

Sonderabdruck aus der Festschrift  
aus Anlaß des  
siebzigjährigen Geburtstages von Cornelio Doelter.

---

# Ueber den Monzonit.

Von F. Becke.

Der verdienstvolle Forscher, dem diese Blätter gewidmet sind, hat sich zu wiederholten Malen mit dem eigenartigen Gestein beschäftigt, das an den berühmten Fundstätten Predazzo und Monzoni in beträchtlichen Massen sich am Aufbau der dort bloßgelegten plutonischen Gesteinsstöcke beteiligt.

In früheren Veröffentlichungen bedeutete ihm der Name Monzonit nur einen Sammelbegriff: Bestandteil des bei Predazzo und Monzoni aufgeschlossenen triadischen Intrusivgesteinstocks, so wie der Name von de Lapparent eingeführt war.

In der wichtigen Arbeit „Der Monzoni und seine Gesteine“ (Sitzungsber. Wien. Akad. **111**, I. 929, 1902) nimmt C. Doelter im Anschluß an G. Tschermak<sup>1)</sup> und W. C. Brögger<sup>2)</sup> den Namen Monzonit als den einer begrifflich feststellbaren Gesteinsart. Er schreibt am angeführten Orte (S. 933):

„Nun läßt sich der Monzonit wirklich auch sehr gut chemisch definieren und es erscheint mir daher besser, den Begriff enger zu fassen und Gesteine über 63—64% SiO<sub>2</sub> nicht mehr als Monzonite zu bezeichnen, auch wenn sie teilweise Plagioklas enthalten, für diese wäre der Name Adamellit brauchbar, den auch Brögger angenommen.“

Zur schärferen Feststellung des Monzonitbegriffes möchte ich im folgenden einen Beitrag leisten, indem ich den Standpunkt, den Doelter in der angeführten Abhandlung einnimmt, festhalte und diese Auffassung von der chemischen und mineralogischen Seite her zu erläutern suche.

Zunächst ist festzustellen, daß jene Gesteine, welche durch Ueberwiegen der dunklen Gemengteile, namentlich Pyroxene charakterisiert sind, vom Monzonit als Gesteinsart getrennt werden müssen, wenn sie auch so mit Monzonit verbunden sind, daß sie zu demselben geologischen Körper hinzu gehören. Das sind also diejenigen Bestandteile der Intrusivmassen von Predazzo und Monzoni, welche als Pyroxenite, Gabbro usw. bestimmt wurden.

---

<sup>1)</sup> G. Tschermak, Porphyrgesteine Oesterreichs (Wien 1869), 112: Aus all den angeführten Beobachtungen geht hervor, daß der Monzonit ein eigentümliches Gestein sei, welches zwischen Syenit und Diorit schwankt, in der Weise, daß es trotz dem beschränkten Vorkommen doch alle Zwischenstufen der Zusammensetzung repräsentiert.

<sup>2)</sup> W. C. Brögger, Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtirol (Klasierna 1895), besonders S. 21.

In bezug auf die Mineralzusammensetzung dieser so umgrenzten Monzonite sind alle neueren Beobachter in ziemlich guter Uebereinstimmung. Die vorherrschenden Gemengteile sind: Magnetit, Pyroxen, Hornblende, Biotit, Plagioklas von mittlerem Anorthitgehalt und ein Alkalifeldspat nebst akzessorischem Apatit und Titanit.

Allgemein ist die Erscheinung, daß unter den dunklen Gemengteilen ein gelblich-grüner Augit als älterer Bestandteil auftritt; Hornblende ist jünger, umrindet häufig den Augit, in den sie auch korrodierend eindringt. Biotit tritt häufig selbständig zu diesen hinzu und ist oft an den Magnetit angeschlossen.

Unter den dunklen Gemengteilen besteht ein schwankendes Mengenverhältnis. In den helleren Abarten herrscht Biotit vor, in den dunkleren Augit und Hornblende.

Man begegnet im Monzonit kaum den violettbraunen Titanaugiten, auch die Hornblende hat in der Regel blaßgrüne Färbung. Mitunter tritt dunkler, grüner Aegirinaugit als äußerste Umhüllung von Pyroxen auf.

Hypersthen wird angegeben, gehört aber nicht zu den regelmäßig auftretenden Gemengteilen. Noch mehr gilt das von Olivin.

Die lichten Gemengteile, die den dunklen gegenüber vorherrschen, bestehen aus idiomorphen Plagioklasen, die nach Beobachtungen, die ich an verschiedenen Schliften machen konnte, zumeist recht merkliche Zonenstruktur mit anorthitreicherem Kern aufweisen, die eingebettet sind in größere xenomorphe Alkalifeldspate. Diese sind in der Regel mit deutlicher Mikroperthitstruktur ausgestattet; die perthitischen Spindeln von albitreichem Plagioklas fand ich zwar manchmal geradlinig in der gewohnten Weise ungefähr parallel der Vertikalaxe angeordnet, öfter aber auffallend gekrümmt, ohne bestimmte Richtung. Der schwach lichtbrechende Feldspatgrund, dem sie eingelagert sind, hat die Orientierung von Orthoklas. Mikroklin habe ich nicht bemerkt und er wird auch, soviel mir erinnerlich, von anderen Beobachtern nicht angegeben.

Das Mengenverhältnis von Plagioklas und Orthoklas schwankt in ziemlich weiten Grenzen, und damit ist auch eine fließende Abgrenzung der Gesteinsart gegen Syenit einerseits, Diorit und Gabbro andererseits gegeben.

Noch ist zweier heller Gemengteile Erwähnung zu tun: Quarz und Nephelin, die sich gegenseitig streng ausschließen, niemals in beträchtlichen Mengen und immer nur als untergeordnete Resterstarrungen auftreten. Quarz gehört durchaus nicht zu den regelmäßigen Bestandteilen der Monzonite; aber er wird öfter, stets in kleinen Mengen als Lückenbüßer zwischen den Feldspaten angetroffen. Nephelin wird viel seltener angegeben; er findet sich in ähnlicher Weise wie der Quarz, ist aber meist nur in zeolithischen Pseudomorphosen vorhanden.

Die Erstarrungsfolge ist jene, die der obigen Aufzählung der Gemengteile entspricht. Erst kristallisieren Apatit, Titanit, Magnetit. Dann folgt Pyroxenbildung, die später unter teilweiser Korrosion der Pyroxenkerne durch Hornblendebildung abgelöst wird. Biotit beginnt an den Magnetit-Kristallen anzuschließen. Gleichzeitig kristallisiert Plagioklas, beginnend mit anorthitreicheren Kernen als der Gesamtzusammensetzung entspricht. Alkalifeldspatsubstanz reichert sich im Schmelzrest an; daraus bilden sich fortschreitend albitreichere Hüllen um die Plagioklaskerne, daher bleibt im Schmelzrest immer mehr Kalifeldspatsubstanz übrig, bis auch für diese der Kristallisationspunkt erreicht ist. In der Regel scheint der Erstarrungsprozeß mit der Bildung der großen xenoplastischen Orthoklastafeln zu enden, die Brögger so trefflich beschrieben und abgebildet hat. Bisweilen enthält der Schmelzrest einen kleinen Ueberschuß von Kieselsäure; dann bildet sich zuletzt noch ein wenig Quarz; oder es ist ein kleines Manko an  $\text{SiO}_2$  da, das führt dann zur Bildung von Aegirin-Augit, seltener zuletzt noch zur Bildung von Nephelin, immer in Begleitung der letzten Feldspatbildung.

Dies ist die mineralogische Charakteristik der Monzonite.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Monzonite gibt es eine große Zahl von Untersuchungen. Hier will ich mich auf zwei Publikationen stützen, die für die Zwecke, die ich hier im Auge habe, mir am geeignetsten zu sein scheinen:

1. R. A. Daly, Average chemical compositions of igneous rock types (Proceed. of the American Academy of Arts and Sciences **14**, No. 7, 1910).

Auf Seite 221 am a. O. gibt R. A. Daly hier das Mittel von 19 Gesteinsanalysen, die in den bekannten Sammelwerken von A. Osann und N. S. Washington als Monzonit-Analysen aufgeführt sind.

2. J. Romberg, Ueber die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine in den Gebieten von Predazzo und Monzoni. Abhandl. der Berliner Akad. 1904.

Hier findet sich außer einer Reihe von Analysen, die Romberg selbst veranlaßt hat, eine sehr vollständige Liste von Gesteinsanalysen aus dem angegebenen Gebiete, die beim Gebrauch mit den Originalen verglichen wurden. Eine Reihe dieser Analysen habe ich bereits im Jahre 1912 berechnet und im 75. Band der Denkschriften der Wiener Akademie die Rechnungsergebnisse publiziert.

Diesen Quellen entnehme ich die folgenden 11 Analysen.

- d) Mittel von 12 Monzonit-Analysen nach Daly.
- b) Monzonit vom Monzoni nach Brögger. Anal. von V. Schmelck, Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtirol (Kristiania 1895), 24.

1. Normal-Monzonit, Westseite des Monte Mulatto. Anal. M. Dittrich. (Romberg Nr. 1, 32.)
2. Monzonit, Shonkinitfacies. Ausläufer im dolomitischen Kalk, Forcella (Canzocoli). Anal. Dittrich und Pohl. (Romberg Nr. 2, 36.)
3. Lichter Monzonit, Uebergang zu Plagioklasit. Nordosten der Avisio-  
brücke, südlich Mezzavalle. Anal. Dittrich und Pohl. (Romberg Nr. 3, 41.)
4. Biotitgabbro. Nordwest-Vorsprung der Malgola. Coronelle. Anal. Dittrich und Pohl. (Romberg Nr. 4, 44.)
5. Quarzmonzonit, grobkörnig. Südseite des Monte Mulatto. Anal. Dittrich. (Romberg Nr. 5, 46.)
6. Hypersthenführender Monzonit, feinkörnig. Südseite des Monte Mulatto, westlich neben Val delle Scandole. Anal. Dittrich und Pohl. Romberg Nr. 6, 49.
7. Syenitischer Monzonit, rotgrau. Am Wege von Malga Gardone zum Agnello. Anal. Dittrich. Romberg Nr. 7, 52.
8. Nephelinmonzonit, theralithähnlich. Val dei Coccoletti, Südost-Seite des Monte Mulatto. Anal. Dittrich. Romberg Nr. 8, 55.
9. Olivinmonzonit. Gang in gabbroidem Monzonit, Nordseite der Riccoletta. Anal. Dittrich und Pohl. Romberg Nr. 9, 61.

|                                | d      | b       | 1     | 2      | 3      | 4     | 5       | 6     | 7      | 8      | 9      |
|--------------------------------|--------|---------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|
| Si O <sub>2</sub>              | 55,25  | 54,20   | 52,64 | 51,13  | 51,54  | 47,60 | 58,38   | 57,32 | 53,75  | 46,47  | 48,88  |
| Ti O <sub>2</sub>              | 0,60   | 0,40    | 1,10  | 0,97   | 0,68   | 1,50  | 1,01    | 1,08  | 0,99   | 1,21   | 1,17   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,53  | 15,73   | 14,96 | 12,79  | 22,46  | 17,23 | 16,24   | 17,35 | 17,48  | 18,77  | 16,99  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,03   | 3,67    | 4,44  | 4,34   | 3,59   | 4,31  | 1,63    | 3,23  | 4,56   | 3,55   | 4,73   |
| Fe O                           | 4,37   | 5,40    | 5,63  | 5,09   | 2,71   | 7,20  | 4,85    | 4,04  | 3,71   | 4,83   | 6,88   |
| Mn O                           | 0,15   | 0,70    | 0,22  | 0,21   | 0,22   | 0,23  | 0,18    | 0,08  | 0,17   | Sp.    | 0,39   |
| Mg O                           | 4,20   | 3,40    | 3,92  | 3,60   | 1,86   | 6,07  | 2,41    | 2,63  | 3,20   | 3,90   | 4,37   |
| Ca O                           | 7,19   | 8,50    | 7,82  | 12,39  | 9,29   | 9,70  | 4,57    | 5,87  | 5,82   | 7,28   | 10,02  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,48   | 3,07    | 3,82  | 2,58   | 3,63   | 2,62  | 3,98    | 3,53  | 3,15   | 3,73   | 3,56   |
| K <sub>2</sub> O               | 4,11   | 4,42    | 3,98  | 5,12   | 2,15   | 1,74  | 5,36    | 4,06  | 3,71   | 4,65   | 2,17   |
| H <sub>2</sub> O               | 0,66   | 0,50    | 1,17  | 0,74   | 1,40   | 1,36  | 0,89    | 0,55  | 2,14   | 4,93   | 0,63   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,43   | ca.0,50 | 0,27  | 1,26   | 0,46   | 0,41  | 0,20    | 0,17  | 0,24   | 0,14   | 0,35   |
| Sonst                          | —      | —       | —     | —      | * 0,12 | —     | ** 0,38 | —     | * 0,79 | * 0,34 | —      |
|                                | 100,00 | 100,50  | 99,97 | 100,22 | 100,11 | 99,97 | 100,08  | 99,91 | 99,71  | 99,80  | 100,14 |

\* CO<sub>2</sub>    \*\* ZrO<sub>2</sub>

Aus diesen Zahlen wurden folgende Dreieckkoordinaten berechnet:

1. Im Basendreieck nach Osann, modifiziert von F. Becke<sup>1)</sup> die Größen: a<sub>0</sub>, c<sub>0</sub>, f<sub>0</sub>. Es bedeutet A<sub>0</sub> die aus den Molekularquotienten berechnete Zahl der Atomgruppen NaAlO<sub>2</sub> + KAlO<sub>2</sub>, C<sub>0</sub> die Zahl der Atom-

<sup>1)</sup> Vergl. F. Becke, Denkschr. Wiener Akademie 75, 212.

gruppen  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ,  $F_0$  die Zahl der übrigbleibenden Gruppen  $\text{Ca}_2\text{O}_2 + \text{Mg}_2\text{O}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_2$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wurde in  $\text{Fe}_2\text{O}_2$  umgerechnet. Dann ist:

$$a_0 = \frac{100 A_0}{A_0 + C_0 + F_0}, c_0 = \frac{100 C_0}{A_0 + C_0 + F_0} \quad f_0 = \frac{100 F_0}{A_0 + C_0 + F_0}$$

2. Im Feldspatdreieck AnAbOr die Größen An, Ab, Or:

$$\text{An} = \frac{100 \cdot \text{CaAl}_2\text{O}_4}{\text{NaAlO}_2 + \text{KAlO}_2 + \text{CaAl}_2\text{O}_4}, \text{Ab} = \frac{100 \cdot \text{NaAlO}_2}{\text{NaAlO}_2 + \text{KAlO}_2 + \text{CaAl}_2\text{O}_4}$$

$$\text{Or} = \frac{100 \cdot \text{KAlO}_2}{\text{NaAlO}_2 + \text{KAlO}_2 + \text{CaAl}_2\text{O}_4}$$

3. Im CaMgFe-Dreieck, die Verhältnisse der in F zusammengefaßten Basen:

$$\text{Ca} = \frac{100 \cdot \text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}} \quad \text{Mg} = \frac{100 \cdot \text{Mg}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}} \quad \text{Fe} = \frac{100 \cdot \text{Fe}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}}$$

Die Molekularquotienten wurden bei 1—9 der Arbeit von Romberg entnommen.

s bedeutet die Molekularprocente  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ .  $s_0$  den Sättigungswert, welcher sich für  $\text{SiO}_2$  ergibt, wenn die A und C als Feldspate, die F als Silikate  $\text{RSiO}_3$  gerechnet werden.

|                             |   | $a_0$ | $c_0$ | $f_0$ | An | Ab | Or | Ca | Mg | Fe | s    | $s_0$ | $s-s_0$ |
|-----------------------------|---|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|------|-------|---------|
| Normal-Monzonit             | d | 50    | 16    | 34    | 24 | 43 | 33 | 24 | 39 | 37 | 60,8 | 62,5  | -1,7    |
|                             | b | 48    | 14    | 38    | 22 | 40 | 38 | 31 | 27 | 42 | 59,4 | 62,0  | -2,6    |
|                             | 1 | 50    | 10    | 40    | 17 | 49 | 34 | 29 | 30 | 41 | 58,7 | 62,5  | -3,8    |
| Shonkinitfacies . . .       | 2 | 45    | 7     | 48    | 13 | 38 | 49 | 47 | 22 | 31 | 56,4 | 61,3  | -4,9    |
| Plagioklasit . . . . .      | 3 | 43    | 36    | 21    | 46 | 39 | 15 | 17 | 30 | 53 | 59,0 | 60,7  | -1,7    |
| Biotit-Gabbro . . . . .     | 4 | 29    | 26    | 45    | 47 | 37 | 16 | 17 | 41 | 42 | 53,2 | 57,3  | -4,1    |
| Quarzmonzonit . . . . .     | 5 | 64    | 10    | 26    | 14 | 46 | 40 | 22 | 21 | 47 | 65,8 | 66,0  | -0,2    |
| Hypersthen-Monz. . . . .    | 6 | 54    | 19    | 27    | 26 | 42 | 32 | 18 | 53 | 49 | 64,2 | 63,5  | +0,7    |
| Syenit-Monzonit . . . . .   | 7 | 49    | 22    | 29    | 31 | 39 | 30 | 11 | 37 | 52 | 61,9 | 62,3  | -0,4    |
| Nephelin-Monzonit . . . . . | 8 | 52    | 17    | 31    | 25 | 41 | 34 | 21 | 37 | 42 | 55,4 | 62,9  | -7,5    |
| Olivin-Monzonit . . . . .   | 9 | 38    | 20    | 42    | 35 | 46 | 19 | 26 | 30 | 44 | 54,3 | 59,4  | -5,1    |

Zum besseren Vergleich mit den häufigeren normalen Gesteinsarten setze ich die entsprechenden Werte her, die aus den Daly'schen Mittelzahlen berechnet wurden.

| Pazifische Hauptreihe | $a_0$ | $c_0$ | $f_0$ | An | Ab | Or | -Al<br>+Ca | Mg | Fe | s    |
|-----------------------|-------|-------|-------|----|----|----|------------|----|----|------|
| Alaskit . . . . .     | 99    | 3     | 8     | 4  | 51 | 45 | -54        | 4  | 37 | 83,0 |
| Granit . . . . .      | 69    | 14    | 17    | 17 | 47 | 36 | -27        | 25 | 48 | 77,1 |
| Granodiorit . . . . . | 56    | 23    | 21    | 29 | 51 | 20 | +11        | 43 | 46 | 71,4 |
| Quarzdiorit . . . . . | 41    | 28    | 31    | 40 | 42 | 18 | 9          | 46 | 45 | 65,5 |
| Diorit . . . . .      | 43    | 24    | 33    | 36 | 45 | 19 | 14         | 43 | 43 | 62,8 |
| Gabbro . . . . .      | 24    | 30    | 46    | 55 | 37 | 8  | 19         | 49 | 32 | 52,1 |
| Peridotit . . . . .   | 7     | 6     | 87    | —  | —  | —  | 9          | 76 | 15 | 41,5 |

| Atlantische Reihe       | a <sub>0</sub> | c <sub>0</sub> | f <sub>0</sub> | An | Ab | Or | -Al<br>+Ca | Mg | Fe | s    |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----|----|----|------------|----|----|------|
| Nephelin-Syenit . . . . | 84             | 1              | 15             | 1  | 69 | 30 | 30         | 15 | 55 | 63,3 |
| Essexit . . . . .       | 53             | 14             | 33             | 17 | 63 | 20 | 30         | 27 | 43 | 54,6 |
| Shonkinit . . . . .     | 43             | 5              | 52             | 10 | 40 | 50 | 34         | 41 | 25 | 52,9 |
| Theralith . . . . .     | 48             | 5              | 47             | 19 | 60 | 21 | 31         | 32 | 37 | 52,7 |

In Fig. 1 sind die Normal-Monzonite mit vollen Punkten, die vom Normal-Monzonit abweichenden Uebergangsgesteine mit leeren Ringeln, die Daly'schen Mittel mit kleineren Ringeln eingetragen. Die mit starken Ringen eingetragenen Analysenorte werden später besprochen werden. Die gerade Linie, die im SiO<sub>2</sub>-Felde die Punkte 75 und 50 verbindet, entspricht dem Sättigungsniveau.

Die Analysenpunkte der typischen Monzonite d, b, l fallen im Basendreieck zwischen die Bogenlinie, welche die Analysenörter der pazifischen Tiefengesteine verbindet und die Dreieckseite A – F längs der sich die Analysenörter der atlantischen Gesteine hinziehen.

Im SiO<sub>2</sub>-Feld liegen sie beträchtlich unter dem SiO<sub>2</sub>-Niveau der pazifischen Gesteine, sogar etwas unter der Sättigungsgeraden. Dies muß so sein, da der Monzonit eine merkliche Menge von Magnetit enthält, dessen in F mitgezähltes Eisen keine Kieselsäure bindet; das Sättigungsniveau ist aber unter der Voraussetzung gerechnet, daß alle in A zusammengefaßten Basen Alkalifeldspat bilden, alle in C zusammengefaßten Anorthit-substanz und alle in F zusammengezeichneten Silikate nach der Formel

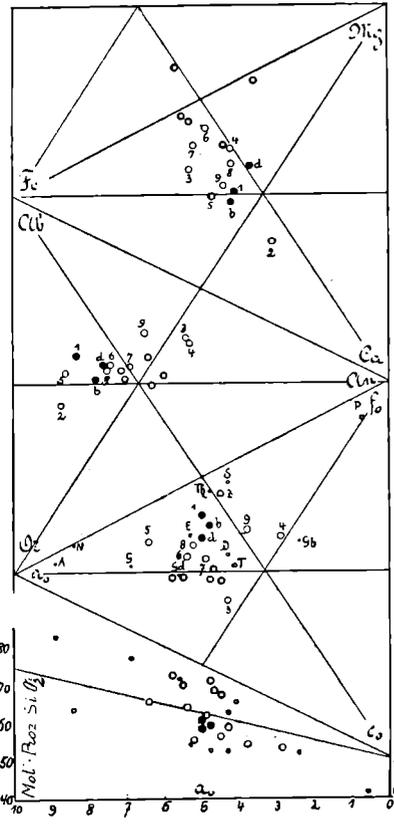


Fig. 1

RSiO<sub>3</sub>. Im selben Sinn wie Magnetit wirkt auch die Anwesenheit von Biotit und von tonerdehaltigem Pyroxen und Amphibol.

Im Dreieck der Feldspatbasen (An Ab Or) nähern sich die Analysenpunkte dem Gleichgewicht zwischen Ab und Or. Würden Plagioklas und Orthoklas sich reinlich scheiden, so müßte Oligoklas-Andesin

von 25 — 35 Proz. An neben Orthoklas vorhanden sein. Allein dies trifft, wie die Beobachtung lehrt, nicht zu. Der Plagioklas der Monzonite ist anorthitreicher, der Alkalifeldspat ist wohl immer ein Mikroperthit. Dies harmoniert völlig mit der Lage der Punkte d, b, l im Feldspatdreieck.

Ueber die Zusammensetzung der in F zusammengefaßten Basen gibt die Lage der Punkte im obersten Dreieck FeMgCa Auskunft. Die Eintragung kommt dem Gleichgewicht dieser drei Stoffe ziemlich nahe. Wenn man vergleicht, welches Verhältnis Granodiorit, Diorit, Tonalit also die typischen Vertreter pazifischer Magmen, darbieten, bemerkt man sofort, daß im Monzonit der Gehalt an Ca beträchtlich höher, der an Mg merklich geringer ist. Das steht in bestem Einklang damit, daß monokliner Augit als herrschender dunkler Gemengteil auftritt und rhombische Pyroxene fast ganz zurücktreten.

Die Analysenörter der vom typischen Monzonit abweichenden Uebergangsvarietäten umgeben wie ein Schwarm die enggeschlossene Gruppe der typischen Monzonite, und die chemischen Unterschiede stehen in einem leicht verfolgbaren Zusammenhang mit den mineralogischen Abweichungen.

Der Quarzmonzonit 5 liegt im Basendreieck näher an A, sollte also an Alkalifeldspat reicher, der auftretende Plagioklas ärmer an Anorthitsubstanz sein. Romberg gibt leider über das Verhältnis von dunklen zu hellen Gemengteilen nichts genaueres an, ebenso vermißt man genauere optische Bestimmungen der Plagioklase. Im allgemeinen dürfte aber die aus der Analyse gezogene Schlußfolgerung Stich halten.

Im selben Sinn weicht auch der Hypersthen-Monzonit 6 ab. Der Anorthitgehalt der Plagioklase sollte hier etwas größer sein. Im  $\text{SiO}_2$ -Feld liegt der Analysenpunkt etwas über der Sättigungslinie. Es muß also Quarz vorhanden sein, den auch Romberg bestätigt. Interessant ist die Lage des Punktes im F-Dreieck. Unter allen hier diskutierten Analysen hat dieses Gestein den größten verhältnismäßigen Mg-Gehalt.

Nun kommen wir zum Nephelin-Monzonit 8. Im Basendreieck weicht er nur wenig vom Normal-Monzonit ab. Im Feldspatdreieck liefert er einen Analysenpunkt, der auf Zunahme des Anorthitgehaltes im Plagioklas hindeutet. Leider geben wiederum Romberg's Beschreibungen dafür keinen Anhaltspunkt. Sehr gut stimmt aber mit dem Gehalt an Nephelin unter den Resterstarrungen das niedrige  $\text{SiO}_2$ -Niveau, welches nahezu der Mittelzahl der Essexite entspricht. Romberg möchte diese Varietät theralithischen Monzonit nennen. Mir will scheinen, daß noch größer die Verwandtschaft zu den essexitischen Gesteinen sei.

Ueber die Natur des syenitischen Monzonits kann ich aus Romberg's Beschreibung und aus der Analyse kein bestimmtes Urteil gewinnen. Vielleicht ist die Analyse durch Zersetzung des Gesteins entstellt.

Sehr gut paßt zu der Beschreibung Romberg's der shonkinische Monzonit 2. Im Basendreieck wie im  $\text{SiO}_2$ -Feld liegt der Analysenpunkt zwischen der Gruppe der Normal-Monzonite und dem Mittelwert der Shonkinite nach Daly. Die Untersättigung mit  $\text{SiO}_2$  wird hier durch das Auftreten von jüngerem Aegirin-Augit wett gemacht. Im Dreieck der F-Basen macht sich der Reichtum an Augit durch das Abrücken gegen das Ca-Eck bemerkbar, im Dreieck der Feldspate rückt der Analysenpunkt in das Orthoklasfeld, wie es die petrographische Beschreibung erfordert.

Der lichte Monzonit, Uebergang zu Plagioklasit 3, zeigt im Basendreieck die Annäherung an die Anorthosite, deren Analysenpunkte in die an c anliegenden Teildreiecke fallen sehr deutlich. Das Vorrherrschen der Plagioklase über Orthoklas spricht sich deutlich im Feldspatdreieck aus. Der Plagioklas sollte hier An-reicher als Labrador sein, dies berechnet auch Romberg aus der Analyse ( $\text{Ab}_3\text{An}_4$ ); schade, daß keine optische Bestimmung vorliegt. Das Gestein kommt der Sättigungslinie recht nahe, sollte also weder Quarz noch Nephelin oder Aegirin-Augit unter den Mineralen der Resterstarrung enthalten.

Der Olivin-Monzonit 9 und der Biotit-Gabbro 4 bilden unverkennbare Uebergänge zu den gabbroiden Gesteinen; dies ist am klarsten im Basendreieck und im  $\text{SiO}_2$ -Feld zu erkennen, aber auch im Feldspatdreieck spricht sich dieses Verhältnis aus; weniger gut, wenigstens was 9 betrifft, in dem Dreieck der F-Basen.

Durch eine Diskussion der chemischen Zusammensetzung und des damit in Einklang stehenden Mineralbestandes kann gezeigt werden, daß es möglich ist, mit dem Namen Monzonit einen bestimmten Gesteinsbegriff zu verbinden.

Monzonit ist ein Tiefengestein von körniger Textur, dessen wesentliche Gesteinsgemengteile sind:

Magnetit, Augit, Hornblende, Biotit, Plagioklas von der Durchschnittszusammensetzung eines Andesin, perthitischer Orthoklas; als Restkristallisation kleine Mengen entweder von Quarz oder von Aegirin-Augit oder Nephelin. Akzessorisch Apatit, Titanit. Erstarrungsfolge entsprechend der obigen Aufzählung. Dunkle und helle Gemengteile, ebenso Plagioklas und Orthoklas halten einander ungefähr das Gleichgewicht.

Chemisch läßt sich Monzonit am besten durch die Lage des Analysenpunktes definieren:  $a_0 : c_0 : f_0$  (in dem Sinne, wie diese Bezeichnung hier gebraucht wurde)  $5 \cdot 0 : 1 \cdot 5 : 3 \cdot 5$ ,  $s = 60$ ,  $\text{An} : \text{Ab} : \text{Or} = 20 : 45 : 35$ ,

Ca : Mg : Fe = 30 : 30 : 40. Der Gehalt an SiO<sub>2</sub> schwankt um den Sättigungswert, so daß je nach dem Sinn dieser Schwankung als Restkristallisation neben Feldspat entweder ein kleiner Kieselsäureüberschuß zu Quarz erstarrt, oder ein kleiner Kieselsäureabgang zur Bildung von Alkaliaugit oder Nephelin Anlaß gibt.

Diese Stellung des Monzonit-Magmas läßt es begreiflich erscheinen, daß am salischen Ende der Differentiationsreihe einerseits quarzführende Gesteine (Granit, Orthoklasporphyre), andererseits Nephelin führende (Nephelinsyenitporphyre) entstehen, daß vom Monzonit ab einerseits ein aufsteigender Ast im SiO<sub>2</sub>-Feld sichtbar wird, andererseits ein absteigender sich anschließt, der, je mehr er sich der Ecke A nähert, desto weiter unter der Sättigungslinie bleibt.

Als eine unrichtige Anwendung des Monzonit-Namens muß es erscheinen, wenn diese Bezeichnung angewendet wird auf Gesteine, die ihrer Zusammensetzung nach in die pazifische Hauptreihe gehören. Dies ist der Fall bei den Gesteinen, die R. Staub in der sonst so trefflichen Arbeit „Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge“<sup>1)</sup> mit dem Namen Monzonit belegt.

Um den Unterschied aufzuweisen, ist in der Figur 1 der Analysenort der von Staub mitgeteilten Analysen dieser „Monzonite“ des Berninagebietes eingetragen; außerdem wurden zwei „Banatit“-Analysen aufgenommen; diese Gesteine sind nach Staub durch unmerkliche Uebergänge mit den „Monzoniten“ verbunden, und nach seiner Aussage hauptsächlich durch etwas höheren Kieselsäuregehalt unterschieden. Mineralogisch unterscheiden sich die beiden Gruppen dadurch, daß die „Banatite“ als dunklen Gemengteil hauptsächlich Biotit, die „Monzonite“ Hornblende führen. Beide enthalten mit freiem Auge sichtbare glasglänzende Körner von Quarz.

Folgende Tabelle enthält die aus den Staub'schen Analysen berechneten Zahlen<sup>2)</sup>:

|                            | a <sub>0</sub> | c <sub>0</sub> | f <sub>0</sub> | An | Ab | Or | —Al<br>+Ca | Mg | Fe | S    | S <sub>0</sub> | S—S <sub>0</sub> |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----|----|----|------------|----|----|------|----------------|------------------|
| Hornblende-Monzonit        | 47             | 26             | 27             | 36 | 39 | 25 | + 4        | 43 | 53 | 68,1 | 61,8           | +6,3             |
| Vadret da Roseg            | 45             | 30             | 25             | 40 | 32 | 28 | —12        | 43 | 45 | 67,5 | 61,2           | +6,4             |
| Monzonit-Randfazies . . .  | 48             | 28             | 24             | 37 | 31 | 32 | + 2        | 62 | 36 | 71,0 | 62,0           | +9,0             |
| Banatit Vadret da Roseg .  | 55             | 24             | 21             | 30 | 36 | 34 | + 2        | 43 | 55 | 70,0 | 63,8           | +6,2             |
| Banatit-Randfazies . . . . | 58             | 23             | 20             | 29 | 39 | 32 | +15        | 41 | 44 | 72,6 | 64,5           | +8,1             |

<sup>1)</sup> Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1915, S. 159 u. f.

<sup>2)</sup> Die zweite hier angeführte Analyse liefert einen nicht unbeträchtlichen Tonerdeüberschuß. Die in F zusammengefaßten Stoffe sind daher nicht CaMgFe, sondern AlMgFe und der darstellende Punkt rückt in das oberste Dreieck von dem in Figur 1 nur die untere Hälfte gezeichnet ist.

Die entsprechenden Punkte sind in Fig. 1 mit starken Ringen eingetragen.

Wie man sieht, liegen die Analysenpunkte dieser Gesteine ganz anders als die Normal-Monzonite, auch anders als der Quarzmonzonit 5, und zwar in allen Dreiecken. In allen Verhältnissen treten die Merkmale der pazifischen Hauptreihe hervor. Die „Banatite“ stimmen ziemlich gut mit dem Granodioritmittel. Die „Monzonite“ liegen zwischen Granodiorit und Tonalit.

Staub hat keine Monzonite analysiert, sondern etwas kalireiche und daher Orthoklas führende Quarzdiorite.

Dieser in neuerer Zeit öfter vorkommende, und wie ich meine, unzumutbare Gebrauch des Namens Monzonit für Gesteine der pazifischen Hauptreihe dürfte darin seinen Grund haben, daß man auf die Aussage Bröggers, die Monzonite seien Orthoklas-Plagioklasgesteine allzuviel Gewicht legt, und das nicht minder wichtige Merkmal des mittleren Kieselsäuregehaltes, der ziemlich genau der Sättigung entspricht, zu wenig beachtet. Vielleicht ist auch die ausschließliche Benützung des Osann'schen Basendreiecks ohne Berücksichtigung des Kieselsäurefeldes Veranlassung zu der unzumutbaren Ausdehnung des Monzonitbegriffes.

Entscheidend ist übrigens die Gesteinsgesellschaft, die Sippe, in der die betreffenden Gesteinsarten auftreten. Trägt man einerseits die Predazzo-Monzonitgesteine, andererseits Staub's Analysen vom Berninastock in das Basendreieck  $a_0 c_0 f_0$  und ins Kieselsäurefeld ein, so erhält man, wie ich für Predazzo-Monzoni gezeigt habe, einen Streifen, in welchem die Analysenpunkte in einem wesentlich tieferen, mittleren Niveau liegen, als der pazifischen Hauptreihe entspricht, die etwa durch meine Darstellung der Tonalitgesteine oder durch die Daly'schen Mittelwerte repräsentiert wird<sup>1)</sup>.

Es sind tatsächlich verschiedene Gesellschaften, und man tut der petrographischen Systematik keinen Dienst, wenn man Gesteinsbegriffe, die in der einen Reihe eine naturgemäße Bedeutung haben und ein notwendiges Glied der Mannigfaltigkeit darstellen, gegen die Natur auf eine ganz andere Sippschaft ausdehnt.

---

<sup>1)</sup> Man vergleiche hierzu meine Darstellung ausgewählter Gesteine von Predazzo-Monzoni in den Denkschriften der Wiener Akademie 75, 228. Staub's Analysen der Berninagesteine geben ein Bild vergleichbar jenem der Tonalitgesteine S. 217.