

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Bern  
**Band:** - (1862)  
**Heft:** 516-519

**Artikel:** Das Bunsen'sche Gesetz der syntektischen Gesteinsbildung, angewendet auf die metagenen Schiefer (Verrucane) des Kantons Glarus  
**Autor:** Simler, R. Theodor  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-318720>

### **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:** 26.01.2026

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

**Dr. R. Theodor Simler.**

**Das Bunsen'sche Gesetz der syntektischen Gesteinsbildung, angewendet auf die metagenen Schiefer (Verrucane) des Kantons Glarus.**

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Dezember 1861.)

Hauptsächlich durch unsere ausgezeichneten Geologen, die Herrn Prof. B. Studer in Bern und Prof. A. Escher v. d. Linth in Zürich, wurde die wissenschaftliche Welt schon seit längerer Zeit mit den stratigraphisch und petrologisch so ausserordentlich interessanten, ja räthselhaften Sernfschiefern (Verrucanen) des Kantons Glarus bekannt gemacht. \*) — Kurz gefasst können wir die bis zur Stunde noch nicht entwirrten Anomalien der Glarner Verrucane auf folgende drei Hauptmomente reduciren:

1) Es lagert die Formation am Wallensee unter unzweifelhaften Juraetagen, welchen ganz regelmässig einzelne Glieder der Kreide- und die tertiären Nummulitengebilde aufgesetzt sind. Sie besteht hier aus hochrothen bis dunkel violettrothen Thonschiefern, die durch Aufnahme quarziger, körniger Theile mehr und mehr einem rothen Sandsteinschiefer, dem Buntsandstein in der Gegend von Heidelberg zum Verwechseln ähnlich, sich annähern; andererseits geht

---

\*) B. Studer, Geognost. Bemerkungen über einige Theile der nördl. Alpenkette. — Leonhards Taschenb. f. Mineralogie 1827 S. 1—46. — A. Escher v. d. L. Im Gemälde des Kts. Glarus. 1846. S. 51—86. — B. Studer, Geologie der Schweiz. 1851. I. S. 420—425.

sie nach oben zu in ein förmliches Conglomerat, oder besser gesagt in eine Breccie über, in der sich Quarz-Thonschiefer-, Porphy- u. Hornstein- sowie Quarzbruchstücke erkennen lassen.

2) Im Sernf- u. Linththale, am Freiberg, finden wir die Formation plötzlich dem Flysch- u. Nummulitenschiefer, zwar allerdings discordant, aufgelagert, während sich zugleich an gewissen Stellen auf ihrem Scheitel die Etagen nochmals vom Jura bis zu den Eocengebilden wiederholen. Das jüngste nicht weniger wie das älteste liegt also hier gleichzeitig zu unterst u. zu oberst. Die Eocengebilde fallen im Allgemeinen rund um den Freiberg herum SO bis S, während eine graue Kalksteinbank, die oft in gelbe, zellige Rauchwacke übergeht, u. die darauf liegenden rothen Verrucane ein sanftes Nordfallen erkennen lassen.

3. Nebenbei sehen wir im Niederenthale, nach dem Bützig- und Kärpfstock zu, die rothen Schiefer in ihren unteren Partien ihre Textur und ihr mattes Aeussere vertauschen; sie werden krystallinisch, glänzend, u. treten in eine eigenthümliche Verflechtung mit einem entschiedenen Gneise, demselben Gestein, das wir am Tödi u. jenseits desselben wiederfinden u. das ich Alpinit genannt habe.

Wenn dieser Alpinit durch Verwitterung seiner sonst gut xllisirten Feldspäthe verlustig worden ist, so besteht er fast nur aus Quarzkörnern und einem graugrünlischen Minerale, das den Glimmer repräsentirt, aber seiner Härte wegen (= 3. 5) nicht wohl Talk sein kann. Der Name Talkquarzit, mit dem sonst Escher von der Linth dieses Gestein bezeichnet, dürfte daher, an den Lokali-täten wenigstens, die ich eingesehen habe, nicht ganz entsprechend sein. Eine besondere Analyse wird in Zukunft jenes graugrüne Mineral noch genauer bestimmen

So sind es denn namentlich die 2 Punkte: Einerseits der Uebergang aus einem rein neptunischen in ein vollendet xllinisch-plutonisches Gestein, anderseits die ganz abnorme Lagerung, wodurch der Verrucano alle Versuche die Ordnung oder vielmehr Unordnung der Dinge im Kanton Glarus naturgemäss zu erklären, vereitelte.

„In diesen Lagerungsverhältnissen — sagt auch Stur in seiner Geologie der Schweiz, dem wir schon im Jahre 1827 die erste genauere und wahrhaft klassisch geschriebene Nachricht von den Sernfschiefern verdanken — liegt die früher berührte bis jetzt nicht gelöste Schwierigkeit. Der Schiefer von Matt nämlich ist seinen organischen Ueberresten zufolge eine der jüngsten alpinischen Bildungen und wird doch von derselben Verrucanomasse bedeckt, die gegen den Wallensee zu, am Fusse des Glärnisch und an so vielen anderen Stellen den ältesten Gliedern unserer Kalkalpen zur Grundlage dient.“

Wir müssen hier beifügen, dass in der ganzen Formation, soweit sie in den Karten als Verrucano registriert ist, noch nie ein einziges Petrefact gefunden wurde und man daher über ihr Alter, paleontologisch, noch vollkommen im Unklaren bleibt. Manche der neuern Geologen halten sie für ein Aequivalent des untern Buntsandsteins, Escher v. d. L. ist geneigt, sie zum Zechstein oder Permien zu zählen.

Es ist klar, dass bei einem solchen Sachverhalt, namentlich in Hinsicht auf die merkwürdige Verflechtung der rothen Schiefer mit dem Alpinit, die Verrucane auch Gegenstand chemischer Studien werden konnten; denn wenn wir ein Gestein bezugs mineralogischer Zusammensetzung und des äussern Habitus allmählig in ein zweites ganz verschiedenes übergehen sehen, wer anders als der Chemiker soll dieses Räthsel lösen?

Es war von Wichtigkeit, vorerst den elementaren



chemischen Bestand einer Suite solcher Verrucane kennen zu lernen und alsdann auf diesen, als Fundament, eventuell Schlüsse zu bauen hinsichtlich der Entstehung.

Der Verfasser dieser Abhandlung, der im Jahre 1856 in Bunsens Laboratorium in Heidelberg arbeitete, woselbst Gesteinsanalysen gerade im besten Zuge waren, versäumte nicht, diese Gelegenheit zu benutzen, vielleicht etwas zur Aufklärung der Verrucane beitragen zu können.

Herr Prof. Escher v. d. L. war so gefällig, mir damals eine Suite von Gesteinsproben zuzusenden, die allein in den Freibergen geschlagen waren und deren petrographische Beschreibung hier in Kürze nachfolgt, während man die Resultate der Analyse in einer Tabelle zusammengestellt findet:

Nr. I. Dunkelviolettrother Schiefer von Murg. Er macht den Eindruck eines normalen Thonschiefers von in der Regel dunkelrothen Nuancen, zuweilen hie und da grün gefleckt. Meist ist er ziemlich dünn-schiefrig, glatt und glänzend, oft auch mehr in dickere Lagen abgesondert, mehr matt und rauh anzufühlen. Diese letztere Varietät verdankt ihre Rauhigkeit einer grössern Einmischung von Quarzkörnern, ja diess kann so weit gehen, dass man einen wahren Sandsteinschiefer, ähnlich manchem Vorkommen des Buntsandsteins (z. B. bei Heidelberg), vor sich hat. Die Quarzkörner können aber auch nachgerade grösser werden bis zur Stärke eines Taubeneies, es können sich Hornsteine und Porphyrgeschiebe beigesellen und in diesem Falle hat man ein wahres Conglomerat vor sich, das seiner rothen Färbung halber von deutschen Geologen wohl zunächst als Rothliegendes erklärt werden könnte. Diese Uebergänge des rothen Schiefers in Psammite und Conglomerate beweisen sehr deutlich seinen sedimentären Ursprung. Er kann als eines der feinern Schlemmpre-

ducte einer zerstörten rothen Quarzporphyrmasse betrachtet werden, das mit der Zeit zu einem Thonschiefer erhärtete. Auf dem Querbruch ist dieser Schiefer flach-fasrig und öfters sieht man ihn von kleinen, matt weissen Pünktchen gesprenkelt, wahrscheinlich in Kaolin übergehende Feldspathpartikelchen. Mineralien habe ich in diesem Thonschiefer nie ausgeschieden gefunden, unter der Lupe lassen sich freilich öfters silberweise Glimmerschüppchen erkennen. Die Härte der Gesamtsumme beträgt 2,5 und ihr sp. Gew. mit dem Pyknometer bestimmt = 2,859. Noch ist zu bemerken, dass diese Varietät des Verrucano sich besonders gern an den Nordrand der Glarnergebirge, an die Ufer des Wallensee's hält und auch das schmale rothe Etage zwischen den Kalksteinen des Glärnisch' und Urnerbodens bildet. In diesem Gesteine sind bei einer aparten Untersuchung, zu der 150 Grm. Substanz verwendet wurden, auch 0,0436 pCt. Kupferoxyd, sowie Spuren von Blei und Wismuth aufgefunden worden.

Nr. II. Diesem Gesteine hatte Escher folgende Etiquette beigelegt: „9,60. Roth und grüner Schiefer, fest, glänzend, wie gefrittet, horizontal. Unterhalb der Mauer des Weges, der von Niederenalp, mittl. Stafel nach Neuenhütten, ob. Stafel hinaufführt.“ Das handgrosse, sehr dünn-schiefrige etwas wellige Stück hatte ebenfalls eine violettrothe, glänzende Farbe und zwar hie und da mit kleinern und grössern elliptischen span- und helllauchgrünen Flecken versehen, die mit blossen Auge betrachtet ziemlich scharf begrenzt erscheinen, unter der Lupe aber allmählig in die rothe Masse verflossen sich zeigten, die Materie war dann gar nicht unähnlich dem grünen Minerale, das ich in den Alpiniten von der Sandalp beschrieben. Uebrigens habe ich das Auftreten einer solch grünen Substanz in Fleckenform an mannigfaltigen Ge-

steinen von den verschiedensten Fundorten beobachtet. So sieht man z. B. den Hyperstehn im Paulitfels von Schlegel in Schlesien oft partienweise eine hellgrüne Farbe annehmen und es entstehen dann zuweilen in Rothbraun und Grün metallisch schimmernde Massen, welche vollkommen den Habitus der typischen Verrucane der Südseite des Bündnerberges wiedergeben. Der Schiefer Nr. II. zeigt ebenfalls eine Härte = 2,5 und ein sp. Gew. = 2,819. Nicht unerwähnt kann ich hier lassen, dass ich seinerseits in der Gesteinssammlung der Senkenberg'schen Stiftung zu Frankfurt a. M. ein Stück Taunusschiefer gewährte, das meinem Handstück Nr. II zum Verwechseln ähnlich sah. Dieselbe violettrothe Farbe, die ellipt. grünen Flecken, der starke Glanz und die wellige Schieferung. Es führte die Etiquette; „Sericitschiefer vom Feldberg am rothen Kreuz bei Königstein im Taunus, Dr. Scharf.“ Dies war also ohne Zweifel jene rothe Varietät des Taunusschiefers, die List analysirt hatte, wobei er die grünlichweissen Flecken einem besondern Minerale, das er Sericit nannte, zuschrieb. Ich werde später durch Zusammenstellung der Bauschanalysen beider Gesteine zeigen, dass sie trotz der auffallendsten äusseren Aehnlichkeit, dennoch ihrem chemischen Bestande nach, etwas von einander verschieden sind. B iläufig will ich noch erwähnen, dass auch die graugrünen Varietäten des Taunusschiefers, die ich selbst im Jahre 1857 bei Wiesbaden zu sammeln Gelegenheit hatte, manchen grünen Schiefern, denen ich im Kanton Graubünden begegnete und die Studer auf der Karte z. Th. noch als Verrucano bezeichnet, was den äusseren Habitus betrifft, ungemein nahe stehen.

Nr. III. führte die Etiquette: „9,62. Bunter Schiefer petrographisch zwischen 9,60 und 9,61, durchsetzt von Adern weisslichen Feldsteins.“ Es war ein ziemlich grosses

dickschiefriges, dunkelroth und grün aussehendes Handstück, auf dem Querbruche liessen sich weisse Flecken von Feldspath erkennen, daneben war es von Quarz- und Feldspathadern spärlich durchzogen und bot oberflächlich dem Auge ein schwach tuberculöses Ansehen dar. Seine Härte = 4 und sein sp. Gew. = 2,716. Ohne dass man wohl ausgeschiedene Mineralien hätte erkennen können, musste man es seinem Habitus nach doch als eine Mittelstufe zwischen Thonschiefer und Gneis bezeichnen.

Nr. IV. Mit der Etiquette: „9,51. Conglomerartiger Quarzitschiefer, bunt, roth und grün, reich an Stücken und Adern von Quarz.“ Von dieser Varietät, die nicht etwa ein eigentliches Conglomerat oder eine Breccie war, sondern nur vermöge des öftern Farbenwechsels vom Dunkelrothen in's Grüne und Weisse eine solche Täuschung hervorrief, stund mir bloss ein ca. 130—140 Grm. schweres Stück zu Gebote, wesshalb es ohne Rest demolirt werden musste. Seine Masse war fast quarzhart, aber ziemlich glatt und glänzend.

Nr. V. ist der von mir Alpinit genannte Gneis. Escher hatte ihm die Etiquette beigelegt: „K. a. 127, Talkquarzitschiefer, hellgrünlich mit Feldspath. Geschlagen am zweiten Absatze zwischen Niederen, oberes Stäfel und mittleres Stäfel.“

Dieser Alpinit macht, wie schon erwähnt, den Eindruck eines vollkommen xlinischen, grünlichweissen Schiefergesteins, von der Structur eines feinflasrigen Gneises. Unter der Lupe unterscheidet man zum ersten mal sehr deutlich dreierlei Mineralien. 1) Grauweisse, fettglänzende Quarzkörner. 2) Weisse Xlle, mitunter Zwillinge einer Feldspathart (wegen Streifung wahrscheinlich Oligokas), die an der Oberfläche, wenn sie in Verwitterung übergehen, kreideweiss erscheinen. 3) Eine grüne (Nuance der grünen Flecken in den Phönicolithen

talkartig glänzende, scheinbar amorphe Substanz in schuppenförmigen, in der Mitte anschwellenden Blättern von der Härte 3,5. Es ist kein Zweifel, dass dieses Mineral weder Talk noch Chlorit ist, dass es aber den Glimmer substituirt und auch wohl in die Familie der glimmerartigen Mineralien gehört; seine chemische Zusammensetzung muss das Nähere entscheiden. Jedenfalls ist es ungerechtfertigt, diese xllinischen Gesteine Talkquarzite zu nennen.

Nr. VI. Auf der Etiquette war zu lesen: 9,54 Talkquarzit, in den sich 9,63 verflösst. Wenige Schritte oberhalb 9,60—62 am Wege von Niederen, mittl. Stafel; nach Neuen Hütten, ob. Stafel.

Es war dieses ein kleines Stück eines sehr harten, rauhen, scheinbar brecciös aussehenden Gesteins von weissen, rothen und grünen Farben, die in einander verliefen. Die graugrünen Parteen glichen vollkommen der Hauptmasse des Gesteins Nr. VII. Es ist mir nicht möglich, eine genauere petrographische Rubricirung vorzunehmen, hemerke indess, dass ich sehr ähnliche quarzistische Gesteinsvarietäten an einer Grünsteinwand zu Niederhannsdorf in der Grafschaft Glatz geschlagen habe.

Nr. VII. „9,63. Unentwickeltes Porphyrgestein. Ein der Schieferung paralleles, in den Talkquarzit 9,64 verlaufendes Nest bildend, an andern Stellen 9,64 gangartig durchschneidend.“

Das faustgrosse Handstück präsentirte sich als ein massiges, ziemlich homogenes Gestein von grünlich grauer Farbe, sehr feinkörnig, aber doch etwas rauh anzufühlen. Sehr vereinzelt gewahrte man darin röthliche oder weisse Partikelchen, die weit mehr den Eindruck von Bruchstücken einer Gebirgsmasse, als von Krystallen machten. Das Gestein als einen unentwickelten Porphyry zu be-

trachten, scheint mir etwas gewagt, obgleich ich in Schlesien den Karten zufolge für Porphyry oder Porphyrit (von Carnall) ausgegebene Gesteine gefunden habe, die mit meiner Nr. VII. im Habitus ziemlich übereinstimmen, nur hatten die schlesischen Porphyre eine etwas mehr röthliche oder lavendelblaue Farbe mit einem Stich in's Graue. Allein der ungewöhnlich hohe Kieselerde- und verhältnissmässig niedere Thonerde- und Alkaligehalt, das Vorkommen von mehr denn 6 Proc. Kohlensäure, diess alles spricht gegen ein eruptives, dagegen mehr für ein umgewandeltes Gestein. Dieses Gestein enthält auch noch Spuren von Phosphorsäure.

Nr. VIII. der Tabelle ist der von mir schliesslich etwas summarisch analysirte, allbekannte, schwarze Tafelschiefer von Matt, der die berühmten Fischabdrücke enthält und nach Agassiz unzweifelhaft eocänen Alters ist. Da Studer in seiner ersten imposanten Abhandlung über die Glarner Verrucane \*) behauptet, am Riesetepass, auf Siezalp und in der Gegend des Weissmeil gingen die schwarzen Tafelschiefer der Tiefe unmittelbar in rothe und bunte glänzende Schiefer über, so glaubte ich auch diesen schwarzen Tafelschiefer in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen zu müssen. Die Analyse zeigt aber, dass der Verrucano nicht wohl als ein Verschmelzungsproduct von Flysch mit Alpinit gedeutet werden kann. Ich behalte mir übrigens ein chemisches Studium jener Uebergänge nach persönlicher Einsicht der Lagerungsverhältnisse vor. Mir scheint es nach Allem, was ich bisher gesehen, noch zweifelhaft, dass das eocäne Flysch direkt in die Phönicolithformation \*\*) sich verlaufe, in diesem Falle wären ja die rothen Schiefer des Glar-

---

\*) Leonhard. Taschenbuch 1827.

\*\*) Der Leser wird errathen haben, dass ich unter „Phönicolithformation“ die rothen Schiefer und Conglomerate zusammenfasse.



nerlandes ebenfalls eocän und hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse wäre am Wallensee verloren, was man etwa in den Freibergen und am Hausstock gewonnen hätte.

Analyse Nr. IX. ist der von List untersuchte rothe Taunusschiefer, die ich wegen mineralogischer Aehnlichkeit, der Vergleichung halber, hergesetzt habe.

Nr. X. bezieht sich auf den von Delesse untersuchten Protogin vom Gipfel des Montblanc, der, wie man sieht, nahezu die normaltrachytische Zusammensetzung zeigt. Andere Protogine aus der Nähe des Montblancgipfel, die von Roscoe und Schönfeld untersucht wurden \*), erwiesen sich als Mischlinge von 1 Theil n. trachytischer Masse mit 0,294 Thl. n. pyroxenischer.

Da wir Nr. IV. als eine bunte Varietät des Alpinits betrachten können, so ist es erlaubt, aus dieser und aus Nr. V. das Mittel zu ziehen, und dieses Mittel auf wasserfreie Substanz berechnet zur Alligationsrechnung zu benutzen. Als anderes Endglied dient uns die Analyse Nr. I.

Bevor ich die Tabelle der Analysen mittheile, sei es gestattet, hier zum erstenmale etwas ausführlich und zusammenhängend die Bunsensche Methode der Bauschanalyse wieder zu geben. Ich thue das namentlich in der Absicht, schweizerische Chemiker zu solchen Gesteinsuntersuchungen anzuregen, und sie dabei besonders auf die, in der Regel zu wenig beachteten, vorbereitenden Operationen aufmerksam zu machen, da diese bei der Bauschanalyse entschieden einen ebenso hohen Werth haben, als das genaue Aufschliessen Fällen, Filtriren etc.

---

\*) Poggend. Annalen [3] Bd. XXIII. 197.



## **Bunsens Methode der Bauschanalyse.**

### **A. Vorbereitung.**

Die vorbereitenden Arbeiten umfassen streng genommen 5 Operationen.

#### **I. Die Auswahl und das Zerstoffeln in der Natur.**

Diess ist fast die wichtigste Vorarbeit am Ganzen; wenn man hierbei nicht mit Takt und Geschicklichkeit umgeht, so können alle nachfolgenden Operationen rein illusorisch werden. Da es sich nämlich meistens darum handelt, die Durchschnittszusammensetzung eines Gebirgsmassivs, das aus einer eruptiven Felsart besteht, zu ermitteln, so ist es natürlich geboten — da man das Material nicht centnerweise verarbeiten kann — möglichst gleichmässig gemengte Stufen zu schlagen und sich von allen sich schaarenden Mineralauscheidungen oder von Gängen und Verwitterungsheerden fern zu halten. Hätte man es darauf abgesehen, eine Contactmetagenese zu studiren, so kommt es sehr genau darauf an, gute Proben, des umwandelnden, umgewandelten und intacten (sedimentären oder auch eruptiven) Gesteins zu schlagen; ja, ich möchte jederzeit empfehlen, ein Croquis der Localität aufzunehmen und die Bruchstelle der untersuchten Gesteine mit Nummern oder andern Zeichen anzudeuten. Nur so werden spätere Forscher etwas weniger vage Anhaltspunkte finden, um die Basis zu beurtheilen, von welcher aus einst Hypothesen und Theorien über Gesteinsbildung- und Umwandlung aufgestellt worden sind.

Es erhellt hier aufs Neue, dass, wer nach dieser Seite der Naturforschung hin thätig sein will, Chemiker und Geologe nothwendig zugleich sein muss. Der Weg lässt sich allerdings noch denken, wo ein Einziger, gleichsam

als Ingenieur en chef, seine Gesteinsproben unter eine Anzahl Chemiker vertheilt und sie die Analysen legethis ausführen lässt, wo dann diese keineswegs benöthigt sind, mit den geologischen Verhältnissen und dem obersten Zweck der Analyse vertraut zu sein. Dieser praktische, die Wissenschaft so rasch fördernde, ja, in Anbetracht der colossalen Aufgabe im Allgemeinen, allein rationell zu nennende Weg ist es, den Bunsen in seinem Laboratorium seit Jahren mit den schönsten Erfolgen besritten hat.

## II. Das Zerpochen grösserer Stufen.

Grössere Handstücke, die bei sehr grobkörnigen Gesteinen, z. B. Paulitfels, Gabbro, porphyritischen Graniten, Minette, Greisen, Pegmatiten etc. bis zu einigen Pfunden Gewicht benöthigt werden, zerpocht man zunächst zu einem Schrot von der Stärke einer Haselnuss. Man wickelt zu dem Zwecke die Stufe in ein zähes Packpapier und setzt sie zwischen zwei Hartholzbrettern tüchtigen Hammerschlägen aus. Natürlich muss man sich hüten, bei dieser Operation, etwa das bereits schon abfallende Pulver und die feinern Splitter zu verlieren, man hebt vielmehr alles in einem grössern Pappkasten auf. War das Gestein nur von gleichmässiger, mittelkörniger Struktur, so ist es erlaubt, von dem gewonnenen Schrote bloss die Hälfte bis  $\frac{1}{4}$  zu nehmen, um sich die Vorarbeiten zu erleichtern.

## III. Das Zermahlen im Stahlmörser.

Abich hat sich durch die Einführung seines sogenannten Stahl- oder Diamantenmörser unter die chemischen Geräthschaften ein entschiedenes Verdienst um die Mineralanalyse erworben. Obgleich schon im Jahre 1831 \*) beschrieben und empfohlen, scheint dieses höchst schätz-

---

\*) Poggendorf Annalen. Bd. 23.

bare Utensil doch erst in den letzten Jahren allgemeiner Eingang in den analyt. Laboratorien gefunden zu haben. Berzelius erwähnt desselben in seiner „Anwendung des Löthrohrs etc.“ 4. Aufl. 1844, noch nicht; erst Plattner in seiner „Probirkunst“ 3. Aufl. 1853 führt den Stahlmörser S. 49 mit unter den Löthrohr-Utensilien auf und Fresenius in seiner 3. Aufl. der quantitativ-chemischen Analyse 1854, beschreibt denselben S. 31; eine gute Abbildung ist in dessen 4. Aufl. 1857. S. 44 zu finden.

In einem solchen Stahlmörser zermalmt man das Haselnuss grosse Gesteinsschrot zu einem gröblichen Pulver. Wenn man nicht zu hastig arbeitet, so lässt sich ein Produkt erzielen, das fast zu 40—50 p. 100 durch das Beuteltuch geht und einen Rückstand hinterlässt, dessen Körner im Max. kaum Linsengrösse erreichen. Man siebt oder beutelt indess nicht ab, sondern mengt die einzelnen zermalmten Portionen gut durcheinander und darf sich dann erlauben, zu der nächsten Zerkleinerungsarbeit seine Ration auf 10—15 Grm. zu beschränken.

#### IV. Das Feinreiben in der Agatschale.

Die 10—15 Grm. müssen nochmals in einer geräumigen Agatschale in kleinen Portionen einmal durchgerieben werden, so dass fürs Auge ein feines gleichmässiges Mehlpulver vorliegt. Dieses wird abermals in einem Papierkasten gut untereinandergemengt und davon etwa 5—6 Grm abgestrichen, welche Menge zu den analyt. Untersuchungen, die Eventualität einer Verunglückung einzelner Bestimmungen mit eingerechnet, vollkommen hinreicht.

#### V. Das Beuteln.

Bunsen lässt seine Silicatpulver zur letzten und feinsten Sichtung, behufs der Aufschliessung, nicht etwa schlämmen — weil die Auflöslichkeit einzelner Bestand-

theile immer eine missliche Sache ist — sondern durch eine sehr feine Leinwand, die über ein kleines sogen. Honigglas gespannt und mit Hirschleder überbunden wird, beuteln. Indem man mit den Fingern auf das Hirschleder wie auf ein Trommelfell schlägt, stäubt das feinste Mineralpulver in das Glas hinein. Was nicht durchgeht, wird abermals unter sorgfältiger Vermeidung jeden Verlustes in die Agatschale gebracht, aufs Neue gerieben und aufs Neue gebeutelt und diese Operation so oft wiederholt, bis das letzte Stäubchen der 5–6 Grm. Mineralsubstanz durch die Leinwand gegangen ist.

Nur bei pedantischer Durchführung dieser präliminaren Operationen darf man versichert sein, dass das zur Analyse verwendete Pulver einen materiellen Durchschnitt einer gewissen Gesteinsmasse repräsentire und man sich dem Minimum der primitiven Fehler möglichst genähert habe. Zu den primitiven, unausweichlichen Fehlern gehören aber jene mehr oder minder grossen Veränderungen im chemischen Bestande, welche wohl alle Gesteine, seit ihrem millionenjährigen Bestehen, durch das Eindringen meteorischer Wasser erlitten haben. Nur eben erhärtete Laven und Tuffe geben uns die augenscheinliche Ueberzeugung ihrer Integrität.

Endlich ist es zu empfehlen, die nicht benutzten Rückstände von den Operationen 1–5 nicht wegzuwerfen, sondern in Papierschachteln oder Gläsern wohl etikettirt aufzuheben, indem sie später zu mineralogisch-chemischen, mikroskopischen oder anderweitig controlirenden Untersuchungen verwendet werden können.

### B. A u s f ü h r u n g.

Hier können wir 3 Hauptoperationen unterscheiden. 1) das Abwiegen, 2) das Aufschliessen, 3) die Trennung und Bestimmung der einzelnen Bestandtheile.

I. Das Abwiegen nimmt Bunsen stets in dem kurzen wohl getrockneten mit einem Kork verschlossenen Probegläschen vor, in welchem der Vorrath gebeutelter Substanz aufgehoben wird. Das Gläschen wird entpfropft, auf die Wagschaale gelegt und gewogen; sodann schüttet man vorsichtig ca. 0,5 bis 2,0 Grm. in den Platintiegel, in dem man die Aufschliessung vornehmen will, wiegt das Gläschen zurück und erfährt dadurch die Menge angewendeter Substanz.

II. Das Aufschliessen ist ein 2faches, je nachdem man beabsichtigt, die Substanz zur  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  etc. oder zur Alkalibestimmung zu benutzen.

a) Aufschliessen mit trockenem kohlen-s. Natron.

Zu dieser Operation verwendet man in der Regel 1,5 bis 2 Grm. Substanz und das 6fache reine wohlgetrocknete Soda. Man mischt unter den bekannten Vorsichtsmassregeln in einem geräumigen Platintiegel, erhitzt diesen sehr allmählig über einer Glasbläserlampe oder Gasspinne, verhütet möglichst alles heftige Spritzen, was man leicht erreicht, wenn man anfänglich den Feuerstrahl nach oben und erst später nach dem Boden des Tiegels leitet, und diesen erst gegen das Ende mitten in die Flamme bringt. Wenn die Masse ruhig fliesst, so hat man seinen Zweck erreicht und kann erkalten lassen. Die Masse ist nun schon zum Theil in Wasser leicht auflöslich und vollkommen zersetzbar durch Salzsäure unter Abscheidung der Kieselerde.

b) Aufschliessen mit flusssauren Dämpfen.

Diese von Berzelius eingeführte Methode lässt auch Bunsen zur Bestimmung der Alkalien in einem Silicate ausschliesslich in seinem Laboratorium anwenden. In einem Platinschälchen oder kleinern Tiegel werden 0,5—1,0 Grm. Substanz mit einigen Tropfen Wasser durchfeuchtet,

darauf 3—10 Tropfen engl. Schwefelsäure zugefügt, sodann in einen Bleitopf auf ein durchlöchertes Diaphragma gesetzt, auf dessen Boden sich eine hinreichende Menge Flussspathpulver und concentrirte Schwefels. befindet. Nachdem man den Deckel aufgesetzt, werden die Fugen mit Gyps verstrichen und der Topf in einem Ofenrohr einer Temperatur von  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$  über 8 Tage ausgesetzt. Nimmt man nach dieser Zeit die Platintiegel heraus und ist die Aufschliessung gelungen, so findet man ein xlinisches Magma mit glatter, glasglänzender Oberfläche ähnlich einer Gelée. Hierauf fügt man noch ein paar Tropfen Schwefelsäurehydrat zu und erhitzt über der Gaslampe, bis aller Fluorkiesel und alle überschüssige Schwefelsäure entwichen ist. Damit bei dem kaum vermeidlichen Spritzen keine Verluste entstehen, lässt Bunsen das kleine Schälchen schief in einen sehr grossen Platintiegel stellen. Nach diesem Abrauchen ist die ganze Masse in kochender concentrirter Salzsäure auflöslich, welches Kochen in dem grossen Platintiegel unter beständigem Umrühren mit einem Platinlöffel bewerkstelligt wird. Der kleine Tiegel wird natürlich herausgenommen, sowie sich die Salzmasse von ihm abgelöst hat. — Man hat also jetzt eine Lösung des Gesteins, in der sich noch alle Stoffe mit Ausschluss der Kieselerde befinden und zu der nichts Fremdes hinzugekommen ist als Schwefelsäure und Salzsäure.

3) Die Trennung und Bestimmung der einzelnen Bestandtheile.

Um an das Vorhergehende anzuschliessen, gehen wir gleich über zu:

a) Abscheidung und Bestimmung der Alkalien.

Wenn die Aufschliessung mit Flusssäure vollständig gelungen war, so muss die concentrirte salzsaure Auf-



lösung ganz klar sein, denn der etwa gebildete Gyps löst sich in ziemlicher Quantität bei diesem Verfahren. Bleibt aber die Flüssigkeit trotz allem Kochen trübe und scheidet sich ein kreischendes Pulver ab, so taugt die Aufschliessung nichts. Man entfernt nun mit einem Male die Schwefelsäure, das Eisenoxyd, die Thonerde, den Kalk, Baryt etc. Durch successiven Zusatz von Chlorbaryum, Ammoniak und kohlen. Ammoniak. Man filtrirt, dampft das Filtrat zur Trockne ein, glüht, löst in Wasser und fällt nochmals mit dem  $\text{AmO} + \text{AmO}, \text{CO}_2$ , es entsteht in der Regel immer noch ein merklicher Niederschlag. Nachdem man zum zweitenmal filtrirt, eingedampft und geglüht hat, scheidet Bunsen nach der Methode von Berzelius die Magnesia mit fein vertheiltem Quecksilberoxyd ab. — Aus dem gewogenen Gemenge der Chloralkalien wird das Kali mit Platinchlorid in bekannter Weise bestimmt. Bunsen lässt den Niederschlag erst mit Alkohol und schliesslich mit einem Gemenge von Aether und Alkohol waschen.

b) Abscheidung und Bestimmung der Kieselsäure.

Hierzu benutzt man die mit Soda aufgeschlossene Portion. Sie geschieht in der allgemein üblichen Weise ohne besondere Eigenthümlichkeiten. Was originell ist, das ist die Verbrennung der Filter. Diese werden nach von Bunsen selbst zu erlernenden Kunstgriffen, nachdem man den grössten Theil des Niederschlags davon getrennt, cylinderisch wie ein Mantel fest zusammengerollt, und alsdann mit einem Platindraht recht fest spiralförmig umwickelt und in der Gasflamme über einem sogenannten Aschenteller verbrannt. Diese Filterverbrennung hat vor der sonst üblichen nicht nur eine wahre Eleganz, sondern auch den Vorthail der Zeitersparniss und Voll-



kommenheit für sich. Z. B. die bekanntlich schwer veraschenden Magnesiafilter brennen sich in der Platinspirale in der Hälfte der Zeit zu einem rein weissen Aschencylinder, der durch eine leichte Erschütterung in nettester Weise in den Platintiegel oder auf dessen Deckel gebracht werden kann. So viel mir bekannt, findet sich diese Methode erst in der neuesten, 4ten Aufl. von Fresenius quantitativer Analyse beschrieben. S. 91.

c) Gemeinschaftliche Abscheidung der Thonerde und des Eisenoxyds und Trennung der beiden Basen.

Das Filtrat von der Kieselerde wird mit Ammoniak übersättigt, das Becherglas mit dem Thonerde-Eisenoxyd-Niederschlag auf einen flachen Teller gestellt, ein grösseres Becherglas darüber gestürzt und mit Ammoniakflüssigkeiten oder caust. Natron gesperrt. Indem man den Niederschlag in solcher Weise sich absetzen lässt, verhindert man, dass das Ammoniak Kohlensäure anziehe und Kalk mit ausfalle.

Das nun folgende Auswaschen geschah nach einer Decantirmethode\*), die ich ebenfalls zuerst in Heidelberg kennen lernte und die nicht weniger als die frühern den Stempel Bunsen'scher Ingenieursität an sich trägt. Ich will ihr Wesen genauer als es seither irgendwo geschehen, erläutern.

Gesetzt wir haben 2 Grm. Gesteinspulver mit 12 Grm. kohlens. Natron zusammengeschmolzen und aus dem Gemische bereits 1 Grm.  $\text{SiO}_2$  abgeschieden und 0,5 Grm. wiege der Eisenoxyd-Thonerde-Niederschlag, der in der Flüssigkeit zu einem Volum, das wir = 1 setzen wollen, sich abgelagert hat, so ist klar — dass die

---

\*) Jeder Chemiker weiss, wie schwierig die gelatinösen Niederschläge von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auf dem Filter auszuwaschen sind.

Flüssigkeit alsdann noch 12,5 Grm. fixe Bestandtheile gelöst enthält, die man beabsichtigt vom Niederschlage zu trennen. Verdünnen wir nun unsere Flüssigkeit auf das 12500fache obiger Volumseinheit und lassen den Niederchlag ahermals auf sein ehemaliges Volum absetzen, so ersieht man, dass, wenn es uns jetzt gelingt 12499 Vl. Flüssigkeit klar abzugießen, in dem Rest Flüssigkeit, in welcher der Niederschlag suspendirt ist, nur noch höchstens 1 Mgr. fremder Substanz gelöst sein können, was beiläufig nur noch  $\frac{1}{5}$  % des Niederschlags beträgt. Die Scheidung durch das Filter kann also keine Umständlichkeiten mehr verursachen. — Es ist klar, dass man einen solchen Weg der Decantation, der ungehörlichen Flüssigkeitsmengen halber, nicht einschlagen wird; denn hätte obiges Volum 1 der Flüssigkeit nur 1 Ccm. repräsentirt, so würden wir nicht weniger als 12,499 Litres Decantat erhalten haben. Man bedient sich deshalb der fractionirten Decantation, bei welcher äusserst günstige Beziehungen zwischen der Menge des verbrauchten Auswaschwassers und der Reduction der aufgelösten fremden Bestandtheile bestehen. Es gilt hier nämlich der Satz: Wenn die Auswaschflüssigkeit in arithmethischer Progression zunimmt, so wächst die Reduction der fremden Bestandtheile im Niederschlage in geometrischer.

Es sei das Gesamtvolum der Flüssigkeit sammt Niederschlag, nach irgend einer Einheit z. B. Ccm. ausgedrückt =  $a$ ; das Volum der Flüssigkeit mit dem schwebenden Niederschlag werde durch entsprechendes Sichsetzenlassen immer auf  $r$  gebracht, man giesse mithin bei jeder Decantation ein Volum  $a-r$  ab, so wird auch jedesmal die Reduction der fremden Bestandtheile (deren Menge in Milligrm. z. B.  $m$  heissen mag) im Re-

siduum dessen Volum  $= r \dots \frac{r}{a}$  der früheren Grösse sein müssen. Also:

	Decantatsmenge.	Reduction.
1. Decant.	1 (a—r) vol.	$m \frac{r}{a} = m \left(\frac{r}{a}\right)^1$
2. „	2 (a—r) „	$m \frac{r}{a} \left(\frac{r}{a}\right)^1 = m \left(\frac{r}{a}\right)^2$
3. „	3 (a—r) „	$m \frac{r}{a} \left(\frac{r}{a}\right)^2 = m \left(\frac{r}{a}\right)^3$
:	:	:
x „	x (a—r) „	$\frac{r}{a} \left(\frac{r}{a}\right)^x = m \left(\frac{r}{a}\right)^x$

Die fremden Bestandtheile sind also auf einer hinreichend kleinen Menge  $= 1$  angelangt nach x Decantationen,

wo  $m \left(\frac{r}{a}\right)^x = 1$  und

$$1) \quad \left(\frac{a}{r}\right)^x = m \quad \text{während die}$$

Decantatsmenge d sich berechnet

$$2) \quad d = x (a - r).$$

Die Verhältnisse in der Praxis haben nun gelehrt, dass die Grösse des Quotienten  $\frac{a}{r}$  sich meistens zwischen den Werthen 5—10 bewegt, was durch die räumliche Beschaffenheit der Bechergläser und die Schnelligkeit des Absetzens der Niederschläge bedingt ist. Wenn also z. B.  $m = 12500$  mgr und  $a = 250$  Ccm,  $r = 50$  Ccm, so dass ich jedesmal  $\frac{4}{5}$  Flüssigkeit abgiesse, wie oft werde ich decantiren müssen? x mal! wobei

$$\begin{aligned} \left(\frac{250}{50}\right)^x &= 5^x = 12500 \\ x \log 5 &= \log 12500 \\ x &= \frac{4,09691}{0,69897} = 5,8613 \dots \end{aligned}$$

Wie gross wird das absolute Volum des Decantats sein? Antwort:  $5,86 \cdot 200 \text{ Ccm} = 1,172 \text{ Litre}$ .

Zu dieser Operation bedarf ich kaum 2 Stunden Zeit, bei der Auswaschung auf dem Filter würde ich das 3-fache brauchen; aber allerdings auch das Minimum von Waschwasser bedürfen.

Während in obigem Beispiel die Decantatsmenge von 1,2 Litre noch leidlich ist, so wird sie bald lästig gross und schädlich, wenn man in einem rascheren Verhältniss reduciren will, etwa  $\frac{a}{r} = 10$  macht und den Niederschlag bloß auf 100 Ccm setzen lässt; alsdann wird  $x = 4,09$  und die absolute Decantatsmenge = 3600 Ccm.

So weit die theoretische Betrachtung der Decantirmethode.

Im Laboratorium ist es nicht möglich und auch nicht nöthig, den Niederschlag immer auf dasselbe Volum absetzen zu lassen. Bunsen notirt sich daher jedesmal auf einem Streifen Papier die Höhe des Niederschlages und die Höhe der ganzen Flüssigkeit, schätzt ihr Verhältniss ab und schreibt die Quotienten auf einen Zettel nebeneinander. Es sei z. B. das erstemal mit dem Niederschlage  $\frac{1}{5}$  des ganzen Flüssigkeitsquantums zurückgeblieben, das zweitemal  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{5}$ , u. s. f., so ist die jeweilige Reduction an fixen gelösten Substanzen =  $12,5 \text{ Grm.} \cdot \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}, \frac{1}{5} = 12,5 \cdot \frac{1}{15120}$ . —

Das Decantat lässt Bunsen, was wohl bei sorgfältigem Verfahren entbehrt werden könnte, durch ein Filter in einen grossen Glasballon von ca. 7 Litre Capacität laufen, in welchem es zu möglichst geringem Volum verdampft, nöthigenfalls mit etwas Salzsäure in einen kleinern Kolben gespült und noch weiter concentrirt wird; zuletzt spült man es in ein Becherglas.

Aus diesem Filtrat ist die Thonerde, die sich erfahrungsgemäss immer, ja fast bis zu 60 % der überhaupt vorkommenden Quantität darin findet, mit Ammoniak auszufällen. Das Filtrat, welches den Kalk und die Magnesia enthält, wird einstweilen aufgehoben.

Der gemeinschaftliche Niederschlag von Eisenoxyd und Thonerde wird — so wie er noch in dem Residuum des Auswaschwassers, das, nachträglich erwähnt, immer siedendheiss zugegossen wird, schwebt — in Salzsäure gelöst und der salzsaure Auszug des Filters (durch welches das Decantat gegossen worden) zugefügt; man neutralisirt mit zll. kohlensauen Natron, bringt die Lösung in eine geräumige Platinschale, setzt chemisch reines Aetzkali in Stücken zu und kocht unter Umrühren etwa 5 Minuten lang und giesst sodann in ein Becherglas mit etwas destillirtem Wasser. Man filtrirt durch das nämliche Filter, durch welches das Decantat gegangen, auf welchem auch der Eisenoxydhydrat Niederschlag getrocknet wird.

Die Ausfällung und Bestimmung der geschiedenen Thonerde geschieht nach allgemein üblicher Methode, nur wird das Auswaschen auch wieder durch fractionirtes Decantiren bewerkstelligt.

Den getrockneten Eisenoxydniederschlag glüht man, löst ihn wieder in Salzsäure; es bleibt in der Regel etwas Kieselerde zurück, die man auf ein kleines Filter nimmt und zur Hauptmenge addirt. Aus dem Filtrate fällt man das Eisenoxyd aufs Neue mit Ammoniak und filtrirt. Dieses zweite Filtrat enthält gewöhnlich noch etwas Kalk, Magnesia, Manganoxydul; man fügt es daher zu der Flüssigkeit, welche die Hauptmenge dieser Körper enthält.

d) Trennung und Bestimmung von Kalk und Magnesia.

Diese wird, wenn man das Mangan nicht berücksich-

tigt, was auch meist unerheblich ist \*), mit oxalsaurem Ammoniak und Ammoniak versetzt, worauf man 24 Stunden in geringer Wärme stehen lässt. Die Weiterbehandlung, sowie die Bestimmung der Magnesia geschieht nach bekannten Methoden. Der oft sehr fest an der Glaswand haftende Rest des phosphorsauren Ammoniak- Magnesianiederschlags reibt Bunsen statt mit einer Feder erfolgreicher mit einem Glastab, dessen eines Ende mit unvulkanisirtem Kautschuk überzogen ist, ab.

So weit die Bunsen'sche Silicat- und Bauschanalyse.

Es ist noch nachzutragen, dass das Gesteinspulver, keineswegs im bei 100° trockenen Zustande abgewogen wird, denn gleich nach dem Beuteln wurde es in den Gläschen aufgehoben. Das hygroskopische Wasser wurde daher für sich durch Trocknen bei 100° bestimmt. Es betrug selten 1 ‰, meist 0,26—0,38 ‰. Die analyt. Resultate wurden dann auf die bei 100° trockene Substanz berechnet.

Das wirklich gebundene Wasser bestimmte man durch den Verlust bei gelindem Glühen, oder wenn die Gesteine sehr carbonatreich waren, durch Auffangen des beim Glühen entweichenden Wasserdampfes in einer Chlorcalciumröhre.

Die Kohlensäure bestimmte ich nach dem Princip von Fresenius und Will in einem von mir construirten und beschriebenen Apparate.\*\*)

Nach dieser Methode sind sämmtliche in der Tabelle zusammengestellte Analysen ausgeführt worden. Man findet dieselben zugleich auch auf wasser- und kohlen-säurefreie, sowie eisenoxydulhaltige Substanz umgerechnet, aus einem Grunde zu dessen Erörterung wir sofort schreiten werden.

---

\*) Soll es bestimmt werden, so setzt man Am S zu, und filtrirt das Mn S ab und behandelt es weiter wie allgemein üblich.

\*\*) Erdmann J. f. p. r. Chemie. 1857. Bd. 71. S. 158.



## A. Direkte Ergebnisse der Analysen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.*)	IX.	X.
Spec. Gewicht	2,859	2,819	2,716	2,677	2,656	2,677	2,576	2,725	2,822	—
Kieselsäure	51,92	62,46	65,80	72,29	75,35	74,68	76,41	45,61	56,35	74,25
Thonerde	20,86	17,53	16,12	12,33	12,46	8,34	7,63	23,37	15,62	11,58
Eisenoxyd	10,76	9,83	4,67	2,35	—	1,69	—	—	4,86	2,41
Eisenoxydul	—	—	—	—	2,08	—	1,12	—	8,24	—
Kalkerde	3,27	0,56	2,04	2,08	1,29	4,10	4,13	6,24	0,50	1,08
Magnesia	3,65	0,25	1,30	2,22	0,63	1,90	2,13	4,33	1,38	—
Natron	0,68	1,00	3,18	3,31	2,58	1,74	1,42	4,93	1,70	10,01
Kali	1,02	4,14	3,53	0,77	4,16	0,68	0,77	—	6,13	—
Kohlensäure	2,64	—	0,82	3,57	—	5,64	6,25	11,90	—	—
Wasser	5,53	3,70	2,43	1,06	1,75	1,18	0,64	4,00	5,19	0,67
Summa	100,33	99,41	99,89	99,98	100,30	99,95	100,50	100,38	99,97	100,00

## B. Die Analysen auf kohlenensäure- und wasserfreie Substanz und auf Eisenoxydul berechnet

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.*)	IX.	X.
Kieselsäure	57,00	66,22	68,41	75,98	76,46	80,34	81,62	53,98	59,78	76,22
Thonerde	22,92	18,63	16,76	12,96	12,64	8,97	8,16	27,66	16,56	12,80
Eisenoxydul	10,62	8,86	4,38	2,26	2,11	1,64	1,19	—	13,37	2,19
Kalkerde	3,59	0,59	2,12	2,18	1,31	4,41	4,41	7,39	0,53	1,74
Magnesia	4,01	0,26	1,35	2,33	0,64	2,04	2,27	5,13	1,46	1,49
Natron	0,74	1,06	3,31	3,48	2,62	1,87	1,52	—	1,80	3,05
Kali	1,12	4,38	3,67	0,81	4,22	0,73	0,83	5,84	6,50	2,51
Summa	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
										IV+V

\*) Enthält auch noch sehr merkliche Spuren von Schwefel Eisen und Phosphorsäure.



Wir können nunmehr dieses analytische Material nach 2 Richtungen hin verwerthen. Entweder suchen wir durch Rechnung die mineralogische Zusammensetzung der mikrokrySTALLINISCHEN und halbkrySTALLINISCHEN Gesteinsarten zu bestimmen und mit Hülfe der Kenntniss über die Verwandlungen und Verwitterungen der einzelnen Mineralspecies die Möglichkeit der Umwandlung der einen Gesteinsart in die andere zu demonstrieren oder — wir schlagen den zuerst von Bunsen, ursprünglich für die vulkanischen Gesteine, befolgten Weg ein, indem wir untersuchen, ob unsere Felsarten dem Gesetz der Syntexis oder Verschmelzung sich unterordnen. (In diesem Falle ist es eben nöthig, die Analysen auf Kohlensäure- und Wasserfreie Substanz umzurechnen, weil in geschmolzenen Gesteinen primitiv keine Carbonate und Hydrate sich finden.)

Beide Wege haben Interesse und Berechtigung; ersterer besonders, wo es sich um auf wässrigem Wege umgewandelte Schichten handelt; letzterer für Gesteine, für welche die Vermuthung sich aussprechen lässt, sie möchten durch des Feuers Macht gebildet oder umgewandelt worden sein.

In Heidelberg konnte ich nicht zweifeln, welcher Weg einzuschlagen sei, um so weniger, da die Schriften Eschers (Gemälde des Kantons Glarus. S. 82 ff.) und Studers (Geologie der Schweiz. Bd. I. S. 425) sehr der Vermuthung Raum geben, es hängen die Glarnerverrucane mit der „subterranean Thätigkeit“ der Erde zusammen. Es fällt um so sonderbarer auf, wenn man andern Orts (physik. Geograph. I. 153 ff.) diese vortrefflichen Forscher die Meinung aussprechen sieht, unser Alpengneis- und Granit sei ursprünglich ein sedimentäres, weil geschichtetes? Gestein gewesen, das durch irgend

eine Ursache zu Granit und Gneis metamorphosirt worden sei. Leider hat es gerade mit dieser Ursache oder mit diesem „modus operandi der Natur“ wie Naumann sich ausdrückt, gar grosse Schwierigkeiten und weder Escher noch Studer haben sich je in Mittheilung von Vorstellungen hierüber eingelassen.

So sehr es daher auch gegenwärtig bei den stratigraphischen und paleontologischen Geognosten üblich ist, krystallinische Schiefergesteine ohne Weiteres den sedimentären Schichtfolgen zu anectiren, so wage ich doch den sogleich nachfolgenden Versuch der Interpretation der Glarnerverrucane festzuhalten, und zwar so lange, bis zureichende Gründe der Stratigraphie, Paläontologie, Physik oder Chemie mich widerlegen; alsdann soll es mir keine Mühe machen, eine Theorie zu verlassen, die vor andern wenigstens den immensen Vorthail eines klaren „Wo und Wie“ für sich hat.

Indem wir uns wieder der Betrachtung unser analytischen Resultate zuwenden, springt uns in die Augen:

1) Dass unser Alpinit die Zusammensetzung der von Bunsen „normaltrachytisch“ genannten Gesteine zeigt. Bei keinem Bestandtheile finden wir Abweichungen, die 1 pCt. erheblich übersteigen, um so weniger, wenn wir auf die einzelnen Analysen selbst zurückgehen, aus denen Bunsen seine mittlere normaltrachytische Masse abgeleitet hat.

Es will uns vorkommen, dass dieser Umstand sehr für einen pyrogenen Ursprung der Alpinite sprechen kann. (Unter Alpinit fasse ich alle Varietäten unseres, von den typischen Gneisen ziemlich abweichenden Alpengneises zusammen; auch den Protogin würde ich einrechnen.)

2) Dass der Kieselsäuregehalt des neptunischen,

rothen Thonschiefers Nr. 1. am niedrigsten steht, nämlich auf 57 pCt.

3) Dass die Zusammensetzung der zwei mineralogischen Mittelstufen Nr. II. und III. in der That eine mittlere ist und dem Bunsen'schen Verschmelzungsgesetze gehorcht. Hier erscheinen zwar die Abweichungen zwischen Rechnung und Analyse etwas grösser, erreichen indessen nie den Werth von 3 pCt. bei Nr. II. und nie den von 2 pCt. bei Nr. III.

Dass solche Abweichungen aber überhaupt vorkommen, ist aus verschiedenen Gründen zu entschuldigen. Einmal waren die Gesteinsproben, die mir zur Verfügung standen, etwas klein und von Escher, wenn auch aus der Sammlung glücklich herausgegriffen, doch nicht zu diesem speziellen Zwecke geschlagen worden; dann darf man von Gesteinen, die vielleicht schon Millionen von Jahren den Einflüssen der Wasserzüge im Gebirge ausgesetzt gewesen sind, überhaupt nicht mehr erwarten, dass man sie noch vollkommen integer zur Analyse bekomme. Alle Bestandtheile der Gesteine, mit Ausnahme von Thonerdesilicaten, sind bekanntlich sehr beweglich und können sowohl zu- wie weggeführt werden. Woher sonst die Gänge, Adern, Schnüre von Quarz, Chalcedon, Kalkspath, Bitterspath, Eisenocker in fast allen Gebirgsarten? In Anbetracht solcher Thatsachen ist es daher unnütz, zu scrupulös an den gefundenen Zahlenwerthen zu halten. Toleranzen bis zu 2,5 pCt. bei den beweglicheren Bestandtheilen können sehr wohl gestattet werden und berechtigen uns nicht ein Gesetz zu verwerfen, das uns bei einer gehörigen Vervielfachung der Untersuchungen dennoch unverkennbar entgegentritt, und das in seinem Princip so klar und schön sich ausspricht.

Den Verschmelzungscoefficienten  $a$ , welcher anzeigt,

wie viel Theile des Gesteins Nr. I mit 1 Theil des Gesteins  $\frac{IV + V}{2}$ , Alpinit, zur Verschmelzung gekommen seien, berechnen wir nach der Formel

$$a = \frac{S_t - S_m}{S_m - S_p}$$

wobei  $S_t$  den Kieselsäuregehalt des sauren Endgliedes

$S_p$  „ „ des basischen „

$S_m$  „ „ des Mischlings

bezeichnet.

Es ergibt sich für das Mischlingsgestein Nr. II. der Coefficient 1,0864,

für Nr. III. der Coefficient 0,6844,

d. h. bei Verrucano Nr. II. wären, grosso modo, gleiche Theile Thonschiefer und Alpinit, bei Nr. III. 0,7 Theile Thonschiefer mit 1 Theil Alpinit zur Verschmelzung gekommen.

Um nun mit Hülfe dieser Coefficienten die procentische Zusammensetzung der theoretischen Mischlinge zu berechnen, wird man nachstehende Reihe numerisch auszuführen haben:

$$\frac{ap_1 + t_1}{a + 1} + \frac{ap_2 + t_2}{a + 1} + \dots + \frac{ap_n + t_n}{a + 1} = 100$$

$p_1, p_2, p_3 \dots p_n$  sollen die procentischen Mengen des 1., 2., 3. bis  $n^{\text{ten}}$  Bestandtheils des das pyroxenische Glied repräsentirenden Gesteines vorstellen, und ebenso  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  die procentischen Mengen der einzelnen Bestandtheile des normaltrachytischen Gesteines, so wird die Summe der berechneten Bestandtheilmengen des Mischlings natürlich wieder 100 betragen.

Nachstehend haben wir die Ergebnisse dieser Rechnung in Zusammenstellung mit dem Resultat der Analyse.

Nr. II. mit  $a = 1,086$ . Nr. III. mit  $a = 0,684$ .

	Berechnet.	Gefunden.	Berechnet.	Gefunden.
Kieselerde . . .	66,22	66,22	68,41	68,41
Thonerde . . .	18,07	18,63	16,91	16,76
Eisenoxydul . .	6,58	8,86	5,62	4,38
Kalkerde . . .	2,70	0,59	2,49	2,12
Magnesia . . .	2,81	0,26	2,52	1,35
Natron . . .	1,84	1,06	2,11	3,31
Kali . . .	1,78	4,38	1,94	3,67
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Die Gesteine Nr. VI. und VII. waren weniger glücklich gewählt; man sieht aus der Analyse, dass es Degenerationen sind, die zugeführte überschüssige Kieselerde enthalten, auch weist der starke Gehalt an Carbonaten bereits darauf hin.

Wir könnten nun zum Voraus die Zusammensetzung einer Zahl der nach diesem Gesetze möglichen Verrucane berechnen, wie das Bunsen für vulkanische Mischlingsgesteine gethan hat; es ist aber nicht gesagt, dass das basolithische Endglied immer ein und derselbe rothe Thonschiefer sein müsse, die geognostischen Verhältnisse in Graubünden, in Wallis u. a. O. weisen darauf hin, dass der Gneis auch mit andern Schiefergesteinen, oft ganz verschiedenen Alters, in Verbindung steht. Namentlich hat Theobald in neuester Zeit einen sehr schönen Gürtel von Verrucanen zwischen dem grauen Bündnerschiefer und der xlinischen Centralmasse des Piz Er und der Cima da Flix nachgewiesen.

Auf obige Ergebnisse gestützt, die ich nicht erman-  
geln werde in Zukunft weiter zu verfolgen, und in Ver-  
bindung mit eigenen geologischen Beobachtungen, glaube  
ich mich nun zu folgenden Schlüssen berechtigt:

1) Der Verrucano des Kantons Glarus ist in zwei

bis drei nach Alter und Entstehung ganz verschiedene Formationen zu sondern.

2) Die eine, vorherrschend rothe, geschichtete, Formation mit normaler Lagerung unter dem Jura gehört aller Wahrscheinlichkeit nach zur Trias; die andere, massig schiefrige und krystallinische, ist ein Eruptivgestein, Alpinit (Gneis).

3) Die innige Verflechtung dieser beiden Formationen, der Uebergang von der einen in die andere erklärt sich durch Verschmelzung beider.

4) In Folge dieser Syntexis entstand ein neues Gestein, Verrucano (im engern Sinne), mit allen Merkmalen der plutonischen Metagenese.

5) Die hie und da rothe Farbe des Gneises kann spontan sein \*), bei den neptunischen und metamorphischen Verrucanen ist sie z. Th. bedingt durch eine Oxydation des Eisenoxyduls und eine theilweise Hydratisation desselben.

6) Der Gneis mag ursprünglich ein Granit, ähnlich demjenigen Norddeutschlands, gewesen sein, auf welchem sich die rothe Triasformation ablagerte. Mehr und mehr rückte bei Auflagerung der folgenden Formationen die Trias mit sammt ihrer Unterlage in die Tiefe; letztere kam wieder zur Schmelzung und dadurch Verschmelzung mit den untersten Sedimentärschichten, wobei es unbenommen bleibt, überhitztes Wasser und Zeiträume von Millionen von Jahren mitwirken zu lassen.

(Da manche Geologen selbst den Granit und Gneis, des Quarzes halber, nur als ein Gebilde wässriger Natur

---

\*) Auf der südlichen Seite des Kärpfstockes fand ich wenigstens dem Glimmerschiefer sich nähernde Gesteine mit wohlausgebildeten kupferrothen Glimmerhexagonen.



begreifen können, so mache ich Sie mit **Naumann** auf die Analogie mit dem grauen Roheisen aufmerksam, in welchem freier Kohlenstoff, in Form des an und für sich unschmelzbaren Graphites angeschlossen vorkommt, und welches Factum chemisch so seine Erklärung findet, dass ein kohlenstoffreicheres Eisencarbür sich während des Abkühlens in ein kohlenstoffärmeres und freien Kohlenstoff spaltete. Warum sollte nicht eine ähnliche Spaltung beim oder nach dem Erstarren geschmolzener Granitmassen stattfinden können? Ist etwa die wohlbekannte Erscheinung des Opakwerdens mancher Gläser nicht ähnlich zu erklären?

7) Nach einzelnen Hebungsbestrebungen in der Jura- und Kreideperiode, folgte endlich mitten in der Tertiärzeit das Wiederauftauchen des ehemaligen Granits, jetzt der Textur nach umgewandelt, als Alpinit (Gneis). Die Sedimentärformationen wurden z. Th. aufgerichtet, z. Th. faltig zusammengequetscht, gespalten und aneinander verschoben, so dass mit erheblichen Niveaudifferenzen, selbst die verborgen gebliebene Trias zu Tage trat.

8) Der Freiberg ist ein aufgebrochenes Gewölbe, und wir halten dafür, das seine Verrucane der Nummulitenformation nicht durchgehend aufgelagert seien. Diese bildet vielmehr nur den an seine Gehänge abgeschüttelten, versunkenen und nach SO. gequetschten Mantel. \*)

9) Gleichzeitig mit dem Heben der Verrucane wurde die „*Porta glarisiana*“ aufgesprengt und der Schlund des Wallensee's geöffnet. Der periklinale Schichten-

---

\*) In einer unlängst von mir im Druck erschienenen Separatschrift: **Ueber die Petrogenese im Allgemeinen und das Bunsen'sche Gesetz der syntektischen Gesteinsbildung angewendet auf die Verrucane des Kantons Glarus im Besondern.** Bern, Huber u. Comp. 1861, findet man ein geognost. Orientirungskärtchen und ein dito Profil des Freiberges.



fall in den Kuhfirsten und im Calanda, sowie am ganzen Südabhange des Bündnerberges deutet auf die centrale Hebung im Kanton Glarus hin.

10) Aber nicht nur in Glarus, auch in Bündten, in Val Orsine und anderwärts findet man den Gneis in Sedimentärgesteine übergehen; ja, es lassen sich zusammenhängende Gürtel solcher veränderten Gesteine nachweisen und fast nirgends beobachten wir ein xllinisches Gebirgsmassiv, das nicht von metamorphischen Schiefern begrenzt wäre.

11) Es muss somit als ein allgemeines Gesetz gelten, dass die Centralmassen unserer Alpen verändernd auf die von ihnen aufgerichteten Gesteine gewirkt haben, verändernd in dem Sinne, dass, abgesehen von den Conclusionsbreccien eine Verschmelzung unter günstigen Bedingungen stattfand. So erklärt sich auch ungezwungen der Uebergang xllinischer in petrefactenführende Gesteine.

Dieses Gesetz lässt sich bezeichnen als dasjenige „der pericentralen Syntexite“ oder Mischlingsgesteine.

---

## **Verzeichniss der für die Bibliothek der Schweizer. Naturf. Gesellschaft eingegangenen Geschenke.**

---

***Von der Tit. Redaktion:***

Schweiz. Zeitschrift für Pharmacie. Jahrg. 1862. Heft 4. Schaffhausen 1862. 8.

***Von der Tit. königl. niederländ. Regierung:***

Geologische Karte der Niederlande. Nr. 15.

***Vom Herrn Verfasser:***

Staring, notice sur les restes Mosasaurus et de la Tortue de Maas-tricht, conservés au Musée de Teyler à Harlem. Amsterdam. 1862. 8.

