildet das kranke Individuum, das durch eine individual- oder durch eine gruppenärztliche Untersuchung festgestellt worden ist. Die mit ihm in Kontakt stehende Gruppe wird untersucht. Beispiel: Umgebungsuntersuchung eines Tuberkulösen.

3. Ausgangspunkt bildet die Krankheit. Beispiel: Anzeigepflicht von Infektionskrankheiten, Isolierungspflicht; dann auch Massnahmen zum Beispiel gegenüber einer Erbkrankheit.

Die Grenzen sind nicht immer scharf zu ziehen, die Einteilung dient der Übersichtlichkeit.

Die gruppenmedizinische Handlung ist selten eine therapeutische, oft eine diagnostische, stets eine prophylaktische.

Gruppenuntersuchungen im eigentlichen Sinn werden nun an Gruppen der verschiedensten Art und unter den verschiedensten Fragestellungen durchgeführt.

Es handelt sich dabei meist um eine auf ganz bestimmte Punkte gerichtete ärztliche Aufmerksamkeit. Jeder Mensch der Gruppe muss auf diese Punkte und nur auf diese, bei gewissen Untersuchungen nur auf einen einzigen Punkt genau untersucht oder einer prophylaktischen Massnahme unterworfen werden. Ich möchte sagen, es handelt sich um eine gezielte Diagnostik oder gezielte Prophylaxe. Es wird zum Beispiel Farbenblindheit der gewöhnlichen, vollständigen individualärztlichen Untersuchung entgehen, sie muss bei der Rekrutierung entgehen, weil dieses Leiden, als für den Militärdienst im wesentlichen irrelevant, nicht gesucht wird. Bei einer andern Gruppenuntersuchung aber, der Eintrittsmusterung für den Eisenbahn- und Postdienst, wird gerade auf dieses Leiden ein Hauptgewicht gelegt, und es kann der Entdeckung nicht entgehen, weil mit speziellen Methoden in der ganzen Gruppe gerade auf diesen Defekt geprüft wird.

Ein Kriterium der Gruppen- oder Serienuntersuchung liegt also einmal darin, dass alle Individuen der Gruppe mit einer auf ganz bestimmte Punkte zielenden Aufmerksamkeit untersucht werden. Zweitens aber darin, dass es sich oft um die Untersuchung gesunder Menschen handelt, denn innerhalb der Gruppe ist in den gewählten Beispielen die Mehrzahl der Individuen als gesund zu erwarten. Sicher ist aber, dass ein bestimmter kleiner Prozentsatz mit einem Leiden oder einer Anomalie behaftet ist.

Der Sinn einer ärztlichen Reihen- oder Gruppenmassnahme kann also unter verschiedenen Bedingungen sehr verschieden sein: Feststellung der Diensttauglichkeit, allgemeine Prophylaxe oder zum Beispiel auch Eignung für eine Lebensversicherung. Eine solche Untersuchung ist ebenfalls eine Reihenuntersuchung, allerdings in einer der individual-ärztlichen sehr stark angenäherten Form, aber unter der notwendigen Preisgabe des Berufsgeheimnisses gegenüber der Versicherung.

Gruppen- oder Serienuntersuchungen sind im Prinzip nichts Neuartiges, wie viele Leute, ja wie gewisse Ärzte meinen. Die bekannte Quarantäne (der Schiffe) war und ist eine ausgesprochene Gruppenmassnahme. Serienuntersuchungen wurden zuerst in grossem Maßstabe in den stehenden Heeren durchgeführt zum Zwecke rechtzeitiger Erkennung bestimmter Krankheiten, z. B. Geschlechtskrankheiten u. a.

Im bürgerlichen Leben sind derartige Reihenuntersuchungen bei Schulkindern bezüglich Kurzsichtigkeit, Schwerhörigkeit und in neuerer Zeit auch bezüglich Kropfbildung und Tuberkulose am konsequentesten entwickelt und durchgeführt. Wenn eine spezielle Angestellte in allen Schulklassen allen Kindern regelmässig den behaarten Kopf auf das Vorhandensein von Ungeziefer untersucht, so ist dies eine Reihenmassnahme par excellence, und zwar eine der seltenen, vorwiegend therapeutischen gruppenmedizinischen Massnahmen.

Eine grundsätzlich interessante Gruppenmassnahme besteht in der Forderung, dass alle Menschen, die einer geschlossenen Anstalt überwiesen werden, vor dem Eintritt darauf untersucht werden, ob sie Typhusbazillenträger sind, d. h. aus der Gruppe der physisch Gesunden wird die Gruppe der physisch zwar gesunden, aber für ihre Umgebung sehr gefährlichen Keimträger ausgeschieden.

Es bedeutet kein Werturteil über die Gruppenmedizin, wenn ich sage, dass die Medizin wenig gruppentherapeutische Massnahmen aufweist, dass aber die überwiegende Zahl der Heilverfahren, die nicht der sogenannten Schulmedizin zugehören, eigenartige therapeutische Gruppenmassnahmen darstellen. Ein und dieselbe Methode wird an allen Patienten, die sich einstellen, zur Anwendung gebracht. Ein sogenannter „Naturarzt“ verfügt über eine Methode, ein Heilverfahren: Zeileis, Chiropraktik, Magnetismus, Pagliano usw. Diese eine Massnahme wird gewissermassen blindlings in die Masse geworfen und haftet an den empfänglichen Individuen. Der Erfolg scheidet also hier die Gruppe aus und scheint gleichzeitig das Verfahren zu rechtfertigen.

Was der einzelne für Individualbehandlung hält, ist Gruppenmassnahme. Das gleiche ist zu sagen, wenn ganze Bevölkerungsgruppen zur Rohkost übergehen, die als Individualmassnahme manchmal Gutes schafft, als Gruppenmassnahme immerhin wenig schaden kann. Wir finden also:

In der Gruppenmedizin scharf erkanntes Ziel, das mit einer den Zwecken angepassten Methodik angegangen wird. Beim Kurpfuscher eine Methode, die ungezielt auf die Masse angewendet wird mit der Spekulation, die sich auf Grund der Erfahrung als richtig erweist, dass stets eine gewisse Zahl von Menschen gewissermassen „einschnappt“.

Es wäre ein Irrtum zu glauben, der einzelne praktische Arzt komme nicht in die Lage, Gruppen- oder Reihenmassnahmen durchzuführen. Die Gruppenmassnahme schliesst auch keineswegs immer den Begriff der grossen Zahl in sich. Es ist schon lange Brauch, dass ein gewissenhafter Arzt, wenn er bei einem Ehegatten eine syphilitische Infektion feststellt, nicht nur den andern Gatten auf diese Krankheit hin untersucht, sondern auch alle Kinder des Ehepaares. Hier handelt es sich um eine kleine biologische Gruppe, die engere Familie. Die Schwere der Erkrankung einerseits, die Heilungsmöglichkeit andererseits verlangt die Gruppenmassnahme. Nur eine, aber eine entscheidende Frage wird gestellt: Besteht Infektion oder nicht? Ist die WASSERMANN-Reaktion positiv oder negativ? Weitere, nun individualärztliche Untersuchungen und Behandlung werden nur bei positivem Ausfall der Reaktion anzuschliessen sein. Dass auch umfassendere Gruppenmassnahmen zur Prophylaxe der Geschlechtskrankheiten versucht worden sind, sei hier nur erwähnt.

Dass der Arzt täglich Reihenuntersuchungen in seiner Sprechstunde durchführt, kommt vielleicht nicht jedem zum Bewusstsein, so wenn er pflichtgemäss bei jedem Patienten den Urin auf Eiweiss und Zucker untersucht, ganz gleichgültig, um welches Leiden es sich handelt, oder die Patellarreflexe prüft.

Die Gruppenuntersuchung gesunder Menschen ist eine der wichtigsten Arbeitsmethoden der gesundheitlichen Fürsorge geworden.

Ihr doppeltes Ziel geht also dahin:

1. Erkrankte aus der Reihe der Gesunden so früh wie möglich zu erfassen und geeigneter Behandlung zuzuführen;
2. sie zum Schutz der Gesunden unverzüglich aus der Reihe herauszunehmen.

Dies gilt für alle Arten der Gefährdung, sowohl für diejenigen, die den Fürsorgearzt beschäftigen, wie vor allem für diejenigen, die ins Gebiet der Gewerbehygiene gehören.

Es steht heute fest, dass sich auf Grund „naturwissenschaftlicher Erkenntnis die Entwicklung der Gefahren in immer früheren Stadien und nach immer allgemeineren Gesichtspunkten bekämpfen lässt.“ (Zangger.)

Die Gruppendiagnostik ist stets Gruppenprophylaxe. Die sich ergebende Therapie greift in diejenige der Individualmedizin über. Gruppentherapie ist selten, wie oben erwähnt.

Eine Gruppenprophylaxe bedeutet z. B. die regelmässige Verabfolgung von jodhaltigen Tabletten an alle Schulkinder. Den Versuch einer Gruppenprophylaxe grösseren Stils bildet die Verabfolgung von jodhaltigem Salz an die Gesamtbevölkerung, wie sie in einzelnen Kantonen zurzeit durchgeführt wird. Seine Auswirkung kann noch nicht sicher beurteilt werden.

Wie Sie wissen, waren in der Zeit von vor 50 Jahren 30 % aller Erblindungen erfolgt durch die Augenentzündung der Neugeborenen, die Ophthalmoblennorrhoe. Durch eine prophylaktische Gruppenmassnahme ist diese Erkrankung zum Verschwinden gebracht worden, aber nur solange, als die Massnahme konsequent weitergeführt wird, nämlich nach CRÉDÉ (1888) Eintropfen eines Silberpräparates in den Bindehautsack des Auges. Dabei wird nicht gefragt, ob die Mutter erkrankt sei oder nicht. Biologisch han-

delt es sich um die Abtötung eines Parasiten, bevor dieser zu pathogener Wirkung gekommen ist.

Eine ähnliche Massnahme stellt die bekannte Einspritzung von Tetanusserum dar, die immer erfolgt, im Frieden und besonders im Kriege, wenn eine verschmutzte Wunde vorliegt, unbekümmert um den Nachweis von Tetanusbazillen.

Biologisch gesprochen, stellen nach DOERR Infektionen nur einen Spezialfall des Parasitismus dar. Wirt und Parasit stehen im Verhältnis einer Symbiose, die aber, medizinisch gesehen, eine Kampfsymbiose darstellt. Der Fortbestand des Parasiten ist nur gewährleistet, wenn er einen neuen Wirt findet, wenn es, wie man sich ausdrückt, zur Bildung von Infektketten kommen kann. Das Ziel der Prophylaxe ist, die Infektketten abreißen zu lassen. Dies ist mit Erfolg nur durch Gruppenmassnahmen möglich, die der Biologie des Parasiten angepasst sind. So zielen die Reihenmassnahmen gegen die Malaria, der Krankheit, die heute noch von allen Krankheiten absolut die meisten Todesopfer fordert, dahin, die Infektketten an zwei Punkten zum Abreißen zu bringen: Die Chininprophylaxe wirkt ähnlich der CRÉDÉ-Prophylaxe. Durch Einnahme von Chinin in regelmässigem Turnus werden bei jedem Gefährdeten die eingedrungenen Krankheitserreger abgetötet, noch bevor sie mit dem Wirt in Wechselwirkung gekommen sind. Die zweite Gruppenmassnahme ist ausserhalb des Menschen verlegt. Sie soll dem zweiten Zwischenwirt, der Anophelesfliege, die Lebensbedingungen entziehen, durch die grosse Gruppenmassnahme der Entsumpfung.

Eine analoge, d. h. auch ausserhalb des Menschen liegende Massnahme zielt, als Prophylaxe der Pest, auf die Vernichtung der Pestreservoirs, wie sie die Ratten und eine Reihe anderer Nagetiere darstellen.

Wir gehen fast 100 Jahre zurück, um eine Gruppenprophylaxe von weltumfassender Bedeutung zu finden, die Pockenimpfung JENNERS. Biologisch handelt es sich, wie wir heute sagen, um die Ausnützung der Variabilität eines Parasiten. Der hochpathogene Pockenerreger wird durch Tierpassage in den relativ harmlosen Vaccinekeim umgewandelt, der konstant bleibt und beim Menschen eine „Miniaturkrankheit“ erzeugt, die gegen die grosse Krankheit schützt, indem er aktiv immunisiert wird. Der Mensch erwirbt damit eine neue Eigenschaft, die Infektion kann nicht mehr haften.

Hier handelt es sich nicht um das Abreissen einer Kette, das immer ein Ausweichen vor dem Erreger bedeutet, sondern im Gegenteil, hier wird Kontakt mit dem Erreger gesucht und unter besonders günstigen Bedingungen hergestellt.

Diese Form der Prophylaxe, die aktive Immunisierung, ist die ideale Form, die leider für viele andere Infektionskrankheiten nur als Postulat besteht. Als Individualmethode erforscht, ist diese Methode bald zur Gruppenmethode grossen Stils geworden.

Das Gesetz: Der Kanton Aargau ist das erste Land gewesen, das die Schutzpockenimpfung obligatorisch erklärt hat. Ein ärztlicher Eingriff wurde also von Gesetzes wegen für jedermann vorgeschrieben. Wie Sie wissen, ist in der Folgezeit der sogenannte Impfwang im Aargau wieder aufgehoben worden. Es haben ihn erst später eingeführt, aber beibehalten, die Kantone der ganzen Südwestgrenze der Schweiz. Der Verlauf der Epidemie von 1921, die fast gleichzeitig in Basel, Oerlikon und Glarus in Erscheinung getreten war, zeigte, wie wirksam dieses Gesetz gewesen ist. Alle Kantone mit Gesetz sind so gut wie verschont geblieben.

Im Zusammenhang mit unserem Thema interessiert nur die Frage: Was bedeutet ein derartiges Gesetz? und 2. weshalb ist ein Gesetz, das sich als so wohltuend auswirkte, wieder aufgehoben worden? Das Gesetz stellt das Mittel dar, die Wirksamkeit der im Einzelfall als richtig erkannten Massnahme zu vervielfachen. Durch das Gesetz erst erreicht die Massnahme die notwendige Durchschlagskraft. Haftet aber der Methode ein Fehler an, so kann auch dieser der Vervielfachung unterworfen werden.

Für die Einführung jeder gruppenmedizinischen Massnahme müssen daher folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Das Problem muss soweit abgeklärt sein, dass Zweifel an der Richtigkeit der Massnahme beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nicht mehr bestehen.

2. Ein irgendwie grösseres Risiko darf mit der Massnahme nicht verbunden sein, jedenfalls kein Risiko, das zu dem erstrebten Ziel im Missverhältnis stehen würde.

3. Die Einsicht in die Wirksamkeit und Notwendigkeit der Massnahme muss in weiten Kreisen der Bevölkerung Eingang gefunden haben, dort wo diese sich selbst die Gesetze gibt.

Die Schutzwirkung der Pockenimpfung war und ist mit absoluter Sicherheit erwiesen. Anfangs des letzten Jahrhunderts kannte die Bevölkerung noch die schweren Pockenepidemien. Die Epidemie war populär, ich erinnere an die „Schwarze Spinne“ Gott-helfs, eine der gewaltigsten Darstellungen der „Epidemie an sich“. Die Impfung wurde daher dankbar begrüßt. Das mit der Impfung verbundene Risiko war aber vor 100 Jahren unter gewissen Bedingungen noch ziemlich gross. Es war die vorantiseptische und voraseptische Zeit. Es kam dabei zu Übertragung anderer Krankheiten. Die Pockengefahr hatte durch die Impfung selbst rasch und ausserordentlich stark abgenommen. Je geringer die Gefahr, desto schwerer empfindet man einen etwaigen Unglücksfall, der durch die Prophylaxe hervorgerufen wird. Dies ist der Grund, weshalb die Impfung, deren Wert nur die Dummheit bestreiten kann, wieder freigestellt worden ist. Gewissen Nebenwirkungen der Methode ist das Gesetz zum Opfer gefallen. Und heute: die Nebenwirkungen sind wesentlich weiter vermindert. Ganz verschwunden sind sie aber nicht. Hirnkomplikationen können mit Sicherheit noch nicht vermieden werden. Sie stehen aber in keinem Verhältnis zur Gefahr, die der schlechte Impfschutz der Gesamtbevölkerung für uns heute darstellen könnte.

Das Prinzip der Pockenimpfung konnte nur auf wenige Infektionskrankheiten mutatis mutandis mit Erfolg übertragen werden. Wir „vaccinieren“ mit Erfolg als Individual- und besonders als Gruppenmassnahme gegen Typhus, Paratyphus, Cholerabazillen.<sup>1</sup> Ein wirksamer Impfstoff steht heute im Anatoxin (Ramon) gegen Diphtherie zur Verfügung. Mittels streng durchgeführter Gruppenmassnahmen ist es in neuester Zeit gelungen, drohende Diphtherieepidemien in ihren ersten Anfängen zu ersticken, so durch obligatorische Diphtherieimpfungen der Schulkinder, wobei jeweils vorher durch eine diagnostische Gruppenmassnahme die für Diphtherie empfänglichen Kinder festgestellt werden (sogenannter Shick-Test). Nur diese werden behandelt. Hier ist also nicht die Gesamtbevölkerung zu impfen, sondern nur die Gruppe der Empfänglichen.

Gegen die Pocken nützt keine Versorgung mit filtriertem Trinkwasser und keine Kanalisation, wie gewisse Leute meinen. Darin

---

<sup>1</sup> Aktive Immunisierung ist auch die CALMETTESCHE Tuberkuloseimpfung mit abgeschwächten Bazillen (B. C. G.). Das Gruppenunglück von Lübeck war durch Verunreinigung des B. C. G. mit hochpathogenen Bazillen bedingt.

liegt ja gerade das Wesen einer Gruppenmassnahme, dass sie gezielt ist. Gegen die Pocken schützt nur Pockenimpfung. Sie ist absolut wirksam, vorausgesetzt, dass, was bei einer Reihemassnahme selbstverständlich ist, alle Individuen der Gruppe sich der Massnahme unterziehen.

Trinkwasserversorgung und Kanalisation sind allerdings auch Gruppenmassnahmen mit stark medizinischem Einschlag. Sie schützen gegen Typhus, Cholera, Bazillen-Ruhr usw. Sie bilden Gruppenmassnahmen, deren medizinischer Teilcharakter heute in der Regel kaum mehr beachtet wird; er offenbart sich nur, wenn sie versagen. Ihr Angriffspunkt liegt ausserhalb des Menschen. Es erübrigt sich, hier die grosse Reihe analoger Massnahmen anzuführen. Oft unter Widerstand eingeführt, werden sie nach kurzem Bestehen zu Selbstverständlichkeiten, von denen das Publikum bald glaubt, sie beständen von jeher.

In gewissen Fällen endlich ist ein Abreissen der Infektionskette auch heute noch nicht möglich, z. B. bei der Lepra. Angesichts der Schwere der Krankheit bleibt daher auch kaum etwas anderes übrig als die grausame, aber wirksame Gruppenmassnahme der Dauerisolierung der Aussätzigen, allerdings heute unter Gewährleistung weitestgehender Fürsorge.

Es sei nur nebenbei darauf hingewiesen, dass wir auch für Krankheiten einer ganz andern Gruppe und aus andern Gründen die gleiche Gruppenmassnahme der Isolierung auch heute noch durchführen müssen: nämlich für viele Geisteskrankheiten. Noch vor wenig mehr als 100 Jahren von unsäglicher Härte, ist diese Massnahme heute zu sehr hoher Vollkommenheit im humanen Sinne entwickelt worden.

Ungleich weniger drakonische Gruppenmassnahmen sind zum Zweck der Eindämmung der Tuberkulose nötig, die auch noch heute den Namen einer Volksseuche verdient.

Durch die Gruppenmassnahme der Pirquet-Reaktion kann die Menschheit in zwei Gruppen geteilt werden:

Die Pirquet-Negativen, die unter gewissen Vorbehalten als frei von Tuberkulose anzusehen sind, und die

Pirquet-Positiven, die mit dem Tuberkelbazillus biologisch Kontakt genommen haben, ärztlich gesprochen die Kampfsymbiose begonnen haben, aber nicht krank zu sein brauchen.

Beide Gruppen sind bezüglich Tuberkulosegefährdung ganz verschieden zu beurteilen und zu betreuen. Das Erkennen der Tatsache der Gefährdung, sowie der Richtung, aus der Gefahr droht, sind für die Prophylaxe ausschlaggebend.

Wenn vor 30 Jahren ein Arzt bei einem Menschen eine tuberkulöse Erkrankung festgestellt hatte, so bestand seine Aufgabe darin, den Patienten einer Lungenheilstätte zu überweisen und nach der Kur noch für einige Jahre ärztlich zu kontrollieren. Damit war dem ganzen Umfang ärztlicher Pflichterfüllung genügt.

Auch heute kommt dem Arzt die gleiche individualärztliche Aufgabe zu. Daran schliesst sich aber eine gruppenmedizinische Tätigkeit, die sich auf die biologische und soziale Gruppe von Menschen zu erstrecken hat, mit der der Erkrankte in Kontakt kommt. Die Untersuchung verfolgt hier wiederum die beiden Ziele:

1. Art und Grad der Gefährdung festzustellen; denn auch andere Individuen werden durch die gleiche Infektionsquelle gefährdet werden;

2. weitere bereits Erkrankte, sich aber noch gesund Fühlende aus der Gruppe heraus rechtzeitig geeigneter Behandlung zuzuführen, d. h. die Erfassung sogenannter inapprecepter Tuberkulose.

Zu den modernsten Reihenuntersuchungen gehören die Röntgenreihenuntersuchungen mit dem besonderen Zweck, tuberkulöse Veränderungen sehr frühzeitig zu erfassen. Sie sind dem erwähnten Pirquet-Verfahren wesentlich analog. Sie werden heute bei uns z. B. bei der Rekrutierung ausgiebig verwendet, seit ALDER aus unserem Institut ihre Brauchbarkeit erwiesen hat.

Daraus hat sich die Reihendurchleuchtung vieler Bevölkerungsgruppen entwickelt, mancher Schulen, Seminarien und neuerdings auch der Hochschulen. In Zürich sind seit 1933 am Eidgenössischen Polytechnikum, seit 1934 an der Universität, die Röntgenreihendurchleuchtungen der neu immatrikulierten Studenten obligatorisch. Unser Versuch, die Massnahme auf der Basis der Freiwilligkeit einzuführen, ist trotz eines Maximums an aufklärerischer Arbeit gescheitert. Die Studenten selbst haben dann das Obligatorium verlangt, das jetzt reibungslos funktioniert, indem an der E. T. H. 100 %, an der Universität fast 100 % der Exploranden erfasst werden.

Der Sinn dieser Reihendurchleuchtungen ist folgender:

Fortgeschrittene Formen der Lungentuberkulose werden mit der Durchleuchtung am einfachsten erkannt. Die Forschung der

letzten Jahrzehnte hat aber gezeigt, dass es Frühformen der Tuberkulose gibt, die nur dem Röntgenauge zugänglich sind. Sie sind Röntgenentdeckungen und bleiben naturgemäss Röntgenfeststellungen. Die akustischen Methoden versagen hier völlig. Es mag manchem alten Praktiker merkwürdig vorkommen, wenn er in halbstündiger Untersuchung an der Lunge eines Exploranden nichts findet, während ein Assistent nach einem Jahr Übung in der gleichen Zeit aus 20 Exploranden den Kranken mit weitgehender Sicherheit herausgreift.

Es bedeutet eine recht unerfreuliche Nachricht, wenn bei einer Reihenuntersuchung ein Mensch, der sich für gesund hält, erfahren muss, dass eine zirka dreimonatige Kur nötig sei. Liesse man aber der Tuberkulose ihren Lauf, bis die Zerstörungen manifest würden, so kämen viel längere Kuren mit geringerer Heilungsaussicht in Frage.

Das Bedenken, es würden durch eine derartige Untersuchung plötzlich ganz gesunde Menschen zu Kranken gestempelt, besteht nicht zu Recht. Stets wird eine vollständige Individualuntersuchung den durch irgendeine Reihenuntersuchung gegebenen Hinweis zu prüfen haben und diese erst gibt den Ausschlag.

Bedenken ganz anderer Art werden aber gelegentlich gegen die Serienuntersuchungen geltend gemacht:

Dass eine Serie praktisch alle Individuen der betreffenden Gruppe umfassen muss, liegt im Wesen der Gruppenuntersuchungen.

Zur Reihenuntersuchung der Schulkinder gehört daher naturgemäss auch diejenige der Lehrer, des gesamten Personals der Schule, bis zur Putzfrau. Es wird etwa geltend gemacht, es könnte die Reihenuntersuchung, obgleich z. B. auf Tuberkulose gerichtet, als Nebenbefunde andere Erkrankungen feststellen, deren Bekanntgabe eine Schädigung ihres Trägers bedeuten würde. Das Bedenken ist grundsätzlich richtig. Es kann zerstreut werden durch die ärztliche Versicherung, dass anderweitige Veränderungen als Tuberkulose genau so der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen wie bei einer individualärztlichen Untersuchung.

Eine Reihenuntersuchung ist auch keineswegs eine Untersuchung, die etwa angesichts anderer Menschen vor sich zu gehen braucht. Ein Explorand nach dem andern wird einzeln untersucht, genau wie in einer individualärztlichen Sprechstunde. Das Beispiel soll nur zeigen, welche vielgestaltigen Bedenken den Reihen-

untersuchungen entgegengebracht werden, wenn ihr Wesen nicht klar begriffen worden ist.

Bei Erwachsenen gehört eine ziemlich weitgehende Einsicht und entwickeltes Verantwortlichkeitsgefühl dazu, damit sie sich freiwillig der Reihenuntersuchung unterziehen. Diese Verantwortung ist am ausgesprochensten und daher am ehesten zu erreichen gegenüber der Familie. Es bereitet kaum Schwierigkeiten, die Angehörigen eines als tuberkulös krank Erkannten zur Reihenuntersuchung heranzuziehen. Selbst in einfachen Verhältnissen finden sich die Angehörigen oft spontan dazu ein mit der Bitte, weitere Familienglieder mitbringen zu können.

Das Ziel der Reihenmassnahmen, Feststellung der Gefährdeten und vor allem Erfassen der Gefährlichen wird mit Hilfe der Röntgenreihenuntersuchung erreicht.

In der gleichen Richtung zielt das eidgenössische Tuberkulosegesetz vom 13. Juni 1928. Die Hauptmassnahme desselben bildet die Anzeige der für ihre Umgebung gefährlichen Fälle von Tuberkulose. Es ist also aus der Reihe der tuberkulös erkrankten Menschen eine bestimmte Gruppe herauszugreifen. Dies ist eine vernünftige Formulierung des Gesetzes, die dem Arzt den notwendigen Spielraum lässt, wie es bei dem vielgestaltigen biologischen Geschehen notwendig ist.

Wenn bei der Tuberkulose länger verweilt wurde, so geschah es deswegen, weil die drei verschiedenen Ausgangspunkte der Reihenmassnahmen hier so deutlich erkennbar sind:

Der Ausgang von der Gruppe, also etwa der Schule: die eigentliche Reihenuntersuchung.

Ausgangspunkt der Kranke: Umgebungsuntersuchung = Gruppenuntersuchung.

Ausgangspunkt ist die Krankheit: Anzeigepflicht der Infektionskrankheit (bzw. der Gefährdenden).

In der wissenschaftlichen Erforschung der Krankheiten gewinnen gruppenmedizinische Betrachtungen eine immer stärker hervortretende Bedeutung, doch überschreitet deren Besprechung den Rahmen dieser Ausführungen.

II. Nun die endogenen Gefahren, die im Menschen selbst ihren Ursprung haben.

Die Tuberkulose ist wiederum ein Beispiel für die Bedeutung auch der endogenen Momente, die nicht nur für die eigentlichen Erbkrankheiten, sondern sogar auch für Entstehung und Verlauf von Infektionen von Bedeutung sind.

Alle bisher erwähnten Gruppenmassnahmen bezogen sich im wesentlichen auf die Abwehr von Gefahren, die von aussen kommen.

Der Tuberkelbazillus ist *conditio sine qua non* für die Entstehung der Krankheit.

Das Abreissen der Infektketten schützt, selbst wenn die Kette nicht stets reisst. Es genügt schon, wenn sie nicht zu oft ankern kann. Wenn sie aber ankert, so kommt es wesentlich auf den Grund an, in den sie greift, d. h. auf die Konstitution des Individuums. Diese ist zum grössten Teil ererbt, zu einem Teil erworben. Absolute Immunität gegenüber Tuberkulose gibt es nicht, nur relative, für die verschiedenen Individuen recht verschieden grosse, je nach ererbtem oder erworbenem Konstitutionsgut.

Manche Gruppenmassnahmen zielen nun dahin, die erwerb- baren Abwehrfaktoren ganz allgemein zu steigern, es ist dies die „unspezifische“ Steigerung der Abwehr. Der Nichtarzt ist immer wieder erstaunt, zu vernehmen, dass wir über diese Möglichkeit verhältnismässig wenig Sicheres wissen. Wir glauben gern, können es aber nicht messend verfolgen, dass, wie man sich ausdrückt, eine „allgemeine Ertüchtigung des Körpers“ auch die allgemeinen Abwehrkräfte hebt, die Konstitution bessert. Dass dies jedenfalls nicht für alle Krankheiten gilt, zeigt die Erfahrung aus der Grippeepidemie 1918—1921. Ein nicht unerheblicher Prozentsatz körperlich ausnehmend tüchtiger Menschen ist gestorben, sogenannte Schwächliche haben überlebt.

Die körperliche Ertüchtigung ist zweifellos eine Gruppenmassnahme, die grosse Beachtung verdient; aber ihre Auswirkung auf andere Systeme als die Muskulatur des Organismus, besonders auf die Abwehrkräfte, darf nicht überschätzt werden. Stets muss die Spezifität der Noxen und die Spezifität der Krankheitsbereitschaft im Auge behalten werden. Es darf nicht übersehen werden, dass das Muskelsystem, dem heute besondere Pflege zuteil wird, ein in bezug auf Abwehr wenig wichtiges, doch recht subalternes System darstellt. Der noch so gesunde und kräftige Muskel kann leider nicht für das weniger resistent angelegte Epithel oder Endothel Ersatz bieten. Diese Resistenzen sind bis zu einem hohen Grad Anlage, bestimmt also durch die Erbmasse. Müssen wir diese Erbmasse als unveränderbar annehmen nach der Feststellung: *le destin c'est les ancêtres?*

Es gibt tatsächlich Erbleiden, die wie ein Fatum auftreten, endogen bestimmt, die Penetranz beträgt beim Anlageträger 100 %, z. B. bei gewissen Erbkrebsen (Retinogliom) oder der Huntingtonschen Chorea u. a. Diese Krankheit ist Vertreter einer Krankheitsgruppe mit dominantem Erbgang. Sie bedingt nicht nur eine schwere Schädigung ihres Trägers, sie kann auch die Allgemeinheit gefährden, denn es zeigt sich dabei nicht selten Neigung zu Verbrechen. Eine therapeutische Beeinflussung ist unmöglich. Hier bleibt nichts anderes übrig als die eugenische Massnahme der Isolierung des Leidens, d. h. der Kranke und vermutlich krank werdende muss auf Nachkommenschaft verzichten. Die Schwere des Leidens rechtfertigt hier eine Massnahme, die der Isolierung der Aussätzigen gleichkommt.

Eines der ersten Länder, das die Massnahme der Sterilisation unheilbarer Geisteskranker, deren Nachkommenschaft in hohem Masse gefährdet ist, zum Gesetz erhoben hat, ist wieder ein Schweizer Kanton, die Waadt, mit einem Gesetz vom 3. September 1928.<sup>1</sup> Das Gesetz ist vorsichtig, vernünftig, elastisch gehalten, wie man es vom waadtländischen Volke erwartet, wenn es als Gesetzgeber auftritt. Die Anwendung einer solchen Gruppenmassnahme beschränkt sich danach auf unheilbare Geisteskranker mit voraussichtlich gleichartiger Deszendenz.

Wir haben schon bei den Massnahmen gegen Infektionskrankheiten gesehen, dass die Krankheiten sehr individuelle Bekämpfungsmassnahmen verlangen, die ihrer Eigenart angepasst sein müssen. Das gleiche gilt für die Erbkrankheiten.

Eine in der letzten Zeit viel genannte Erbkrankheit mit oft dominantem Erbgang ist das manisch-depressive Irresein. Im Gegensatz zur Chorea Huntington liegt aber hier eine Störung vor, die zwar ihre Träger erheblich beeinträchtigen kann, aber andererseits finden sich gerade in den Familien mit manisch-depressivem Irresein auffallend hochbegabte Menschen in relativ grosser

---

<sup>1</sup> Art. 28<sup>bis</sup> nouveau. „Une personne atteinte de maladie mentale ou d'une infirmité mentale peut être l'objet de mesures d'ordre médical pour empêcher la survenance d'enfants, si elle est reconnue incurable et si, selon toutes prévisions, elle ne peut avoir qu'une descendance tarée.

L'intervention médicale n'a lieu que sur autorisation du Conseil de santé.

Le Conseil de santé lui-même ne donne cette autorisation qu'après enquête et sur préavis conforme de deux médecins désignés par lui.

Il décide de l'attribution des frais.“

Zahl. Verzicht auf Nachkommenschaft würde neben dem Verzicht auf die kranken Individuen nun auch den Verzicht auf manche hochwertigen Menschen bedeuten. Hier von seiten der Allgemeinheit einzugreifen, wird sehr selten genügend Grund oder Berechtigung vorliegen.

Ein schweres Erbleiden stellt die Bluterkrankheit dar. Sie folgt, wie Sie wissen, dem rezessiv-geschlechtsgebundenen Erbgang.

Archiv d. J. Klaus-Stiftung Bd. IX, Heft 1

Stammbaum C

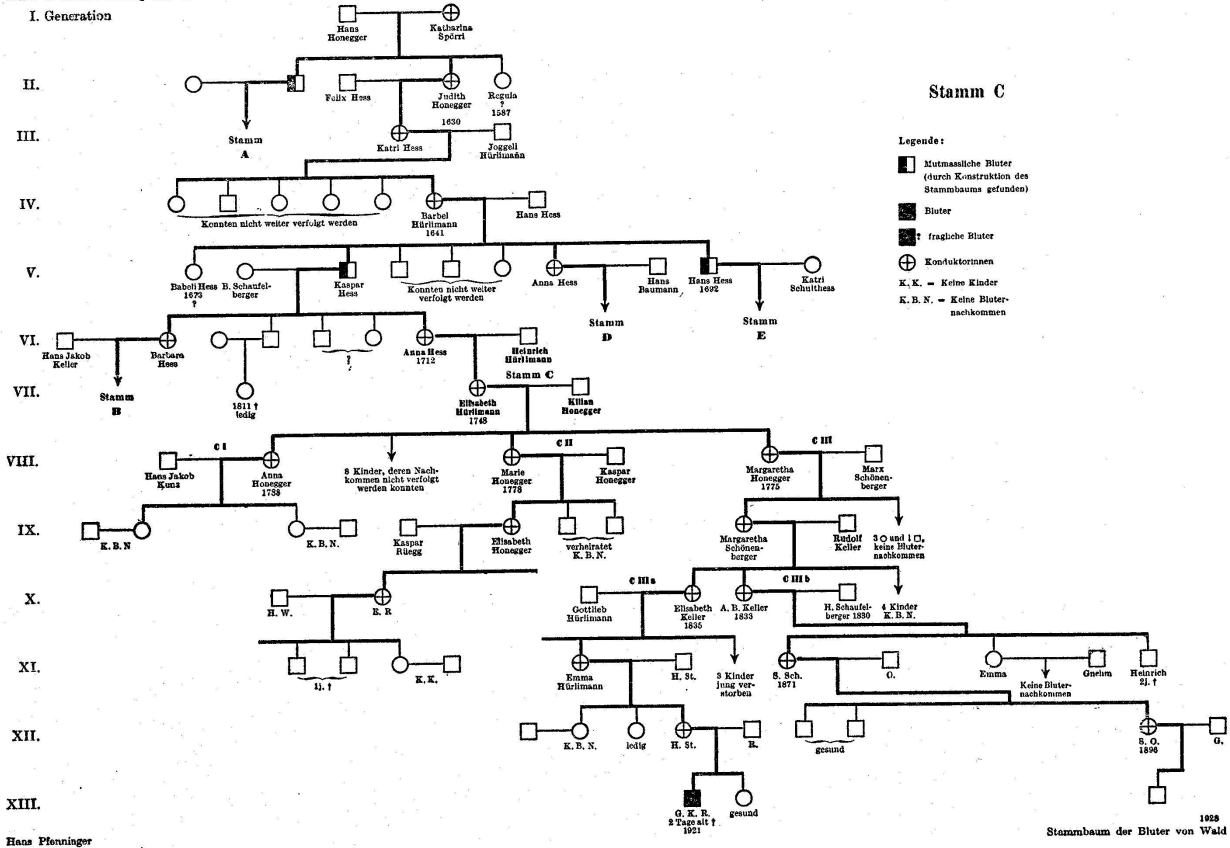


Fig. 1. Bluter nach 7 Generationen phaenotypisch gesunder Eltern, die übrigen Bluter des Stammes sind hier weggelassen; sie könnten als nicht existent gedacht werden.

Das Leiden ist auch heute trotz der leichten Durchführbarkeit der Bluttransfusion und trotz gewisser Heilmittel noch so schwer, dass man nur mit schlechtem Gewissen dem Träger oder dem mutmasslichen Überträger der Krankheit Nachkommenschaft erlauben kann. Dies wird sich aber auf den individual-ärztlichen Ratschlag beschränken müssen nach genauer Darlegung der Chancen für die Nachkommenschaft, die sich auf die einfache Formel bringen lässt: Unter einer grossen Zahl von Nachkommen wird die Hälfte, bestehend zu ungefähr gleichen Teilen aus männlichen und weiblichen Individuen, gesund

sein und die Krankheit nicht übertragen. Die andere Hälfte wird krank sein, die männlichen Individuen phaenotypisch, d. h. wirklich krank, sie sind Bluter, die weiblichen Individuen genotypisch krank. Man wird ihnen nichts anmerken, aber sie werden Überträger der Krankheit sein. Im Hinblick auf die ungeheure Schwere der Erkrankung scheint es bei einer so hohen Erkrankungswahrscheinlichkeit empfehlenswert, auf Nachkommenschaft überhaupt zu verzichten, so wie es der Dichter in den „Frauen von Tannò“ schildert.

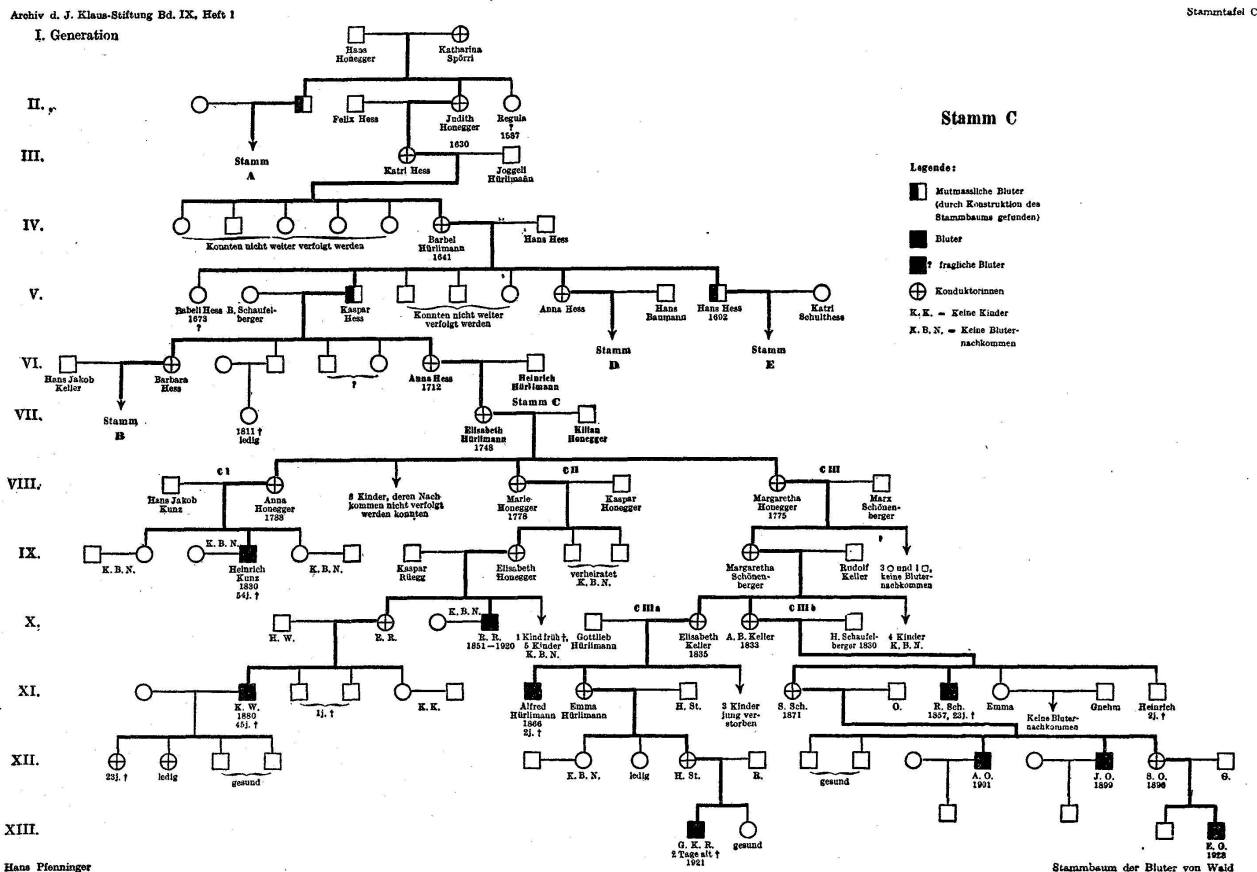


Fig. 2. Die weiteren Bluter des Stammes sind eingezeichnet. Sie erweisen den Konduktorencharakter einer ganzen Reihe von mütterlichen Ahnen des Exploranden. Bezüglich vollständigem Stammbaum der Sippe vgl. PFENNINGER. Die Bluter von Wald. Medizin. Poliklinik Zürich. Arch. der Julius Klaus-Stiftung 1934. Mit vollständigen Ahnentafeln der Stämme A bis E. Vgl. auch den Stammbaum der Bluter von Tannò. T. HOESSLI. Med. Polikl. Arch. der Julius Klaus-Stiftung 1931.

Wir kannten ein Bluterkind, das verblutet ist. Diesem Kind sind 7 Generationen phaenotypisch gesunder Elternpaare vorangegangen. Auf der Tafel sind nur die für die Krankheitsübertragung ausschlaggebenden Elternpaare angeführt (Fig. 1). Sie werden als solche erkannt, wenn auch andere Abkömmlinge dieser Paare weiter untersucht werden (Fig. 2). Die Erinnerung an

krankte Ahnen kann erloschen sein, oder man glaubt, das Leiden sei verschwunden, habe sich vielleicht „verdünnt“. Aber die Gene erlöschen nicht. Es ergibt sich, dass das Kind in direkter Aszendenz über die 7 Generationen phaenotypisch gesunder, genotypisch im Keimplasma aber kranker heterocygoter Mütter, sogenannte Konduktorinnen, die Bluterkrankheit von einem Grossvater 8. Generation, also von einem seiner 128 männlichen Ahnen in der 8. Generation geerbt hat. Die Aufstellung der Ahnentafeln zeigt, dass wir in einem Paar, das um 1550 lebte, die Stammeltern dieser ziemlich grossen Blutersippe gefunden haben. Die Natur ist grausam, „strafft“ hier bis ins 8. Glied. Es ist begreiflich, wenn sich die Betroffenen gegen dieses ehernen Walten der Erbgesetze aufbäumen. Aber „l'hérédité a ses lois comme la pesanteur“. Und es ist begreiflich, wenn hier auch tief durchgreifende eugenische massnahmen erwogen werden, aber wohl verstanden als Individual-Massnahme. Es kann nicht Sache der Allgemeinheit sein, über diese Dinge zu urteilen. Es muss der Verantwortung des Individuums überlassen werden, hier nach Klarstellung der Situation zu entscheiden.

Immerhin nehmen ja die Menschen bei der Verheiratung immer mehr darauf Bedacht, gesund und nur mit relativ gutem Erbgut in die Ehe zu treten.

Dass Stammbäumchen, die bis zu den Grosseltern gehen, Zwergbäumchen im biologischen Geschehen, noch nicht sehr viel Garantie bieten, wird an Hand der Bluterstammbäume klar, die sich immerhin über 13 Generationen erstrecken.

Schon bei einfach recessivem Erbgang stellten sich beim Menschen für die Ausrottung einer Krankheit unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Dies wird noch sehr wesentlich erschwert bei kompliziertem Erbgang, bei polymeren Genen, bei denen es nicht nur auf einzelne Gene, sondern auf das ganze genotypische Milieu ankommt.

Von Erbgesetzen wird zur Zeit viel gesprochen. Die Kenntnis ihres Waltens beim Menschen ist nicht in gleichem Masse verbreitet.

Die Kenntnis der Erbgesetze beim Menschen kann uns also wohl veranlassen, begründete individualärztliche Ratschläge eugenischer Tendenz zu erteilen. Aus dem Gesagten geht aber klar hervor, dass eugenische Gruppenmassnahmen zur Bekämpfung

der meisten Erbkrankheiten keinen Erfolg versprechen. Sie erfassen nicht alle Glieder der Gruppe. Eugenische Massnahmen sind meist das Analogon der Dauerisolierung bei Infektionskrankheiten. Man könnte einwenden, dass vielleicht durch die drakonischen Isolierungsmassnahmen des Mittelalters Seuchen wie der Aussatz bei uns zum Verschwinden gebracht worden sind. Man muss aber bedenken, dass Seuchen kommen und gehen, Erbkrankheiten aber unlösbar mit dem Individuum wie mit der Gesamtheit verknüpft sind.

Sie lassen sich nicht herauschälen. Es gibt keine Reaktion auf heterocygote Träger recessiver Eigenschaften, wie es Reaktionen gibt, die gesunden Keimträger von (Infektionserregern) zu erkennen. Wo bei Ehegatten begründete Vermutung auf heterocygot recessive Anlagen schwerer Leiden besteht, wird man als individualärztliche Massnahme von Nachkommenschaft bzw. von der Ehe dringend abraten. Im Publikum sehr verbreitet und gefürchtet ist, wie Sie wissen, der Einfluss der Verwandtenehe auf die Nachkommenschaft. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei Blutsverwandten die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens recessiv heterocygoter Anlagen und damit deren phaenotypisches Manifestwerden in der Nachkommenschaft relativ gross ist.

Für die Erbleiden leichter Natur erscheinen eugenische Massnahmen so gut wie ausgeschlossen. Keine Familie ist frei davon, wie denn überhaupt die Mehrzahl der persönlichen Eigenschaften erbbedingt ist. Die guten werden als Selbstverständlichkeit hingenommen, die weniger guten aber empfindet man als besonders schwer. Nicht nur sind viel mehr Leiden als man glaubt erbbedingt, auch die Erkrankung an Infektionskrankheiten, nicht nur an Tuberkulose, und der Verlauf von Infektionskrankheiten sind in hohem Masse erbmassig vorausbestimmt.

Glücklicherweise ist die eugenische Betrachtungsweise der Erbkrankheiten nicht die einzig mögliche.

Bei einer Reihe von Erbkrankheiten, speziell Defektmutationen innersekretorischer Organe, Zuckerkrankheit, gewissen Schilddrüsenerkrankungen, Tetanie usw. werden in unseren Tagen die Möglichkeiten immer grösser, durch substitutive Therapie die Krankheiten für ihren Träger weniger schwer zu gestalten. Für Gruppenmassnahmen ergeben sich aber vorläufig nur wenig Angriffspunkte. Ich erinnere an den Versuch, die Schilddrüsentätig-

keit ganzer Bevölkerungsgruppen durch die Eingabe von jodiertem Salz zu regulieren.

Endlich der Krebs. Dass für die Entstehung der Carzinome die ererbte Anlage von ausschlaggebendem Einfluss ist, geht aus den Forschungen der letzten Jahre mit Sicherheit hervor. Eugenische Massnahmen können nach der ganzen komplizierten Situation als Reihenmassnahme hier gar nicht in Frage kommen. Das in prophylaktischer Hinsicht erfreulichste Resultat dieser Forschung besteht darin, dass die Bedeutung des Einflusses bestimmter Faktoren, die ausserhalb des Keimplasmas liegen, erkannt worden ist, sogenannte peristatische Einflüsse, so bei den von SCHINZ als Reizkrebse bezeichneten Plattenepithel-Krebsen, bei denen alle möglichen Reizwirkungen von aussen in Betracht kommen (etwa Alkohol für die Entstehung des Speiseröhrenkrebses; Anilinkrebs usw.).

Noch wichtiger erscheinen hormonale Einflüsse, zum Beispiel die Bedeutung des Follikelhormons für die Entstehung des Brustkrebses der Maus, selbst der männlichen Maus. Wenn es derartige endogene peristatische Faktoren gibt, die die Entstehung des Krebses fördern, so gibt es auch solche, die sie zu hindern imstande sind.

Schon lange bekannt sind die Krebse der Anilinarbeiter, die Schneeberger-Lungentumoren, die Schornsteinfegerkrebse, als Berufskrebse. Auch unter diesen Einflüssen entwickelt sich das Carcinom nur beim disponierten Individuum, aber die Umweltfaktoren spielen am Zustandekommen eine sehr wesentliche Rolle. Diese Umweltfaktoren können in ihrer Wirkung abgeschwächt oder beseitigt werden.

Damit sind wir in ein Gebiet gekommen, in dem Gruppenmassnahmen wieder möglich sind, nicht nur zur Abwehr genannter Berufskrebse, sondern zur Abwehr der Berufsschädigungen überhaupt. Es ist das Gebiet der Gewerbehygiene. Hierfür nur noch ein Beispiel aus vielen: Die Krankheit der Bergwerksarbeiter und Steinhauer, die Silikose, erstmals von PARACELsus beschrieben, den wir an dieser Stelle mit besonderem Nachdruck nennen. Sie ist eine ausgesprochen exogene Krankheit, bedingt durch siliciumdioxidhaltigen Staub. Aber auch hier wird von verschiedenen Autoren eine verschiedene Empfindlichkeit verschiedener Konstitutionstypen angenommen. Der Pykniker soll viel weniger empfindlich sein als der Leptosome. Es steht noch nicht fest, ob hier nicht ebensowohl

die Gebarung des einzelnen Arbeiters bei der Arbeit für das Zustandekommen der Krankheit massgebend ist.

Sicher ist, dass der peristatische Einfluss bei weitem überwiegt. Hier besteht, wie in den unendlich vielen analogen Fällen, ein wirksamer Angriffspunkt für Gruppenmassnahmen. Das Schweizerische Unfallversicherungsgesetz verlangt denn auch in Art. 65 ganz allgemein die Anbringung aller Schutzmittel zur Verhütung von Krankheiten und Unfällen in Betrieben. In der Schweiz fällt die Erkrankung, da das Siliciumdioxyd nicht in der sogenannten Giftliste enthalten ist, gesetzlich nicht unter den Begriff der entschädigungspflichtigen Berufskrankheit. Es mag dies befremden; der Mangel im Gesetz wird ausgeglichen durch die Praxis der Unfallversicherungsanstalt, nach der einschlägige Fälle gebührend entschädigt werden. In Deutschland besteht seit 11. Februar 1929 ein Gesetz, das die schwere Silicose entschädigt, aber nur in 4 typischen Berufsgruppen. Die schwersten Schädigungen durch Staub, die wir kennen, kamen aber gerade in neuartigen Berufsgruppen, in der Putzpulverindustrie, zur Beobachtung. In Deutschland könnten derartige Fälle trotz bestehenden Gesetzes nicht entschädigt werden. In der Schweiz wurden diese Fälle trotz Fehlens des Gesetzes entschädigt. Dieses letzte Beispiel soll nur nochmals zeigen, dass die Tatsache des Gesetzes allein nicht genügt. Das Gesetz muss, wenn es sich auf biologisches Geschehen bezieht, soviel Spielraum bieten, dass das vielgestaltige biologische Geschehen darin Platz finden kann.

Durch Einblick in das Wesen von Individual- und Gruppenmedizin und ihrer Ziele wird selbstverständlich, dass die beiden Tätigkeitsbezirke sich gegenseitig ergänzen, nicht substituieren wollen. Es bedeutet eine Verkennung des Wesens des ärztlichen Berufes, wenn man glaubt, den Individualarzt allmählich durch den Beamtenarzt ersetzen zu müssen oder überhaupt ersetzen zu können. Stets wird nur der Individualarzt dem Bedürfnis des Kranken entsprechen können.

Gruppenärztliche Massnahmen sind vor allem in prophylaktischer Hinsicht nicht nur möglich, sondern notwendig. Es handelt sich hier um Fragen der Organisation der Gesellschaft in medizinisch-biologischer Richtung.

Nachdem die analytische Ursachenforschung in irgendeinem Punkt zu Ergebnissen gelangt ist, die für die Allge-

meinheit verwertbar werden, stellen sich die synthetischen Aufgaben ein, die, wie wir gesehen haben, in der Gesetzgebung ihren Ausdruck finden können. Diese Organisation ist selbst wieder ein Problem mit biologischem Einschlag. Es ist aber unrichtig, darin nur ein biologisches Problem zu sehen. In all den Lebensprozessen, in denen psychische Momente mitwirken, also in all den Lebensprozessen, die den Menschen selbst betreffen, kann die rein biologische Betrachtungsweise niemals zum Ziele führen. Die menschliche Gruppenbildung ist keine rein biologische Tatsache. Die Probleme, die durch die Gruppenbildung aufgeworfen werden, sind daher auch nicht ausschliesslich vom biologischen Gesichtspunkt aus zu lösen. Das ist besonders bei den Erbkrankheiten zu berücksichtigen. Der Mensch als Geisteswesen ist noch andern Gesetzen unterworfen.