**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:** 54 (1871)

Rubrik: Vorträge

#### Nutzungsbedingungen

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### Terms of use

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

**Download PDF:** 30.11.2025

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

# Vorträge.

# Leere Seite Blank page Page vide

# Aus den Vorträgen

des

# Herrn Ingenieur Lauterburg.

(Gehalten in der Hauptversammlung am 21. August und in der Sektionssitzung für Physik am 22. August.)

#### Vorwort.

Die vorliegende Arbeit hat nicht nur den Zweck, eine Uebersicht der Abflussmassen aller grössern Schweizerströme mitzutheilen, sondern das unseres Wissens ganz neue und zum ersten Male in grösserem Massstabe durchgeführte Verfahren zur Bestimmung der minimalen, mittleren und maximalen Abflussmenge jedes beliebigen Stromes an jeder beliebigen Stelle aus den Hauptzuständen, der Grösse und Niederschlagsmenge des betreffenden Flussgebietes ohne weitere Kenntniss des dortigen Gefälls oder des Querprofils oder der Wassergeschwindigkeit — der wohlwollenden und nachsichtigen Prüfung der Naturforscher und Techniker zu unterwerfen und eine lebhafte Diskussion über diesen gewiss nicht unwichtigen Gegenstand unter den Fachmännern hervorzurufen.

Ein spezieller Vortheil, den uns das neue Verfahren in wissenschaftlicher Beziehung gewährt, ist der uns verschaffte Einblick in den so sehr veränderlichen Antheil der Versickerung, Verdunstung und der Pflanzenabsorption am Rückstande der atmosphärischen Niederschläge, welches Verhältniss wir vergebens und ohne zu irgend welchem Abschluss zu kommen, auf dem Wege der abstrakten Untersuchung zu ermitteln suchten.

Ein weiterer Hauptvortheil des neuen Verfahrens besteht darin, dass wir von der allgemeinen Abflussmenge den Antheil der Gletscherschmelze unterscheiden und z.B. angeben können, dass selbst im Rhonethal, dessen Oberfläche nicht weniger als 13 % Gletscherareal einschliesst, der Antheil des Gletscherschmelzwassers an den Hochwassern kaum 17 % erreicht.\*)

In Betreff der zunehmenden Entwaldungen ergibt sich ferner aus jedem Flussgebiet (wenn auch allerdings nur sehr ungefähr), um wie viel dessen Hochwassermenge durch eine Wiederbewaldung oder durch die weitere Abholzung vermindert oder vermehrt werden kann.

Ebenso verschafft uns das neue Verfahren ein, zwar schwaches, Hülfsmitttel zur Berechnung der von den Strömen mitgeführten Geschiebsmassen, indem dasselbe zu jeder direkten Messung der Hochwassermenge mit Geschiebführung die entsprechende Wassermenge ohne Geschiebführung liefert.

Ueber die Art und Weise, wie die Lösung dieser Fragen vom Verfasser versucht worden ist, soll später eine kleine Brochüre nähern Aufschluss geben.

Für jetzt begleiten wir die Ausgabe der Hauptübersicht der schweizerischen Abflussmengen und ihres Verhältnisses

<sup>\*)</sup> Es beträgt das Gletscherwasser bei den Hochwasserständen: Im R b ein gebiet  $\frac{1}{120} = 3.7 \frac{0}{0}$ ; im A a regebiet  $\frac{1}{20} = 5 \frac{0}{0}$ ; im R e u s s-gebiet  $\frac{1}{18} = 5.6 \frac{0}{0}$ ; im L i m m a t gebiet  $\frac{1}{40} = 2.5 \frac{0}{0}$ ; im R h o n e-gebiet  $\frac{1}{6} = 17 \frac{0}{0}$ ; im T e s s i n gebiet  $\frac{1}{100} = 1 \frac{0}{0}$  und im I n n thal (Engadin)  $5 \frac{0}{0}$  des ganzen Flusswassers.

zu den gefallenen Niederschlagsmengen nur mit einem Auszug über das Wesentlichste zum vorläufigen Verständniss der Tabelle.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass wir im Folgenden zur Abkürzung die unmittelbare Strommessung und die direkte Berechnung der Abflussmassen aus den Profilen die praktische, die neue Berechnungsweise dagegen die theoretische Bestimmungsmethode genannt haben.

# Allgemeine Theorie.

§ 1.

Zu Grunde gelegte praktische Wasserstände. (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>.)

Jede Untersuchung und Angabe von gewissen Stromabflussmengen kann nur auf ein vorher anzunehmendes System von Wasserständen gegründet werden.

Die hier als Grundlage angenommenen (wissenschaftlich und praktisch wichtigen) Wasserstandsstadien sind folgende:

- 1) Denkbar kleinster Wasserstand, (C1).
- 2) Mittel der Kleinwasserstände, (C2).
- 3) Absolutes Mittel aller Wasserstände, (C3),
- 4) Mittel der Hochwasserstände, (C4).
- 5) Denkbar höchster Wasserstand, (C5).
- 6) Ausserordentliche (traditionelle, ausser alle Berechnung fallende) Katastrophenzustände, (C6).

§ 2.

# Theoretische (zur Berechnung provisorisch angenommene) Wasserstände. (Qo, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5)

Die Berechnung der theoretischen Abflussmengen lässtsich ableiten:

1) entweder bloss aus den Flussgebietsoberflächen, oder-

- 2) aus den Niederschlagsmengen und der Grösse der Flussgebiete, sowie aus den Naturzuständen derselben, und zwar\*):
  - a) für die denkbar kleinsten Wasserstände (Q<sub>0</sub>) unter Annahme des aus der Erfahrung bekannten günstigsten Quellenmaasses von 0,00695 Cub. m. per Quadrat Kilom. über thonigem Untergrund, reduzirt nach den Zustandsfaktoren und multiplizirt mit der jährlichen Niederschlagshöhe in Met., unter gleichzeitiger Uebergehung der atmosphärischen Gletscherschmelze;
  - b) für die minimale Grenze der gewöhnlichen Kleinwasserstände (Q<sub>1</sub>) unter Annahme des obgenannten Quellenmaasses, multiplizirt mit der jährlichen Regenhöhe, jedoch ohne weitere Reduktion und ebenfalls ohne Hinzurechnung der atmosphärischen Gletscherschmelze;
  - c) für das absolute Mittelstadium der Mittelwasserstände (Q<sub>2</sub>) je nach den Flussgebieten, unter Annahme der <sup>5</sup>/<sub>4</sub>- bis <sup>7</sup>/<sub>5</sub> fachen jährlichen (nach den Zustandskoeffizienten reduzirten) Niederschlagshöhe des betreffenden Flussgebietes, als Mittelergebniss sechsjähriger Beobachtungen und einer Sommertemperatur von 10° C. über den Gletschern während 110 Tagen;
  - d) für die Maximalgrenze der ordentlichen Hochwasser (Q<sub>3</sub>) unter Annahme eines viertägigen ununterbrochenen Regens, je nach dem Flussgebiet\*\*) von täglich 20 bis 40<sup>mm</sup>, mit Berücksichtigung des Naturzustandes der Flussgebiete und unter Annahme einer vorübergehenden Temperatur von 16—20° C. über den Gletschern;
  - e) für die ausserordentlichen Hochfluthen (Q4) (bis zur Einmündung in die grösseren Seen);

<sup>\*)</sup> Die zu diesem Paragraph gehörenden Formeln sind im Auszug weggelassen worden.

<sup>\*\*)</sup> D. h nach dessen allgemeinen Regenmenge.

- α) entweder unter Annahme der höchsten (nach den Naturzuständen und Jahreszeiten reduzirten) Regenhöhen, mit Berücksichtigung des mit der Zunahme der Flussgebietsgrösse abnehmenden Mittelwerthes der maximalen Regenhöhen,
- β) oder durch Kombination des höchsten Wasserstadiums mit einem bereits schon hohen Wasserstand.

## § 3.

## Wasserstände über den Katastrophenzuständen.

Selbstverständlich hat eigentlich diese Kategorie (C<sub>6</sub>) keine Grenzen, denn es könnte z.B. nur ein Mal gegen alles seit der Sündfluth Erlebte in einem sehr ausgedehnten, bis in die Schneeregionen hinaufreichenden Flussgebiete alle Stationen gleichzeitig und bis zu ihrem höchst beobachteten Maximum überregnet werden und dabei zugleich der Fall eintreten, dass der Boden hart gefroren und hoch mit Schnee bedeckt wäre, und dass endlich der vielleicht sehr warme Regen sich nur sehr langsam abkühlte und so lange fortdauerte, bis die ganze Schneemasse auf dem undurchlassenden Boden vollständig zum Abschmelzen und mit dem Regen zum Abfliessen käme, — denn wer kann der Kombination der Witterungs-Verhältnisse, oder überhaupt der Regendauer, Schranken setzen? Es böte aber eine Berechnung, gestützt auf eine solche, zwar nicht absolut unmögliche, Konstellation eben so wenig Werth für die Wissenschaft als für die Praxis, während hingegen eine Berechnung dessen, was im äussersten Fall noch zu erwarten wäre, nicht nur nützlich, sondern auch für die Wissenschaft werthvoll sein muss.

## § 4.

# Separat- oder Kollektivberechnung der Abflussmassen.

Das Resultat der Stromberechnung für einen grössern Strom mit Zuflüssen wird wenigstens bei den kleinen und Mittelwasserständen richtiger ausfallen, wenn jeder Zufluss einzeln berechnet wird, indem die Zustandsfaktoren viel sicherer für einzelne (nicht zu kleine) Thäler, als in der Gestalt eines allgemeinen Mittelwerthes für den allgemeinen Zustand eines grossen Flussgebietes bestimmt oder abgeschätzt werden können; dann aber dürfen wenigstens für die Hochfluthen zur Bestimmung der summarischen Abflussmenge eines solchen Gebietes die Zuflüsse nicht ohne Reduktion zusammengerechnet werden und zwar diess um so weniger, als der Abfluss auch von den lokalen Sonderzuständen der Witterung abhängt.

## § 5.

#### Koeffizient der jährlichen Niederschlagssumme.

Die gesammte jährliche Niederschlagshöhe (in Schnee und Regen) musste zur Bestimmung der mittleren Abflussmasse mittelst eines Koeffizienten vergrössert werden, weil aus Gründen, die wir anderswo angeführt haben, die den meteorologischen Heften entnommene gesammte jährliche Niederschlagshöhe als zu klein betrachtet werden muss, und weil die gleiche Regenmenge je nach der Anzahl Regentage des Jahres sehr ungleich wirkt.

Die Grösse dieses (zwar mit grosser Umständlichkeit berechenbaren) Koeffizienten hat sich aus der Vergleichung vieler genau gemessenen mittlern Durchflussmassen mit den totalen jährlichen Regenmengen durchschnittlich = 1,25 bis 1,6 ergeben, wir liessen ihn jedoch nur zwischen 1,25 und 1,4 variiren.

## § 6.

# Einfluss der Seen als Regulatoren der Flussströmungen.

Der erste Einfluss eines Sees äussert sich auf den durchfliessenden Strom zunächst dahin, dass er die Raschheit und Höhe seiner Anschwellungen ausgleicht und seine Schwankungen gleichsam beruhigt. Ein See steigt bei zunehmendem Zufluss gerade um so viel, als das Abflussprofil an Wasserhöhe, resp. an Druckhöhe, erfordert, um die vermehrte Masse abzuführen.

Diese Wasserhöhe hängt von der Anlage des Abflussprofils, von der maximalen Zuflussmenge und von der Zeitdauer der Anschwellung ab. Jene Profilanlage müsste also für jeden See näher bekannt sein, um für eine gegebene Anschwellungshöhe des Zuflusses die entsprechende höchste Seehöhe theoretisch bestimmen zu lassen. Leichter und sicherer lässt sich diese aber aus den wirklichen Beobachtungen ermitteln, wobei sich dann auch der schwankende Faktor jener Zeitdauer für jeden See, wie er aus den bisherigen Erfahrungen eben hervorgeht, von selbst aus der Beobachtung ergibt.

# § 7.

#### Berücksichtigung der See-Nebenzuflüsse.

Zum Seezufluss sind natürlich ausser dem Hauptzufluss alle miteinströmenden Nebenflüsse zu rechnen, wenn man daraus den Abfluss des See's auf theoretischem Wege bestimmen will. Bei den Seen ist auch, wenn man genau rechnen will, die mittlere, grösste und kleinste Verdunstung zu berücksichtigen. Für den Bodensee macht dieselbe in der heissesten Zeit sekundlich ca. 50 mc = 1850 C' aus; doch fällt dieselbe nie mit den Wassergrössen durch starke Niederschläge zusammen.

Ferner ist während des Regenfalls selbst der unmittelbar in den See fallende Regen als verhältnissmässig starker Zufluss in Rechnung zu bringen.

Beträgt die tägliche maximale Regenmenge z. B. 0<sup>m</sup>,030 bis 0<sup>m</sup>,150 (höhere Alpenseen) oder per Sekunde 0<sup>m</sup>,0000003475 bis 0<sup>m</sup>,000001738, so macht diess für den Bodensee von 539,14 ☐ Kil. Oberfläche per Sekunde schon 188 bis 942 Cub. M. oder 7000 bis 35000 C'.

Endlich ist auch die durch die Geschiebszufuhr verdrängte See-Wassermenge zum theoretisch berechneten Abfluss zu schlagen, worüber indess bis jetzt noch keine genauen Angaben beigebracht werden können.

# Spezielle Bemerkungen über die zusammengestellten Abflussmassen.

§ 8.

# Unabhängigkeit der theoretisch berechneten Abflussmassen von den Pegelskalen.

Die in dieser Uebersicht enthaltenen theoretisch berechneten Wasserstandsstadien beziehen sich einstweilen noch auf keine festen Pegelzahlen, wie die direkt vermessenen oder den Bülletins enthobenen Stadien.

## § 9.

# Vergleichbarkeit der theoretischen und praktischen Abflussbestimmungen.

Die theoretisch, d. h. aus den Flussgebietszuständen abgeleiteten Abflussmassen, wie gross oder wie klein ihre Extreme auch gefunden worden sind, können erst dann als absolut richtig oder unrichtig aufgefasst werden, wenn die mit ihnen in Vergleichung gebrachten wirklichen Beobachtungen lange genug gedauert haben, um annehmen zu dürfen, dass alle wirklich möglichen Wasserstände während der Beobachtungszeit eintreten konnten, und wenn die Beobachtungen auch sonst das nöthige Zutrauen verdienen. Es versteht sich daher von selbst, dass das neue Verfahren extreme Wasserstände ganz richtig angeben kann, die vielleicht während der zufälligen Beobachtungszeit gar nicht eingetreten sind, oder zwischen die Beobachtungszeitpunkte hineingefallen sein mögen, oder die

überhaupt noch gar nicht stattgefunden haben, indem nirgends gesagt ist, dass ein jedes Gewässer innerhalb Menschengedenken gerade alle möglichen, mithin auch die Katastrophenzustände, erlebt haben müsse.

#### § 10.

# Licenz zwischen den theoretischen und praktischen Abflussberechnungen.

Stimmen die praktischen und theoretischen Resultate auch nicht immer genau zusammen, so darf dieses dem Prinzip der theoretischen Berechnung erst dann auf Rechnung gesetzt werden, wenn dargethan werden kann, dass die Differenz nicht ebensogut in den eingegangenen Strommessungsergebnissen, oder in den benützten Niederschlagshöhen, oder im Mangel an genügenden meteorologischen Quellen und Stationen oder endlich, wie früher bemerkt, in der ungleichen Auffassung der wirklichen Grenzen des verglichenen Wasserstandsstadiums liegen könne. Immerhin wird aber eine Uebereinstimmung der Resultate der beiden in ihren Hülfsquellen und Verfahrungsweisen so ganz verschiedenen Methoden bis auf die Differenzen von 10, 15 bis 20 % als vollkommen befriedigend betrachtet werden dürfen.

## § 11.

# Vergleichung der absoluten Mittelwasserstadien beider Bestimmungsmethoden.

Den sichersten Anhaltspunkt zur Vergleichung der Resultate beider Methoden liefert unter Vorbehalt der absoluten Unveränderlichkeit des betreffenden Flussquerprofils unstreitig das absolute Mittelwasserstadium. Sind auch im Allgemeinen die Begriffe von Hoch- und Niederwasserstand für beide Methoden ungefähr die gleichen, so sind sie doch bis jetzt noch nicht bestimmt definirt und limitirt worden.

Was nun die Unveränderlichkeit des Querprofils betrifft, so sind die absolut unveränderlichen Profile namentlich in den geschiebführenden Flüssen sehr selten; auch fallen von den wenigen unveränderlichen und zugleich weder der Ueberfluthung noch irgend welcher andern Unregelmässigkeit der Strömung ausgesetzten Querprofile viele auf Flussstellen, die entweder von bewohnten Ortschaften zu weit abgelegen sind, um für dieselben geeignete Beobachter zu finden, oder für die Schifffahrt, Industrie etc. kein genügendes Interesse darbieten, um die betreffenden Behörden zu besondern Auslagen für ihre Beobachtungen zu veranlassen.

In Betracht der Uebereinstimmung der theoretischen Abflussmassen mit den im Jahresbülletin publizirten Wassermengen können wir uns einstweilen ebenfalls nur auf eine Vergleichung der absoluten Mittelstände einlassen, und diese ergibt vorläufig für die Mehrzahl der Stationen eine genügende Uebereinstimmung.

## § 12.

## Störung durch Schleusen, Strombauten u. s. w.

Eine Menge von Unregelmässigkeiten in den Beobachtungen treten übrigens auch durch den Dienst so vieler Schleusenwerke und durch Strombauten ein, von deren störender Existenz uns nicht immer Anzeige gemacht wird.

Aus diesem Grunde müssen wir im Bülletin hin und wieder selbst sehr wichtige Stationen weglassen, in welchem Fall diese dann auch für die Vergleichung mit dem theoretischen Verfahren allen Werth verlieren.

# § 13.

#### Unbemerkt bleibende Maximal- und Minimalstände.

Da bei den Stationen ohne selbstregistrirendes Instrument die positiven und negativen Kulminationen verloren gehen, so kann man bei den gewöhnlichen Beobachtungen

nie sagen, wie hoch oder wie tief der Wasserstand wirklich im Maximum gestiegen oder gefallen sei, mithin können bei den gewöhnlichen Beobachtungen, auch wenn sie sich auf viele Jahre erstrecken, selbst sehr unwahrscheinliche Maxima oder Minima dennoch eingetreten sein, ohne dass sie jemals beobachtet worden wären.

Werden auch während des Tages mehrere Beobachtungen gemacht, so bleibt doch gewöhnlich die Nacht unbeobachtet und wird dann noch oft der grosse Fehler begangen, dass von den in ungleichen Zeiträumen erhobenen Beobachtungen das arithmetische Mittel genommen wird.

## § 14.

# Verdeckte Stromabflüsse, ausserordentliche Wasserverluste etc.

Viele Ströme sind, wie früher erwähnt, schon desshalb nicht genau messbar, weil ein ziemlich grosser Theil ihrer Abflussmenge unsichtbar unter dem Strombett zum Thal ausfliesst. Bei diesen Strömen erzeigt natürlich die von diesem Umstande unabhängige theoretische Stromberechnung einen grössern Abfluss als die Messung oder der Augenschein.

# § 15.

# Direkte Strommessung im Zeitpunkt der Geschiebführung.

Alle direkten Strommessungen im Zeitpunkt der Geschiebführung\*) können erst nach Vornahme einer Reduktion in Vergleichung gezogen werden, weil sie zu grosse Resultate ergeben müssen.

Die Geschiebführung ist bekanntlich im Strom selbst weder messbar noch genauer berechenbar. Da dieselbe die Geschwindigkeit des Stromes durch die Absorption der nöthigen Schubkraft vermindert, so erhebt sie auch dessen

<sup>\*)</sup> Also nicht nur bei den Hochwasserständen, wenn auch allerdings in desto grösserem Mass, je höher diese sind.

Wasserstand oft sehr bedeutend über dasjenige Niveau, welches ohne Geschiebführung der betreffenden Wassermenge entspräche.

Diesem Umstand gesellt sich noch die bei vielen Strömen beobachtete Geschiebsstauung in den Verengungen und Biegungen hinzu, welcher oft massenweise Entleerungen folgen. Natürlich muss in jedem solchen Moment, dessen Eintritt nicht immer wahrgenommen werden kann, die Messung sowohl im Staubezirk als bei der Entleerung unterhalb dem-Ein etwas zu grosses Reselben viel zu gross ausfallen. sultat muss die Strommessung auch dadurch erhalten, dass das ohnehin nur knapp gemessene Regenwasser bei seiner Cirkulation unter dem Boden noch erdige Salze aufnimmt und dabei an Volumen zunimmt, bis es sich in die Flussbette ergiesst. Beträgt diese Zunahme auch nur sehr wenig. so trägt sie doch mit vielen anderen im gleichen Sinne mitwirkenden Nebeneinflüssen das Ihrige zur Vermehrung des Ueberschusses der Abflussmassen gegenüber den Niederschlagsmassen bei. Dazu kommt bei den Hochfluthen noch die Schlammasse.

# § 16.

# Mögliche Ungenauigkeit des theoretischen Verfahrens.

Dass auch die theoretischen Resultate nur da auf einige Genauigkeit Anspruch machen dürfen, wo die erforderlichen Grundlagen, wie namentlich die Niederschlagsbeobachtungen, in genügender Anzahl und richtiger Angabe vorliegen, haben wir bereits erwähnt.

Allerdings kann für Flussgebiete, die z.B. nur eine oder zwei oder vielleicht sogar keine meteorologischen Stationen besitzen, und für welche die Niederschlagsmengen einstweilen nur auf's Gerathewohl per Analogie bestimmt werden können, das theoretische Verfahren natürlich auch nur oberflächliche Werthe ergeben. Doch bleibt darum die Richtigkeit des Prinzips dieses Verfahrens unangetastet und somit auch dessen im Eingang erwähnten Vorzüge. Sind auch in Thalgebieten, wo (wie z. B. bis dato im bernischen Frutigen und Simmenthal oder im nördlichen und östlichen Bodenseegebiet) gar keine meteorologischen Stationen bestanden, unvermeidliche Fehler zu gewärtigen, so bietet doch das neue Verfahren, weil von allen übrigen Unregelmässigkeiten unabhängig, in Beziehung auf die Wasserabflussmassen weit regelmässigere und homogenere Resultate dar, als die meisten der bisher eingezogenen direkten Strommessungen.

# § 17.

#### Wasserspiegelgefäll der Hochwasser zu demjenigen der Niederwasser.

Ein weiterer Grund, warum die Hochfluthmassen bei der Messung oft so übertrieben ausfallen, beruht wohl auch darauf, dass gewöhnlich nur ihr Wasserstand und nicht auch ihr Gefäll genau aufgenommen wird, indem man das letztere meist ohne Weiteres demjenigen der niederen Wasserstände gleich setzt. Da aber gewöhnlich die Messstationen an Stellen gewählt werden, wo das Querprofil ziemlich klein und der Wasserlauf möglichst regelmässig (verhältnissmässig stark) ist, und wo auch keine Ueberfluthungen bei Hochwasserständen vorkommen u. s. f., so kann man auch annehmen, dass die Messstellen wohl meistens auf die stärkern Gefällsstrecken fallen, und dass demnach das Wasserspiegelgefäll der kleinen Wasserstände an den Messstationen gewöhnlich etwas grösser sein werde, als dasjenige der grössern Wasserstände.

# § 18.

#### Excentrische Hochwasser im Molassegebiet.

Eine besondere Berücksichtigung verdienen schliesslich die Flussgebiete mit vielen wenn auch oft wenig mächtigen Thongründen, wie sie in der Formation der Molasse und in den ihr aufgelagerten Alluvialschichten, welche doch im Allgemeinen sehr durchlassend sind, öfters und ziemlich ausgedehnt vorkommen.

Diese Schichtungen saugen zwar die kleinen, sowie die anhaltenden aber schwachen Regen an und führen sie an den Unterbrechungsstellen ihren unterirdischen Quellen zu, lassen aber die starken Schlagregen nicht durchdringen und zwingen sie zum massenhaften Ablauf, wie wenn der Thalgrund ganz undurchlassend wäre. Diess sind die bereits genannten Flussgebiete mit den unerhörten Anschwellungen mitten im Molassen- und Alluvialgebiet.

## § 19.

# Provisorischer Werth der vorliegenden theoretischen Resultate.

Gestützt auf die vorausgehenden Betrachtungen geben wir die hier zusammengestellten theoretischen, übrigens blos einfach berechneten Abflussberechnungen nur als provisorische aus, zumal die ihnen zu Grunde gelegten hydrometrischen und meteorologischen Beobachtungen und Terrainstudien viel zu kurz sind, um schon jetzt richtige Ergebnisse liefern zu können.

Ueberdiess darf nicht übersehen werden, dass unsere hydrometrischen Beobachtungen nicht so weit zurückgehen, als die meteorologischen, und daher auch mehrere sehr charakteristische Jahrgänge, welche wesentlich auf das allgemeine Mittel einwirken müssen, in unsern Beobachtungen fehlen.

Wir glauben indess aus den bisherigen zwar jetzt noch ungenauen Resultaten bestimmt entnehmen zu können, dass unser theoretisches Verfahren auch in dieser Beziehung im Prinzip richtig, verwendbar und entwicklungsfähig sei, und dass seine praktischen Vortheile eine ernstliche Fortsetzung der sachbezüglichen Studien wohl lohnen werden.

#### § 20.

# Ungleicher Abstand zwischen den Wasserstandsextremen der Berg- und Thal- oder Flachströme.

Die nachfolgende Tabelle ergibt das interessante Resultat, dass bei den Alpenströmen die verschiedenen Wasserstandsstadien viel weiter auseinander gehen, als bei den Strömen des Flachlandes, und interessant ist zu sehen, in welchem Mass dieses Verhältniss sich bei einem und demselben Strom flussabwärts allmälig ausgleicht.

## § 21.

## Verschiedener Effekt der andauernden Regen und der Schlagregen je nach der Steilheit oder Flachheit des Flussgebietes.

Eine interessante Wahrnehmung bietet auch die Vergleichung der Stromabflussmasse des Tief- und Hochlandes darin, dass an den tiefern Stationen länger anhaltende (wenn auch schwächere) Niederschläge verhältnissmässig stärkere Anschwellungen verursachen als die einzelnen Hochregen, während es bei den Hochstationen mehr auf die relative Höhe der einzelnen Regenfälle ankommt.

# § 22.

# Grössere unterirdische Querströmungen.

Zu den eigenthümlichen Erscheinungen gehört auch der Umstand, dass die theoretische Berechnung, nachdem sie für die Mittelstände der Aare bis gegen Aarberg im Vergleich

mit den praktischen Messungen eher zu viel Wasser ergeben hatte, von da abwärts bis zum Rhein viel zu wenig Wasser Es scheint diess beinahe auf unterirdische Strömungen, ähnlich, wie sie auch die grosse Emme kund gibt, in der Richtung von Bern gegen Solothurn, hinzudeuten, welche allerdings vom theoretischen Verfahren nicht erreicht werden kann. Wenn schon der Jura der ihn auf jener Strecke begleitenden Aare eine Menge reicher Grundquellen zuführt und ihr rechtes Ufer namentlich aus der Gegend zwischen Langenthal und Lenzburg besonders viele Gewässer aufnimmt, so können sich doch die Stromverhältnisse dieser Gegenden unserer Berechnung nicht entziehen. Einen ähnlichen Widerspruch liefern auch die Berechnungen für die Reuss und Limmat, welche doch keinen so ausserordentlich verschiedenen Verhältnissen angehören, indem nämlich die einander ziemlich ähnlichen Zustandsfaktoren beider Flussgebiete nach Massgabe ihrer Niederschlagsverhältnisse für die Reuss ein viel zu grosses und für die Limmat ein fast doppelt zu kleines Durchflussquantum ergeben, und zwar dieses laut den grossentheils von uns selbst mit grosser Sorgfalt ausgeführten Allerdings haben wir gerade die Wasser-Strommessungen. menge der Limmat nicht selbst gemessen, für welche wir die beobachtete Niederschlagsmenge fast verdoppeln müssen, um dem direkt gemessenen Quantum gleich zu kommen; doch rühren diese Messungen vom zürcherischen Bauamt her, von welchem wir nicht nur immer die bereitwilligsten sondern auch die zuverlässigsten Hülfsmittel zu erhalten gewohnt waren.

Nun dürfen wir aber die beobachteten Regenmengen und die dem unmittelbaren Naturstudium enthobenen Zustandsfaktoren nicht unter ganz analogen\*) Verhältnissen für das

<sup>\*)</sup> Einige Aufklärung über die Ungleichheit der Ergebnisse solcher analoger Thalgebiete, welche sich oft dem ersten Anblick als ganz ähnlich

eine Flussgebiet 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 2 mal stärker oder schwächer annehmen als für das andere, um mit den direkten Strommessungsresultaten möglichst in Einklang zu kommen, zumal diese Messungen von den verschiedensten Personen und Verfahrungsweisen herrühren.

Wären aber die Messungen selbst auch richtig, wodurch allerdings mancher unerklärliche Widerspruch zwischen beiden Bestimmungsarten nur um so mehr bestätigt würde, so wäre gerade in der Aufdeckung solcher bis jetzt unbekannt gebliebenen Widersprüche ein Hauptvortheil der Anwendung zweier voneinander gänzlich unabhängiger Methoden zu erkennen.

# § 23. Vortheile beider Methoden.

Ohne Zweifel haben beide Methoden ihre Berechtigung und Vortheile; auch räumen wir der direkten Messung ohne Weiteres den Vorzug ein, dass sie, wenn das ganze System je eines Flusses vom nämlichen zuverlässigen Fachmann bei den drei Hauptwasserständen aller Stationen durchgeführt werden könnte, noch sicherere Resultate ergäbe, als die theoretische Methode; doch unterbliebe bei der auschliesslichen Anwendung dieser Messungsweise die Kontrolle von zwei ganz verschiedenen Operations-Verfahren, und würde übrigens eine solche Messung an allen Strömen I., II. und III. Ranges für die Schweiz über 80,000 Franken kosten und 20—30 Jahre dauern.

Wollte man die theoretischen Abflussmassen mittels eines Koeffizienten nach den bessern praktischen Messungen be-

beschaffen darstellen, lieferte uns die frühere Nichtberücksichtigung des verschiedenen Grades von Verworrenheit des geologischen Formationswechsels in den verglichenen Flussgebieten, wodurch natürlich der Infiltrationsfaktor in hohem Grade beeinflusst werden muss.

richtigen, so ergäbe sich als grösster Koeffizient 1,5 und als kleinster 0,7; mit der fortschreitenden Entwicklung unserer jetzt noch so kurzen Beobachtungen und Studien werden sich aber diese Differenzen noch bedeutend vermindern, während unter den uns eingegangenen, zum Theil wieder aufgegebenen Messungsresultaten mehrere um das Zwei- bis Dreifache von der Wahrheit abweichen.

#### Schlusswort.

Dass und warum in diesem Forschungsgebiete weder auf dem theoretischen noch auf dem praktischen Wege genaue Zahlen erhältlich seien, haben wir bereits auseinandergesetzt. Da jedoch ein jeder dieser Wege in sich selbst wohl begründet ist, und auch beide zu einer immerhin erfreulichen Uebereinstimmung der meisten Resultate geführt haben, während die einzelnen erheblichen Abweichungen nur auf der Unzulänglichkeit der bisherigen Hülfsmittel beruhen. welche leicht zu vervollständigen und zu vervollkommnen sind und sich mit der Zeit auch von selbst ergänzen und über eine längere Periode ausdehnen werden, so finden wir ohne uns eines unwissenschaftlichen Verfahrens schuldig zu machen — keine Ursache, von der Ergänzung der irrigen oder fehlenden Messungsergebnisse durch die theoretischen Resultate abzustehen und glauben vielmehr in der Voraussetzung, dass eine zunehmende Erweiterung und Verbesserung der Hülfsmittel auch wirklich erwartet werden dürfe, am sichersten auf dem eingeschlagenen Wege vorgehen zu können, fühlen uns aber für jede uns zugehende Unterstützung oder bessere Belehrung, sowie auch für jede wohlmeinende Kritik von vorneherein zum aufrichtigsten Dank verpflichtet.

(Man vergleiche hiezu die am Schlusse der Verhandlungen angehängte Tabelle)

# Provisorische Uebersicht der schweizerischen Stromabflussmassen.

|  |   | Faktoren des mittleren Zustandes   |  |   |   | ndes   | Jährl.  | Grösste (   | )berfläche de  | sgesammten  |  | Abflussmengen per                       |   |   |   |  |   | nde in F  | Lubikr  |  |   |   |  |  |
|--|---|--|--|---|---|--|---|---|--|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|--|--|
| Name Station   |   | der Flussgebiete.  |  |   | - 21  | Niederschlagshöl   |   | Fluss-  | Gletscher-   | Direkt gemessene Abflussmassen.   |  |   | Theoretisc<br>atmosphär. Gletscherschmelze. |   |   | sch berechnete Resultate der<br>Niederschläge und Gletscherschmelze.   |   |   |   | Bemerkungen.   |   |   |  |  |
| des betreffend   | en Gewässers.   | Thalsohle  | Undurch-<br>lassungs-<br>vermögen.   | Sterilität.   | Tot<br>Werth α.   | a I,  Rest 1— æ.   | d in Met  | H -   | F  |   | Ausserord.<br>Minimum.<br>Ci           | Mittel der<br>ordentl.<br>Minima.<br>C2 | Absolutes<br>Mittel.                        | Mittel der<br>ordentl.<br>Maxima.<br>Ca | Ausserordl<br>Maximum.<br>Ca                              | Minimum.   | Mittel.   | Maximum.  | *)<br>Ausserord.<br>Minimum.<br>Ci  | Mittel der<br>ordentl.<br>Minima.<br>Ca  | Absolutes<br>Mittel.  |   | Ausserordl.<br>Maximum.  |  |
|  |   |  | especial l   | 1   |   |  |   |   |  |   | elmonik/L                              | - CARROLL                               |   |   |   | -  |   |   |   |  |   |   |  | Für den Ausdrack H (Col. 9) ist, we nichts anderes<br>erwähnt wird, zur Berechung von C. die tägliche<br>maximale Regenibhe pro 4 Tage zu 0,0030 an  |
| Vorderrhein Hinterrhein Vereinigte Rheine Plessor Landquart Rhein  7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 9 8 9 8 9 8 9 8 | Reichenau Reichenau Reichenau Ems Station Landquart Tardisbrück Au Stein Schaffhausen bei Einmänd, in d. Rhein Pfungen Rundlang bei Einmünd, in d. Rhein  | 0,275<br>0,275<br>0,275<br>0,267<br>0,265<br>0,235<br>0,200<br>0,200<br>0,250<br>0,125<br>0,100<br>0,175 | 0,275<br>0,275<br>0,265<br>0,233<br>0,225<br>0,200<br>0,175<br>0,165<br>0,175<br>0,100<br>0,100<br>0,800 | 0,2<br>0,2<br>0,2<br>0,2<br>0,2<br>0,2<br>0,175<br>0,150<br>0,135<br>0,135<br>0,1<br>0,1<br>0,1 | 0,75<br>0,75<br>0,74<br>0,70<br>0,69<br>0,70<br>0,61<br>0,525<br>0,50<br>0,55<br>0,325<br>0,30<br>0,625 | 0,25<br>0,25<br>0,26<br>0,30<br>0,31<br>0,30<br>0,39<br>0,475<br>0,50<br>0,45<br>0,675<br>0,675      | 1,1268<br>1,268<br>1,02<br>1,085<br>1,234<br>1,1417<br> | 0,112<br>0,13295<br>0,12604<br>0,0787<br>0,105<br>0,1168<br>0,1092<br>—<br>0,095<br>0,051<br>0,051<br>0,051 | 1520,6<br>1695,0<br>3237,7<br>271,0<br>624,7<br>4226,54<br>6564,0<br>11419,11<br>11730,03<br>1745,23<br>422,3<br>422,3<br>1116,0   | 102,4<br>70,5<br>172,9<br>0<br>21,0<br>194,0<br>266,0<br>266,0<br>266,0<br>0<br>0                                 | 10,8<br>15,64<br>1,33<br>54,0<br>47,25 | in-Gel                                  | 72,63                                       | 1481<br>                                | 1074<br>1100<br>—<br>154<br>—<br>2082<br>—<br>—<br>—<br>— | 3,76<br>2,59<br>6,35<br>0<br>0,77<br>9,13<br>9,8<br>9,8<br>9,8<br>0<br>0   | 17,75<br>12,23<br>29,98<br>0<br>2,55<br>23,5<br>32,0<br>32,0<br>0<br>0<br>0   | 20,5<br>14,0<br>34,5<br>0<br>4,2<br>38,8<br>53,0<br>53,0<br>0<br>0<br>0   | 4,16<br>3,32<br>7,5<br>0,8<br>1,46<br>13,7<br>25,4<br>32<br>33<br>6,2<br>2,1<br>1,2<br>3,5                | 22,4<br>19,9<br>42,2<br>2,7<br>6,8<br>60,8<br>83,0<br>124<br>127<br>17,9<br>3,5<br>2,0<br>12,7   | 66,11<br>59,8<br>125<br>7,7<br>19,3<br>152,5<br>191,1<br>330<br>337<br>43,0<br>5,7<br>3,0<br>33,2             | 266<br>286<br>552<br>41<br>95<br>678<br>902<br>594<br>628<br>210<br>30<br>15,0  | 1003<br>1327<br>1865<br>164,7<br>440<br>1951,3<br>2116<br>628<br>745<br>676<br>75<br>39,8<br>429                                   | matimale Hogenbook pro 4 Tago zu 0,4930 aar-<br>geninnaes wirdea.  |
| Aare-Gebiet.   |   |  |  |   |   |  |   |   |  |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |  |   |   |  |  |
| Aare  " Gurbe Aare Aare (nit Sense) Aara Aara Zitl Aare Grosse Emme Aare                                 | Stegmathrück, øb dem Brienzerse Unterseen - Unterseen | 0,225<br>-<br>0,150<br>0,150<br>0,250<br>0,200<br>0,300<br>0,180<br>0,160<br>0,160<br>0,155              | 0,225  | 0,200   | 0,65<br>  | 0,35<br>0,57<br>0,50<br>0,40<br>0,45<br>0,50<br>0,50<br>0,50<br>0,50<br>0,50<br>0,50<br>0,50<br>0,50 | 1,067<br>1,517<br>1,2817                                | 0,182')   | 609,8<br>1143,15<br>2454,54<br>2602,83<br>114,1<br>3000,0<br>1882,3<br>5102,5<br>871,70<br>2619,80<br>186,11<br>3069,5<br>8326,07<br>4484,45<br>1107,8<br>10817,86<br>11616,82 | 160,6<br>234,81<br>287,24<br>0<br>287,24<br>7,18<br>294,4<br>0<br>0<br>0<br>0<br>294,4<br>294,4<br>294,4<br>294,4 | 2,99                                   |   | 32,5<br>                                    | 198                                     | 97 610 1000 1220 243 1350 1464                            | 5,9<br>8,63<br>10,56<br>10,56<br>0<br>10,88<br>0,264<br>10,83<br>0<br>0<br>0<br>11,09<br>11,09<br>0<br>11,09<br>11,09<br>11,09 | 19,5<br>28,52<br>39,02<br>39,02<br>0<br>35,7<br>0,872<br>35,7<br>0<br>0<br>0<br>36,57<br>0<br>36,57<br>0<br>36,57<br>0<br>36,57 | 32,12<br>46,97<br>55,34<br>53,34<br>0<br>59,0<br>1,436<br>59,0<br>0<br>0<br>0<br>60,44<br>60,44<br>9<br>60,44<br>60,44<br>60,44 | 2,66<br>5<br>12<br>12,4<br>0,48<br>15<br>6,7<br>22,5<br>3,2<br>9,4<br>0,58<br>11<br>33,6<br>6<br>46<br>49 | 11,4<br>20<br>38<br>38,9<br>1,0<br>43,6<br>62,6<br>66,7<br>7,9<br>23,5<br>1,7<br>27,7<br>96,0<br>11,9<br>117,9<br>117,9<br>117,9<br>1133,9 | 34,0<br>57<br>99<br>101<br>2,1<br>107<br>57,7<br>167<br>17,2<br>52,2<br>4,07<br>62<br>231<br>28<br>279<br>291 | 113<br>197<br>356<br>365<br>111<br>403<br>254<br>673<br>77<br>182<br>21,8<br>191<br>869<br>885<br>104<br>1010<br>1028 | 488<br>592<br>644<br>687<br>55,6<br>820<br>879<br>1600<br>286<br>276<br>92,4<br>355<br>1606<br>1659<br>395<br>1865<br>1865<br>1875 | <ol> <li>Im ganzen Thal hur eine maximale Nieder-<br/>schlagsbiebe bekämt; nach Aunlogic anderer<br/>abnitcher Thaler fürfte das Mittel der Berg-<br/>nud Thaletatione; draw 0,115—0,120 aus-<br/>nuedon.</li> </ol> |
|  | Brugg   |  |  |   |   |  |   | *   | ,  |   | Ret                                    | ıss-Ge                                  | biet.                                       |   |   |  |   |   |   |  |   |   | ,  |  |
| Reuss Mnotta  Engelberger-Aa Sarner-Aa Reuss Kleine Emme Lorze Reuss                                     | Andermatt Seedorf bei Elmundung in den Vierwaldstättersee ditto ditto Luzeru (Krummenfluh) Emmenbrück b. Elmund, in die Reuss Mellingen   | 0,333<br>0,325<br>0,275<br>0,260<br>0,250<br>0,250<br>0,325<br>0,150<br>0,200                            | 0,325<br>0,300<br>0,250<br>0,200<br>0,200<br>0,250<br>0,250<br>0,250<br>0,125<br>0,150                   | 0,322<br>0,300<br>0,200<br>0,200<br>0,200<br>0,225<br>0,225<br>0,125<br>0,150                   | 0,98<br>0,925<br>0,725<br>0,66<br>0,65<br>0,725<br>0,80<br>0,40<br>0,50                                 | 0,02<br>0,075<br>0,275<br>0,34<br>0,35<br>0,275<br>0,20<br>0,60<br>0,50                              | 1,400<br>1,380<br>1,350<br>1,350<br>1,30<br>            | 0,2225<br>0,1762<br>0,1362<br>0,086<br>0,086<br>0,14452)<br>0,1312  | 198,13<br>838,37<br>926,22<br>240,7<br>357,67<br>2254,07<br>478,48<br>254,46<br>3376,40  | 16,57<br>104,43<br>0,65<br>14,72<br>0<br>145,07<br>0<br>145,07  | 40,5                                   |   | 28,56<br>93,1                               |   |   | 0,609<br>3,34<br>0,024<br>0,54<br>0<br>3,904<br>0<br>3,90  | 2,014<br>12,7<br>0,0709<br>1,79<br>0<br>14,561<br>0<br>14,56  | 3,314<br>20,7<br>0,12<br>2,94<br>0<br>23,76<br>0<br>0<br>23,76  | 0,04<br>- 0,6<br>0,84<br>- 0,74<br>1,13<br>5<br>1,00<br>1,1   | 3,2<br>13,5<br>4,5<br>3,1<br>4,5<br>31,6<br>7,5<br>3,1<br>45,6   | 11<br>46,2<br>12,7<br>8,7<br>12,0<br>95<br>22,7<br>8,4<br>133   | 44,9<br>187<br>44<br>37<br>52<br>311<br>88,3<br>34<br>466   | 463<br>1236<br>338<br>155,7<br>213<br>811<br>555<br>186<br>1330  | Zienlich grösser angenommen, als die Regen-<br>karte mit sich bringt.  |
| Glarner-Linth  | Mollis  | 0,300  | 0,200  | 0,250   | 0,75  | 0,25   | 1,6807 [  | 0.157 \$  | 612.1  | 43.6  | Limi                                   | mat-G                                   | ebiet.                                      |   | 161   | I 1.60   | 5,3   | 7,28  | I 1.8   | 10.6   | 32.1  | 114,5   | 706  |  |
| Linthkanal Limmat Sihl Limmat  | Molls<br>Weesen .<br>Zürich (Mitte Schützenpl.)<br>b. Einmünd. in d. Limmat<br>Wipkingen .<br>Baden   | 0,280<br>0,245<br>0,250<br>0,240<br>0,230  | 0,180<br>0,150<br>0,175<br>0,150<br>0,150  | 0,240<br>0,175<br>0,175<br>0,175<br>0,175   | 0,70<br>0,57<br>0,60<br>0,565<br>0,545  | 0,30<br>0,43<br>0,40<br>0,435<br>0,455   | 1,4865  | 0,1443)   | 1050,0<br>1819,67<br>841,0<br>2164,87<br>2897,50   | 45,3<br>45,3<br>0<br>45,3<br>45,3   | 12,15<br>24,0<br>                      |   | 53,68<br>93,29<br>                          |   | 500<br>316<br>756<br>1080                                 | 1,665<br>3,265<br>0<br>3,265<br>3,265  | 5,5<br>10,8<br>0<br>10,8<br>10,8  | 9,1<br>16,38<br>0<br>16,38<br>16,38   | 1,8<br>3,3<br>7<br>1,36<br>8,4<br>12  | 15,7<br>24<br>4,54<br>29,3<br>37,7   | 45,0<br>61<br>11,4<br>72,4<br>84  | 175<br>226<br>46,9<br>295<br>342  | 765<br>821<br>207<br>1028<br>1000  | <ul> <li>Ohne die unerklärliche Regenhöhe von<br/>0",2192 in Auen; 0,120.)</li> </ul>  |
|  | Dates   | , ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,  | , ,,,,,,   | ,   |   | .,,  | 1   |   |  | Vereinig  | te Aai                                 | re, Re                                  | uss un                                      | d Lim                                   | mat.  |  |   |   | - 00.000  |  |   |   |  |  |
| Aare   | Döttingen   | 0,195  | 0,140  | 0,145   | 0,48  | 0,52   | 1,20  | _ = (   | 17587,32<br>17614,9  | 484,75<br>484,75  |  |   | 661   |   | 2140  | 18,25<br>18.25   | 61,93<br>61,93  | 100,58<br>100,58  | 71 71   | 209  | 512<br>512  | 1616<br>1619  | 3350<br>3362   |  |
| Photo  | Basel   | 8 0 175  | 0.150  | 0.195   | 0.45  | 0.55 4   | 1.23  | II  |  | Rhein mi  |  |   | 188 und<br>  1108,0                         |   |   | 28,0   | 93,9  | 153,6   | 130   | 399  | 1000  | 2997  | 5100   |  |
| Rhein  | andt , , , , ,  | 4 23119  | . 0,100  | , 0,100   | 0,40  | 0,00   | 100 }   | - I   |  |   |  | ne-Ge                                   |   |   |   | - e - 1  |   |   |   |  |   |   |  | •  |
| Rhone  | Sion . Riddes Fully bei Einmünd, in d. Rhone Colombey Porte du Scex od; Bouvere Genève  |  | 0,275<br>0,300<br>0,265  | 0,225<br>0,225<br>0,225<br>0,250<br>0,225<br>0,225  | 0,75<br>0,75<br>0,75<br>0,85<br>0,74<br>0,725   | 0,25<br>0,25<br>0,25<br>0,15<br>0,16<br>0,26<br>0,275  | 0,9563<br>0,9571<br>0,9563<br>1,2 ?<br>0,915<br>0,915   | 0,10626<br>0,1061<br>0,10626<br>0,12<br>0,100<br>0,100  | 3347,4<br>3667,2<br>3872,0<br>474,1<br>5089,4<br>5382,66<br>7994,51  | 812,3<br>832,23<br>832,23<br>153,6<br>1036,64<br>1041,44<br>1041,44   | 51                                     |   | -<br>-<br>175<br>-<br>-                     |   | 709   | 40,6<br>41,6<br>41,6<br>7,68<br>51,83<br>52,0<br>52,0  | 134 -<br>137,4<br>137,4<br>25,35<br>171,2<br>172,0<br>172,0   | 221<br>226,3<br>226,3<br>41,75<br>282,0<br>283,0<br>283,0   | 5,6<br>6<br>6,5<br>0,6<br>8,5<br>9,5<br>14,09   | 89,5<br>43,1<br>44,9<br>7,5<br>55,6<br>57,9<br>82,5  | 143,0<br>154,4<br>160,8<br>28,4<br>194,0<br>199,0<br>270,0  | 500<br>542<br>566<br>88<br>716<br>737<br>418  | 1360<br>1450<br>1482,1<br>379,8<br>1666<br>1692<br>656   |  |
| Tessin   | ob Biasca   | 0,333  |  | 0,300   | 0,967   | 0,033  |   | 0,154)  | 439,24   | 4,6   |  | ssin-Ge                                 |   | _                                       | -   | 0,23   | 0,76  |   | 0,183   | 9,2  | 31,7  |   | 652  | ') Statt 0,1312 kat Regentableau.  |
| ressin Brenno Tessin Moësa Tessin Maggia mit Melezza Tresa Tresa   | ob Datesa<br>Bilasca<br>ob Arbedo<br>Arbedo<br>Bellinzona<br>Solduno<br>bei Einmündung in den<br>Lago-Maggiore<br>ditto<br>beim Auslanf aus dem<br>Lago-Maggiore  | 0,333<br>0,333<br>0,333<br>0,325<br>0,325<br>0,200<br>0,825  | 0,333<br>0,333<br>0,333<br>0,300<br>0,300  | 0,300<br>0,300<br>0,300<br>0,275<br>0,275<br>0,150<br>0,275                                     | 0,967<br>0,967<br>0,967<br>0,900<br>0,900   | 0,033<br>0,033<br>0,033<br>0,100<br>0,100<br>0,400<br>0,100  | 1,8<br>1,8<br>1,8<br>1,79<br>1,78                       | 0,154)<br>0,154)<br>0,1557<br>0,1857<br>0,1312<br>0,14<br>0,175*)<br>0,14                                   | 410,18<br>1007,5<br>474,8<br>1534,0<br>926,61<br>725,1<br>1809,3<br>6548,0   | 11,36<br>19,43<br>4,52<br>24,0<br>13,55<br>0<br>88,3  |  |   | H M M III                                   | -                                       |   | 0,57<br>0,97<br>0,23<br>1,2<br>0,68<br>0<br>4,86<br>6,29   | 4,0<br>2,24<br>0<br>14,6  | 3,09<br>5,28<br>1,23<br>6,5<br>8,69<br>0<br>24,0  | 0,17<br>0,4<br>0,2<br>2<br>1,15<br>3,43<br>2,24<br>13,986   | 21,3<br>10,0<br>32,6<br>18,7<br>11,7<br>37,0   | 30,0<br>78,3<br>34,3<br>105,6<br>62,0<br>30,5<br>124,3<br>400,7   | 77<br>188<br>141<br>271<br>256<br>181<br>509  | 612<br>1280<br>863<br>1440<br>1046<br>1050,5<br>1730   | <sup>9</sup> Mittel laut Regenkarte. <sup>9</sup> Maximale Regenbibe von Lugano und Mendrisio. — Vrgl. die höchst merkwiträge Regenangabe von Simplon mit Mendrisio und Lugano.                                      |
| Inn  | Zernetz   | § 0,275  | 0,275  | 0,200   | 0,75  | 0,25   | 0,80  | 1 0,0773  | 1258,6   | 152,6   |  | nn-Geb                                  |   | ( =                                     | 1 -   | 5,61   | 18,5  | 30,52   | 1,75  | 11,2   | 36,7  | 210   | 632  | 1  |
| *) Ohne die Spezialfälle   |   |  | ,  | ,   | , (200E) I  | . 1450 1   | - 24.650  | . 201 2 3   | m 00000058   |   | 100                                    |   |   |   |   |  |   |   |   |  |   |   |  |  |

# Leere Seite Blank page Page vide

# Blick auf die Geschichte der Alpen.

Vortrag gehalten in der allgemeinen Sitzung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Frauenfeld, Mittwoch den 23. August 1871,

von

## Albert Heim,

Privatdozent der Geologie am eidg. Polytechnikum und der Universität in Zürich.

Die erste Frage, die der Drang nach Erkenntniss an Einleitungeine Sache stellt, ist gewöhnlich eine solche, die gleich alles als Antwort haben will, denn sie ahnt nicht, dass sie ein Konglomerat von tausend Fragen ist, die zuerst mühsam einzeln erforscht und beantwortet werden wollen. Nachdem zufällige Beobachtungen oder Ansichten der grossen Einsicht gerufen hatten, dass die Erde eine Geschichte gehabt haben müsse, war das erste: "Wie sind Berge und Thäler, wie ist die ganze Erde entstanden?" Durch Zergliederung dieser Frage in andere wurden eine Reihe scheinbar selbständiger Wissenszweige mit in die Geologie hineingezogen, und es schufen sich eine Reihe anfangs mehr beobachtender als erklärender Wissenschaftszweige neu, wie Mineralogie, Palä-ontologie, Petrographie, Stratigraphie.

Die Geologie kann schon eine grosse Zahl von bestimmten Antworten geben, aber noch mehr neue Fragen tauchen gleichzeitig immer auf. Indess ist es in jeder Wissenschaft ja so oft viel schwieriger, den richtigen Fragen nahe zu kommen, als, wenn sie einmal gestellt sind, sie zu lösen. Die Ueberzeugung, dass alles in der Natur nach unveränderlichen Gesetzen geht, dass also jede Erscheinung ihre natürliche Ursache, jede Frage ihre Antwort haben müsse, ist schon so in Fleisch und Blut der Naturforscher übergegangen und fast eine instinktartige Ueberzeugung geworden, dass das grösste Heer von Fragen nicht mehr geheimnissvoll abschreckend, sondern nur anspornend ist.

In Bergwerken und Gebirgen hat die Geologie ihren Anfang genommen, aber es wäre heutzutage unmöglich, eine nur einigermassen vollständige Geschichte z. B. der Alpen zu schreiben. Wenn ich Ihnen in aller Kürze eine Uebersicht von unserem Wissen und Nichtwissen über die Alpen gebe, so werden Sie erkennen, dass die Arbeit, die Resultate der einzelnen Zweige der Geologie zur grossen Antwort zusammen zu flechten, mit einigem Erfolg kaum begonnen hat.

Die Zeit lässt mir nicht zu, die Autoren, die ich benutzt, immer zu erwähnen und deren Beobachtungen und Ansichten von den eigenen getrennt zu halten.

Es musste zuerst erkannt werden, dass bei den Wasserabsatzbildungen, den Sedimenten, die petrographische Beschaffenheit (ob Sandstein, ob Kalkstein) von nur lokaler Bedeutung ist, dass die Sedimente nach ihrem Alter eingetheilt werden müssen, dass jede Altersstufe durch ganz bestimmte organische Einschlüsse im Ganzen unabhängig von der petrographischen Beschaffenheit charakterisirt ist, und an denselben auf der ganzen Erde wieder erkannt werden kann; und da Altersangaben in Zahlen noch ganz unmöglich sind, musste ein allgemein gültiges Schema der ganzen Schichtenfolge aufgeführt werden, um durch Vergleichung

mit dessen Stufen das geologische Alter einer jeden Schicht bestimmen zu können. Erst nachdem diese Grundlagen sich geschaffen hatten, war eine Entwirrung des Schichtenlabyrinths der Alpen möglich. Aber nicht nur mussten erst allgemeine Grundlagen geschaffen werden, es musste auch gegen manche wissenschaftliche Glaubensartikel, die sich unvermerkt eingeschlichen hatten, Zweifel geweckt werden. So z. B. gegen die Annahme, die heute noch spuckt, dass nothwendig petrographisch gleiche Gesteine auch genetisch gleich sein müssten.

Die Alpen sind im Ganzen ein Kettengebirge, das in seinem westlichen Theil Süd-Nord, in seinem mittleren und Alpen aus östlichen etwa Süd-West-Nord-Ost streicht. Denken wir uns, wir nähern uns von Norden oder von Süden kommend den Alpen, und ersteigen bei reinem Himmel einen ihrer Vorgipfel mit freier Aussicht. Da steht vor uns eine unzählige Masse von einzelnen Gräthen und Kämmen und Spitzen, die alle einer hinter dem andern sich drängen. Wenn unser Standpunkt beherrschend genug ist, wird uns sogleich auffallen, dass trotz aller scheinbaren Selbständigkeit, die ein einzelner Gipfel zeigt, wenn wir ihn in der Nähe betrachten, doch alle diese Gipfel ein gewisses allgemeines Nieveau einnehmen. Nennt man eine Gruppe der Alpen, so werden wir gleich sagen können, wie hoch höchstens dort die Gipfel sein Die Gipfel der inneren Kämme sind die höchsten, näch den äusseren Ketten zu nehmen die Höhen stufenweise-Warum ist es unmöglich, dass der Sentis 3000 Meter ab. hoch sei, und warum kann kein Kulminationspunkt der inneren Alpenkämme sich mit etwa 1000 Metern begnügen? Wir sehen, es muss die Hebung der Alpen eine einheitliche Die gleiche Ursache muss etwa zur gleichen gewesen sein. Zeit den Sentis wie den Monte-Rosa aufgethürmt haben, die einzelnen Gebirgsgruppen, die wir unterscheiden mögen, sind nicht genetisch unabhängig voneinander entstanden, und wir können schon weiter gehen und sagen, die hebende Kraft

Die gesehen. hatte da ihren Sitz, wo die Erhebung die stärkste geworden ist, in den Centralkämmen.

Wandern wir also gleich dorthin!

Krystallinische Kerne.

Die inneren Alpenkämme sind zusammengesetzt aus einer Reihe von meist ellipsoidischen Massen von Urgesteinen, mit der grossen Axe in der Längsrichtung der Alpen. sind rings mantelförmig von Sedimenten umgeben und haben zwischen sich, wo sie sich dicht ineinander drängen, Sedimente in Muldenform eingeklemmt. Die ganzen Alpen weisen an 35 solcher Centralmassen auf. Wo eine Centralmasse, wieder unter die Sedimente tauchend, verschwindet, taucht in etwas verschobener Fortsetzung gewöhnlich eine neue auf. Manchmal fallen auf der Nordseite der Centralmassen die Lagen dieser krystallinischen Gesteine steil gegen Süd, in der Mitte stehen sie senkrecht und auf der Südseite fallen sie nach Norden, während sie immer ungefähr in der Richtung der Längsaxe der Alpen streichen\*). Der Querschnitt zeigt also fächerförmige Stellung der Schichten oder Platten des Urgesteines. Einige der besonders breiten Centralmassen, wie diejenigen von Tessin, enthalten auch Gneisse und Glimmerschiefer in wenig gestörter horizontaler Lagerung, oder mit vielen unregelmässigen kleinen und grössern Faltungen.

Früher hat man alles dieses Urgestein für erruptiven ächten Granit gehalten, aber jetzt wissen wir, dass eigentlich eruptive Gesteine, als ächter Granit, Syenit, Porphyr, Diorit etc. in den Alpen eine im Ganzen sehr untergeordnete Rolle spielen und in den meisten Gegenden gar nicht zu Tage getreten sind. Wir wissen freilich nicht, sollen wir uns die Schieferung vieler Alpengneisse durch heftigen Druck bei gleichzeitigen langsamen chemischen Umwandlungen entstanden denken, oder ist sie eine Flussstruktur, und sind dann diese krystallinischen Schiefer als die erste Erstarrungs-

<sup>\*)</sup> Eine Ausnahme bildet das Massiv des Tambohornes.

kruste der Erde aufzufassen, oder endlich, ist sie gar die ursprüngliche Schichtung des Absatzes der Massen aus einem Urmeer? Die krystallinischen Kerne der Centralketten, will uns scheinen, müssen als aufgebrochene Gewölbe, die die ursprünglich horizontal gelagerten krystallinischen Schiefer, wie Gneiss, Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer etc., zu werfen gezwungen worden sind, angesehen werden\*). Es sind Falten in der Erdkruste, in ihrer Anordnung ganz ähnlich denen, die wir durch Zusammenschieben eines ausgebreiteten Tuches erhalten können, oder die die Haut eines vertrock-Ob, diesem letzteren Vergleiche noch nenden Apfels wirft. genauer sich anschliessend, die krystallinischen Schiefer zu diesen Faltungen gezwungen worden sind, weil bei der fortdauernden Abkühlung des Erdkernes die feste Kruste für denselben zu weit wurde, oder ob andere die letzten Ursachen der Alpenhebung gewesen sind, lässt sich noch nicht entscheiden.

Denken wir uns die zahlreichen Biegungen der Felsen, wie sie uns ein Querprofil durch die Alpen zeigt, wieder in eine Ebene ausgebreitet, so erhalten wir eine zu grosse Fläche. Dieser Ueberfluss an Erdkruste spricht sehr gegen Erhebung durch Erruptionsgesteine, aber sehr für die erwähnte Ansicht.

Die Lagerungsstörungen im Sedimentgestein, die wir be-Lagerungstrachten werden, müssen wir uns aber alle unzweifelhaft vorstellen als Folge der Dislokationen seiner Unterlage, des Urgestein u. krystallinischen Gesteines.

Sedimenten.

Theilweise liegen die ersten Sedimentgesteine auf den Schichtenköpfen der krystallinischen Schiefer, andern Ortes wieder den krystallinischen Schiefern parallel. Dass die krystallinischen Schiefer im erstern Fall in einer Art Gebirge

<sup>\*)</sup> Es gibt im Berneroberland ganz lokal einige sonderbare Lagerungsverhältnisse, die mit dieser Theorie (aber auch mit den andern) bis jetzt noch nicht haben in Einklang gebracht werden können.

schon aufgerichtet waren, bevor die Sedimente sich darüber ablagerten, folgt nicht mit Nothwendigkeit. Man sieht die unten steil stehenden krystallinischen Schiefer im Kalfeuserthal, dann auch am Sandgrat und bei Erstfeld, unter die darauf waagrecht gelegten Sedimente nahe deren Grenze horizontal hineinbiegen, sich hineinknicken und auskeilen, und das scheint mir dafür zu sprechen, dass die Sedimente noch unbiegsam blieben, während darunter die krystallinischen Schiefer sich schon zu falten und aufzurichten begannen.

Indessen ist schon für andere Gebirge nachgewiesen worden, und es gilt auch für die Alpen, dass sie an einer Stelle stehen, wo schon wiederholt Lagerungsstörungen zu verschiedenen Zeitperioden stattgefunden haben. Ist eben die Steiffheit der Erdkruste an einer Stelle einmal überwunden worden, so äussert sich jeder neue Druck von der Seite oder von der Tiefe am leichtesten wieder an der schon wunden Stelle. Wir werden noch ein bis zwei mal Spuren von älteren Gebirgen an Stelle der jetzigen Alpen begegnen.

Sedimente.

Werfen wir einen flüchtigen Blick auf die Sedimente der Alpen überhaupt und kehren wir hernach zu den Lagerungsverhältnissen derselben zurück.

Ungeheure Mächtigkeit bei nur stellenweise vorkommenden und gewöhnlich schlecht erhaltenen Petrefakten, das sind im Allgemeinen die Eigenschaften der alpinen Sedimente, die sie von ihren Verwandten in andern Gegenden unvortheilhaft unterscheiden. Die Gesammtmächtigkeit des alpinen weissen Jura ist wohl 2000 Fuss, die der Kreide wieder 2000 Fuss, und doch will es in diesen 2000 Fuss oberem Jura, im Gebiet von Vorderrhein, Thur, Linth und Reuss kaum gelingen, Stufen zu unterscheiden und mit dem allgemeinen Schema zu parallelisiren. Die alpine Kreide theilt sich sehr natürlich in vier Stufen ab, die an einzelnen Stellen reich an Petrefakten sind; aber würde der petrographische Charakter dieser Kalksteine nicht innerhalb gewisser Gebirgs-

gruppen ein ziemlich konstanter sein, so könnte man doch die Eintheilung nicht durchführen.

Weite Gebiete der Alpen, namentlich von Wallis und Bünden, bestehen aus grünen und grauen Schiefern, von denen aus Mangel an Petrefakten und aufgeschlossenen Lagerungsverhältnissen man nicht weiss, ob sie zum Theil paläozoisch, ob sie ganz liasisch oder eocen sind, und so bezeichnet man sie denn einstweilen mit dem Namen Bündnerschiefer. Diese Schiefer bilden gleichmässige Thalhänge und bis hinauf bewachsene Gräthe, während in den Jura- und Kreidealpen kahle Felswand und frisches Vegetationsband beständig terrassenförmig abwechseln. Der Bündnerschiefer verwittert in manchen Abänderungen leicht und bildet oft schlimme Waldbäche.

Beginnen wir mit den untersten Lagen.

Ob wir einen Theil der krystallinischen Schiefer der Centralmasse als veränderte Sedimente, oder Sedimente von abnormer Ausbildung der sillurischen oder vorsillurischen Stufe angehörig aufzufassen haben, ist eine nicht leicht zu entscheidende Streitfrage. — Ueber diesen krystallinischen Schiefern liegen an manchen Stellen unbestimmte Schiefer, am Nordabhange der Ostalpen ziemlich entwickelte Sillurformation. Dann folgt die Steinkohlenformation. Nutzbare Anthracitkohlen sind wohl darin, aber wenig. Im Wallis, wo sie ausgebeutet werden, sind auch Kohlenlandpflanzen gefunden worden, und so der Beweis geliefert, dass damals das Alpenland Festland war. Diese Formation zieht sich, freilich vielfach unterbrochen, vom Montblanc bis unter den Tödi, wo sie wohl 100 Fuss mächtig ist, aber nur einige wenige Lagen reinen Anthracites von Zolldicke enthält. — Weiter ist sie südlich vom Veltlin, in den carnischen Alpen und den julischen Alpen entwickelt.

Ueber ihr liegen wieder glimmerige, kalkige Schiefer, mit Konglomeraten vielerorts wechselnd, ohne eine Spur von Petrefakten, trotz manchmal ungeheurer Mächtigkeit. In ihren untersten Lagen wird dieser sogenannte Verrucano der Centralalpen oft sehr gneissähnlich und mag dann an manchen Orten zum Theil sillurischen Alters sein. Viele Sillurgesteine des norwegischen Hochgebirges zeigen auffallende Aehnlichkeit mit den unteren Verrucanolagen. Gehört nicht alles, so gehört doch die grösste Masse des Verrucano über die Kohlenformation der Dyas oder Permformation an, nach manchen entspricht ihr oberster Theil sogar der unteren Trias, dem Buntsandsteine. Eine Reihe von Beobachtungen haben mir den Gedanken sehr nahe gelegt, dass Vieles, was als Verrucano petrographisch bezeichnet wird, durch Biegung mechanisch veränderter Gneiss ist.

Ueber diesen Lagen folgt die sichere Trias. Zu beiden Seiten der Alpen, östlich des Rheines, ist sie sehr mächtig entwickelt und stellenweise sehr reich an prächtig erhaltenen Petrefakten, die eine ganz seltsame Lokalfauna vorführen. Die gesammte, oft mehrere tausend Fuss mächtige Trias der Ostalpen schwindet westlich vom Rhein auf ein höchstens 200 Fuss mächtiges Lager von festem Kalk und Dolomit oder Rauhwacke zusammen, in dem aber bis jetzt keine Spur von Petrefakten gefunden worden ist. Petrographisch ist aber dieses Felsband ein sehr scharf bestimmter, in den Ostschweizeralpen durch seine rothgelbe Anwitterungsfarbe oft schon aus grosser Ferne leicht zu erkennender Horizont.

Lias und brauner Jura sind stellenweise recht reich an Petrefakten, in den Westalpen sind sie im Ganzen nicht sehr mächtig und in ihrer Entwicklung stark veränderlich; in den Ostalpen wird besonders der Lias auf weite Strecken zum herrschenden Gestein. Der weisse Jura, aus dunkeln Kalksteinen und Dolomiten bestehend, ist längs des Nordabhanges der Alpen, westlich vom Rhein, hauptsächlich mächtig; in den Ostalpen spielt er eine nur untergeordnete Rolle. Ueber ihm folgen, besonders am Nordabhang der Centralalpen, die

erwähnten vier Kreidestufen, dann folgt, mit schwer genau anzugebender Grenze, die Eocenformation. Sie ist leicht verwitterbar und daher der Vegetation sehr günstig, bildet aber auch leicht Rutschungen und schlimme Wildbäche. Am Nordabhang der Alpen ist sie besonders mächtig. Durch reiche Petrefakten ausgezeichnet sind die darin liegenden festen Nummulitenkalkbänke. Die grosse Masse des Eocenen aber sind Schiefer, oft mit Foraminiferen und in einigen Lokalitäten reich an Fischabdrücken. Eine sehr wundersame Erscheinung ist es, dass in den Eocenschiefern eingeschlossen sehr häufig Granitblöcke, oft von ungeheuern Dimensionen, gefunden werden, die ihresgleichen in den Alpen nicht haben; ferner Kalkblöcke, sehr reich an jurassischen Petrefakten, aber von einem Habitus, von welchem weit und breit nirgends in den Alpen Jura anstehend vorkommt. haben wir hier wieder Reste eines alten Gebirges vor uns, oder woher kommen diese Blöcke?

Ueber dem Eocenen folgt auf der Nordseite der Alpen, erst in groben Konglomeraten mit Mergel- und Sandsteinzwischenlagen, weiter nördlich in lauter Sandsteinbänken und Mergellagen, die Miocenformation. Zwischen Süsswasserablagerungen eingeschlossen sind marine Bänke. Die Miocensandsteine werden um so grobkörniger, je näher wir vom Norden her an die Alpen kommen, sie werden zu immer görberem Konglomerat. Am Speer, am Rigi sind die Geschiebe der Nagelfluh nicht selten kopfgross. Man sollte daraus bestimmt schliessen, dass Gewässer aus der nächsten Gegend der Alpen diese Geschiebe abgelagert hätten, aber wenn wir die Miocennagelfluh genau untersuchen, finden wir sie zu 80 % zusammengesetzt aus den Alpen ganz fremden Gesteinen, und nur sehr selten gelingt es, darin Geschiebe zu entdecken, die unzweideutig aus den jetzigen Alpen der Nachbarschaft stammen. Viele Kalke in der Nagelfluh des Rigi und viele rothe Kiesel derselben sind ähnlich manchen liasischen Gesteinen der Ostalpen und manche Granite konnten nur mit hordischen Graniten verglichen werden. Freilich, es kann vieles von dem Festlande, das die inneren Alpen zur Miocenzeit gebildet haben, so verschwunden sein, dass anstehend jetzt nichts mehr davon zu finden ist, aber die Schwierigkeiten sind hiemit doch nur unvollständig gehoben.

Im Vorlande der Alpen folgen nun die diluvialen und

die recenten Bildungen.

Also zurück zu den Lagerungsverhältnissen!

Lagerungsverhältnisse der Sedimentgesteine.

Zwischen den einzeln ungefähr parallel gehenden Centralmassen liegen Mulden von Sedimentgesteinen der älteren Abtheilungen; es scheint, dass nur diese tiefsten ältesten, unmittelbar an den krystallinischen anliegenden Sedimentlagen von den Faltungen des krystallinischen Gebirges vollkommen konnten mitgeschleppt werden, während die jungeren den Biegungen nur theilweise zu folgen vermochten, oder mehr zu beiden Seiten an die Peripherie der Alpen geschoben So besteht die Mulde zwischen dem Massiv des Montblanc und den Aiguilles rouges aus keinen jüngeren Gesteinen, als der Steinkohlenformation, diejenige zwischen dem Finsteraarhornmassiv und Gotthardmassiv im Urserenthale enthalt noch einige Fetzen unterjurassischer Schichten. Die Kreideformation dringt, so viel bekannt, gar nicht mehr zwischen die Centralmassive ein, noch weniger die Eocenformation. Die Molasse endlich ist den Hauptketten und ihren zwischenliegenden Mulden ganz fremd.\*)

Wir dürfen uns aber nicht etwa vorstellen, dass die mittleren Alpenkämme schon bleibend eine Insel im Jura und Kreidemeer gewesen wären, denn die Kreideformation keilt

<sup>\*)</sup> In den Ostalpen sind diese Verhältnisse in gewissen Gegenden etwas anders. Hier und im ganzen weitern Verlauf halte ich mich vorwiegend an die Schweizeralpen östlich der Aare, denn allein diese sind mir aus eigener Anschauung näher bekannt.

sich nicht gegen die Centralketten hin aus, sondern im Allgemeinen steigen die jüngeren Sedimente gegen die Centralketten an, dann brechen sie plötzlich ab und weisen unverkleinert in jähen Wänden ihre ganze grosse Mächtigkeit. Es entstehen dadurch Längsthäler, deren Grund und innere Thalwand aus krystallinischem Gebirge, oder älteren Sedimenten gebildet, aufsteigt, deren äussere in steilen treppenförmigen Wänden jüngerer Schichten zu hohen Kämmen sich erheben (Maderanerthal, Innthal etc.)

Die Sedimente in den Mulden zwischen den Centralmassiven sind petrographisch sehr verschieden von denjenigen der äusseren Alpenzonen, und doch müssen es nothwendig deren Fortsetzungen sein. Es ist das nicht nur durch Lagerungsverhältnisse, sondern auch durch einzelne Petrefakten, besonders Crinoiden und Belemniten, erwiesen. Die gleichalten Schichten ausserhalb der Centralmasse sind gewöhnlich Kalksteine, dann auch Thonschiefer, Dolomite, Sandsteine; ihre Fortsetzungen an den Grenzen der Centralmassive und in den Mulden zwischen denselben enthalten neben den Petrefakten undeutliche bis sehr schön ausgebildete Granaten, Stauroliten, viel Glimmer, der eher aussieht, wie an Ort und Stelle im Gestein gebildet, als bei dessen Bildung von weiter hergeschwemmt. Die Kalke sind meist stark krystallinisch geworden. Wir sagen, diese Schichten seien metamorphosirt worden, womit wir aber uns noch keineswegs zu dem Entstehen von "Granit" aus Sandsteinen bekennen.

Ausserhalb der Centralketten folgt zuerst in den Ostalpen eine liasische Zone. In den Mittelalpen, die wir hauptsächlich betrachten wollen, ist diese Zone nur sehr rudimentär, dann folgt eine jurassische Zone, dann in den Ostalpen rudimentär eine cretacische, dann die Tertiärzonen — jede nach aussen folgende Zone in wieder niedrigeren Kämmen zu beiden Seiten der Alpen sich hinziehend.

Aber auch diese Ketten alle sind nicht einfach, sondern

mussten durch Faltenwerfen, als sie bei der Alpenhebung oben gesprengt und zum Theil bei Seite geschoben worden sind, sich verdoppeln, oft sogar vervielfachen. Diese Falten ziehen sich wohl nie ununterbrochen der ganzen Länge der Alpen nach; nach längerem oder kürzerem Verlauf können einzelne untersinken und aufhören und wieder neue auftauchen. Wie alte Sedimente in den Mulden des krystallinischen Gebirges liegen, so liegen Kreideschichten in einigen Mulden der jurassischen Alpenketten und in grosser Menge eocene Schichten in den Mulden der Kreidealpen. Die miocenen Lager aber grenzen in einer Linie scharf ab, und dringen nicht einmal bis in die Eocenmulden hinein.

Die Juraalpen zeigen einige sehr sonderbare Falten. Der Glärnisch verdankt seine zu seiner Lage sehr bedeutende Höhe einer Falte im Jura, die eine Verdopplung mancher Theile desselben hervorbringt. Dazu hilft dann noch durch Faltung mehr als doppelte Auflagerung der unteren Kreideschichten. Zwischen Thunersee und Genfersee taucht ausserhalb des normalen Juraalpenkammes der Jura noch drei Mal in zahlreichen Gewölben aus der sehr breiten Zone des Eocenen hervor. In diesen äussersten Jurawellen, im Stockhorn, weicht der Jura schon ziemlich stark von dem alpinen Charakter ab. Eine der merkwürdigsten Jurafalten ist diejenige, welcher der Kamm von den Windgällen an's Scheerhorn sein Dasein verdankt.\*)

Am Nordabhang der Alpen beginnen nun die Kreidekämme, meist regelmässig vom Jura gegen Nord abfallend. Im einfachsten Fall biegt die Kreide dann wenigstens noch einmal in die Höhe und schliesst ab mit einem auf die Molasse nördlich übergelegten aufgebrochenen Gewölbe. So ist z. B. das Profil vom Neuenkamm über den Graustock, nur

<sup>\*)</sup> Siehe Windgälle im beigegebenen Profil nach den Beobachtungen des Verfassers vom Spätsommer 1871.

ist dort in der Tiefe die Mulde vom Walenseethal durchschnitten. An anderen Stellen ist das Profil weit weniger einfach; es zeigt uns z.B. vom Walensee durch den Sentis vier grosse Kreidekämme, wobei die drei Ketten des Sentis allein aus sechs langgestreckten parallelen Gewölben gebildet werden. Aehnlich, wenn auch einfacher als der Sentis, ist der geologisch homologe Pilatus und der ganze Kamm bis zu den Umgebungen des Lac d'Annecy gebaut.

Die Hauptmasse des Eocenen liegt nicht selten erst zwischen einem inneren und einem äusseren Kreidekamm und ist zwischen dem Miocenen und der Kreide auf ein schmales Band vielerorts zusammengedrückt. Im Eocenen selbst sieht man gar oft hunderte von Falten und Biegungen, die manchmal sehr klein sind, so dass man Stücke der Biegungen im Handstück erhalten kann. Da es aber noch nicht gelungen ist, die ganzen Massen des Eocenen in Stufen einzutheilen, so kann man den Verlauf seiner Biegungen auch nicht ordentlich übersehen.

Wie die Kreide und das Eocene in überworfener Lagerung endigen, so sind die auswärts folgenden Molassen-konglomeratlager über sich selbst hinüber geschalten, übergekippt. Nach einer anderen Auffassung liegen sie normal und sind von der Kreide durch eine Verschiebungsspalte getrennt. Es ist nicht bestimmt erwiesen, welche Anschauung die richtige ist.\*)

Die Miocenlager bilden eine Reihe von gegen das Vorland steil treppenförmig abgebrochenen Stöcken, die 2000 Meter Höhe nicht ganz erreichen. Dahin gehören Stockberg, Speer, Schänniserberg, Hirzli, Rossberg, Rigi. Gegen Westen verliert diese Kette an ihrer Bedeutung.

Die Wirkung der Alpen erstreckt sich aber noch weit

<sup>\*)</sup> Biegungen können in Verschiebungsspalten übergehen, es ist keine absolute Grenze zwischen beiden; auch die letztern sind zahlreich.

in die Molasse hinein. Ihre Lagerungen weisen auf zwei bis drei nach aussen sanfter werdende Wellen hin. Im Ganzen erstrecken sich die Dislokationen am Nordabhang bis auf 50 Kilometer Entfernung von den nächsten Centralketten nach Nordwesten. Da ist die steile Stellung der Molasse allmälig in sanftes Nordfallen und schliesslich in ganz horizontale Lagerung übergegangen, und sie bleibt so bis in die Nähe des Jura, jenes sonderbaren Kettengebirges, das von den jurassisch-cretacischen Kämmen der Alpen, da, wo diese von Süden kommend sich östlich biegen, abzweigt.

Schon diese Art der Abzweigung weist auf einen genetischen Zusammenhang zwischen den Alpen und dem Jura hin, noch mehr der Umstand, dass die Juraberge um so niedriger werden, je weiter sie sich von den Alpen entfernen, und wir können kaum zweifeln, dass wirklich der Kettenjura ein Nebenprodukt der Alpenhebung ist.\*)

Auf die vielen interessanten Lagerungsunregelmässigkeiten, die sich namentlich rings um die Enden einiger Centralmassen finden, können wir nicht mehr eingehen.

Die mechanischen Vorgänge bei Alpen.

Das Biegen von hundert Fuss mächtigen Lagen von festen Gesteinen scheint uns so sonderbar, aber Fälle, wo Hebung der man Kalkschichten gebogen sieht, die ganz absolut sicher früher nicht gebogen waren, sind unendlich zahlreich — die Thatsache besteht.

> Wir können hervorheben, dass mancher Körper im Kleinen sehr spröde, im Grossen biegsam, elastisch ist, ich erinnere an Stahl und Glas. Wenn wir eine Schrattenkalkplatte von etwa zwei Stunden Länge mit gewaltiger Hand an beiden Enden fassen könnten, könnten wir sie wahrscheinlich auch recht stark biegen. Und denken wir uns, eine konstant wirkende Kraft habe nun das eine Ende in 100 Jahren um

<sup>\*)</sup> Bis jetzt ist noch kein unwiderlegter Beweis hiergegen aufgeführt worden.

einen Fuss nach oben gebogen, so kann sich in der Zeit die Felsschicht molekular so akkomodirt haben, dass wir nun die gebogene Platte wie einen neuen, noch nicht künstlich mechanisch veränderten Körper auffassen können, und der Vorgang kann von Neuem beginnen. Uns kleinen, leichten Dingern mag die Erdkruste fest erscheinen, wie etwa ein dicker Brei oder ein Stück Kautschouk oder Leder einem darüber kriechenden Insekt fest erscheint, aber wir haben keine Beweise dafür, dass sie nicht jetzt vollkommen biegsam und weich genug ist, um, der Schwungkraft folgend, eine Abplattung der Erde an den Polen erzeugen zu können. Aus der Abplattung auf einst flüssigen Zustand zu schliessen, werden wir durch unsere Schwäche und Kleinheit versucht, gegen die eben die Erde sehr hart ist. Wir können uns daran erinnern, dass Stäbe von Eis, wenn in Luft über 0°, und ebenso solche von sprödem Siegellack, sich durch das eigene Gewicht, wenn hohl aufgelegt, langsam biegen.

Eine andere Möglichkeit für Biegung fester Felsen wäre die, dass sich Spalten in bestimmter oder in verschiedenen Richtungen werfen würden, nach denen nun Verschiebungen stattfinden könnten, und schliesslich werden die Spalten wieder von Calcit ausgefüllt. Es ist sicher, dass an tausend Orten Vorgänge der Art in grossem Massstabe stattgefunden haben. Die Kalksteine der Kreide- und Juraschichten zeigen oft unzählige Kalkspathadern, die oft Petrefakten durchsetzen und an denen gewöhnlich dann kleine Verschiebungen leicht nachzuweisen sind; und der Prozess kann sich wiederholen: Kalkspathadern der einen Richtung zeigen kleine Verwerfungen nach jüngeren Kalkspathadern einer andern Richtung u. s. w.

Aber alle diese Betrachtungen geben uns keine vollständige Erklärung für die vielen Fälle, wo Biegungen von ganz kleinem Radius vorhanden sind, ohne dass irgend welche Bruchspalten oder Adern in dem gebogenen festen Felsen

sichtbar sind. Die Gesteine im Innern der Erde sind immer mit Feuchtigkeit durchtränkt, und vielleicht übt diese auf alle Gesteine einen ein wenig erweichenden Einfluss, wie sie es auf stark thonige Gesteine nachgewiesenermassen thut. Dennoch aber machen sich molekulare Verschiebungen, wie sie dann noch bei solchen Biegungen stattgefunden haben müssen, nicht so schnell, die Biegungen sind gewiss ungeheuer langsam entstanden.

Mit den Faltungen Hand in Hand geht oft das Ausziehen einer sonst mächtigen Schichte in dünne Lagen, wo die Biegung eine grosse Streckung den auf der konvexen Seite liegenden Gesteinen zumuthet. So ist in dem merkwürdigen Gebiete des Linth-, Sernf- und Weisstannenthales, wo durch eine ungeheure Doppelfalte rings um das steil untertauchende Ostende der Finsteraarhorncentralmasse herum auf fünf Stunden Breite alle Schichten in verkehrter Reihenfolge aufeinander liegen, die gesammte Kreide- und Juraformation, da sie offenbar die weite Schlinge nicht mitzumachen vermochte, stellenweise auf ein Kalkband von bloss drei Fuss Dicke reduzirt worden. Mit dem einen Zipfel reicht diese Schlinge noch in unser Profil hinein.\*)

An vielen andern Orten kann man oft sehen, wie Schichten auf eine gewisse Strecke dünn gequetscht sind und hernach wieder volle Mächtigkeit einnehmen.

Die Petrefakten, besonders Belemniten, Seeigel, Ammoniten, die man in den den Centralmassen nähern Sedimenten findet, sind sehr häufig in die Länge gestreckt und zerrissen und das Gestein in der gleichen Richtung schiefrig. Diese Erscheinung beweist, dass Streckungen im festen Gebirge, bei den enormen Faltungen, denen diese Gesteine folgen mussten, stattgefunden haben.

In zahlloser Menge, überall im Gebiete der dislocirten

<sup>\*)</sup> Siehe Schächenthal im Profil.

Gesteine, finden wir Rutschflächen. An manchen Orten zeigt ihre Anordnung und die Richtung der Rutschstreifen, dass wie beim Biegen eines Stosses Papier die einzelnen Blätter sich übereinander etwas verschieben, so auch die einzelnen Felsbänke, wenn ganze Formationen gebogen werden. diesen Fällen kann an der konvexen Seite keine starke Streckung entstehen, und dann fehlen auch die gestreckten Petrefakten. Nichts ist im Stande, uns die stattgehabten starken Differentialbewegungen in den Gesteinen klarer vor Augen zu führen, als die Rutschflächen. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Art gehören die Knickungen, Rutschflächen und Verschiebungen, die die Gerölle der dislocirten Nagelfluh mancher Gegenden aufweisen. Die horizontale Nagelfluh zeigt wohl die bekannten Gerölleindrücke, aber von diesen letzteren Erscheinungen, die offenbar mit der Hebung des Gebirges im Zusammenhang stehen, keine.

Jeder nicht mathematisch homogene Körper muss durch Ausziehen oder seitliches Ausweichen in Folge von Druck, weil dabei alle Unregelmässigkeiten in lamellare Formen ausgepresst werden, selbst schiefrig werden, und dass bei den Bewegungen der Gesteine ungeheure Pressionen gewirkt haben, ist unzweifelhaft. Der Druck, der auf einem Kubikmeter festen Gesteines, senkrecht unter dem Gipfel des Tödi, in der Höhe der Meeresfläche liegend, ruht, ist wenigstens fünfzig Mal grösser als derjenige, der den Würfel, wenn von nebenliegendem beisammenhaltendem Gestein befreit, zu Pulver zerquetschen würde. Es ist nicht daran zu zweifeln, dass, geologische Ruhe vorausgesetzt, die tieferen Gesteinslagen hoher Bergstöcke, besonders wenn sie nicht sehr spröde sind, langsam seitlich ausweichen und im Laufe der Jahrtausende horizontal schiefrig werden, während der Gipfel langsam sinkt. Diese Schieferung richtet sich dann nicht nach der Schichtung des Gesteines, sie kann sie schneiden, weil sie einfach senkrecht zur grössten Druckrichtung entsteht. Es ist eine noch nicht gelöste Aufgabe für die mechanische Geologie, den Zusammenhang all' dieser Erscheinungen genauer zu erforschen.

Wenn wir uns mit den engen Begriffen von Zeit und Kraft, die wir haben, eine Vorstellung im Kleinen vom Hergang bei Bildung der Alpen machen wollen, so müssen wir uns die Felsschichten weich wie Töpferthon vorstellen; in Wirklichkeit können sie es niemals gewesen sein, aber was an Weichheit fehlte, das ersetzten furchtbare Kraft und unungeheure Zeiträume.

Alter der Alpen.

Aus den Lagerungsverhältnissen können wir nun schliessen, dass die Alpen zur Eocenzeit vielleicht kaum eine Insel im Meere gebildet haben. Der Bifertenstock und das Scheerhorn, die in einer Höhe von 11,000 Fuss mit marinen Eocenablagerungen gekrönt sind, mussten damals noch unter der Meeresfläche gewesen sein. Vor der Miocenzeit mochte wohl eine kleine Hebung stattgefunden haben und an Stelle der inneren Alpen eine Art Gebirge gestanden haben, aber erst gegen Ende der Tertiärzeit, nach Ablagerung der Molasse, die noch von der Alpenhebung in Wellen geworfen worden ist, geschah die Haupthebung der Alpen.

Je älter die Gebirge, desto niedriger sind sie, sowohl von Anfang an, als durch Verwitterung erst nachträglich geworden. Je jünger sie sind, desto höher sind sie. Die hohen Alpen und der Himalaja sind in der Periode unmittelbar vor dem Einzug der Menschen in Europa entstanden.

Die Granite, Syenite, Porphyre, die in den Alpen gefunden werden, sind gewiss viel älter schon aufgestiegen, spättertiäre solche Gesteine kennt man nirgends in der Welt. Die Eruptivgesteine der Alpen gehörten wohl älteren zertrümmerten Gebirgen auf gleicher Stelle an, und wir müssen sagen, bei der Haupthebung der Alpen sind keine Eruptivgesteine von Bedeutung zu Tage getreten.

des alpinena Reliefs.

Wie haben nun aber die Alpen ihre jetzige Gestalt erhalten? Bildung Zwei Faktoren haben sie hervorgebracht. Der eine, der nur zu gewissen Zeiten stärker gewirkt hat, sind Schwankungen des Bodens, Hebungen, Senkungen, Faltungen, wie sie uns zuerst in der Steinkohlenzeit, dann fraglich vor dem Miocenen und endlich mit grosser Macht im Spättertiären, der Pliocenzeit, entgegen getreten sind. Ihnen verdanken die Alpen, dass sie ein Gebirge sind. Der zweite Faktor ist ein konstanter — vom Moment an, da die Alpen bleibend Festland wurden, wirkte ununterbrochen die Erosion.

Es gibt in den Alpen tiefe eingeschnittene Querthäler, die die Sedimentketten durchbrechen; man kann sie aber kaum für Spalten erklären, indem das Wasser in ihrer Tiefe auf anstehendem Felsen fliesst, der keine Spur von einer Spalte zeigt, man muss sie für Erosionsthäler erklären. — Manchmal will es nicht gelingen, geologisch die beiden Seiten von Querthälern in direkte Verbindung zu bringen, und da liegt der Verdacht nahe, dass Verschiebungsspalten im Gestein dem Wasser wenigstens seine Richtung gewiesen haben.

Im Allgemeinen muss man wohl der Erosion fast ausschliesslich die Bildung von Querthälern zuschreiben, den Faltenbildungen bei der Hebung der Alpen hingegen die Bildung der Längsthäler. In Querthälern ist das Gefälle nothwendig grösser, als in Längsthälern, in Folge davon die Erosion auch eine viel raschere, und so kommt es, dass so oft die Querthäler die Gewässer der Längsthäler sammeln, und nicht umgekehrt. Wie rasch und tief sind z. B. das Reussthal und Linththal eingeschnitten, und auf wie lange Strecken dagegen sind die Thalsohlen des Inns und Vorderrheins in bedeutenden Höhen! Die Längsthäler sind "konservativer" Natur, sie sind unveränderlicher aus Mangel an Gefälle, und daher in der Auskolkung und Bedeutung für die Entwässerung des Gebirges vielfach gegenüber den Querthälern zurückgeblieben.

Hätten die Alpen sich rasch gehoben und erst hernach die Erosion begonnen, so müssten die Querthäler eine grosse Seltenheit sein. Wir müssen uns vorstellen, dass gleichzeitig und ungefähr gleich rasch, wie die Alpen sich hoben, die Erosion die Thäler in dieselben einschnitt; vielleicht sind einige Thäler in ihren Anfängen schon vortertiär oder doch vormiocen. Mit den "Linien ursprünglichen Zusammenhangs", wie sie das beigelegte Profil zeigt, will nicht gesagt sein, dass diese Gewölbe ganz vollständig je einmal in der Weise bestanden hätten, sondern währenddem die Massen gewölbartig herausgetrieben wurden, zerstörte sie vorne die Verwitterung. Das Querdurchsägen einer sich hebenden Längswelle durch einen Geschiebe führenden Fluss mag ihrem Steigen im Allgemeinen Stich gehalten haben. Wo ein Riegel quer durch ein Thal sich rascher hob, als der Fluss einsägte, musste sich ein See hinter demselben bilden. Alle See'n, die innerhalb der Zone der dislocirten Molasse liegen, verdanken wohl ihre Entstehung theilweise solchen Vorgängen. Seitdem haben aber unzählige See'n die Querriegel, die sie sperrten, durchnagt und sich entleert, und manches früher zusammenhängende Plateau ist in kleine Stücke in einzelne Berge allmälig zertrümmert worden, denn offenbar ist die Schichtenfaltung zu einem Stillstande gekommen und die Erosion überholte sie in ihrer Wirkung wieder.

Hand in Hand mit der Erosion ging die Alluvion in den Thälern und dem Vorland und Flachland der Alpen, sie bildete Schuttkegel, füllte alte Seebecken aus, trennte bestehende See'n in Stücke etc.

Mit noch so vielem Anderem, das uns theils schon entgegen getreten ist, deuten besonders die Querthalbildungen darauf hin, dass die Hebung der Alpen so langsam geschehen ist, dass Menschen, wenn solche damals schon die Alpen hätten bewohnen können (sie existirten wohl erst in tropischen Gegenden), kaum etwas von dem ganzen mächtigen Vorgang gemerkt hätten. Hiefür spricht besonders noch der so merkwürdige Mangel vordiluvialer Bergstürze und anderes mehr.

In der gleichen Zeit, da die Alpen sich hoben, kühlte Die Alpen zur Diluvialsich allmälig das Klima der Nordhalbkugel um etwa 4° ab und es sammelten sich in Folge davon in den Hochthälern Schnee und Eis in ungeheuren Massen. Mächtige Gletscher stiegen zur Tiefe hinunter und übersäten das Vorland beiderseits der Alpen mit Blöcken und Geschieben, deren Stammorte in den jetzigen Alpen gefunden werden. Der ganze Blocktransport ist jünger als die Thalbildung, selbst der Molasse, denn die Moränen folgen alle den Thalrichtungen und reagiren sogar auf unbedeutende Biegungen und Seitenbuchten derselben.\*) Ueberall in den Alpenthälern haben die Gletscher der Diluvialperiode in Abrundung, Kritzung und Politur der Felswände an den Thalseiten und in zahlreichen Moränen ihre Spuren hinterlassen. Sie bildeten über den See'n eine Brücke für die Geschiebe, so dass die Ströme der Alpen weite Landstrecken in die Meere hinaus bauen konnten, ohne unsere Seebecken auszufüllen. Unter vielfachen Schwankungen haben sich dann die Gletscher in die hintersten Hochthäler zurückgezogen.

Unter dem liegenden Schnee hatten sich die sogenannten Karren oder Schrattenfelder (Lapiaz) gebildet, und an allen sanfteren Gehängen setzten sich endlich wieder Moose und die scharf mit den Wurzeln in die Felsen bohrenden Alpenpflänzchen an. Es bildete sich eine dünne Humusschicht, und vom Tiefland drang der Wald in die Thäler ein. allen Schluchten arbeitete unterdessen die Erosion weiter. Zu der Zeit schlug die erste Welle der Menschenwanderung

<sup>\*)</sup> Es gibt auch Forscher, die sich die Thäler hauptsächlich von den Gletschern ausgehöhlt denken. Eine Menge Gründe gegen diese Ansicht bestimmen mich, derselben bloss in einer Anmerkung zu erwähnen.

nach Mitteleuropa hinüber und rings um die Alpen drangen von allen Seiten in ihre Thäler Menschen ein.

Die

Sind jetzt Alpen und Jura im Gleichgewicht? Finden Alpen in der jetzt weder Hebungen noch Senkungen statt? Wir wissen es nicht. An Küstenländern, wo das Meer wie ein Index an einem Messapparat immer mit dem Finger auf gleiche Entfernung vom Erdmittelpunkte weist, sind Hebungen und Senkungen gar leicht zu beobachten, und bald sind mehr Küstenstriche bekannt, wo solche stattfinden, als wo Ruhe ist; aber in Binnenländern sind genaue, lange, durch Jahrhunderte wiederholte Nivellements zu deren Nachweis nöthig, und die stehen uns noch nicht zu Gebote. Wahrscheinlich war es in Folge einer Senkung im untern Theile, dass sich die Aare bei Bern so tief in ihre früheren Ablagerungen wieder eingeschnitten hat; — wird uns so etwas bei den Uebelständen im Rheinthal auch zu Hülfe kommen, oder uns entgegenarbeiten? Und wenn das Letztere der Fall ist, dann müssen wir auf ganz andere Mittel sinnen. Diess nur, um die technische Wichtigkeit der Erkenntniss von den langsamen Niveauschwankungen des Bodens zu zeigen, denen eine Gegend wie die Vorlande der Alpen ausgesetzt sein kann, abgesehen davon, dass es diese Schwankungen sind, die beständig für andere Vertheilung von Land und Meer, und dadurch für Aenderungen in den Klimaten arbeiten. Kenntniss von den Errosions- und Alluvionsverhältnissen, den Quellverhältnissen etc. gehört zu denjenigen Punkten, wo die absolute Nothwendigkeit der manchmal scheinbar unpraktischen Wissenschaft zur Herbeiführung glücklicherer Zustände in der Menschheit gezeigt werden kann, schon ohne dass man auf einen höheren Standpunkt sich erhebend bekennen muss, dass nur unbegrenzt fortgesetzte Erkenntniss alle Vorurtheile und anderen Hindernisse, die der Entwicklung der Menschheit im Wege stehen, sprengen kann.

Wollen jetzt die Berge in die Thäler gleiten, so baut

# Leere Seite Blank page Page vide

man Querriegel im Bachbett und sucht so das Material fest oben zu halten; wenn Flüsse nicht den rechten Weg gehen wollen, so kämpft man mit ihnen und zwingt sie, und wenn für den Verkehr um die Alpen der Umweg zu gross und über die Alpen zu mühsam ist, so sticht man an passender Stelle ein Loch durch. Was hätte der einzelne Mensch gegen den mächtigen Alpenkörper vermocht, und wie weit hätte er es in der Erkenntniss seiner Geschichte gebracht? All' sein siegreiches Vordringen auf jedem Gebiet verdankt er dem Prinzip der Assoziation. Eine über alle Nationalitätsgrenzen erhabene Assoziation aber musste zuerst auf dem Arbeitsfelde entstehen, wo für das Wohl der gesammten Menschheit gearbeitet wird, und darum reichen sich die Vertreter der Wissenschaft aller Nationen über Krieg und Frieden die Bruderhände.

# Ueber die Fresnel'sche Wellenfläche.

Vortrag gehalten in der Sitzung der mathematischen Sektion, Dienstag den 22. August 1871,

von

Herrn Professor Dr. C. F. Geiser.

Nach einer mündlichen Mittheilung hat Steiner gefunden, dass der Ort der Mittelpunkte aller einem Ellipsoid umschriebenen Kegel, die von einer ihrer Hauptebenen in zwei zu einander senkrechten Geraden geschnitten werden, eine Wellenfläche sei. Da in den hinterlassenen Manuscripten des grossen Geometers nichts auf den Gegenstand Bezügliches sich vorgefunden hat, so bietet vielleicht die nachfolgende Behandlung des ausgesprochenen Theorems einiges Interesse dar.

Um den Zusammenhang der Darstellung nicht unterbrechen zu müssen, mögen zunächst einige bekannte, den Beweis vorbereitende Sätze dem Leser in's Gedächtniss zurückgerufen werden.

I.

Die Gleichung eines Kegels k, der auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen ist, dessen Ursprung mit dem Kegelmittelpunkt zusammenfällt, lautet:

1)  $A\xi^2 + B\eta^2 + C\zeta^2 + 2A'\eta\zeta + 2B'\zeta\xi + 2C'\xi\eta = 0$ und seine Axen\*) hängen von der Gleichung dritten Grades ab:

2) 
$$\begin{vmatrix} A - \lambda & C' & B' \\ C' & B - \lambda & A' \\ B' & A' & C - \lambda \end{vmatrix} = 0,$$

d. h. wenn man mit  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  die Wurzeln dieser Gleichung bezeichnet, so kann man durch Drehung des Koordinatensystems um den Ursprung den Kegel unter der Form darstellen:

$$\lambda_1 \xi'^2 + \lambda_2 \eta'^2 + \lambda_3 \zeta'^2 = 0.$$

Entwickelt man 2) nach Potenzen von  $\lambda$  in die Form  $-\lambda^3 + \mathfrak{A}\lambda^2 + \mathfrak{B}\lambda + \mathfrak{C} = 0$ 

so ist

3) 
$$\begin{cases} \mathfrak{A} = A + B + C = \lambda_{1} + \lambda_{2} + \lambda_{3} \\ \mathfrak{B} = A'^{2} + B'^{2} + C'^{2} - BC - CA - AB = \\ -(\lambda_{2}\lambda_{3} + \lambda_{3}\lambda_{1} + \lambda_{1}\lambda_{2}) \\ \mathfrak{C} = \begin{vmatrix} A & C' & B' \\ C' & B & A' \\ B' & A' & C \end{vmatrix} = \lambda_{1}\lambda_{2}\lambda_{3}.$$

### Π.

Wenn der Kegel k ein System von drei zu einander senkrechten Kanten enthält, so liegen deren unendlich viele auf ihm und man nennt ihn gleichseitig-hyperbolisch Die analytische Bedingung dafür ist erster Art.

$$\mathfrak{A}=0.$$

Soll k ein System von drei zu einander senkrechten Tangentialebenen enthalten, so besitzt er deren unendlich viele

\*) Ist ein Kegel durch die Gleichung 
$$\frac{\xi^2}{l^2} + \frac{\eta^2}{m^2} + \frac{\zeta^2}{n^2} = 0$$

gegeben, so sind l, m, n seine Axen, die also insofern unbestimmt sind, als man sie gleichzeitig mit dem nämlichen willkürlichen Faktor multipliziren darf.

und man nennt ihn gleichseitig-hyperbolisch zweiter Art. Die analytische Bedingung dafür ist

$$\mathfrak{B}=0.$$

Es ist wichtig zu bemerken, dass wenn ein Kegel in zwei zusammenfallende Ebenen degenerirt, er dann dieser zweiten Art angehört; in der That lässt sich seine Gleichung

$$(p \xi + q \eta + r \zeta)^2 = 0$$

durch Drehung des Koordinatensystems um den Ursprung stets auf die Form reduziren

$$\lambda_1 \xi^{\prime 2} = 0$$

d. h. von den drei Wurzeln der Gleichung, welche seine Axen bestimmt, werden zwei gleich Null, was nach der mittlern der Gleichungen 3) die Grösse B zum Verschwinden bringt.

Wenn ferner k in zwei Ebenen zerfallen soll, so muss die Gleichung erfüllt sein:

$$\mathfrak{C}=0.$$

Schneidet schliesslich eine seiner Hauptebenen den Kegel $\boldsymbol{k}$  in zwei zu einander senkrechten Geraden, so muss seine Gleichung sich durch rechtwinklige Koordinatentransformation in

$$\lambda_1 \xi'^2 + \lambda_2 (\eta'^2 - \zeta'^2) = 0$$

verwandeln lassen, d. h. von den drei Wurzeln, die seine Axen bestimmen, müssen zwei (nach der getroffenen Annahme  $\lambda_2$  und  $\lambda_3$ ) gleichen absoluten Werth und entgegengesetztes Vorzeichen haben. Aus den Gleichungen 3) folgt aber unter Beachtung von

$$\lambda_2 + \lambda_3 = 0$$

das System von Gleichungen:

$$\lambda_1 = \mathfrak{A}, \quad \lambda_2^2 = \mathfrak{B}, \quad \lambda_1 \lambda_2^2 = -\mathfrak{C},$$

also ist die analytische Bedingung dafür, dass die Gleichung 1) einen Kegel von der verlangten Beschaffenheit darstelle:

4) 
$$\mathfrak{AB} + \mathfrak{C} = 0$$
.

### III.

Ist die Gleichung eines Ellipsoides E in rechtwinkligen Koordinaten durch

$$\frac{\xi^2}{a^2} + \frac{\eta^2}{b^2} + \frac{\zeta^2}{c^2} - 1 = 0$$

gegeben, so lautet die Gleichung des ihm vom Punkte (x, y, z) aus umschriebenen Kegels  $k_1$ :

$$\left( \frac{x \xi}{a^2} + \frac{y \eta}{b^2} + \frac{z \zeta}{c^2} - 1 \right)^2$$

$$- \left( \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 \right) \cdot \left( \frac{\xi^2}{a^2} + \frac{\eta^2}{b^2} + \frac{\zeta^2}{c^2} - 1 \right) = 0.$$

Man kann  $k_1$  parallel zu sich selbst verschieben, bis sein Mittelpunkt nach dem Koordinatenursprung gelangt, und erhält dann einen kongruenten Kegel k mit der Gleichung

A 
$$\xi^{2}$$
 + B  $\eta^{2}$  + C  $\zeta^{2}$  +  ${}_{2}$ A'  $\eta$   $\zeta$  +  ${}_{2}$ B'  $\zeta\xi$  +  ${}_{3}$ C'  $\xi$   $\eta$  = 0, wenn

$$\begin{cases}
-\frac{1}{a^2} \left( \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 \right) = A, & \frac{y z}{b^2 c^2} = A', \\
-\frac{1}{b^2} \left( \frac{z^2}{c^2} + \frac{x^2}{a^2} - 1 \right) = B, & \frac{z x}{c^2 a^2} = B', \\
-\frac{1}{c^2} \left( \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 \right) = C, & \frac{x y}{a^2 b^2} = C'
\end{cases}$$

gesetzt wird.

Aus der Kongruenz von k und  $k_1$  folgt, dass die Gleichung dritten Grades, welche die Axen von  $k_1$  bestimmt, identisch ist mit derjenigen, welche die Axen von k liefert. Die Diskussion der Kegel, welche dem Ellipsoid E umschrieben werden können, hängt also von der Gleichung 2) ab, wenn in dieselbe für A, B, C, A', B', C', die durch 6) gegebenen Werthe eingesetzt werden. — Die Kongruenz von k und  $k_1$  gilt nicht mehr, wenn  $k_1$  ein Cylinder ist, sondern sie wird durch Aehnlichkeit ersetzt. Es reduzirt sich in

diesem Falle k auf ein System zweier imaginärer Ebenen mit reeller Schnittgeraden.

### IV.

Es ist zunächst nöthig, unter Voraussetzung der Gleichungen 3) und 6) die Ausdrücke A, B, C zu bilden. Man findet leicht:

7) 
$$\mathfrak{A} = \frac{1}{a^2 b^2 c^2} \left\{ (b^2 c^2 + c^2 a^2 + a^2 b^2) - [(b^2 + c^2) x^2 + (c^2 + a^2) y^2 + (a^2 + b^2) z^2, \right.$$

also ergibt sich in Rücksicht auf II der Satz: Die Gleichung  $\mathfrak{A}=0$ , welche ein Ellipsoid darstellt, gibt den Ort der Mittelpunkte aller gleichseitig-hyperbolischen Kegel erster Art, die dem Ellipsoid E umschrieben werden können.

Der Ausdruck  $\mathfrak{B}$  ist nach x, y, z vom vierten Grade und stellt gleich Null gesetzt den Ort aller Punkte dar, die Mittelpunkte von solchen gleichseitig-hyperbolischen Kegeln zweiter Art sind, welche dem Ellipsoid E umschrieben werden können. Da für einen Punkt auf E der E-umschriebene Kegel in die zugehörige doppelt gelegte Tangentialebene ausartet, so muss nach II das Ellipsoid E dem eben genannten Orte angehören, mit andern Worten: der Ausdruck  $\mathfrak{B}$  enthält den Faktor

$$E = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1.$$

Man weiss ferner, dass der Ort des Durchschnittspunktes dreier zu einander senkrechter Tangentialebenen von E die Kugel  $\mathbf{K} = \mathbf{0}$  ist, wenn

$$K = x^2 + y^2 + z^2 - (a^2 + b^2 + c^2)$$

angenommen wird. Jeder Punkt dieser Kugel ist Mittelpunkt eines dem Ellipsoid E umschriebenen gleichseitig-hyperbolischen Kegels zweiter Art, d. h. auch K ist ein Faktor von  $\mathfrak{B}$ . Man hat also, wenn  $\mu$  einen noch zu bestimmenden Faktor bedeutet, die Gleichung

$$\mathfrak{B} = \mu$$
. E. K.

Durch Entwicklung derjenigen Glieder von B, welche x<sup>4</sup> enthalten, findet man

$$\mu = -\frac{1}{a^2 b^2 c^2},$$

demnach

8) 
$$B = -\frac{1}{a^2 b^2 c^2} \left( \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{c^2} - 1 \right) [(x^2 + y^2 + z^2) - (a^2 + b^2 + c^2)].$$

Der Ausdruck  $\mathfrak{C}$ , welcher nach x, y, z scheinbar vom sechsten Grade ist, gibt gleich Null gesetzt den Ort der Punkte, deren zugehörige, E umschriebene Kegel in ihren Axen von einer Gleichung dritten Grades abhängen, die eine Wurzel Null hat. Diese Kegel sind entweder Cylinder oder zerfallen in zwei Ebenen, und ihre Mittelpunkte liegen demnach auf dem Ellipsoid E und der unendlich entfernten Ebene des Raumes. Es lässt sich hieraus bereits schliessen, dass  $\mathfrak{C}$  eine Potenz, und zwar das Quadrat von E mit einer leicht zu bestimmenden Konstanten multiplizirt sein muss; es kann diess aber noch auf einem andern Wege gezeigt werden, der zu einem an und für sich interessanten Ergebnisse führt.

V.

Die Determinante

$$\mathcal{C} = \begin{vmatrix} A & C' & B' \\ C' & B & A' \\ B' & A' & C \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} -\frac{1}{a^2} \left( \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 \right) & \frac{y x}{b^2 a^2} & \frac{z x}{c^2 a^2} \\
\frac{x y}{a^2 b^2} & -\frac{1}{b^2} \left( \frac{z^2}{c^2} + \frac{x^2}{a^2} - 1 \right) & \frac{z y}{c^2 b^2} \\
\frac{x z}{a^2 b^2} & \frac{y z}{b^2 c^2} - \frac{1}{c^2} \left( \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 \right) \end{vmatrix}$$

ist ein spezieller Fall von

$$\mathfrak{C}_{n} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{3n} \end{vmatrix}$$

$$a_{n1} \quad a_{n2} \quad a_{n3} \quad a_{nn}$$

wenn man für verschiedene  $\varkappa$  und  $\lambda$ 

$$a_{\varkappa\lambda} = a_{\lambda\varkappa} = \frac{x_{\varkappa} x_{\lambda}}{a_{\varkappa^2} a_{\lambda^2}}$$

und unter Einführung von

$$E_n = 1 - \frac{X_1^2}{a_1^2} - \frac{X_2^2}{a_2^2} \cdot \cdot \cdot \cdot - \frac{X_n^2}{a_n^2}$$

wenn  $\varkappa = \lambda$  ist,

$$a_{kk} = \frac{1}{a_k^2} \left( E_n + \frac{{X_{\varkappa}}^2}{{a_{\varkappa}}^2} \right)$$

setzt. Bezeichnet man noch zur Abkürzung  $\frac{E_n a_{\varkappa^2}}{x_{\varkappa^2}}$  mit  $u_k$ , so hat man

$$\mathbf{a}_{\varkappa\varkappa} = \frac{\mathbf{x}_{\varkappa}^2}{\mathbf{a}_{\varkappa}^4} (1 + \mathbf{u}_{\varkappa})$$

und

$$\mathfrak{C}_{n} = \begin{pmatrix} \frac{X_{1}^{2}}{a_{1}^{4}}(1 + u_{1}) & \frac{X_{2} X_{1}}{a_{2}^{2} a_{1}^{2}} & \frac{X_{3} X_{1}}{a_{3}^{2} a_{1}^{2}} & \frac{X_{n} X_{1}}{a_{n}^{2} a_{1}^{2}} \\ \frac{X_{1} X_{2}}{a_{1}^{2} a_{12}} & \frac{X_{2}^{2}}{a_{2}^{4}}(1 + u_{2}) & \frac{X_{3} X_{2}}{a_{3}^{2} a_{2}^{2}} & \frac{X_{n} X_{2}}{a_{n}^{2} a_{2}^{2}} \\ \frac{X_{1} X_{3}}{a_{1}^{2} a_{3}^{2}} & \frac{X_{2} X_{3}}{a_{2}^{2} a_{3}^{2}} & \frac{X_{3}^{2}}{a_{3}^{4}}(1 + u_{3}) & \frac{X_{n} X_{3}}{a_{n}^{2} a_{3}^{2}} \\ \frac{X_{1} X_{n}}{a_{1}^{2} a_{n}^{2}} & \frac{X_{2} X_{n}}{a_{2}^{2} a_{n}^{2}} & \frac{X_{3} X_{n}}{a_{3}^{2} a_{n}^{2}} & \frac{X_{n}^{2}}{a_{n}^{4}}(1 + u_{n}) \end{pmatrix}$$

Aus jedem Element der  $\varkappa^{\text{ten}}$  Horizontalreihe dieser Determinante kann man den Faktor  $\frac{x_{\varkappa}}{a_{\varkappa}^2}$  absondern; in der übrig bleibenden Determinante hat jedes Element der  $\lambda^{\text{ten}}$  Vertikal-

reihe den Faktor  $\frac{x_{\lambda}}{a_{\lambda}^2}$ , der ebenfalls abgesondert werden soll. Es ist dann nach ausgeführter Reduktion

$$\mathfrak{C}_{n} = \frac{x_{1}^{2} x_{2}^{2} \dots x_{n}^{2}}{a_{1}^{4} a_{2}^{4} \dots a_{n}^{4}} \begin{vmatrix} 1 + u_{1} & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 + u_{2} & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 + u_{3} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 + u_{n} \end{vmatrix}$$

Sei die in dem Produkte rechter Hand vorkommende Determinante =  $\triangle$ , so ist  $\triangle$  eine ganze Funktion n<sup>ten</sup> Grades von u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>.... u<sub>n</sub>, welche jedesmal verschwindet, wenn irgend zwei derselben gleich Null sind. In der Funktion n<sup>ten</sup> Grades der u ist also jedes Glied ein Produkt der u, in welchem höchstens eines der u fehlt. Alle diese Glieder entstehen aus dem Diagonalglied der Determinante und geben

$$\triangle = u_1 u_2 \dots u_n \left\{ 1 + \frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \dots + \frac{1}{u_n} \right\}.$$

$$Da \frac{1}{u_{\varkappa}} = \frac{x_{\varkappa}^2}{a_{\varkappa}^2 E_n} \text{ und } \frac{x_1^2}{a_1^2} + \frac{x_2^2}{a_2^2} + \dots + \frac{x_n^2}{a_n^2} = 1 - E_n$$
ist, so folgt

$$1 + \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_n} = \frac{1}{E_n}$$

also

$$\triangle = E_n^{n-1} \frac{a_1^2 a_2^2 \dots a_n^2}{X_1^2 X_2^2 \dots X_n^2}$$

und

$$\mathfrak{C}_n = \frac{E_n^{n-1}}{a_1^2 a_2^2 \dots a_n^2}.$$

Wendet man das erhaltene Resultat auf die Determinante  $\mathbb{C}$  an, indem man n = 3,  $x_1 = x$ ,  $x_2 = y$ ,  $x_3 = z$ ,  $a_1^2 = a^2$ ,  $a_2^2 = b^2$ ,  $a_3^2 = c^2$ ,  $E_n = E$  setzt, so bekommt man

9) 
$$C = \frac{E^2}{a^2 b^2 c^2} = \frac{\left(\frac{X^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1\right)^2}{a^2 b^2 c^2}$$

### VI.

Soll der vom Punkte (x, y, z) aus dem Ellipsoid E umschriebene Kegel von einer seiner Hauptebenen in zwei zu einander senkrechten Geraden geschnitten werden, so muss der Punkt (x, y, z) auf der Fläche

$$\mathfrak{AB} + \mathfrak{C} = 0$$

liegen, wo  $\mathfrak{A}$ ,  $\mathfrak{B}$ ,  $\mathfrak{C}$  durch die Gleichungen 7), 8), 9) gegeben sind. Da  $\mathfrak{B}$  und  $\mathfrak{C}$  den gemeinschaftlichen Faktor E haben, so gehört das Ellipsoid E dem gesuchten Orte\*) an, und ausserdem besteht dieser noch aus der Fläche

$$F_4 = A. K - E = 0$$

oder entwickelt

10) 
$$[(b^{2} + c^{2}) x^{2} + (c^{2} + a^{2}) y^{2} + (a^{2} + b^{2}) z^{2} - (b^{2} c^{2} + c^{2} a^{2} + a^{2} b^{2})] \cdot [(x^{2} + y^{2} + z^{2}) - (a^{2} + b^{2} + c^{2})]$$

$$+ \{b^{2} c^{2} x^{2} + c^{2} a^{2} y^{2} + a^{2} b^{2} z^{2} - a^{2} b^{2} c^{2}\} = 0.$$

Schneidet man das Ellipsoid

$$e = \frac{X^2}{1^2} + \frac{y^2}{m^2} + \frac{z^2}{n^2} - 1 = 0$$

durch eine Ebene P, welche den Mittelpunkt M von e enthält, bestimmt die Axen der Schnittellipse und trägt deren Längen von M aus auf der Normalen zu P in M ab, wodurch Endpunkte  $p_1$  und  $p_2$  entstehen, so wird durch Bewegung von P um M herum von den Punkten  $p_1$  und  $p_2$  eine Wellenfläche beschrieben, welche dem Ellipsoid e zugeordnet heisst. Die Gleichung derselben ist

<sup>\*)</sup> Diess folgt auch geometrisch, denn der zu einem Punkte auf E gehörige umschriebene Tangentialkegel hängt in seinen Axen von einer Gleichung dritten Grades ab, von der zwei Wurzeln gleich Null sind. Derselbe erfüllt also die Bedingung 72 + 73 = 0, die mit AB + C = 0 identisch ist.

11) 
$$(x^2 + y^2 + z^2)(l^2 x^2 + m^2 y^2 + n^2 z^2) + l^2 m^2 n^2 = l^2 (m^2 + n^2) x^2 + m^2 (n^2 + l^2) y^2 + n^2 (l^2 + m^2) z^2.$$

Setzt man  $l^2 = b^2 + c^2$ ,  $m^2 = c^2 + a^2$ ,  $n^2 = a^2 + b^2$ , so geht, wie man durch Entwicklung gleichgearteter Koeffizienten verifizirt, die Gleichung 11) in die Gleichung 10) über, womit der an die Spitze dieser kleinen Abhandlung gestellte Steiner'sche Satz bewiesen ist. Er lautet nun vollständig so: Der Ort der Mittelpunkte aller einem Ellipsoid E mit den Halbaxen a, b, c umschriebenen Kegel, welche von einer ihrer Hauptaxen in zwei senkrechten Geraden geschnitten werden, besteht aus E selbst und der Wellenfläche, die dem mit E konzentrischen und koacialen Ellipsoid, dessen a, b, c entsprechende Halbaxen  $\sqrt{b^2+c^2}$ ,  $\sqrt{c^2+a^2}$ ,  $\sqrt{a^2+b^2}$  sind, zugehört.

### VII.

Da die Gleichung 11) am bequemsten in der Form

12) 
$$\frac{1^2 x^2}{1^2 - r^2} + \frac{m^2 y^2}{m^2 - r^2} + \frac{n^2 r^2}{n^2 - r^2} = 0$$
,

wo  $r = x^2 + y^2 + z^2$  ist, dargestellt wird, so frägt es sich, ob die im Vorigen behandelte Gleichung  $\mathfrak{AB} + \mathfrak{C} = 0$  nicht direkt in 12) verwandelt werden könne.

Zur Beantwortung dieser Frage geht man auf die Gleichung 5) zurück und schreibt die in derselben enthaltenen Glieder zweiten Grades nach  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  abkürzend

$$(\beta_1 \xi + \beta_2 \eta + \beta_3 \zeta)^2 - (\alpha_1 \xi^2 + \alpha_2 \eta^2 + \alpha_3 \zeta^2)$$

wo

$$\beta_1 = \frac{x}{a^2}, \quad \beta_2 = \frac{y}{b^2}, \quad \beta_3 = \frac{z}{c^2}; \quad \alpha_1 = \frac{E}{a^2}, \quad \alpha_2 = \frac{E}{b^2},$$

$$\alpha_3 = \frac{E}{c^2}; \quad E = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1.$$

Die Axen des vom Punkte (x, y, z) aus dem Ellipsoid E umschriebenen Kegels k hängen von der Gleichung dritten Grades

13) 
$$\frac{\beta_{1}^{2}}{\alpha_{1} + \lambda} + \frac{\beta_{2}^{2}}{\alpha_{2} + \lambda} + \frac{\beta_{3}^{2}}{\alpha_{3} + \lambda} - 1 = 0$$

ab. Wenn man 13) mit  $(\alpha_1 + \lambda)(\alpha_2 + \lambda)(\alpha_3 + \lambda)$  multiplizirt, wodurch sie in

$$\beta_1^2 (\alpha_2 + \lambda) (\alpha_3 + \lambda) + \beta_2^2 (\alpha_3 + \lambda) (\alpha_1 + \lambda) + \beta_3^2 (\alpha_1 + \lambda)$$
$$(\alpha_2 + \lambda) - (\alpha_1 + \lambda) (\alpha_2 + \lambda) (\alpha_3 + \lambda) = 0$$

oder in Voraussetzung von

in

$$-\lambda^3 + \mathfrak{A}\lambda^2 + \mathfrak{B}\lambda + \mathfrak{C} = 0$$

übergeht, so wird diese Gleichung identisch mit der Gleichung 2), nachdem man in derselben die Substitutionen 6) ausgeführt hat. Es ergibt sich also unter Vergleichung gleichnamiger Potenzen von  $\lambda$  in den gefundenen identischen Ausdrücken, dass die unter 14) dargestellten Grössen  $\mathfrak{A}$ ,  $\mathfrak{B}$ ,  $\mathfrak{C}$  resp. mit den unter 7), 8), 9) gegebenen übereinstimmen. Man würde diese Uebereinstimmung auch auf direktem Wege herleiten können, was hier aber nur für  $\mathfrak{C}$  ausgeführt werden mag. — Es ist

$$\mathbb{C} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \left\{ \frac{\beta_1^2}{\alpha_1} + \frac{\beta_2^2}{\alpha_2} + \frac{\beta_3^2}{\alpha_3} - 1 \right\}$$

$$= \frac{E^3}{a^2 b^2 c^2} \left\{ \frac{x^2}{a^2 E} + \frac{y^2}{b^2 E} + \frac{z^2}{c^2 E} - 1 \right\}$$

oder unter Berücksichtigung des Werthes von E und nach Ausführung der nöthigen Reduktionen:

$$\mathfrak{C} = \frac{\mathrm{E}^2}{\mathrm{a}^2 \mathrm{b}^2 \mathrm{c}^2}.$$

### VIII.

Hat die Gleichung 13), deren Wurzeln mit  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  bezeichnet worden sind, zwei dem absoluten Werthe nach gleiche, mit verschiedenen Vorzeichen versehene Wurzeln (wie diess für alle Punkte der zu untersuchenden Fläche eintreten muss), so dass  $\lambda_2 + \lambda_3 = 0$  ist, so gelten nach II die Gleichungen

$$\lambda_1 = \mathfrak{A}, \quad \lambda_2^2 = \mathfrak{B}, \quad \lambda_1 \lambda_2^2 = -\mathfrak{C},$$

woraus  $\lambda_i = -\frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{B}}$ , oder nach den in 8) und 9) gegebenen Werthen

$$\lambda_1 = \frac{E}{K}$$

folgt.

Unter Benutzung der bekannten Werthe von  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\lambda_2$  findet man

findet man
$$\frac{\beta_{1}^{2}}{\alpha_{1} + \lambda_{1}} = \frac{\frac{X^{2}}{a^{4}}}{\frac{E}{a^{2}} + \frac{E}{K}} = \frac{K}{E} \cdot \frac{\frac{X^{2}}{a^{2}}}{K + a^{2}} = \frac{\frac{X^{2}}{a^{2}}}{E} - \frac{X^{2}}{E(K + a^{2})}$$

ähnlich ergibt sich

$$\frac{\beta_{2}^{2}}{\alpha_{2} + \lambda_{1}} = \frac{\frac{y^{2}}{b^{2}}}{E} - \frac{y^{2}}{E(K + b^{2})}; \quad \frac{\beta_{3}^{2}}{\alpha_{3} + \lambda_{1}} = \frac{\frac{Z^{2}}{c^{2}}}{E} - \frac{Z^{2}}{E(K + c^{2})}$$
oder da

$$\frac{\beta_{1}^{2}}{\alpha_{1} + \lambda_{1}} + \frac{\beta_{2}^{2}}{\alpha_{2} + \lambda_{1}} + \frac{\beta_{3}^{2}}{\alpha_{3} + \lambda_{1}} - 1 = 0$$

ist, mit Unterdrückung des Faktors  $\frac{1}{E}$ :

15) 
$$\frac{x^2}{K+a} + \frac{y^2}{K+b^2} + \frac{z^2}{K+c^2} = 1.$$

Setzt man  $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ , also  $K = r^2 - (a^2 + b^2 + c^2)$  und subtrahirt von 15) die identische Gleichung

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{y^2}{r^2} + \frac{z^2}{r^2} = 1,$$

so erhält man, wenn der Rest mit r2 multiplizirt wird:

16) 
$$\frac{(b^2 + c^2) x^2}{r^2 - (b^2 + c^2)} + \frac{(c^2 + a^2) y^2}{r^2 - (c^2 + a^2)} + \frac{(a^2 + b^2) z^2}{r^2 - (a^2 + b^2)} = 0,$$

welche Gleichung mit 12) übereinstimmt, wenn man die in VI gemachten Annahmen über l, m, n berücksichtigt.

Diese zweite Lösung des Problems liefert in der Gleichung 16) neben der Wellenfläche noch die Fläche, welche durch die Gleichung

$$x^2 + y^2 + z^2 = 0$$

gegeben ist. Man sieht aber leicht ein, dass durch die eben ausgeführten Reduktionen aus der vollständigen Lösung der Gleichung AB+C=0 das nothwendig zum gesuchten Orte gehörige Ellipsoid E=0 ausgeschieden und dafür der fremde Faktor (der imaginäre Kegel)  $r^2=0$  hinzugefügt worden ist. Unter Beachtung dieses Umstandes findet man also genau das am Schlusse von VI ausgesprochene Resultat.

### IX.

Um die im Bisherigen gegebenen Erörterungen über die dem Ellipsoid E umschriebenen Kegel  $k_1$  zu vervollständigen, mögen noch die unter ihnen enthaltenen Rotationskegel bestimmt werden. Soll  $k_1$ , in dessen Gleichung die Glieder zweiten Grades durch

$$(\beta_1 \xi + \beta_2 \eta + \beta_3 \zeta)^2 - (\alpha_1 \xi^2 + \alpha_2 \eta^2 + \alpha_3 \zeta^2)$$
 gegeben sind, ein gerader Kreiskegel sein, so muss die Gleichung

$$\frac{\beta_{1}^{2}}{\alpha_{1} + \lambda} + \frac{\beta_{2}^{2}}{\alpha_{2} + \lambda} + \frac{\beta_{3}^{2}}{\alpha_{3} + \lambda} - 1 = 0$$

oder

$$\beta_1^2(\alpha_2 + \lambda)(\alpha_3 + \lambda) + \beta_3^2(\alpha_3 + \lambda)(\alpha_1 + \lambda) + \beta_3^2(\alpha_1 + \lambda)$$
$$(\alpha_1 + \lambda) - (\alpha_1 + \lambda)(\alpha_2 + \lambda)(\alpha_3 + \lambda) = 0$$

zwei gleiche Wurzeln haben.

Werden  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  als von Null verschieden vorausgesetzt, so tritt das Verlangte nur ein, wenn

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

ist. Diese Gleichung wird erfüllt (wie man unter Berücksichtigung der in § VII entwickelten Werthe von  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ , erkennt), wenn

$$E=0$$

also alle drei  $\alpha$  verschwinden, d. h.: Für irgend einen Punkt des Ellipsoids ist der zugehörige umschriebene Kegel ein Rotationskegel. Dieses Resultat ist auch geometrisch leicht zu erklären, da eine doppelt gelegte Ebene immer als Rotationskegel aufgefasst werden kann.\*)

Ist eines der  $\beta$ , z. B.  $\beta_1 = 0$ , so wird  $k_1$  ein Rotationskegel sein, wenn die Gleichung

17)  $(\alpha_1 + \lambda)[\beta_2{}^2(\alpha_3 + \lambda) + \beta_3{}^2(\alpha_1 + \lambda) - (\alpha_2 + \lambda)(\alpha_3 + \lambda)] = 0$  eine Doppelwurzel hat. — Es ist nun entweder der in der eckigen Klammer eingeschlossene Ausdruck der Gleichung 17) ein vollständiges Quadrat, also

18) 
$$\{(\beta_2^2 - \alpha_2) - (\beta_3^2 - \alpha_3)\}^2 + 4 \beta_2^2 \beta_3^2 = 0,$$

oder aber es ist —  $\alpha_1$  die verlangte Doppelwurzel, was eintritt, wenn

19) 
$$\beta_{1}^{2}(\alpha_{3}-\alpha_{1})+\beta_{3}^{2}(\alpha_{2}-\alpha_{1})-(\alpha_{2}-\alpha_{1})(\alpha_{3}-\alpha_{1})=0$$
 ist.

Die Bedingung  $\beta_1 = 0$ , zusammengenommen mit der Gleichung 18), welche in zwei Gleichungen zerfällt, gibt unter der Voraussetzung a > b > c die Endpunkte der mittlern und kleinsten Axe des Ellipsoids als Scheitel von Rotationskegeln  $k_1$ , welche E umschrieben sind.

<sup>\*)</sup> Die Gleichung dritten Grades, von der für E = 0 die Axen des Kegels abhängen, hat dann die Doppelwurzel Null, während die dritte Wurzel durch  $\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2$  gegeben ist.

Wird  $\beta_1 = 0$  mit 19) kombinirt, so findet man als Ort solcher Scheitel zunächst den Schnitt von E mit der yz-Ebene und dann den in dieser Ebene gelegenen (imaginären) Fokalkegelschnitt des Ellipsoids

$$\frac{y^2}{b^2 - a^2} + \frac{z^2}{c^2 - a^2} - 1 = 0.$$

Setzt man nacheinander  $\beta_2$  und  $\beta_3$  gleich Null und verfährt wie vorhin, so erhält man die beiden andern Fokalkegelschnitte:

$$\frac{z^{2}}{c^{2}-b^{2}} + \frac{x^{2}}{a^{2}-b^{2}} - 1 = 0,$$

$$\frac{x^{2}}{a^{2}-c^{2}} + \frac{y^{2}}{b^{2}-c^{2}} - 1 = 0.$$

## Quatrième Rapport

SHP

# l'étude et la conservation des blocs erratiques en Suisse,

présenté à la Société helvétique des Sciences naturelles, réunie à Frauenfeld le 21 août 1871,

par

### M. Alph. Favre,

professeur à l'Académie de Genève.

### Messieurs,

Après les malheurs inouïs qui ont ébranlé dernièrement l'Europe, n'êtes vous pas heureux d'avoir assez de liberté d'esprit pour pouvoir entendre un rapport sur les blocs erratiques, ou prenant cette idée dans un sens plus général disons que nous sommes tous heureux de pouvoir suivre à nos études scientifiques.

C'est avec tristesse que je vous rappelerai que trois de nos zélés collaborateurs ont été retirés de ce monde. Monsieur Rietmann de Saint-Gall était à la tête du comité des blocs de son canton et réunissait les documents. Monsieur le professeur Théobald de Coire était fort connu par ses importants travaux en géologie et par de nombreuses publications, enfin Monsieur le Professeur Pahud de Fribourg, mort par accident le 15 juin de cette année, avait pris à cœur le travail dont nous nous occupons. En face de la disparition d'hommes qui laissent des familles dans le deuil et des amis dans le chagrin, ce n'est pas sans une certaine timidité que je signale le retard que ces pertes ont apporté dans le progrès de notre entreprise.

Je puis vous annoncer, je crois, sans indiscrétion qu'une traduction française (faite par Monsieur Demole) de l'important ouvrage de Monsieur O. Heer (Urwelt) sur la géologie de la Suisse, est sous presse. On y trouvera un chapitre qui résume les études relatives au terrain quaternaire. Monsieur Heer, dans cette seconde édition comme dans la première, admet pour la Suisse l'ancienne existence de deux époques glaciaires. C'est un point capital qu'il serait désirable d'éclaircir, car je crois qu'il est entendu par les uns d'une manière et par les autres d'une autre.

Quelques auteurs, non pas Monsieur Heer, ont donné le nom d'époque à des temps différents de l'existence des glaciers. Dans la plus récente de ces prétendues époques les glaciers n'atteignaient que certains points marqués par de grandes moraines, plus anciennement ils s'étendaient au delà. Il est évident que la grande extension n'a pas eu lieu au même moment que la petite; mais la différence des temps ne peut constituer deux époques géologiques par ce que les dépôts ne sont pas placés au-dessus l'un de l'autre. Or, les époques géologiques sont représentées par des terrains superposés et si on regarde deux dépôts situés sur le même horizon comme représentant chacun une époque on pourrait compter quelquefois dix ou vingt époques glaciaires dans une même vallée et il faudrait admettre aussi que les glaciers de Chamounix, qui sont à plus de 600 mètres en arrière de ce qu'ils étaient en 1818, sont maintenant dans une autre époque géologique que celle où ils étaient à cette date. On ne doit donc je crois voir dans les dépôts situés sur un même horizon que le résultat des variations des glaciers pendant une seule époque géologique.

Monsieur Heer déduit l'existence de deux époques glaciaires de terrains superposés et observés à la Dranse près des bords du lac de Genève et à Wetzikon dans le canton de Zurich. Dans ces deux localités on voit un terrain d'alluvion situé entre deux terrains glaciaires, l'un étant audessus, l'autre au-dessous. Presque nulle part ailleurs dans notre pays on ne retrouve cet arrangement qui paraît tout à fait local et qui peut aisément s'expliquer par ce qui se passe dans l'Allée Blanche au revers sud du Mont-Blanc. Là dans un nombre d'années relativement peu considérable il peut se faire un arrangement de terrain semblable à celui qui est représenté dans le dessin ci-joint.

On y voit de bas en haut. a. Les produits d'un premier avancement des glaciers tel qu'il a eu lieu dans les premières années de ce siècle.

- b. Ceux des eaux sortant des glaciers voisins qui déposent des alluvions, d'abord en couches inclinées tant qu'elles comblent le lac Combal, puis en couches horizontales, qui ont enseveli et qui ensevelissent encore les terrains glaciaires a.
- c. Les dépôts d'un second accroissement des glaciers analogue au premier. Ils se formeront lorsque le glacier de l'Allée Blanche reprendra le développement qu'il avait il y a environ 50 ans, et ces dépôts se feront alors sur les alluvions qui se trouveront entre deux terrains glaciaires. C'est ce qu'on voit à la Dranse et à Wetzikon, et cependant les terrains de l'Allée Blanche se seront formés dans des temps durant lesquels on ne saurait distinguer deux époques glaciaires. Je crois donc jusqu'à preuve du contraire que les terrains qui dans notre pays paraissent indiquer deux époques glaciaires, aux yeux de quelques savants, peuvent être produits en une seule époque, mais je reconnais aussi qu'il est

difficile de définir ce qu'on entend par époque, surtout lorsqu'il s'agit des terrains quaternaires. Ce n'est pas la longueur du temps exigée par ces deux époques qui m'empêche d'y croire, car les siècles sont peu de chose dans l'histoire de la terre; cent millions d'années se sont, dit-on, écoulés depuis le commencement des phénomènes géologiques et 156 milliards d'années représentent la longueur du temps qui sépare le moment où le globe à commencé à se refroidir de celui où le centre de la terre aura la même température que sa surface. 1

Monsieur le colonel Siegfried, directeur du Bureau topographique fédéral a toujours témoigné de l'interêt à notre entreprise. Il nous a écrit ce qui suit: "Les ingénieurs qui "font le levé topographique du Jura continuent de relever "la position et l'altitude des blocs erratiques . . . . . . . la position exacte sera figurée sur les feuilles gravées du "nouvel atlas topographique."

Un comité des blocs a été créé pour les cantons de Saint-Gall et d'Appenzell. Monsieur Wanner de Trogen s'est chargé de l'étude des blocs dans ce dernier canton. Ici l'effet du débloquement, passez-moi l'expression, se fait beaucoup sentir. Le pays a été parsemé de masses erratiques et on n'en trouve plus que dans les ravins. Les blocs atteignent le niveau de 1167<sup>m</sup> sur le Schwänberg, commune de Gais. D'après Monsieur Wanner l'ancien glacier du Rhin a pénétré dans l'Appenzell par Eggerstanden et a été en contact avec le glacier du Sentis. Il a franchi le Hirschberg (1166<sup>m</sup>), le Sommersberg et s'est peut être élevé à la hauteur du Gabris (1280<sup>m</sup>). Dans les environs de Gais (ravin d'Hofgut) on trouve beaucoup de blocs venant des Grisons.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Comptes rendus de l'Acad. des Sc. 1871. LXXII, 252

En descendant la vallée de la Reuss nos informations ne commencent qu'à Schwyz. Monsieur Aloïs Reding de Biberegg nous a entretenu de l'incroyable destruction des blocs qui se fait depuis deux ou trois ans dans ce canton. C'est par centaines qu'ils disparaissent chaque année, et cependant on en trouve encore sur le Righi à 1237<sup>m</sup> d'élévation.

Monsieur le docteur Camenzind nous a envoyé des notes sur la grande moraine située au nord-ouest du lac de Lowerz près de Steinenberg. La longueur en est d'un bon quart de lieue, la largeur est un peu moindre. Ce dépôt contient 3000 à 4000 blocs erratiques, dont quelques-uns ont dix mètres de longueur. D'après Monsieur Gemsch, on y voit beaucoup de granit de la vallée de la Reuss que Monsieur Guyot désignait sous le nom de granit gris des Suresne<sup>1</sup>, des schistes cristallins et des nagelflues tombés du Rossberg. Les blocs erratiques s'élèvent sur les flancs de cette dernière montagne à environ 1000<sup>m</sup>.

Nous espérons avoir bientôt la monographie du terrain quaternaire du Righi à laquelle travaille Monsieur le professeur Rutimeyer de Bâle. Sur le flanc nord de cette montagne dans la commune d'Arth Monsieur Fassbind nous a signalé environ 1540 blocs qui tirent leur origine de la vallée supérieure de la Reuss. Ils ont souvent un volume considérable, l'un deux atteint 15<sup>m</sup> de longueur. Le glacier qui passait ici a rejoint la vallée de la Reuss dans les environs de Gislikon et a laissé de grandes moraines entre 1000 et 1100<sup>m</sup> d'élévation sur le revers occidental du Rossberg et aux environs de Zoug. Des blocs de même nature et de même origine se sont avancés plus loin par la vallée de la Bunz et se sont arrêtés aux environs de Lenzbourg et d'Othmarsingen où Monsieur Frey-Gessner les a observés. Ils se voient jusqu'à la hauteur de 600<sup>m</sup> sur le Kestenberg (près

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Actes Soc. helvétique des Sc. nat. Altorf 1842, p. 136.

Braunegg) qui lui même atteint 616<sup>m</sup>. Ils est donc probable que le glacier a complétement recouvert cette montagne.

Monsieur le professeur Zæhringer de Lucerne nous a signalé quelques blocs sur le Righi. Il nous a transmis deux travaux, l'un de Monsieur Lindegger sur les environs de Münster, vallée de la Wynen, l'autre de Monsieur Bächler sur les environs de Sursee où les blocs ont de petites dimensions.

D'après les recherches de Messieurs Guyot, Bachmann et Kaufmann il est admis que l'ancien glacier de l'Aar se divisait en deux branches, l'une se dirigeait sur Berne, l'autre passait le Brunig et descendait dans la direction du lac de Lucerne "jusqu'à l'angle saillant du Stanzerhorn, au delà duquel apparaissent les blocs du Saint-Gothard" dit Monsieur Guyot.¹ Cette expression d'angle saillant est un peu vague. En parcourant les environs de Sarnen je suis arrivé à croire que le glacier s'est arrêté à la moraine d'Allweg, en effet on trouve les blocs de la vallée de l'Aar sur les bords du lac de Sarnen particulièrement aux environs de Sachseln où ils étaient naguère bien plus nombreux que maintenant.2 Ils remontent dans le Melchthal jusqu'à 950 ou 1000<sup>m</sup>. en voit de très beaux jusque près du sommet du Mueterschwanderberg à 862<sup>m</sup> d'élévation et un peu en aval de cette montagne se trouve la moraine d'Allweg, qui est nettement marquée. Elle est coupée par la route à la hauteur de 522<sup>m</sup> mais s'élève à 50<sup>m</sup> environ au-dessus de sa base. Elle s'appuie d'un côté sur les rochers du Rotzloch et de l'autre sur le Stanzerhorn. Cette moraine ferme la vallée d'Ennetmos et les eaux qui passent par la gorge du Rotzloch y formaient anciennement un lac et maintenant un marais.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Actes Soc. helvét. des Sc. nat. Altorf, 1842, 142.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Monsieur le professeur B. Studer y signale des blocs exotiques. Mittheilung in Bern 1865, p. 184

Le dépôt des blocs calcaires de la forêt de Kerns est un des faits géologiques curieux de cette vallée. Ces blocs occupent un espace de 41/2 kilomètres de longueur et de 21/2 kilomètres de largeur; de Rohren à la Siebeneich et de l'escarpement qui domine Alpnach à Aemlischwand. dépôt se termine en pointe du côté de la montagne. Il y a dans cet espace un incroyable entassement de blocs de toutes les grandeurs sans dépasser toutefois les dimensions de 14 à 15<sup>m</sup> de longueur et de 7<sup>m</sup> de hauteur et de largeur. Une belle forêt a cru au milieu d'eux et donne à cet endroit un aspect qui attire les amateurs des beautés de la nature et les malfaiteurs qui y trouvent des réduits. Ces blocs sont d'un calcaire gris-noir renfermant quelques bélemnites. Les cailloux ne sont ni polis ni striés, tous sont anguleux et différents de ceux des formations glaciaires. Ce n'est pas sans de grandes hésitations que j'ai cru reconnaître ici le produit d'un éboulement parti du voisinage du Stanzerhorn. Cet immense amas de blocs ressemble à celui de la plaine des Rocailles non loin de Genève, mais tandis que la trainée formée par ce dernier se voit jusqu'à l'entrée de la vallée dont il est sorti, il y a absence complète de blocs de calcaires (mais non pas de blocs de roches cristalines) sur une longueur de 5 à 6 kilomètres entre la Forêt de Kerns et l'entrée du Melchthal d'où l'on pensait qu'ils pouvaient provenir. Les blocs calcaires remontent du côté d'Aemlischwand en formant un cône de déjection, en sorte que les blocs de la forêt de Kerns seraient le produit d'un éboulement semblable à celui des monticules des environs de Sierre en Valais décrits par Monsieur Gerlach.2 Il est probable que cet éboulement de la forêt de Kerns a eu lieu après le transport des blocs erratiques parce qu'ils sont répandus

<sup>2</sup> Mém. Soc. helvét. des Sc. nat. 1869, XIII.

<sup>1</sup> Favre, Recherches géolog. dans la Savoie, le Piémont etc. I, 147.

autour de l'espace occupé par les blocs calcaires et qu'ils manquent dans l'intérieur.

Voyons ce qui a été fait sur la branche principale du glacier de l'Aar qui passait par les lacs de Brientz et de Thoune. Nous n'avons pas de détails sur les dépôts de ce glacier en amont de Saint-Beatenberg sur la rive droite du lac de Thoune, mais Monsieur le pasteur Kræhenbuhl a observé les blocs volumineux et nombreux de cette localité. Beaucoup d'entre eux viennent du fond de la vallée de l'Aar, ils sont associés à des blocs exotiques. Dans les montagnes au nord du lac de Thoune cette sorte de granit n'est pas rare. On en trouve dans la vallée de la Sulg, aux environs de Naters dans l'Emmenthal et Monsieur le professeur Kaufmann en a encore indiqué dans quatre localités de cette C'est probablement deux de ces blocs voisins de Schupfheim que Monsieur le docteur J. Fischer nous a signa-Près de Saint-Beatenberg les blocs se trouvent jusqu'à plus de 1400<sup>m</sup> soit 840<sup>m</sup> environ au-dessus du lac de Thoune (560<sup>m</sup>). Il parait même que la limite supérieure des blocs est plus élevée encore, car on a, dit-on, vu un petit bloc de granit rouge près du sommet du Niederhorn à environ 1800 ou 1900<sup>m</sup> au-dessus du niveau de la mer.

Plus en aval sur la rive droite de l'Aar, Monsieur le pasteur Müller de Gross-Hochstetten a décrit plusieurs groupes de blocs erratiques de gneiss et de granit dispersés sur les collines au nord et au sud de ce village et de Zaziwyl. Ici la destruction des blocs a été des plus actives. Mais il en reste encore qui seraient dignes d'être conservés.

La rive gauche de l'ancien glacier de l'Aar ne touchait pas aux montagnes après sa rencontre avec le glacier de la Kander. Monsieur le pasteur Rytz a étudié le terrain erra-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> La position du bloc observé à cette hauteur indique qu'il était primitivement plus élevé.

tique apporté par ce dernier glacier. Sur le flanc du Niesen les blocs n'ont pas été retrouvés au-dessus de 800<sup>m</sup>. Monsieur Rytz a observé le fait singulier de cinquante-quatre moraines dans la vallée de la Kander, reparties sur un espace de 8 kilomètres entre Achern et Kandersteg.

Monsieur Bachmann a repris l'étude de la vallée de la Kander d'une manière plus détaillée.<sup>2</sup> Il décrit tout ce qui dépend de l'époque quaternaire dans la région de la rive gauche du bassin de l'Aar, de la vallée de Gasteren au Belpberg. Les moraines sont excessivement nombreuses aux environs de Thoune, quelques-unes ont donné naissance à d'anciens lacs et ont été remaniées par les eaux. Monsieur Bachmann a classé chronologiquement tous les événements quaternaires qui se sont passés dans cette région.

En descendant la vallée de l'Aar nous arrivons aux environs de Berne où le glacier de l'Aar s'est terminé en déposant de belles moraines. Monsieur Bachmann a encore publié un autre petit volume sur les blocs conservés dans le canton de Berne. 3 Ce savant constate avec regret, comme l'ont fait Monsieur B. Studer en 1825 et antérieurement Gessner, Lang et de Saussure qu'un très-grand nombre de blocs ont disparu. On peut cependant reconnaître encore que ceux de la rive droite de l'Aar viennent du Grimsel et de la vallée de Gadmen et que ceux de la rive gauche sont originaires de la vallée de Lauterbrunnen et de celle de la Monsieur Bachmann croit que l'ancien glacier de l'Aar s'est étendu jusqu'à Hasle près Burgdorf où il a été arrêté par le glacier du Rhône dont la rive droite à été jusqu'à Affoltern dans l'Emmenthal.

Monsieur Bachmann a puissamment contribué à l'avancement de l'étude des formations quaternaires et vous verrez

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Mittheilung Soc d'hist nat. de Berne, 1869, 18. déc.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Die Kander im Berner Oberland, etc Bern 1870.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Die erhaltenen Findlinge im Kanton Bern, 1870.

plus loin qu'en s'appuyant sur la circulaire du gouvernement bernois et soutenu par Messieurs B. Studer, Burki et de Fellenberg, il a réussi à faire conserver bon nombre de blocs.

J'ai fait avec Monsieur Bachmann une observation sur laquelle j'attire un instant votre attention. Dans une carrière de gravier à la Tiefenau près Berne, nous avons vu des couches de gravier dépourvues de sable dans lesquelles les cailloux calcaires plus ou moins gros reposaient les uns sur les autres et nous avons constaté des impressions aux points de contact.

On a beaucoup discuté sur l'origine des cailloux impressionnés. A la Tiefenau ils sont en voie de formation et comment se forment-ils? On sait que les eaux de pluie après avoir circulé dans l'intérieur des terrains contenant du calcaire se chargent de cette substance. L'eau séjournant plus longtemps au point de contact de deux cailloux que sur leurs surfaces attaquera le calcaire sur ce point plus qu'ailleurs et cette corrosion repétée pendant un grand laps de temps finira par faire des cailloux impressionnés.

Des masses de débris, équivalent en volume à de hautes montagnes ont du sortir dû Valais, car il s'en est répandu jusqu'aux environs de Bâle et au delà de Lyon. Aussi le Valais devrait-il être étudié avec grand soin. Messieurs Dufour et Forel ont donné une petite carte des moraines voisines du glacier actuel du Rhône. Ils ont retrouvés les moraines de 1818 et celles de 1856 qui sont bien évidemment composées de blocs erratiques.¹ Nous devons encore mentionner sur le Valais le beau travail de Monsieur Gerlach.² Une partie de l'ancien glacier du Rhône après avoir traversé la portion orientale du lac de Genève s'est avancée au nord par le canton de Vaud. Monsieur Lochmann a

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat. 1871, X, 680.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Mém. Soc. helvét. des Sc. nat. 1869, XXIII.

donné en 1869 un Rapport sur les travaux exécutés dans cette région. Nous avons pu également copier les notices ou mémoires suivants.

- 1) Sur les environs de Gryon par Monsieur le professeur Renevier.
- 2) Sur les environs de Clarens par Monsieur Langenbach.
- 3) Sur les environs de Vevey par Monsieur Schnetzler.
- 4) Sur la commune de Puidoux.
- 5) Sur les environs de Lausanne par Monsieur le docteur de la Harpe.
- 6) Sur les environs d'Allaman, de Ballens et de Bière par Monsieur le pasteur Vionnet, il n'y a pas moins de 152 blocs indiqués dans ce travail. Monsieur Vionnet qui est maintenant président du Comité des blocs pour le canton de Vaud s'occupe non seulement à dresser la carte du terrain erratique et à faire de la propagande pour répandre cette étude, mais encore il fait une fort belle collection photographique des blocs les plus intéressants.
- 7) Sur les environs d'Aubonne par Monsieur le docteur Nicati, les masses erratiques y sont nombreuses et le terrain glaciaire très-puissant.
- 8) Sur le territoire de Cossonay par Monsieur Dumur; 150 blocs y sont indiqués. Quelques-uns sont des plus remarquables; entre autres les suivants: bloc de Cornans, Pierre à Milliet, Pierre de la cible, Pierre de la Praz et Pierre Pouilleuse. Ils mériteraient d'être conservés. Il semble que le pied du Jura est une région dans laquelle les blocs à écuelles sont moins rares qu'ailleurs, car dans le travail de Monsieur Vionnet et dans celui de Monsieur Dumur, ces savants en signalent.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat. 1869, X, 185.

- un grand nombre. Monsieur Dumur a reconnu la présence de grandes moraines aux environs de Cossonay.
- 9) Sur les environs de Vallorbes par Monsieur le docteur de la Harpe.
- 10) Sur les environs d'Yverdon et du village de Bullet par Monsieur Duvoisin.
- 11) Sur le district d'Avenches par Monsieur Caspary.

On nous fait espérer que Monsieur le pasteur Chavannes aura sous peu terminé son travail sur les environs de Bex; Monsieur Joly, ancien conseiller d'Etat, a terminé le sien dans le district de Moudon, Monsieur Marguerat s'occupe des environs d'Oron, Monsieur Malherbes de ceux de Bonvillards et Monsieur Vionnet de ceux de Gimel et de l'Isle.

Dans le canton de Fribourg une grande partie du sol erratique a été apportée par le glacier du Rhône. Monsieur le curé Chenaux a travaillé avec zèle à la carte et à la conservation des blocs. Il nous a signalé bon nombre de ceuxci dans les environs de Bulle et il a décidé le conseil municipal de cette ville à ne plus permettre l'exploitation des blocs sur les terrains qui lui appartiennent. Sur la demande de Monsieur Chenaux quelques autres beaux blocs ont été conservés et donnés au Musée d'histoire naturelle de Bulle. Enfin il a cherché à faire comprendre aux populations quelquefois un peu superstitieuses au sujet des blocs, l'intérêt qui s'attache a leur observation.

Monsieur le professeur Pahud, dont nous déplorons la mort, s'était adonné avec passion à l'étude du terrain erratique. Il avait rédigé une *Instruction* destinée à indiquer la manière d'observer les blocs, et il a publié quelques articles dans le journal *Le Chamois* (mars 1870, N°. 3; juillet 1871, N°. 7). Dans un travail manuscrit qui m'a été communiqué, Monsieur Pahud décrit une centaine de blocs dans un rayon de 15 kilomètres autour de Fribourg. Parmi ceux

indiqués dans ce travail les plus élevés sont à 1000 à 1200<sup>m</sup> au-dessus du niveau de la mer.¹

Nous avons déjà parlé des environs de Berne. Dans la partie septentrionale de ce canton nous avons vu, comme beaucoup d'autres, sur les collines du Steinhof et du Steinberg les grands blocs qui reposent sur la molasse et qui sont entourés de débris erratiques appartenant aux quatre roches les plus caracteristiques des Alpes du Valais, l'arkésine, le gneiss d'Arolla, la serpentine et le quartzite.

Monsieur le conseiller Bider nous a signalé la présence de roches du Valais plus au Nord dans les environs de Langenbruck. Elles ne sont pas aussi enfoncées dans l'intérieur du Jura que celles de Wildenstein dont j'ai parlé il y a deux ans, mais elles n'en sont pas moins en arrière de la première chaine à une élevation de 600 à 700 mètres. Ces blocs ne peuvent être arrivés là que par la cluse de Balsthal ou en franchissant la chaine du Weissenstein dont le sommet est à 1400<sup>m</sup>. Cette dernière route qui n'exclu pas la première est très-admissible si on considère que non loin du Weissenstein, Monsieur le professeur Lang et Monsieur l'ingénieur Denzler signalent au Burenkopf près du Burenberg à la hauteur de 1217<sup>m</sup> un bloc de granit à Feldspath rose<sup>2</sup> et que Monsieur Lang a trouvé au Brandt près Herbetswyl en arrière du Weissenstein un bloc d'arkésine de 470 p. cubes à 800<sup>m</sup> d'élévation. La ville de Soleure qui est à peu près au niveau de la plaine est à 430<sup>m</sup>, en sorte que l'épaisseur minimum de la glace s'appuyant ici contre le Jura a été d'environ 800<sup>m</sup>. C'est un fait capital

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Dans Le Chamois il a été publié un article signé J. R. sur le fameux bloc de Pierre à Fortscha. Février 1869.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Il paraît même qu'il y a quelques petits blocs plus élevés Coup d'œil sur les travaux de la Société jurassienne d'émulation 1846, p. 42.

— Dans mon article sur l'existence de l'homme à l'époque tertiaire (Archives des Sc. phys. et nat, Genève, février 1870) j'ai indiqué à tort. 1352 mètres comme étant la hauteur du bloc du Burenberg.

car cette puissance verticale de la glace nous autorise à conclure que la puissance horizontale, c'est-à-dire l'étendue du glacier du côté du nord de la Suisse a été fort grande, ce qui est tout à fait d'accord avec la présence des roches du Valais dans le Frickthal, canton de Bâle.

Sur les flancs du Chasseral au-dessus de Nods la limite supérieure des blocs n'est pas aussi élevée qu'au Burenberg, elle ne dépasse pas 1070 à 1100<sup>m</sup> d'après Monsieur Gilliéron.

Pour chercher à être complet sur les travaux relatifs au terrain erratique je rappelerai que dans la dernière session de notre Société à Soleure Monsieur le professeur Mühlberg d'Aarau nous a présenté, les feuilles III et VIII de la carte fédérale avec des couleurs indiquant la distribution du terrain quaternaire en Argovie et il nous a donné des renseignements d'une grande valeur. Il nous signale la destruction d'un trèsbeau bloc nommé l'Oedenholz.

Nous n'avons pas eu beaucoup d'observations sur le terrain envahi par la branche du glacier du Rhône qui s'étend par Genève en France. Près de Divonne j'ai remarqué des moraines d'anciens glaciers du Jura.

Monsieur Chanel, ingénieur, nous a indiqué quelques blocs erratiques dans le Pays de Gex, l'un deux, celui de Rianmont est à 850<sup>m</sup> au-dessus du niveau de la mer.

Monsieur le professeur Colladon a pu démontrer de la manière la plus positive, au moyen d'une couche horizontale de gravier qui repose sur les couches inclinées de l'alluvion des Tranchées à Genève que les eaux du lac ont été à l'époque post-glaciaire, à 28<sup>m</sup>,34 au-dessus des eaux moyennes actuelles du lac. La précision de cette démonstration est remarquable.

Messieurs Falsan et Chantre qui, vous le savez, examinent le terrain erratique de la limite de la Suisse près de Genève jusqu'au-delà de Lyon ont fait connaître une partie du résultat de leurs études. ¹ Ils ont trouvé des

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Archives des Sc. de phys. et nat. XXVI, 360.

traces du glacier du Rhône dans les montagnes du Bugey et dans les plaines de la Bresse, ce sont des blocs erratiques très-volumineux et des moraines telles que celles de la forêt de Seilon et du camp de Sathonay.

Je rappellerai un calcul fait par Monsieur Edouard Collomb en 1868. Il est relatif à l'eau qui s'écoulait des anciens glaciers du Rhône et de l'Arve lorsqu'ils s'étendaient jusqu'à quelques lieues en aval de Genève et qu'ils présentaient une surface de 15000 kilom. carrés. Par comparaison avec des jaugeages faits sur l'eau des glaciers actuels Monsieur Collomb pense que le volume de l'eau sortant de ces anciens glaciers était de 605 millions de mètres cubes par jour soit 7000 m. c. par secondes transportant 86000 quintaux mètriques de matières solides par jour. Comme point de comparaison on peut rappeler que le Rhin a débité 4685 m. c. d'eau par secondes dans l'une de ses grandes crues. Nous pensons que le chiffre donné par Monsieur Collomb doit être regardé comme un minimum.

En Ecosse, notre entreprise a eu des imitateurs. Monsieur Milne Home d'Edinbourgh s'est mis à faire la carte des terrains quaternaires et des blocs erratiques, il s'occupe également de leur conservation. La Société royale d'Edimbourg lui a donné son appui, ainsi que l'association britannique et celle-ci s'adressera au gouvernement pour la protection des blocs. Le plan de Monsieur Milne Home est le même que le nôtre.<sup>2</sup>

Vous voyez, Messieurs, par ce rapport, dans lequel je ne vous ai point répété toutes les lamentations que j'ai reçues au sujet de la destruction des blocs, que durant les deux années qui viennent de s'écouler, il y a eu en Suisse des localités qui ont été savamment étudiées, d'autres qui ont

<sup>1</sup> Comptes Rendus de l'Acad. 1868 t. 67, p. 688.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> The Scotsman, 9 août 1871.

été l'objet d'observations éparses, d'autres pour lesquelles on donne des espérances et d'autres enfin où il ne se fait rien du tout. Je m'adresse aux habitants de ces dernières localités et je leur dis: "Comment est-il possible que pas un "de vous ne mette de l'intérêt ni à la conservation ni à la "carte des blocs; cette étude, tout en étant facile, présente "assez d'intérêt pour qu'un grand nombre de gens s'en soient "occupés et s'en occupent encore. Si vous ne prenez aucune "précaution pour conserver les masses erratiques ou leur "souvenir, il arrivera ce que j'ai observé à Sachseln: les "beaux blocs ont disparu exploités par les graniteurs, les "graniteurs ont disparu à leur tour et personne ne se sou-"vient plus de la position et à peine de l'existence de ces "blocs. Cette fin obscure est assurée à tous les blocs de la "Suisse si on n'y porte remède. Si, au contraire, on en con-"serve, les localités qui les posséderont dans quelques vingt "ans deviendront un objet de curiosité."

Il serait à désirer que les gouvernements de la Suisse imitassent l'exemple de ceux de Neuchâtel, de Berne, de Fribourg et d'Argovie et que les municipalités fissent comme celles de Neuchâtel, de Bienne, de Boudry, de Soleure et de Bulle qui ont décidé que les blocs ne seraient plus exploités dans les forêts qui leur appartiennent. Si les uns et les autres prenaient une décision semblable ce serait un grand avantage pour les blocs et un plus grand encore pour les forêts. En terminant, permettez moi, Messieurs, de vous faire une demande. Pour amener plus d'unité dans la conservation des blocs erratiques je vous propose de nommer une commission ou de charger la commission de la carte géologique de s'entendre sur ce sujet avec les gouvernements des différents cantons de notre pays.

P. S. A la suite de ce rapport la Société helvétique des Sciences naturelles a décidé de charger la commission de la carte géologique de la Suisse de s'entendre avec les divers gouvernements des cantons de ce pays pour la conservation des blocs erratiques.

# Blocs erratiques

dont la conservation est assurée.

#### Canton de Zurich.

- 1. Pierre des sacrifices d'Hegsruti, commune de Gossau  $C^*$ ) = Société des Antiquaires de Zurich; transporté à Zurich.
- 2. Près Oberholz, conglomérat de la vallée de Sernft, 3 à 4 m. c. V = des montagnes situées entre le lac de Wallenstadt et de la vallée de la Linth supérieure. C = Messieurs Schaufelberg et Oberholzer de Wald. a = Société d'histoire naturelle de Zurich.
- 3. Devant le palais de justice de Zurich; calcaire de Quinten sur les bords du lac de Wallenstadt, 10 m. c.; a = ville de Zurich.
- 4. Au café du Safran à Zurich, calcaire de Quinten. a = Société du Safran, sert de fondation à la maison.
- 5. A Rothenfluh, sur le plateau entre Embrach et la vallée de la Töss. Conglomérat rouge du verrucano, 7 m. c.  $V = \text{Berg\"{u}n}$  (Grisons). C = Monsieur A. Escher.  $a = \text{Soci\'{e}t\'{e}}$  d'histoire naturelle de Zurich.
- 5. Au-dessus d'Erlenbach, rive orientale du lac de Zurich. Spilite? 60,000 p. c.; V = montagnes entre la vallée de la Linth et celle de Sernft. c. d.

<sup>\*)</sup> Les abréviations employées dans ce tableau sont les suivantes: C signifie conservé ou protégé par. Lorsque le nombre des blocs n'est pas indiqué il n'est question que d'un seul bloc. V = venant de; on reconnait la provenance à la nature de la roche, ce qui laisse quelques fois de l'incertitude. a = appartenant à; c d = conservation encore douteuse.

# Canton de Schwytz.

1. Près d'Ebnet chez Monsieur A. Reding de Biberegg, Granit, 20 p. de haut, 67 p. de circonférence. V= val. sup. de la Reuss. C= par le propriétaire durant sa vie.

## Canton d'Argovie.

1. Tous les blocs situés dans le domaine de l'État et qui présentent de l'intérêt seront conservés.

2. Le Fischbank ou Römerstein près Lenzbourg. Granit 5000 p. c., autrefois 10000 p. c.; V= canton d'Uri. C= municipalité de Lenzbourg.

3. Près Kunten. C = par suite de l'établissement d'un signal trigonométrique.

## Canton de Soleure.

- 1. Sur la colline de Riedholz et aux environs de Sainte-Vérène, 228 blocs de granit de la chaîne du Mont-Blanc. C= le Conseil d'administration de la ville de Soleure.
- 2. Au Steinhof près Herzogenbuchsee, arkésine, 60,000 p. c. V= vallée des Anniviers en Valais. Acheté à la commune pour 400 frcs. donné aux écoles; a= soc. d'hist. naturelle de Soleure.
- 3. Sur le Rucheckberg dans le Burgerwald au-dessus de Luterswyl. Gneiss 24,000 p. c.; V= Valais.  $c.\ d.$

## Canton de Neuchâtel.

1. Le gouvernement de ce canton a fait marquer les plus beaux blocs situés dans ses forêts et a donné des ordres pour qu'ils ne fussent pas exploités.

2. La municipalité de Neuchâtel a fait défense d'exploiter les blocs qui se trouvent sur son territoire. Ils sont beaux et nombreux.

3. La municipalité de la commune de Boudry a décidé qu'elle n'autoriserait plus l'exploitation des blocs sur ses propriétés.

- 4. Pierre à Bot près Neuchâtel; 40,000 p. c. Granit. V = de la chaîne du Mont-Blanc. a = commune de Neuchâtel.
- 5. Au-dessus de Chambreillin. Granit. 29 p. long; 28 de l., 11 p. de h. V = chaîne du Mont-Blanc. C = commune de Boudry. a = cette commune.
- 6. Pierre des Sommaz entre les Rasses et Bullets près Sainte-Croix. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc. a = club jurassien, situé à 1170<sup>m</sup> au-dessus du niveau de la mer.
- 7. A la ferme de Jougne près la Tourne. Gneiss. 11 p. de long; 5 de l. et 3 de h. Monsieur de Rougemont a promis de le conserver. a = Monsieur de Rougemont.
- 8. Commune de Rochefort 2 blocs à 400 pieds au-dessus des Tablettes de la Tourne. Granit; l'un d'eux a 50 mètres cubes, l'autre 150 m. c.; V = chaîne du Mont-Blanc. C = commune de Rochefort. a = cette commune. Nommé Arnold Guyot.
- 9. Commune de Rochefort près Cerniat. Granit. 3 m. de 1.; 2,5 de 1. et 1,5 de h.; V = chaîne du Mont-Blanc. C = commune de Rochefort. a = à cette commune.
- 10. Au-dessus des Grattes. 3 blocs. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc. C = la commune de Rochefort. a = cette commune.
- 11. Commune de Corcelles et Cormondrèche. 5 blocs. Granit? C = la commune et lui appartenant.
- 12. La commune de Bole a décidé (le 12 juin 1864) qu'elle ne laissera pas exploiter la Pierre de Mont Boudry; granit. V = chaîne du Mont-Blanc.
- 13. Plusieurs particuliers conservent de beaux blocs sur la montagne de Chaumont près Neuchâtel.

### Canton de Berne.

1. Le gouvernement a décidé le 14 mai 1868 que tous les blocs situés sur les propriétés de l'État seraient protégés et que les plus importants d'entre eux seraient conservés.

- I. Terrain erratique de l'ancien glacier de l'Aar
- 1. Au Luegiboden vallée d'Habkern. Granit rouge de 300,000 à 400,000 p. cubes. Exotique. C= souscription et donné au Musée de la ville de Berne. On en a envoyé un fragment pour la construction du Capitole de Washington.
- 2. Sedelbach au nord de Berne. Gneiss. V= vallée de Gadmen; nommé bloc de Tavel.
- 3. Un autre bloc, au même endroit, nommé bloc de Gaudard.
- 4. Au chemin de Lutzeren à Hüttschen, près des précédents, nommé bloc de Marquart.
- 5. Même localité. Granit. 3000 p. c.; V = Grimsel; nommé de Graffenried.
  - 6. Même localité. Nommé de Gruber.
- 7. Même localité, montagne d'Urtenen. Gneiss de 4000 p. c.; V = Grimsel; nommé de Greyerz.

Les 6 derniers blocs appartiennent au département des forêts de la Bourgeoisie de Berne.

- 8. Près du Château de Sinneringen à l'est de Berne. Granit (enterré). V= Grimsel. a= Madame de Bonstetten.
- 9. A la limite sud de l'Amslenberg. Gneiss. 5000 p. c. V = vall'ee de Gadmen. a = Monsieur de Sturler.
- 10. Sur le Gurten dans la propriété de l'établissement Victoria. Gneiss. 300 p. c.; V = du Finsteraarhorn. a = Musée d'histoire naturelle de Berne.
- 11. Quelques blocs moins considérables seront arrangés en groupe dans l'établissement Victoria.
- 12. Stempbach près Boll. Marbre. V = Rosenlaui ou de la vallée de Gadmen. a = Musée d'histoire naturelle de Berne.
- 13. Sur le Hondrichberg à l'est de Wimmis. Granit. 700 p. c.; V = Grimsel ou de Gasteren.  $c.\ d.$
- 14. Sur le Bindel pas loin de Wimmis. Granit. 21 p. de 1.; 15 de 1.; 12 de h. V = de Gasteren.  $c.\ d.$ 
  - 15. Saint-Beatenberg. Granit. V = Grimsel. c. d.

- II. Terrain erratique de l'ancien glacier du Rhône.
- 16. Bienne. Le Conseil de la Bourgeoisie a décidé la conservation des blocs erratiques dans les propriétés de la ville.
- 17. Au Burgwald près Attiswyl. Granit. 8000 p. c. V = chaine du Mont-Blanc. C = La Bourgeoisie d'Attiswyl. a = Musée d'histoire naturelle de Berne.
- 18. Pierre Grise près Bienne. Granit. 15 p. de diam., 9 p. de h. V = chaîne du Mont-Blanc. C = Conseil de la Bourgeoisie de Bienne. a = cette Bourgeosie.
- 19. Hohlestein près Twann. Granit. 7500 p. c. V = chaîne du Mont-Blanc. C = Conseil de la Bourgeoisie de Twann. a = Musée de Berne.
- 20. A Noville, pierre monumentale de Monsieur Montaigut. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc.
- 21. A Wallachern près Steinhof; 15 p. de l.; 12 p. de l.; 30 p. de h. Arkésine. V = Valais. Limite entre le territoire de Burgdorf et celui de Wangen.
- 22. Le Teufelsburde sur Jolimont. Arkésine. 20000 p. c. V = Valais. Forêt de l'État.
- 23. Le Grand Heidenstein. Gneiss. 20000 p. c. V = Valais. Forêt de l'État.
- 24. Le Petit Heidenstein. Gneiss. 10000 p. c. V = Valais. Forêt de l'État.
  - 25. Le Dachsentein. V =Valais. Forêt de l'Etat.
- 26. A l'ouest du sommet de Burenberg près Dotzigen. Quartzite. V = de Turtmann (Valais). a = Conseil de la Bourgeoisie de Dotzigen.
- 27. A Affoltern près Burgdorf. Poudingue de Valorsine. V = Valais. Employé dans la construction d'un clocher.
  - 28. Au Ruggisberg. Grès à Anthracite. c. d.
- 29. A Bözingen près Bienne. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc.  $c.\ d.$

## Canton de Fribourg.

- 1. Le Conseil d'État, dans sa séance du 9 juillet 1869, a décidé de donner des ordres pour que les blocs erratiques situés dans les forêts cantonales soient conservés.
- 2. Le Conseil municipal de la ville de Bulle a également décidé de ne plus permettre l'exploitation des blocs sur les terrains qui lui appartiennent.
- 3. Sous Enthon au coin de la Roche Parée au bord de la Trême. Poudingue de Valorsine.  $7^m$  de l.; 4 de l. et 3 de h. V = Valais. C = Conseil municipal de Bulle. a = Musée de Bulle.
- 4. Dix pas plus bas près de la Trême. Poudingue de Valorsine.  $3^m,5$  l.;  $2^m$  l. et  $2^m,5$  de h. V = Valais. C = Conseil municipal de la ville de Bulle. a = Musée de Bulle.
- 5. Cinq pas plus bas près de la Trême. Granit.  $4^m$  de l.,  $4^m$ ,2 de l., et  $3^m$  de h. V = chaîne du Mont-Blanc. C = Conseil municipal de Bulle. a = Musée de Bulle.
- 6. Vis-à-vis Enzouna bliantze près la Trême. Poudingue de Valorsine.  $6^m$ ,5 de l.,  $3^m$  de l., et  $2^m$  de h. V = chaîne du Mont-Blanc. a = Conseil municipal de Bulle. Musée de Bulle.
- 7. A la Riobertou à quelques pas au-dessus du Châlet. Granit.  $3^m$ ,5 de l.,  $3^m$  de l., et  $2^m$  de h. V = chaîne du Mont-Blanc. C = Conseil municipal de Bulle. a = Musée de Bulle.

#### Canton de Vaud.

- 1. Pierre à Cambot près Romanel. Municipalité de Lausanne.
- 2. Pierre Pouilleuse. Jade 8<sup>m</sup> de l., 4<sup>m</sup> de l., et 4<sup>m</sup> de h. Désignée sur des plans comme servant de limite entre trois communes.
- 3. Pierre à Coulet près Saint-Prex. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc. a = Gouvernement.

- 4. Près de Begnins. Serpentine. V = Valais. a = le gouvernement.
- 5. A Chavanton entre Rovray et Yvonand. 4<sup>m</sup> de l., 3<sup>m</sup> de l., 2<sup>m</sup>,6 de h. Sert de limite à deux communes.
- 6. Bloc Monstre. Aux Devens près Bex. Calcaire  $18^m$  de l.,  $16^m$  de l., et  $20^m$  de h. V = vallée de l'Avençon. Donné par la commune de Bex à J. de Charpentier.
- 7. On fait espérer la conservation de plusieurs blocs à écuelles dans le domaine d'Outar près Gimel.

Quoique la conservation de la Pierre aux écuelles de Mont-la-Ville et celle de la Praz ait été annoncée dans le rapport de Monsieur Lochmann (Bull. Soc. vaud. des Sc. nat. 1869, X, 187), il paraît qu'elle n'est pas encore ratifiée.

#### Canton du Valais.

- 1. A Monthey. Granit. V= chaîne du Mont-Blanc. Donné par Monsieur Briganti à la Société helvétique des Sciences naturelles; conservé par le conseil municipal de Collombey-Muraz.
- 2. A Monthey. 2 blocs. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc. a = gouvernement du Valais. Conservés en mémoire de Venetz et de Charpentier.
- 3. A Valère à Sion. 1 bloc. a = gouvernement du Valais. Conservé en mémoire de L. de Buch et de Charpentier.

## Canton de Genève.

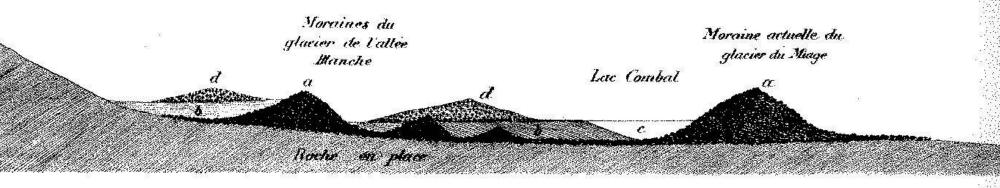
1. Pierre à Niton. Dans le port de Genève. Granit. V = chaîne du Mont-Blanc. a = gouvernement. Sa conservation est regardée comme nécessaire parce qu'elle porte une plaque de bronze (élevée de  $371^{\rm m},05$  au-dessus du niveau de la mer dans le port de Marseille) qui sert de base aux mesures hypsométriques en Suisse.

# Département français de la Haute-Savoie.

- 1. Près Aizery, Pierre de Beauregard. Granit. V= chaîne du Mont-Blanc. C= Monsieur Bonneton; donné par lui à la section genèvoise du Club alpin Suisse.
- 2. Les 150 blocs dont Messieurs Soret et Favre ont demandé la conservation aux autorités du département de la Haute-Savoie ne sont pas encore marqués d'une manière ineffaçable.

#### ALLÉE BLANCHE

Col de la Seigne



- a = Moraines déposées au commencement du viecle avant le retrait actuel des glaciers.
- B = Alluvions actuelles reposant our le terrain glaciaire.

  c = Lac Combal qui vera bientôt comblé par les alluvions.
- d = Moraines qui se déposeront sur les alluvions lorsque les glaciers reprendrent l'extension qu'ils avaient au commencement du vicele

# Leere Seite Blank page Page vide

# Beitrag

zur

# Chemie der natürlichen Wasser,

von

Prof. Dr. Friedr. Goppelsræder.

(Der am 22. August in der chemisch-physikalischen Sektion gehaltene Vortrag im Auszug.)

1866 habe ich in der physikalisch-chemischen Sektion unserer Versammlung in Neuchâtel die Resultate meiner Untersuchungen des Grund-, Bach-, Fluss- und Quellwassers Basels und meine Ansichten über die für die Hygiene wichtigen Punkte in der Trinkwasserfrage überhaupt mitgetheilt. (Siehe auch Verhandlungen der Baslerischen naturforschenden Gesellschaft 1867.) In meinem diessjährigen Vortrage konnte ich eine Lücke in meiner Arbeit ausfüllen, indem es mir gelungen ist, eine praktische Methode zur genauen quantitativen Bestimmung der Salpetersäure in den Wassern in Anwendung zu bringen. Die bis dahin in Vorschlag gebrachten Bestimmungsmethoden haben nicht gleich grossen praktischen Werth, denn bei einer Statistik des ökonomisch und industriell verwendeten, sowie auch des atmosphärischen Wassers, handelt es sich um zahlreiche Bestimmungen, für welche die-

jenige Methode ausgesucht werden muss, welche mit grosser Genauigkeit auch möglichst grosse Einfachheit und schnelle Ausführbarkeit vereiniget. Es ist mir nun gelungen, einer von Herrn Professor Marx in Stuttgart (siehe IV. Heft des 7. Jahrganges der Fresenius'schen Zeitschrift für analytische Chemie, Seite 412) angegebenen Methode durch eine einfache Abänderung in der Reihenfolge der miteinander zu mischenden Stoffe auch die erstere Eigenschaft beizubringen. Schon am 27. Oktober 1869 habe ich darüber unserer Basler Gesellschaft Mittheilung gemacht. (Siehe Verhandlungen derselben 1871, V. Theil, III. Heft, sowie 1870 Sitzungsberichte der kgl. bayer. Akademie der Wissenschaften, Fresenius'sche Zeitschrift und Erdmann's Journal.) Ich komme hier nicht auf die Methode zurück. Auch Herr A. Scheurer-Kestner in Thann ist bei Prüfung meiner Methode im Auftrage des Comité de Chimie zu Resultaten gelangt, welche mit den meinigen übereinstimmen. (Siehe Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, Juni 1870.) Während ich nun bei meinem Vortrage in Frauenfeld die periodischen Wasseruntersuchungen tabellarisch geordnet vorführte, erwähne ich hier bloss die Hauptresultate.

Minimalgehalt und Maximalgehalt an Salpetersäure eines Liters der verschiedenen Wasserquellen Basels stellten sich bei periodischen Untersuchungen während 1870 und 1871, in Grammen ausgedrückt, so heraus:

Beim Grundwasser Klein-Basels 0,0015 bis 0,041 Gramme, " Gross-Basels 0,013 " 0,400 "

" Quellwasser, das von aussen in die Stadt geleitet ist, 0,001 bis 0,044 Gramme.

Nirgends fehlen die Nitrate, ja selbst in ausgezeichneten Quellwassern erhalten wir zum Theile starke Reaktionen. Die Nitrite sind oft gar nicht, oft in minimer, oft aber in grösserer Menge vorhanden, je nach der Herkunft des Wassers. Bei meinen bisherigen Untersuchungen fand ich, dass reine Quellwasser höchstens eine schwache Reaktion auf Nitrite geben, meist nur eine spurenweise oder gar keine. Immer beweist ein Gehalt an Nitraten und Nitriten, welcher grösser als der in von Fäulniss- und Verwesungsheerden unabhängigen Quellen ist, dass eine Verunreinigung durch lokale Einflüsse stattgefunden hat, sei es nun durch Abtritte oder Dohlen, Cisternen oder Ställe, durch Gewerbe oder sonstige Ursachen. Immer erregt die Anwesenheit einer über Spuren hinausgehenden Menge Nitrits allermindestens den Verdacht in mir, dass das Wasser in erheblichem Maasse durch organische Stoffe verunreinigt ist, und wenn nichtimmer, so wird doch meistens diese Vermuthung bestätigt. Die Anwesenheit von Nitrit ist für mich das Zeichen der chemischen Thätigkeit, resp. der Beweglichkeit der Atome der im Wasser enthaltenen organischen Stoffe. Die Nitrite sind stets als Zwischenstufe eines, sei es pro-, sei es regressiven chemischen Umwandlungsprozesses zu betrachten. Ein Wasser, welches grössere Mengen Nitrit enthält, sollte als Trinkwasser verworfen werden, ebenso solches, welches eine mehr als normale Menge von Nitraten enthält. Ueber die Grenze kann man nun freilich verschiedener Ansicht sein. Bei den Trinkwassern Basels betrachte ich die in den von auswärts in die Stadt geleiteten Quellwassern enthaltene Salpetersäuremenge als die normale.

Periodische Untersuchungen über den Stand und Gehalt des Grundwassers sind bekanntlich von grossem Interesse; dieselben müssen aber in Kürze ausgeführt werden können, da es sich hier um die Untersuchung möglichst vieler Wasserproben in möglichst kurzer Zeit handelt. Um über die Verunreinigung eines Wassers durch Dohlen, Cisternen, Abtrittgruben u. s. w. mit wenigen Mitteln und in kurzer Zeit Aufschluss zu erlangen, empfehle ich folgende 6 Operationen:

!) Die Bestimmung der Menge der festen Bestandtheile, wobei sowohl die Menge des bei 100° C. getrockneten Rückstandes eines Liters Wasser als auch der Verlust beim Glühen desselben anzugeben ist. Sowohl die Farbe des Rückstandes des Wassers als auch die Erscheinungen beim Glühen sind zu beobachten.

- 2) Die Nitrit- und die vereinigte Nitrit- und Nitratreaktion nach Schönbein.
- 3) Die Titration mit Kalipermanganatlösung, mit und ohne Schwefelsäurezusatz.
- 4) Die Reaktion mit Silber- oder Goldlösung.
- 5) Die Reaktion auf Schwefelwasserstoff und Ammoniak (frei und gebunden).
- 6) Die Titration der Salpetersäure mit Indigolösung.

Dadurch erlangen wir einerseits Aufschluss über das Maass der Verunreinigung, anderseits über den Grad der Veränderlichkeit der organischen Stoffe, womit wohl deren physiologischer Charakter auf's engste verknüpft ist. Wenn einerseits die Ermittelung der Quantität der Verunreinigungen eine gewisse Bedeutung hat, so ist anderseits die Ermittelung der Qualität derselben von grosser Wichtigkeit. Es ist jedoch bis heute nur möglich, über den Grad der chemischen Wirksamkeit der verunreinigenden organischen Stoffe Aufschluss zu erlangen, wozu Nr. 3, 2 und 4 vortreffliche Mittel bieten. Die Bestimmung der Menge der festen Bestandtheile und des Glühverlustes, sowie die Bestimmung der Menge der Salpetersäure hat ebenfalls einen entschieden praktischen Werth, um über das Maass der Verunreinigung sich ein Urtheil zu bilden. Näheres über obige 6 Bestimmungsmethoden und Reaktionen findet sich in meinen oben erwähnten Arbeiten.

Bei Untersuchung anerkannt reiner Quellwasser verschiedener Gegenden fand ich als Gehalte an Salpetersäure (N<sup>2</sup> 0<sup>5</sup>) pro Liter: 0,0002 bis 0,013 Gramme. Bezüglich näherer Angaben verweise ich auf meine demnächst in Frerenius' Zeitschrift und Erdmanns Journal erscheinende Arbeit.

Bei Bach-, Fluss- und Seewasser ergaben sich folgende Gehalte an N<sup>2</sup> 0<sup>5</sup> in Grammen pro Liter Wasser: Titisee, Schwarzwald, 10. Aug. 1871, 0,0008 Gramme, Schluchsee, Schwarzwald, 10. Aug. 1871, 0,001 Gramme, Seebodenwasser bei Lenzkirch, 8. Aug. 1871, 0,001 Gramme, Wiesewasser bei Basel, 30. Juli 1871, 0,0005 Gramme,

" bei Maulburg, 28. Juli 1871, 0,0007 Gramme, Erdgolz, oberhalb Liestal, 0,003 Gramme, Aarwasser, bei Olten, 0,001 Gramme, Birswasser, zwischen Mönchenstein und Dornach, 30. Juli, 0,002 Gramme,

bei Birsfelden, am selben Datum, 0,002 Gramme, bei St. Jakob, dito, 0,0009 Gramme,

Birsig, bei Binningen, dito, 0,005 Gramme,

Rheinwasser an verschiedenen Punkten bei Basel, auch am 30. Juli, 0,0003 bis 0,0009 Gramme,

Vierwaldstättersee bei Beckenried, am 12. Oktober 1870, 0,002 Gramme.

Ich bin in meinem Vortrage hernach übergegangen zur Besprechung der Chemie der atmosphärischen Niederschläge und besonders deren Gehaltes an Salpetersäure, will jedoch hier auch nur die Hauptresultate meiner Untersuchungen mittheilen, indem ich auf die bezüglichen Publikationen in unseren Basler Verhandlungen, sowie in Fresenius' Zeitschrift und Erdmanns Journal von diesem Jahre verweise. seinem Kreislaufe, nicht nur durch die porösen Erdschichten, wo es mit flüssigen und festen Stoffen und auch mit der an Fäulniss- und Verwesungsgasen oft so reichen unterirdischen Luft zusammenkommt, sondern auch bei seiner Wanderung durch die atmosphärische Luft, ja schon während des Verdampfungsprozesses an der Erdoberfläche und während seiner Erzeugung beim Verbrennungs- und Verwesungsprozesse, also schon in jenem Zeitpunkte seines Kreislaufes, wo es die feste Erde verlässt, um seine Wanderung durch das Luft-

meer anzutreten, nimmt das Wasser gewisse andere Stoffe, wenn auch nur in geringer Menge, in sich auf und wird zum Träger einiger chemischen Verbindungen, welche zum Theile zu wichtigen direkten Nährstoffen der Pflanzen-, indirekt der Thierwelt gehören. Und ist dann das Wasser in Dampf- oder Dunstbläschenform, so nimmt es weiter noch eine Reihe von in die Luft gelangten Produkten der Fäulniss und Verwesung auf, auch die beim Durchschlagen des mächtigen elektrischen Funkens, des Blitzes, durch die Luft gebildete Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung, um schliesslich bei seinem Falle als Regen, Schnee etc. noch mehr die Luft von ihren Verunreinigungen zu befreien. Die atmosphärischen Niederschläge bieten desshalb auch dem Chemiker Interesse und das Studium ihrer Chemie führt uns zur Erkenntniss jener Stoffe, deren Entstehung nicht als unwesentlich, den Kreislauf des Wassers zufällig begleitend aufzufassen ist. Mit dem Kreislaufe des Wassers, mit dem Verdampfungsprozesse des Wassers, mit den meteorologischen Vorgängen in der Luft, sind chemische Vorgänge verknüpft, welche für den Haushalt der Natur eine besondere Wichtigkeit haben.

Für die näher eingehende Analyse der Luft hat die Analyse der atmosphärischen Niederschläge hohe Bedeutung. Die hauptsächlichsten im Regenwasser oder Schnee bis dahin aufgefundenen normalen Bestandtheile sind, abgesehen von höchst geringen Mengen oder Spuren noch nicht näher definirter organischer oder sogar organisirter Stoffe: Wasserstoffsuperoxyd, salpetrige Säure, Salpetersäure und Ammoniak. Dann aber wäre noch zu reden von einer Masse von in Auflösung darin befindlichen oder bloss suspendirten Körpern, deren Anwesenheit entweder schon nachgewiesen wurde oder wenigstens geahnt werden kann, deren Art und Menge abhängig ist von vielerlei Umständen und Verhältnissen, welche auf die Verunreinigung der Atmosphäre einen Einfluss haben können. Ich rede allerdings hier nur von der Chemie der-

jenigen atmosphärischen Niederschläge, welche aus einer Luft fallen, die nicht als eine von lokaler Beschaffenheit, sondern als entstanden durch Durcheinandermischung eines Theiles des Luftmeeres aufzufassen ist. Was speziell die Herkunft der Salpetersäure in den atmosphärischen Niederschlägen anbetrifft, so ist dieselbe das Produkt der vollendeten Oxydation des Stickstoffs; sie ist entstanden entweder aus dem Fäulnissprodukte Ammoniak, oder aus dem Stickstoffe organischer Substanzen oder auch aus dem atmosphärischen freien Stickstoffe durch Einwirkung des durch mancherlei Einflüsse, namentlich durch die atmosphärische Elektrizität gebildeten Neben der Bildung des Ozons geht diejenige des Antozons einher, neben den Oxydationen durch Ozon, neben der Bildung von salpetriger Säure und Salpetersäure, geschieht auch die Oxydation durch Antozon, die Bildung des Wasserstoffsuperoxyds, welches jedoch noch labiler wie die Salpetersäure ist, wenigstens unter gewissen Umständen, wenn zum Beispiele die Salpetersäure nicht frei, sondern als Nitrat vorhanden ist. Wir treffen desshalb Nitrat in jedem atmosphärischen Niederschlage in weit erheblicherer Menge als Wasserstoffsuperoxyd an. Die von mir erhaltenen Resultate der Bestimmung der Salpetersäuremenge im Regenwasser und Schnee seit Oktober 1870 bis Ende September 1871 sind folgende:

| Monat.       | Gesammt-<br>menge                                 | Minir  | num          | Maxi            | mum          |
|--------------|---|--|--------------|-----------------|--------------|
| 1870/71.     | atmosphärischen Nicderschläge, aufgefangen im Om- | des Gehaltes einer Million Theile atmosphärischer Nieder-<br>schläge an: |              |                 |              |
|              | brometer des botan.<br>Gartens zu Basel.          | Salpetersäure.   | Ammonnitrat. | Salpetersäure.  | Ammonnitrat. |
| Oktober 1870 | 101,2 mm  | Spur.  | Spur.        | 13,6 Theile.    | 20,1 Theile. |
| November "   | 123,9 "   | 0,5 Theile.  | 0,7 Theile.  | 1,2 "           | 1,8 "        |
| Dezember "   | 91,2 "  | 0,4 "  | 0,6 "        | 5,3 "           | 7,8 "        |
| Januar 1871  | 37,4 "  | 3,1 "  | 4,6 "        | 5,3 "           | 7,8 "        |
| Februar "    | 38,5 "  | 2,2 "  | 3,2 "        | 4,4 "           | 6,5 "        |
| März "       | 27,5 "  | 2,6 "  | 3,8 "        | 12,3 "          | 18,2 "       |
| April "      | 107,4 "   | 2,2 ,  | 3,2 "        | 4,6 "           | 6,8 "        |
| Mai "        | 41,3 "  | 2,2 ,  | 3,2 "        | 10 "            | 14,8 "       |
| Juni "       | 114,5 "   | 2,3 ,  | 3,2 "        | 6,2 ,           | 9,1 "        |
| Juli "       | 141,4 "   | 0,4 "  | 0,6 "        | 1,1 "           | 1,6 "        |
| August "     | 26,9 "  | 0,08 "   | 0,11 "       | 0,98 "          | 1,4 "        |
| September "  | 41,6 "  | 0,61 , .   | 0,9 "        | 1 "             | 1,5          |
|              |   |  |              | en <sub>e</sub> |              |

Es ergab sich als Minimalgehalt einer Million Theile atmosphärischen Wassers eine Spur von Salpetersäure, resp. Ammonnitrat, als Maximalgehalt 13,6 Theile Salpetersäure, resp. 20,1 Theile Ammonnitrat, worin 7,03 Theile Stickstoff enthalten sind. Frühere Beobachter, nämlich Barral, Bobierre, Boussingault, Bineau und Knop fanden in einer Million Theile atmosphärischer Niederschläge 0,1 bis 16 Theile Salpetersäure.

Für eine Statistik der atmosphärischen Wasser schlage ich folgende Operationen vor:

- 1) Nachweis des Wasserstoffsuperoxyds nach Schönbein, mit Guajaktinktur und Eisenvitriol, welche Reaktion sofort auszuführen ist oder mindestens innerhalb der ersten Stunden.
- 2) Nachweis der salpetrigen Säure nach Schönbein, mit Jodkalium-Stärkekleister in angesäuerter Flüssigkeit, welche Reaktion sofort oder baldigst zu geschehen hat.
- 3) Nachweis des Ammoniaks, resp. der Ammonsalze, mit Sublimat- und Kali- oder Kalikarbonatlösung, welche Reaktion möglichst bald auszuführen ist.
- 4) Titration der Salpetersäure mit Indigolösung.

Bei mehr als Spuren von Nitrit kann auch dessen Menge mit Hülfe von Permanganatlösung, deren Gehalt bekannt ist, bei Anwesenheit von Schwefelsäure, in bekannter Weise bestimmt werden. Etwaige organische Substanzen können nach den gewöhnlichen Verfahren nachgewiesen werden. — Den suspendirten organisirten Theilen ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

An die Bedeutung der verschiedenen in den atmosphärischen Niederschlägen und in der Luft enthaltenen Stickstoffverbindungen für die Pflanzenwelt brauche ich nicht zu erinneren. Als mögliche Quellen des Stickstoffs haben wir zunächst Ammoniak, Nitrate und wohl auch Nitrite. Was

die Menge des durch atmosphärische Quellen gelieferten Stickstoffes anbetrifft, so kommen wir hier auf keine grossen Ziffern.

Von Wichtigkeit wäre es, wenn an möglichst vielen Orten Untersuchungen der atmosphärischen Niederschläge, auch des Eises und Schneees der verschiedensten Höhen, nach einheitlichem Plane ausgeführt würden, wobei nach verschiedenen Methoden geprüft werden sollte. Namentlich wichtig sind das Wasserstoffsuperoxyd, das Ammoniak, die salpetrige Säure und die Salpetersäure, welche im Haushalte der Natur eine wichtige Rolle zu spielen scheinen, deren Anwesenheit wenigstens mit wichtigen Vorgängen verknüpft zu Zu erörtern ist, ob Ammoniak und Salpetersein scheint. säure in den atmosphärischen Niederschlägen stets als Ammonnitrat und Ammonnitrit auftreten oder ob auch freies Ammoniak oder freie Salpetersäure vorhanden sein können. Die Untersuchungen müssen zu verschiedenen Jahreszeiten, in verschiedenen Perioden der Regen- und Schneefälle geschehen, auch Thau, Reif, Hagel sind zu untersuchen. bleibt noch festzustellen, welche quantitative Rolle bei der Stickstoffzufuhr zur Pflanze die langsame Verdampfung des Wassers spielt, ob diese Rolle eine grössere als die der atmosphärischen Niederschläge ist. Es drängt sich die Frage auf, ob vielleicht mit der Verdampfung des Wassers auf den Millionen von Blättern der Wälder eine grössere Reinheit der Luft in deren Nähe in Folge Bildung von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd und Ammonnitrit etc. zusammenhängt. fehlen noch quantitative Untersuchungen über die Verdampfung des Wassers in verschiedenen Medien, zuletzt auch in der Pflanzenzelle. Es fehlt noch die Anwendung des Titrationsverfahrens zur Bestimmung der Menge der Salpetersäure in den Pflanzensäften. Es fehlen chemische Untersuchungen der Gletscherwasser und des Gletschereises, sowie des Schneees der Schneefelder von verschiedenen Tiefen auf die oben genannten Stoffe. Auch da ist die Verdampfung besonders in's Auge zu fassen. Wenn auch die Luft überall gleich gefunden worden ist, so möchten sich doch vielleicht Unterschiede im Gehalte an den erwähnten Körpern herausstellen.

Ich habe hier einige Fragen bloss angedeutet, später können vielleicht von mir und anderen positive Resultate mitgetheilt werden.

## Ueber

# Die Grotte von Hohlefels bei Blaubeuren.

(Vorgetragen von den Herren Professor Escher von der Linth und Profesosr E. Desor in der allgemeinen Versammlung am 21. August.)

I.

# Aus dem Vortrage des Herrn Professor Escher-

Herr Professor Escher berichtet über einen Besuch, den er unlängst in Gesellschaft von Herrn Professor Desor und unter Führung der Direktoren des Stuttgarter Museums, der Herren Professoren Fraas und Kraus, der Grotte von Hohlefels gemacht hat. Der Hohlefels, eine halbe Stunde vom Städtchen Schelklingen gelegen, ist einer jener pittoresken Felsenvorsprünge, welche wie mächtige Burgen in das Thal der Ache hervortreten und manchmal nur durch einen schmalen Rücken mit dem dahinter liegenden Massiv verbunden sind, so dass sie leicht für lose Felsmassen oder Blöcke angesehen werden können. Diese Erscheinung, welche besonders dem obersten Glied der Juraformation und speziell deren dolomitischer Abtheilung eigenthümlich ist, erweist sich als eine Folge von deren Verwitterbarkeit, welche nicht nur die selt-

samsten Formen nach Aussen bedingt, sondern auch vielfache Auswitterungen und Hohlungen im Innern verursacht. Die Grotte, von welcher hier die Rede sein wird, ist eine solche Auswitterung in dem malerischen Felsen von Hohlefels, welcher seinen Namen eben dieser Höhle verdankt.

Die Höhle öffnet sich auf dem rechten Ufer des Thales nur wenige Meter über der Thalsohle, welche hier ganz flach und zum Theil sumpfig ist, in Gestalt eines Thores von doppelter Manneshöhe und ungefähr eben so weit. Die Galerie setzt sich etwas ansteigend, aber mit gleichen Dimensionen, in's Innere des Felsens fort, auf einer Erstreckung von ungefähr 100 Fuss, bis zur grossen Halle, welche die archæologischen Schätze birgt. Diese, von etwas unregelmässiger Gestalt, erreicht eine Höhe von über 50 Fuss bei einem Durchmesser von 70 bis 100 Fuss und mehr. An der Decke hangen ganze Haufen von Fledermäusen, welche nach der Quantität ihrer Abfälle zu urtheilen, seit geraumer Zeit hier ihre Zuflucht gefunden haben müssen. Die Höhle gehört zum ersten Typus oder zum eigentlichen Grottentypus, nach der Klassifikatian von Desor. (Vrgl. weiter unten.)

Die Höhle war nichts weniger als unbekannt; sie soll in früherer Zeit als Steinbruch benutzt worden sein, und möglicher Weise rührt ein Theil der losen Blöcke, welche den Boden bedecken, aus dieser Zeit her. In jüngster Zeit soll sie auch als Herberge für die Arbeiter bei Erstellung der Eisenbahn gedient haben. Von den darin vorkommenden vorhistorischen Ueberresten wusste man zwar nichts Bestimmtes. Indessen lagen doch mehrfache Indicien vor, dass Zähne von Höhlenbären in der Gegend vorkommen, nur wusste man nicht, aus welcher Höhle die einzelnen Zähne herstammten. Dem Eifer und dem Forschersinn von Herrn Professor Fraas ist es zu verdanken, dass deren Fundort endlich ermittelt worden. Er wandte sich an seine sämmtlichen Bekannten geistlichen und weltlichen Standes in Ober-

schwaben und suchte dieselben für die Sache zu interessiren. Endlich ist es Herrn Pfarrer Hartmann in Wippingen nach vielen fruchtlosen Bemühungen gelungen, die Fundstätte der bewussten Zähne zu entdecken, und zwar in der Höhle von Hohlefels, wobei er sich jedoch nicht begnügte, die Oberfläche zu untersuchen, sondern mit Hacke und Schaufel zu Werke ging. Die ersten Fünde bestanden hauptsächlich aus Ueberresten des Höhlenbärs und andern nicht minder interessanten Stücken, die nach Stuttgart geschickt wurden. Die dortige scharfsichtige Direktion des Museums leitete sofort eine methodische, höchst sorgfältige Abgrabung des Inhalts der Höhle ein, bei der es sich jedoch, wie in andern ähnlichen Fällen, ergab, dass die Knochen und selbst die Zähne nur im untersten nassen Theile der Höhle hinlänglich erhalten waren, um eine Exploitation zu gestatten, während sie in der obern, trockneren Region so mürbe waren, dass sie sich nicht aus der sie umgebenden lehmartigen und modrigen Substanz, in welche sie eingebettet sind, herauslösen liessen. — Die Durchforschung musste sich daher, wenigstens für einstweilen, auf einen verhältnissmässig nicht gar grossen Theil des Inhaltes der Höhle beschränken, lieferte indess doch eine sehr interessante Ausbeute, die in das vaterländische Museum zu Stuttgart gebracht wurde, wo sie bereits eingereiht ist. Dort ward uns durch die Güte des Herrn Direktor Fraas die Gelegenheit geboten, das reiche Material bis in's Einzelne zu untersuchen und dessen hohe Bedeutung für die Geschichte der ursprünglichen Menschheit zu erkennen.

Folgendes ist nun die Aufeinanderfolge der verschiedenen Ablagerungen im Grunde der Höhle. Oben liegen Gesteinstrümmer mit einigen Ueberresten aus der neuen Zeit, theils von Steinbrechern, Hirten oder Eisenbahnarbeitern herrührend. Darunter zeigte sich eine erste Schicht von schwarzem Mist, einige Zoll dick, meist aus den Excrementen der Fledermäuse zusammengesetzt. Darunter kommen Felsblöcke, welche von

der Decke herabgestürzt sind, und dann folgt, zum Theile mit den Blöcken untermengt, ein Gemenge von Lehm und Moder. Es ist diess die eigentliche Kulturschicht, welche wohl selbst zum grossen Theile von der Zersetzung organischer Substanzen herrührt. In ihr konnten keine menschlichen Ueberreste nachgewiesen werden, auch keine Spur von landwirthschaftlichen Erzeugnissen, wie Gerste, Obst u. s. f., noch von Geweben, die in den spätern Stein-Stationen des Bodensees, des Pfäffikersees u. A. so häufig sind; dagegen wurden über 50 Feuersteinmesser gefunden, sämmtlich von rohester, ältester Form, und zudem zahlreiche Splitterabfälle. Der Feuerstein stimmt ganz mit demjenigen überein, welcher im Juragestein der Umgegend vorkommt; ferner fanden sich zahlreiche aus den Thierresten bereitete Geräthe.

Die Thiere, deren Ueberreste sich hier vorgefunden haben, sind folgende:

Vor Allem der Bär (von welchem Herr Professor Fraas drei Arten unterscheidet), nämlich der Höhlenbär (Ursus spelæus), welcher bei weitem die meisten Knochen der Höhlengeliefert hat; sodann der Ursus priscus, welcher den Höhlenbär an Grösse übertroffen haben und dessen Gebiss etwas abweichend und noch kräftiger gewesen sein soll; sodann einen dritten, der zwar unserem braunen Bär sehr ähnlich, aber mit Lückenzähnen versehen ist und der auch grösser gewesen sein soll. Da derselbe nicht allein hier, sondern auch an der Schussenquelle der Begleiter des Rennes ist, so hat ihn Herr Fraas mit dem Namen "Ursus Tarandi" bezeichnet.

Von den Bärenschädeln war keiner ganz; bei allen war der Unterkiefer abgelöst, der als Schlaginstrument u. A. zum Zerspalten der Markknochen benutzt wurde, wie sich deutlichst ergibt aus einigen Knochen, die durch den offenbar zu schwachen Schlag nicht gespalten wurden, sondern in denen der Bärenzahn nur einen Eindruck hinterliess.

Nächst dem Bären ist das Rennthier zu nennen, dessen Ueberreste in grösster Anzahl vorkommen. Nicht weniger als 60 Geweihe sollen sich in der Höhle vorgefunden haben, und zwar sind es nicht blos abgeworfene Geweihe, sondern auch solche, welche noch an dem Schädel festgewachsen waren. Aus den grösseren Geweihen sind der Länge nach Stücke herausgeschnitten, wie zu Schussenried, wahrscheinlich um als Handgriffe oder Pfriemen zu dienen. Noch zahlreicher sind die Knochen des Rennthieres, von welchen ganze Kisten zusammengelesen wurden. Meistens sind es Splitter vom Mittelfussknochen, welcher bekanntlich durch seine Härte ausgezeichnet ist. Wenn man die Form der Splitter betrachtet, so ist kaum zu zweifeln, dass sie eine absichtliche ist und nicht blos das Resultat des Brechens um des Markes willen. Vermuthlich wurden diese länglichen Splitter in der Höhle aufbewahrt, um gelegenheitlich als Pfriemen oder Pfeile benutzt zu werden. Ein Schädel ist durch Abklopfen und Abschaben der Geweihzapfen zu einer Trinkschale umgeformt.

Auch das *Pferd* kommt in Hohlefels vor, wohl nicht als Last- oder Zugthier, sondern höchst wahrscheinlich als Jagdthier. Dasselbe ist klein, kaum grösser als ein Esel, aber dennoch, wie dasjenige von Schussenried, ein ächtes Pferd. Die Schneidezähne sind mehrfach an der Wurzel durchbohrt und haben höchst wahrscheinlich als Schmuck gedient. Die Hand- und Fussknochen sind ebenfalls zerspalten, vermuthlich zu demselben Zwecke, wie diejenigen des Rennthieres, denen sie an Härte nicht viel nachstehen.

So weit stimmen die Thierreste mit der Fauna von Schussenried überein. Was aber ausserdem die Höhle von Hohlefels kennzeichnet, ist der Umstand, dass zu diesen mehr oder weniger nordischen Thieren sich noch andere gesellen, die bis jetzt den deutschen Höhlen ganz fremd waren, darunter das Nashorn, das Mammuth, der Löwe und eine Antilope, und es ist in dieser Beziehung noch besonders her-

vorzuheben, dass die Ueberreste dieser letzteren sich ganz in gleichem Zustande befinden, wie diejenigen der ersteren, daher sich der Schluss aufdrängt, dass sie sammt dem Menschen der gleichen Periode angehören, ein Schluss, der überdiess für das Mammuth noch direkte bestätigt wird durch die deutliche Bearbeitung einer Backenzahn-Lamelle und für das Nashorn durch das Auffinden von Knochen, die offenbar zur Markgewinnung in ganz gleicher Weise zerspalten sind, wie die Knochen der andern Thiere, und Bearbeitungen von Wirbelstücken, die als Tassen scheinen benutzt worden zu sein. Das Nashorn wurde zuerst an einzelnen Fuss- und Fingerknochen erkannt; später fanden sich die zerspaltenen Knochen.

Das Mammuth ist nur durch Zähne und Fussknochen vertreten, aber diese genügen immerhin zu beweisen, dass es auch hier der treue Begleiter des Nashorns war. Der Umstand, dass von diesen kolossalen Thieren nicht mehr Ueberreste gefunden worden sind, rührt vielleicht daher, dass, wie oben erwähnt, die Exploitation sich nur auf einen Theil der Ablagerung beschränken musste.

Das Schwein kommt ebenfalls vor, nicht aber als Wildschwein, sondern in Gestalt jener kleinen Race, welche in unsern Pfahlbauten als Torfschwein bekannt ist.

Unter den Fleischfressern sind die häufigsten die Wildkatze und der gemeine Fuchs, zu denen sich auch noch der Eisfuchs gesellt. Bedeutungsvoller ist das Vorkommen einer Riesenkatze (eines Löwen nach Herrn Fraas). Zwar scheinen sämmtliche Skeletttheile nur von einem einzigen Individuum herzurühren, dasselbe ist aber von kolossaler Grösse, den afrikanischen Löwen weit überragend, was sich namentlich aus der bedeutenden Grösse der Klauenknochen ergibt, welche fast zwei Zoll lang sind.

Noch überraschender ist das Vorhandensein einer Antilope, von welcher ein Kiefer und ein Stirnbein mit den zwei Hörnern erhalten sind. Dem Kiefer nach zu urtheilen dürfte sie von der Grösse der asiatischen Hirschantilope gewesen sein. Mit der Gemse ist sie wegen der Gestalt der Hörner nicht zu verwechseln, möge sie nun mit der von Pomel in den Diluvialgebilden des mittleren Frankreichs (Puy-de-Dôme) identisch sein oder nicht.

Auch Vögel und Fische haben ihre Ueberreste hier zurückgelassen. Unter den erstern finden sich die Gans (wilde), die Ente, zwei Filigula der Reiher, die Schnepfe und auch der Schwan, der in jener Urzeit im Thale der Aache einheimisch gewesen zu sein scheint und von dem merkwürdiger Weise eine glatt abgearbeitete Ulna vorhanden ist, die vielleicht als Musikinstrument gedient hat.

Diese sämmtlichen Thiere, Vierfüsser wie Vögel, scheinen als Jagdbeute in die Höhle von Hohlefels gelangt zu sein. Um so auffallender ist es, dass unser gewöhnliches Hochwild, Reh und Edelhirsch, dort ganz fehlen, und der Hase nur höchst sparsam vorkommt.

Herr Professor Fraas zieht aus dieser eigenthümlichen Vergesellschaftung von Thieren, die anderwärts nicht zusammen vorzukommen pflegen, weittragende Schlüsse, die zu manchen Betrachtungen Anlass geben, von denen ich aber um so leichter abstrahiren kann, als mein Reisegefährte die Absicht hat, ein Mehreres darüber mitzutheilen.

#### II.

# Observations de Monsieur le professeur E. DESOR sur la faune de la grotte de Hohlefels.

Après l'exposé que M. Escher vient de faire de la structure de la grotte de Hohlefels et de l'ensemble de sa faune, Monsieur Desor reproduit, en les discutant, quelques-unes des considérations qui se rattachent à ce gîte remarquable.

Une première question qu'on a dû se poser concerne le caractère du gîte. En présence de la quantité énorme d'ossements d'Ours qui s'y trouvent accumulés on s'est demandé s'il s'agissait ici, comme dans beaucoup d'autres cavernes, et spécialement dans celle de Hohlestein d'un repaire de carnassiers qui y auraient vecu de génération en génération.

Monsieur Fraas ne tarda pas s'appercevoir qu'il ne pouvait en être ainsi à cause du nombre considérable d'animaux divers dont les débris se trouvent ici accumulés et parce que dans ce nombre il en est auxquels les Ours n'ont pas la prétention de s'attaquer, tels que le Rhinocéros et le Mammouth. D'autre part, les débris de l'Ours lui-même sont tout aussi mutilés que ceux des autres animaux, ce qui n'est pas le cas dans les anciennes tanières.

Du moment que la caverne de Hohlefels n'était pas un repaire de l'Ours, elle ne pouvait qu'être une habitation humaine, une retraite trogloditique occupée par une race d'hommes qui pendant longtemps y a transporté le produit de sa chasse, ce qui est du reste confirmé par la présence de quelques instruments en silex, dont on a dû se servir pour dépecer le gibier. C'est assez dire qu'il s'agit ici d'une tribu vivant de la chasse. On signale aussi, quoique d'une manière moins précise, des fragments de poterie grossière.

Malheureusement il ne s'est trouvé jusqu'ici aucuns restes matériels de cet homme primitif, pas le moindre débris de son squelette, en sorte qu'il est difficile de se faire une idée de sa stature et de sa conformation. S'il était de petite taille, comme le sont encore de nos jours les Lapons et les autres chasseurs de rennes et comme l'on se représente volontiers les peuples de l'âge paliotithique, il est certain du moins qu'il ne devait être dépourvu ni de courage ni d'énergie pour s'attaquer à des bêtes aussi redoutables que l'Ours des cavernes. Il est même difficile de se représenter comment il parvenait à s'en rendre maître et à transporter

leurs dépouilles jusqu'au fond de la caverne. Quant au Rhinocéros et au Mammouth qui étaient décidement trop volumineux, on se sera contenté de les dépecer sur place, sauf à en transporter quelques fragments dans la caverne, sans doute en guise de trophées.

Un fait important qui ressort de l'ensemble des animaux dont les débris se trouvent entassés dans la grotte de Hohlefels, c'est la contemporanéité de plusieurs espèces que l'on croyait particulières, si non à des époques distinctes, du moins à des phases d'une même grande période. C'est ainsi que Monsieur Lartet avait distingué dans l'âge paléolithique quatre périodes: celle de l'Ours des cavernes, celle du Mammouth, celle du Renne et celle de l'Urus. Si l'éminent paléontologiste français, dont nous déplorons la perte récente, avait pu visiter la grotte de Hohlefels, il est hors de doute, qu'en présence de ce magnifique répertoire, il aurait renoncé à son éssai de classification. C'est qu'en effet la faune quaternaire, à l'exception peut-être de quelques cavernes de la Belgique, n'est nulle part plus complète qu'à Hohlefels.

Quelles conséquences allons-nous maintenant tirer de cette association, quant au climat et aux conditions générales de l'Europe à cette époque?

Nous avons vu que Hohlefels renferme à peu près toutes les espèces de la faune de Schussenried, et si l'on considère que le renne figure aussi ici parmi les plus nombreuses, on est naturellement tenté d'en conclure, qu'il s'agit ici, comme dans les dépôts morainiques de Schussenried, d'une faune boréale. Mais il est à remarquer qu'à côté de ces types caractéristiques, la caverne de Hohlefels en renferme d'autres qui ne paraissent pas s'accorder aussi bien avec la supposition d'un climat plus froid. On cite en particulier le Rhinocéros, le Mammouth, un grand chat, qui paraît avoir été d'une taille colossale, si l'on en juge par les dimensions de ses phalanges onguéales. Enfin, ce qui est plus important,

au point de vue du climat, on signale la présence d'une antilope dont on a retrouvé l'os frontal surmonté de ses deux cornes. L'espèce n'est ni le chamois, ni le saiga, ni l'antilope des montagnes rocheuses. On s'est demandé si elle n'est peut-être pas identique avec l'espèce que Monsieur Pomel a découverte dans les terrains quaternaires du Puy-de-Dôme.

Jusqu'ici nous sommes d'accord avec les conséquences que M. Fraas, avec sa sagacité bien connue, tire de l'ensemble de la faune de Hohlefels. Mais nous ne saurions le suivre dans les combinaisons qu'il propose pour expliquer certaines prétendues incompatibilités, qui, si elles étaient démontrées, modifieraient profondément les opinions que l'on se forme généralement sur la configuration de l'Europe à l'époque glaciaire. Posant en fait que la nature des animaux n'a pas changé depuis la période quaternaire, Monsieur Fraas conclut un peu témérairement, à notre sens, que, dans les conditions actuelles de la Souabe, l'éléphant et l'ours, le renne et l'antilope, le lion et le loup, le rhinocéros et le renard bleu, n'auraient pas pu se concentrer dans un espace aussi restreint que la vallée de l'Ache, de manière à y devenir la proie d'une peuplade disposant d'aussi peu de ressources que celles de Hohlefels et contrainte par conséquent à se livrer à la chasse dans les environs immédiats de son gîte, sans jamais s'en éloigner beaucoup.

Pour échapper à cette difficulté, notre savant ami suppose que le climat subtropical de l'époque tertiaire s'est prolongé jusque dans la période quaternaire, mais qu'en même temps il existait à la place des collines qui bordent le lac de Constance une immense chaîne de montagnes couverte de vastes glaciers atteignant au moins la hauteur du Mont-Blanc. C'était, dit-il, avant l'époque de la grande dénivellation qui a déterminé le relief et les pentes actuelles de l'Europe. Dans ces conditions l'homme primitif de Hohlefels qui aurait habité au pied de cette grande chaîne aurait en effet pu atteindre à la fois les animaux de la plaine où régnait un climat chaud et ceux des régions froides de la montagne.

Mais est-il nécessaire de recourir à des bouleversements aussi énormes pour expliquer quelques apparentes incompatibilités de la faune quaternaire? Est-on obligé de remodeler la surface du globe ou au moins celle de l'ancien continent, rien que pour expliquer l'association de quelques espèces. Nous ne le pensons pas, d'autant moins qu'en Suisse du moins, les phénomènes erratiques n'exigent rien de semblable. Bien plus, la distribution du terrain quaternaire ne s'explique chez nous que dans l'hypothèse du relief actuel.

Aussi fera-t-on bien, avant d'adopter des conclusions d'une aussi grande portée, d'examiner de près les faits et les arguments sur lesquels on se base.

Le Mammouth se présente ici en première ligne. Il est sans doute nouveau dans les cavernes de l'Alpe wurtembergeoise, mais il existe dans les limons de Cannstadt, et nous savons qu'il est dans les cavernes de Belgique et du midi de la France l'associé du Renne et de l'Ours. Il faisait donc ici partie d'une faune boréale, sans compter que ses dépouilles se trouvent partout dans les glaces de la Sibérie. Dès lors sa présence à Hohlefels ne saurait être invoquée comme un argument en faveur d'un climat chaud. Nous savons d'ailleurs qu'il était velu, la nature l'ayant doté d'un manteau pour résister au froid.

On invoque, en apparence avec plus de raison, la présence du Rhinoceros à Hohlefels, qui de nos jours n'habite que les régions tropicales. Mais il est à remarquer qu'il se trouve également dans les cavernes de la Belgique, et qu'il y a vécu avec le Renne, comme le Mammouth, dont il est d'ailleurs le compagnon fidèle. Or, comme il s'agit d'une espèce particulière, n'est-il pas plus simple de supposer

qu'elle était organisée pour un climat froid, comme le Mammouth, plutôt que de recourir à des renversements de climat?

Arrivons maintenant au grand chat. Sans prétendre resoudre la question de savoir s'il s'agit ici d'un tigre ou d'un véritable lion, nous rappellerons que le tigre royal, bien que très-abondant sous les tropiques, n'est cependant nullement limité aux jongles de Bengale et de l'Inde, mais qu'il étend ses excursions jusqu'au lac Baïkal. Des renseignements récents fournis par des voyageurs russes établissent qu'il ne se passe pas d'année qu'il ne cause des ravages sur les bords de l'Amour, où il pénètre jusque dans les cabanes des Mongols pour en enlever les habitants. C'est surtout en hiver qu'il se livre à ces déprédations, ce qui indique suffisamment qu'il ne redoute pas la rigueur du climat. Si, au contraire, il résulte d'examens ultérieurs que les phalanges onguéales de Hohlefels appartiennent au lion, il resterait à déterminer s'il ne s'agit pas du Felis spelæa. Or, celui-ci se trouve associé, dans d'autres cavernes d'Europe, au renne et à l'ours, sans qu'on ait songé à y voir le représentant d'une faune tropicale.

Reste l'antilope. On ne saurait nier qu'en thèse générale les antilopes caractérisent les climats chauds. Le fait qu'un antilope se trouve dans la grotte de Hohlefels associé à un grand chat, est pour Monsieur Fraas un indice à peu près certain que le climat des environs d'Ulm n'était pas le même que celui de Schussenried, ou plutôt que la configuration du sol devait être telle que des climats très-différents se seraient en quelque sorte juxta-posés dans le voisinage de la caverne de Hohlefels.

Ici encore nous objecterons à Monsieur Fraas que toutes les antilopes ne sont pas tropicales. Le chamois s'est si bien accommodé du climat froid de nos montagnes qu'il lui est difficile de vivre ailleurs. Le saïga aime le climat de la Sibérie et l'antilope des montagnes rocheuses passe à bon droit pour un animal des climats froids. Pourquoi dès lors

l'époque glaciaire n'aurait-elle pas eu elle aussi son antilope qui s'accommodait de ce climat froid comme ses contemporains, le Mammouth et le Rhinocéros aux narines cloisonnées? S'il en était ainsi, l'association de tous ces animaux dans la grotte de Hohlefels ne présenterait plus les difficultés insurmontables que Monsieur Fraas a cru y voir.

Les ours de la grotte de Hohlefels sont d'un intérêt prépondérant, moins sous le rapport climatérique que par leur nombre et leur variété. Monsieur Fraas n'en admet pas moins de trois espèces; l'ours des cavernes au front bombé, un autre grand ours qu'il croit être d'Ursus priscus de Goldfuss et une troisième espèce plus petite qu'il désigne sous le nom "d'Ursus Tarandus." On ne saurait contester que les caractères sur lesquels Monsieur Fraas se fonde, n'aient leur importance. Reste à savoir si les différences qu'il signale ont réellement une signification telle, qu'on soit autorisé à les envisager comme spécifiques, ou s'il ne s'agit pas peut-être de différences d'âge ou de sexe. Avant tout il conviendrait de s'assurer si l'une ou l'autre de ces espèces n'est pas identique avec le grand ours (Ursus ferox) de l'Amérique du Nord. Cette étude n'a pas encore pu être faite faute de termes de comparaison. En attendant, nous ne cacherons pas que la présence de trois espèces d'ours dans une vallée comme celle de l'Ache nous semble constituer un fait assez exceptionnel en zoologie. Nous ne connaissons guère dans la faune actuelle d'exemple de trois grands carnassiers du même genre habitant ensemble la même région, et il nous est difficile de concevoir comment ils auraient vécu les uns à côté des autres aux environs de Hohlefels, sans s'entre-détruire. Il y a donc lieu d'attendre

<sup>1</sup> Nous avons appris depuis que M. Ed. Dupont, qui a examiné l'antilope en question conteste la détermination de Monsieur Fraas et est plutôt disposé à l'envisager comme un jeune renne.

sur ce point de nouvelles lumières. Ajoutons que si l'on venait à démontrer que l'une ou l'autre des espèces de Hohlefels est l'Ursus ferox, cela constituerait un nouvel argument en faveur d'un climat boréal qui ne peut guère avoir été autre que celui de l'époque glaciaire.

S'agit-il maintenant de fixer l'âge relatif de l'habitation trogloditique de Hohlefels, nous dirons, avec Monsieur Fraas, qu'elle est évidemment fort ancienne. C'est ce qui ressort suffisamment de l'absence de tout métal, ainsi que de l'état très-rudimentaire et primitif de quelques ustensiles, vraies ébauches en os et en pierres, qui se trouvent épars dans la Aucun indice que l'on ait cultivé la terre. n'était pas encore parvenu à domestiquer aucun animal, pas même le chien. Le cheval et le bœuf étaient simplement du gibier. Les armes n'étaient probablement que des flèches en os ou en pierre, le plus souvent de simples lames que l'on détachait à coup de marteau des rognons de silex et que l'on façonnait avec plus ou moins de soin. aussi on se contentait des éclats bruts que l'on utilisait en guise de couteaux ou de grattoirs, sans songer à les travailler. Rien n'indique qu'on connut l'art de polir le silex, comme cela se pratiquait à l'époque néolitique ou des pa-Nous sommes donc ici en pleine période paléolafittes. litique. Cela posé, on se demande quel était le rapport de cette caverne et de ses habitants avec le gîte de Schussenried dans les graviers de la moraine du grand glacier du Rhin. Cette dernière, on s'en souvient, ne renferme également que des instruments en pierre taillée et à côté de ceux-ci une faune à peu près semblable à celle de Hohlefels, à cette exception près, qu'on n'y a trouvé ni l'éléphant ni le rhinocéros, ni l'antilope.

Demandera-t-on maintenant quels sont les rapports d'ancienneté des deux gîtes? Quoique celui de Schussenried présente un caractère incontestablement glaciaire, il ne faudrait

pas en conclure qu'il est nécessairement plus ancien. aurait plutôt une présomption en faveur de l'hypothèse contraire, si l'on considère que les outils en silex dont se servaient les Troglodytes de Hohlefels sont empruntés aux rognons siliceux qui se trouvent dans les terrains jurassiques supérieurs des plateaux voisins, tandis que les couteaux et grattoirs de Schussenried sont fait avec des silex de la craie qui ne peuvent provenir que de districts éloignés (Champagne ou vallée du Danube), ce qui suppose des communications qui n'auraient pas encore existé au temps de la caverne de Hohlefels. Le fait que le mammouth et le rhinocéros se trouvent à Hohlefels, tandis qu'ils font défaut à Schussenried, nous semble aussi de nature à faire supposer qu'il s'agit ici peut-être d'une phase ancienne de l'âge paléolitique, alors que la faune quaternaire était encore au grand complet, tandis qu'à l'époque de Schussenried le mammouth et le rhinocéros auraient déjà disparu et la faune quaternaire ne se serait plus composée que d'espèces qui aujourd'hui sont en partie reléguées dans les régions boréales.

Le fait que le cerf et le chevreuil, aujourd'hui les plus caractéristiques de l'Europe centrale, font défaut à Hohlefels n'est pas non plus indifférent au point de vue de la succession des climats. C'est du reste un problème qui exigera de nouvelles études et de nouveaux termes de comparaison, avant que l'on arrive à une solution définitive. En attendant, la grotte de Hohlefels nous paraît avoir la plus grande analogie avec celles de Belgique et du Périgard, tandis que le gîte de Schussenried moins riche se rapprocherait davantage de celui de Verrière près Genève.

# Einige Worte

über

# Die verschiedenen Grundformen der Höhlen des Jura.

(Vortrag des Herrn Professor E. Desor, gehalten in der allgemeinen Versammlung, Mittwoch den 23. August.)

Allen, welche — als Geologen, als Archäologen oder aus Liebhaberei — unserer Gebirge zahlreiche Höhlen besuchen, muss es aufgefallen sein, dass sich diese durchaus nicht gleichen: ausser in der Mannigfaltigkeit ihrer Tropfsteinbildungen sind sie sehr verschieden nach Form und Ansehen; wir kennen wirklich nicht zwei, die einander vollkommen ähnlich wären.

Aber bei all' dieser Verschiedenheit erkennt man doch mehrere typische Formen, die nicht bloss vom Zufall abhangen. Wir wollen deren wesentliche Züge hier zu zeichnen versuchen, um eine Klassifikation zu begründen, die wir vorschlagen.

Vorher noch haben wir hervorzuheben, dass bei weitem die meisten Höhlen (ausgenommen die der zweiten Kategorie) mehr in den Schluchten und Spaltenthälern der Gebirge, als auf deren Flanken zu suchen sind, d. h. in den Clusen, Comben und Halbclusen, wo die übereinander gelagerten Schichten der Reihe nach zu Tage treten.

Die verschiedenen Formen der Höhlen waren indess nicht ganz unbeachtet geblieben: die Sprache des Volkes bezeichnete sie durch eigene Namen. Zwar wird nicht allenthalben derselbe Name in übereinstimmendem Sinne gebraucht; in dieser Beziehung sind in verschiedenen Gegenden Verwirrungen und Entstellungen vorgekommen. Aber man hat sich nichtsdestoweniger an die Namen gehalten, und das ist in unsern Augen ein deutlicher Fingerzeig, dass man, durch bestimmte Formen hiezu angeleitet, Unterscheidungen aufstellen wollte. Es verhielt sich damit ungefähr wie mit den Unebenheiten der Erdoberfläche, die man auch schon frühe durch besondere Namen, wie Gräte, Kämme, Comben, Clusen, Halbelusen (ruz) etc. bezeichnete, ohne dass man sich dabei immer strikte an deren geologische Bedeutung hielt.

Wir glauben die Höhlen des Jura auf vier Hauptformen zurückführen zu können, die wir in den Diagrammen der beigelegten Tafeln zusammenstellen. (Eine fünfte Form, die Lapiaz, gehört mehr in indirekter Weise hieher.)

# Erster Typus: Die Grotte. (Fig. 1.)

Diess ist die häufigste Form und zugleich diejenige, welche im Allgemeinen am meisten die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Sie umfasst die Höhlen, welche sich mehr oder weniger horizontal in den Berg hineinziehen. Gewöhnlich führt in sie nur eine ziemlich unbedeutende Oeffnung, die sich aber bald erweitert und sich oft auf grosse Distanzen erstreckt, bald hohe, prächtige Kuppeln bildend, bald reduzirt auf einen engen Kanal, eine Art Schlucht, die man nur mit Mühe passiren kann. Diese wechselnden Verengungen

und Erweiterungen bilden einen Hauptreiz dieser Höhlen, indem sie das Interesse und die Neugierde des Besuchers fortwährend rege erhalten. In der Zahl dieser unterirdischen Räume gibt es solche, welche in der That wahre Wunder sind: auch haben sie frühzeitig die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt und einige erfreuen sich eines grossen Rufes, so z. B. die Feengrotte im Neuchateler Jura. Die Nebelhöhle bei Reutlingen in Württemberg, eine der berühmtesten der Rauhen Alp, vereinigt alljährlich das Volk der Umgegend, welches sich zu gewisser Zeit in Masse dahin begibt, um sich gemeinsam zu belustigen, - vielleicht ein Ueberbleibsel einer früheren Feier, deren ursprüngliche Bedeutung sich verloren hat. Auch der unlängst durch seine organischen Ueberreste aus vorhistorischer Zeit so berühmt gewordene Hohlefels gehört in diese Kategorie.

Dieser Höhlentypus wird im Jura allgemein als Grotte bezeichnet. Zur Vermeidung fernerer Verwechslungen schlagen wir vor, den Namen Grotte künftig nur auf Höhlen von dieser besondern Form anzuwenden.

Selten hält sich eine Grotte von etwas bedeutender Ausdehnung in derselben Ebene. Um von einer Ausweitung in eine andere zu gelangen, muss man bald hinauf, bald hin-Dabei trifft man oft im Grunde der Verunter steigen. tiefungen kleine Wasserbecken, was der Erforschung der Höhlen ein anziehendes Moment mehr verleiht. Es können diese Becken selbst den Bewohnern der Umgegend eine Wohlthat sein, indem sie ihnen ein jederzeit vortreffliches Wasser liefern. — In andern Ländern bilden diese unterirdischen Wasser wahre Teiche, welche selbst Thiere beherbergen können, wie die Olme (Proteus, Hypochthon) der Adelsberger Grotte in Kärnthen beweisen. Noch merkwürdiger sind die Grotten von Kentucky (Mamoth cave), welche eine besondere Thierwelt, eine eigene Fauna, in sich bergen, deren Individuen alle blind sind.

Die Grotten haben häufig als Zufluchtsort für wilde Thiere gedient, welche dann ihre und manchmal auch ihrer Beute Skelette da hinterlassen haben. Diess ist der Fall mit der Grotte von Cotencher in den Schluchten der Areuse und mit verschiedenen Grotten des französischen Departements du Doubs (u. a. die Grotten von Mancenans und von Vaucluse am Dessoubre), welche zahlreiche Knochen und ganze Skelette von Höhlenbären geliefert haben.

Tuffschichten und Stalagmiten geben Kunde von der Rolle, welche bei der Bildung dieser Grotten das Wasser gespielt hat. In wahrscheinlich sehr alter Zeit, als im Innern der Berge reichlicher Wasser circulirte, muss durch den Kanal der Grotten kalkhaltiges Wasser abgeflossen sein. Diese Circulation, welche in einigen noch vorkommt, war keine bloss vorübergehende: um so dicke Tufflagen anzuhäufen, musste sie lange dauern. Die Ursache dieser Circulation war ohne Zweifel eine durch die Hebung verursachte Spalte. Da nun diese Spalten gewöhnlich das ganze Gebirge durchsetzen, müssen sie auf Schichten von sehr verschiedener Härte treffen, und da die weichern Schichten (der Mergel, Kalkmergel und Bitterkalke) weniger Widerstand leisten, darf man annehmen, dass vorzüglich längs ihrer Fugenflächen das Wasser sich seine Kanäle grub.

Dies erklärt uns, warum in den Kantonen Neuenburg und Waadt die Grotten so häufig an bestimmte Schichten gebunden sind, besonders an jene Dolomit- oder Bitterkalkbänke, die man dort mit dem Namen jaluze bezeichnet. Da diese Bänke, als integrirende Theile der Formation, allen Faltungen und Windungen unserer jurassischen Gewölbe folgen, so erklärt es sich, warum die Grotten — ohne desshalb vom Zufall abzuhangen — bald im Grunde der Schluchten, bald auf der Höhe der Kämme auftreten; sie sind an den geologischen Horizont gebunden.

#### Zweiter Typus: Der Trichter.

(L'Emposieu ou l'Entonnoir; la Cave ou Caverne; Fig. 2a, 2b.)

Diese Grundform umfasst die Höhlen oder Gruben, welche vertikal in die Tiefe dringen und so eine Reihe aufeinanderfolgender Schichten durchschneiden, statt, auf den Flanken einer Cluse oder Combe (eines Quer- oder eines Längs-Spaltenthals) einer und derselben Schicht zu folgen.

Solche Höhlen findet man ebensowohl auf den Plateaux und Terrassen, als in den Thälern und Comben des Jura, selten aber in den Clusen. Es ist bisweilen nicht leicht, sich über ihren Ursprung Rechenschaft zu geben; aber sicherlich ist ihrer Bildung das Wasser nicht fremd. In manchen Fällen dienen sie als Abzugskanäle für das Wasser der Hochthäler, deren manche keine andere Art der Entwässerung besitzen. Man nennt solche Höhlen emposieux oder entonnoirs, Trichter. Einige dieser Emposieux sind so weit, dass man darin Mühlräder anbringen und so die Fallkraft, welche der Bach bei seinem Sturz in den Trichter entwickelt, nutzbar machen konnte; so im Col-des-Roches bei Locle und beim lac d'Etallière im Thal von Brévine.

Es gibt Thäler, welche eine beträchtliche Anzahl Trichter besitzen. Einzig im Thal von Ponts haben wir über zwanzig gezählt, wovon allerdings die meisten nur zur Zeit der starken Regen und der Schneeschmelze Wasser empfangen. Die Gewässer, welche so iu den Trichtern verschwinden, vereinigen sich unterirdisch, um dann in tieferen Niveaux hervor zu brechen und so jene mächtigen Quellen zu bilden, die man wegen ihrer Aehnlichkeit mit der berühmten Quelle von Vaucluse als "vauclüsische Quellen", im berner und neuenburger Jura aber mit dem Namen Doue bezeichnet hat\*); so la

<sup>\*)</sup> Einige Autoren schreiben *Doux* oder *Doubs*. Wahrscheinlich ist diess der alte gallische Name, woraus die Römer unrichtig Dubis gemacht haben.

doue de Saint-Sulpice, eine der Hauptquellen der Areuse, und la doue de Cormoret im Val de Saint-Imier. La Noraigue im Val de Travers ist eine solche Quelle, welche die gesammte von den Trichtern im Ponts-Thal aufgenommene Wassermasse zu Tage fördert.

Es kommt auch vor, dass sich das Wasser, bevor es in den Trichten und den Spalten der Gesteine verschwindet, im tiefsten Punkt des Thales ansammelt und da einen kleinen See bildet, wie den lac d'Etallières im Thal von Brévine oder den lac Brenet, wovon der erste die Areuse, der zweite die Orbe mit Wasser versieht\*).

Die Entstehungsart der Trichter erklärt sich zum Theil aus ihrer Lage. Sie finden sich konstant am Saume der Torfmoore, wo die horizontale Ebene ins Thalgehänge übergeht (Fig. 2a). Hält man damit die andere Thatsache zusammen, dass die Sohle unserer breiten Hochthäler flach ist (und keineswegs dem Abfall der sie umgebenden Felsen folgt), so kommt man zu dem Resultat, dass die Trichter genau den Stellen entsprechen, wo die Schichten ihre Neigung ändern. Wenn aber an irgend einem Punkt die Schichten geknickt sind, so muss es hier, an ihrer Biegungsstelle sein. Hier also haben die Wasser sich ihren Weg nach der Tiefe gebahnt, jenen Spalten entlang, welche von der Hebung der Berge herrühren.

Die Emposieux sind indessen weder die einzigen noch die häufigsten der vertikalen Höhlen. Auf unseren Hochplateaux, an Stellen, wo heutzutage keine Spur von Wasser sich an der Oberfläche zeigt, kommen vielfach — den Dolines

<sup>\*)</sup> Diess erinnert an die berühmten Catobrotas Griechenlands, welche auch durch unterirdische Höhlen aussliessen, — mit dem Unterschiede jedoch, dass unsere Seen permanent, die griechischen aber (See Copais) nur temporär sind. Näheres in unseren Bemerkungen über die Quellen im Jura, Revue Suisse, 1858.

des Karst ähnlich — Senklöcher vor, die eigentlichen caves oder cavernes, welche sich gewöhnlich in horizontalen oder doch nur schwach geneigten Schichten aufthun und da manchmal seltsame Labyrinthe bilden, deren befremdender Anblick der Phantasie reichen Stoff bietet. Sie sind auch Gegenstand eines gewissen Aberglaubens: mehr als man sie bewundert, scheut man sie; so die pouète manche im Norden des Val de Ruz. Oft müssen sie auch zur Aufnahme von todtem Vieh dienen, das man ohne weiters da hineinstürzt.

Auf dem Grunde einer dieser Höhlen, am Mont des Verrières, hat man die berühmten Elennthierschädel gefunden, welche eine Zierde des Museums von Fleurier bilden. In dem speziellen Fall kann man nun nicht annehmen, dass die Höhle von diesen Thieren als Zufluchtsort benutzt worden sei; dazu ist sie viel zu tief und der Eingang so schwierig, dass man nur mittelst Seilen hinein gelangen kann; zudem muss man bei der Fahrt durch die Kamine oder Schachte, welche in die untern Kammern führen, die grösste Vorsicht beobachten. Bei derartigen Lokalverhältnissen kann man sich das Vorkommen dieser Elenngerippe an dem Ort nicht wohl anders erklären als durch die Annahme, dass diese Thiere zufällig da hineingestürzt seien, wie das noch hie und da mit Vieh und Jagdhunden geschieht.

Ein Versuch, die Entstehungsweise dieser Höhlen zu erklären, stösst auf Schwierigkeiten, besonders wenn kein zuströmendes Wasser angenommen werden kann. In diesem Falle sind wohl die Höhlen Resultat von Einstürzen, veranlasst durch unterirdische Wasser, welche, die unten liegenden lockern Schichten durchnagend, die Kontinuität der oberflächlichen Massen lösten. Das ist insbesondere die Bildungsweise der senkrechten Höhlen (caves ou fondrières) in den Comben der oberen Jurastufen (Astartien) und überall da, wo die obern Gesteinslagen nicht sehr mächtig sind. Wo aber im Gegentheil die fraglichen Höhlungen mächtige Kalk-

massen durchsetzen, da lässt sich vielleicht ihr Vorkommen, unter Ausschluss der Wirkungen des Wassers, auf ganz andere Ursachen zurückführen. Es ist bekannt, dass die Kalke des obern Jura (von Corallien und Astartien bis zum Virgulien, namentlich aber in dieser letzteren Stufe) häufig durchsetzt sind von Spalten voll feinen, gewöhnlich eisenhaltigen Thons (Bolus), den man der Einwirkung warmer Quellen zuschreibt. Diese Thonmassen können mächtig genug sein, um zum Abbau zu veranlassen, wie in Langnau bei Biel. Man denke sich nun solche Spalten durch Ausbeutung oder durch natürliche Auswaschung geleert, und man hat ein Bild von einer guten Anzahl dieser Höhlen, welche die Form von verzweigten Kaminen haben (Fig. 2b). So liessen sich jene natürlichen Gruben erklären, welche oft in grosse Tiefen dringen an Orten, wo die Beschaffenheit der Bodenoberfläche nicht gestattet, an Wirkungen des Wassers zu Vielleicht dürfte diess auch die beste Erklärung sein für jene vertikalen Löcher, die man als geologische Orgeln bezeichnet hat und kaum, ja unmöglich, immer der Thätigkeit des Wassers zugeschrieben werden können. Wir haben auch beobachtet, dass die Wandungen dieser Höhlen, gleich denjenigen der Thermalspalten, eine eigenthümliche Politur haben, welche mit der durch Wasser verursachten Glättung nicht zu verwechseln ist.

# Dritter Typus: Die Balm.

(La Baume, Fig. 3.)

Diese Form ist eine der am besten charakterisirten. Da haben wir nicht mehr einen loth- oder wagrechten darmartigen Kanal vor uns, sondern eine weite Höhlung in der Flanke des Gebirgs, eine Art Nische in mehr oder weniger weichen und lockern Schichten, die von Bänken harten Gesteins überlagert werden. Im Gegensatz zur Grotte (im

engern Sinne) ist die Balm beim Eingang weit geöffnet, verengt sich aber nach ihrem Hintergrunde zu. In dieser Hinsicht hat sie etwelche Analogie mit den (wie die Fingalshöhle, die blaue Grotte von Capri u. a.) durch die Brandung an den Ufern des Meeres verursachten Höhlen.

Diese Form bezeichnet man gewöhnlich mit dem Namen Balm (daher die Namen Balmberg, Balmfluh etc.) mente von Balmen trifft man in allen Comben und Clusen des waadtländer und neuenburger Jura, überall, wo an den Seitenwänden der Schluchten mergelige und dolomitische Kalke bedeckt sind von Bänken dichten Kalks, welche, oberhalb der zurücktretenden Partieen vorspringend, sich von diesen wie riesige Gesimse abheben. Liegen die Schichten wagrecht, so ist man geneigt, diese geradlinigen Vertiefungen mit dem Spiegel ehemaliger Seen und Flüsse in Beziehung zu bringen. Wenn man sie aber im Innern der Berge verfolgt, so sieht man, dass sie an den Stellen, wo die Schichten ansteigen oder sich senken, allen Kurven der Hebung folgen, und man überzeugt sich, dass man es lediglich mit Erosionen der Atmosphärilien, und nicht mit alten Niveaulinien zu thun hat. Nun wird an manchen Punkten die Verwitterung mächtiger wirken und tiefer dringen als an andern. in Folge dessen die harten Bänke, welche das Dach bilden, ihren Halt verlieren und einstürzen, so entstehen als Folgen des mit der Verwitterung kombinirten Eelssturzes breite und tiefe Höhlen.

Diese Wirkungen beobachtet man gewöhnlich nur da, wo die Kalkmassive von einer oder von mehreren Spalten durchsetzt sind, welche deren Dislokation begünstigen. Wenn nun den Spalten entlang unterirdische Wasser ihren Weg nehmen, so müssen diese ihrerseits zur Erweiterung der Höhlungen beitragen. Augenscheinlich hat überall da, wo Spuren von Tropfsteinbildung vorkommen, das Wasser seine Rolle gespielt. Diese Fälle aber machen die Mehrzahl aus.

Mitten in der Wildniss, wovon sie in früheren Zeiten umgeben waren, mussten diese Balmen ein willkommenes Obdach bieten. Die geräumigsten darunter wurden auch wahrscheinlich schon sehr frühzeitig und mit Vorliebe zu besondern Zwecken auserkoren, sei es zu Tempeln, sei es zu Orten für gesellige Zusammenkünfte; so La baume du Four\*) in der Schlucht der Areuse; andere wurden Einsiedeleien, wie die St. Verena-Klause bei Solothurn, oder Wallfahrtsorte, wie die Balm von Sainte-Colombe im Delsberger Thal.

Entspringt in der Balm eine Quelle, so hat auch sie Antheil an dem der Höhle innewohnenden Zauber: Herr Quiquerez versichert, dass jetzt noch viele Mütter aus dem berner und neuenburger Jura nach Sainte-Colombe wallfahren, um ihre Kinder in der Balmquelle zu baden, da diess Bad alle Gebrechen und Krankheiten heilen soll. Soviel ist gewiss: dass das Wasser der Quellen, welche im Grunde der jurassischen Balmen entspringen, im Allgemeinen von ausgezeichneter Qualität und den Besuchern ein köstliches Labsal ist.

# Vierter Typus: Die Gallerie. (Fig. 4.)

Diese Form ist eine Variante der Grotte, insofern auch sie gebunden ist an das Vorkommen leicht verwitterbarer Schichten, welche vom Wasser ausgelaugt und zerfressen werden. Damit sich eine Gallerie bilden kann, müssen die Schichten vertikal sein. Es zerbröckeln besonders die Bitterkalklagen oft so sehr, dass die mit ihnen abwechselnden harten Bänke wie Riesenblätter emporragen, die durch weite Gänge getrennt sind. Solche Gänge trifft man an mehreren Punkten des Jura, z. B. an der Strasse von Yverdon nach Sainte-Croix bei Vuitbeuf, an der Strasse von Neuen-

<sup>\*)</sup> Musée neuchâtelois, 1871, p. 49.

burg ins Traversthal bei Rochefort. Nun kommt es hie und da vor, dass die so isolirten lothrechten Blätter sich gegeneinander neigen und nach oben zusammentreffen. Dann entsteht ein unterirdischer Hohlraum in Spitzbogenform. Bisweilen ist die weichere Schicht nur unten ausgehöhlt, in der Höhe aber mehr oder minder intakt geblieben. In beiden Fällen ist die Höhle an die mürbere Bank gebunden, und da die Schichten annähernd geradlinig sind, so hat diese Art Höhlen, im Gegensatz zu dem launenhaften Charakter der eigentlichen Grotten, ein regelmässiges Aussehen. Sie errinnern an die Stollen ausgebeuteter Bergwerke; in der That rühren sie, wie letzere, von verschwundenen Bänken her.

# Höhlen gemischter Art.

(Cavernes mixtes. Fig. 5a, 5b.)

Man würde irren, wenn man annähme, dass die vier eben beschriebenen Grundformen unterirdischer Hohlräume immer scharf gesondert auftreten. Die Natur liebt in Allem die Uebergänge. Auch in diesem Gebiet gibt es, von einem Typus zum andern, Zwischenformen. Diese gemischten Formen sind, namentlich als Kombinationen mehrerer Höhlen-Arten, sogar am häufigsten. Z. B. kann sich im Grunde einer Balm eine mehr oder weniger bedeutende Grotte öffnen (Fig. 5<sub>a</sub>); ein merkwürdiges Beispiel hiefür ist die oben erwähnte Baume du Four, und wir zweifeln nicht, dass sich noch andere finden.

Anderwärts sehen wir einen Trichter, welcher, nachdem er bis in eine gewisse Tiefe vertikal in die Erde eingedrungen ist, plötzlich diese Richtung verlässt, um sich seitwärts zu biegen (Fig. 5<sub>b</sub>). Einen frappanten Beleg hiefür bietet uns die Höhle "vers chez le Brand" auf dem Plateau am Westende des Thales von Brévine. Man steigt mittelst einer Leiter in den Trichter (cave) hinunter; unten setzt sich die

Höhle fort in Gestalt einer Grotte, die nahezu ein Kilometer lang sein soll.

#### Die Karrenfelder.

(Lapiaz. Fig. 6.)

Wiewohl die Lapiaz keine wahren Höhlen sind, so darf man doch nicht stillschweigend darüber hinweggehen, da es sich hiebei um Vertiefungen handelt, welche durch Erosion erzeugt werden: es sind mäandrisch gekrümmte Furchen, welche das Regenwasser in die obern Schichten der Kalkfelsen eingrub. Gewöhnlich haben sie nur eine unbedeutende Tiefe und führen dann den Namen Karrenfelder. es gibt gewisse Kalkbänke, auf welche die Erosion in hohem Grade einwirkte, so dass beträchtliche Löcher entstehen, die man öfters umzäumen muss, damit nicht das Vieh hineinfalle. Der Schrattenkalk ist dieser Art Zersetzung besonders unterworfen. Wenn nun diese Löcher die Schrattenkalke durchsetzen, so dass sie die darunter liegenden Kalkmergel erreichen, so kann es geschehen, dass die Wasser, sich weiter Bahn brechend, einen unterirdischen Kanal graben, und man hat eine neue Art kombinirter Höhlen. (Fig. 6.)

Alle Lapiaz, welche die obern Lagen unserer Kalkfelsen durchfurchen, stammen nicht erst aus der jetzigen Periode. Eine grosse Zahl derselben, und wohl die bedeutendsten, versetzen uns in eine Zeit zurück, wo das Wasser in reicherer Fülle vorhanden, wo das Klima feuchter war. Es ist nicht immer leicht, zwischen den Lapiaz und den Einsturztrichtern zu unterscheiden. Die beiden Formen können auch kombinirt vorkommen, wie diess in den Alpen häufig der Fall ist.

#### Die Erosionen durch Seen und Flüsse.

Die Wellen, welche an die Felsen schlagen, müssen diese nach und nach verkleinern. Wenn sich auf der Höhe des Wasserspiegels Gesteine von ungleicher Härte finden, so müssen mehr oder minder beträchtliche Höhlen und einspringende Winkel entstehen. Das Nordufer des Neuenburgersee's weist eine Menge solcher Höhlen auf, wovon einige den Fischern zum Obdach dienten und noch dienen. Darunter gibt es solche, wie "la grotte aux filles" bei Saint-Aubin, die so bedeutend sind, dass sie besiegten und verfolgten Bevölkerungen Zufluchtsorte werden konnten: man findet da römische Münzen neben gallisch-römischen Schmuckgegenständen.

Nicht minder wirksam als die Erosion durch die Wogen ist diejenige durch die Flüsse. Zu diesen Auswaschungen geben nicht allein die Mergel und Dolomite Anlass; einige sehr harte Felsen, besonders aus der untern Kreideformation, die Kalke des Urgonien und Valangien, sind ebenfalls der Erosion ausgesetzt. Es kann sogar geschehen, dass der Fluss sich seitlich ein zweites Bett gräbt, so dass er selbst vollständig in der Erde verschwindet; so verhält es sich mit der Perte du Rhône bei Genf.

Wir wollen endlich noch an jene kreisrunden Höhlungen erinnern, welche die Flüsse bisweilen in die härtesten Felsen an der Seite ihres Bettes eingraben und welche unter dem Namen "Riesentöpfe" bekannt sind. Bekanntlich werden diese Töpfe von den durch die Strömung bewegten Kieselsteinen verursacht.

#### Alter der Höhlen.

Wenn bei der Höhlenbildung die Erosion durch Luft und Wasser thätig gewesen ist, so liegt es auf der Hand, dass sie nicht plötzlich, nicht auf einmal entstehen konnten, sondern dass sie erst nach und nach, in langen Zeiträumen, ihre jetzige Form und Ausdehnung erhalten haben.

Andrerseits muss die erste Ursache mancher Höhlen, besonders der Grotten und Trichter (emposieux), sehr weit zurück reichen und ist wahrscheinlich in den Wirkungen der Hebung selbst zu suchen, welche, indem sie an gewissen Punkten Brüche und Spalten verursachte, hiedurch die Richtung des Laufs der unterirdischen Gewässer vorherbestimmt und die Wege für die Höhlenbildungen bereitet hat.

Erwägt man, dass einige unserer Grotten reich an Knochenresten des Höhlenbären und dass diese selber bedeckt sind von Diluvialablagerungen mit alpinem Geröll, so kommt man zu dem Schluss: dass die Höhlen schon existirten und dass die grossen Bären darin ein Obdach fanden, bevor die Rollsteine in die Grotte gelangten. Da nun diese Gerölle nur durch die frühern Gletscher hergeführt werden konnten (welche im Val de Travers so zahlreiche Spuren zurückgelassen haben), so folgt, dass die Grotten mit den Knochen des Höhlenbären schon vor der Gletscherzeit existirten, was ein sehr hohes Alter derselben voraussetzt. Zudem müssen sie schon sehr frühe ihre gegenwärtigen Dimensionen erlangt haben, da sie mit oft sehr dicken Tropfsteinlagen überzogen sind und da man nicht selten beim Aufbrechen dieses stalaktitischen Bodens unter demselben Knochen von zum Theile ausgestorbenen Thieren entdeckt. Die wichtigsten Höhlen des Jura würden also aus vorhistorischer Zeit stammen, ja mehrere wären schon vor der Eisperiode gebildet und auch bewohnt gewesen, und zwar bewohnt von grossen, nun erloschenen Raubthierarten. Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht gewisse Höhlen, so die eigentlichen Balmen, sich seither vergrössert haben.

#### Résumé.

- 1. Die Höhlen des Jura, wie die aller Länder, stehen in innigem Zusammenhang mit dem geologischen Bau des Bodens, besonders mit der Beschaffenheit seiner Kalkschichten. Es gibt wenige Höhlen in den krystallinischen, in den Sandund Schiefergesteinen. (Diejenigen, welche man als hieher gehörend nennt, sind meist nur Gänge, deren Wände mit Krystallen bekleidet sind, d. h. grosse Drusen.)
- 2. Anzahl und Ausdehnung der Höhlen stehen überdiess in Beziehung zur Struktur und Zusammensetzung des Kalkgesteins und zu der Art, wie die Kalkvarietäten in der Masse vertheilt sind. Die günstigsten Bedingungen für die Höhlenbildung gewährt der Wechsel von weichern Schichten (mergelige und dolomitische Kalke) mit kompakten Kalken. Dieser Abwechslung und der Häufigkeit der dolomitischen Kalkbänke ist der Höhlenreichthum der obern jurassischen Gebilde zn verdanken, welche im neuenburger und waadtländer Jura vorherrschen. Dagegen finden sich die Höhlen seltener in den Gebieten des untern und mittlern Jura.
- 3. Die Höhlen einige vertikale Kamine ausgenommen, die zu alten Thermalbildungen in Beziehung stehen sind Ergebnisse der Erosion, sei es durch Luft oder durch Wasser oder durch beide zugleich.
- 4. In den meisten Fällen ist die Richtung der Höhlen vorher bestimmt durch Spalten, die vom Hebungsprozess des Gebirges selbst herrühren.

# Leere Seite Blank page Page vide