

Der Chemismus der zentralen Aargranite

Autor(en): **Niggli, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **4 (1924)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6400>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Chemismus der zentralen Aargranite.

Von *Paul Niggli*.

(Mit Analysen von J. Jakob und S. Parker.)

Mit 3 Figuren im Text.

Die schweizerischen Geologen und Petrographen unterscheiden im Aarmassiv eine Zone des sogenannten zentralen Aaregranites. Sie erstreckt sich von westlich des Bietschhornes im Wallis bis in das Gebiet des Tödi, d. h. auf eine Länge von rund 100 km. Der eigentliche zentrale Aaregranit von oberkarbonischem Alter, der auf der ganzen Länge aufgeschlossen ist, erscheint im Großen wenig variabel. Mit Leichtigkeit kann man ihn im Handstück wiedererkennen. In der Hauptsache ist er ein ziemlich quarzreicher Biotitgranit, der während der alpinen Faltung, unter Bildung von Sandquarz, Sericit, Chlorit und Epidot, etwas epimetamorphosiert wurde. Vom Standpunkte der Eruptivgesteinssystematik erscheint es wertvoll, nachzuprüfen, ob dieser für den kartierenden Geologen als eine Gesteinsart erscheinende Masse gewisse chemische Charakteristika zukommen. Eine derartige Untersuchung mag auch deshalb für den zentralen Aaregranit zweckmäßig sein, weil sie zugleich zeigt, ob eine relativ geringfügige Epimetamorphose die chemischen Verhältnisse zu verändern vermag. Schließlich war sie für die in dieser Zeitschrift erscheinenden, so überaus wertvollen Arbeiten von H. Hirsch notwendig. Es soll daher im folgenden über analytisch-chemische Untersuchungen, die im mineralchemischen Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule ausgeführt wurden, berichtet werden. Auf die speziellen petrographischen, mineralogischen und geologischen Verhältnisse kann und soll hier nicht näher eingegangen werden. Es sind ja vom mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern eine ganze Anzahl eingehender Arbeiten über das Gebiet erschienen, und weitere umfassende Untersuchungen sind im Gange. Nachdrücklich sei auf diese grundlegenden Arbeiten aufmerksam gemacht. Im besonderen seien hier die folgenden erwähnt:

- Walter Fehr: Petrographisch-geologische Untersuchungen im zentralen Teil der südlichen Gneise des Aarmassivs. Jahrb. der Philosoph. Fakultät II der Univers. Bern, Bd. III, 1923. S. 151—157.
- Max Huber: Intrusions- und Kontakterscheinungen im Oberhasle. Beitrag zur Petrographie und Geologie des mittleren Aarmassives. Jahrb. der Philosoph. Fakultät II der Univers. Bern, Bd. II, 1922. S. 205—217.
- E. Hugli: Kontaktschollen im „Gneis“ des obern Lauterbrunnentales. Verhandl. d. Schweiz. Naturforsch. Ges., 1914, II. Teil. Sektion f. Geologie, Mineralogie und Petrographie. S. 154—161.
- Petrographische Beobachtungen und neue Mineralfunde aus der Umgebung von Guttannen. Mitteil. der Naturforsch. Ges. in Bern. Sitzung vom 8. Februar 1919.
- Zur Petrographie und Mineralogie des Aarmassives. Vorträge zu den Verhandl. der Schweiz. Naturforsch. Ges., Lugano 1919.
- Zur Petrographie und Mineralogie des Aarmassivs. Eclogae geolog. Helvetiae, Vol. XV, No. 4, 1920.
- Pneumatolytisch-hydrothermale Wirkungen alpiner Granitintrusionen. Eclogae geolog. Helvetiae. Vol. XVI, No. 4, 1921.
- Das Aarmassiv, ein Beispiel alpiner Granitintrusion. Verhandlungen der Schweiz. Naturforsch. Ges., 1922, II. Teil, S. 86—109.
- Über einige Gesteins- und Mineralvorkommnisse der Wasserstollen des Kraftwerkes Amsteg (Uri). Schweizer. Mineral. und Petrogr. Mitteil., Bd. III, 1923, S. 263—297.
- H. Huttenlocher: Vorläufige Mitteilung zur Petrographie und Geologie des westlichen Aarmassives. Mitteil. der Naturforsch. Ges. in Bern, 1921, Heft 1.

Man findet in ihnen weitere Literaturangaben. Den Herren M. Huber und H. Hirschi sei noch besonders für Zusendung von Material gedankt. So wurde diese Ergänzung nach der chemischen Seite ermöglicht.

Eine Zusammenstellung der 14 neuen Gesteinsanalysen, von denen sich nur 9 auf den eigentlichen zentralen Aaregranit beziehen, enthält das an dieser Stelle zu diskutierende Material (Tabelle 1).

1. Grimselgranit, Gelmergasse, an der Straße oberhalb Handeck. Analyse an Pulver ausgeführt, das von H. Hirschi zu radioaktiven Messungen benutzt wurde.
2. Südlicher Grimselgranit. Südlich, nahe Grimselpaßhöhe. Maienwand. Außerhalb der Resorptionszone. Analyse an Pulver ausgeführt, das von H. Hirschi zu Radioaktivitätsbestimmungen benutzt wurde.
3. Mittagsfluhgranit. Direkt östlich dem d von Grünwald, Blatt 397. In „Hornblendeschieferzone“. Quarz, Kalifeldspat (Orthoklas, wenig Mikroklin, Perthit), Albit bis Albit-Oligoklas, Biotit, Chlorit, Apatit, Zirkon, Orthit. Gesammelt von M. Huber.
4. Handeckgranit. Talstufe unterhalb Hotel Handeck. Felsen an der Straße. Mittelkörnig, etwas flaserig. Albit-Oligoklas, Ortho-

Tabelle 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	77,04	75,39	73,79	73,88	73,48	73,20	71,00	70,32	64,65	52,93	65,46	67,30	66,88	62,60
TiO ₂	0,26	0,29	Sp.	0,40	0,44	0,15	0,36	0,09	1,06	2,42	1,06	0,71	1,14	1,48
P ₂ O ₅	0,18	0,19	Sp.	0,10	0,08	0,16	0,29	Sp.	0,23	0,43	0,35	0,63	0,14	0,30
Al ₂ O ₃	11,97	12,97	14,01	13,54	13,04	14,12	13,96	15,56	16,37	15,21	15,78	15,77	13,39	16,34
Fe ₂ O ₃	1,01	0,95	0,00	0,05	1,24	1,38	1,98	1,42	1,63	1,95	2,99	1,19	0,30	0,46
FeO	0,86	1,27	1,62	1,68	1,33	1,13	1,60	2,10	2,92	8,87	3,39	2,58	4,48	5,34
MnO	0,07	0,09	0,04	0,05	0,04	0,11	0,11	0,05	0,14	0,03	0,08	0,17	0,02	0,08
MgO	0,02	0,07	0,04	0,33	0,21	0,07	0,11	0,44	1,10	5,37	0,50	0,61	2,67	1,35
CaO	0,58	0,53	0,45	1,00	1,31	1,02	1,82	2,72	3,26	4,74	3,14	1,08	1,73	1,14
Na ₂ O	3,23	3,01	4,30	3,66	4,11	3,91	3,43	4,29	4,92	3,86	1,82	4,99	3,82	3,58
K ₂ O	4,35	5,13	5,12	5,38	4,64	5,08	5,29	2,64	3,08	2,62	4,69	4,10	3,47	4,18
+ H ₂ O	0,29	0,46	0,40	0,37	0,35	0,21	0,54	0,36	0,70	1,64	0,52	0,81	1,64	2,60
- H ₂ O	0,00	0,02	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,16	0,03	0,08	0,06
BaO	—	0,07	0,07	0,00	—	—	—	—	—	—	—	—	CO ₂ 0,61	—
Summe	99,86	100,44	99,82	100,48	100,30	100,54	100,49	100,01	100,06	100,10	99,94	99,97	100,37	99,51
Spezif. Gew.	—	—	2,62	2,64	2,63	2,62	2,67	2,66	—	2,85	2,73	2,68	2,69	2,77
Analytiker	J. Jakob			S. Parker			J. Jakob		S. Parker		J. Jakob		S. Parker	

- klas, Perthit (Mikroklin), Quarz, Biotit, Chlorit, Epidot (relativ frisch), Orthit, Zirkon, Titanit, Apatit. Gesammelt von M. Huber.
5. Grimselgranit, Rätherichsboden an der Stockstege. Albit-Oligoklas, Orthoklas, Perthit, Biotit, Chlorit, Epidot, Orthit, Zirkon, Titanit mit Kernen von Titaneisen, Apatit. Gesammelt von M. Huber.
 6. Granit vom Wassener Wald, rechtes Reußufer, Gurtellen. Massiges, mittel- bis grobkörniges, nicht stark kataklastisches Gestein. Druckfestigkeit 1742 kg. Spezifisches Gewicht 2,62—2,63. Wasseraufnahme in % des Steingewichtes 0,5 %.
 7. Granit von Am Bühl, Göschenertal. Massig bis schwach schiefrig. Mittelkörnig. Normaler „Protogin“.
 8. Feinkörniger, porphyrischer Granit. Gang innerhalb der Augengneise. Nördlich der Brücke bei den beiden Grimselseen. Darin „Lamprophyrschollen“. Orthoklas und Biotit in Grundmasse von Orthoklas, Mikroklin, Oligoklas bis Andesin, Körnelquarz, Biotit, Chlorit, Sericit, Titanit, Titaneisen, Epidot, Zoisit, Orthit.
 9. Grimselgranit, Spitalamm, oberer Teil der Schlucht, Straße westlich Nollen unterhalb Grimselospiz. Gesteinspulver, von H. Hirschi zu radioaktiven Bestimmungen benutzt.
 10. Lamprophyrähnliches Gestein. Grimsel. Gesammelt von M. Huber.
 11. Augengneis. Nördlich Grimselospiz, südöstlich der Grimselseen. Orthoklas, Perthit (Mikroklin), Plagioklas (Schachbrettalbit), Quarz, Biotit, Sericit, Chlorit, Calcit, Titanit, Orthit. Gesammelt von M. Huber.
 12. Sogenannter Basischer Granit, Voralp. Bereits von O. Fischer analysiert. Neue Analyse.
 13. Innertkirchner Granit. Relativ feinkörnig, noch massig. Jedoch bereits starke Epimetamorphose (Epidot, Chlorit, Sericit). Gesammelt von M. Huber.
 14. Feinschieferiger, gepreßter Innertkirchner Granit. Gesammelt von M. Huber.

Die neuen Analysen 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 des zentralen Aaregranites stammen von Gesteinen des Aaretales und der Grimsel, ziemlich aus der Mitte des langgestreckten Massives, 6 und 7 entsprechen Gesteinen des Reußtales, dem östlichen großen Quertal durch das Massiv. Wir werden später zum Vergleich ältere Analysen aus dem westlichen Teil und aus dem östlich der Reuß gelegenen Teil heranziehen können. Schon die Betrachtung der gewichtsprozentischen Verhältnisse der Analysen 1 bis 9 überzeugt von der engen Verwandtschaft der analysierten Gesteine. Nahezu gleich sind die Werte der Analysen 2 bis 7. Sie charakterisieren die Hauptmasse des Zentralgranites. SiO_2 liegt zwischen 75,5 und 71 %, Al_2O_3 zwischen 13 und 14 %, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ zwischen 1,6 und 3,6 %, MgO zwischen 0,04 und 0,33 %, CaO zwischen 0,45 und 1,82 %, Na_2O zwischen 3 und 4,3 %, K_2O zwischen 4,6 und 5,4 %. Es handelt sich also um re-

Tabelle 2.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	Schnitt	<i>ti</i>	<i>p</i>	<i>h</i>	Magma
1.	506	46,5	10,5	4	39	0,47	0,03	0,37	III	1,3	0,5	6,4	engadinitisch mit An- klang an aplitisch yosemitisch granodioritisch
2.	462	46,5	12	3,5	38	0,53	0,06	0,30		1,3	0,5	9,4	
3.	417	47	8,5	2,5	42	0,44	0,04	0,33		Sp.	0,3	7,6	
4.	412	44	11	6	39	0,49	0,25	0,55	IV	1,7	0,2	6,8	
5.	401	41,5	13	8	37,5	0,43	0,13	0,58		1,8	0,2	6,3	
6.	394	44,5	11,5	6	38	0,46	0,06	0,50	V	0,7	0,3	3,8	
7.	356	41,5	15,5	9,5	33,5	0,50	0,06	0,63		1,3	0,6	9,0	
8.	328	43	16,5	13,5	27	0,29	0,19	0,81	IV	0,3	Sp.	5,6	
9.	255	38	21,5	14	26,5	0,29	0,31	0,63		3,3	0,4	9,2	
10.	146	24,5	46,5	14	15	0,31	0,44	0,30	III	4,9	0,5	15,0	
11.	267	38	29	13,5	19,5	0,63	0,10	0,48	IV	3,2	0,6	7,1	nahezu opdalitisch
12.	305	42	19	5	34	0,35	0,22	0,27	III	2,4	1,1	12,2	granosyenitisch (rapak.)
13.	283	33	34	8	25	0,38	0,50	0,23	II	3,5	0,3	23	
14.	256	39	30,5	5	25,5	0,43	0,35	0,16	II	4,6	0,5	35	

lativ kieselsäurereiche, kalk- und magnesiaarme Granite. Noch aplitischer ist Nr. 1; zu den normalen Graniten und Granodioriten führen 8 und 9 über. Natürlich reicht die Zahl der zuverlässigen Analysen noch nicht zu einer eigentlichen chemisch-statistischen Bearbeitung der zentralen Granitzone. Da jedoch aus dem Aarmassiv außerordentlich wenige neuere Granitanalysen bekannt sind, möge vor Abschluß der geplanten umfangreicheren Untersuchungen versucht werden, die bis jetzt erkennbaren charakteristischen Züge herauszuarbeiten. Zu diesem Zwecke müssen wir die Analysen zuerst auf Molekularwerte umrechnen. Es ist ein Vorteil der neuen Methode, daß gerade relativ kieselsäurereiche Gesteine in charakteristischer Weise durch die *al*-, *fm*-, *c*- und *alk*-Werte unterschieden werden können. Tabelle 2 enthält die Molekularwerte. Man sieht, daß 3 bis 6 besonders enge miteinander verwandt sind, und daß daran sich Analysen anschließen, die einen ganz bestimmten Differentiationsgang veranschaulichen. Als kennzeichnende Werte für einen mittlern Typus kann man folgende bezeichnen:

$si = 406, al = 44, fm = 11, c = 6, alk = 39, k = 0,46, mg = 0,10.$

Das sind nahezu die charakteristischen Werte des in den Alpen so verbreiteten engadinitgranitischen Magmas. Diese lauten:

$si = 420, al = 44, fm = 12, c = 6, alk = 38, k = 0,50, mg = 0,25.$

Von besonderem Interesse ist, daß der Elk-Peak-Granit der Castle Mts. (Montana) mit

$si = 395, al = 42, fm = 13, c = 6, alk = 39, k = 0,43, mg = 0,12$

ganz ähnlichen Chemismus aufweist. Die Differentiation in diesem Gebirge weist manche verwandtschaftlichen Züge mit derjenigen des Aarmassives auf.

Sehr typisch für den zentralen Aaregranit ist die Magnesiumarmut. *mg* ist relativ niedrig, noch niedriger als im Mittel in den Gesteinen des engadinitgranitischen Magmas.

Das Differentiationsdiagramm ist in Fig. 1 dargestellt. Die Analyse 8 des gangartigen Granites ist zur Kurvenzeichnung nicht benutzt worden. Zwei ältere Analysen mit *si* 420 bis 440 sind gleichfalls nur zu Vergleichszwecken eingetragen. Die *al*- und *alk*-Kurven verlaufen im ganzen gleichsinnig (sympathisches Verhalten), ebenso unter sich

die *fm*- und *c*-Kurven. Sehr deutlich sieht man, wie *fm* und *alk* einerseits und *c* und *al* andererseits antipathisches Verhalten aufweisen, das heißt, wenn *fm* steigt, fällt *al* und umgekehrt. *c* ist durchwegs niedriger als *fm*, das Verhältnis *c/fm* wird jedoch mit sinkendem *si* im allgemeinen größer. Im Diagramm ist *c/fm* von der Abszisse nach unten hin abgetragen. Trotzdem es sich hier um relativ kiesel-säurereiche und etwas epimetamorphosierte Granite handelt, ist der Tonerdeüberschuß klein oder gar nicht vorhanden.

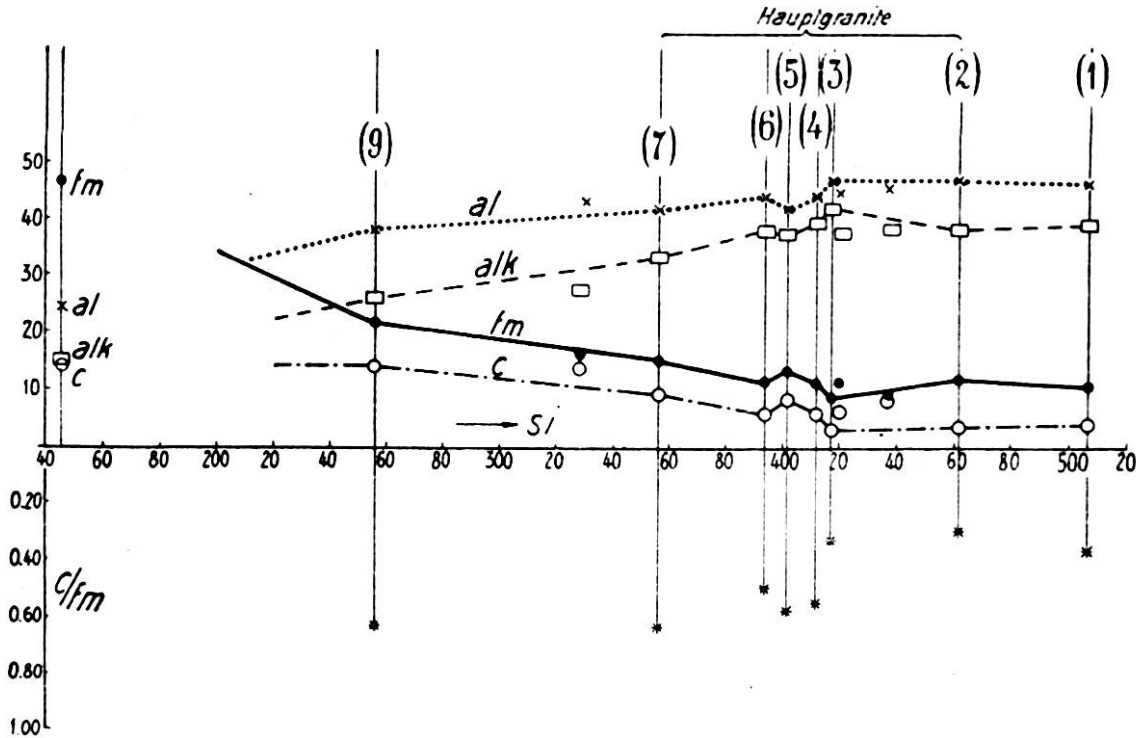


Fig. 1. Differentiationsdiagramm des zentralen Aaregranites.

Als Tonerdeüberschuß wäre die positive Differenz $al - (alk + c)$ zu bezeichnen. Es resultieren die Werte:

	Nr. 1	2	3	6	8
Tonerdeüberschuß	3,5	5	2,5	0,5	2,5

Die Analysen 4, 5, 7, 9 weisen keinen Tonerdeüberschuß auf. Das zeigt von Neuem, daß eine gute Granitanalyse, trotz Sericit- und Epidotbildung, normalerweise kaum mehr als 5 Einheiten *al* über $alk + c$ aufweisen darf.

Die Verhältnisse *k* und *mg* sind im rechtwinkligen Diagramm (Fig. 2) einander zugeordnet. Während *k* mit sinkendem *si* (von $si = 350$ an) abnehmen kann, steigt *mg* eher schwach an. *ti* und *p* sind normal für derartige Gesteine, selbst der in der *h*-Zahl zusammengefaßte Wassergehalt

(H₂O, das oberhalb 110° entweicht) ist nicht wesentlich größer als in ganz frischen granitischen Gesteinen.

Die analysierten Tiefengesteine bilden eine deutlich zusammengehörige Reihe, für die charakteristisch ist, daß die Differenz *al—alk* mittelgroße Werte annimmt. Der zentrale Aaregranit ist somit, trotz vorhandener chemischer Variabilität, vom Standpunkt der Differentiation eine Einheit. Nicht die Einzelanalyse, sondern das Differentiationsdiagramm charakterisieren ihn. Daß bereits die wenigen neuen Analysen von den Hauptmodalitäten ein mehr oder weniger vollständiges Bild geben, wird wahrscheinlich, wenn wir ältere Analysen betrachten. Solche sind vom westlichsten Teil des Massives (Bietschhorn), vom Witenalpstock (östlich des Etzltales) und vom Nünistock bekannt. Die Werte lauten:

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
Bietschhorn	437	45	9	8	38	0,56	0,31	0,89
Randfacies, Witenalpstock	420	44	11	7	37	0,49	0,06	0,69
Nünistock	419	42	19	7	32	0,41	0,29	0,35

Die ersten zwei Gesteine sind, abgesehen vom *mg*- und *c/fm*-Verhältnis, fast gleich zusammengesetzt wie die neu analysierten Gesteine. Die Werte sind im Differentiationsdiagramm eingetragen. Etwas stärker weicht, wegen des hohen *fm*-Gehaltes, die Analyse des Nünistockgranites ab. Da zugleich der Tonerdeüberschuß 3 Einheiten beträgt, ist wahrscheinlich das untersuchte Gestein nicht ganz frisch gewesen. Naturgemäß ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß innerhalb des zentralen Aaregranites auch etwas andere Differentiationstendenzen wirksam waren; bereits der gangförmige Granit der Grimsel (Analyse No. 8) mit dem relativ niedrigen *alk*-Wert und dem höheren *c*-Wert läßt derartiges vermuten. Aber im Großen und Ganzen werden wir die Granitmasse chemisch durch das Diagramm gekennzeichnet haben, wobei selbstverständlich die Kurven als solche nicht bestimmend sind, sondern die gegenseitigen Lagenverhältnisse der Punkte. Denn neue Analysen werden im Kleinen den Zickzackverlauf verstärken, ohne daß vermutlich an der Gesamttendenz der gegenseitigen Abhängigkeiten etwas geändert wird.

Wir müssen nun versuchen, durch Vergleiche mit anderen Granitmassiven das individuell Bestimmende für das Massiv des zentralen Aaregranites noch besser herauszuschälen. Eine schöne Untersuchung über die Variabilität im Granitareal der Lausitz liegt von Sommer vor. Es zeigt sich, daß hinsichtlich des Kieselsäuregehaltes die aarmassivischen Granite (mit Ausnahme von 8 und 9) mehr

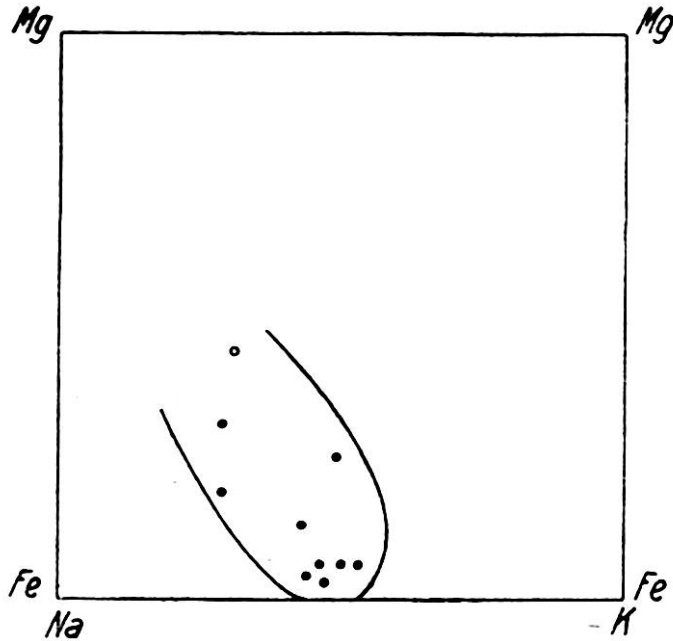


Fig. 2. *k-mg*-Diagramm der zentralen Aaregranite.

den aplitischen Varietäten der Lausitz und nicht dem Hauptgranit entsprechen. Das bestätigt von neuem den relativ sauren Charakter des zentralmassivischen Granitmagmas. In der Lausitz ist bei hohem *si* der *fm*-Wert niedriger als im Aarmassiv, von *si* = 420 an wird jedoch *fm* in beiden Serien einander ähnlich. Fast durchwegs ist in der Lausitz, bei gleichem *si* wie im Aarmassiv, *mg* höher. Daß die Lausitzer Differentiation sich eher dem gangartigen Grimselgranit anschließt als den Hauptgesteinen der Zentralzone, mag folgende Gegenüberstellung veranschaulichen:

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Biotitgranit, Amtshainersdorf, Lausitz	330	43	17	14	26	0,32	0,45
Feinkörniger Gang, Grimsel	328	43	16,5	13,5	27	0,29	0,19
Biotitgranit, Demitz-Thumitz, Lausitz	266	37	25	13	25	0,42	0,37
Grimselgranit, Spitalamm	255	38	21,5	14	26,5	0,29	0,31

Die etwas höheren *alk*-Werte der aarmassivischen Gesteine kennzeichnen die Differentiation als von mehr quarzsyenitischem Charakter.

Der Harz enthält Gesteine, die in mancher Hinsicht in naher chemischer Beziehung zu Gesteinen des Aarmassives stehen. Folgende Gegenüberstellungen zeigen jedoch

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Aargranit, Typus . . .	406	44	11	6	39	0,46	0,10
Kerngranit, Harz . . .	400	43	13,5	7	36,5	0,56	0,15
Augitgranit, Harz . . .	250	31	36,5	12,5	20	0,43	0,22
Grimselgranit	255	38	21,5	14	26,5	0,29	0,31

daß ein bei hohem *si* nur wenig ausgeprägter *fm*-Überschuß und *alk*-Mangel der Harzgesteine bei niedrigerem *si* recht deutlich in Erscheinung tritt. Die Differentiation hat somit andere Bahnen eingeschlagen. Wiederum erweisen sich die Aargranite als relativ alkalireich.

Die Hauptgranitmassen des südlichen Schwarzwaldes sind normalgranitisch. Wir vergleichen die Zusammensetzung des Tiefensteiner Granites mit einer aus dem Differentiationsdiagramm Figur 1 ablesbaren Zusammensetzung von gleichem *si*.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Albtalgranit, Tiefenstein, Schwarzwald	270	38	25	12	25	0,42	0,52
Nach Differentiationsdiagramm, Aarmassiv	270	38,5	20,5	13,5	27,5	0,4	0,2

Wiederum fällt das relativ hohe *alk* des aarmassivischen Differentiationsgliedes auf. *fm*, das im Tiefensteinergranit höher ist, wäre in den aplitischen Gesteinen des Schwarzwaldes niedriger als in den *si*-reichen Zentralgraniten. Fast durchwegs ist *mg* im Aarmassiv kleiner als im Schwarzwald.

Ganz besonderes Interesse kommt einem Vergleich der benachbarten gottthardmassivischen Gesteine mit denen des Aarmassives zu. Beide alpinen Zentralmassive beherbergen Granitkerne. Im Aarmassiv ist eine zusammen-

hängende Hauptzone aufgeschlossen, im Gotthardmassiv sind nur einzelne oberkarbonische Lakkolithen sichtbar.

Wir wollen einige typische Werte einander gegenüberstellen:

	Aarmassiv							Gotthardmassiv							
	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	
Typus	406	44	11	6	39	0,46	0,10	407	42	16	11	31	0,44	0,22	Gamsbodengranit
Nr. 6, Td. 1 u. 2	394	44,5	11,5	6	38	0,46	0,06	380	44,5	10,5	13	32	0,50	0,15	Fibbiagranit
„ 7, „ 1 u. 2	356	41,5	15,5	9,5	33,5	0,50	0,06	317	39,5	18,5	15	27	0,41	0,31	Mitteltypus
„ 9, „ 1 u. 2	255	38	21,5	14	26,5	0,29	0,31	247	34	28	17	21	0,24	0,42	Cristallinagranit

Deutlich sind für ähnlichen SiO₂-Gehalt folgende Beziehungen ersichtlich:

Im Aarmassiv *alk* größer als im Gotthardmassiv,

„ „ *fm* und *c* eher kleiner als im Gotthardmassiv,

„ „ *mg* stets kleiner als im Gotthardmassiv.

Außerdem zeigt ein Vergleich der fettgedruckten Typenwerte, daß im allgemeinen die Zentralgranite des Gotthardgebietes kieselsäureärmer sind als die aarmassivischen Zentralgranite. Es ergibt somit die Gegenüberstellung, daß tatsächlich der zentrale Aaregranitkomplex von benachbarten oberkarbonischen, das heißt gleichalterigen Granitmassiven durch relative Kalkarmut, relative Magnesiumarmut, hohen SiO₂- und Alkaliengehalt ausgezeichnet ist.

Wir wollen uns nun fragen, ob dieser Erscheinung andere parallel gehen, ferner ob es sich um provinzielle Merkmale der aarmassivischen karbonischen Eruptivgesteine handle oder ob gewissermaßen kompensatorisch Differentiationsprodukte auftreten, die auf ursprünglich ähnliche Zusammensetzung aller Magmaherde hinweisen. Die Beantwortung dieser Fragen wird uns zeigen, ob bereits relativ kleine Unterschiede der granitischen Produkte einer magmatischen Differentiation gestatten, Schlüsse zu ziehen über das Gesamtverhalten einer petrographischen magmatischen Provinz. Es ist nun tatsächlich die aarmassivische Provinz durch das Auftreten einer außerordentlich reichhaltigen Serie monzonitisch-syenitischer Tiefengesteine ausgezeich-

net. Sie fehlt dem Gotthardmassiv völlig. Nur vereinzelt findet man Produkte ähnlicher Differentiation im nördlichen Schwarzwald und südlich der Lausitz im Meißener Gebiet. Daß diese Tatsache mit dem speziellen Chemismus der granitischen Gesteine in ursächlichem Zusammenhang steht, zeigen verwandte Erscheinungen in anderen Gebieten. Schon die Haupteinteilung der Eruptivgesteinsprovinzen nimmt ja darauf Rücksicht. Monzonit und Syenit sind Vertreter der Kalireihe, ihre hauptsächlichste Assoziation ist diejenige in mediterranen Provinzen. Nun weichen aber die Aargranite von den Gotthardgraniten gerade in der Richtung gegen den kaligranitischen Chemismus ab. Die im granitischen Endprodukt der Differentiation nur schwach ausgesprochene Tendenz findet sich also lediglich in den basischeren Differentiaten in verstärktem Maße vor. Eine Fülle derartiger Gesteine beherbergt das Gebiet Punteglas-La Gonda, nördlich Truns, von dem nun gute geologische und petrographische Karten von Fr. Weber zur Verfügung stehen. Die Molekularwerte einiger hier auftretender, eine typische Differentiationsserie bildender Gesteine lauten folgendermaßen:

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	Magma
I. Granit, Grat - Piz postabialla - Gliemstöckli . . .	314	44	10	9	36	0,47	0,38	engadinitgranitisch
II. Punteglassyenitgranit (Mittel) ¹⁾	272	30	27,5	15	27,5	0,53	0,50	syenitgranitisch
III. Quarzsyenit, Piz Tgietschen, Südrand	215	28	35	14	23	0,52	0,64	„
VI. Hornblende-Biotityogoit, Gliemstöckli (Nordgrat) .	145	22,5	40	20	17,5	0,34	0,61	yogoitisch
V. Hornblende-Shonkinit (syenit.) Piz postabialla	128	16	49	22	13	0,51	0,67	shonkinitisch
VI. Basischer Hornblende-Biotitsyenit, Gliemstöckli (Nordgrat)	107	11,5	61	17,5	10	0,44	0,74	lamproitisch

Eine Mittelstellung zwischen dieser, in Figur 3 dargestellten Differentiationsserie und dem normalen an die

¹⁾ Es sind zwei Analysen verschiedener Varietäten bekannt, mit:

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
274	32	24,5	15	28,5	0,57	0,48
271	28	30	15	27	0,50	0,52

Granite anschließenden Differentiationsverlauf nehmen u. a. folgende Gesteine ein:

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	Magma
Kalisyenit, Piz Giuf	192	28	32	16	24	0,66	0,63	normalsyenitisch
Monzonitsyenit, Piz Tgietschen	183	34	24	16	26	0,45	0,60	monzonitsyenitisch

Es stehen somit den *si*-reichen, magnesia- und kalkarmen, aarmassivischen Graniten Gesteine gegenüber, die dem gleichen Magmaherd entstammen, und die bei hohem Mg-Gehalt (Biotitreichtum!) ziemlich kalkreich (Plagioklas, Hornblende) und relativ kieselsäurearm sind. In diesem Sinne kompensieren sie gewissermaßen die besonderen chemischen Verhältnisse der Granite. Wir könnten uns etwa vorstellen,

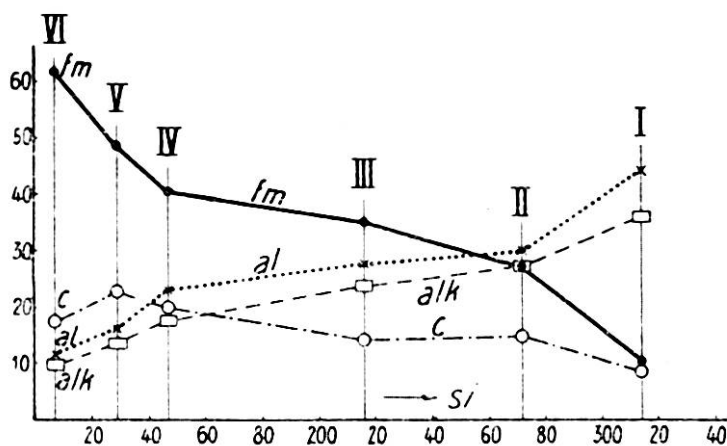


Fig. 3. Hauptsächlichste syenitisch-monzonitische Differentiation im Punteglas-Gebiet.

daß vor der Granitintrusion im Aarmassiv eine vollständigere Differentiation stattgefunden hat als im Gotthardmassiv. Biotit, basischer Plagioklas und Hornblende sind weitgehend abgasaigert worden und haben nach erfolgter Resorption eine basische, syenitisch-monzonitische Unterschicht gebildet. Diese drang durch das granitische Magma, oder wurde mit ihm gleichzeitig intrudiert, erstarrte jedoch naturgemäß etwas rascher als die granitische Restlösung. Nach erfolgter Intrusion haben sich in beiden Massiven ähnliche Vorgänge wiederholt und Veranlassung zu den aplitischen und lamprophyrischen Ganggefölschaften gegeben, deren Chemismus uns hier nicht näher beschäftigen soll.

Diese Vorstellung vermag jedoch die gesamten Verhältnisse nicht völlig zu erklären. Im Ganzen scheinen nämlich die aarmassivischen Gesteine alkalireicher, insbesondere kalireicher zu sein als die gotthardmassivischen. Es gibt ja auch im Gotthardmassiv, allerdings nur vereinzelt, basische Differentiationsprodukte im Granit. Diese aber haben, wie im Cristallinatal (bezw. Val Ufiern), dioritischen Chemismus. Eine kleine Gegenüberstellung mag instruktiv sein:

	Aarmassiv							Gotthardmassiv							
	si	al	fm	c	alk	k	mg	si	al	fm	c	alk	k	mg	
Kalisyenit	192	28	32	16	24	0,66	0,63	193	30	36	18	16	0,26	0,58	} Diorite Cristallinatal
Yogoit	145	22,5	40	20	17,5	0,34	0,61	159	28	35	22	15	0,21	0,52	

Das die Granite und die damit eng vergesellschafteten Differentiationsprodukte erzeugende Magma ist somit im Aarmassiv an sich etwas kalireicher gewesen. Gerade dieser Umstand wird die intensive Biotitbildung und die Bildung biotitreicher Teilschmelzen zur Folge gehabt haben. Die besondern Granite dieses Magmas, sowie die monzonitisch-syenitischen Spaltungsprodukte sind zusammengehörige Folgeerscheinungen einer durch spezielle chemische und physikalische Umstände bedingten Differentiation.

Selbstverständlich darf daraus noch nicht geschlossen werden, daß die Urmagmen beider Gebiete verschieden waren. Denn uns ist nur ein kleiner oberflächlich gelegener Teil der Magmaherde bekannt. Auch müßten wir bei der Erörterung dieser Frage die zeitlich etwas früheren Intrusionen der gleichen magmatischen Aktivitätsperiode berücksichtigen. An dieser Stelle würde uns dies zu weit führen. Es sei nur kurz darauf hingewiesen, daß Periodite im Gotthardmassiv reichlicher auftreten als im Aarmassiv und daß die Grenzregion beider Massive durch vorgranitische, dioritische bis gabbrodioritische Intrusionen charakterisiert ist. Vielleicht vermag eine genauere chemisch-analytische Untersuchung dieser Gesteinsarten neue Aufschlüsse zur Lösung der oben formulierten Frage zu geben. Hier handelt es sich besonders darum, zu zeigen, daß bereits aus dem Chemismus der gra-

nitischen Differentiationsprodukte Schlußfolgerungen in bezug auf das Gesamtverhalten einer petrographischen Provinz möglich sind. Die speziellen chemischen Verhältnisse granitischer Gesteine geben wichtige Fingerzeige darüber, wie sich der Differentiationsverlauf abgespielt hat.

Zum Schlusse sei in aller Kürze noch auf die übrigen in Tabelle 1 und 2 angeführten neuen Analysen aufmerksam gemacht.

Nr. 10 ist die Analyse eines lamprophyrähnlichen Gesteines der Grimsel. Die Werte sind im Diagramm Fig. 1 eingetragen. Nr. 11 stellt den sogenannten Augengneis der Grimsel dar. Nach der Analyse kann es sich kaum um ein unverändertes Eruptivgestein handeln. Das Randgestein des Grimselgranites ist vielleicht bereits ein Mischgestein. Die neue ausgeführte Analyse des von O. Fischer (Tsch. Min.-Petr. Mitt. Bd. 24. 1905) beschriebenen Quarzsyenites von Voralp bestätigt, daß auch im westlichen Teil des Aarmassives Tendenzen zur syenitisch-shonkiniischen Differentiation hin wirksam waren.

Besonderes Interesse beanspruchen die Analysen des sogenannten Innertkirchner Granites, der einer nördlichen Zone des Aarmassives (Erstfelderzone) angehört. Das massige und das völlig geschieferte Gestein sind einander im Chemismus noch sehr ähnlich. Mit der Verschieferung haben lediglich *si*, *fm* (besonders MgO) und *c* um geringe Beträge abgenommen, *al*, *ti*, *p* und *h* etwas zugenommen. Das ist die übliche Erscheinung. Der hohe H₂O-Gehalt zeigt, daß keines dieser zwei Gesteine völlig unverändert ist. Immerhin ist noch deutlich ersichtlich, daß auch der ursprüngliche Chemismus ein anderer gewesen sein muß als derjenige, welcher normalerweise in der zentralen Zone auftritt. Bei relativ niedrigem *alk* ist (bei relativ hohem *si*) der Wert für *fm* bereits hoch.

Es ist nun höchst bemerkenswert, daß ähnliche Verhältnisse in dieser nördlichen Zone des Aarmassives nicht selten zu sein scheinen. So ergibt eine ältere Analyse des Gasterngranites die Werte:

$si = 290, al = 40, fm = 25, c = 8, alk = 27, k = 0,43, mg = 0,36$
und der Tödigranit ganz im Osten ist damit fast identisch.

Eingegangen 23. Oktober 1924.