

4. Einige Bemerkungen über die Zusammensetzung der krystallinischen Gesteine.

VON HERRN W SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN in Göttingen.

Durch diese Zeilen erlaube ich mir auf die Kritik des Herrn ROTH in Bezug auf meinen Aufsatz „Ueber die Berechnung der quantitativen und mineralogischen Zusammensetzung der krystallinischen Gesteine vornehmlich der Laven“ Folgendes zu erwidern. Während man bis jetzt bei der Lösung dieser Aufgabe ein ganz unwissenschaftliches Probiren anwandte, habe ich es versucht an die Stelle desselben eine vollkommen strenge Methode zu setzen, die uns zahlreiche Controllen zur Prüfung der gemachten Voraussetzungen an die Hand giebt. Diese Methode besteht nämlich in der Aufstellung eines Systemes linearer Gleichungen, welches mehrere unbekannte Grössen involviret und dessen Form ausser von den Sauerstoffmengen, von den Atomengewichten und von gewissen Voraussetzungen abhängt, welche ich sogleich namhaft machen werde.

Es ist bei dieser Methode wesentlich, dass die Zahl der Unbekannten geringer als die Zahl der Bedingungsgleichungen ist, ein Verhältniss, welches Herr ROTH gänzlich übersehen zu haben scheint. Werden daher falsche Voraussetzungen gemacht, so kann begreiflicher Weise den überschüssigen Gleichungen gar nicht oder nur unvollständig entsprochen werden.

Die Ansichten mögen verschieden sein, welchen Werth man für Mineralogie und Geologie der obenerwähnten Aufgabe zugesteht; will man dieselbe aber überhaupt in Betracht ziehen, so ist nur von der hier zu besprechenden Methode Erfolg zu erwarten. Die Voraussetzungen, die von der molecularen Beschaffenheit der einzelnen Mineralkörper abhängen und über welche, wie ich gern einräume, die Ansichten verschieden sein können, sind von der Methode der Berechnung unserer Aufgabe unabhängig.

Die Voraussetzungen, welche ich gemacht habe und die theilweise weiter unten etwas näher besprochen werden, sind folgende:

1) Es wird BERZELIUS' Gesetz der chemischen Proportionen zu Grunde gelegt.

2) MITSCHERLICH's Gesetz des Isomorphismus, welches ich ganz allgemein angewandt wissen möchte. Es handelt sich in unserm Falle jedoch nur um die Vertretung von Thonerde durch Eisenoxyd und von Kali durch Kalk, Natron, Magnesia und Eisenoxydul, und von Titanoxyd durch Eisenoxyd.

3) In den Augiten und Hornblenden habe ich mit SCHEERER die Vertretung eines Theiles der Kieselerde durch Thonerde nach dem Sauerstoffverhältniss 2 : 3 angenommen. Obgleich ich mich zu dieser Annahme, die etwas räthselhaftes enthält, nur ungern entschlossen habe, so weiss ich doch an ihre Stelle nichts Besseres zu setzen. So weit meine Erfahrungen und Beobachtungen reichen, stimmen dieselben mit jener Hypothese in befriedigender Weise überein. Sollte es demnächst gelingen eine andere Erklärungsweise aufzufinden, so werden die von mir aufgestellten Gleichungen gewisse Abänderungen erleiden.

4) Es wird angenommen, dass in den titanhaltigen Magnet-eisensteinen Titanoxyd und Eisenoxyd sich isomorph vertreten. Nimmt man eine andere Art der Zusammensetzung für diesen Mineralkörper an, so wäre dann auch hier die Art der Rechnung abzuändern, ohne dass dadurch das Endresultat von dem von mir erhaltenen sich merklich verschieden gestalten würde.

Gegen diese Annahme scheint Herr ROTH nichts einwenden zu wollen.

5) Die nun folgende Voraussetzung dagegen erregt den eigentlichen Anstoss und auf sie werde ich näher eingehen. Es wird zur Erklärung der Beobachtungen angenommen, dass ein jeder Feldspath aus zwei Grenzgliedern, aus einem neutralen und einem basischen Salze, ersteres nach den Sauerstoff-Verhältnissen 1 . 3 . 12, letzteres nach den Sauerstoff-Verhältnissen 1 . 3 . 4 zusammengesetzt sei.

Es handelt sich hier offenbar nicht um Dinge, die man mit den Händen greifen kann, sondern um die moleculare Beschaffenheit eines Mineralkörpers und wir müssen, wie dieses in der ganzen Molecularphysik der Fall ist, von den Wirkungen auf die Ursachen zurückschliessen. Ich habe hier zu der Allgemeinerung des Principis die beiden äussersten Grenzglieder als Componenten für alle Feldspathe angenommen, indess ist es einleuchtend, dass ein jeder Feldspath, bei dem nach meiner Bezeichnungsweise

z. B. $x = 7,5$ ist, ebenso gut aus Oligoklas und Labrador, als aus Anorthit und Orthoklas oder Albit bestehend gedacht werden kann.

Wenn uns räthselhafte Erscheinungen in der Natur entgegen-treten, so suchen wir dieselben entweder durch bekannte Natur-gesetze zu erklären oder wir ziehen neue Hypothesen hinzu, deren Haltbarkeit an den Beobachtungen geprüft werden muss. Es wäre denkbar, dass zur Erklärung eines Phänomenes von zwei verschiedenen Personen zwei verschiedene Hypothesen aufgestellt würden. Welche derselben den Vorzug verdient, wird auf dem Boden der exacten Naturforschung nach der Methode der kleinsten Quadrate entschieden.

Will sich daher Herr ROTH der von mir aufgestellten Feldspathhypothese nicht anschliessen, so ist es ein billiges Verlangen, dass er statt der meinigen eine andere Hypothese aufstelle, welche dann nach der Methode der kleinsten Quadrate zu prüfen sein wird.

Wenn Herr ROTH diesen Weg nicht betreten will, so stehe ich im Vergleich zu ihm auf einem so durchaus verschiedenen Boden, dass jede weitere Verständigung über unsern Gegenstand unmöglich wird.

Schon vor mehr als 12 Jahren habe ich es versucht nach dem angegebenen Princip 100 verschiedene Feldspathanalysen zu berechnen, bei denen der mittlere Fehler der Kieselerde zu $\pm 0,502$, der der Thonerde zu $\pm 0,428$ und der der Alkalien zu $\pm 0,863$ sich ergibt. Es war mir damals sehr wohl bekannt, dass in dieser Reihe schlechte und gute Analysen gemischt waren. Wollte man an die Stelle der ältern die seitdem gemachten zuverlässigen neuern setzen, so würden die eben angeführten mittleren Fehler vielleicht auf die Hälfte herabgedrückt werden können. Aus der ganzen Reihe dieser Beobachtungen geht hervor, dass der Sauerstoff der beiden Basen sich überall nahe zu wie 1 : 3 verhält, während die Kieselerde, welche continuirlich wächst, durch eine Function, die vom Sauerstoffverhältniss der Säure zu den Basen und gewissen Constanten abhängt, dargestellt werden kann. Für diese Erscheinung, welche sich nicht ignoriren lässt, verlange ich eine wissenschaftliche vollkommen zufriedenstellende Antwort und zwar in Zahlen ausgedrückt, deren Endresultat mit dem meinigen zu vergleichen ist. Nehmen wir in der herkömmlichen Weise unter den Feldspathen als charakteristische Species Anor-

thit, Labrador, Oligoklas und Orthoklas oder Albit an, so haben wir folgende Sauerstoffverhältnisse und Kieselerdegehalte :

	x $\ddot{\text{S}}\text{i}$				
Anorthit	1	3	4	43	Procent in runden Zahlen
Labrador	1	3	6	53	
Oligoklas	1	3	9	62	
Orthoklas	1	3	12	69	

Berechnet man nun diese hundert Feldspathanalysen in gewöhnlicher Weise nach den bekannten stöchiometrischen Formeln, so werden mittlere Fehler hervorgehen, welche die von mir gefundenen eben angegebenen vielleicht um das Fünffache übertreffen. Schiebt man aber für jede neue Einheit im x eine neue Feldspathspecies ein, so erhält man für dieselben schwerfällige stöchiometrische Formeln, die mit gerechtem Misstrauen anzusehen sind, da der mittlere Fehler zwar etwas kleiner als vorhin wird, aber jedenfalls sehr viel grösser bleibt als nach meiner Theorie. Die einzige Hypothese, ausser der meinigen, welche numerisch betrachtet dasselbe leistet, besteht in der Annahme, dass allen oder doch den meisten Feldspathen eine gewisse Quantität freier Kieselsäure beigemischt sei. Ich habe hierauf, namentlich bei den Gesteinen, wo $x > 12$ ist Bedacht genommen, auch Herr ROTH deutet dies an.

Dagegen sprechen aber folgende sehr wesentliche Gründe:

1) Berechnen wir z. B. einen Feldspath, dessen Kieselerdegehalt etwa 48 pCt. beträgt (Anorthit vom Hekla) nach der Anorthitformel, so haben wir einen Ueberschuss von 5 pCt. Kieselsäure, berechnen wir ihn auf Labrador, so fehlt dieselbe Quantität Kieselsäure.

Im ersten Falle haben wir es mit einem unangenehmen Eindringling zu thun, der das Gesetzmässige der Analysen verdirbt; im andern Falle müssen wir uns dazu bequemen anzunehmen, dass durch Verwitterung oder Auswaschung die für die Formel nöthige Kieselerde verloren gegangen sei. Beides klingt wenig ermunternd für das Studium der Mineralchemie.

Wenn man in allen Silicatanalysen auf eine zufällige Beimischung von 5, auch nur von 3 pCt. Kieselsäure, die man als Quarz gar nicht erkennen kann, oder auf einen eben so grossen problematischen Verlust desselben Körpers gefasst sein muss, so

verlieren die stöchiometrischen Formeln allen Werth und sinken zu einer müssigen Spielerei herab.

2) Die unbeholfenen Formeln für die verschiedenen Feldspathe stellen die Analysen in ganz ungenügender Weise dar; die übrig bleibenden Fehler sind viel grösser als die, welche wahrscheinlicherweise bei den Analysen begangen werden können.

Für meine Hypothese sprechen folgende wesentliche Gründe:

1) Alle bekannten Analysen über Feldspathe lassen sich durch eine Theorie darstellen, welche das Gesetz der chemischen Proportionen und die gegenseitige Substitution der isomorphen Bestandtheile vollkommen bestätigt; dabei wird der mittlere Fehler für alle Beobachtungen kleiner als bei der herkömmlichen Art der Berechnung.

2) Es ist zwar bekannt, dass manche Feldspathe im Laufe der Zeit Zersetzungen erlitten haben, für gute, harte, glänzende oder gar durchsichtige Krystalle ist dieses aber nicht oder doch nur in einem sehr geringen Grade anzunehmen. Jedenfalls zeigt die Discussion jener Beobachtungen, dass wir zu solchen Annahmen gar nicht oder nur in untergeordnetem Maasse gedrängt werden.

3) In reinen Feldspathen, wie sie von vorsichtigen Chemikern und Mineralogen zu quantitativen Analysen benutzt werden, ist kein beigemischter Quarz zu erkennen.

4) Die neuern vulkanischen Gesteine z. B. die frischen Laven von Island, vom Aetna, vom Vesuv u. s. w. sind absolut quarzfrei. Obgleich ich auf diesen Punkt sehr grosse Aufmerksamkeit verwandt habe, habe ich doch in keiner Lava des Aetna ein sichtbares Körnchen von Quarz entdecken können.

5) Die Laven, welche in den letzten Jahren aus den Vulkanen hervorgezogen sind, wie z. B. die Lava des Hekla von 1846 und die des Aetna von 1853, bei denen von einer später eingetretenen Zersetzung der Bestandtheile keine Rede sein kann, zeigen dieselben Eigenthümlichkeiten wie die von mir untersuchten Laven der Thiorsà und von Odaudahraun. Beide Laven sind zwar nicht aus der neuesten Zeit, die letztere fällt aber jedenfalls in den Bereich der neuern Geschichte.

6) Endlich sind auch eine Reihe krystallographischer Gründe, die für meine Hypothese sprechen, nicht ganz ausser Acht zu lassen. Indess würde es mich zu weit führen in diesen Gegen-

stand einzugehen, den ich mir für eine eigene Abhandlung vorbehalten.

Nach diesen Bemerkungen wende ich mich nun zu den Bedenken, welche Herr ROTH über einzelne Theile meiner Abhandlung ausgesprochen hat. In dem ersten Beispiele, zu dem ich den Granit aus der Nähe von Dublin wählte, habe ich selbst erklärt, dass zu einer vollständigen Berechnung in meinem Sinne das nothwendige Material mir gefehlt habe. Herr ROTH hätte daher sehr wohl einsehen können, dass es nicht von meiner Seite auf ein definitives Endresultat abgesehen war, sondern dass ich nur daran zeigen wollte, wie meine Methode anzuwenden und die Rechnung zu behandeln sei.

Enthält ein solcher Granit verschiedene Glimmer, deren Zusammensetzung bekannt ist, so lässt sich alsdann die quantitative Zusammensetzung des Gesteins leicht ermitteln, indem nur noch den von mir aufgestellten Gleichungen ein neues Glied hinzugefügt wird.

Wenn ferner Herr ROTH mir vorwirft, dass ich in den Laven Mineralkörper erblicke, die bis jetzt Niemand gesehen hat, so habe ich darauf Folgendes zu erwidern.

Wenn ich die genannten Laven als aus Augit, Olivin, Magneteseisenstein, Anorthit und Orthoklas zusammengesetzt betrachte, so habe ich für das letzte Mineral keinen ganz passenden Ausdruck gewählt, ich hätte besser Kalkalbit schreiben sollen. Im Wesen der Sache wird dadurch aber nichts geändert.

Ich richte nun die Frage an Herrn ROTH, was in einer solchen Lava übrig bleibt, nachdem die Mineralkörper Augit, Olivin und Magneteseisenstein in Abzug gebracht worden sind. Wir bekommen entweder gar keine Antwort oder vielleicht das Wort Feldspath.

Auch ich nehme dieses an und zeige z. B., dass die Grundmasse der Thiorsà-Lava 49,794 pCt. Feldspath von der nachfolgenden Zusammensetzung enthalte:

Kieselerde	66,846
Thonerde	20,705
Eisenoxyd	0,711
Kalk	10,789
Magnesia	0,126
Natron	0,446
Kali	0,377

Dieser Feldspath ist z. B. einem von DOMEYKO, der unter dem Namen Orthoklas aus Chili angeführt wird, sehr ähnlich. Derselbe enthält nämlich:

Kieselerde	66,205
Thonerde	20,731
Kalk	2,633
Natron	4,051
Kali	6,380

Ist es ein Mal erlaubt an die Stelle von Kali oder Natron Kalk zu substituiren, so ist kein Grund einzusehen, warum man nicht von diesem Rechte im ganzen Umfang Gebrauch machen sollte und worin der Verstoß besteht Kalk-Albit oder Kalkorthoklas anzunehmen, denn es scheint einleuchtend zu sein, dass fast alkalifreie Gesteine wie die isländischen Laven ihre Feldspathe aus den zunächst verwandten Stoffen bilden müssen. Es ist ebenso wenig einzusehen, warum in der eben angeführten Analyse für den Kalk die Grenze mit 2,633 festgestellt werden sollte; Orthoklase mit erheblichem Kalkgehalt sind nicht ganz unbekannt oder gar undenklich. Will man sich aber mit einem einfachen Feldspath begnügen, so liegt es dann auf der Hand, dass den Bedingungsgleichungen nur in sehr unvollkommener Weise entsprochen werden kann und unsere Theorie, welche mehr leistet, verdient daher den Vorzug.

Herr ROTH macht sodann zunächst einige Ausstellungen über die Fehler, welche nach der Theorie bei den Alkalien in der Thiorsälava übrig bleiben. Ich habe darauf Folgendes zu bemerken. Eine Theorie mag beschaffen sein wie sie will, wird die Beobachtungen, welche in allen menschlichen Verhältnissen mit Fehlern behaftet sind, nie durchaus genau darstellen können. Es handelt sich daher nur um die Grösse des mittlern Fehlers.

Jedenfalls ist es mathematisch unbillig, unter 28 von mir mit der Theorie verglichenen Beobachtungen — 16 für die Thiorsälava — 12 für die Scalfandefiothlava — diejenigen hervorzuheben, bei denen die grössten Beobachtungsfehler bemerkbar werden.

Die mittlern Fehler für die 4 Analysen, jede für sich betrachtet, geben folgende Resultate:

	Mittlerer Fehler
1) Grundmasse der Thiorsälava	$\pm 0,407$ pCt.
2) Gesamtmasse der Thiorsälava	$\pm 0,712$ -

Mittlerer Fehler

3) Gesamtmasse der Lava von Scalfandefioth $\pm 0,549$ 4) Grundmasse der Lava von Scalfandefioth $\pm 0,446$ Der mittlere Fehler aus allen Beobachtungen findet sich $\pm 0,381$

Ich glaube, dass dieses Resultat ein ganz zufriedenstellendes genannt werden kann, da bei einer einzelnen Analyse der mittlere Fehler ungefähr ein halbes Procent beträgt.

Wenn Herr ROTH sich die Sache etwas überlegt hätte, so würde er den Grund, weshalb der Fehler, oder die Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung in der Gesamtmasse der Thiorsá für die Alkalien grösser ausfällt als für die übrigen Bestandtheile, leicht haben finden können.

Um dieses Verhältniss klarer hervorzuheben setze ich die Berechnung der genannten Analyse noch einmal hierher.

Für dieselbe ergeben sich zunächst folgende Zahlen:

Gesamtmasse der Thiorsá-Lava.

		Sauerstoff
Kieselerde	49,590	25,995
Thonerde	13,551	6,334
Eisenoxyd	9,031	2,707
Eisenoxydul	7,202	1,599
Kalk	12,347	3,511
Magnesia	5,521	2,204
Natron	1,565	0,404
Kali	1,193	0,202
	<u>100,000</u>	

Unter der Voraussetzung, dass sich durch die ganze Lava Feldspath, Augit, Olivin und $\ddot{\text{F}}\text{e}$ $\ddot{\text{F}}\text{e}$, deren Analysen in meiner Abhandlung aufgeführt sind, befinden, gelangt man zunächst zu folgenden 8 linearen Gleichungen:

$$\begin{array}{rclclcl}
 x M & + & 1,8373 z & + & y & & = & 25,995 \\
 2,9353 M & + & 0,2441 z & & & + & 3 f & = & 6,334 \\
 0,0647 M & & & & & & + & 3 f & = & 2,707 \\
 & & 0,1559 z & + & 0,1297 y & + & f & = & 1,599 \\
 0,9304 M & + & 0,4454 z & & & & & = & 3,511 \\
 0,0153 M & + & 0,3987 z & + & 0,8703 y & & & = & 2,204 \\
 0,0349 M & & & & & & & = & 0,404 \\
 0,0194 M & & & & & & & = & 0,202
 \end{array}$$

Aus denselben findet man für die 5 Unbekannten schon sehr genäherten Werthe, nämlich:

$$\begin{aligned}x &= 9,500 \\M &= 1,670 \\z &= 5,350 \\y &= 0,225 \\f &= 0,866\end{aligned}$$

Hiermit ergibt sich folgende Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung:

Beob.	Berech.	Beob. — Ber.
25,995	25,920	+ 0,075
6,334	6,208	+ 0,126
2,707	2,706	+ 0,001
1,599	1,729	— 0,130
3,511	3,937	— 0,426
2,204	2,354	— 0,150
0,404	0,058	+ 0,346
0,202	0,032	+ 0,170

Die berechneten Fehlergleichungen werden alsdann:

$$\begin{aligned}0 &= -0,075 + 1,670dx + 9,5000dM + 1,8373dz + dy \\0 &= -0,126 \quad \quad \quad + 2,9353dM + 0,2441dz \\0 &= -0,001 \quad \quad \quad + 0,0647dM \quad \quad \quad + 3df \\0 &= +0,130 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad + 0,1559dz + 0,1297dy + df \\0 &= -0,426 \quad \quad \quad + 0,9304dM + 0,4454dz \\0 &= -0,150 \quad \quad \quad + 0,0153dM + 0,3987dz + 0,8703dy \\0 &= +0,346 \quad \quad \quad + 0,0349dM \\0 &= +0,170 \quad \quad \quad + 0,0194dM\end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen findet man nach der Methode der kleinsten Quadrate die folgenden 5 Normalgleichungen:

$$\begin{aligned}0 &= -0,1253 + 2,7891dx + 15,865dM + 3,0680dz + 1,670dy \\0 &= -0,6992 + 15,8650dx + 99,736dM + 18,5910dz + 9,513dy + 0,1941df \\0 &= -0,0184 + 3,0680dx + 18,591dM + 3,8170dz + 2,2045dy + 0,1559df \\0 &= +0,0715 + 1,6700dx + 9,513dM + 2,2045dz + 1,7740dy + 0,1297df \\0 &= +0,1270 \quad \quad \quad 0,194dM + 0,1559dz + 0,1297dy + 10,0000df\end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen findet man durch Elimination:

$$dx = + 0,21480$$

$$dy = - 0,01030$$

$$dz = - 0,37480$$

$$dM = 0,04370$$

$$df = - 0,00804$$

Nachdem diese Correctionen angebracht sind, ergeben sich die definitiven Elemente:

$$x = 9,7148$$

$$M = 1,7137$$

$$y = 0,2147$$

$$z = 4,9752$$

$$f = 0,8580$$

Mit Zuziehung der Zahlen, durch welche die isomorphe Vertheilung der Basen ausgedrückt wird, findet man:

Den Sauerstoff für die einzelnen Bestandtheile.

	Feldspath	Augit	Olivin	FeFe	Ber.	Beob.	Beob.-Ber.
Kieselerde	16,647+	9,141+	0,215	=	26,003	25,995	-0,008
Thonerde	5,030+	1,214		=	6,244	6,334	+0,090
Eisenoxyd	0,104			+2,574	= 2,678	2,707	+0,029
Eisenoxydul		0,776+	0,028+	+0,858	= 1,662	1,599	-0,063
Kalk	1,594+	2,216		=	3,810	3,511	-0,299
Magnesia	0,026+	1,983+	0,187	=	2,196	2,204	+0,008
Natron	0,060			=	0,060	0,404	+0,344
Kali	0,033			=	0,033	0,202	+0,169

Hieraus ergibt sich endlich die quantitative mineralogische Zusammensetzung:

	Feldspath	Augit	Olivin	FeFe	Ber.	Beob.	Beob.-Ber.
Kieselerde	31,758+	17,438+	0,410	=	49,606	48,590	-0,016
Thonerde	10,757+	2,598		=	13,355	13,551	+0,196
Eisenoxyd	0,345			+8,589	= 8,934	9,031	+0,097
Eisenoxydul		3,494+	0,125+	+3,866	= 7,485	7,202	+0,283
Kalk	5,607+	7,792		=	13,399	12,347	-1,050
Magnesia	0,066+	4,969+	4,468	=	5,503	5,521	+0,018
Natron	0,232			=	0,232	1,565	+1,333
Kali	0,196			=	0,196	1,193	+0,997
	48,961+36,291+1,003+12,455				= 98,710	100,000	

In Bezug auf diese Rechnung sei hier bemerkt, dass ich dieselbe noch ein Mal ausgeführt und zugleich einen kleinen Rech-

nungsfehler verbessert habe, der vornehmlich auf die Olivinbestimmung sich bezieht. Aus den vorliegenden Zahlen ergibt sich, dass in der Feldspathberechnung der Kalk fast ebensoviel zu gross als Natron und Kali zu klein ausgefallen sind; mit andern Worten die von mir gemachte Voraussetzung, dass sich durch die ganze Masse der Lava der Feldspath befinde, der in einzelnen körnigen Krystallen ausgesondert und analysirt wurde, ist nicht streng richtig. Auch an der Summe der Bestandtheile fehlen 1,29 Procent.

Bringen wir, wie sich dieses leicht ergibt, bei dem Sauerstoffgehalt des Kalks die Correction $w + u = - 0,371$, bei dem des Natrons $w = + 0,273$ und bei dem des Kali $u = + 0,098$ in Rechnung, so findet man:

Den Sauerstoff der einzelnen Bestandtheile

	Feldspath	Augit	Olivin	FeFe	Ber.	Beob.	Beob.-Ber.
Kieselerde	16,647+	9,141+	0,215		= 26,003	25,995-	-0,008
Thonerde	5,030+	1,214			= 6,244	6,334+	+0,090
Eisenoxyd	0,104			+ 2,574	= 2,678	2,707+	+0,029
Eisenoxydul		0,776+	0,028+	0,858	= 1,662	1,599-	-0,063
Kalk	1,223	2,216			= 3,439	3,511+	+0,072
Magnesia	0,026	1,983+	0,187		= 0,008	2,204+	+0,008
Natron	0,333				= 0,333	0,404+	+0,071
Kali	0,131				= 0,131	0,202+	+0,071

Die definitive quantitative mineralogische Zusammensetzung mit dem Feldspath der Grundmasse wird alsdann:

	Feldspath	Augit	Olivin	FeFe	Ber.	Beob.	Beob.-Beob.
Kieselerde	31,758+	17,438+	0,410		= 49,606	49,590-	-0,016
Thonerde	10,757+	2,598			= 13,355	13,551+	+0,196
Eisenoxyd	0,345+			8,589	= 8,934	9,031+	+0,097
Eisenoxydul		3,494+	0,125+	3,866	= 7,485	7,202-	-0,283
Kalk	4,300	7,792			= 12,092	12,347+	+0,255
Magnesia	0,066	4,969+	0,468		= 5,503	5,521+	+0,018
Natron	1,298				= 1,298	1,565+	+0,267
Kali	0,772				= 0,772	1,193+	+0,421
					49,296+36,291+1,003+12,455 = 99,045	100,000	

Der mittlere Fehler, der vorhin = $\pm 0,712$ gefunden wurde, ergibt sich jetzt zu $\pm 0,1755$. Endlich leuchtet ein, dass auch der kleine Magnesiagehalt in dem berechneten Feldspath verschwinden kann, wodurch Kali und Natron noch höhere Werthe erhalten, der mittlere Fehler etwas geringer und die Summe aller Bestandtheile grösser werden wird.

In unserm Feldspath ist das Verhältniss des Sauerstoffs der Säure zu dem der Basen genau wie:

$$9,7148 : 3 : 1.$$

Man zerlegt denselben in seine beiden Componenten Anorthit und Kalkalbit, und gelangt zuerst zu den drei Gleichungen:

$$4 U + 12 W = 16,647$$

$$3 U + 3 W = 5,134$$

$$U + W = 1,711$$

Es wird also $W = 1,225$ $U = 0,487$.

Eine der Anorthitanalysen ABICH's ergiebt:

Kieselerde	43,642
Thonerde	35,370
Eisenoxyd	0,677
Kalk	18,865
Magnesia	0,339
Natron	0,568
Kali	0,539
	<hr/>
	100,000

Bei dieser Vertheilung der isomorphen Bestandtheile im Anorthit findet man, dass die beiden Feldspathe sich folgendermaassen verbinden:

	Sauerstoff.		
	Anorthit	Kalkalbit	
Kieselerde	1,948	+ 14,700	= 16,648
Thonerde	1,443	+ 3,587	= 5,030
Eisenoxyd	0,018	+ 0,086	= 0,104
Kalk	0,457	+ 0,766	= 1,223
Magnesia	0,015	+ 0,011	= 0,026
Natron	0,012	+ 0,321	= 0,333
Kali	0,005	+ 0,126	= 0,131

Diese Sauerstoffmengen verhalten sich in der ersten Verticalreihe beim Anorthit wie 4 : 3 : 1, in der zweiten beim Kalkalbit wie 12 : 3 : 1. Die Summe beider entspricht dem Sauerstoff des vorhin gefundenen Feldspaths. Suchen wir nun zu den berechneten Sauerstofftheilen die Erden, so findet man:

	Anorthit	Kalkalbit	Feldspath
Kieselerde	3,716	+ 28,042	= 31,758
Thonerde	3,084	+ 7,673	= 10,757
Eisenoxyd	0,059	+ 0,286	= 0,345
Kalk	1,607	+ 2,693	= 4,300
Magnesia	0,038	+ 0,028	= 0,066
Natron	0,047	+ 1,251	= 1,298
Kali	0,029	+ 0,743	= 0,772
	8,580	+ 40,716	= 49,296

Berechnet man endlich den Anorthit auf 100, so findet man die Analyse ABICH's, dagegen ergibt sich für den Kalkalbit die nachfolgende Zusammensetzung:

Kieselerde	68,873
Thonerde	18,843
Eisenoxyd	0,705
Kalkerde	6,616
Magnesia	0,068
Natron	3,072
Kali	1,823
	<hr/> 100,000

Definitive Zusammensetzung der Gesamtmasse der Thiorsä-lava:

Kalkalbit	= 40,716
Anorthit	= 8,580
Augit	= 36,291
Olivin	= 1,003
FeFe	= 12,455
	<hr/> 99,045

Der Leser dieser Blätter, insofern er nicht an grössere Rechnungen gewöhnt ist, wird unsere eben mitgetheilte Methode vielleicht sehr umständlich finden. Hierüber möchte ich einige Bemerkungen hinzufügen. Ohne Beihülfe von Logarithmen, ich benutze die mit 5 Stellen, ist die Rechnung kaum durchführbar. Indess werden auch für unsere Zwecke vierstellige Logarithmen ausreichen, durch deren Anwendung nicht wenig Zeit gewonnen wird. Sodann ist es durchaus erforderlich zur Berechnung des Sauerstoffs aus den Oxyden und umgekehrt constante, beständig zu addirende Logarithmen zu benutzen. Die Methode der klein-

sten Quadrate lässt sich nicht einfacher ausführen, doch wird man im Allgemeinen, wenn es sich nicht um die feinste Darstellung der Beobachtungen handelt, mit den genäherten Elementen, wie ich sie zuerst gefunden habe, zufrieden sein können. Ohne die ganze Rechnung aufzustellen, kann man bei einiger Uebung an den genäherten Elementen gewisse Correctionen anbringen, die zwar nicht scharf genügen, die aber den Gleichungen schon bei weitem besser entsprechen. Bei der ersten Berechnung unserer Elemente tritt der Umstand fast noch deutlicher hervor als nachher, dass beim berechneten Feldspath die Werthe von Kalk und Magnesia zu gross, die von Kali und Natron zu klein sind.

Wir wollen der Vollständigkeit wegen die Atomengewichte anführen, welche zu unsern Rechnungen benutzt worden sind:

Atomengewicht des Sauerstoffs	=	1,0000
„ der Kieselerde	=	5,7230
„ der Thonerde	=	6,4180
„ des Eisenoxyds	=	10,0105
„ des Eisenoxyduls	=	4,5052
„ des Kalks	=	3,5165
„ der Magnesia	=	2,5019
„ des Natrons	=	3,8972
„ des Kali	=	5,8930

Aus der hier mitgetheilten Untersuchung geht also hervor, dass in quarzfreien krystallinischen Gesteinen, für welche man die neuern Laven halten muss, die quantitative mineralogische Zusammensetzung genau ermittelt werden kann. Im vorliegenden Falle ist sie sogar so genau festgestellt, dass die noch übrig bleibenden Fehler die, welche möglicher Weise in den Analysen begangen werden können, nicht übertreffen. Herr ROTH befindet sich daher wiederum in einem Irrthum, wenn er glaubt, dass das Kali und Natron in meiner Rechnung nicht untergebracht werden könne und wird sich mit den 200 Procent Anorthit, die nach meiner Theorie erfordert würden, auch wohl zufrieden geben.

Uebrigens stellt Herr ROTH einer streng wissenschaftlichen und in sich zusammenhängenden Methode seine subjectiven Ansichten entgegen, ohne sich um das zu kümmern, was aus den Bedingungsleichungen nothwendigerweise folgt. Wenn Herr

ROTH meine Methode als nicht empfehlenswerth bezeichnet, so kann ich darauf erwidern, dass dieselbe nur aus wissenschaftlichem Interesse hervorgegangen ist und auf fremde Empfehlung durchaus keinen Anspruch macht; sie wird sich auch mit der Zeit ohne dieselbe Eingang verschaffen. Schliesslich erlaube ich mir Herrn ROTH daran zu erinnern, dass mit blossem Negiren in der Wissenschaft nichts geleistet wird, es scheint mir daher eine sehr billige Forderung, dass er die Mineralogie und Geologie mit einer bessern Methode bereichere, deren Werth dann nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung beurtheilt werden muss.

Es war mein Streben, in dieser Abhandlung möglichst objectiv zu verfahren, und ich habe daher die Sache obengestellt, davon überzeugt, dass sonst bei Polemik nichts herauskommt. Der Sachkenner wird meine Untersuchung verstehen und ihre Berechtigung nicht verkennen.

Anmerkung der Redaction.

Der bisher von der Redaction befolgten Praxis entsprechend enthält sich der Unterzeichnete, welcher bei der Redaction theilhaftig ist, an dieser Stelle jeder Antwort. Es wird ihm dies um so leichter als auch nach seiner Meinung zwischen Herrn SARTORIUS und ihm jede Verständigung über den fraglichen Gegenstand unmöglich ist und thatsächlich neues Material nicht vorliegt.

ROTH.

Nachtrag zu Seite 81 (oben).

	l.	r.	l.	r.	l.	r.
	$n : m, p, q$		$n : m', p', q'$		$n : m'', p'', q''$	
5.	118°36'		118°46'	118°32'	118°41'	118°58'
	96 9	96° 6'	96 9	93 56	95 56	98 8
	93 54	93 29		90 41	94 35	90 4
		90 13				

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1862-1863

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Sartorius Wolfgang von Waltershausen

Artikel/Article: [Einige Bemerkungen u̇ber die Zusammensetzung der krystallinischen Gesteine. 218-232](#)