
Die Systematik der Eruptivgesteine.

Zweiter Teil.

Von

L. Milch,
Greifswald.

Mit 4 Figuren.

Sonderabdruck

aus

**Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und
Petrographie.**

Herausgegeben im Auftrag der Mineralogischen Gesellschaft
von

Dr. G. Linck.

4. Band.

Verlag von **Gustav Fischer** in Jena.

1914.

4. Petrographie.

Die Systematik der Eruptivgesteine.

Zweiter Teil.

Von

L. Milch,
Greifswald.

Mit 4 Figuren.

(Die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung der Eruptivgesteine für die Systematik.)

Es wird sich kein System der Eruptivgesteine aufstellen lassen, gegen das nicht einige Einwände erhoben werden.

J. Roth (1891).

Die Aufgabe, die Rolle der chemischen Beschaffenheit der Eruptivgesteine für deren Systematik klar zu stellen, legt dem Verfasser noch strengere Beschränkungen auf, als sie für den ersten Teil dieser Abhandlung (Die Systematik der Eruptivgesteine, Erster Teil, Fortschritte der Mineralogie usw., Dritter Band, 1913, S. 189 ff.) erforderlich waren. Die theoretischen Anschauungen über die Bedeutung des geologischen Alters und des geologischen Auftretens für die Eruptivgesteine, ebenso die Vorstellungen vom Wesen der Struktur waren sehr früh oder wurden jedenfalls in der Regel maßgebend für die Systeme, die auf Grund dieser Erscheinungsweisen aufgebaut wurden, während bei den meisten der auf der chemischen Verschiedenheit der Gesteine beruhenden Systeme die Ursache dieser Verschiedenheit gar nicht oder nur untergeordnet zum Ausdruck kommt und in der Mehrzahl der Fälle auch nicht zum Ausdruck kommen kann. Somit müssen hier die Fragen nach dem Wesen der chemischen Verschiedenheit der Gesteine ebenso

wie die nach der Ursache dieser Verschiedenheiten zurücktreten und dürfen nur dann etwas eingehender berücksichtigt werden, wenn sie auf die Systematik unmittelbar oder mittelbar Einfluß geübt haben. Unerörtert bleiben hier ferner die Einwirkungen der chemischen Untersuchung auf die rein geologischen und die rein mineralogischen Systeme der Eruptivgesteine: die großen Erfolge des Nachweises von der stofflichen Gleichheit älterer und jüngerer Eruptivgesteine, ebenso wie der Erkenntnis, daß durchaus verschieden struierte Gebilde chemisch vollkommen übereinstimmen können, wurde schon im ersten Teil besprochen, in dem auch der Einfluß chemischer Untersuchungen auf die mineralogischen Gesteinssysteme ausführlich dargelegt wurde — hingegen gehören alle Systeme in den Rahmen dieser Abhandlung, bei denen die chemische Zusammensetzung als allen anderen Einteilungsgrundsätzen übergeordneter Gesichtspunkt der Klassifikation zugrunde liegt oder wenigstens an ihrem Aufbau entscheidend mitgewirkt hat.

Ganz allgemein sind zwei Arten der Verwertung der chemischen Zusammensetzung für die Systematik der Eruptivgesteine denkbar: sie kann für sich allein dem System zugrunde gelegt werden, so daß für dieses zunächst ausschließlich die chemische Natur der Gesteine oder richtiger, das Ergebnis der Analyse maßgebend ist; man kann aber auch die mittlere chemische Zusammensetzung jeder auf geologisch-mineralogischer, teilweise auch struktureller Grundlage begründeten Art (oder Familie) feststellen, um die Arten nach ihren chemischen Beziehungen wieder zu Familien zu vereinigen und diese nach größeren chemischen Gesichtspunkten zu einem System anzuordnen. Je besser begründet eine Art oder eine Familie auf Grund ihrer mineralogischen Zusammensetzung ist, d. h. je mehr die Mengenverhältnisse der Komponenten bei ihrer Aufstellung berücksichtigt wurden, desto mehr lassen auch die Analysen der in ihr vereinigten Gesteine gemeinsame Züge erkennen; auf das Vorhandensein derartiger im allgemeinen gut begründeter Familien ist die für die ganze Entwicklung der Petrographie sehr günstige Erscheinung zurückzuführen, daß mehrfach das Gerüst auf mineralogischer Grundlage beruhender Systeme trotz der neu hinzutretenden Mitwirkung chemischer Einteilungsprinzipien in wesentlichen Teilen erhalten bleiben konnte.

Hier sollen an erster Stelle die rein chemischen Systeme, an zweiter die auf chemischer Grundlage beruhenden petrographisch-mineralogischen Einteilungen besprochen werden, obwohl sich natürlich eine ganz scharfe Grenze zwischen beiden nicht in allen Fällen ziehen läßt. Als rein chemisch

werden hier auch diejenigen Systeme bezeichnet, die zwar von der Analyse ausgehen und in den Analysen nach Gesetzmäßigkeit in den Mengenverhältnissen der chemischen Komponenten suchen, dann aber prüfen, inwieweit die bisher auf anderer Grundlage zu Arten resp. Typen und zu Familien zusammengefaßten Gesteine auch in den auf chemischer Grundlage gebildeten Abteilungen zusammengehören, also nicht nur solche, die wie die amerikanische „Quantitative Classification“, diesen Vergleich und mit ihm die alten Arten-, Typen- und Familiennamen aufgeben.

Dieser Übersicht müssen als Anfänge einer chemischen Systematik einige Deutungsversuche der chemischen Eigenschaften der Eruptivgesteine und gewisse theoretische Anschauungen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts vorausgeschickt werden, die entweder die Grundlagen der späteren Anordnungsweisen sind, oder doch immer wieder, wenn auch oft scheinbar in ganz anderer Gestalt, bei der Behandlung dieser Aufgabe wiederkehren. Diese Ausführungen knüpfen sich an die Namen ABICH, BISCHOF, BUNSEN, SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN und DUROCHER; für die französische Literatur spielen außerdem gewisse Grundanschauungen ÉLIE DE BEAUMONT'S und A. DAUBRÉE'S eine wichtige Rolle.

Die Anfänge einer chemischen Systematik.

Der älteste Versuch, eine Einteilung der Eruptivgesteine auf chemische Verhältnisse zu begründen, geht, soweit mir die Literatur bekannt ist, auf H. ABICH zurück, dessen Bedeutung für die Petrographie ganz allgemein, wenigstens in den gedruckt vorliegenden Übersichten, zu gering angenommen wird. Diese Zurücksetzung erklärt sich wohl zum Teil aus ABICH'S Neigung, auf theoretischer Grundlage zu weit gehende Schlüsse zu ziehen, in der Hauptsache ist sie aber offenbar auf die große Wirkung zurückzuführen, die BUNSEN'S (und DUROCHER'S) Erklärungsversuchen beschieden war. Tatsächlich fehlt eine Darstellung seiner Ansichten schon den ersten Übersichten über die chemische Auffassung der Eruptivgesteine; weder bei J. ROTH (1861) noch in F. ZIRKEL'S Zusammenfassung von 1866 (Petrographie, I, S. 453 ff.) findet sich der Name H. ABICH. Und doch eilen seine Anschauungen, die er im Jahre 1841 zuerst veröffentlicht hat, der Zeit weit voraus. Ihm erscheint „die mineralogische und geologische Betrachtung als alleiniges Element . . . durchaus ungenügend“, und diese Erkenntnis „fordert, von der Notwendigkeit eines inneren Zusammenhanges zwischen den pyrogenen Gebilden ausgehend, dazu auf, allgemein gültige, diagnostische Merkmale, auf dem Wege chemisch-physikalischer Prüfung

des Gesteins als Ganzes zu ermitteln. Den nächsten Anknüpfungspunkt dieser Forschungen bietet aber die Parallele, welche die Chemie zwischen den Salzen und den Mineralkörpern zu ziehen gelehrt hat. Hiernach dürfen wir die pyrogenen kristallinen Gesteine als Erstarrungsprodukte einer ursprünglich entweder basischen, oder neutralen oder sauren kieselsauren Lösung verschiedener Kieselerverbindungen betrachten und sind berechtigt, die jedesmalige physikalische und chemische Natur der das Gestein zusammensetzenden Mineralien von derjenigen Säurungsstufe abhängig zu glauben, welche in der ursprünglichen Lösung in ihrem Erstarrungsmomente vorwaltete. Verbinden wir mit dieser Voraussetzung die Betrachtung der verschiedenen Feldspatglieder, wie sich unter denselben merkwürdig genug von den neutralen Trisilikaten (Albit, Orthoklas) durch Oligoklas ein deutlicher Übergang zum Bisilikat (Andesin) und endlich durch Labrador zum Singulosilikat (dem basischen Anorthit) vermittelt, und verkennen wir in diesem Verhältnis eine deutliche genetische Abhängigkeit der kieselarmen Feldspäte von den kieselreichen nicht, so liegt die Vermutung nahe, daß sich auch bei den kristallinen, durch Feldspäte charakterisierten Gesteinen von seiten ihres Kieselerdegehalts und des spezifischen Gewichts konstante Merkmale gewinnen lassen werden, um von der Gebirgsart sogleich auf die eingeschlossene Feldspatgattung, sowie umgekehrt von dieser auf jene schließen zu können.

Die Erfahrung lehrt, daß ein solches notwendiges Abhängigkeitsverhältnis wirklich stattfindet“ (Über die Natur und den Zusammenhang der vulkanischen Bildungen I, 1 S. 12, 13; Braunschweig 1841); in den „Schlußbemerkungen“ bezeichnet er als das Ergebnis seiner Untersuchungen, „daß die vulkanischen Bildungen, als Ganzes betrachtet, eine von den kieselreichen Gesteinen zu den kieselärmsten in allmählichen Übergängen fortschreitende Reihe darstellen, die in gewisse bestimmte Gruppen zerfällt, welche durch korrespondierende Glieder der nach dem Kieselerdegehalt geordneten Feldspäte charakterisiert werden. Derselbe Zusammenhang, den wir zwischen dem spezifischen Gewicht und der Kieselerde der verschiedenen Feldspatgattungen nachgewiesen haben, erscheint nun wirklich als das Band, welches die ganze vulkanische Gesteinsreihe zu einem großen Ganzen verbindet. In der Zunahme des spezifischen Gewichts bei abnehmender Kieselerde scheint sich wirklich nur die Funktion eines genetischen Abhängigkeitsverhältnisses zu offenbaren, welches zwischen den aus der größeren Tiefe aufsteigenden spezifisch leichtern Trachytporphyrten ¹⁾ und Trachyten so wie den durch allmähliche Zunahme an erdigen Basen ihr Gewicht progressiv vermehrenden Trachy-Doleriten, Doleriten und Basalten stattfindet, deren gemein-

¹⁾ = Lipariten.

samer Ursprung aus primitiven kieselreichen Felsarten, wie ich hoffe, nachzuweisen sein wird“ (S. 132).

In diesen Sätzen sind eine Fülle theoretischer Vorstellungen enthalten, die sämtlich später einmal zur Bedeutung gelangten: die Auffassung der Eruptivgesteine als Erstarrungsprodukte einer Lösung, die Abhängigkeit der Erstarrungsprodukte von der Natur dieser Lösung, die Anordnung der Gesteine in eine Reihe nach abnehmender Kieselsäure, und die Annahme der Assimilation, die erklären soll, daß ein „primitives kieselreiches“ Magma basische Gesteine aus sich hervorgehen lassen kann.

Wie ABICH bestimmt auch ÉLIE DE BEAUMONT die chemische Natur der Gesteine durch die Feldspäte und anschließend durch das Verhältnis des Sauerstoffs der Basen zu dem des SiO_2 (Notes sur les émanations volcaniques et métallifères, Bull. de la Soc. Géol. de France, série 2, IV S. 1249 ff. spez. S. 1252 ff. 1846/47). Alle Gesteine mit einem mehr oder minder beträchtlichen Überschuß der Basen nennt er *roches basiques*; zu ihnen gehören seiner Auffassung nach die weitaus meisten vulkanischen Gesteine der Gegenwart und der Vergangenheit, unter denen sich andererseits zwar auch *roches neutres*, aber nur ausnahmsweise saure Gesteine befinden. In einen Gegensatz zu ihnen stellt er die *roches acidifères*, „c'est-à-dire celles dans la composition des quelles entrent essentiellement des feldspaths saturés de silice, où les quantités d'oxygène de l'alcali, de l'alumine et de la silice sont comme les nombres 1:3:12, et qui contiennent en outre généralement des grains de quartz disséminés“ (S. 1254); zu ihnen rechnet er Quarz-führende Porphyre, Diorit, Syenit, Protogin, Granit und einige Abarten von Granit. Im weiteren Verlauf legt er besonderes Gewicht auf den Reichtum an flüchtigen Stoffen in den Magmen der *roches acidifères*, besonders in denen des Granits; diese Abhandlung enthält somit beide für die französische chemische Petrographie so charakteristischen Merkmale, den scharfen Unterschied zwischen sauren und basischen Gesteinen einerseits, die Betonung der „*fumaroles granitiques*“ (S. 1316) andererseits.

G. BISCHOF'S Einfluß auf die chemische Systematik beschränkt sich wesentlich auf die Betonung des Verhältnisses der Menge des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure. „Wir nennen diese Zahlen der Kürze wegen die Sauerstoffquotienten“ (Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, II, Erste Abt. S. 631 Bonn 1851).¹⁾ Der Sauerstoffquotient ist nicht nur durch lange Zeit einer der wichtigsten Werte für chemische Systeme geblieben; seiner

¹⁾ In der Einleitung zu seinem Tabellenwerk „Die Gesteinsanalysen“ von 1861 gibt J. ROTM bei der Erwähnung des BISCHOF'Schen Sauerstoffquotienten die gleiche Stelle, aber mit der Jahreszahl 1849 an.

allgemeinen Verbreitung ist es wohl zuzuschreiben, daß die Kieselsäure durch viele Jahre unbestritten bei den chemischen Systemen die erste Stelle für die Anordnung der Gesteine behaupten konnte, und seine Einführung ist gleichzeitig bedeutungsvoll als der erste Versuch, nicht die analytisch ermittelten Gewichtsprozente, sondern chemisch vergleichbare Werte für die Beurteilung chemisch verschiedener Gesteine heranzuziehen.

Die von R. BUNSEN in seiner berühmten Abhandlung „Über die Prozesse der vulkanischen Gesteinsbildungen Islands“ (Ann. d. Phys. u. Chem., 83, 1851, S. 197 ff.) entwickelte Anschauung würde ähnlich wie bei ABICH auch zu einem System führen, in dem alle Eruptivgesteine durch eine Reihe dargestellt werden; aus den bekannten Endgliedern würden sich aber — und hierin liegt der Hauptunterschied gegen ABICH — alle möglichen Glieder der Reihe ähnlich wie bei isomorphen Mischungen berechnen lassen. Für die Gesteine Islands glaubte BUNSEN die Endglieder, das normaltrachytische *t* und das normalpyroxenische *p* (F. ZIRKEL schlägt in seiner oben erwähnten Übersicht für das letztere den Namen normalbasaltisch vor S. 454) zu kennen und gab die Formeln an, um „durch einen ihrer Bestandteile, am besten den Prozentgehalt an Kieselerde“ (S. 206) eines isländischen Gesteins die prozentuale Zusammensetzung aus *t* und *p* zu berechnen. Aus diesem chemischen Verhalten schließt er für Island auf „zwei große plutonische Herde, welche die vulkanische Tätigkeit von ihrem ersten Anbeginn bis auf die gegenwärtige Zeit unterhalten haben“ (S. 206). Aus dem gleichen *t* und *p* berechnet er die Zusammensetzung der vulkanischen Gesteine des armenischen Hochlandes: „man kann daher nicht daran zweifeln, daß die beiden großen vulkanischen Erhebungen, welche das armenische Hochland und die Insel Island zusammensetzen, aus chemisch gleichen Quellen geflossen sind. Der Gedanke, daß vielleicht alle vulkanischen Bildungen der Erdoberfläche aus denselben Quellen ihren Ursprung genommen haben, ja daß es vielleicht eben diese Quellen sind, aus denen alle eisenfreien und eisenhaltigen plutonischen Gebirgsarten durch Verschmelzung entstanden sind, liegt um so weniger fern, als die mineralogische Verschiedenheit der, gleiche Durchschnittszusammensetzung zeigenden, kaukasischen und isländischen Gebirgsarten nicht geringer ist, als wir sie bei den übrigen eisenhaltigen Gebirgsarten plutonischen Ursprungs antreffen“ (S. 218/219). Somit konnte der BUNSEN'sche Erklärungsversuch im Sinne seines Urhebers als Grundlage eines chemischen Systems der gesamten Eruptivgesteine angewendet werden; der Vorwurf, daß die von BUNSEN nur für Island aufgestellte Theorie gegen die ursprüngliche Absicht ihres Urhebers auf andere petrographische Provinzen übertragen und „von anderen selbständig verallgemeinert und erweitert“ sei (F. ZIRKEL, l. c., S. 258), kann wohl nicht in voller

Schärfe aufrecht erhalten werden. Andererseits zeigt gerade die von BUNSEN selbst angedeutete Verallgemeinerung, daß das Wesen seiner Hypothese nicht auf der Annahme kleiner abgeschlossener Magma-bassins von durchaus verschiedener Zusammensetzung, wie ihr oft zum Vorwurf gemacht wurde, beruht.

Zu einem für die Systematik ähnlichen Ergebnis, aber auf einem ganz anderen Wege, der auch von ganz anderen Grundvorstellungen ausgeht, führen die Untersuchungen von W. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN; gerade seine abweichenden Grundanschauungen haben sich bis in die Gegenwart hinein als überaus folgenreich erwiesen. In seinem Werke: „Über die vulkanischen Gesteine in Sizilien und Island“ (Göttingen 1853) wird aus der KANT-LAPLACE'schen Theorie gefolgert, „daß in der äußersten Rinde die leichtesten Metalle besonders stark vertreten sein müssen, während andere nicht absolut ausgeschlossen zu sein brauchen. In den tieferen Schichten werden dagegen spezifisch schwerere Körper vorwalten und die leichteren zu verdrängen streben.“ Es müssen sich daher in den oberen Teilen saure oder neutrale Salze mit Ausscheidung von Kieselsäure finden, während in den tieferen Teilen basische Salze auftreten. „Betrachten wir nun eine bestimmte Gruppe saurer Silikate als die obere, eine bestimmte Gruppe basischer Silikate als die untere Grenze, so werden alle zwischen denselben liegende Silikate als Übergänge von jenen in diese oder als Mischungen von sauren und basischen Silikaten angesehen werden können . . . Rückwärts gefolgert wird man aus der Natur der kristallinen Gesteine auf die Gegend des Ursprungs, oder auf die Tiefe, aus der sie hervorgebrochen sind, zu schließen berechtigt sein“ (S. 335, 336).

Während somit bei BUNSEN die Verschiedenheit der Gesteine durch Mischung zweier verschiedener Schmelzflüsse erklärt wird, so sind bei SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN schon die Magmen, aus denen die verschiedenen Gesteine hervorgehen, primär verschieden, und während bei BUNSEN über die Stellung der beiden verschiedenen Herde nichts ausgesagt wird, sind sie hier aus geologisch-physikalischen Gründen in den oberen Teilen der Erde übereinander angeordnet; die Zwischenglieder sind nicht, wie bei BUNSEN, spätere Mischungen, sondern ihre Magmen sind primär gleichalterig mit den Endgliedern und geologisch-genetisch diesen gleichwertig. Für das System würde sich allerdings auch hier, wie bei BUNSEN, gewissermaßen eine isomorphe Reihe mit zwei bekannten Endgliedern ergeben.

Schließlich muß hier noch eine zuerst von J. DUROCHER 1857 ausgesprochene Ansicht erwähnt werden. Die bekannte Abhandlung selbst (Essai de pétrologie comparée, Annales des Mines, série 5, XI, p. 217 ff.) gehört in ihrem Hauptteile nicht hierher, da das von DUROCHER entworfene System „parait concilier les trois sortes d'analogies, chimique, minéralogique et géologique“ (S. 257), mithin der

typische Vertreter unserer zweiten Abteilung ist. Obwohl sich DUROCHER einerseits eng an SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN, andererseits an BUNSEN anschließt und beider Auffassungen zu vereinigen sucht, enthält die Abhandlung doch einen neuen grundlegenden Gedanken, die erste Einführung der Differentiation im Schmelzfluß, die sogenannte „liquation“ oder Saigerung. Wie nicht selten knüpft auch dieser fruchtbare und folgenreiche Gedanke an eine sachlich unrichtige Vorstellung an: DUROCHER stellt Liparit und Phonolith in seinem System in die Nähe des Trachyt, und um diese (tatsächlich nicht bestehende) verwandtschaftliche Beziehung zu erklären, erscheint es ihm wahrscheinlich, „que le phonolithe et le porphyre trachytique¹⁾ ne sont que les deux produits opposés d'une liquation qui s'est opérée au sein de la masse fluide: ce sont comme les deux alliages inverses, dans lesquels on voit si souvent se partager un bain métallique“ (S. 236). Wie folgenreich sich dieser Gedanke in der Zukunft erweisen sollte, bedarf hier keiner besonderen Erwähnung.

Seine übrigen Vorstellungen von der Chemie der Magmen sind im wesentlichen Fortbildungen der von BUNSEN und SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN entwickelten Anschauungen; mit dem letzteren nimmt er eine Zwischenzone zwischen der sauren Zone, dem magma acide oder magma siliceux, und der basischen Zone, dem magma basique an, dem die roches hybrides, die Zwittergesteine, entstammen („Syenite“, Trachy-Dolerite [ABICH'S] usw.), gelangt also auf chemischer Grundlage zu einer Dreiteilung der Gesteine. Zwischen den drei Hauptgruppen vermitteln Zwischenglieder, die als dégradations (abgeschwächte Gesteine) bezeichnet werden; so sind Syenitgranite abgeschwächte Granite, Andesite abgeschwächte Trachyte, wobei das Hauptgewicht wieder auf den Kieselsäuregehalt gelegt wird. Sehr bemerkenswert sind endlich die Schlüsse, die er aus dem Sauerstoffverhältnis einzelner Oxyde oder Oxydgruppen zueinander auf die Mineralbildungen aus dem Schmelzfluß zieht.

Schließlich soll für die französische Literatur noch die Lehre A. DAUBRÉE'S erwähnt werden, der auf Grund seiner experimentellen Untersuchungen und seiner Meteoritenstudien 1866 in den Olivin-gesteinen die „scorie universelle“, das Ergebnis der Verschlackung der äußersten Schicht des metallischen Erdkerns erblickte (vgl. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., 22, S. 415 ff., spez. S. 447 ff.). Das Magma dieser „allgemeinen Schlacke“ spielt bei den französischen Petrographen als basisches Urmagma eine große Rolle.

Systeme auf rein chemischer Grundlage.

Die erste durchgeführte Einteilung der Gesteine auf rein chemischer Grundlage, die aber bezeichnenderweise nicht die

¹⁾ = Liparit, vgl. Trachytophyr bei ABICH.

Grundlage eines Systems bildet, findet sich in J. Roth's bekannter Einleitung zu „Die Gesteinsanalysen in tabellarischer Übersicht und mit kritischen Erläuterungen“ (Berlin 1861); diese Abhandlung enthält gleichzeitig die erste Auseinandersetzung über die Möglichkeit, die chemische Zusammensetzung der Gesteine durch eine Formel auszudrücken. Zu diesem Zwecke berechnet Roth die sogenannten „idealen Mittel“ aus den „sämtlichen Analysen eines nicht differenzierten, aus verschiedenen Gegenden und Zeiten stammenden Gesteins“ (nach neuerer Bezeichnung der Gesteinsfamilie). „Diese idealen Mittel lassen sich vom chemischen Gesichtspunkt aus am natürlichsten, analog den Salzen, nach dem Verhältnis von Säure und Basis in saure, neutrale und basische klassifizieren.“ Nach dem Verhältnis, in dem die Mengen von RO und R^2O^3 zueinander stehen, kann man außerdem zwei Reihen unterscheiden: „in der ersten kommt auf 1RO nahe $1R^2O^3$, in der zweiten auf 1RO nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}R^2O^3$, oder der Sauerstoff von RO verhält sich zu dem von R^2O^3 in der ersten Reihe wie 1:3, in der zweiten wie 1:1 bis 1:2. Aber immer gestatten selbst die idealen Mittel nur Näherungen an diese Zahlen, welche nur dem Gedächtnis zu Hilfe kommen sollen, aber mit den chemischen Formeln der Salze und Mineralien durchaus nicht gleichbedeutend sind.“ Ein Schema enthält somit zwei Reihen, die eine mit dem Verhältnis der Sauerstoffmengen von $RO:R^2O^3=1:3$, die andere mit dem entsprechenden, zwischen 1 und 2 schwankenden Verhältnis.

Jede der Reihen zerfällt nach dem Verhältnis des Sauerstoffes zu dem der Basen in mehrere Gruppen; in der ersten Abteilung werden 3 Glieder mit dem Verhältnis von

O von $\dot{R}:\ddot{R}$: \ddot{Si}
1:3	: 12—20
1:3	: 9—12
1:3	: 7—9

unterschieden; die zweite Reihe zerfällt in 6 Glieder:

O von $\dot{R}:\ddot{R}$: \ddot{Si}
1:2	: 10—12
1:2	: 6—9
1: $1\frac{1}{2}$ —2	: $4\frac{1}{2}$ —6
1: $1\frac{1}{2}$ —2	: 3—4
1:1	: 3—4

„d. h. es kommen in beiden Reihen übersaure, schwachsaure, neutrale und basische Gruppen vor“ (S. XX). Ein Versuch, die Analysen der frischen Gesteine nach diesen Reihen zu ordnen, führt zu nachstehendem Bild (S. XXI, XXII).

Tabelle nach J. ROTH:

- A. $RO + R_2O_3$ (O von $RO : R_2O_3 = 1 : 3$).
- O von $SiO^2 = 13-20$ (RO überwiegend Kali).
 - Granit. 2. Gneiß z. T. (die grauen Freiburger Gneise nicht hierher), Protogin, Hällefinta z. T., Petrosilex z. T.
 - Quarzreicher (Felsit-)Porphyr, Pechstein. 4. Liparit z. T., Obsidian, Perlstein, Pechstein z. T.
 - O von $SiO^2 = 9-12$.
 - Syenit z. T. 2. Sanidin-Trachyt z. T. 3. Orthoklas-Oligoklas-Trachyt (Domit?). 4. Phonolith z. T.
 - O von $SiO_2 = 7-9$.
 - Melaphyr z. T. (?). 2. Amphibol-Andesit z. T. 3. Pyroxen-Andesit z. T.
- B. $RO + \frac{1}{3} - \frac{2}{3}R^2O^3$ (O von $RO : R^2O^3 = 1 : 1-2$).
- $RO + \frac{2}{3}R^2O^3 + 5-6SiO^2$ (O von $RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 2 : 10-12$).
Granit, einzelne Fälle. Gneis z. T. (grauer Freiburger Gneis). (Granulit?). Hällefinta und Petrosilex z. T. (Quarzarme Felsitporphyre?). Liparit z. T., Pechstein z. T., Quarzfreie Orthoklasporphyre z. T.
 - $RO + \frac{2}{3}R^2O^3 + 3SiO^2$ (O von $RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 2 : 6-9$).
 - Syenit z. T. 2. Quarzfreier Orthoklasporphyr z. T.
 - Sanidintrachyt z. T. 4. Phonolith z. T. 5. Melaphyr z. T. 6. Porphyrit z. T. (?).
 - $RO + \frac{1}{2} - \frac{2}{3}R^2O^3 + 2-3SiO^2$ (O von $RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1\frac{1}{2} - 2 : 4\frac{1}{2} - 6$).
(Minette?) 1. Melaphyr z. T. 2. Amphibol-Andesit z. T. 3. Pyroxen-Andesit z. T. 4. Nephelinit z. T. 5. Labradorporphyr (Augitporphyr). 6. Diabas.
 - $RO + \frac{1}{2} - \frac{2}{3}R^2O^3 + 1\frac{1}{2} - 2SiO^2$ (O von $RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1\frac{1}{2} - 2 : 3 - 4$).
(Hauynophyr?). Leuzitophyr. Diorit z. T.
 - $RO + \frac{1}{3}R^2O^3 + 1\frac{1}{2} - 2SiO^2$ (O von $RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1 : 3 - 4$).
 - Diorit z. T. 2. Nephelinit (z. T. 1:1:2). 3. Gabbro. 4. Hyperstenit. 5. Dolerit und normalpyroxenische Gesteine BUNSEN'S. 6. Basalt. 7. Eukrit. (8. Anorthit-Hornblendegestein?)

Diese Zusammenstellung beweist für ROTH, daß „chemische Reihung und mineralogische Anordnung nie zusammenfallen...“ Die Schwierigkeit der Anordnung und Abgrenzung der Gebirgsarten wird also durch die chemische Analyse nicht gehoben,

sondern nur vermindert. Demgemäß stellt er kein chemisches System auf, sondern gelangt bekanntlich zu einer Anordnung, die möglichst allen Gesichtspunkten gleichzeitig Rechnung tragen soll; vom chemischen Standpunkt aus charakterisiert er die Zusammensetzung der Gesteine durch zwei Werte, durch das Verhältnis $RO : R^2O^3$ und durch den Sauerstoffquotienten, weist aber beiden systematisch keine vorherrschende Bedeutung zu.

Auf einen grundsätzlich anderen Standpunkt stellt sich TH. SCHEERER. In seiner Abhandlung: „Die Gneuse des sächsischen Erzgebirges und verwandte Gesteine, nach ihrer chemischen Konstitution und geologischen Bedeutung“ (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., 14, 1862, S. 23 ff.) wirft er die Frage auf: „Besitzt ein kristallinisches Silikatgestein in seiner ganzen Verbreitung, in welcher es mit gleicher petrographischer Beschaffenheit auftritt, durchaus dieselbe chemische Zusammensetzung, wenn hierbei die gegenseitige Vertretung — und daher wechselnde Menge — isomorpher Bestandteile als unwesentlich angesehen wird?“ (S. 23). In seiner späteren Arbeit, „Vorläufiger Bericht über kristallinische Silikatgesteine des Fassatales und benachbarter Gegenden Südtirols“ (Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1864, S. 385 ff.), beantwortet er diese Frage auf Grund der Ergebnisse seiner Untersuchungen an sächsischen Gneisen in dem Sinne, „daß 1. die wechselnden äußeren Charaktere — welche man bei solchen Gesteinen nach Art, Anordnungsweise und Farbe der Gemengteile, dem Grade der Körnigkeit, Parallelstruktur, Flasrigkeit usw. anzugeben pflegt — in keinem Zusammenhange stehen mit den atomistischen (stöchiometrischen) Verhältnissen der, als ein zusammengehöriges Ganzes aufgefaßten Gesteinsmasse, und daß 2. diese atomistischen Verhältnisse, wegen ihrer von uns erkannten Einfachheit und Gesetzmäßigkeit, ein Mittel darbieten, jene äußerlich so mannigfaltigen Gneise in nicht mehr als drei Klassen zu bringen“ (S. 385). In der Arbeit von 1862 hatte er für den roten Gneis die Formel $(\overset{\cdot}{R}) \overset{\cdot\cdot}{Si}^2 + \overset{\cdot\cdot}{R} \overset{\cdot\cdot\cdot}{Si}^4$ berechnet — „der rote Gneis, als eine homogene chemische Verbindung gedacht, ist folglich als ein Anderthalb-Silikat zu betrachten“ (S. 35), ferner den grauen Gneis durch die Formel $3(\overset{\cdot}{R}) \overset{\cdot\cdot}{Si} + 2\overset{\cdot\cdot}{R} \overset{\cdot\cdot\cdot}{Si}^3$ als neutrales Silikat ausgedrückt (S. 31) und aus den Analysen noch auf einen mittleren Gneis geschlossen, für den er damals noch keine feste Formel aufstellte (S. 46), dem er aber in der zweiten Arbeit von 1864 die Formel gab $(\overset{\cdot}{R}) \overset{\cdot\cdot}{Si}^2 + \overset{\cdot\cdot}{R} \overset{\cdot\cdot\cdot}{Si}^3$ (S. 387). Er vereinfacht sodann die Formeln, indem er für $\overset{\cdot\cdot}{R}$ $3\overset{\cdot}{R}$ einsetzt, berechnet aus den Formeln die Sauerstoffverhältnisse nach dem Schema O von Si:O von R = x:1, aus diesen die Silizierungsstufen

durch Division der „Sauerstoffgehalte der Kieselsäure“ durch 3, und den „BISCHOF'schen (ROTH'schen) Sauerstoffquotienten; das „Schwanken der prozentualen Kieselsäuregehalte“ führt er auf die verschiedenen Atomgewichte „der in \dot{R} und in \ddot{R} zusammengefaßten isomorphen Basen“ zurück (S. 388, 1864).

Schon in der ersten Arbeit hatte er für viele Analysen plutonischer Gesteine die den erzgebirgischen Gneisen entsprechenden Werte nachgewiesen und deshalb für die von ihm angenommenen Gesteinstypen den Namen Plutonit vorgeschlagen; auf Grund „der alten Erfahrung...“, daß im allgemeinen die kieselsäureärmeren Eruptivgesteine größeren Erdtiefen entstammen, als die kieselsäurereicheren“, bezeichnet er den sauersten, von dem roten Gneis hergeleiteten Typus als oberen Plutonit, die chemisch zum mittleren Gneis gehörigen Gesteine als mittleren Plutonit, und die zum grauen Gneis in chemischer Beziehung stehenden als unteren Plutonit. Die beiden ersteren umfassen die sauren, der untere die neutralen Silikatgesteine (S. 137 ff., 1862, S. 387 ff., 1864).

Mit den basischen Gesteinen, den „niedrigsilizierten Gesteinen“ beschäftigt sich nur die zweite Abhandlung; sie werden nach ganz entsprechenden Gesichtspunkten in die sauren Plutovulkanite und in die basischeren Vulkanite zerlegt, und in jeder dieser Gruppen wird wieder (nach abnehmender Silizierungsstufe) ein oberer, ein mittlerer und ein unterer Typus unterschieden (S. 401 ff.). Ein Versuch, die nicht sehr übersichtlichen Angaben SCHEERER'S¹⁾ in eine Tabelle zu vereinigen, führt zu folgendem Ergebnis:

		Formel	Sauerstoffverhältnis $\frac{O \text{ von Si}}{O \text{ von } (R)}$	Silizierungsstufe = Sauerstoffverhältnis $\frac{3}{3}$	Sauerstoffquotient $\frac{O \text{ von } (\dot{R})}{O \text{ von Si}}$	Mittlerer Kieselsäuregehalt in Prozenten	Charakteristisches Gestein
Plutonite	Obere	$(\dot{R})^2\ddot{Si}^3$	4.50	$1\frac{1}{2}$	0.222 (= $\frac{2}{9}$)	75	Roter Gneis
	Mittlere	$(\dot{R})^2\ddot{Si}^3 + 2(\dot{R})\ddot{Si}$	3.75	$1\frac{1}{4}$	0.267 (= $\frac{4}{16}$)	70	Mittlerer Gneis (Granit)
	Untere	$(\dot{R})\ddot{Si}$	3.00	1	0.333 (= $\frac{1}{3}$)	65	Grauer Gneis
Plutovulkanite	Obere	$6(\dot{R})\ddot{Si} + (\dot{R})^3\ddot{Si}^2$	2.67	$\frac{8}{9}$	0.375 (= $\frac{3}{8}$)	63	Quarz-Syenit
	Mittlere	$3(\dot{R})\ddot{Si} + 2(\dot{R})^3\ddot{Si}^2$	2.33	$\frac{7}{9}$	0.429 (= $\frac{3}{7}$)	60	Syenit
	Untere	$(\dot{R})^3\ddot{Si}^2$	2.00	$\frac{2}{3}$	0.500 (= $\frac{1}{2}$)	55	Melaphyr
Vulkanite	Obere	$(\dot{R})^3\ddot{Si}^2 + (\dot{R})^4\ddot{Si}$	1.50	$\frac{1}{2}$	0.667 (= $\frac{2}{3}$)	48	Augitporphyr
	Mittlere	$(\dot{R})^3\ddot{Si}^2 + 2(\dot{R})^3\ddot{Si}$	1.33	$\frac{4}{9}$	0.750 (= $\frac{3}{4}$)	42	Basalt
	Untere	$(\dot{R})^3\ddot{Si}$	1.00	$\frac{1}{3}$	1.000 (= 1)	36	Basischer Basalt

¹⁾ Formeln, die (\dot{R}) und \ddot{R} getrennt angeben, finden sich bei SCHEERER nur für die Plutonite, für die basischeren Gesteine gibt er nur die vereinfachten Formeln an.

Ein Blick auf die Anordnung der Gesteine nach dieser rein chemischen, ausschließlich auf der Analyse beruhenden Einteilung ist nicht ohne Interesse.

Zum oberen Plutonit gehören nach SCHEERER: Roter Gneis. Gneise, Granite, Porphyre, Liparite, BUNSEN'S Normal-Trachyt u. a.

Zum mittleren Plutonit: Mittlerer Gneis. Granite, Gneise, Porphyre, Liparite u. a.

Zum unteren Plutonit: Grauer Gneis. Gneise, Granite, Syenite, Andesite, Liparite, Porphyre u. a. (S. 388, 389).

Zum oberen Pluto-Vulkanit: Quarzhaltiger Syenit. Gneise, Trachyte, Porphyre, Amphibol-Andesite, Melaphyre (?) u. a.

Zum mittleren Pluto-Vulkanit: Gewöhnlicher Syenit. Sowohl Amphibol-Syenit als Glimmer-Syenit. Gewisse Porphyre, Pyroxen- und Amphibol-Andesite, Melaphyre u. a.

Zum unteren Pluto-Vulkanit: Melaphyr. Gewisse Porphyre, Dolerite, Pyroxen-Andesite u. a.

Zum oberen Vulkanit: Augitporphyr. BUNSEN'S Normal-Pyroxengestein, Gabbro-Hypersthenit, gewisse Basalte, Leuzitporphyr, Diorite, Diabase, Dolerite, Anorthit-, Augit- und Anorthit-Amphibolgesteine u. a.

Zum mittleren Vulkanit: Gewöhnlicher Basalt (doch gehören auch viele Basalte zum vorigen Typus).

Zum unteren Vulkanit: Basischer Basalt. Der Basalt vom Kreuzberg in der Rhön scheint hierher zu gehören (S. 402, 403).

Diese Zusammenstellung gibt das charakteristische Bild der nur auf Grund einer chemischen Beziehung aufgestellten Systeme: es wird bei einem derartigen Verfahren stets Zusammengehöriges getrennt und Fremdes zusammengefaßt. Vom Standpunkt seiner Zeit konnte jedoch SCHEERER für seine rein chemische Einteilung anführen, daß sie mit den Ergebnissen der geologischen Forschung übereinstimme, was er in der Bezeichnung Plutonit für saure und Vulkanit für basische Gesteine zum Ausdruck bringt: die tiefer liegenden Massen galten ganz allgemein für die älteren, die höher liegenden, besonders die „Laven“ für die jüngeren, und man glaubte eine Abnahme der Kieselsäure und eine Zunahme von Magnesium und Eisen (auch von Kalzium und Aluminium) bei den jüngeren Gesteinen ganz allgemein feststellen zu können, ein Verhalten, das nach dem Vorgange von SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN (vgl. oben S. 181), mit der Anordnung der Elemente (oder Oxyde) in der Erde nach dem spezifischen Gewicht in Zusammenhang gebracht wurde. Ausnahmen von der Regel kannten sowohl SARTORIUS wie SCHEERER; SCHEERER findet sie um so häufiger, je jünger die Gesteine sind — jedes saure Gestein der Tertiärperiode und der Gegenwart ist ja eine solche Ausnahme — und erklärt sie, wie viele nach ihm, durch Einschmelzung von Bruchstücken der

älteren, von den basischen Magmen durchbrochenen sauren Gesteine (S. 390, 1864).

Für die Auffassung SCHEERER's charakteristisch ist mithin die Überzeugung, daß die schmelzflüssigen Massen, aus denen die Gesteine entstehen, eine konstante atomistische Zusammensetzung aufweisen und daher wie Mineralspezies durch chemische Formeln ausgedrückt werden können: für das chemische System benützt er aber lediglich das Verhältnis der Kieselsäure zu den Basen, so daß sein System schließlich auf eine Anordnung nach dem Kieselsäuregehalt hinauskommt.

Will man die bisher vertretenen Auffassungen von dem Wesen der verschiedenen Eruptivgesteine, insoweit ihre chemische Beschaffenheit in Betracht kommt, kurz zusammenfassen, so kann man sagen: für SCHEERER sind sie chemische Individuen, für BUNSEN Glieder einer Reihe, die sich durch Mischung zweier Endglieder ausdrücken läßt, für J. ROTH gemischte Lösungen. Für die Systematik ergibt sich hieraus folgendes: die Auffassung SCHEERER's zwingt zu einem chemischen System der Gesteine, die Auffassung BUNSEN's legt sie wenigstens nahe, während die Grundanschauung J. ROTH's, ferner aber auch die Einführung der „liquation“, der Schlierenbildung im Schmelzfluß durch DUROCHER, ebenso die „Differenzierung“ J. ROTH's, die am besten wohl mit der „Kristallisationsdifferentiation“ GEO. BECKER's zu vergleichen ist, darauf hinweist, daß für ein petrographisches System die chemische Zusammensetzung nur ein, wenn auch ein besonders wichtiger Faktor ist.

Eine zweite Folge für die Systematik ist das Auftreten von Versuchen, unabhängig vom petrographischen System die Gesteinsmagmen nach chemischen Grundsätzen anzuordnen; wie weit diese Einteilungen auf die Eruptivgesteine selbst angewendet werden sollen, ist eine spätere Frage, die von verschiedenen Forschern verschieden beantwortet wird. Die erste derartige Trennung findet sich bei J. ROTH: wie oben erwähnt, hat er 1861 aus den Gesteinsanalysen ein Schema für die chemische Anordnung der Analysen nach rein chemischen Grundsätzen hergeleitet (vgl. oben S. 183, 184), die Gesteine selbst aber in ein System gebracht, das chemische und mineralogische Gesichtspunkte zu verbinden trachtet und auch dem geologischen Alter und der Struktur Rechnung zu tragen sucht. (Erster Teil, diese Fortschritte Bd. 3, S. 216 ff.)

Es wirkten wohl verschiedene Ursachen zusammen, um in der Folgezeit für mehr als 25 Jahre neue Bestrebungen auf diesem Gebiet zurückzudrängen: die von J. ROTH scharf ausgesprochenen Gründe gegen ein rein chemisches System der Gesteine mußten, bis die Frage

von einem durchaus neuen Standpunkt aus angegriffen werden konnte, entmutigend wirken, und das Mikroskop bot so zahlreiche, zunächst viel lohnendere Aufgaben, daß ein Zurücktreten des Problems eines chemischen Systems durchaus verständlich ist. Aus dieser Zeit, und zwar gegen den Schluß der Ruheperiode, liegt nur ein Versuch vor, der kaum beachtet wurde und erst von LOEWINSON-LESSING der gänzlichen Vergessenheit entrissen wurde, F. SCHÖCKENSTEIN'S „Ausflüge auf das Feld der Geologie, Geologisch-chemische Studie der Silikatgesteine“ (2. Auflage, 1886, Wien). Wie SCHEERER zwingt auch er die Eruptivgesteine in eine Anzahl Silikatstufen hinein — er unterscheidet sieben — und zerlegt jede Silikatstufe in drei Typen nach dem Schema:

$$\begin{aligned} RO &> R^2O + R^2O^3 \\ RO + R^2O &> R^2O^3 \\ RO + R^2O &< R^2O^3. \end{aligned}$$

Wenn dieser Einteilung auch keine größere Bedeutung zukommt, so ist sie als erster, auf rein arithmetischer Grundlage ruhender Versuch eines künstlichen Systems nicht ohne Interesse. Die Arbeit selbst war mir nicht zugänglich, so daß ich auf die Wiedergabe des Inhalts in LOEWINSON-LESSING'S Studien über die Eruptivgesteine von 1899 angewiesen war.

Ebenso plötzlich, wie die Erörterungen über eine chemische Klassifikation der Gesteine zu Ruhe gekommen waren, setzten sie nach der Pause von einem Vierteljahrhundert wieder ein: in den Jahren 1890 und 91 erschienen drei voneinander völlig unabhängige Abhandlungen über diese Frage von H. ROSEBUSCH, F. LOEWINSON-LESSING und H. O. LANG.

ROSEBUSCH'S Methode unterscheidet sich von allen gleichzeitigen und allen vorangegangenen Versuchen durchgreifend durch die Fragestellung. Die glänzenden Ergebnisse seiner Auffassung der Ganggesteine (Erster Teil, diese Fortschritte 3, S. 210) hatten eine durchaus neue Grundlage für die verwandtschaftlichen Beziehungen der Eruptivgesteine geschaffen; von diesen neu gefundenen geologisch-genetischen Gesichtspunkten aus suchte ROSEBUSCH die stofflichen Beziehungen, Analogien und Gegensätze geologisch-genetisch zusammengehöriger Gesteine auf. (Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine, Min. Petr. Mitt., 11, 1890, S. 144ff.) ROSEBUSCH geht von der Erfahrungstatsache aus, „daß gewisse an und für sich als möglich zu betrachtende Magmen offenbar nicht vorkommen“; hieraus folgt, daß die Spaltungen des Urmagmas in Teilmagmen „nicht gesetzlos verlaufen, sondern unter der Einwirkung chemischer Affinitäten . . .“ (S. 156). „Die Ursache dafür, daß gewisse Magmen

in allgemeiner Verbreitung vorkommen, andere fehlen, kann nur darin gesucht werden, daß gewisse Stoffe in schmelzflüssiger Lösung sich gegenseitig in gewissen Mengenverhältnissen bedingen und ausschließen. Von dieser Annahme ausgehend, erkennen wir die tatsächlichen Spaltungen im Urmagma als notwendig. Das Vorkommen, sowie die regelmäßige Wiederkehr bestimmter Eruptivmassen wird dem Gebiete des Zufalls entrückt und gibt Anlaß und Anhaltspunkte zum Aufsuchen der Gesetze, nach denen diese Spaltungsvorgänge verlaufen“ (S. 157).

Zum Aufsuchen dieser Gesetze bedient sich ROSENBUSCH, wie es durch ihn zur Regel wurde, nicht der Gewichtsprozente der Bausch-analyse, sondern der Molekularproportionen und der auf 100 berechneten Metallatome; die in der angegebenen Weise umgerechneten Analysen ordnet er zunächst nach dem bisher üblichen, teils auf mineralogischen, teils auf geologisch-genetischen Grundlagen beruhenden System an. In diesen Reihen hebt sich nun die in allen jüngeren Systemen scharf begrenzte Gruppe der Nephelinsyenite, Phonolithe und Leuzitophyre deutlich durch die „bis zum fast vollständigen Ausschluß anderer Metalle“ führende Herrschaft eines Kerns $(NaK) AlSi^2$ heraus; das in diesen Gesteinen herrschende Magma wird als Foyaitmagma φ bezeichnet — das Fehlen des Quarzes, das für die hier einzureihenden, auf mineralogischer Grundlage zusammengefaßten Gesteine charakteristisch ist, erscheint als natürliche Folge der Konstitution des Magmas. Alkaligranite, Alkalisyenite, gewisse Quarzporphyre (der damaligen Bezeichnungsweise) und Keratophyre, ebenso gewisse Liparite und Trachyte mit niedrigem Kalkgehalt, der gegenüber den Alkalien sehr weit zurücktritt, werden als granitische Magmen (γ) zusammengefaßt; es wird vermutet, daß in ihnen „ebenfalls das Magma φ vorliege, aber mit einem Überschuß von Si; daß also gewissermaßen eine Lösung von Si in dem metallischen Kern der hier vereinigten Magmen anzunehmen sei“. Als granito-dioritische Magmen (δ) werden Gesteine mit einem größeren Gehalt an Ca bei Vorwiegen der Alkalien bezeichnet ($Na + K > Ca < 4 Ca$); in ihnen ist neben dem in den φ - und γ -Gesteinen unbedingt herrschenden Kern $(NaK) AlSi^2$ ein Kern $CaAl^2Si^4$ in wechselnden Mengen vorhanden. Die δ -Magmen sind ferner befähigt, größere Mengen einer Al-freien Magnesium- oder Eisen-silicium-Verbindung zu lösen; während ROSENBUSCH 1890 hierin einen Unterschied gegenüber den φ - und γ -Magmen zu sehen glaubte, erkannte er später, daß auch die φ -Magmen beträchtliche Mengen des Kernes RSi enthalten können, daß der charakteristische Unterschied vielmehr in der Beschränkung des Ca auf den Kern RSi in den φ - und γ -Magmen liegt (Elemente der Gesteinslehre, 3. Aufl., S. 231). Magmen, in denen $Ca > Na + K$ ist, werden in zwei Gruppen zerlegt, je nach-

dem $Mg + Fe < Ca + Na + K$ ist, oder das umgekehrte Verhältnis dem Gestein sein Gepräge gibt. Die erste Gruppe wird als die der Gabbro-Magmen (ψ) bezeichnet; sie vermögen kein Si mehr zu lösen, sind aber sonst stark gemischte Magmen, die neben den Kernen $(NaK) AlSi^2$ und $CaAl^2Si^4$ die Kerne $\overset{II}{R}Si$ und $\overset{II}{R}^2Si$ (Olivinkern) in sehr erheblicher Menge enthalten. Die zweite Gruppe — die Abgrenzung nach dem Verhältnis $Mg + Fe$ zu $Ca + Na + K$ bezeichnet ROSENBUSCH als zunächst willkürlich — ist ihrem Wesen nach charakterisiert durch die Vorherrschaft der Al-freien Kerne; sie werden als die Peridotit-Magmen (π) bezeichnet. Eine letzte Gruppe endlich ist gleichfalls reich an Fe und Mg; der für die ψ -Magmen geltende Bedingung $Mg + Fe < Ca + Na + K$ wird aber wesentlich durch die erhebliche Menge der Alkalien genügt, so daß $Na + K > Ca$ ist. Für diese Theralith-Magmen (ϑ) möchte ROSENBUSCH vermuten, daß statt $NaAlSi^2$ ein Kern von der Zusammensetzung $NaAlSi$ (Nephelinkern) und statt $CaAl^2Si^4$ ein Kern $CaAl^2Si^2$ (Anorthitkern) vorhanden wäre (S. 160—162). Den orthosilikalischen Kern $(NaK)AlSi$ an Stelle von $(NaK)AlSi^2$ findet er später (Elemente S. 230) auch in den Urstiten und einigen anderen hierher gehörigen Magmen. Aus diesen Grundanschauungen hat später ROSENBUSCH ausdrücklich unter Beziehung der geologischen Verhältnisse die Lehre von den beiden verschiedenen „Hauptreihen“, der Reihe der foyaitisch-theralithischen Magmen einerseits, der granito-dioritischen und gabbro-peridotischen Magmen andererseits entwickelt; hierauf kann erst bei der Besprechung der Einwirkung der Kerntheorie auf die Systematik eingegangen werden.

Die Einwendungen gegen die theoretische Auffassung ROSENBUSCH's, wie sie besonders von J. ROTH erhoben wurden (Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., 43, S. 1, 1891), gehören ebenso wenig in das Gebiet dieser Abhandlung wie die theoretisch etwas abweichende Auffassung W. C. BRÖGGER's, daß sich bei der Abkühlung eines Magmas in einem Bassin, „in der Grenzzone eine besonders zusammengesetzte flüssige Magmaschicht, durch Diffusion nach der Abkühlungsfläche hin von den chemischen Bestandteilen der zuerst aus dem vorhandenen Magma auskristallisierbaren (am schwersten löslichen) Verbindungen konzentriert habe“ (Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. I. Die Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie, Videnskabselskabets Skrifter 1894, I. No. 4 Kristiania, 1895 S. 168). Und wenn BRÖGGER darauf aufmerksam macht, daß weder diese Annahme noch die ROSENBUSCH'schen Kerne die von ihm für zahlreiche Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie und eine Anzahl verwandter Gesteine festgestellten einfachen stöchiometrischen Verhältnisse der Alkalien ($Na^2O:K^2O = 2:1$ oder $3:1$) zu erklären vermögen (l. c. S. 169), so kommt er doch auch, als

überzeugter Anhänger der „Ganggesteine“ im Sinne ROSENBUSCH'S nicht zu einer Verwerfung der Kerntheorie, sondern lediglich zu einem Ersatz der Kerne „durch die gewöhnlichen, in den Mineralen der Eruptivgesteine selbst bekannten Verbindungen“ (Das Ganggefüge des Laurdalits, S. 332, 1898) und vertritt mit ROSENBUSCH die Forderung, ein natürliches System der Gesteine müsse aufgebaut sein auf der durch Differentiation der Magmen zu erklärenden chemischen Zusammensetzung und den geologisch-petrographischen Eigenschaften.

Auch H. O. LANG scheint die Absicht gehabt zu haben, seinem Klassifikationsversuch aus dem Jahre 1891 eine geologisch-genetische Grundlage zu geben, wenigstens spricht dafür seine im folgenden Jahre ausgesprochene „Forderung an die Systematik . . . daß man in erster Linie die von Haus (Herd) aus verschiedenen Eruptivmagmen entsprechenden Gesteine unterscheidet und die aus ähnlichen Magmen hervorgegangenen zusammenstellt“ (Min. Petr. Mitt., 13, 1892, S. 132). Sein System selbst (Versuch einer Ordnung der Eruptivgesteine nach ihrem chemischen Bestande, Min. Petr. Mitt., Bd. 12, 1891, S. 199 ff.) berücksichtigt aber derartige Beziehungen gar nicht, und nach der ganzen Art des Vorgehens müssen nach LANG Spaltungsprodukte des gleichen Magmas an ganz verschiedenen Stellen seines typisch künstlichen Systems, ohne jede Beziehung zu einander, ihren Platz finden.

Aber auch als künstliches System könnte LANG'S Versuch nur in Betracht kommen, wenn alle Gesteine leukokrat wären: die bei den mineralogischen Systemen zum Ausdruck gelangende besondere Berücksichtigung der Feldspäte und Feldspatvertreter treibt er auf die Spitze, gelangt zu der Behauptung, „daß die Eruptivgesteine wesentlich Feldspatgesteine sind“, und leitet hieraus das Recht ab, sich „bei der Vergleichung der Gesteinsanalysen . . . zunächst auf die Betrachtung der Mengenverhältnisse der Feldspatbasen Kalk, Natron und Kali zu beschränken“. Neben diesem „Alkalienvverhältnis“ „als erstem Vergleichspunkt und oberstem Einteilungsprinzip“ verwendet er „erst als zweiten die Kieselsäuremenge“ (S. 206) — da er andere Vergleichspunkte überhaupt nicht benützt, so weist auch er der Kieselsäure immerhin noch eine recht bedeutende Rolle zu, die nach dem scharfen Angriff auf die „Säure-Systematiker“, zu denen er merkwürdigerweise auch ROSENBUSCH rechnet, einigermaßen über-rascht (S. 199). Lediglich als ein auf die Mengenverhältnisse, nicht auf die Zahlenwerte aufgebautes künstliches System hat dieser Versuch Anspruch, hier kurz charakterisiert zu werden; irgendwelche Bedeutung für die Weiterentwicklung hat er zu keiner Zeit besessen.

Zunächst wird aus den chemischen Analysen die Durchschnittszusammensetzung, der „chemische Gesteinstypus“ (S. 212) der

Gesteinsindividuen (oder der geologischen Einheiten = Kollektiv-einheiten H. O. LANG'S, Min. Petr. Mitt., Bd. 11, 1890, S. 482) — möglichst genau ermittelt und sodann aus den Gewichtsprozenten das „Alkalienverhältnis“ festgestellt, wobei immer der kleinste Wert = 1 gesetzt wird. Nach der Übereinstimmung oder Annäherung zunächst im Alkalienverhältnis und dann in der Kieselsäureprozentmenge werden Gruppen gebildet, deren Mittelwerte den „chemischen Gruppentypus“ ergeben, um die ein Schwanken nur in bestimmten (vielfach aber recht weiten) Grenzen zugelassen wird. Diese Gruppentypen werden dann in 4 Hauptklassen eingeteilt, die wieder in Ordnungen zerfallen:

- I. Gesteine d. Kali-Vormacht $K_2O \geq (CaO + Na_2O)$ $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Ordn.: } Na_2O > CaO \\ 2. \text{ „ } CaO > Na_2O \end{array} \right.$
- II. Gesteine d. Natron-Vormacht $Na_2O \geq (CaO + K_2O)$
- III. Gesteine d. Alkalien-Vormacht $(Na_2O + K_2O) \geq CaO$ $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Ordn.: } Na_2O < K_2O > CaO \\ 2. \text{ „ } CaO = K_2O > Na_2O \\ 3. \text{ „ } Na_2O = K_2O > CaO \\ 4. \text{ „ } CaO = Na_2O > K_2O \\ 5. \text{ „ } CaO < Na_2O > K_2O \\ 6. \text{ „ } Na_2O < CaO > K_2O \end{array} \right.$
- IV. Gesteine d. Kalk-Vormacht $CaO > (Na_2O + K_2O)$ $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Ordn.: } K_2O > Na_2O \\ 2. \text{ „ } Na_2O > K_2O \end{array} \right.$

Auf eine Aufzählung der einzelnen Gruppentypen kann verzichtet werden; es ist ganz klar, daß jeder Gruppentypus in einer der vorstehenden Ordnungen seinen Platz finden muß — nur ist hiermit sehr wenig gewonnen. In den Gruppentypen sind sehr verschiedene Gesteine vereinigt, eine Folge des Umstandes, daß eben nur das Alkalienverhältnis berücksichtigt wird, und daß die Grenzen, wie oben erwähnt wurde, recht weit gesteckt sind. Hieran konnte auch der Versuch, an die Stelle des „Alkalienverhältnisses“ die des „Alkalimetallverhältnisses“ treten zu lassen (Bull. de la Soc. Belge de Géol., Bd. 5, 1891/92, S. 123 ff.), nichts ändern — LANG bevorzugt offenbar das „Alkalienverhältnis“, wie aus der erwähnten Arbeit an einigen Stellen hervorgeht (vgl. beispielsweise S. 129 ff.), und hat, wie er später ausführte, die Abänderung auch nicht aus petrographischen Gründen vorgenommen, sondern „um erwarteten Einwendungen chemischer Theoretiker zu begegnen“ (Beiträge zur Systematik der Eruptivgesteine, Min. Petr. Mitt., Bd. 13, 1892, S. 114). Ein in den eben genannten „Beiträgen“ gemachter Versuch, aus diesen Verhältnissen die „Verwandtschaften der Gesteinstypen“ herzuleiten (S. 132 ff.), also Hinweise auf ein natürliches System zu erhalten, mußte notwendig erfolglos bleiben, ist aber im Hinblick auf einen späteren Versuch A. MICHEL-LÉVY'S (siehe unten) historisch nicht ohne Interesse.

Der Klassifikationsversuch F. LOEWINSON-LESSING's von 1890 (Revue des Sciences Naturelles von 1890, Nr. 1, St. Petersburg (russisch) und Étude sur la composition chimique des roches éruptives, Bull. de la Soc. Belge de Géologie, 4, S. 221, Brüssel 1890) braucht hier nur kurz gestreift zu werden, da der Verfasser 1897 dem 7. internationalen Geologenkongreß einen umgearbeiteten Entwurf überreicht und im Comptes-rendu dieses Kongresses ein umfangreiches Werk: Studien über die Eruptivgesteine (S. 193, St. Petersburg 1899) hat erscheinen lassen.

Der Versuch von 1890 ging von den Gewichtsprozenten der Analyse aus und wollte den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Kieselsäuregehalt und dem Gehalt an verschiedenen Oxyden zum Ausdruck bringen. Rein empirische „Formeln“ sollten mittlere chemische Typen der Eruptivgesteine darstellen; systematisch bedeutsam und neu gegenüber den älteren Einteilungen nach der Kieselsäure ist wohl nur die Einteilung in vier Gruppen, statt in drei: saure, neutrale, basische und ultrabasische Gesteine, wobei neutral die Gesteine mit dem größtmöglichen Gehalt an gebundener Kieselsäure genannt werden, mit der empirischen Formel $\text{SiO}^2 = 2(\text{R}^2\text{O} + \text{RO}) + \text{R}^2\text{O}^3$ (S. 228). Für die Formeln und auch für die kleine systematische Tabelle der Gesteine (S. 239) genügt aus dem oben angegebenen Grunde ein kurzer Hinweis.

Die „Studien“ von 1899 haben zur Grundlage die Voraussetzung, „daß die Eruptivgesteine zwar keine stöchiometrischen chemischen Verbindungen sind, sondern Gemenge, aber durchaus keine willkürlichen“; zum Studium der Gesetze dienen die Molekularproportionen. Die Silikatgesteine werden nach dem gleichen Prinzip eingeteilt wie die Silikate („künstliche Klassifizierung“), die großen Gruppen werden wegen der vorherrschenden Bedeutung der Kieselsäure auf das Verhältnis der Kieselsäure zu der Gesamtsumme der Basen begründet, und die weitere Einteilung wird nach dem Gehalt an den verschiedenen Oxydgruppen (Alkalien, Erdalkalien = Oxyde der zweiwertigen Metalle, Sesquioxyde) vorgenommen, und schließlich wird der Gehalt an einzelnen Oxyden zu kleineren Untergruppen benützt (S. 210). Die vier nach dem Aziditätskoeffizienten aufgestellten Hauptgruppen zerfallen demnach in alkalische, erdalkalische und intermediäre; zu ihnen gesellen sich bei den basischen Gesteinen noch tonerdefreie (Pyroxenite) und bei den ultrabasischen die Tonerdemagmen = sesquioxydische Magmen (Kyschtymit, an Eisenoxyden und Chromit reiche Peridotite, viele Steinmeteoriten, sämtlich halb-silikatische, kieselsäurearme, an Sesquioxyden übersättigte Magmen, S. 295).

Zur Aufstellung des Systems werden aus den zu einer Familie gehörigen, auf Molekularprocente umgerechnete Analysen für jede

Familie die Analysenmittel festgestellt und aus diesen durch Vereinigung der Werte für R^2O und RO zu \bar{RO} , der Sesquioxyde zu R^2O^3 das Formelnmittel gewonnen. In welcher Weise sich bei dieser Anordnung die Gesteinsfamilien gruppieren, zeigt die umstehend abgedruckte Tabelle.

Für alle Einzelheiten sowie für die theoretischen Anschauungen des Verfassers muß auf die Originalarbeit oder auf meinen ausführlichen Bericht im Zentralblatt für Mineralogie 1900, S. 183 ff. verwiesen werden, der auch einige kritische Bemerkungen über die Vorwegnahme des Begriffs der „Familie“ zur Berechnung des Mittels und über die vom Verfasser aufgestellten 25 Magmentypen enthält; hier soll nur die Grundanschauung LOEWINSON-LESSING's über Differenzierung ihren Platz finden.

„Bei der Differenzierung eines komplexen Magmas kommt vor allem eine Spaltung in ein saureres alkalisches und ein basischeres alkalischerdiges Magma zustande. Könnte dieser Prozeß ungehindert zu Ende gehen, so müßte ein jedes Magma in ein peridotitisch-pyroxenitisches, ein feldspatiges und einen Kieselsäureüberschuß zerfallen. Nur vier Magmatypen kann man als reine Magmen, als zur Spaltung nicht fähige „Kerne“ betrachten, nämlich: das Feldspatmagma, das Peridotitmagma, das Pyroxenitmagma und das Quarzmagma. Alle übrigen Magmata sind Gemenge dieser in verschiedenen Proportionen, nach den Mischungsgesetzen von Flüssigkeiten“ (S. 239, 240).

Einen für die Rechnung sehr einfachen Weg, der gestattet, die chemischen Beziehungen verschiedener Gesteine durch vergleichbare Werte auszudrücken, verdankt die chemische Petrographie A. OSANN; sein Verfahren hat überdies den großen Vorzug, daß es sowohl für die Grundanschauungen ROSENBUSCH's wie für die BRÖGGER's den gleichen zahlenmäßigen Ausdruck schafft. Wie oben erwähnt, unterscheidet sich BRÖGGER's Auffassung von ROSENBUSCH's Kernhypothese wesentlich durch die Zuordnung des Si; er nimmt an, daß die „Hauptkerne... aller Wahrscheinlichkeit nach Verbindungen gewesen sind, welche auch aus den Mineralien der Eruptivgesteine bekannt sind“ (Das Gangfolge des Laurdalits, S. 302 bis 331, Videnskabselskabets Skrifter I, 1896, Nr. 6, Kristiania 1898).

In seinem „Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine“ (Min. Petr. Mitt., 19, S. 351 ff., 1900; 20, S. 399 ff., 1901; 21, S. 365, 1902; 22, S. 322 ff. und S. 403 ff., 1903) geht A. OSANN zwar von den Kernen ROSENBUSCH's aus, vermeidet aber die Zuordnung des Si zu den Metallen, wodurch das Gemeinsame in der Auffassung ROSENBUSCH's und BRÖGGER's zum Ausdruck kommt, die Entscheidung der theoretischen Frage über das Wesen der Kerne aber ausgeschaltet bleibt. Die OSANN'sche Berechnungs-

Entwurf zu einer chemischen Klassifikation der

Hauptgruppen	Untergruppen	Familien		
A. Ultra-basische Gesteine oder Hypobasite. (Monosilikatische Magmen). $\alpha < 1.4$	I. Tonerde- (sesquioxidsche) Magmen.	1. Kyschtymit		
	II. Erdalkalische Magmen (ganz oder fast frei von Tonerde).	2. Peridotite		
	III. Intermediäre Magmen (mehr oder weniger tonerreich).	IV. Alkalische Magmen (ebenfalls).	3. Melilithbasalte	
			4. Limburgite (und Augitite)	
			5. Kamptonit	
			6. Nephelinbasite	
			7. Leuzitbasite	
	V. Fast oder ganz tonerdefreie Magmen.	8. Monchiquit (Typ. I)		
		9. Urtit		
	B. Basische Gesteine oder Basite. (Monobisilikatische Magmen). $2.2 > \alpha > 1.4$	VI. Erdalkalische Magmen.	10. Pyroxenite und Amphibolite	
			11. Shonkinite	
			12. { Gabbros. Norite, Hypersthenite. } Grünstein-Magma. Diabase	
		VII. Intermediäre Magmen.	12a. Basalte	
			13. Monchiquit (Typ. II?)	
		VIII. Alkalische Magmen.	14. Melaphyre	
			15. Diorite	
IX. Erdalkalische Magmen.		16. Gabbrosyenite		
		17. Trachytite		
		17a. Andesittrachyte (Trachytandesite)		
		18. Eläolithsyenite		
		18a. Phonolithe		
X. Intermediäre Magmen.		19. Tinguaitite		
		20. Andesite		
		21. Porphyrite		
		22. Syenite		
XI. Alkalische Magmen.	23. Tephrite			
	24. Orthophyre			
	25. Trachyte			
C. Neutrale Gesteine oder Mesite. (Bisilikatische Magmen). $2.5 > \alpha > 2.$	XII. Erdalkalische Magmen.	26. Quarzbasite (oder Quarztrappe)		
		27. Quarzdiorite (= Granodiorite)		
	XIII. Intermediäre Magmen.	27a. Andesitdacite		
		28. Dacite		
		28a. Quarzporphyrite		
		29. Plagioklasgranite (= Adamellite = Intrusivdacite)		
		30. Nordmarkite		
		31. Pantellerite		
		32. Granite		
		XIV. Alkalische Magmen.	33. Quarzporphyre	
			33a. Liparite	
		D. Saure Gesteine oder Azidite. (Polysilikatische Magmen). $\alpha > 2.4$ (oder 2.3).		

¹⁾ Ich habe hier nur beispielsweise einige Unterabteilungen angeführt; eine

Eruptivgesteine von LOEWINSON-LESSING (1899).

Formeln	Aziditäts- koeffizient α	R^2O : RO	Unterabteilungen einiger Familien ¹⁾
$\bar{R}O 3.5 R^2O^3 2.1 SiO^2$	0.35	1:7	
$12.1 \bar{R}O R^2O^3 8 SiO^2$	1.17		
$6.3 \bar{R}O R^2O^3 4.9 SiO^2$	1.03	1:12.7	
$2.2 \bar{R}O R^2O^3 3 SiO^2$	1.14	1:5.6	
$1.5 \bar{R}O R^2O^3 2.8 SiO^2$	1.25	1:4.1	
$2.5 \bar{R}O R^2O^3 3.5 SiO^2$	1.20	1:3.6	
$1.9 \bar{R}O R^2O^3 3 SiO^3$	1.21	1:4.6	
$2.3 \bar{R}O R^2O^3 3.2 SiO^3$	1.20	1:3.7	
$1.1 \bar{R}O R^2O^3 2.51 SiO^2$	1.21	6.9:1	
$29.6 \bar{R}O R^2O^3 29.6 SiO^2$	1.83		{ Erdalkalische.
$5 \bar{R}O R^2O^3 6.4 SiO^2$	1.60	1:7	{ Alkalische.
$3 \bar{R}O R^2O^3 4.2 SiO^2$	1.45	1:15	{ Kalkgabbro (eigentl. Gabbro).
$2 \bar{R}O R^2O^3 4.3 SiO^2$	1.71	1:8.2	{ Magnesiagabbro (Norit, Hypersthenit).
$2.5 \bar{R}O R^2O^3 4.2 SiO^2$	1.62	1:6.2	{ Magnesiaalkali-Gabbro (Missourit, Shonkinit).
$2.6 \bar{R}O R^2O^3 4.6 SiO^2$	1.63	1:7.8	{ Alkaligabbro (Leuzitit, Ijolith).
$2.2 \bar{R}O R^2O^3 4 SiO^3$	1.5	1:2.5	{ Erdalkalische.
$2.3 \bar{R}O R^2O^3 5.1 SiO^2$	1.9	1:3.6	{ Alkalische (Orthoklasbasalt, z. T. Leuzitit u. Nephelinit).
$1.5 \bar{R}O R^2O^3 4 SiO^2$	1.77	1:4.3	
$3 \bar{R}O R^2O^3 6 SiO^2$	2.0	1:3.9	{ Melanokrate (Shonkinit).
$1.25 \bar{R}O R^2O^3 3.4 SiO^2$	1.79	1:1.1	{ Leukokrate.
$1.4 \bar{R}O R^2O^3 4.46 SiO^2$	2.07	1:1	
$1.1 \bar{R}O R^2O^3 4 SiO^2$	1.92	3.2:1	
$\bar{R}O R^2O^3 4 SiO^2$	2.0	4.5:1	
$1.27 \bar{R}O R^2O^3 4.47 SiO^2$	2.0	6:1	
$1.7 \bar{R}O R^2O^3 5.2 SiO^2$	2.20	1:2.8	{ Erdalkalische.
$1.4 \bar{R}O R^2O^3 5.4 SiO^2$	2.4		{ Alkalische (Tephrite).
$1.8 \bar{R}O R^2O^3 5.6 SiO^2$	2.34	1:2.2	{ Alkalische { Kalisyenite.
$1.4 \bar{R}O R^2O^3 4.9 SiO^2$	2.18	1.5:1	{ Natronsyenite.
$1.7 \bar{R}O R^2O^3 5.3 SiO^2$	2.21	1:1.4	{ Erdalkalische.
$1.25 \bar{R}O R^2O^3 5.2 SiO^2$	2.42	1:1.1	{ Quarzsyenite.
$1.7 \bar{R}O R^2O^3 5.8 SiO^2$	2.40	1:2.8	{ Kalitephrite.
$1.5 \bar{R}O R^2O^3 6.4 SiO^2$	2.8	1:2.4	{ Natrontephrite.
$1.6 \bar{R}O R^2O^3 5.85 SiO^2$	2.50	1:3	{ Kaliorthophyre.
$1.25 \bar{R}O R^2O^3 6.33 SiO^2$	3.02	1:1.5	{ Natronorthophyre.
$1.25 \bar{R}O R^2O^3 6.33 SiO^3$	3.0	1:1.2	{ Alkalische { Kalitrachyte.
$1.25 \bar{R}O R^2O^3 6.69 SiO^2$	3.36	1:1.5	{ Natrontrachyte.
$1.1 \bar{R}O R^2O^3 5.6 SiO^2$	2.68	4.5:1	{ Erdalkalische.
$1.8 \bar{R}O R^2O^3 8.8 SiO^2$	3.54	1.6:1	{ Quarztrachyte.
$\bar{R}O R^2O^3 7.7 SiO^2$	3.91	1.7:1	{ Erdalkalische.
$\bar{R}O R^2O^3 9 SiO^2$	4.55	2.5:1	{ Alkalische { Kaligranite.
$\bar{R}O R^2O^3 9 SiO^2$	4.76	6.4:1	{ Natrongranite.
			{ Kaliporphyre.
			{ Natronporphyre.
			{ Aegirinporphyre.
			{ Kaliliparite.
			{ Natronliparite.
			{ Eisennatronliparite (Aegirinliparite).

detailliertere Gliederung vieler Familien habe ich vorläufig nicht angestrebt (L.-I.).

art, die zu seinen Formeln führt, ist so bekannt und so allgemein verbreitet, daß hier ein kurzer Hinweis genügt; aus den Molekularprozenten der Analyse wird der für SiO_2 gefundene Wert als s in die Formel eingeführt, die Menge des vorhandenen $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ mit der gleichen Molekelzahl von Al_2O_3 zu $(\text{NaK})_2\text{Al}_2\text{O}_4$ als Wert A vereinigt, der Rest von Al_2O_3 mit CaO zu $\text{CaAl}_2\text{O}_4 = C$ verbunden und als F die Summe von FeO , MgO und dem nicht in C enthaltenen CaO angegeben. Da $s + 2A + 2C + F = 100$ sein muß, genügt in den meisten Fällen zur Charakteristik neben s die Angabe des Verhältnisses von A , C und F ; diese relativen Werte werden, um sie möglichst einfach in einer Dreiecksprojektion benützen zu können, auf die Summe 20 berechnet und in der eigentlichen Formel durch a , c und f bezeichnet. n ist der Wert, der sich für Na_2O ergibt, wenn man $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 10$ setzt, entsprechend m für $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ und den Wert $F = 10$, k der Kieselsäurekoeffizient $= \frac{s}{6A + 2C + F}$.

Ein chemisches System wird nach OSANN „nur dann ein praktisches sein, wenn es mit dem gebräuchlichen, auf mineralogischer Zusammensetzung und Strukturunterschieden basierten zu einem möglichst natürlichen kombiniert ist“ (l. c. 1900, S. 352); es soll hauptsächlich dazu dienen, dem relativen Mengenverhältnis der wesentlichen Gemengteile im Rahmen des mineralogisch-strukturellen (geologischen) Systems zu der ihm zukommenden Bedeutung zu verhelfen. In diesem Sinne rechnet OSANN sein System zu den künstlichen, eine Bezeichnung, die nur gilt, solange man es für sich allein anwenden wollte; in der ihm vom Verfasser zugewiesenen Beschränkung ist es ein Werkzeug für die Annäherung an ein natürliches System. Ein Beleg hierfür ist OSANN'S Aufsatz „Über die Definition von Diorit und Gabbro“ (Min. Petr. Mitt., 22, 1903, S. 403), auf den wir im zweiten Teil dieser Abhandlung nochmals zurückkommen müssen; dort soll auch das System selbst besprochen werden, das zwar ein vollständiges Fachwerk darstellt, in dem jede Analyse eines Eruptivgesteins untergebracht werden kann, in dieser Hinsicht also rein chemisch ist, das aber jede der drei Klassen ROSENBUSCH'S, die Tiefengesteine, Ganggesteine und Ergußgesteine, getrennt behandelt und auch die Schranken zwischen den einzelnen Gesteinsfamilien dieses Systems nicht verrücken will, mithin in der chemischen Zusammensetzung nur einen Faktor neben anderen erblickt.

Im Jahre 1897 veröffentlichte A. MICHEL-LÉVY eine „Note sur la classification des magmas des roches éruptives“, die ein vollständiges Schema für alle (bekannten und auf Grund der MICHEL-LÉVY'Schen Annahmen möglichen) Magmen enthält (Bull. Soc. géol. de France. série 3, 55, S. 326 ff.). MICHEL-LÉVY geht aus von der

alten Lehre von den zwei Magmen, als deren Mischungen alle Eruptivgesteine aufgefaßt werden können; für ihn beweisen die Untersuchungen von ROSENBUSCH, IDDINGS, BRÖGGER, BECKE, „que deux magmas eruptifs seuls ont une individualité assez tranchée pour permettre une définition exempte d'arbitraire; celui qui est dépourvu d'éléments ferro-magnésiens et que M. ROSENBUSCH a réparti entre ses magmas foyaitique et granitique (φ et γ); et celui qui est presque exclusivement composé d'éléments ferro-magnésiens et qui comprend les lamprophyres et les périclites. Il correspond au magma périclitique (π) de M. ROSENBUSCH et à une partie de celui de ses gabbros (ψ). La définition chimique de ces deux magmas, qu'on peut appeler alcalin et ferro-magnésien, est facile en partant de la magnésie m: le premier n'en contient pas; $m = 0$. Le second en contient une quantité maximum et toujours supérieure à la quantité de chaux feldspathisable c des magmas considérés: $m > c$ “ (S. 341).

Der „chaux feldspathisable“ ist die Menge des Kalks, die zum Aufbau des Anorthitmolekels verwendet werden kann, entspricht also dem Kalk des ROSENBUSCH'schen Kalkkerns $\text{CaAl}^2(\text{Si}^4)$ und wird auch in ganz entsprechender Weise berechnet.¹⁾ Aus der Menge der Magnesia, die für sich allein, ohne Eisen, charakteristisch für das magma ferro-magnésien ist, und aus ihrem Verhältnis zu dem chaux feldspathisable ergeben sich die vier Hauptmagmagruppen:²⁾

¹⁾ In der von MICHEL-LÉVY angewendeten Signatur bedeutet m Magnesia, c den „chaux feldspathisable“, c' den Teil des Kalkes, für den keine Tonerde mehr vorhanden ist, k und n ist der Ausdruck für Kali und Natron des Feldspats und der Feldspatvertreter (dem Kern KAlSi^2 resp. NaAlSi^2 entsprechend) n' Natron, das nicht an Tonerde gebunden ist (in den Alkalipyroxenen und Amphibolen), a ist die Tonerdemenge, die nach Abzug der k, n und c entsprechenden Beträge übrig bleibt (Tonerdeüberschuß). Die nicht an Tonerde gebundenen Mengen von Kalk c' und Natron n' werden hier der Einfachheit wegen gleichfalls als Überschuß bezeichnet.

²⁾ Die Indices p, m und g haben in dieser Abhandlung MICHEL-LÉVY's eine doppelte Bedeutung, durch die das Verständnis der Arbeit erschwert wird. Einerseits wird das Verhältnis bezeichnet, in dem der mit dem Index versehene Wert zu dem Vergleichswert steht; in diesem Falle sagt p aus, daß der Wert $1/4$ — $3/4$ des Vergleichswerts beträgt, m bedeutet $3/4$ — $5/4$, g mehr als $5/4$, und Werte, die weniger als $1/4$ betragen, erhalten den Index 0. Andererseits bedeuten die Zeichen, daß der betreffende Bestandteil fehlt oder in sehr geringer Menge vorhanden ist (0), in geringer Menge (p), in mittlerer (m), oder in sehr bedeutender Menge (g) vorkommt, ohne daß hierdurch ein Vergleich mit anderen Bestandteilen ausgedrückt werden soll. In der Tabelle haben die Zeichen, soweit sie sich auf die horizontalen Abteilungen beziehen, ausschließlich die zweite Bedeutung, drücken also die Menge des Bestandteils selbst aus, in den vertikalen Reihen deuten sie das Verhältnis an, in dem die an Tonerde gebundenen Mengen des Kalks (c) und die gleichfalls an Tonerde gebundenen Kalimengen (k) zu der als Einheit gewählten gebundenen Menge des Natrons stehen, ohne daß diese verschiedene Bedeutung durch den Druck kenntlich gemacht würde.

- $m = 0$, Magma alcalin, nahezu frei von Magnesia; enthält wenig, vielfach gar keinen Kalk, bisweilen Tonerdeüberschuß, in anderen Fällen Natronüberschuß.
- $m_p < c$, Magma alcalino-terreux, enthält wenig Magnesia und gewöhnlich zur Bindung des Kalks ausreichende Tonerde, gelegentlich auch Tonerdeüberschuß.
- $m_m = c$, Magma terreux-alcalin, Magnesia in beträchtlicher Menge, Gesteine mit viel überschießendem Kalk wiegen entschieden vor; nach der Menge der Alkalien, besonders des Kali, zerfallen diese in zwei Gruppen.
- $m_g > c$, Magmas ferro-magnésiens, reich an Magnesia; vorherrschend viel überschießender Kalk, der nur in einer kleinen Gruppe fehlt. Verschiedenes Verhalten der Alkalien und des an Tonerde gebundenen Kalkes.

In der Tabelle (S. 202—209) werden die horizontal angeordneten Hauptmagmen sinngemäß nach den angegebenen Unterschieden (ausgedrückt durch a, c', n', k usw.) in Untergruppen geteilt, wobei die Indices die Größe der einzelnen Werte ausdrücken. Die vertikalen Reihen werden aufgebaut nach dem Verhältnis der in den Feldspaten und Feldspatvertretern vorhandenen Mengen von Kalk und Kali zum Natron. Daß die vertikalen Reihen in erster Linie auf das Verhältnis $c:n = C$ aufgebaut sind und daß daher die auf Grund des Verhältnisses $k:n = K$ unterschiedenen Reihen als Unterabteilungen erscheinen, soll nicht bedeuten, daß das zweite Verhältnis weniger bedeutungsvoll ist als das erste: „on peut se servir, comme base des divisions principales, soit de c, soit de k“ (S. 346, 347) — die Anordnung zunächst nach C reißt die Gruppen des mineralogischen Systems weniger auseinander, während eine Einteilung nach K die „natürlichen Gesteinsserien“ näher benachbart zeigen würde.

In der Gestalt, in der die Tabelle hier abgedruckt wird, weicht sie etwas vom Original ab; es ist der Versuch gemacht worden, die Übersicht gegenüber dem Original zu erleichtern. An Stelle der lateinischen und griechischen Buchstaben, die im Original als Symbol für die Gesteinsfamilien stehen, sind diese Namen selbst eingesetzt, und an Stelle der kleinen Zahlen, die den Buchstaben zugefügt sind, um auf die der Originalarbeit auf mehreren Tafeln beigegebenen Analysendiagramme bestimmter Gesteine hinzuweisen, wird hier der Fundpunkt selbst oder der Name des Typus in Klammern angegeben, z. B. statt G_1 : Granite (Baveno) oder statt L_2 : Syénite micacée (Durbachite-Lampiphyre).

Theoretisch liegen der MICHEL-LÉVY'schen Einteilung zwei Anschauungen zugrunde, der prinzipielle Gegensatz zwischen den

magmas alcalins und den magmas ferro-magnésiens, und weiter die hohe Bedeutung, die dem Verhältnis des Kali zum Natron zugeschrieben wird. Der Gegensatz zwischen den magmas purement alcalins (les syénites leucitiques et éleolithiques, les granites pegmatoides, les granulites [aplites], les pegmatites, mit Einschluß ihrer Ergußäquivalente) und dem magma ferro-magnésien (Peridotite mit Übergängen zu den Diabasen) besteht nicht nur in der stofflichen Zusammensetzung; MICHEL-LÉVY betont noch einen erheblichen genetischen Unterschied für die diesen „reinen“ Magmen entsprechenden Gesteine, indem er, wie ÉLIE DE BEAUMONT es für den Granit getan hat (Note sur les émanations volcaniques métallifères. Bull. Soc. géol. de France, série 2, 4, S. 1249 ff., an verschiedenen Stellen: S. 1315, 1316 u. a.; 1846/47), für alle zu den magmas alcalins gehörigen Gesteine eine starke Mitwirkung von Mineralisatoren für unbedingt erforderlich erklärt und mit A. DAUBRÉE das magma ferro-magnésien als lückenlose Umhüllung des metallischen Erdkerns annimmt (vgl. hierzu beispielsweise A. DAUBRÉE, Synthetische Studien bezüglich der Meteoriten, Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., 22, 1870, S. 415 ff., spez. S. 447 ff.). In diesem Sinne führt er aus: „Le contraste est donc profond entre les magmas alcalins et les magmas ferro-magnésiens; ces derniers paraissent bien jouer le rôle de scorie ignée, tandis que les premiers, essentiellement mobiles et susceptibles d'injections subtiles, semblent destinés a être entraînés par les dissolvants et les minéralisateurs et transportés a la façon des solutions liquides ou même des gaz volatils“ (S. 369). In einer späteren Arbeit bezeichnet er geradezu die beiden Magmen als „scorie“ und „fumerolle“ (Comptes rendus CXLIV, Paris 1907, S. 603), und seine Besprechung der „Quantitative Classification“ in der „Contribution a l'étude des magmas chimiques dans les principales séries volcaniques françaises, application de la nouvelle classification quantitative américaine“ (Bull. de la Serv. de la Carte Géologique de France, No. 92, 1902/03, XIV) schließt er mit den Worten: „En tout cas, nous sommes particulièrement flatté de voir les auteurs américains prendre, pour base de leur nouvelle classification, les deux seuls magmas fondamentaux que nos propres études nous avaient induit a retenir: la scorie ferro-magnésienne, les produits de pénétration et de dissémination des fumerolles alcalines, alumineuses et siliceuses“ (S. 32).

Vom Standpunkt der Systematik aus viel interessanter als die Einteilung in die Hauptgruppen ist die weitere Gliederung der Magmen nach dem Verhältnis der Alkalien zueinander, dem Verhältnis k zu n : es ist der erste und meines Wissens bisher einzige Versuch, den Begriff der Gesteinsserie für ein System zu verwerten. Allerdings kann ein derartiges System keine allgemeine Bedeutung beanspruchen, sondern muß im günstigsten Fall auf eine Anzahl von Serien beschränkt bleiben: es wird ein Verhältnis, das zwar häufig,

		C _o				C _p	
		Domi- tique	Leucito- phyrique	Ditroi- tique	Kérato- phyrique	Leucoté- phritique	Trachy- tique
		K _g	K _m	K _p	K _o	K _g	K _m
Granulitique	a	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites, Trachytes. — Granite décomposé de Schap- bach.	— Rhyolites.	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites, Phono- lites. —	Kérato- phyres. —	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites.	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins), Orthophy- res. — Rhyolites, Phono- lites. — Granites.
Granito-éléolitique et leucitique	a = 0, c' = 0 c'p	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites, Trachytes. —	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites, Leucito- phyre de Rieden. — Granites.	— Rhyolites, Trachy- tes, Phono- lites, Leucite sans oli- vine de Tusculum. — Syénite éléolitique (Ditroité) de Ditroé, Granites.	—	— Rhyolites, Trachytes, Leucoté- phrites (Rocca Monfina). — Granites.	— Trachy- tes. —
Pantelléritique	n'	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins), Porphy- rites. — Rhyolites.	Trachytes. — Pantellé- rites, Rhyolites, Trachytes, Andésites, Phono- lites, Té- phrites, Leucito- phyre de Rieden. — Syénites éléoliti- ques.	— Rhyolites, Dacites, Phono- lites, Té- phrites, Leucito- phyre de Rieden. — Syénite leucitique de l'Ar- kansas Syénite éléolitique de Silksjö- Berg (Dal- arne).	Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). —	—	—

		c _o				c _p	
		Domi- tique	Leucito- phyrique	Ditroi- tique	Kérato- phyrique	Leucoté- phritique	Trachy- tique
		K _g	K _m	K _p	K _o	K _g	K _m
Magma alcalino-terreux mp < c	Granito-tonalitique	a				Mikro- granulites (Porphy- res, Pech- steins). — Rhyolites.	Porphy- rites. — Phono- lites.
	Granitique propre- ment dit	a = 0, c' = 0				— — Granites.	— — Labra- dorites. — Granites.
	Granito-esterellique	c'p				— Trachytes.	Orthophy- res. — Trachy- tes. — Granites

Cp		Cm				Cg			
Dacitique ou Kersan- titique	Pech- steini- que	Syéni- tique	Syéni- to- dioritique	Diori- tique	Limbur- gitique	Minet- tique	Monzoni- tique	Diorito-diabasique	
Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko
—	—	Ortho- phyres.	Ortho- phyres.	—	—	—	—	Porphy- rites.	—
Dacites.	—	—	Dacites.	Dacites, Andésites.	—	—	Trachy- tes.	Andésites.	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Granite de Beaufort (Haute Savoie).	—	—	—	Tonalite d'Avio- See (Ada- mello).	—	—	Granite à Amphi- bole du Hohwald.	—	Diorites.
Rhomben- porphyres, Kérato- phyres.	—	—	Porphy- rites.	—	—	Porphyri- tes.	—	—	—
—	—	—	—	—	—	Trachy- tes.	Labra- dorites.	Andésites.	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trachy- tes, Andésites, Labra- dorites, Téphrites.	—	—	Trachy- tes, Andé- sites, La- bradorites.	Labrado- rites.	—	Andésites.	Andésites.	Porphy- rites. Dacites, Labrado- rites.	Basaltes.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Granite pegma- toïde de Baveno, Syénite (Laurvi- kite), Syénite éololitique (Foyaite) des Caldas de Mon- chique (Portu- gal).	—	Granites, Syénite (Plau- énite).	Diorites.	Granites. Esterelli- tes (Diorite quarzi- fère de Quenast).	—	—	Syénite (Monzo- nite).	Norites.	—

		c _o				c _p							
		Domi- tique	Leucito- phyrique	Ditroi- tique	Kérato- phyrique	Leucoté- phritique	Trachy- tique						
		K _g	K _m	K _p	K _o	K _g	K _m						
Magma terreux-alcalin m _m = c	Très rare	a	a = 0, c' = 0									Kérato- phyres —	
	Magma diorito-diabasique	ko	presque nul										
	Magma diabaso-lamprophy- rique	kp-g	plus ou moins abon- dant										Méla- phyres. — Trachytes. Andésites
		cm											— Diorites

Cp		Cm				Cg			
Dacitique ou Kersantitique	Pechsteinitique	Syénitique	Syénitodioritique	Dioritique	Limburgitique	Minetitique	Monzonitique	Diorito-diabasique	
Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko
Rhombenporphyres.			Porphyrites.	—	—			Mélaphyres.	
				Diabase du Pelvoux (normale?)					
					— Camptonites.			Mélaphyres.	—
					— Diorites, Norites.			Labradorites, Basaltes.	Basaltes.
								Diorite (normale), Diabases et Gabbros, Norites.	— Diorites, Diabase de Hunneberg (Suède), Norites.
— Andésites, Labradorites, Basaltes, Néphélinites.		— Leucitite sans olivine de Tusculum, Leucotéphrite à olivine du Vésuve.	— Basaltes.	— Labradorites, Basaltes.		— Camptonites.		Mélaphyrites.	
— Ijolites.		— Syénite (Plauénite).	—	— Teschénite de Boguschowitz.		—		— Camptonites, Leucitite à olivine du Gossberg (Walsdorf, Eifel).	

		Co				cp				
		Domi- tique	Leucito- phyrique	Ditroi- tique	Kérato- phyrique	Leucoté- phritique	Trachy- tique			
		K _g	K _m	K _p	K _o	K _g	K _m			
Magma ferro-magnésien mg > c	Magma lamprophyrique	Albitique ..	a a = 0, c' = 0			Kérato- phyres. — Diabase du Pel- voux (dé- calcifiée).	Kérato- phyres.	Porphy- rites. —	— Lampro- phyres.	
		Nephe- lino- ker- san- titique	k _{p-m}	c plus ou moins grand						
		Leucito- minet- tique	k _g	c' g'						
		Théra- litique	k _{m-p}	c = 0		Andésites, Leucitite sans oli- vine de Tusculum. — Malignite à néphé- line et pyroxène.	K _p Trachytes, Basaltes, Néphélinites, Leu- citite sans olivine de Tusculum. — Théralites Sud-Ouest de Martinsdale.			
Mali- gniti- que		n'			K _p Téphrites, Néphé- linites à olivine. — Malignite à gren- nat et pyroxène.					
Mag- ma pérido- tique	k _o pres- que nul	c grand								

Cp		Cm				Cg			
Dacitique ou Kersan- titique	Pech- steini- que	Syéni- tique	Syéni- dioritique	Diori- tique	Limbur- gitique	Minet- tique	Monzoni- tique	Diorito-dabasique	
Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko	Kg	Km	Kp	Ko
Kérato- phyres. — Lampro- phyres.		— Syénites.	Porphy- rites. —			Pophyri- tes. — Lampro- phyres.			
Kp Basaltes — Camp- tonites, Mélilite- basaltes — Néphé- linites à olivine, Néphélinit. — Kersantite (Por- phyrite micacée, Lamprophyre) de Bärenstein (Schmiedebach), Diabases et Gabbros.			— Téphrites à olivine, Néphéli- nites à olivine. — Monchi- quite, Rio de Ouro, Serra de Tingua.	Porphy- rites. — Basaltes, Téphrites à olivine, Néphélin. à olivine. —					
		Kg Leucitites, Leucoté- phrites à olivine (Vésuve). — Syénite micacée Durbachite, Lampro- phyre).				Kg Mélaphyres. — Leucitite à olivine du Goss- berg (Walsdorf, Eifel), Leu- citite sans olivine de Tusculum. — Minette (Orthoph. micacée, Lamprophyre) de Framont.			
				Ko Camptonites, Mélilite-basaltes, Limburgites. — Péridotites, Dia- bases et Gabbros.				Basaltes. — Pérido- tites.	Basaltes. — Pérido- tites.

aber keineswegs bei allen Serien eine für jede einzelne charakteristische Konstanz aufweist, dem ganzen Schema zugrunde gelegt, und es wird eine Auflösung der ganzen Gesteinswelt in Serien gewissermaßen vorausgesetzt.

Der Begriff der Gesteinsserie geht zurück auf die Feststellung VOGELSANG'S von 1872, „daß gleichartige Vorkommnisse so häufig in größerer Zahl zusammengedrängt sind“ (vgl. die Systematik der Eruptivgesteine I, diese Fortschritte, 3, S. 226, 227); später hat J. W. JUDD ähnliche Beobachtungen mehr im einzelnen verfolgt und hierauf seine Lehre von den „petrographical provinces“ begründet. Seine Anschauungen beruhen auf Beobachtungen in Österreich-Ungarn, auf der Ähnlichkeit, die die tertiären böhmischen Ergußgesteine ebenso wie die ungarischen gleichalterigen untereinander erkennen lassen, und auf den durchgreifenden Unterschieden, die zwischen beiden Gebieten bestehen („Volcanoes: what they are and what they teach“, 1880, S. 202, zitiert nach einer Anmerkung in der folgenden Arbeit), und besonders auf den Verhältnissen der basischen tertiären Eruptivgesteine in Großbritannien (On the Gabbros, Dolerites and Basalts, of Tertiary age, in Scotland and Ireland, Quarterly Journal of the Geol. Soc., 42, S. 49 ff., spez. S. 54, 1886). In der durch ihren hohen Natrongehalt charakterisierten „Provinz“ des Kristianiagebietes hatte W. C. BRÖGGER im Jahre 1890 eine Anzahl von Gesteinsserien unterschieden, deren Glieder untereinander enger verknüpft sind, während auch die einzelnen Serien durch Übergänge verbunden sind, und weiter festgestellt, daß die petrographische Reihenfolge und die geologische Altersfolge übereinstimmen (Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite, Allgemeiner Teil, Zeitschr. f. Kristallographie, 16, S. 80 ff.); hierdurch wurde sowohl für die Systematik eine neue Einheit, die Gesteinsserie, geschaffen, wie auch eine neue geologische Beziehung festgestellt. Unter einer „Gesteinsserie“ versteht BRÖGGER „die Gesamtheit einer Anzahl durch alle Übergänge miteinander verbundener Gesteinstypen, welche derselben Hauptstrukturklasse angehören . . ., sowie in der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung gewisse gemeinsame Beziehungen besitzen, während in anderen Beziehungen eine kontinuierliche Änderung der Zusammensetzung von dem einen Endglied der Serie bis zum anderen stattfindet“ (Die Gesteine der Grorudit-Tinguaitserie, Skrifter utgivne af Videnskabselskabet i Christiania I, 1894, S. 169); zu den charakteristischen Eigenschaften der Gesteinsserien gehört, „daß jedes Mittel einer Anzahl Glieder der Serie einem möglichen Glied der Serie annäherungsweise entsprechen muß“ (l. c., S. 175). Die für die Systematik am meisten in die Augen springende Folgerung

aus dem Serienbegriff ist die Einschaltung der „Unterordnung der Orthoklas-Plagioklasgesteine“; da für diese, wie der Name zeigt, eine mineralogische Definition gewählt wurde, wenn auch, wie die Begründung der Unterabteilungen erkennen läßt, für BRÖGGER die chemischen Verhältnisse hierbei entscheidend mitwirkten, wurde sie schon im ersten Teil dieser Abhandlung (S. 222, 223) besprochen.

In sehr eigentümlicher Weise führen in dem letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts von durchaus verschiedenen Gesichtspunkten ausgehende Forschungen zu dem gleichen Ergebnis, zu einer Zerteilung der Eruptivgesteine auf chemischer Grundlage. Dies gilt ebenso für die Untersuchungen, die sich an ROSENBUSCH'S Auffassung der Ganggesteine und seine Kerntheorie knüpfen, ganz gleich, ob sie theoretisch zustimmen, abändern oder widersprechen, wie für die Ergebnisse des Studiums der petrographischen Provinzen, besonders der Arbeiten von J. P. IDDINGS, der die Beziehungen der verschiedenen Glieder einer Provinz durch Spaltungsvorgänge aus einem gemeinsamen Magma erklärt und für die Gesamtheit dieser Beziehungen den Begriff der „consanguinity“ einführt (The Origin of Igneous Rocks, Bull. Phil. Soc. Washington, 12, S. 89 ff., spez. S. 128—130, 1892); zu demselben Ziel führten die von A. HARKER und von F. BECKE angestellten Untersuchungen und schließlich auch die absichtlich von jeder geologischen Anschauung losgelöste Untersuchungsweise A. OSANN'S, die lediglich die chemischen Analysen der Eruptivgesteine auf ihre chemischen Beziehungen zueinander prüft. Selbstverständlich decken sich die beiden Abteilungen nicht bei allen Forschern vollständig; ebensowenig ist von vornherein strenge Übereinstimmung in den von den verschiedenen Forschern als charakteristisch erachteten chemischen Merkmalen in beiden Reihen zu erwarten. Andererseits muß man sich gegenwärtig halten, daß die MICHEL-LÉVY'Schen Magmagruppen zwar auf einem primären Gegensatz zweier Magmenreihen beruhen, sich aber auf ganz anderer Grundlage, der Annahme der Mischung dieser beiden Urmagmen (wie bei BUNSEN), aufbauen; auch die als Untergruppen auftretenden „alkalischen Magmen“ und „erdalkalischen Magmen“ LOEWINSON-LESSING'S decken sich keineswegs mit den beiden Reihen: wie die Tabelle auf S. 196—197 zeigt, stehen zwischen ihnen „intermediäre Magmen“, und außerdem werden, ihnen systematisch gleichgeordnet, sesquioxydische und tonerdefreie Magmen unterschieden. Besonders bezeichnend für die abweichende Auffassung sind die intermediären Magmen, zu denen beispielsweise Nephelinbasite und Leuzitbasite gerechnet werden, während die Skonkinite sogar unter den erdalkalischen Magmen ihren Platz finden.

H. ROSENBUSCH unterschied zunächst (1896) drei Reihen, die foyaitisch-thermalithische, die granito-dioritische und die Gabbro-

Peridotit-Reihe; sie sind „am strengsten dadurch als natürliche Reihen gekennzeichnet, daß jede derselben eine eigene Gefolgschaft polar gegliederter Ganggesteine besitzt, welche niemals und nirgends, soweit wir Kunde haben, in eine fremde Gesellschaft übertreten, sondern allenthalben und stets als getreues Gefolge innerhalb der Sippe bleiben“ (Physiographie, II, 3. Aufl., 1896, S. 385) — maßgebend waren für die Aufstellung der Gabbro-Peridotit-Reihe die Beerbachite (Gabbroaplite) einerseits, die Odinite andererseits. Aber schon 1898 finden sich in den „Elementen“ durch Zusammenziehung der granito-dioritischen und der Gabbro-Peridotit-Magmen nur zwei Reihen: die Reihe der foyaitisch-theralithischen Magmen und die der granito-dioritischen und gabbro-peridotischen Magmen (S. 183 bis 188); für die chemische Charakteristik beider Reihen wird neben den aus der Kerntheorie sich unmittelbar ergebenden Unterschieden auch auf die abweichende Stellung des Fe zu Mg und Ca aufmerksam gemacht. In der foyaitisch-theralithischen Reihe können Mg und Ca vollständig fehlen, „während Fe allenthalben reichlich vorhanden ist, ja in gewissen Elaeolithsyeniten ganz deutlich Al ersetzt, wo Al nicht ausreicht für die Bindung der Alkalien in dem Kern (NaK) Al Si². Dies ist ein Verhältnis, welches sich bei den tinguaitischen Ganggesteinen und den Pantelleriten der Ergußgesteinsreihe wiederholt.

In den granito-dioritischen Magmen vertritt Fe niemals Al; dagegen erscheint hier Ca, welches in den foyaitischen Magmen bis auf geringste Spuren nur in den Kernen RSi auftritt, in den granito-dioritischen und gabbro-peridotischen Magmen reichlich in dem Kern CaAl²Si⁴ und in dem Kern RSi allenthalben, aber nur ausnahmsweise in dem Kern R²Si. Sehr auffallenderweise verschwindet in der foyaitischen Magmenreihe Mg zusammen mit Ca, in der granito-dioritischen zusammen mit Fe. Das steht im Einklang mit der Rolle von Fe und Ca für sich allein in den beiden Magmenreihen und damit, daß am SiO²-armen Pol der gabbro-peridotischen Magmen Mg und Fe sich offenbar vertreten, wie Fe und Al sich in den foyaitischen Magmen vertreten können“ (S. 185, 188).

Für diese beiden Gesteinsreihen gebraucht später ROSEBUSCH auch die Namen „Reihe der Alkaligesteine“ und „Reihe der Kalk-Alkaligesteine“¹⁾ (Elemente, 3. Aufl., 1910, S. 183) oder spricht auch einfach von der „Alkalireihe“ und der „Alkali-

¹⁾ Zur Vermeidung von Verwechslungen muß hier darauf aufmerksam gemacht werden, daß BRÖGGER die Bezeichnung „Kalk-Alkaligesteine“ in einem anderen Sinne gebraucht: er faßt Gesteine wie die ältesten Differentiationsprodukte des gemeinsamen natronreichen Stammagmas der Eruptivgesteine des Kristianiagebietes, Glieder der Familie der Essexite und der Akerite, unter diesem Namen zusammen (Eine Sammlung der wichtigsten Typen der Eruptivgesteine des Kristianiagebietes, Nyt Mag. f. Naturvidensk. 44, S. 113 ff., spez. S. 117, 1906).

kalkreihe“ (l. c., S. 237); dabei betont er aber wiederholt nachdrücklich, daß die chemische Zusammensetzung allein nicht immer maßgebend für die Zuweisung des Gesteins zu einer der beiden Reihen sein kann (Physiographie, 4. Aufl., II, 1, S. 3, 4), sondern verweist stets neben dieser auf die mineralogische Ausbildung und die geologische Vergesellschaftung, die bisweilen beide zur sicheren Einreihung eines Gesteins erforderlich sind (l. c. S. 13–15). Das Bestreben, stets die mineralogische Zusammensetzung mit zur Charakteristik zu verwenden, tritt scharf hervor bei der Besprechung einer dritten Eruptivgesteinsreihe, die neben den „beiden genannten Haupteruptivgesteinsreihen . . . mit zunehmender Deutlichkeit . . . sich aus dem Dunkel hebt“ und vorläufig besonders Hypersthengranite, Anorthosite und verwandte Gebilde umfaßt (l. c., S. 15). Als Ergebnis der vergleichenden Untersuchungen „stellt sich heraus, daß parallel den Reihen Kalkalkaligranit-Syenit-Gabbro und Alkaligranit-Alkalisyenit-Elaeolithsyenit-Essexit-Shonkinit und Theralith eine Reihe Charnokit-Mangerit-Anorthosit unter den Tiefengesteinen zu erkennen ist, die sich bei typischer Ausbildung chemisch durch das auffallende Zurücktreten der Eisenoxyde und der Magnesia, mineralogisch durch einen herrschenden eigentümlichen Mikroperthit und die Vorherrschaft von rhombischen und monoklinen Pyroxenen über Glimmer und Amphibole, sowie durch das Hinabreichen der Kalifeldspate und des Quarzes bis in sehr basische Gesteinsformen hinein charakterisiert. Eine sichere und scharfe Trennung der in die Gabbrofamilie gehörigen Glieder der ersten und dritten Reihe ist zurzeit noch nicht möglich“ (l. c., S. 361).

Für annähernd die gleichen beiden Hauptabteilungen der Gesteine gebrauchte IDDINGS in seiner oben erwähnten wichtigen Abhandlung von 1892 die Bezeichnung „alkali group“ und „subalkali group“ (S. 182, 183) und machte auf die Vorherrschaft der alkali group im Osten, der subalkali group im Westen des amerikanischen Kontinents aufmerksam ¹⁾; im Anschluß an diese Unter-

¹⁾ Im Verlauf seiner späteren Untersuchungen wendet sich IDDINGS gegen die Verallgemeinerung der Bezeichnung „alkalic“; es erscheint ihm „incorrect and consequently misleading to characterize a great series of rocks, or the magmas, of a particular region as »alkalic« when the alkalies, soda and potash, form very subordinate chemical factors in the bulk of the rocks so characterized, and when rocks containing greater amounts of soda and potash are not considered »alkalic«“, wobei er auf Granite und Granodiorite von der Sierra Nevada (Cal.) einerseits, böhmische Nephelintephrite andererseits verweist (Igneous Rocks, II, Description and Occurrence, S. 463, New York 1913). Auch für die Anwendung des Begriffs „Petrographische Provinz“ verlangt er größere Strenge und Schärfe in der Definition und Abgrenzung (l. c. S. 345ff.) und kommt somit bei der Besprechung der petrographischen Provinzen Nordamerikas (S. 463ff.) zu dem Ergebnis: The data already in hand suggest the existence of illdefined zones traversing the North American continent

suchungen zeigte A. HARKER 1896 „the very general correspondence of the areas of the alkali and subalkali groups respectively with the areas of the Atlantic and Pacific types of coast line as defined by SUESS“, und unterschied dementsprechend „an Atlantic and a Pacific facies of eruptive rocks“ (Science Progress, 6, 1896, S. 12 ff., zitiert nach A. HARKER, The Natural History of Igneous Rocks, S. 92, London 1909).

Unabhängig von diesen Untersuchungen gelangte F. BECKE in seiner Abhandlung: „Die Eruptivgebiete des böhmischen Mittelgebirges und der amerikanischen Andes. Atlantische und pazifische Sippe der Eruptivgesteine“ (Min. Petr. Mitt., 22, 1903, S. 209 ff.) zu ganz ähnlichen Ergebnissen; hier kommen nur die chemischen Verhältnisse in Betracht. Ein Vergleich der Andesgesteine und der Mittelgebirgs-
gesteine zeigt in den Andesgesteinen ein relatives Überwiegen von Al, ferner kleine Unterschiede beim Vergleich von Na und K, von Mg und Fe, und zwar stets in dem Sinne, „daß im böhmischen Mittelgebirge relativ mehr die schweren, im Andesgebiet die leichten Elemente vertreten sind“ (S. 247); es wird daher angenommen, daß die Gesteine der andesitischen Gaureihe, die „pazifische Sippe“, oberen Schichten der Erdkruste, die Gesteine der tephritischen Gaureihe, die „atlantische Sippe“, tieferen Schichten der Erde entstammen. Mit dieser Annahme stimmt das Auftreten der leichteren pazifischen Gesteine längs den ganzen gefalteten Kettengebirgen und das Gebundensein der schwereren atlantischen Gesteine an Gebiete, die tektonisch von Schollenbrüchen beherrscht werden, überein. Schließlich wird auf die Übereinstimmung dieser beiden Gesteinssippen mit den ROSENBUSCH'SCHEN Hauptreihen ausdrücklich hingewiesen.

Durchaus ähnliche Anschauungen entwickelte bekanntlich gleichzeitig G. T. PRIOR in seinen „Contributions to the Petrology of British East Afrika“ (Mineralog. Magazine, 13, London 1903, S. 228 ff.); er fand, daß von den vier großen N—S verlaufenden Vulkanketten die beiden pazifischen wesentlich durch Andesite, die atlantische und die ostafrikanische durch alkalireiche Gesteine und Basalte charakterisiert sind (S. 261).

Eine scharfe chemische Charakteristik der beiden Reihen läßt sich, wie diese Ausführungen zeigen, infolge der verschieden-

along the lines of its chief physiographic features, but they also indicate the petrographical complexity of these zones and the probability of their being separated into many petrographical provinces and into innumerable districts“ (S. 480, 481). Schließlich wendet er sich auch gegen die Bezeichnung „atlantische Sippe“: „The igneous rocks of Western and Central Europe and those of the Eastern United States on the opposite sides of the Atlantic Ocean are so very different petrographically that they cannot be said to belong to similar petrographical provinces, and they do not appear to be isomagmatic, or to have been derived from chemically like magmas“ (S. 568).

artigen Beziehungen der chemischen Gesteinskomponenten zueinander kaum aufstellen: zwar gibt es besonders in den durch mittleren Kieselsäuregehalt ausgezeichneten Teilen der beiden Reihen für typische Vertreter sofort in die Augen springende Unterschiede, aber sie werden schon in diesem Abschnitt beider Reihen bei schwachen Vertretern unscharf und müssen ganz allgemein mit der Annäherung an die leukokraten (sauren) und melanokraten (basischen) Endglieder undeutlich werden. A. HARKER hat unter Zugrundelegung einer sehr großen Zahl von Analysen in Diagrammen die Variationen der Mengen von Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 und FeO mit den Mengen von SiO_2 für beide Reihen dargestellt; in den folgenden Diagrammen, entnommen seinem Werke „The Natural History of Igneous Rocks“ (London 1909, S. 150, 151), sind auf der Abscisse SiO_2 in Gewichtsprozenten, die anderen Stoffe der Reihe nach als Ordinaten aufgetragen und die sich ergebenden Kurven für die pazifische Sippe durch ausgezogene, für die atlantische durch gestrichelte Linien angegeben.

Vortrefflich treten die Eigentümlichkeiten der beiden Hauptreihen durch eine von A. OSANN eingeführte Methode hervor, die er zur Untersuchung dieser Verhältnisse anwendet (Petrochemische Untersuchungen, I. Teil, Abh. Heidelberger Akad. d. Wissensch., Math.-naturw. Kl., 2. Abh., Heidelberg 1913, auszugsweise vom Verfasser dargestellt im Zentralbl. f. Min. 1913, S. 481 ff. — hier wird die eigentliche Abhandlung zugrunde gelegt). OSANN bestimmt aus den Molekularzahlen der Analysen vier Verhältnisse; für die hier behandelte Frage kommen wesentlich die beiden ersten in Betracht, die beiden anderen sind hauptsächlich für die Unterscheidung von Eruptiv- und Sedimentgesteinen wichtig. Für die Zugehörigkeit zu einer der beiden Reihen der Eruptivgesteine ist bezeichnend:

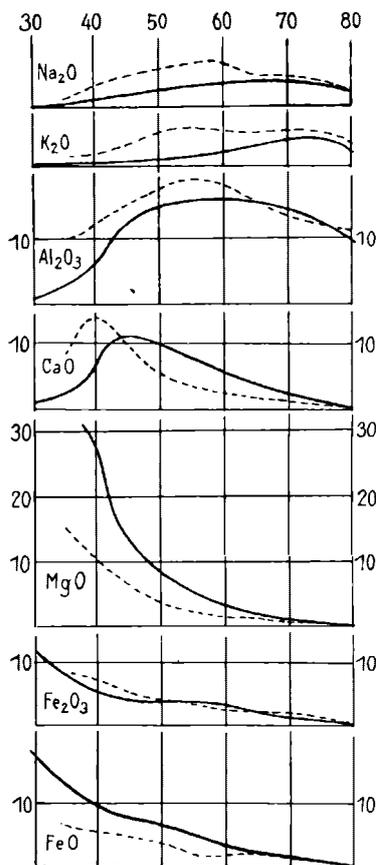


Fig. 1.

(Nach A. HARKER.)

1. das Verhältnis $SiO_2 : Al_2O_3 : (Fe, Mg, Ca) O = SAIF\text{-Verhältnis}$ } beide auf die
 2. das Verhältnis $Al_2O_3 : CaO : (Na, K)^2 O = AICAlk\text{-Verhältnis}$ } Summe 30 berechnet.

In bezug auf das SAIF-Verhältnis unterscheiden sich die atlantischen Granite und Syenite fast gar nicht von den entsprechen-

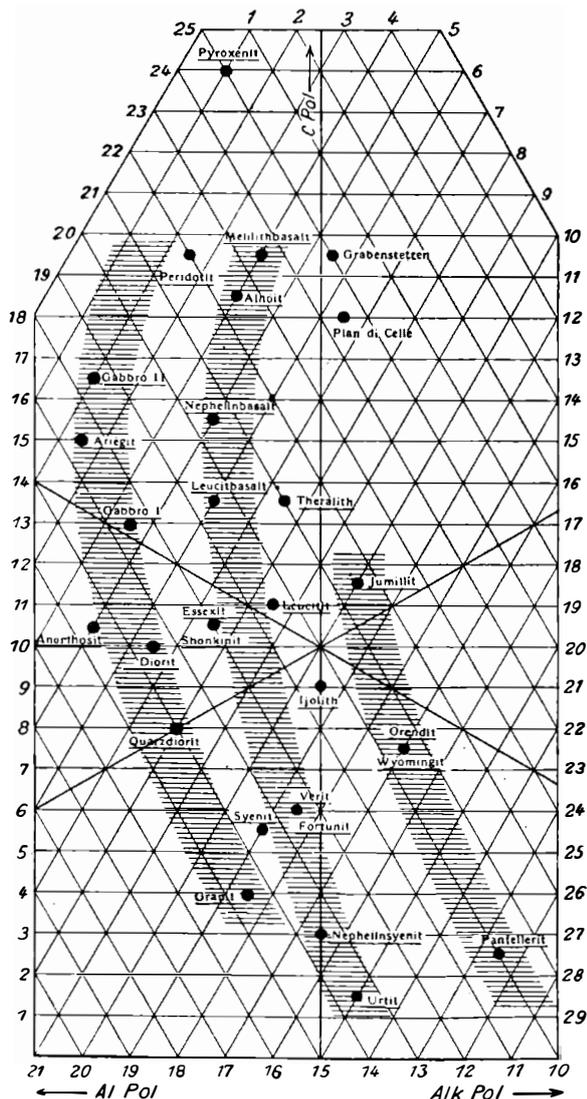


Fig. 2.
(Nach A. OSANN.)

den pazifischen Gesteinen — OSANN nennt sie deshalb „schwache Vertreter der Sippschaft“; hingegen machen sich bei den „starken“ Alkaligesteinen deutliche Unterschiede nicht nur gegenüber den Alkalikalkgesteinen, sondern auch untereinander geltend, während die Hauptvertreter der Alkalikalkreihe einen auffallend gleichen, zwischen den Werten für die Alkalreihe in der Mitte liegenden Wert $Al = 3,5$ aufweisen. Bei den durch hohe Werte für F ausgezeichneten Gesteinen verwischen sich in dem SAIF-Verhältnis wieder die Unterschiede beider Sippen (S. 8—13).

Viel deutlicher zeigen sich die Unterschiede beider Sippen durch das AICAlk-Verhältnis — besser und

kürzer als durch Worte lassen sich die Verhältnisse durch die Dreiecksprojektion zur Anschauung bringen (Fig. 2). Die in der Figur unterstrichenen Namen bedeuten die von A. OSANN für Tiefengesteine und einige chemisch besonders ausgezeichnete Erguß- und Ganggesteine berechneten Mittelwerte; außerdem ist noch der Euktolith von Pian di Celle und der Noseanmelilithbasalt von Grabenstetten eingetragen. Für Granit und für Syenit sind aus Alkali- und Alkalikalkgesteinen gemeinsam die Mittel berechnet.

Die einzelnen Projektionspunkte ordnen sich, wie die Figur zeigt, zu Bögen, die durch Schraffierung hervorgehoben sind; der erste Bogen, rechts von der vom C-Pol aus gefällten Höhenlinie, umfaßt nur tonerdearme, alkalireiche atlantische Gesteine mit $Al < Alk$, in denen Al^2O^3 zum Teil durch Fe^2O^3 vertreten wird; der mittlere Bogen umfaßt die tonerdereicheren Alkaligesteine, und zwischen beiden liegen die Projektionspunkte für Ijolith, Leuzitit und Theralith. Der dritte, am weitesten nach links liegende Bogen umfaßt die Alkalikalkgesteine; die dem mittleren Bogen genäherte Lage des Syenitpunktes erklärt sich durch das Vorwiegen der Alkalisyenite über die Alkalikalksyenite (S. 14, 15, Taf. III).

Am schärfsten treten die Unterschiede zwischen atlantischer und pazifischer Sippe heraus, wenn man beide Verhältnisse gemeinsam betrachtet; schon bei den Graniten sind bei gleichem SAIF für die Alkaligesteine im $AlCAlk$ -Verhältnis die Werte von Alk stets höher, von C niedriger, die von Al gewöhnlich auch etwas niedriger als bei Alkalikalkgesteinen, und die gleiche Regel gilt für die basischen Glieder beider Reihen: oft ist sogar bei Gesteinen mit ähnlichem SAIF beim Alkaligestein des F höher und trotzdem das C niedriger als beim Alkalikalkgestein (S. 30—42). Auch diese Verhältnisse kommen besonders deutlich durch die Projektion zur Geltung, doch muß an dieser Stelle ein Abdruck der von OSANN berechneten Mittelwerte genügen. Für Granit und Syenit sind die beiden Reihen in der Tabelle 2 nicht getrennt; die für eine geringere Anzahl typischer Granite und Syenite aus beiden Reihen berechneten Werte, hier als Tabelle 1 aufgeführt, lassen zwar die Unterschiede zwischen Alkaligesteinen und Alkalikalkgesteinen erkennen, zeigen aber gleichzeitig, daß diese sauren Gesteine „schwache“ Vertreter ihrer Sippe sind.

Tabelle 1.

	Anzahl der Analysen	S	Al	F	Al	C	Alk
Saure Alkaligranite	13	26	2,5	1,5	14	1	15
Saure Alkalikalkgranite	26	26	3	1	15	2,5	12,5
Syenite (Alkalireihe)	51	22	4	4	13,5	5	11,5
Syenite (Alkalikalkreihe)	25	21,5	3,5	5	13	7	10

Tabelle 2.

	Anzahl der Analysen	S	Al	F	Al	C	Alk
Pantellerit	7	25	1,5	3,5	10	2,5	17,5
Granit	82	24,5	3	2,5	14,5	4	11,5
Syenit	76	22	3,5	4,5	13,5	5,5	11
Quarzdiorit	46	22	3,5	4,5	14	8	8
Nephelinsyenit	32	22	5	3	13,5	3	13,5
Orendit-Wyomingit	4	21	2,5	6,5	9,5	7,5	13
Urtit	3	20,5	7	2,5	13,5	1,5	15
Verit-Fortunit	2	20	2	8	12,5	6	11,5
Diorit	27	19,5	3,5	7	13,5	10	6,5
Anorthosit	14	19	5,5	5,5	14,5	10,5	5
Essexit-Shonkinit	46	18	3,5	8,5	12	10,5	7,5
Ijolith	7	18	4,5	7,5	10,5	9	10,5
Leuzitit	9	17,5	3,5	9	10,5	11	8,5
Jumillit	2	17	1,5	11,5	8,5	11,5	10
Gabbro I (saure Reihe)	32	17	3,5	9,5	12,5	13	4,5
Theralith	9	16,5	3	10,5	9	13,5	7,5
Leuzitbasalt	9	16	2,5	11,5	10,5	13,5	6
Pyroxenit-Hornblendit	12	14,5	0,5	15	5	24	1
Gabbro II (basische Reihe)	16	14,5	3,5	12	11,5	16,5	2
Ariëgit z. T. Issit und Al ₂ O ₃ -reicher Hornblendit	7	14	3	13	12,5	15	2,5
Nephelinbasalt	22	13,5	3	13,5	9,5	15,5	5
Peridotit	18	13	1	16	8	19,5	2,5
Mellithbasalt-Euktolith	6	12	2	16	6,5	19,5	4
Alnöit	5	11	2	17	7,5	18,5	4
Dunit	2	10,5	0	19,5	—	—	—

Ein durchaus anderes Ziel für ein System steckt sich die amerikanische Petrographenschule und sucht es auf neuen Wegen zu erreichen. Weder die Einzelheiten des Systems selbst, noch die eingeschlagenen Wege können auf dem in einem zusammenfassenden Aufsatz zur Verfügung stehenden Raum erschöpfend dargestellt werden — der Gegenstand selbst und die an ihn sich anknüpfenden Erörterungen würden vielleicht eine gesonderte Besprechung rechtfertigen — hier kann nur eine möglichst kurze Darstellung des Wesens und der Grundlagen der von W. CROSS, J. P. IDDINGS, L. V. PIRSSON und H. S. WASHINGTON ausgearbeiteten Quantitative Classification of Igneous Rocks (Journ. of Geol., 10, 1902, S. 550 ff. und erweitert in Buchform, Chicago 1903) versucht werden. Für einen ausführlichen Bericht sei auf das Referat des Verfassers im Zentralblatt für Mineralogie, 1903, S. 677—697 verwiesen; der erste Band von J. P. IDDINGS: Igneous Rocks enthält auf S. 394—449 einen Auszug aus dem Werk, der aber auch nicht ohne Verweise auf die Originalarbeit auskommen kann.

Die Verfasser gehen aus von dem Unterschied zwischen Petrologie, der Lehre von den Gesteinen im allgemeinsten Sinne, und

Petrographie, ihrem beschreibenden und ordnenden Teil. Sie verwerfen alle vorhandenen Systeme: die auf der Petrologie beruhenden, eine Annäherung an ein natürliches System erstrebenden, weil jeder derartige Versuch mit Hypothesen, ungerechtfertigten Verallgemeinerungen und nicht fest definierten Begriffen arbeiten muß, die künstlichen, petrographischen im engeren Sinne, weil die auf mineralogischer Grundlage aufgebauten qualitativ sind, während die älteren chemischen Systeme daran krankten, daß die Elemente oder Oxyde in den Gesteinen weder nach stöchiometrischen Verhältnissen vorhanden sind, noch in ihrem Verhältnis zueinander einheitlich zu ordnende Beziehungen aufweisen. Ihrem System, das ausschließlich „petrographisch“ (künstlich) sein soll, legen sie die chemische Zusammensetzung zugrunde, drücken diese aber mineralogisch aus, indem sie für jede Analyse in einer streng innegehaltenen Weise berechnen, welche Minerale aus einer von den Verfassern zusammengestellten Reihe (Standard Minerals), und in welchem Mengenverhältnis sich diese Minerale aus einem Schmelzfluß bilden würden, wenn die Ausscheidung entsprechend der von den Verfassern eingeschlagenen Rechnungsweise erfolgen würde. Die Verfasser nennen daher ihr System quantitative, chemico-mineralogical classification; in ihm hat jedes chemisch bekannte Gestein seine ganz bestimmte, von jeder Theorie oder jeder Willkür unabhängige Stelle.

Die Standardminerale zerfallen in zwei Gruppen: die erste, bestehend aus Quarz, Feldspaten und Feldspatvertretern nebst Zirkon und Korund, wird wegen der Vorherrschaft des Silicium und des Aluminium **salisch** genannt; in der zweiten, wegen der vorwiegenden Bedeutung des Ferrum und des Magnesium als **femisch** bezeichneten, finden sich wesentlich eisen- und magnesiumhaltige Silikate, Eisenoxyde, Titanate, Rutil, Apatit usw. Als Standardminerale unbrauchbar sind alle Minerale, die neben Aluminium Eisen oder Magnesia enthalten (alferrische Minerale: tonerdehaltige Augite und Hornblenden, Glimmer usw.); schon hieraus geht unmittelbar hervor, daß der quantitative mineralogische Ausdruck der chemischen Zusammensetzung, die Norm, von der tatsächlichen, mineralogischen Zusammensetzung, dem Modus, in sehr vielen Fällen durchgreifend abweichen muß. Stimmt der Modus mit der Norm überein, so bezeichnen ihn die Verfasser als **normativ**, im anderen Falle mit **abnormativ** — diese Ausdrücke dürfen natürlich nicht mit **normal** und **anormal** verwechselt werden (vgl. W. Cross, The Natural Classification of Igneous Rocks, Quart. Journ. Geol. Soc., 66, 1910, S. 496). Für die Liste der Standardminerale, ihre Zusammensetzung und die Berechnung der Norm aus der Analyse muß auf den Bericht im Zentralblatt, spez. S. 681 ff. verwiesen werden.

Nach dem Verhältnis der salischen (sal) und femischen (fem) Gruppe der Norm¹⁾ werden 5 Klassen unterschieden, je nachdem die eine oder die andere Gruppe bis fast zum Verschwinden der anderen unbedingt vorherrscht, oder überwiegt, oder beide in annähernd gleicher Menge vorhanden sind: Vorherrschaft wird (im ganzen System) durch das Präfix per, Überwiegen durch do ausgedrückt, bei Gleichgewicht werden die Namen der Gruppen vereinigt; die Klasse wird durch die Endung an (im Englischen ane) gekennzeichnet. Demnach heißen die 5 Klassen:

$$\begin{array}{ll}
 \text{I. } \frac{\text{sal}}{\text{fem}} > \frac{7}{1} & \text{Persalan} \\
 \text{II. } \frac{\text{sal}}{\text{fem}} < \frac{7}{1} > \frac{5}{3} & \text{Dosalan} \\
 \text{III. } \frac{\text{sal}}{\text{fem}} < \frac{5}{3} > \frac{3}{5} & \text{Salfeman} \\
 \text{IV. } \frac{\text{sal}}{\text{fem}} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7} & \text{Dofeman} \\
 \text{V. } \frac{\text{sal}}{\text{fem}} < \frac{1}{7} & \text{Perfeman}
 \end{array}$$

Nach dem gleichen Schema werden die niedrigeren Abteilungen des Systems konstruiert; die Klassen zerfallen in Ordnungen, Rangs (=Abteil) und Grads (=Fach), zu denen, wenn nötig, Unterklassen, Unterordnungen usw. sowie Sektionen jeder einzelnen Abteilung treten können.

Die Ordnungen der ersten drei Klassen werden zu je 5 nach dem Verhältnis $\frac{\text{Quarz (quar)}}{\text{Feldspat (fel)}}$ und $\frac{\text{Feldspatvertreter (len)}^2}{\text{Feldspat (fel)}}$ gebildet (im ganzen 9, da $\frac{\text{Quarz}}{\text{Feldspat}} < \frac{1}{7}$ und $\frac{\text{Feldspatvertreter}}{\text{Feldspat}} < \frac{1}{7}$ natürlich zusammenfallen); die Bezeichnungen sind entsprechend perquarisch, doquarisch, quarfelisch, quardofelisch, perfelisch usw. Die Ordnungen zerfallen in Rangs (Abteile) nach dem Verhältnis der in den Feldspaten und Feldspatvertretern vorhandenen Alkalimolekel zur Zahl der in diesen normativen Mineralen enthaltenen Kalkmolekel $\frac{\text{K}^2\text{O}' + \text{Na}^2\text{O}'}{\text{CaO}'}$ (Bezeichnungen peralkalisch, domalkalisch, alcali-

¹⁾ In einem Aufsatz: Modifications of the Quantitative System of Classification of Igneous Rocks (Journal of Geol., 20, 1912, S. 550ff.) wenden sich die Verfasser gegen die Anwendung der Worte salic und femic für die Summe der im Gestein tatsächlich (modal) vorhandenen farblosen resp. farbigen Minerale und schlagen hierfür die Bezeichnungen felsic und mafic vor; noch weniger berechtigt ist der Ersatz von „leukokrat“ und „melanokrat“ durch diese Worte salic und femic (S. 560, 561).

²⁾ Gebildet aus Leuzit und Nephelin.

calcisch usw.; Subrangs (Unterabteile) werden auf das Verhältnis $\frac{K^2O'}{Na^2O'}$ begründet. Die Grads (Fächer) beruhen auf dem Mengenverhältnis der normativen Standardminerale in der untergeordneten Abteilung, hier also der femischen Gruppe; bei Klasse I, wo femische Minerale verschwindend in der Norm auftreten, fallen sie fort. Selbstverständlich ist die Einteilung in Grads (Fächer) besonders wichtig in der III. Klasse (Salfeman) mit $\frac{sal}{fem} < \frac{5}{3} > \frac{3}{5}$, in der tatsächlich mehr femische als salische Minerale in der Norm auftreten können. Maßgebend ist das Verhältnis der normativen Pyroxene (P), Olivine (O) und Eisenerze (M), mit Einschluß von Rutil, Titanit usw., und zwar der Wert $\frac{P + O}{M}$; Sektionen sind charakterisiert durch das Verhältnis $\frac{P}{O}$. Für weitere Teilungen muß auf das Referat (S. 686) verwiesen werden.

Sinngemäß werden die Klassen IV und V in Ordnungen nach dem Verhältnis $\frac{P + O \text{ (pol)}}{M \text{ (mit)}}$, entstanden aus $\frac{\text{Pyroxen, Olivin}}{\text{Magnetit, Ilmenit, Titanit}}$ geteilt, die Abteile auf das in den femischen Mineralen vorhandene Verhältnis $\frac{(MgFe)O + CaO''}{K^2O'' + Na^2O''}$ begründet und den Fächern bei IV die Verhältnisse der salischen Gemengteile zugrunde gelegt. Weitere Angaben finden sich in dem Referat (S. 685 ff.).

Die Bezeichnung für die Magmagruppen, von den 5 großen Klassen abgesehen, enthält als Stamm einen geographischen Namen; die Ordnung wird durch die Endigung ar, das Abteil durch as, das Fach durch at bezeichnet, Unterordnungen enden auf or, Unterabteile auf os usw. (im Englischen enden diese Suffixe stets mit einem stummen e). So heißt beispielsweise in der Klasse II (Dosalan) die durch $\frac{Q}{F} < \frac{1}{7}$ charakterisierte fünfte perfelische Ordnung Germanar, ihr zweites Abteil (domalkalisch $\frac{K^2O + Na^2O}{CaO} < \frac{7}{1} > \frac{5}{3}$) Monzonas, deren viertes Unterabteil (dosodisch $\frac{K^2O}{Na^2O} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$) Akeros.

Falls die tatsächliche Zusammensetzung des Gesteins, der Modus, mit der Norm nicht übereinstimmt, werden die in der Norm nicht vorhandenen Minerale dem Namen vorangestellt; so wird der durch viel Hornblende und wenig Biotit charakterisierte normale Monzonit vom Monzoni, dessen chemische Zusammensetzung für das dritte, deswegen Monzonos genannte Unterabteil des Abteils Monzonas charakteristisch

ist, als Hornblende-Monzonos mit Biotit bezeichnet. Weitere Zusätze bezeichnen die strukturelle Ausbildung des Gesteins; so ist der besprochene Monzonit ein Hornblende-Grano-Monzonos mit Biotit, der Arso-Trachyt ein Phyro-Monzonos mit Olivin, der Glimmerbasalt von Santa Maria Basin (Arizona) ein Felsophyro-Biotit-Monzonos usw. Für alles Nähere vgl. auch hier wieder die Literatur (z. B. Referat S. 687—693).

Auch die Arbeiten A. MICHEL-LÉVY's, die sich an die „quantitative classification“ anschließen, können im Rahmen dieser Abhandlung nur kurz gestreift werden.

In einer Untersuchung: Contribution à l'étude des magmas chimiques dans les principales séries volcaniques françaises; application à la nouvelle classification quantitative américaine (Bull. des Serv. de la Carte Géologique de France, XIV, 1903, No. 92) zeigte er zunächst, wie man ohne Berechnung der Norm direkt von der Bausch-analyse aus mit genügender Sicherheit durch eine Rechnung, die der zur Konstruktion der bekannten MICHEL-LÉVY'schen Diagramme üblichen entspricht, für die drei ersten Klassen des Systems Ordnung, Abteil und Fach sehr einfach bestimmen kann. Ferner betont er, daß das amerikanische System im letzten Grunde auf den beiden von ihm aufgestellten Urmagmen beruhe; ihm liege zugrunde: „la scorie ferro-magnésienne, les produits de pénétration et de dissémination des fumerolles alcalines, alumineuses et siliceuses“ (S. 32).

Im weiteren Verlauf dieser Untersuchungen (das gleiche Bull., XV, 1903, No. 96) gelangt er ferner zur Aufstellung von „paramètres magmatiques“; später erblickt er in dem Umstand, daß diese für die Alkali-Tonerde-Silikate (und Quarz) [sal der Amerikaner, fumerolle nach MICHEL-LÉVY] und die farbigen Gemengteile (fem = scorie bei MICHEL-LÉVY) getrennt berechneten Parameter in einer ganzen Gesteinsserie ihren Wert behalten, während sich das Verhältnis sal : fem ändert, einen Beweis für die Richtigkeit der BUNSEN-DUROCHER-MICHEL-LÉVY'schen Mischungshypothese (Sur l'existence de paramètres capables de caractériser les magmas d'une famille de roches éruptives. Compt. rend. de l. Acad. des Sciences, 144, 1907, S. 598 ff.). Auf diesem Wege würde somit die rein „petrographische“, künstliche amerikanische Klassifikation doch wieder einen „petrologischen“ Inhalt bekommen.

Anhangsweise soll an dieser Stelle die auf rein arithmetischer Grundlage beruhende Classification of Igneous Rocks von H. WARTH (Proceed. Birmingham Nat. Hist. and Philos. Soc., 13, 1913, No. 1) erwähnt werden. Ausgangspunkt sind bei dem neueren System — ältere Versuche des Verfassers von 1906 und 1907 kommen

nicht in Betracht — die Analysenergebnisse in Molekularprozenten, aus denen für jede Analyse die Oxyde der dreiwertigen Elemente (mit T bezeichnet), die der zweiwertigen (D) und die der einwertigen (M) zusammengerechnet und aus ihnen 6 Konstanten D , $T + D$, $T + D + M$, $D + M$, $T + M$, M gebildet werden. Der Durchschnittswert D beträgt für die 1000 berechneten Analysen 17,83; alle Analysen mit einem kleinen Wert werden durch a, alle mit einem höheren Wert durch b bezeichnet. Für alle in eine Gruppe gehörenden Analysen wird sodann der Durchschnittswert $T + D$ berechnet und jede Gruppe in zwei Untergruppen zerlegt, diejenigen mit $T + D$ unter dem Durchschnittswerte werden wieder mit a, die mit größeren wieder mit b bezeichnet. Entsprechend wird jede auf diesem Wege gebildete Reihe nach dem Durchschnittswert der folgenden Konstante in zwei zerlegt, die immer als a oder b unterschieden werden, so daß schließlich 64 Abteilungen entstehen, von denen jede nur Magmen von sehr ähnlicher molekularer Zusammensetzung enthält; jede Abteilung wird kurz durch eine Formel ausgedrückt, in der jede der sechs Konstanten als a oder b bezeichnet wird. Mit Hilfe eines Diagramms, das die erforderlichen Durchschnittswerte enthält, kann jede Gesteinsanalyse unmittelbar in ihr „pigeon hole“ eingereiht werden.

In ausgesprochenem Gegensatz zu jedem künstlichen System erstrebt J. H. L. VOGT eine Klassifikation auf genetischer Grundlage, die er in den Gesetzen der physikalischen Chemie erblickt; da eine solche auch nach seiner Ansicht aus Mangel an genügenden Vorstudien noch nicht aufgestellt werden kann, soll hier nur kurz auf die bisher gefundenen Richtlinien hingewiesen werden. In Betracht kommen wesentlich VOGT's Abhandlungen: „Über anchi-eutektische und anchi-monomineralische¹⁾ Eruptivgesteine“, Norsk geologisk Tidsskrift, I, No. 2, Kristiania 1905 und Videnskabs-Selskabets Skrifter, I, Nr. 10, Kristiania 1908; hier wird die spätere ausführliche Abhandlung zugrunde gelegt. (Vgl. auch den diese Frage behandelnden Abschnitt in VOGT's Vortrag auf dem XI. internationalen Geologenkongreß in Stockholm [1910]: Über die Bedeutung der physikalischen Chemie für die Petrographie [Compte rendu, S. 947 ff., spez. S. 961 ff.] und eine Abhandlung in Quart. Journ. of Geol., 65, 1909, S. 81 ff.)

VOGT geht ebenso wie BRÖGGER und LOEWINSON-LESSING von dem Satze aus, „daß die Silikatschmelzlösungen als eine gegenseitige Lösung der bei der Kristallisation sich ausscheidenden Komponenten

¹⁾ anchi = *ἀγχι* beinahe, nicht ganz (1905, S. 4); die Bezeichnung „monotektisch“ wird vermieden, weil das Wort von LOEWINSON-LESSING schon in einem anderen Sinne verwendet worden ist.

aufzufassen sind“; dies folgt für ihn aus dem Nachweis, daß sich die Kristallisationsvorgänge in Silikatschmelzflüssen auf die für die Phasen flüssig: fest geltenden physikalisch-chemischen Gesetze zurückführen lassen (S. 3). Weiterhin legt er seinen Betrachtungen den „Fundamentalsatz“ BRÖGGER'S vom „Parallelismus der gewöhnlichen Kristallisationsfolge und der gewöhnlichen Differentiationsfolge“ zugrunde (S. 5), der „nicht nur für unabhängige Komponenten, sondern auch für Mischkristallkomponenten gelten muß“ (S. 15). Dies führt zu einer neuen Auffassung für die magmatische Differentiation: VOGT erblickt ihr Wesen „in einer Trennung zu Teilmagmen in den Richtungen 1. ab von, und 2. hin zu dem Eutektikum“ (S. 16). Für den Vorgang des Zerfalls und der Verfestigung eines Magmas ergeben sich hieraus eine Anzahl verschiedener Möglichkeiten: „aus einem und demselben Stammagma mögen somit, bei einem sehr weiten Verlauf der magmatischen Differentiation, mehrere anchi-eutektische und mehrere anchi-monomineralische Teilmagmen entstehen; und zwar dürften die ersteren in quantitativer Beziehung die letzteren stark überwiegen.

In überaus zahlreichen Fällen dürfte die Erstarrung der Magmen eingetreten sein, ehe die Differentiation ihr Maximum erreichte oder beinahe erreichte; wir bekommen hierdurch Zwischenstufen-Gesteine, unter denen jedoch einige jedenfalls eine Andeutung teils in anchi-eutektischer und teils in anchi-monomineralischer Richtung zeigen dürfen“ (S. 17).

Beispiele für anchi-monomineralische Gesteine sind: die magmatischen Erzaussonderungen (bestehend aus Eisenkies und anderen Sulfiden wie Magnetkies und Kupferkies, Korund, Spinell, Chromit, Ilmenit nebst Apatit), Peridotite, Pyroxenite und Anorthosite; von anchi-eutektischen Gesteinen werden besonders die durch das binäre Eutektikum $Or: Ab + An$ charakterisierten Gesteine, die „Syenite“, sowie die dem ternären Eutektikum $Qu: Or: Ab + An$ sich nähernden granitischen Gesteine (im weitesten Sinne, mit Einsehluß der chemisch nahestehenden Gang- und Deckengesteine) rechnerisch verfolgt, und schließlich wird auf eine dritte, sehr wichtige Gruppe, die „gabbroidalen“ Gesteine hingewiesen, von denen „die meisten sich um das Eutektikum zwischen Plagioklas und Mg, Fe- und Mg, Fe-Ca-Silikaten nebst Eisenerz herumgruppieren“ (S. 101). Die Berechnung des „ternären gabbroidalen Eutektikums“ (Plagioklas: Magnetit: Hypersthendiallag) findet sich in VOGT'S Abhandlung: *On Labradorite-Norite with Porphyritic Labradorite Crystals: a Contribution to the Study of the Gabbroidal Eutectic* (Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London, 65, 1909, S. 81 ff., spez. S. 94 ff.).

Ein Beispiel, wie sich auf dieser Grundlage in Zukunft vielleicht ein System aufbauen lassen wird, gibt VOGT am Schlusse seiner Abhandlung für die „intermediären und basischen, an Feldspat reichen Eruptivgesteine“; er unterscheidet vorläufig folgende Abteilungen (S. 103, 104):

„1. Die Anorthosite, nämlich anchi-monomineralische, an Or ganz arme Plagioklasgesteine (mit intermediären und basischen Plagioklasen);

2. die gabbroidalen Gesteine, nämlich jedenfalls zum wesentlichen Teil anchi-eutektische Gesteine, um das Eutektikum zwischen Plagioklas (Or-arm) und Mg, Fe- und Mg, Fe-Ca-Silikaten nebst Eisenerz gruppiert;

3. Plagioklas-Orthoklas-Gesteine, mit mehr Or als in den obigen Fällen, jedoch nicht mit so viel Or, wie es dem Or:Ab + An-Eutektikum entspricht, und dabei mit etwas Mg, Fe- oder Mg, Fe-Ca-Silikat usw.; unter dieser Kategorie gehen die Monzonite, ferner, wenn etwas Quarz vorhanden ist, die Quarz-Monzonite und Banatite;

4. Plagioklas-Orthoklas, bzw. Eutektfeldspat- (oder Anorthoklas-) Gesteine, mit Or und Ab + An genau oder annähernd in dem eutektischen Verhältnis; dabei etwas Eisenerz und Mg, Fe- oder Mg, Fe-Ca-Silikat, gelegentlich auch ein klein wenig entweder von Quarz oder von Nephelin (nebst Nosean usw.); zu dieser typisch anchi-eutektischen Gruppe gehören die Pulaskite, Nordmarkite, Larvikite usw. samt zahlreichen Augit-, Hornblende- und Glimmersyeniten, überhaupt die meisten Gesteine, die in früheren Tagen als Syenite bezeichnet wurden; der Sammelname Syenit möchte für diese anchi-eutektischen Tiefengesteine behalten werden;

5. ferner Gesteine mit etwas mehr Or als das Or:Ab + An-Eutektikum, nämlich unter den Tiefengesteinen die übrigens sehr spärlich vertretenen sogenannten Kali-Syenite, wo der Überschuß von Or über das Or:Ab + An-Eutektikum ziemlich gering ist;

6. zum Schluß sollte eine Gruppe mit ganz überwiegend Or neben wenig Ab + An folgen; wie oben (in der VOGT'schen Abhandlung) erörtert, scheinen Tiefengesteine von dieser Zusammensetzung gänzlich zu fehlen; dagegen finden sich einige, jedoch nur sehr seltene Gang- und Ergußgesteine von solcher Zusammensetzung“ (S. 103, 104).

Hinsichtlich der Vorstellungen über die von der Differentiation eingeschlagenen Wege schließen sich die 1911 von LOEWINSON-LESSING in seinem Aufsatz: *The Fundamental Problems of Petrogenesis, or the Origin of the Igneous Rocks* (Geol. Magazine, 58, S. 248 ff., 289 ff.) ausgesprochenen Anschauungen den VOGT'schen Ansichten bis zu einem gewissen Grade an; die Abhandlung selbst kann hier nur

insoweit berücksichtigt werden, als sie für Fragen der Systematik in Betracht kommt.

LOEWINSON-LESSING kehrt hier vollständig zu BUNSEN's beiden Urmagmen, dem normaltrachytischen und normalpyroxenischen zurück; er bezeichnet sie als das granitische und gabbroidale (basaltische) Urmagma, betrachtet sie als voneinander völlig unabhängig und betont den abweichenden Charakter seiner (und BUNSEN's) beiden Magmen gegenüber den beiden Magmen MICHEL-LÉVY's (vgl. oben S. 198 ff.), die er „more hypothetical“ nennt und die er als „somewhat indefinite and arbitrary“ (S. 256) bezeichnet. In scharfem Gegensatz zu BUNSEN spricht er jedoch den beiden Urmagmen Mischbarkeit ab; die Verschiedenheit der Eruptivgesteine erklärt er wesentlich durch Kristallisations- und magmatische Differentiation, die in den Urmagmen durch Assimilation angeregt wird und aus ihnen die eigentlichen Gesteinsmagmen hervorgehen läßt. Die Differentiation ihrerseits begünstigt in erster Linie die Entstehung eutektischer und monomineralischer Gesteine, da sie unter der Herrschaft der Entropie steht. Mischung verschiedener Magmen ist auf die Grenzzonen zwischen den durch Differentiation gebildeten Gesteinsmagmen beschränkt und führt zur Bildung hybrider Gesteine, wie A. HARKER derartige Gebilde genannt hat. Man hätte somit nach LOEWINSON-LESSING grundsätzlich drei Arten von Eruptivgesteinen nach der Natur der Magmen zu unterscheiden:

1. aus dem Urmagma direkt auskristallisierte Gesteine,
2. durch Differentiation entstandene Gesteine,
3. durch Mischung zweier Magmen gebildete Gesteine.

II. Die Einwirkung der chemischen Betrachtungsweise auf die petrographischen, auf mineralogischer und geologisch-genetischer Grundlage beruhenden Systeme.

Wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, ist trotz der gewaltigen, auf die Erforschung der chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine verwendeten Mühe die Zahl der ausgearbeiteten rein chemischen Systeme gering, und diese wenigen sind mehr oder minder Klassifikationen der Gesteinsmagmen und nicht der Gesteine; sie sind ferner fast immer ganz oder in erheblichen Teilen künstlich. Andererseits war vom Beginn der chemischen Betrachtungsweise an der Einfluß bedeutsam, den die chemische Auffassung der Gesteine auf alle Systeme ausgeübt hat, die gleichzeitig der mineralogischen Be-

schaffenheit und den geologisch-genetischen Verhältnissen Rechnung tragen wollten; erst durch diese Mitwirkung kann man bei ihnen von einem Streben nach einem natürlichen System sprechen. In dieser Hinsicht lassen sich drei Stufen unterscheiden: in der ersten wurde ein strenger Parallelismus der chemischen und der mineralogischen Zusammensetzung und eine direkte Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung von dem geologischen Alter angenommen, einer zweiten Gruppe drückte die Erkenntnis, daß weder ein so strenger Parallelismus noch eine Abhängigkeit vom Alter überhaupt besteht, ihren Stempel auf — die Folge ist trotz fortschreitender Erkenntnis zunächst ein Zurücktreten der chemischen Zusammensetzung für die Klassifikationsversuche; die dritte Gruppe entnimmt der zweiten das jetzt noch stärker betonte Bestreben, in der Bewertung der chemischen und der mineralogischen Zusammensetzung die für die Systematik erforderliche mittlere Linie innezuhalten, aus der chemischen Zusammensetzung aber die die Systematik mitbestimmenden geologisch-genetischen Beziehungen zu ermitteln. Die beiden ersten Gruppen sollen hier kurz behandelt werden; das Hauptgewicht liegt auf der dritten Gruppe.

Erste Gruppe.

Für H. ABICH'S mehrfach erwähnte Anschauungen genügt ein Hinweis auf die oben (S. 177 ff.) abgedruckte Stelle sowie auf die Bemerkungen im Ersten Teil (Diese Fortschritte, 3, S. 214, 215): er konnte noch glauben, wenigstens für die vulkanischen Gesteine, mit denen er sich allein beschäftigt hat, das einzig richtige System gefunden zu haben, da die Schwierigkeiten, die sich einer derartigen Aufgabe entgegenstellen, erst später durch die weiter fortschreitende und vertiefte Kenntnis vom Wesen der Gesteine den Forschern zum Bewußtsein kamen. Daher konnten sich aus den Anschauungen ABICH'S, ÉLIE DE BEAUMONT'S, SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN'S und BUNSEN'S nebeneinander und zunächst auf gleicher theoretischer Grundlage sowohl rein chemische Systeme, beispielsweise das von SCHEERER aufgestellte (vgl. oben S. 185 ff.), wie auch solche, die neben der chemischen Zusammensetzung den mineralogischen Aufbau und das geologische Alter zum Ausdruck bringen wollen, gleichzeitig entwickeln.

Das erste derartige System rührt von DUROCHER her — und hierin liegt neben der Einführung der Liqutation wohl in erster Linie sein Verdienst um die petrographische Systematik. Die Haupt-

DUROCHER'S Systematische Übersicht der Eruptivgesteine.

Grandes Divisions en rapport avec l'âge des roches ignées ¹⁾ .	Différences de types tenant à la texture plus ou moins cristalline.	1 ^{re} Série. Roches acides ou siliceuses, Riches en silice et en alcali, pauvres en bases terreuses et en oxyde de fer. Groupe granito-trachytique, Contenant de l'orthose, comme élément essentiel, avec du quartz, du mica et un peu de feldspath du 6 ^e système (oligoclase ou albite).	Série Intermédiaire. Roches hybrides, Empruntant leurs éléments aux deux magmas et offrant un passage entre les roches de la 1 ^{re} et de la 2 ^e série. Groupe syénitique, Contenant des minéraux des deux autres groupes.	2 ^e Série. Roches basiques, Riches en chaux, en magnésie et en oxyde de fer. Groupe amphibolico-pyroxénifère, Composé essentiellement d'un feldspath du 6 ^e système (sodicifère) avec de l'amphibole ou du pyroxène, ou un silicate magnésien.
Roches anciennes ou paléopyres. (Périodes primitive et paléozoïque).	Types cristallins. Types porphyriques et aphaniques.	Granite. Dérivations du granite. { Pegmatite. Leptynite. Hyalomite. Eurites ou porphyres feldspathiques, quartzifères et micacés. Pétrosilex et pechsteins.	Syénite. Porphyres syénitiques, présentant un peu d'amphibole, avec prédominance d'éléments feldspathiques. Pétrosilex à teinte foncée ou corréennes.	Diorite ou diabase. Kersanton. { Diorite offrant une substitution de mica ferromagnésifère à l'amphibole. Porphyres dioritiques et ouraliques. Porphyres kersantiques, Aphanites.
Roches d'un âge intermédiaire ou mésopyres (période secondaire).	Roches plus ou moins riches en magnésie. Types cristallins. Types porphyriques et aphaniques.	Protogynes communes (granites avec un peu de talc). Idem porphyriques. Pétrosilex talcifères.	Protogynes très-riches en talc. Syénites diallagiques et hypersthéniques, avec prédominance d'éléments feldspathiques. Idem porphyriques. Idem compactes.	Euphotides } plus ou moins riches en { diallage. hypersthène. Hypérites } Id. porphyriques et trappéennes. Variolithes ou euphotides compactes. Serpentines.

Roches d'un âge intermédiaire ou mésopyres (période secondaire).	Roches médiocrement riches en magnésie.	Types cristallins.	Granites des terrains secondaires.	Syérites des terrains secondaires.	Diorites, ophites et roches à base d'ouralite. Trapps doléritiques.
		Types porphyriques et aphaniques.	Porphyres feldspathiques. Pétrosilex et pechsteins.	Porphyres syénitiques avec passage aux porphyres ophitiques et aux mélaphyres.	Porphyres ophitiques. Mélaphyres et splites. Trapps subcompactes.
Roches modernes ou néopyres, appartenant en général	à la période tertiaire.	Types cristallins.	Trachytes granitoïdes, pauvres en amphibole et en pyroxène.	Variétés de trachytes riches en amphibole ou pyroxène. (Trachy-dolérites d'Abich, correspondant à la syénite.)	Dolérites et roches pyroxéniques à grains cristallins.
		Types porphyriques, aphaniques et vitreux.	Idem porphyriques. Domites. Phonolithes. Rétinites, perlites, obsidiennes, ponces.	Idem porphyriques. Perlites. Pechsteins ferro-calcifères.	Basanites ou porphyres basaltiques. Basaltes compactes et vitreux.
	à la période quaternaire et à l'époque actuelle.	Types cristallins.	Laves trachytiques, contenant avec le feldspath vitreux, peu de pyroxène ou d'amphibole.	Laves trachy-doléritiques contenant, avec le feldspath vitreux, du pyroxène ou de l'amphibole.	Laves doléritiques, Laves leucito-augitiques, et laves pyroxéniques en général.
		Types porphyriques, aphaniques et vitreux.	Porphyres avec feldspath vitreux. Obsidiennes. Ponces	Idem à l'état porphyrique. Idem à l'état compacte ou vitreux. Obsidiennes et ponces ferro-calcifères.	Idem porphyriques. Idem à l'état compacte ou vitreux.

¹⁾ Les divisions chronologiques des roches ignées ne peuvent avoir un caractère absolu; car, pendant la période secondaire, il a encore surgi des roches ignées qui ressemblaient par leurs caractères minéralogiques aux espèces de la section paléopyrique; et réciproquement pendant les périodes primitive et paléozoïque, il y avait déjà quelques éruptions dont les produits commençaient à effectuer les caractères des types de la section mésopyrique. Les roches mésopyres et néopyres, envisagées sous le point de vue chronologique, donneraient lieu à la même remarque.

einteilung erfolgt auf chemischer Grundlage in Roches acides, hybrides und basiques; für die Roches acides und basiques werden charakteristische Mineralbestände angegeben, die in den Roches hybrides vereinigt auftreten. Eine weitere Dreiteilung erfolgt nach dem geologischen Alter — in der Aufstellung von chemischen Unterschieden verschiedenalteriger Gesteine der gleichen Reihe ist DUROCHER wenig glücklich — und schließlich werden die nach chemischer Zusammensetzung und Alter zusammengehörigen Gesteine wieder nach ihrer Struktur in zwei Gruppen unterschieden, die Types cristallins und die Types porphyriques, aphaniques et vitreux, die ungefähr der structure granitoïde und der structure trachytoïde FOUQUÉ's und MICHEL-LÉVY's entsprechen (Erster Teil, diese Fortschr., Bd. 3, S. 207). Die Verteilung der Gesteine auf die einzelnen Abteilungen ist am besten und kürzesten aus der auf S. 228 und 229 abgedruckten Tabelle selbst ersichtlich, DUROCHER's Essai de pétrologie comparée von 1857 entnommen (Ann. des mines, série 5, XI, S. 258, 259).

Von den deutschen Systemen, die sich an DUROCHER anlehnen, kommt in erster Linie „die tabellarische Übersicht der gemengten kristallinischen Massengesteine“ von F. v. HOCHSTETTER aus dem Jahre 1864 in Betracht. Statt der DUROCHER'schen Dreiteilung führt er vom chemischen wie vom Standpunkt des geologischen Alters eine Vierteilung ein: er löst die Gruppe des Roches hybrides auf und teilt dafür die „sauren Gemenge“ und die „basischen Gemenge“ je in zwei Teile; gleichzeitig unterscheidet er nach dem geologischen Alter eine vierte Stufe, die vulkanische Reihe der anthropozoischen Periode.

In den Bemerkungen, mit denen F. v. HOCHSTETTER den Abdruck der Tabelle im Neuen Jahrbuch begleitet (1864, S. 695 ff.), betont er, daß neben DUROCHER F. v. RICHTHOFEN's Ansichten für die Aufstellung maßgebend waren; die Tabelle selbst ist so charakteristisch, daß sie hier wenigstens im Schema folgen soll (S. 231).

Die Grenze zwischen sauren und basischen Gesteinen tritt in F. v. HOCHSTETTER's Tabelle wohl nur durch eine typographisch nicht glückliche Gestaltung viel schärfer heraus, als es der Absicht des Verfassers entspricht: die Grenze läuft mitten durch die hybriden Gesteine DUROCHER's, obwohl HOCHSTETTER offenbar auf dem Reihenstandpunkt steht, wie das Fehlen jeder Grenze in der „Trachytgruppe“ und der Gruppe der „trachytischen Laven“ zeigt. Im Gegensatz hierzu ist eine derartige Zweiteilung tatsächlich bei B. v. COTTA ein Grundzug seines Systems von 1862, das im Ersten Teil (diese Fortschritte 3, S. 203 ff.) entwickelt wurde. Er teilt seine auf petrogenetischer Grundlage aufgebauten Hauptgruppen Plutonite (= Tiefengesteine ohne Unterschied der chemischen Zusammensetzung, nicht ident mit SCHEERER's Plutoniten, die auf den angenommenen

Tabellarische Übersicht der gemengten kristallinen Massengesteine (nach F. v. HOCHSTETTER).

	Saure oder kieselerdereiche Gemenge. (Normaltrachytische Gesteine, BUNSEN) Plutonite, SCHEERER Pluto-Vulkanite, SCHEERER		Basische oder kieselerdearme Gemenge. Trappgesteine (Normalpyroxenische Gesteine, BUNSEN) Vulkanite, SCHEERER		
Geologisches Alter.	I. Alt-plutonische Reihe der paläozoischen Periode.	A. Granitgruppe. 1. Granit. 2. Syenit.		B. Grünsteingruppe. 3. Diorit. 4. Diabas.	
	II. Mittel-plutonische Reihe der mesozoischen Periode.	C. Porphyrgruppe. 5. Quarzporphyr. 6. Porphyrit.		D. Melaphyrgruppe. 7. Melaphyr. 8. Augitporphyr.	
	III. Neu-plutonische Reihe der känozoischen Periode.	E. Trachytgruppe. 9. Quarztrachyt. 10. Trachyt. 11. Andesit.			F. Basaltgruppe. 12. Basalt.
	IV. Vulkanische Reihe der anthropozoischen Periode.	G. Trachytische Laven. 13. Rhyolith. 14. Trachylava. 15. Andesitlava.			H. Basaltlaven. 16. Basaltlava.
Eigenschaften.	Mineralogische Zusammensetzung: die wesentlichen Gemengteile.	Quarz.	Quarz zum Teil.		Kein Quarz.
		Kali-Feldspath, Orthoklas, Sanidin.		Kalk-Feldspath: Anorthit, Labrador.	
		Natron-Feldspath: Andesin, Oligoklas.			
		Glimmer.	Hornblende.		Augit.
Spez. Gewicht	2,5—2,7; Glas 2,3—2,4.		2,7—3,2; Glas 2,7.		
Farbe	licht, häufig rötlich		dunkel		
Struktur	makro- und mikrokristallinisch, häufig glasig, selten krypto-kristallinisch		häufig krypto-kristallinisch und mandelsteinartig		
Chemische Zusammensetzung.	SiO ₂ = 80—60 Al ₂ O ₃ = 8—16 FeO } = 0,5—4 Fe ₂ O ₃ }	K ² O = 6—3 Na ² O = 1—5 CaO = 0,5—2 MgO = 0,5—2	SiO ₂ = 60—45 Al ₂ O ₃ = 10—20 FeO } = 7—20 Fe ₂ O ₃ }	K ² O = 3—0,5 Na ² O = 6—1 CaO = 2—12 MgO = 2—12	

Parallelismus zwischen Alter und chemischer Zusammensetzung der Magmen begründet wurden) und die Vulkanite (= Ergußgesteine) in Acidite und Basite und gelangt somit zu folgendem Schema, das hier in der Gestalt wiedergegeben werden soll, die ihm v. COTTA noch 1872 gab (Die Geologie der Gegenwart, 3. Aufl., S. 37).

Vulkanite	{	basische, z. B. Basalt acide, z. B. Trachyt
Plutonite	{	basische, z. B. Syenit, Grünsteine acide, z. B. Granit.

Allerdings fügt er hinzu: „Scharfe Grenzen sind aber zwischen allen diesen Gruppen nicht vorhanden, und wir können das ganze Schema ebensogut so stellen:

Basite	{	vulkanische plutonische
Acidite	{	vulkanische plutonische.“

Aber gerade diese Umstellung läßt die Bedeutung der chemischen Zweiteilung noch stärker hervortreten, die auch tatsächlich der systematischen Besprechung der einzelnen Gesteine zugrunde gelegt wird.

Zu welchen Unzuträglichkeiten diese Abgrenzung nach der chemischen Zusammensetzung führt, zeigt der Umstand, daß sich alle Syenite und die nephelinsyenitischen Gesteine unter den Basiten finden (S. 52 ff.), während nicht nur Trachyt, sondern auch alle Andesite, Trachydolesite und Phonolithe ihren Platz bei den Aciditen haben (S. 53 ff.). Derartige Mißgriffe in der chemischen und mineralogischen Auffassung der Gesteine machen es erklärlich, wie im Ersten Teil ausgeführt wurde, daß der theoretisch so bedeutsame petrogenetisch-systematische Versuch B. v. COTTA's nicht die ihm gebührende Beachtung finden konnte; daß sie trotz der seiner Zeit vorauseilenden petrogenetischen Anschauungen v. COTTA's sich so scharf geltend machen konnten, bewies die Unmöglichkeit, die damals gewonnenen Erfahrungen über die Chemie der Gesteine als einzige oder auch nur als mitbestimmende Grundlage für ein System zu verwenden. Die Folge dieser Erkenntnis war eine starke Minderung des Einflusses der chemischen Verhältnisse auf die Systematik, teilweise sogar ein Verzicht auf die direkte Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der Gesteine bei dem Aufbau eines Systems, Erscheinungen, die für die Klassifikationsversuche der zweiten Gruppe charakteristisch sind.

Zweite Gruppe.

Der Ausgangspunkt des Umschwunges in der klassifikatorischen Bewertung der chemischen Zusammensetzung für die Systematik war

die Feststellung J. ROTH's in der Einleitung zu seinen „Gesteins-Analysen“ von 1861 (vgl. oben S. 182 ff.), „daß in der chemischen Zusammensetzung mancher Gesteine, die nach mineralogischer Auffassung in denselben Rahmen gefaßt wurden“, erhebliche Abweichungen vorkommen (S. XXII), während andererseits mineralogisch ganz verschiedene Gesteine in dieselbe chemische Gruppe gehören würden, „denn feurig-flüssige Massen von gleicher oder sehr nahe gleicher chemischer Zusammensetzung können in verschiedene Mineralien auseinanderfallen“ (S. XXI). Hieraus folgt, daß also „chemische Reihung und mineralogische Anordnung nie zusammenfallen“ (S. XXIV), und somit die Unmöglichkeit, ein System auf chemischer Grundlage aufzubauen. Im Laufe der Jahre verschärft sich bei J. ROTH der Widerstand gegen die chemische Zusammensetzung als Klassifikationsprinzip. In seinem Werke „Allgemeine und chemische Geologie“ betont er in Bd. II (1887), daß man auch den Sauerstoffquotienten „nur zur Vergleichung von Analysen benutzen darf, welche Gesteine von gleicher mineralogischer Zusammensetzung betreffen“ (S. 64) — gemeint sind natürlich mineralogisch qualitativ gleiche Gesteine — und legt besonders Gewicht auf die Tatsache: „Eine aus Schmelzfluß erstarrende Masse kann in ganz verschiedene Mineralien auseinanderfallen, so daß bei chemischer Gleichheit die mineralogische Beschaffenheit ganz verschieden ist“ (S. 65, 66). Noch in seiner letzten Arbeit von 1891 „Die Einteilung und die chemische Beschaffenheit der Eruptivgesteine“ (Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., 43, S. 1 ff.) hält er gerade diesen Satz mit großer Bestimmtheit gegen ROSENBUSCH aufrecht (S. 7 ff.).

Die Folge dieser Auffassung sind Systeme, die in erster Linie die mineralogische Zusammensetzung und besonders die Rolle der Feldspate und Feldspatvertreter, ferner des Quarzes, resp. das Fehlen eines oder mehrerer Komponenten im Gestein berücksichtigen und daneben andere Eigenschaften, das geologische Alter, die Entstehungsweise und die Struktur mit wechselnder Bewertung zugrunde legen. Hierhin gehören die Entwürfe von J. ROTH 1861 und 1887, von F. ZIRKEL 1866 und 1893, von FOUQUÉ und MICHEL-LÉVY 1879, von ROSENBUSCH 1882 und (für die Weiterentwicklung besonders wichtig) 1887, die sämtlich im Ersten Teil dieser Abhandlung besprochen wurden; auch das von H. TEALL in seiner *British Petrography* (London 1888) angewendete System und der von dem französischen Komitee für Petrographie im Jahre 1900 dem Internationalen Geologenkongreß vorgelegte Entwurf gehört in diese Gruppe. Bei einem Teil dieser hier zusammengefaßten Systeme — es sind diejenigen, die alle Gesteine in die drei Gruppen: Orthoklasgesteine, Plagioklasgesteine, Feldspatfreie Gesteine zwingen — hat von allen chemischen Eigenschaften stets, bewußt oder unbewußt, der Kieselsäuregehalt

mitgewirkt, bisweilen in Verbindung mit den aus der BUNSEN'schen Mischungstheorie übernommenen Beziehungen zwischen der Höhe des SiO_2 und der Alkalien einerseits, der zweiwertigen Metalle andererseits: die Schwäche dieser Systeme bekundet sich daher regelmäßig am deutlichsten in der Stellung, die sie den Nephelinsyeniten und den basischen Leuzit- und Nephelingesteinen anweisen. In chemischer Hinsicht sind diese Versuche von den Anschauungen der „Säure-Systematiker“ abhängig, wie H. O. LANG, allerdings mit ungerechtfertigter Verallgemeinerung, die Urheber aller seinem Vorschlage vorangegangenen chemischen Systeme nannte (Min. Petr. Mitt., 12, 1891, S. 199).

Ein anderer Teil der hier zusammengefaßten Systeme verzichtete auf eine Anordnung der Gesteine nach den drei erwähnten, auf den Feldspat begründeten Hauptgruppen und stellte die wichtigsten Gesteinsfamilien nebeneinander unter Berücksichtigung der mineralischen Komponenten und ihrer Vergesellschaftung nach ihrem chemischen Wert; sie drückten somit die chemische Zusammensetzung nach Möglichkeit auch in der mineralogisch-strukturellen Reihung aus. Hierhin gehört beispielsweise ROSENBUSCH's Tabelle von 1882 (vgl. Erster Teil, S. 208), die Orthoklasgesteine (mit und ohne Quarz), Orthoklas-Nephelin- resp. -Leuzitgesteine, Plagioklasgesteine, Plagioklas-Nephelin- resp. -Leuzitgesteine, Nephelin- und Leuzitgesteine, Olivinegesteine unterscheidet; in der von H. TEALL gegebenen Einteilung (British Petrography, S. 70 ff.) tritt sogar, obwohl TEALL eine Einteilung nach chemischen Grundsätzen ausdrücklich ablehnt, die Reihe der Alkaligesteine in ihren Hauptgliedern dadurch deutlich hervor, daß er die durch Feldspatvertreter charakterisierten Gesteine, ganz gleich, ob sie Alkalifeldspat oder Plagioklas führen oder feldspatfrei sind, zu einer Gruppe zusammenfaßt und sie den Orthoklasgesteinen, Plagioklasgesteinen und Olivin-Pyroxengesteinen gegenüberstellt. Die gleiche Tendenz lassen auch die Propositions du Comité français erkennen, die der Ausschuß der französischen Petrographen 1889 der Commission Internationale de Nomenclature des Roches vorlegte (abgedruckt in *Compte rendu de la VIII^e Session du Congrès Géologique Internationale 1900, I, S. 246 ff.*). Die Anordnung scheint zwar ausschließlich auf die mineralogische Zusammensetzung und Struktur gegründet, aber in der ersten Klasse, den Roches à Feldspaths werden die Gruppen der Roches à feldspaths sans feldspathides von den roches à feldspaths et feldspathides scharf getrennt und erst diese beiden Gruppen nach der Natur des Feldspats weiter gegliedert; auch die zweite Klasse, die roches sans feldspaths mais à feldspathides ou verre alcalin ist chemisch gut begrenzt, da sie nur Glieder der Alkalireihe umfaßt, und die dritte Klasse mit ihren roches sans éléments blancs

entspricht MICHEL-LÉVY's magmas ferro-magnésiens und somit der scorie universelle.

Überhaupt macht sich in den Verhandlungen der internationalen Kommission von 1899 die wieder zunehmende Bedeutung der chemischen Zusammensetzung geltend. Es wurde zwar der russische Vorschlag: „La caractéristique des grandes groupes (p. ex. des familles) doit se baser sur la composition chimique et minéralogique“ (l. c., S. 217) nicht angenommen, aber die Form, der die Kommission zustimmte: „La caractéristique des grandes groupes (par ex. des familles) doit se baser sur la composition minéralogique appuyée sur la composition chimique et la structure“ (S. 244), gibt der chemischen Zusammensetzung eine höhere Bedeutung für die Klassifikation und fand nur bei denjenigen Kommissionsmitgliedern Widerspruch, die die chemischen Verhältnisse in erster Linie oder nahezu ausschließlich berücksichtigen wollten (S. 243). Der Umschwung knüpft sich an die neuen Auffassungen von den chemischen Beziehungen der Magmen zueinander und ist mithin eine Folge der Untersuchungen über das Wesen des Ganggefolges der Tiefengesteine; die Ganggesteine sind tatsächlich „zu Eck- und Grundsteinen des Baues der petrographischen Systematik“ geworden.

Dritte Gruppe.

Die Zahl der in diese dritte Gruppe einzureihenden Systeme ist nicht groß; auch sind ihre Unterschiede gegenüber den hier als zweite Gruppe zusammengefaßten Klassifikationen bei einer oberflächlichen Betrachtung nicht immer sehr auffallend. Die ausschließlich chemischen Systeme, die alle Eigenschaften der verfestigten Gesteine ausschalten und nur die chemische Zusammensetzung berücksichtigen, mithin Klassifikationen der Gesteinsmagmen sind, wurden schon früher besprochen (LOEWINSON-LESSING, MICHEL-LÉVY, die Amerikaner usw.); ferner konnten einige chemische Grundanschauungen, die chemische und mineralogische, teilweise auch strukturelle Eigenschaften gemeinsam zum Ausdruck bringen sollen, wie die VOGT'sche Einteilung in anchi-monomineralische und anchi-eutektische Gesteine, zu einem allgemeinen System noch nicht ausgearbeitet werden und scheinen eine solche Durchführung zunächst wohl noch nicht zu gestatten, stellen also nur erste Schritte auf einem neuen Wege dar. Andererseits erscheinen die wirklich durchgeführten Systeme den vorangegangenen ähnlich, weil sie wie diese auch die mineralogische Zusammensetzung, die Struktur und die geologisch-genetischen Verhältnisse neben den chemischen Eigenschaften der Einteilung zugrunde legen; sie schließen sich somit besonders an ROSENBUSCH's System von 1887 und die soeben geschilderte Wiedereinführung chemischer Anschauungen in die mineralogisch-strukturellen Klassifikationen an.

Wie eng aber im Gegensatz zu allen früheren Systemen tatsächlich bei der neuen Systematik chemische und mineralogische Zusammensetzung innerhalb der geologisch zusammengehörenden Hauptgruppen zusammenwirken, zeigt ein Blick auf BRÖGGER'S Einteilung der diaschisten Ganggesteine, die ihrerseits auf geologisch-genetische (Ganggestein) und chemische Verhältnisse (diaschist) begründet ist.

Die ROSENBUSCH'Schen Bezeichnungen „aplitisch“ und „lamprophyrisch“ ersetzt BRÖGGER durch die Worte leukokrat und melanokrat, drückt also den chemischen Unterschied durch die charakteristische Färbung der vorwaltenden mineralischen Komponenten aus. Die weitere Einteilung erfolgt auf chemischer Grundlage, doch findet die chemische Zusammensetzung ihren eindeutigen Ausdruck in dem mineralogischen Aufbau. So werden die leukokraten Ganggesteine weiter zerlegt in oxyplete¹⁾ mit $\text{SiO}_2 \geq 6\text{R}^2\text{O}$ (nach Quotientzahlen), die mithin wesentlich Feldspate oder Feldspat und Quarz enthalten, und in solche mit niedrigerem SiO_2 -Gehalt, die entweder natrioplet (mit Nephelin) oder kalioplet (mit Leuzit) sind. [Auf den Unterschied zwischen den oxypleten-diaschisten Ganggesteinen BRÖGGER'S und den „Oxyphyren“ L. V. PIRSSON'S (Complementary Rocks and Radial Dykes, Amer. Journ. of Sc., 150, S. 116 ff., spez. S. 118, 1895) kann hier nicht näher eingegangen werden.]

Die melanokraten Ganggesteine zerfallen entsprechend in alkaliplete mit herrschendem Alkalifeldspat ($\text{R}^2\text{O} \geq \text{CaO}$) und calcioplete mit Plagioklas ($\text{CaO} > \text{Na}^2\text{O} + \text{K}^2\text{O}$); an (Fe, Mg)-Verbindungen besonders reiche Glieder der melanokraten Reihe werden als ferroplet bezeichnet. (Das Gangfolge des Laurdalits, Videnskabselskabets Skrifter, I, 1897, No. 6, S. 262—267, Kristiania 1898.)

Eine derartige Wirkung macht sich aber nicht nur etwa bei neuen Gruppen, wie es die Ganggesteine sind, geltend; auch die Abgrenzung der alten Familien wird glücklich beeinflusst. Dies zeigt sich sehr deutlich bei den Erwägungen, die BRÖGGER für die Definition der Diorite sowie für die Begründung der Monzonite anstellt.

Die Namen für die größeren Gesteinsgruppen, Granite, Syenite, Nephelinsyenite, Diorite, Gabbros usw., sollen nach BRÖGGER Namen höherer Ordnung, aber nicht „Sacknamen“ sein; es müssen daher aus der Dioritfamilie zunächst alle Gesteine entfernt werden, die bei einem Aufbau aus Plagioklas und primärer Hornblende kieselsäurearm sind, die Hornblendegabbros, sowie die Gabbrogesteine, deren Hornblende sekundär ist und die daher als Uralitgabbros bezeichnet werden. (Die Gesteine der Grorudit-Tinguaitserie, S. 93—96.) Andererseits

¹⁾ Da die Endigung von $\pi\lambda\eta\theta\omicron\varsigma$ genommen ist, wäre die Schreibweise oxypleth wohl vorzuziehen.

gehören Gesteine, die sich von den hornblendeführenden Dioriten nur durch ihren Augitgehalt unterscheiden, sowie entsprechende, durch rhombischen Pyroxen charakterisierte Gesteine, die bisher den Noriten und somit der Gabbrofamilie zugerechnet wurden, zu der Dioritfamilie. (Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo, Skrifter udgivne af Videnskabselskabet i Christiania, I, 1895, No. 7, S. 36 ff.); BRÖGGER definiert daher „die Diorite als ‚mittelsaure abyssische‘, eugranitisch struierte, primäre Eruptivgesteine mit vorherrschender Zusammensetzung von Plagioklas und Hornblende-, Glimmer- oder Pyroxenmineralien“ (S. 35).

Die Monzonite charakterisiert er mineralogisch dadurch, „daß sie weder zu den Orthoklasgesteinen noch zu den Plagioklasgesteinen, sondern zu einer Übergangsgruppe oder Zwischengruppe zwischen beiden gehören, sie sind eben **Orthoklas-Plagioklasgesteine**“ (S. 21); den Beweis für ihre Mittelstellung liefert die chemische Natur dieser Gebilde. In ihrem Kalkgehalt stimmen sie nahe mit den Dioriten überein, ebenso in ihrem Natrongehalt, dagegen ist ihr Kaligehalt bedeutend größer und erreicht den entsprechenden Wert der Natronsyenite, während der Natrongehalt geringer ist, als bei diesen Gesteinen (S. 41).

Unter den zur dritten Gruppe vereinigten teils ausgeführten, teils angedeuteten Systemen macht sich ein charakteristischer Unterschied geltend, je nachdem das System allgemein gelten soll, also sich auf den Verhältnissen aller Eruptivgesteine aufbaut, oder mehr oder weniger aus der Untersuchung einer geologischen Einheit, einer petrographischen Provinz (oder mehrerer, sich nahestehender) hervorgegangen ist und in erster Linie für das Studium ähnlicher Provinzen verwendet werden soll. Der Unterschied zwischen beiden systematischen Betrachtungsweisen zeigt sich am besten in der verschiedenen Bedeutung, die BRÖGGER seinen Begriffen „Gesteinsfamilie“ und „Gesteinsserie“ zuweist.

Der Begriff „Gesteinsfamilie“ gehört in ein allgemein gültiges System; im Gegensatz zu den meisten anderen Systematikern dehnt BRÖGGER ihn aus auf alle Erscheinungsformen irgend eines Magmas samt dessen Struktur- und Konstitutionsfazies. In seinem mehrfach erwähnten Werke von 1894, „die Gesteine der Grorudit-Tinguaitserie“, spricht er von der Möglichkeit, „den verschiedenen Gesteinsfamilien in erster Linie eine chemische Begrenzung“ zu geben, und führt in Anschluß daran aus: „Die Granitfamilie z. B. umfaßt bei derartiger Begrenzung alle massigen Gesteine mit der chemischen Zusammensetzung der Granite, also Tiefengesteine wie Porphyrg Granite, eugranitische Granite usw. hypabyssische Gesteine und Grenzfaciesbildungen wie a) aschiste Gesteine: Granitporphyre,

Quarzporphyre, Granophyre, Pechsteine usw.; b) diaschiste Gesteine: Durbachite, Minetten, Aplite usw.: superfusive Gesteine, wie Liparite, Obsidiane, Schlacken, Bimsteine, Liparittuffe usw.; sie sind alle nur Faziesbildungen (zentrale abyssische und peripherisch abyssische Fazies, zentrale hypabyssische und peripherisch hypabyssische Fazies, zentrale superfusive und peripherisch superfusive Fazies usw.) einer innerhalb gewisser Grenzen der Hauptsache nach chemisch gleichartig zusammengesetzten granitischen Magmamischung. Ganz analog kann auch eine Syenitfamilie, eine Nephelinsyenitfamilie, eine Quarzdioritfamilie, eine Dioritfamilie, eine Gabbrofamilie, eine Theralithfamilie, eine Peridotitfamilie usw. unterschieden werden. Extreme Glieder rechne ich zu derjenigen Familie, aus deren chemischer Mischung sie durch lokale lakkolithische Differentiation entstanden sind; so rechne ich z. B. Harzburgite und verschiedene andere olivinreiche Gesteine als Glieder der Gabbrofamilie, die Saxonite (in meinem Sinne) dagegen zur Peridotitfamilie, ebenso die Hornblendite, die Pyroxenite, die Anorthosite usw. zur Gabbrofamilie, die Websterite dagegen nicht usw.“ (S. 177, 178) [vgl. hierzu die auf S. 212 erwähnte Gliederung der Kristianiagesteine von 1906].

Die Glieder einer BRÖGGER'schen Gesteinsserie (vgl. oben S. 210 ff.) können hingegen verschiedenen Gesteinsfamilien angehören, eine Gesteinsserie „verbindet die verschiedenen Familien miteinander“ (S. 178); die Serien sind mithin charakteristisch für bestimmte Gebiete und kommen zunächst bei der systematischen Behandlung einer geologischen Einheit, einer petrographischen Provinz, zur Geltung, während die Familien, auch in der ihnen von BRÖGGER zugewiesenen Bedeutung, die Glieder eines allgemeinen Systems sind.

Es können jedoch die Gesteinsserien, wie überhaupt die bei der Spezialbehandlung begrenzter Gebiete aufgefundenen systematischen Beziehungen auch für andere Gebiete Bedeutung erlangen; in den oft erwähnten BRÖGGER'schen Abhandlungen (Kristianiagebiet, Predazzo), in den Untersuchungen MICHEL-LÉVY's über französische Vulkangebiete (vgl. oben S. 201, 222), in zahlreichen Abhandlungen der amerikanischen Geologen aus dem Gebiet östlich der Rocky Mountains in Montana (WEED und PIRSSON: Castle Mountains, Little Belt Mountains; PIRSSON: Highwood Mountains usw.) finden sich Beispiele hierfür. Eine durch den Ausblick auf allgemeinere systematische Fragen besonders fesselnde Anwendung dieses Verfahrens liefert J. H. L. VOGT's Abhandlung „Über anchi-monomineralische und anchieutektische Eruptivgesteine“ von 1908 (vgl. oben S. 223 ff.); hier werden (l. c., S. 31 ff.) die durch ihren Besitz an Anorthositen charakterisierten petrographischen Provinzen Norwegens, die Gebiete von Ekersund-Soggendal, aus der Nähe von Bergen, und von den

Lofoten-Vesteraalen nach ihren chemischen und geologisch-genetischen Verhältnissen geschildert, und die chemischen Verhältnisse der sie zusammensetzenden

Gesteine graphisch dargestellt. Wie die Projektionen (Fig. 3 und 4) zeigen, sind die Anorthosite anchimonomineralisch, der Mangerit entspricht nahezu dem Eutektikum Orthoklas: Albit, der Hypersthengranit dem ternären (granitischen) Eutektikum Quarz: Orthoklas: Albit(+ Anorthit), ein Verhalten, das besonders für die Deutung der dritten, sich allmählich aus dem Dunkel hebenden Gesteinsreihe ROSENBUSCH'S, der Charnockit-Mangerit-Anorthositreihe, und für ihre systematische Stellung von großer Bedeutung werden kann. Aber auch wenn man von der „dritten Reihe“ zunächst absieht, sind diese Untersuchungen VOGT'S schon heute für die systematische Stellung der Anorthosite bedeutungsvoll: das Studium der mit ihnen zusammen auftretenden Gesteine, die zahlreichen „Zwischenstufen zwischen den verschiedenen extremen — teils anchimonomineralischen, teils anchi-eutektischen — Zusammensetzungen“ (S. 42),

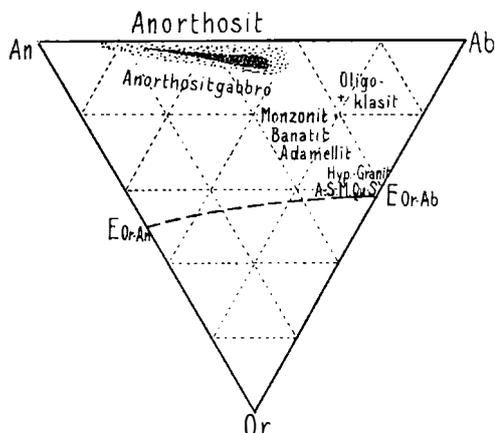


Fig. 3 (nach VOGT).

Die Punkte geben das Verhältnis An: Ab: Or der Feldspate der Anorthosite an; die dichte Punktierung entspricht der Zusammensetzung der meistverbreiteten Anorthosite. Hyp-Granit = Hypersthengranit, Qu.-S. = Quarzsyenit, A.-S. = Augitsyenit, M = Mangerit.

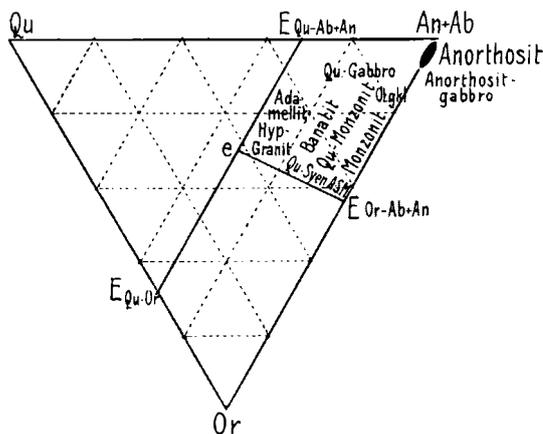


Fig. 4 (nach VOGT).

Der verdickte Teil der Linie An+Ab: Or gibt das Verhältnis An+Ab: Or der Anorthosite an. e ist das ternäre granitische Eutektikum $E_{Qu-Or-Ab+An}$. Qu.-Syen. = Quarzsyenit, A.-S. = Augitsyenit, M = Mangerit, Ol.-g.-kl. = Oligoklasit, Qu.-Gabbro = Quarzgabbro.

die hervorragende Rolle der Monzonite, Adamellite und Banatite in den Anorthositgebieten veranlassen VOGT, den Anorthositen eine andere Stellung im System zuzuweisen, als sie bisher inne hatten. „Die Anorthosite sind in den meisten früheren petrographischen Lehrbüchern als eine Unterabteilung unter den Gabbrogesteinen aufgeführt worden; dies ist jedoch nicht zutreffend. Es handelt sich nämlich hier um zwei verschiedene Arten von Differentiationspolen: die Anorthosite sind anchi-monomineralischer Natur, die Gabbrogesteine dagegen anchi-eutektischer Natur, mit Annäherung an das komplizierte Eutektikum zwischen Plagioklas und den verschiedenen Mg, Fe oder Mg, Fe-Ca-Silikaten nebst Eisenerz.

Die Anorthosite mögen, mit demselben Recht wie z. B. die Peridotite, als eine selbständige Gesteinsgruppe klassifiziert werden. „Genetisch stehen die Anorthosite nicht den Gabbrogesteinen am nächsten, sondern dagegen den Monzoniten und Banatiten“ (S. 43, 44).

Das älteste der hier zu besprechenden allgemeinen Systeme ist die Klassifikation H. ROSENBUSCH'S; auf ihr beruhen die folgenden Systeme, die seine Anordnung ausbauen oder abändern.

Ein Grundzug in der Stellung ROSENBUSCH'S zur Systematik überhaupt ist das Bestreben, den historischen Zusammenhang nach Möglichkeit zu erhalten. Gerade auf Fragen der Systematik bezieht sich sein Wort: „Revolutionen sind schnell gemacht, Reformen gedeihen langsam“ (Physiographie, II, 1, 1907, S. 15); daher knüpft seine abschließende Anordnung unmittelbar an sein älteres, hier der zweiten Gruppe zugerechnetes System an. Ein zweiter Grundzug für die Anordnung der Eruptivgesteine ist die aus seinen Studien geschöpfte Überzeugung, „daß eine natürliche Systematik derselben in erster Linie die geologische Erscheinungsform als für Struktur und zum Teil für Mineralbestand bestimmend betonen muß. In zweiter Linie wäre alsdann die chemische und die von ihr wesentlich abhängige mineralische Zusammensetzung . . . zu berücksichtigen“ (l. c., S. 4, 5). Hieraus ergeben sich die wesentlichen Eigentümlichkeiten seiner Anordnung, die übrigens auch die abweichende Stellung der Ganggesteine gegenüber den Tiefen- und Ergußgesteinen zum Ausdruck bringt: „In den beiden größten und wichtigsten und ihrer ganzen Ausbildung nach am meisten differenten Gruppen der Tiefengesteine und Ergußgesteine werden die einzelnen Familien nach ihrer im Mineralbestande zum Ausdruck kommenden chemischen Konstitution unterschieden“, während die drei Untergruppen der Ganggesteine lediglich auf ihre chemischen Unterschiede, bezogen auf die Zusammensetzung der Tiefengesteine, deren Gefolge sie bilden, begründet werden (Elemente, 1910, S. 75—77).

Der wichtigste Unterschied des letzten ROSENBUSCH'schen Systems, das er der vierten Auflage seiner Physiographie und seinen Elementen der Gesteinslehre zugrunde gelegt hat, ist die Aufstellung der Familien nach ihrer im Mineralbestande zum Ausdruck kommenden chemischen Zusammensetzung; um so notwendiger ist eine Darlegung der Gründe, die den Entdecker der beiden Hauptgesteinsreihen von dem zunächst so nahe liegenden Schritt zurückgehalten haben, „die beiden Reihen zur Grundlage der gesamten systematischen Darstellung zu machen“ (Physiographie, II, 1, S. 13).

Eine systematische Zweiteilung der Eruptivgesteine in Alkaligesteine und Alkalikalkgesteine müßte ausgehen von den Monzoniten und Essexiten, die in ihrem chemischen Bestande der berechneten Durchschnittszusammensetzung des Erdmagmas sehr nahe kommen; in Massiven von der Zusammensetzung derartiger Magmen müßte man das Gangfolge beider Hauptreihen und in Verbindung mit ihnen Tiefengesteine sowohl von granitodioritischer und gabbroperidotitischer wie von foyaitischer und theralithischer Beschaffenheit erwarten. Hiervon haben sich bisher nur Andeutungen gefunden.

Während im allgemeinen die Gesteinstypen der beiden großen Magmengruppen streng getrennt scheinen, wies ROSENBUSCH schon 1907 auf die Keratophyre im Harz und im Fichtelgebirge hin, die auf die Möglichkeit eines Zusammenvorkommens von Angehörigen beider Reihen hindeuten; „die Unklarheit, welche in diesem Punkte noch herrscht, verbietet die streng durchgeführte Klassifikation der Eruptivgesteine mit Zugrundelegung der beiden großen Magmengruppen“ (S. 14) — hier wird mithin, der Grundanschauung ROSENBUSCH's entsprechend, den geologisch-genetischen Verhältnissen eine entscheidende Bedeutung gegenüber dem chemisch-mineralogischen Befunde zuerteilt. Sodann spricht gegen eine solche Zweiteilung der Umstand, daß es mit unseren heutigen Kenntnissen zwar bei der weitaus überwiegenden Anzahl der Gesteine, aber keineswegs in allen Fällen möglich ist, aus der mineralischen und chemischen Zusammensetzung eines Eruptivgesteins die Zugehörigkeit zu der einen oder der anderen Hauptreihe mit Sicherheit zu bestimmen; auch ist noch nicht bis zum Ausschluß jedes Zweifels erwiesen, daß die Mineralien der Nephelin- und Sodalithgruppe, der Alkalipyroxene und Alkali amphibole, die sichersten mineralogischen Kennzeichen der foyaitischen und theralithischen Magmen, niemals in der anderen Hauptreihe auftreten können,¹⁾ und schließlich läßt das Auftauchen einer dritten Haupt-

¹⁾ Nach F. ВЕККЕ sind rhombische Pyroxene für die pazifische Sippe charakteristisch (Min. petr. Mitteil., 22, S. 238).

reihe, die mehrfach erwähnte Charnockit-Mangerit-Anorthositreihe, eine derartige Zweiteilung nicht angezeigt erscheinen.

Alle diese Gründe führen ROSENBUSCH zu einem System, in dem „eine Trennung der Typen der beiden Hauptgesteinsreihen dort, wo sie nicht durch mineralogisch-chemische Prüfung allein und ohne genaue Kenntnis der Gesteinsassoziation sicher ausführbar ist, unterbleibt“; in seinem System — es genügt hier, lediglich das Schema für die Tiefengesteine wiederzugeben — finden sich neben Familien, die nur Glieder einer Hauptreihe umfassen, andere, in denen Gesteine aus beiden Hauptreihen noch vereinigt sind, wie das Schema zeigt:

I. Klasse: Tiefengesteine.

- a) Familie der granitischen Gesteine,
- b) Familie der syenitischen Gesteine,
- c) Familie der Elaeolith- und Leuzitgesteine,
- d) Familie der dioritischen Gesteine,
- e) Familie der Gabbro und Norite,
- f) Familie der Essexite,
- g) Familie der Shonkinite und Theralithe,
- h) Familie der Missouriite und Fergusite,
- i) Familie der Ijolithe und Bekinkinite,
- k) Familie der Peridotite und Pyroxengesteine.

ROSENBUSCH betont ausdrücklich, daß in einigen „Familien“ chemisch in getrennte Gruppen einzureihende Gesteine vereinigt sind: „In den Familien a, b, c herrschen die salischen Gemengteile stark vor, sie sind in der Sprache BRÜGGER's leukokrate Gesteine. In den Familien f, g, h, i, k nehmen die femischen Gemengteile eine hervorragende, zum Teil herrschende Stellung ein, sie sind in BRÜGGER's Sprache melanokrate Gesteine. Bei den dioritischen Gesteinen kommen neben herrschenden leukokraten auch mehr oder weniger melanokrate Typen vor und dasselbe gilt für die Gabbrogesteine. — Die Familien c, f, g, h und i umfassen ausschließlich Gesteine der toytaitischen und theralithischen, die Familien d und e nur solche der granitodioritischen und gabbroperidotitischen Magmen, die Familien a, b und k solche beider großen Magmengruppen“ (Mikroskop. Physiogr. II, 1, 1907, S. 16).

Wie berechtigt diese Zurückhaltung war, zeigt die Entwicklung der letzten Jahre. Ein Teil der Schwierigkeiten geht zurück auf die vielfach geübte restlose Gleichstellung der Begriffe: atlantische und pazifische Sippe mit den ROSENBUSCH'schen Hauptreihen, da das Wesen der beiden Sippen von verschiedenen Forschern nicht ganz gleichartig gefaßt wird. Am schärfsten machen sich

Meinungsverschiedenheiten bei der Frage geltend, ob Übergänge zwischen den beiden Sippen möglich oder gar notwendig sind. F. BECKE kommt zu der Ansicht, „daß es naturgemäß Eruptivgebiete geben muß, welche zwischen den beiden typischen Gesteinsreihen den Übergang vermitteln, da zwischen den oben erwähnten höheren, leichteren und tieferen, schwereren Schichten alle möglichen Übergänge von der Hypothese postuliert werden“ (Min. petr. Mitt., 22, 1903, S. 248), und nennt als Beispiele das Rheinische Siebengebirge, Gleichenberg, Predazzo und Monzoni; nach ROSENBUSCH wären derartige „Übergangsgebiete“ nur bei der Zusammensetzung des ungespaltenen Erdmagmas, also bei monzonitisch-essexitischen Magmen möglich.

Andere Schwierigkeiten erwachsen, wie schon ROSENBUSCH betonte, aus dem Zusammenvorkommen von Gesteinen, die nach ihrer chemisch-mineralogischen Beschaffenheit nicht derselben Hauptreihe angehören; derartige Fälle sind seit 1907, also seit ROSENBUSCH seine Zurückhaltung begründete, in sehr verschiedenen Gebieten der Erde in größerer Zahl gefunden worden und haben Bresche in die Lehre von der strengen geographischen Trennung der atlantischen und pazifischen Magmengebiete gelegt. Für einzelne Beispiele muß hier ein Hinweis auf die Zusammenstellungen bei W. CROSS: *The Natural Classification of IGNEOUS ROCKS* (Quart. Journ. of the Geol. Soc., 66, 1910, S. 470 ff., spez. S. 475 ff.) und bei A. OSANN (Petrochemische Untersuchungen I, S. 57 ff.) genügen. Sehr deutlich zeigt sich die durch diese Erfahrungen bedingte größere Zurückhaltung bei einem Vergleich der Abschnitte über „Petrographical Provinces“ in dem ersten Bande von I. P. IDDINGS: *IGNEOUS ROCKS* (1909, S. 255 ff.) mit dem „Problem of Petrographical Provinces“ im zweiten Teil dieses Werkes (1913, S. 345 ff.) und besonders mit dem Abschnitt über Petrographical Provinces in North America (S. 463 ff.); auch die wichtige von OSANN durchgeführte Zerlegung der atlantischen Sippe in starke Alkaligesteine und schwache Alkaligesteine ist für eine strenge Durchführung der beiden Hauptreihen im System nicht ermutigend. Besonders seine kritischen Untersuchungen der Basalte zum Zweck der von ROSENBUSCH als dringendste Aufgabe der Petrographie der Eruptivgesteine bezeichneten Unterscheidung von essexitischen und gabbroiden Basalten zeigen, daß in manchen Gebieten, beispielsweise in der Rhön und im Vogelsberg, die Basalte überwiegend an der Grenze zwischen beiden Reihen stehen, während vereinzelt typische Vertreter beider Reihen vorkommen; in dem sich nördlich anschließenden Basaltgebiet Niederhessens, das in Nephelinbasalten, Nephelinbasanit und Leuzitbasalten typisch atlantische, in Enstatitdoleriten und Enstatitbasalten typisch pazifische Gesteine enthält, ergab sich auch für die

Plagioklasbasalte, „daß atlantischer und pazifischer Typus gemischt ist“ (Petrochemische Untersuchungen I, S. 62 ff).

Bei einem Überblick über diese Verhältnisse darf man natürlich niemals außer acht lassen, daß in den weitaus meisten Fällen eine Zuordnung der Gesteine einer geologisch zusammengehörigen Gruppe von Eruptivgesteinen zu einer der beiden Hauptreihen sich mit größter Sicherheit vollziehen läßt; die erwähnten Ausnahmen lassen es jedoch zunächst nicht ratsam erscheinen, ein auf der angegebenen Zweiteilung der Magmen beruhendes System einer systematischen Petrographie zugrunde zu legen. Für diese Frage ist daher eine „Zusammenstellung der wichtigsten pazifischen und atlantischen Gesteine nach H. ROSENBUSCH“ sehr interessant, die F. VON WOLFF in seinem Werke „Der Vulkanismus“ I. Teil (Stuttgart 1913) einem Abschnitt über die geographische Verteilung der beiden Gesteinssippen vorausschickt. Auf die Tabellen selbst (S. 136—143) kann hier nur verwiesen werden; hervorgehoben sei jedoch, daß v. WOLFF gegenüber den bisher allein bekannten atlantischen Monzoniten (im Sinne ROSENBUSCH's, nicht BRÖGGER's) das Vorkommen pazifischer Monzonite, die von E. LEHMANN in den Anden und in Neu-Pommern nachgewiesen wurden, betont und auch die Keratophyre in atlantische und pazifische zerlegt. Für die Feldspatbasalte gelangt v. WOLFF wesentlich auf geologischer Grundlage zu einer abweichenden Auffassung; „sie erscheinen im Verbands mit pazifischen, aber auch mit atlantischen Gesteinen“ und besitzen selbst nicht selten charakteristische Eigenschaften einer dieser Reihen (Rhönit für atlantische, rhombische Pyroxene für pazifische Typen), weisen aber häufig keinerlei Merkmale einer Zugehörigkeit zu einer der beiden Sippen auf. Da sie ferner auch geologisch selbständig in Form gewaltiger Massengänge auftreten und in den zirkumpolaren Gebieten eine Einheit für sich, weder von atlantischem noch von pazifischem Charakter bilden, so werden sie zu einer dritten selbständigen Magmafamilie vereinigt, zur arktischen Sippe, die „alle selbständigen basaltischen Magmen und ihre Spaltungsprodukte“ umfaßt (Zirkumpolarländer, Teile von Gondwanaland, S. 152, 153).

Es sind schließlich noch vier Gesteinssysteme aus den letzten Jahren zu besprechen, die die chemischen und die mineralogisch-petrogenetischen Verhältnisse zugrunde legen und die sich an die Namen A. OSANN, F. H. HATCH, G. LINCK und E. WEINSCHENK knüpfen.

A. OSANN's mehrfach erwähnter „Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine“ (Min. Petr. Mitt., 1900

bis 1903, 19, S. 351 ff.; 20, S. 399 ff.; 21, S. 365 ff.; 22, S. 322 ff. und S. 403 ff.) sucht das zuerst von J. ROTH gesteckte und später von allen, deren Systeme hier in der zweiten Gruppe vereinigt sind, erstrebte Ziel, „die Ergänzung und Vertiefung der auf mineralogischer Zusammensetzung und Struktur basierenden gebräuchlichen Einteilung und namentlich auch die Herbeiziehung der Mengenverhältnisse der Hauptgemengteile als klassifikatorisches Moment“ (22, S. 335), auf einem neuen Wege zu erreichen. Er behält, wie oben ausgeführt wurde, die drei ROSENBUSCH'schen Klassen der Eruptivgesteine bei und verzichtet auch darauf, die großen Gesteinsfamilien in ihrer Gesamtheit chemisch neu zu begründen oder abzugrenzen; er beschränkt seine Neuordnung wesentlich auf die zu den großen Gesteinsfamilien zusammengefaßten Gebilde und stellt innerhalb jeder größeren Gesteinsfamilie eine Reihe von chemischen Typen auf. „Es soll dabei weder an den Schranken zwischen den einzelnen Familien etwas verschoben, noch irgend eine neue Nomenklatur aufgestellt werden“ (19, S. 353). Für jedes Gestein wird aus den Molekularprozentzahlen die chemische Formel berechnet (über die OSANN'sche Formel und ihre Werte s, a, c, f vgl. oben S. 195, 198); alle Analysen von Gesteinen, „die derselben Familie des gebräuchlichen petrographischen Systems angehören und sich chemisch nahestehen“ (22, S. 335), werden zu einem Typus vereinigt, und dieser wird durch eine Typenformel charakterisiert. Die Zahl der Typen steht naturgemäß nicht fest; OSANN hat für die Tiefengesteine 72, für die Ganggesteine 91, für die Ergußgesteine 157 Typen aufgestellt; neue Typen können stets zugefügt werden.

Bei der Aufstellung der Typen kommt für die Alkalien nur ihre Summe zur Geltung, nicht ihr Verhältnis, das durch n , (den Wert für Na^2O , wenn die Summe von $\text{Na}^2\text{O} + \text{K}^2\text{O} = 10$ gesetzt wird) ausgedrückt wird. Beim Studium der Gesteine einer petrographischen Provinz ergeben sich nicht selten auffallend gleichmäßige Werte für n , entsprechend der von IDDINGS erkannten und von MICHEL-LÉVY besonders betonten Konstanz des Verhältnisses der Alkalien zueinander innerhalb von Gesteinsreihen, die durch consanguinity verbunden sind; ganz ähnliche Erscheinungen läßt nach OSANN der Wert m erkennen, der sich aus seinem $F = 10$ für $(\text{MgFe})\text{O}$ ergibt. Systematisch wird n zur Aufstellung von 5 Reihen verwendet:

Reihe α , Gesteine mit $n > 7.5$	} Gesteine der Natron-Reihe β , Gesteine mit n zwischen 7.5 und 5.5 } vormacht
Reihe γ , Gesteine mit n zwischen 5.5 und 4.5	
Reihe δ , Gesteine mit n zwischen 4.5 und 2.5	} Gesteine der Kali-Reihe ϵ , Gesteine mit $n < 2.5$ } vormacht

Es kann somit jeder Typus in 5 Parallelabteilungen zerfallen, so daß für die Gesteinsfamilien ein vollständiges Fachwerk entsteht, in dem jede auf ein Glied der Familie sich beziehende Analyse untergebracht werden kann. Die Bedeutung des Wertes n ist natürlich bei den verschiedenen Familien sehr verschieden, wichtig bei den alkalireichen, unerheblich bei den alkaliarmen Gesteinen; auch finden sich keineswegs für jeden Typus Vertreter in allen 5 Reihen.

Somit trägt das System OSANN's tatsächlich den petrogenetischen, mineralogisch-strukturellen und chemischen Eigenschaften der Gesteine Rechnung; wenn er selbst es als „künstlich“ bezeichnet, ist dieser Ausdruck dadurch gerechtfertigt, daß innerhalb der geologischen Hauptgruppe die auf mineralogisch-struktureller Grundlage beruhenden Gesteinsfamilien beibehalten wurden, und weil innerhalb dieser Gruppen die Reihung sich mehr oder minder automatisch-rechnerisch vollzieht. Andererseits zwingt die chemische Betrachtung der Glieder einer Familie doch auch zu manchen Änderungen in der Begrenzung der Familien: so müssen die Anorthosite von den Gabbros, die Urtite von den Nephelinsyeniten getrennt und als selbständige Familien behandelt werden. Besonders interessant ist die Rückwirkung dieser chemischen Untersuchung auf die mineralogische Definition der Diorite und Gabbros (22, S. 403 ff., spez. S. 425 ff.); OSANN unterscheidet die Familien und ihre Untergruppen nach dem Kieselsäurequotienten und weist ähnlich wie BRÖGGER (vgl. oben S. 236) der Dioritfamilie die sauren und intermediären Tiefengesteine mit vorherrschendem Kalknatronfeldspat zu, während die Gabbro- (resp. Norit-) familie die basischen Tiefengesteine mit vorherrschendem Kalknatronfeldspat umfaßt. Die Dioritfamilie zerfällt in die Untergruppe der Quarzdiorite, die ihrerseits die saure oder Tonalitreihe und die basische oder Granodioritreihe umfaßt, und in die Untergruppe der Diorite; in der Gabbrofamilie sind die beiden Untergruppen der Gabbros (resp. Norite) und der Olivinabbros (resp. Olivinnorite) chemisch nur sehr wenig unterschieden, wenn sich auch hier bei sehr reichlichem Gehalt an Orthosilikat eine basische Reihe abhebt. Die Anorthosite sind gegenüber Dioriten und Gabbros durch ihren niedrigen Wert für f charakterisiert.

Das System, das F. H. HATCH seinem Text-Book of Petrology (5. Aufl., London 1909) zugrunde legt, schließt sich vielfach an BRÖGGER's Anschauungen an, so in der Zusammenfassung der Ganggesteine ROSENBUSCH's mit unabhängigen Intrusivmassen zur Gruppe der hypabyssal rocks, zu denen er übrigens auch den Pechstein

rechnet, und besonders auch in der wichtigen Stellung, die er den Monzoniten im System anweist. Sehr eigentümlich ist die große Ausdehnung der hypabyssischen Gesteine: zu ihrer aschisten Abteilung stellt er die Familien der Quarzporphyre, der Porphyre, der Porphyrite, der Dolerite, der Teschenite; unter den melanokraten diaschisten Gesteinen finden sich die Peridotite und Pyroxenite (letztere mit den Hornblenditen als Perknite zusammengefaßt): „they occur either as dykes or as marginal modifications of plutonic masses, and there can be little doubt that magmatic differentiation has played an important part in their origin“ (S. 211). Für die chemische Gliederung der geologischen Hauptklassen ist das Schema der Tiefengesteine sehr charakteristisch; HATCH unterscheidet (S. 153):

Scheme of Classification of the Plutonic Rocks.

	Alkali Series			Monzonite Series	Calc-alkali Series
	Feldspathoid Series	Soda Series	Potash Series		
Acid Group $\text{SiO}_2 > 66\%$		Soda-granite	Potash-granite	Adamellite	Granodiorite
Inter-Group $\text{SiO}_2 \ 66\% - 52\%$	Nepheline-syenite	Soda-syenite	Potash-syenite	Monzonite	Diorite
Basic Group $\text{SiO}_2 < 52\%$	Nepheline-gabbro	Essexite	Shonkinite	Kentallenite	Gabbro

Ein Zusammenwirken aller Eigenschaften der Gesteine, wenn auch in ganz anderer Weise angewendet, ist ferner für G. LINCK'S „Tabellen zur Gesteinskunde“ (3. Aufl. 1909, Jena) charakteristisch. Auch er bezeichnet sein System als „eigentlich künstlich“ und schickt der tabellarischen Übersicht ein Schema voraus, das im Sinne ROSENBUSCH'S alle Eruptivmagmen als Spaltungsprodukte eines monzonitischen Urmagmas darstellt und sie in Alkalikalkgesteine und Alkaligesteine gliedert (Tabelle 3).

Die eigentliche Übersicht (Tabelle 4—6) nimmt zunächst die „gangförmigen Spaltungsprodukte der Tiefengesteine“ (BRÖGGER'S diaschiste Ganggesteine) heraus, die auf Tabelle 6 für sich, in eine „Aplitische Reihe“ und „Lamprophyre“ zerlegt, nach ihrer Zugehörigkeit zu den Tiefengesteinen behandelt werden. Alle übrigen Eruptivgesteine, also mit Einschluß der aschisten Ganggesteine, werden in eine saure und eine basische Gruppe geteilt und in zwei Tabellen angeordnet; in der ersten stehen alle Gesteine, die mindestens so viel SiO_2 enthalten als zur Bildung von Feld-

spaten und Metasilikaten erforderlich ist (im Mittel mehr als 50—55%, SiO_2), in der zweiten diejenigen mit geringerem Gehalt an SiO_2 . Jede dieser Gruppen wird weiter zerlegt in solche mit herrschenden Alkalien ($\text{Na}^2\text{Al}^2\text{O}^4 + \text{K}^2\text{Al}^2\text{O}^4 \geq \text{CaAl}^2\text{O}^4$) und solche mit herrschenden alkalischen Erden. Die weiteren Abteilungen werden zunächst mineralogisch begründet, doch werden vorher die sauren Gesteine mit herrschenden Alkalien noch in Gesteine der Kalivormacht (mit herrschenden Kalifeldspaten) und in solche der Natronvormacht (mit Natronkalifeldspaten) zerlegt. Diese chemisch-mineralogisch charakterisierten Magmen werden sodann nach ihrem geologischen Auftreten (und der durch dieses bedingten herrschenden Struktur) unter Zugrundelegung des Schemas: Tiefengesteine, Ganggesteine, Ergußgesteine weiter gegliedert. Den auch praktischen Zwecken der Tabelle entsprechend wird bei den Ergußgesteinen schließlich das geologische Alter berücksichtigt.

Das System, das E. WEINSCHENK seiner „Speziellen Gesteinskunde“ zugrunde legt (1. Aufl., 1905, S. 13 ff., unverändert in der 2. Aufl., 1907, S. 8 ff.), ist schon durch seine Hauptgruppen als mineralogisch-chemisches charakterisiert: neben Orthoklasgesteinen (I), Plagioklasgesteinen (II), Feldspatfreien Gesteinen (V), die in dem ROTH-ZIRKEL'schen System alle Eruptivgesteine umfassen, finden sich bei WEINSCHENK als dritte Gruppe die Natrongesteine und als vierte die Spaltungsgesteine. Da zu den „Natrongesteinen“ auch leuzitreiche, also kalireiche Gesteine gerechnet werden, entsprechen sie tatsächlich im wesentlichen der foyaitisch-thermalithischen Reihe ROSENBUSCH's, ebenso wie die Gruppen I, II und V nur Gesteine der Alkalikalkreihe umfassen; aus beiden Reihen hat dann WEINSCHENK den größeren Teil der diaschisten Ganggesteine herausgenommen und sie, da er die ROSENBUSCH'sche Gruppe des Gangfolges nicht anerkennt, mit einem Teil der früher zusammenfassend als Basalte bezeichneten Gesteine zu seiner Gruppe der Spaltungsgesteine vereinigt.

Diese Zerlegung der alten Basaltfamilie ist wohl der systematisch interessanteste Zug der WEINSCHENK'schen Anordnung. Die Ergußäquivalente der Gabbromagmen, die zu seiner Gruppe der Plagioklasgesteine gehören, nennt er bei Zurücktreten der Porphystruktur Trapp, bei porphyrischer Anordnung Melaphyr; mit ihnen vereinigt er ihre „Grünsteine“, Diabas und Diabasporphyr. In allen diesen Gesteinen spielt Olivin eine untergeordnete Rolle, Augit ist der wichtigste Gemengteil, Einschlüsse von Olivinfels fehlen, die Struktur ist bei Trapp

(und Diabas) vorherrschend ophitisch und intersertal; geologisch treten sie wesentlich in Decken auf und bilden die bekannten gewaltigen Massen (Westküste Englands über Island nach Grönland, Dekhan).

Als Basalte bezeichnet er die olivinreichen, durch Vorherrschaft des Olivin und Augit „anormalen“ und zwar lamprophyrischen Gesteine mit Olivinfels-Einschlüssen, vorherrschend porphyrischer Struktur, mit stets zurücktretenden farblosen Gemengteilen, unter denen der Plagioklas teilweise oder ganz durch Nephelin, Leuzit, Melilith, Sodalith und natronreiches Glas ersetzt werden kann. Sie sind gegenüber den „echten“ Basalten nur als untergeordnete Bildungen zu bezeichnen; eigentliche Lavaströme sind selten, meist finden sich kleine Kuppen und Putzen. Chemisch und mineralogisch charakterisieren sich diese Gesteine als lamprophyrische Alkaligesteine; sie werden daher mit den Kamptoniten vereinigt und zu den Spaltungsgesteinen gestellt.

Nach dem Ausspruch A. v. HUMBOLDT'S, der dem Ersten Teile vorausgeschickt wurde, hat die Geschichte der systematischen Nomenklatur insofern einige Wichtigkeit, als die Reihenfolge der herrschenden Meinungen sich darin abspiegelt — der Nachdruck liegt hierbei wohl mehr auf systematisch als auf Nomenklatur; die Probleme und Streitfragen, die sich mit der Systematik der Gegenwart beschäftigen, sind daher ein getreuer Spiegel des Standes unserer Wissenschaft überhaupt. Seit einer Reihe von Jahren ist jeder Zweifel daran, daß die Systematik die chemischen Verhältnisse der Gesteine berücksichtigen muß, verstummt; Meinungsverschiedenheiten bestehen nur darüber, ob man dem System der Gesteine ein System der Magmen zugrunde legen soll, ob man gezwungen ist, auf ein natürliches System zu verzichten und ein künstliches, ausschließlich auf chemischer Grundlage beruhendes an seine Stelle zu setzen, oder ob man hoffen darf, mit Hülfe der Chemie, sei es auf physikalisch-chemischer, sei es auf petrogenetisch-chemischer Grundlage, sich einem natürlichen System zu nähern. In jedem Falle stehen jetzt die chemischen Verhältnisse der Gesteine für alle Fragen der Systematik im Mittelpunkt, nachdem ihre Bedeutung in dem letzten Vierteljahrhundert immer zugenommen hat: dieser Umstand rechtfertigt die verhältnismäßig große Ausführlichkeit der vorstehenden Ausführungen und läßt hoffen, daß eine Darlegung aller Vorschläge, soweit sie dem Verfasser zugänglich waren, unter Berücksichtigung der ihnen zugrunde liegenden theoretischen An-

schauungen der Weiterentwicklung unserer Wissenschaft förderlich sein kann.

Als die letzten Zeilen dieses Aufsatzes geschrieben wurden, weilte ROSENBUSCH noch unter uns, und ich durfte hoffen, daß diese zusammenfassende Darstellung den Meister vielleicht veranlassen würde, mir gegenüber seinen Standpunkt zur Systematik erneut zum Ausdruck zu bringen. Jetzt muß an die Stelle des erhofften neuen ein alter, schon im Jahre 1880 ausgesprochener Satz ROSENBUSCH'S über Grundlagen und Bedeutung der petrographischen Systematik treten (Neues Jahrb., 1880, II, -166-), dessen Richtigkeit die Entwicklung der Petrographie in mehr als dreißig Jahren bewiesen hat.

In seinen Beiträgen zur Petrographie der plutonischen Gesteine von 1879 hatte JUSTUS ROTH die Ansicht vertreten, „daß unter den verschiedenen Arten der petrographischen Forschung, der geologischen, der chemischen und der mikroskopischen . . ., der erstgenannten der Vorzug gebührt, die beiden anderen gleichberechtigt seien“. Im Gegensatz hierzu betont ROSENBUSCH: „jede dieser Methoden liefert für sich nur eine fragmentare Kenntnis und gewinnt ihre volle Bedeutung erst im Zusammenwirken mit den beiden anderen“. Der Systematik selbst kommt seiner Auffassung nach die höchste Bedeutung zu; sieht man, wie er es tut, in ihr „den schematischen Endausdruck unseres gesamten, sicher konstatierten, petrographischen Wissensschatzes, so ist die Systematik auch Hauptaufgabe oder Endziel aller petrographischen Forschung“.

Abriß der Erzlagerstättenkunde. Von Prof. Dr. **A. Bergeat**, Direktor des Mineralogischen Instituts der Univ. Königsberg. Mit 26 Abbildungen. (Abdr. aus dem „Handwörterbuch der Naturwissenschaften“. Bd. III.) (VI, 110 S. kl. 8°.) 1913. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Inhalt: 1. Einleitung. 2. Die wichtigsten auf den Erzlagerstätten vorkommenden Mineralien. a) Erzlager. b) Lagerarten und Gangarten. 3. Allgemeine geologische Verhältnisse. 4. Sekundäre Veränderungen der Mineralführung. 5. Systematik. 6. Entstehung der Erzlagerstätten und damit zusammenhängende besondere Eigenschaften. 7. Beziehungen der Erzlagerstätten zum Magma. 8. Die wichtigsten Lagerstätten in ihrer geographischen Verbreitung. — 9. Ortsverzeichnis.

Technische Blätter, Nr. 28 vom 12. Juli 1913:

Bergeat hat sich durch seine Neubearbeitung der Erzlagerstättenkunde von Stelzner einen bekannten Namen gemacht, so daß alle Arbeiten von ihm über Erzlagerstätten besonderes Interesse beanspruchen dürfen. Der vorliegende Abriß der Erzlagerstättenkunde ist eine gedrängte Zusammenfassung über alles Wissenswerte aus diesem Gebiet, die eigens für das Handbuch der Naturwissenschaften verfaßt ist. Neues wird in dem kleinen Heft nicht gebracht. Wem aber die Anschaffung des großen Werkes von Stelzner-Bergeat zu hohe Kosten verursacht, sei nachdrücklich auf dies kleine Werk hingewiesen.

Ueber die Korrelationsmethode. Nach einem im naturwissenschaftlich-medizinischen Verein in Innsbruck am 26. November 1912 gehaltenen Vortrage. Von **Felix M. Exner**. Aus der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift gesondert abgedruckt und mit einem Anhang versehen. Mit 3 Figuren. 1913. Preis: 1 Mark.

Die vorliegende Schrift bezweckt, Vertreter verschiedener Wissenschaften auf eine Methode aufmerksam zu machen, die, von englischen Gelehrten ausgearbeitet, in der heutigen englischen Literatur schon recht häufig, in der deutschen noch selten zu finden ist. Sie ist eine wertvolle Methode der Statistik und dient dazu, den vermuteten Zusammenhang zwischen irgendwelchen veränderlichen Dingen, die sich durch Zahlen ausdrücken lassen, in mathematischer Fassung darzustellen. Die Schrift wird daher für alle Mediziner und Naturwissenschaftler, aber auch für Forscher anderer Wissenszweige von Wichtigkeit sein.

Grundriß der Kristallographie. Für Studierende und zum Selbstunterricht. Von Dr. **Gottlob Linck**, o. ö. Prof. der Mineralogie und Geologie an der Universität Jena. Dritte verbesserte Auflage. Mit 631 Originalfiguren im Text und 3 farbigen lithogr. Tafeln. (VIII, 272 S. gr. 8°.) 1913. Preis: 11 Mark 50 Pf., geb. 12 Mark 50 Pf.

Inhalt: I. Einleitung. — II. Die 32 Symmetrieklassen. 1. Reguläres System. 2. Hexagonales System. 3. Tetragonales System. 4. Rhombisches System. 5. Monoklines System. 6. Triklines System. — III. Die physikalischen Eigenschaften der Kristalle. 1. Die Grundgesetze. 2. Das spezifische Gewicht. 3. Die Elastizität der Kristalle. 4. Auflösung und Zersetzung der Kristalle. 5. Das Verhalten der Kristalle gegen das Licht. 6. Verhalten der Kristalle gegen die Wärme. 7. Magnetische und elektrische Eigenschaften der Kristalle. — IV. Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften des Kristalls und seiner chemischen Zusammensetzung. **Zeitschr. f. angewandte Chemie**, 26. Jahrg., 1913, Nr. 82:

... Schon der Student sollte auf die Erwerbung gründlicher Kenntnisse in der Kristallographie hingewiesen werden, die ihn später bei seinen Arbeiten so oft fördern können. Das Lincksehe Buch ist dazu ein vortreffliches Hilfsmittel. . . . Es kann allen Fachgenossen bestens empfohlen werden, zumal es in der Tat zum Selbststudium sehr geeignet ist.

Kreislaufvorgänge in der Erdgeschichte. Rede, gehalten zur Feier der akademischen Preisverteilung in Jena am 15. Juni 1912. Von Dr. **Gottlob Linck**, o. ö. Professor der Mineralogie und Geologie, d. z. Prorektor. 1912. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Ueber den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. Nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im Allgemeinen. Von Dr. **J. G. Bornemann**. Mit 3 Tafeln und 4 Textabbildungen. (Beiträge zur Geologie und Paläontologie. Heft 1.) (61 S. 4°.) 1889. Preis: 7 Mark.