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

Band: 33 (1953)

Heft: 1

Artikel: Über Sedimente und Paragesteine von pazifischem Eruptivgesteinschemismus

Autor: Günthert, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-26451

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

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

Über Sedimente und Paragesteine von pazifischem Eruptivgesteinschemismus

Von *A. Günthert*, Basel

Die Deutung metamorpher Gesteine auf Grund ihres Chemismus stützt sich im allgemeinen auf die von NIGGLI (1924, S. 18f.; 1930, S. 44f.; 1938, S. 624f.) gegebenen chemischen Kennzeichen typischer Sedimente, Eruptiv- und Paragesteine. Dieser Autor fand eine charakteristische Gesetzmässigkeit der Mengenverhältnisse der Oxyde von Eruptivgesteinsanalysen und legte diesen Kennzeichen eruptiver Gesteine mit Recht grosse Bedeutung bei. Deshalb fügte er diese Gesteine zu einem Eruptivgesteinsfeld (1924, S. 39, 41) zusammen.

Im Verlaufe einer Arbeit (GÜNTHERT, 1954) sind wir jedoch auf verbreitete Metamorphite von pazifischem Eruptivgesteinschemismus gestossen, die — angesichts ihrer gelegentlichen Geröllführung — Paragesteine (Psephitgneise) darstellen. Es handelt sich hierbei insbesondere um die von PREISWERK (1918, S. 61f.; 1936, S. 14f.) und NIGGLI (1936c, S. 163) als Orthogesteine aufgefassten Alkali-Alumo-Silikatgesteine (Alkalifeldspatgneise, Augengneise, Matorello-Gneise) des Maggia-Lappens (Stirn einer penninischen Decke des NW Tessins, Schweiz). Es wurde deshalb eine allgemeine Überprüfung der chemischen Kriterien der petrogenetischen Deutung metamorpher Gesteine notwendig.

Wir fragen mit NIGGLI (1924, S. 18), ob nicht auch Sedimente einen Eruptivgesteinschemismus aufweisen können.

Viele Sedimente, wenn auch lange nicht alle, sind aus Material von Eruptivgesteinschemismus (Eruptivgesteine, Metamorphite) hervorgegangen. Im Verlaufe der Sedimentbildung wird im allgemeinen der lösliche Anteil des Verwitterungsmaterials vom Unlöslichen getrennt und weggeführt. Deshalb sind die meisten Sedimente chemisch anders zusammengesetzt als ihr Ausgangsmaterial. Mit Sicherheit lassen sich darum alle Gesteinszusammensetzungen ausserhalb des Eruptivgesteinsfeldes als sedimentogen deuten. Nach NIGGLI (1924, S. 70, 72) fallen jedoch in das Eruptivgesteinsfeld „Sedimente von schwacher primärer

Trennung an Löslichem und Unlöslichem (Arkosen, Konglomerate, Bodenbreccien) oder sekundäre Mischungen von Residuen und löslichem Anteil, wie besonders calcitische bis dolomitische Mergel und Kalksandsteine." Diese sedimentären Mischgesteine sind durch Vermengung von klastischem Material mit chemischem Absatz und durch chemische Umsetzungen während der Diagenese entstanden. NIGGLI (1930, S. 52) schreibt dazu: „Dadurch wird in diesen Mischgesteinen die Trennung, löslich und unlöslich' teilweise wieder rückgängig gemacht. Während an und für sich die Verwitterung und Sedimentbildung Produkte liefert, deren Projektionsort ausserhalb des Eruptivfeldes fällt, können in diesen Mischgesteinen die Verhältnisse al : fm : c : alk wieder denen der Eruptivgesteine analog werden." Dasselbe gilt auch für das Verhältnis der Basen zu si.

Abtragungsprodukte von Metamorphiten und Eruptivgesteinen pazifischen Charakters können mit oder ohne Stoffverluste sedimentiert und metamorphosiert werden. Metamorphosen können solche Stoffverluste (z. B. an Alkalien) durch Zufuhren wieder ersetzen. NIGGLI (1924, S. 73) bemerkt, dass ein Projektionspunkt im Eruptivgesteinsfeld noch nicht sedimentogene Herkunft ausschliesst. Es geht also nicht an, metamorphe Gesteine von der Zusammensetzung pazifischer Eruptivgesteine nur ihres Chemismus wegen als Orthogesteine zu deuten, wie dies oft geschehen ist.

Im folgenden wird versucht, den — wie es scheint — bisher vernachlässigten petrochemischen Beweis dafür zu erbringen, dass Sedimente Eruptivgesteinschemismus besitzen können, wobei wir uns auf die Typen der Kalkalkali-Reihe beschränken.

Es geschieht dies durch einen ergänzungsbedürftigen Vergleich der Chemismen von Eruptivgesteinen (NIGGLI, 1936b) mit Sedimenten, deren Projektion ins Eruptivgesteinsfeld oder an seinen Rand fällt. Grauwackeanalysen wurden vorsichtshalber nicht verwendet.

Die folgenden Vergleichstabellen sind analog den Magmentypen von NIGGLI (1936b) eingeteilt. Dabei ist jedoch die Gruppenbezeichnung „Magma" ersetzt durch die Bezeichnung „Chemismus". Der Gruppenchemismus wird verglichen mit der Klassifikation der metamorphen Gesteine von NIGGLI (1934). Hierauf folgen die Quellenangaben der Analysen von Sedimenten, die den beiden genannten Klassifizierungen genügen. Ihre z. T. neu berechneten Niggli-Werte werden verglichen mit einigen Magmentypen. Man vergleiche die Werte gruppenweise statt einzeln, d. h. beachte die Variationsbreite der Niggli-Werte der beiden Gruppen. Auch NIGGLI (1936b, S. 338f.) weist auf die Variationsbreite seiner Magmentypen hin.

a) SEDIMENTE UND PARAGESTEINE MIT ERUPTIVGESTEINS-CHEMISMUS

Leukogranitischer Chemismus

Klassifikation der metamorphen Gesteine (NIGGLI 1934): Alkali-Alumo-Silikatgesteine

1. Psammitische quarzfeldspatreiche Lage der permo-karbonischen Psephite, Massa (HUTTENLOCHER 1946, Analyse II., S. 258 und 270);
2. Lower Old Red-Sandstein, Foyers, Schottland (MACKIE, 1898, S. 448);
3. Metamorphes Konglomerat, übergehend in Arkosegneis, Mass., USA (CLARKE, 1915, S. 34—35).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t*)
	1.	391	41	8,5	17,5	33	0,41	0,32	−9,5
	2.	407	37	20,5	8	34,5	0,64	0,10	−5,5
	3.	456	47	9,5	8,5	35	0,58	0,20	+3,5
Magmentypen:									
aplitgranitisch		460	47	8	5	40	0,45	0,25	+2
engadinitgranitisch		380	43	13	8	36	0,50	0,25	−1
yosemitgranitisch		350	43	14	13	30	0,45	0,30	0

Granitischer Chemismus

(z. T. übergehend in granodioritischen Chemismus)

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Alkali-Alumosilikat- und Alkali-Kalk-Alumosilikatgesteine

4. Burdigalien-Sand, Rietwil, Schweiz (DE QUERVAIN, 1942, S. 48, Nr. 20);
5. Arkoseschiefer, Åland, Finnland (LOKKA, 1934, S. 26, Nr. 91);
6. Dachschiefer, USA (ROSENBUSCH-OSANN, 1923, S. 580, Nr. 12);
7. Verrucano-Konglomerat, Perm, Murg, Schweiz (NIGGLI u. a., 1930, VIII., Nr. 34).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
	4.	380	36,5	18,5	19	26	0,48	0,56	−8,5
	5.	346	38	26,5	16	19,5	0,36	0,49	+2,5
	6.	224	35,5	32,5	18	14	0,64	0,51	+3,5
	7.	310	40	28	8	24	0,59	0,27	+8
Magmentypen:									
adamellitisch		300	37,5	22,5	13,5	26,5	0,45	0,3	−2,5
tasnagranitisch		300	36	28	9	27	0,45	0,35	0
moyitisch		380	33	32	15	20	0,45	0,3	−2
opdalitisch		225	32	32	18	18	0,45	0,45	−4

*) $t = al - (alk + c)$.

Granodioritischer Chemismus

(mit Übergängen zu granitischem Chemismus)

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Alkali-Alumosilikat- und Alkali-Kalk-Alumosilikatgesteine

8. Arkose, Südafrika (HALL, 1938, Nr. 4441);
9. Augengneis-Grus, V. Morobbia, Schweiz (GSCHWIND und NIGGLI, 1931, S. 107, Nr. 166);
10. Phyllit, quarzreich, Mesoz., Veglia-Mulde, Simplon-Gebiet (NIGGLI u. a., 1930, IV., Nr. 213);
11. Wheat-soil, Washington (CLARKE, 1915, S. 270);
12. Nordseeschlamm (ROSENBUSCH-OSANN, 1923, S. 562, Nr. 6 und STRECKEISEN, 1928, S. 162, Nr. 9).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
	8.	332	44	23	11,5	21,5	0,20	0,39	+11
	9.	292	43	18,5	15,5	23	0,39	0,32	+4,5
	10.	260	37,5	24,5	18,5	19,5	0,23	0,34	−0,5
	11.	307	38,5	29,5	14,5	17,5	0,36	0,36	+6,5
	12.	332	34	24,5	23,5	18	0,25	0,10	−8,5
Magmentypen:									
normalgranodioritisch . . .		280	39	22	17	20	0,45	0,4	+2
farsunditisch		300	42	20	15	23	0,25	0,4	+4
leukotonalitisch		220	39	24	21	16	0,5	0,3	+2
leukopeléeitisch		200	38	21	24	17	0,2	0,4	−3

Trondhjemitischer Chemismus

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Alkali-Alumosilikat- und Alkali-Kalk-Alumosilikatgesteine

13. Arkose, Muhos, Finnland (LOKKA, 1950, Nr. 271);
14. Arkose, Muhos, Finnland (LOKKA, 1950, Nr. 275);
15. Arkose, permokarbon, schwach metamorph, von Tion, Wallis, Schweiz (VALLET, 1950, S. 467, Nr. 3);
16. Psephit, permokarbon, albitisiert, Z'matt, Wallis, Schweiz (HUTTENLOCHER, 1946, S. 270, Analyse I.).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
	13.	339	41,5	19	7	32,5	0,26	0,52	+2
	14.	441	44,5	16	3	36,5	0,30	0,53	+5
	15.	443	42,1	20,4	1,9	35,5	0,22	0,14	+4,7
	16.	337	43,1	11,5	7,9	37,5	0,25	0,35	−2,3
Magmentypen:									
normaltrondhjemitisch . .		370	42	12	11	35	0,25	0,3	−4
natronrapakiwitisch . . .		340	42	20	8	30	0,25	0,3	+4
natronengadinitisch . . .		400	43,5	15	3,5	38	0,25	0,25	+2

Quarzdioritischer Chemismus

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Kalk-Alumosilikatgesteine, fm-c-reiche alkalische Silikatgesteine, Alkali-Alumosilikatgesteine, Alkali-Kalk-Alumosilikatgesteine

17. Mesoz. Schiefer, Mittel (Clarke, 1915, S. 23);
18. Arkosesandstein, Devon (Rosenbusch-Osann, 1923, S. 763);
19. Schieferton, Colorado (Clarke, 1915, S. 255);
20. Ton, Arizona (Clarke, 1915, S. 269);
21. Toniger Tiefseeschlamm (Rosenbusch-Osann, 1923, S. 574);
22. Seeschlamm, quartär (de Quervain, 1942, S. 54, Nr. 4);
23. Arkose, Californien (Clarke 1915, S. 222);
24. Tonschiefer, Schweden (Larsson, 1932, S. 132, Nr. 716);
25. Mittlere Zusammensetzung der Sedimente (Tone, Sande, Kalke) (Niggli u. a., 1930, S. 70).
26. Taveyannazsandstein, Diablerets (Niggli, 1952, S. 232).

Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
17.	210	31	32	24	13	0,50	0,47	−6
18.	198	32	27	19	22	0,27	0,45	−9
19.	189	35,5	33	17,5	14	0,46	0,34	+4
20.	180	31	29	18,5	21,5	0,34	0,54	−9
21.	194	34,5	36,5	6	23	0,27	0,22	+5,5
22.	234	32	39	15	15	0,37	0,72	+2
23.	310	36,5	33,5	14	16	0,21	0,49	+6,5
24.	218	29	44,5	10,5	16	0,19	0,44	+2
25.	240	31,5	32,5	24	12	0,63	0,47	−4,5
26.	193	31,5	29	21	18,5	0,30	0,35	−8
Magmentypen:								
normalquarzdioritisch	175—300	32	31	19	18	0,25	0,45	−7
melaquarzdioritisch. . . .	200	30	40	10	20	0,3	0,5	0
tonalitisch.	180	33	33	22	12	0,4	0,4	−1

Dioritischer Chemismus

(mit Übergängen zu quarzdioritischem und zu gabbrodioritischem Chemismus)

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Kalk-Alumosilikatgesteine und fm-c-reiche alkalische Silikatgesteine

27. Mergel, Tortonien, Horgen, Schweiz (de Quervain, 1942, S. 49, Nr. 30);
28. Roter Tiefseeton, Mittel (Niggli u. a. 1930, S. 63);
29. Hornblendegarbenschiefer, mesozoisch, Acquacalda, Schweiz (Niggli u. a., 1930, III., Nr. 173);
30. Oxfordschiefer, Bonaduz, Schweiz (Niggli u. a., 1930, VIII., Nr. 35);
31. Neocom-Sandstein, California (Clarke, 1915, S. 221);
32. Terrigener Tiefseeschlamm, Banda-See, Ostindien (Neeb, 1943, S. 23).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
	27.	160	27	42	21	10	0,39	0,44	− 4
	28.	144	24,5	36	23,5	16	0,31	0,40	−15
	29.	140	27	43,5	22	7,5	0,33	0,70	− 2,5
	30.	196	28	39	22	11	0,21	0,16	− 5
	31.	198	23,5	35	28,5	13	0,15	0,46	−18
	32.	157	37	29	20	14	0,29	0,43	+ 3
Magmentypen:									
normaldioritisch . . .	125—180		30	35	21	14	0,3	0,5	− 5
lamprodioritisch . . .	120—180		25	40	21,5	13,5	0,25	0,5	−10
orbitisch	135		27	42	21,5	9,5	0,25	0,5	− 4

Gabbroider Chemismus

(mit Übergängen zu gabbrodioritischem und leukogabbroidem Chemismus)

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Kalk-Alumosilikatgesteine und Femische Silikatgesteine

33. Hornblende-Biotitschiefer, mesozoisch, Frodalera, Schweiz (Niggli u. a., 1930, III., Nr. 167);
34. Biotit-Amphibolit, praetriadisches Paragestein, V. Blenio, Schweiz (Niggli u. a., 1930, IV., Nr. 149);
35. Blauer Ton, California (Clarke, 1915, S. 270);
36. Hornfels, Aarfold, Norwegen (Streckeisen, 1928, S. 161, nach V. M. Goldschmidt);
37. Garbenschiefer, praetriadisches Paragestein, Piora, Schweiz (Niggli u. a., 1930, III., Nr. 115);
38. Arkosesandstein, California (Niggli u. a., 1930, S. 57);
39. Amphibolit, praetriadisches Paragestein (Tremola-Serie), Schweiz (Niggli u. a., 1930, III., Nr. 96);
40. Quarz-Hornblendeschiefer (Tremola-Serie), Piora, Schweiz (Niggli u. a., 1930, III., Nr. 116).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	t
	33.	111	20,5	51,5	20,5	7,5	0,21	0,49	− 7,5
	34.	107	26	42,5	22	9,5	0,39	0,65	− 5,5
	35.	183	22	34,5	31	12,5	0,47	0,45	−21,5
	36.	118	20	49	22	9	0,14	0,42	−11,5
	37.	120	23	49,5	18	9,5	0,32	0,45	− 4,5
	38.	204	28	32	26,5	13,5	0,32	0,32	−12
	39.	111	18	50,5	22,5	9	0,27	0,44	−13,5
	40.	122	19	51,5	24	5,5	0,18	0,45	− 6,5
Magmentypen:									
normalgabbrodioritisch	115—145		23	44	22,5	10,5	0,2	0,5	−10
melagabbrodioritisch .	110—170		19	51	21	9	0,25	0,5	−11
normalgabbroid . . .	90—120		21	51	22	6	0,2	0,5	− 7
c-gabbroid	80—130		25	46	25	4	0,1	0,7	− 4
pyroxengabbroid . . .	75—130		23,5	40,5	31,5	4,5	0,2	0,7	−13,5
cumbraitisch	200		27	31	27	15	0,3	0,3	−15

Hornblenditischer Chemismus

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Femische Silikatgesteine

41. Strahlsteinschiefer, mesozoisch, Camperio, Schweiz (NIGGLI u. a., 1930, III., Nr. 184).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg
	41.	105	5,5	67	25	2,5	0,25	0,81
Magmentypen:								
diallagitisch		65—120	7	68	23	2		0,7
websteritisch		55—120	1	80	18	1		0,8

Pyroxenitischer Chemismus

(z. T. übergehend in hornblenditischen Chemismus)

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Femische Silikatgesteine und Kalk-Alumosilikatgesteine

42. Epidot-Strahlsteinschiefer, mesozoisch, Lukmanier, Schweiz (NIGGLI u. a., 1930, III., Nr. 177);
43. Strahlstein-Dolomit-Phlogopitschiefer, mesoz., Camperio, Schweiz (NIGGLI, op. cit., III., Nr. 186);
44. Karbonat-Biotitschiefer, mesoz., Camperio, Schweiz (NIGGLI, op. cit., III., Nr. 187);
45. Phlogopit-Epidot-Dolomit, Trias, Nufenenpass, Schweiz (NIGGLI, op. cit., III., Nr. 140);
46. Granat-Chlorit-Dolomit-Phyllit, Trondhjem-Gebiet, Norwegen (STRECKEISEN, 1928, S. 161, nach CARSTENS, 1923).

	Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg
	42.	107	19,5	47,5	31,5	1,5	0,38	0,75
	43.	81	15,5	45,5	34	5	0,70	0,74
	44.	96	21,5	49	24,5	5	0,72	0,70
	45.	54	9,5	48	37,5	5	0,56	0,87
	46.	156	16	51,5	28,5	4	0,06	0,39
Magmentypen:								
si-pyroxenitisch		100—140	13	50	30	7		0,7
ariégitisch		70—120	19	49	31	1		0,8
ostraitisch.		50— 70	18	53	27	2		0,6
pyroxenitisch		78—100	9	59	28	4		0,7

Erzperidotitischer, ferrogabbroider bis erzmagmatischer Chemismus

Klassifikation der metamorphen Gesteine: Femische Silikatgesteine und Kalk-Alumosilikatgesteine

47. Magnesitischer Salzton, Stassfurt, abzüglich der leichtflüchtigen Bestandteile, die durch Meso- bis Katametamorphose ausgetrieben werden (NIGGLI, 1936a, S. 298). Analyse in NIGGLI u. a., 1930, S. 71;

48. Eisenoolith, Callovien, Gental, Schweiz (NIGGLI u. a., 1930, VIII., Nr. 21);
49. Eisenoolith, Callovien, Chamoson, Schweiz (NIGGLI, op. cit., VIII., Nr. 8);
50. Eisenoolith, Callovien, Chamoson, Schweiz (NIGGLI, op. cit., VIII., Nr. 9).

Nr.	si	al	fm	c	alk	k	mg
47. Magnesitischer Salzton (ohne cl_2, so_3, co_2)	18,5	2	96,5	1	0,5	0,65	0,97
48. Eisenoolith, Gental	28	6	87	7	—	—	0,07
49. Eisenoolith, Chamoson, Nr. 8	24	9,5	78,5	12	—	—	0,07
50. Eisenoolith, Chamoson, Nr. 9	55	18	65,5	16,5	—	—	0,18
Magmentypen:							
erzperidotitisch	0—40	6	91	2	1		klein
Peridotit (NIGGLI, op. cit., IV., Nr. 273)	56	2,5	96,5	1	1	0,85	0,90
Erzmagma (BURRI und NIGGLI, 1945, S. 397) . . .	1,2	Sp.	100	Sp.	Sp.	—	Sp.
Erzmagma (BURRI, op. cit. loc. cit.)	29	13	75,5	7	4,5	0,26	0,06
Fe-hornblenditisch (BURRI, op. cit., S. 353)	94	14	62	21	3	0,51	0,18
Ferrogabbro (BURRI, op. cit., S. 317, Nr. 23)	92	20	55	20,5	4,5	0,08	0,65

b) KRITIK UND KORREKTUR CHEMISCHER ERUPTIVGESTEINS-KENNZEICHEN

Die Vergleichstabellen zeigen, dass es Sedimente und Paragesteine gibt, die denselben Chemismus aufweisen wie die Haupttypen der Eruptivgesteine der Kalkalkali-Reihe. Wir sprechen deshalb von granitischem, dioritischem etc. Chemismus metamorpher, sedimentärer und magmatischer Gesteine, ohne damit eine genetische Deutung vorwegzunehmen.

Für solche Sedimente und Metamorphite eignet sich im Prinzip die genetisch neutralere Nomenklatur von Nigglis Klassifikation der Metamorphica (1934) besser zur Charakterisierung ihres Chemismus. Deshalb haben wir sie den Vergleichstabellen beigefügt. Diese Nomenklatur ist noch des Ausbaues bedürftig; es gehören z. B. zu den Alkali-Alumo-Silikatgesteinen Gesteine von leukogranitischem, granitischem, granodioritischem und quarzdioritischem Chemismus.

Auf Grund der Vergleichstabellen werden im folgenden die wichtigsten bisher gültigen chemischen Eruptivgesteinskennzeichen einer Prüfung unterzogen.

Die Überdeckung des „Eruptiv-Feldes" der Tetraeder-Projektion (Niggli, 1924, S. 30) durch die Felder isochemer Metamorphite und Sedimente schränkt den diagnostischen Wert dieser Projektion bekanntlich wesentlich ein.

Die Vergleichstabellen erweisen die Bedeutung der Arkosen und Mergel für die petrogenetische Deutung. Dies ist besonders wichtig für Metamorphite, die wesentlich von vormesozoischem Material abstammen. Es ist eine bekannte Erscheinung, auf die schon Daly hingewiesen hat, dass die vormesozoischen Sedimente im Mittel kalkärmer sind als die mesozoischen, und dass im Laufe der Epochen der Prozentsatz der kalkreichen Sedimente ständig zunimmt. Deshalb besitzen Arkosen und andere Psammite, Konglomerate und Bodenbreccien neben sandigen Peliten im Archaikum und im Palaeozoikum eine grössere Bedeutung als unter den jüngeren Sedimenten, was auch aus Kober (1923, S. 48, 202—264), Hatch und Rastall (1938, S. 99f.) und Barton (1916, S. 417—449) hervorgeht. Je älter die Sedimente, um so näher liegt ihre mittlere chemische Zusammensetzung dem Eruptivgesteinsmittel; je jünger die Sedimente, um so mehr entfernt sich ihre mittlere Zusammensetzung vom Eruptivgesteinsmittel (Niggli, 1930, S. 70f., 374). Dies gilt nach Niggli (loc. cit.) auch für die vormesozoischen Paragesteine der Schweiz (siehe z. B. S. 1 und Günthert, 1954). Für Metamorphite bedeutet das vom Sedimentfeld überdeckte Eruptivgesteinsfeld z. T. (s. Fig. 2) das Feld der Heteromorphie: Eruptivgesteine — Sedimente. Innerhalb der Überdeckung dieser Felder sind Ortho- und Paragesteine chemisch nicht mehr unterscheidbar.

Niggli (1924, S. 32—41) gibt weitere chemische Kennzeichen an, die für Orthonatur metamorpher Gesteine sprechen. Der Vergleich mit den angeführten Sedimentchemismen ergab jedoch, dass alle diese Merkmale sich auch bei Sedimenten finden. Es können am Fusse eines aus Gesteinen der Kalkalkali-Reihe aufgebauten Gebirges bei kurzem Transportweg Sedimente von ähnlichem Chemismus wie ihr Ausgangsmaterial entstehen. Eine — mit oder ohne Stoffaustausch — daraus entstandene Serie metamorpher Gesteine kann unter Umständen ein Variationsdiagramm ergeben, welches genetisch wenig aussagt, obwohl es einem echten Differentiationsdiagramm gleich kommen mag.

Gleichzeitig zu beachten ist der Tonerdeüberschuss, der durch den Wert $t = al - (alk + c)$ gegeben ist. Bei $al > 25$, $t \leqq 7$, und bei $al < 25$, $t \leqq 2$, kann nach Niggli (1924, S. 31) ein Orthogestein vorliegen. Die obigen Vergleichstabellen zeigen jedoch, dass es auch Sedimente gibt, die diese Bedingungen erfüllen.

Für den Tonerdeüberschuss T = al − alk gilt folgendes: Ist T durchgängig grösser als 12—15, so liegt wahrscheinlich Paranatur einer metamorphen Serie oder Aufnahme von Paramaterial durch Eruptivgesteine vor, falls auch die geologischen und strukturellen Merkmale damit übereinstimmen, andernfalls ist nach HUBER (1943, S. 130f.) auch bei T > 10 noch Orthonatur der Gesteine möglich.

Bei T < 8 − 10 und hohem alk können reine oder durch Assimilation veränderte Orthogesteine, venitische Bildungen (HOLMQUIST, 1921) und Paragesteine mit Alkalizufuhr vorliegen.

NIGGLI (1934, S. 470) stellte für tonige Sedimente die Bedingung auf al > c + 4/3 alk + 5. Die obigen Analysentabellen enthalten tonige Sedimente, die dieser Bedingung nicht nachkommen.

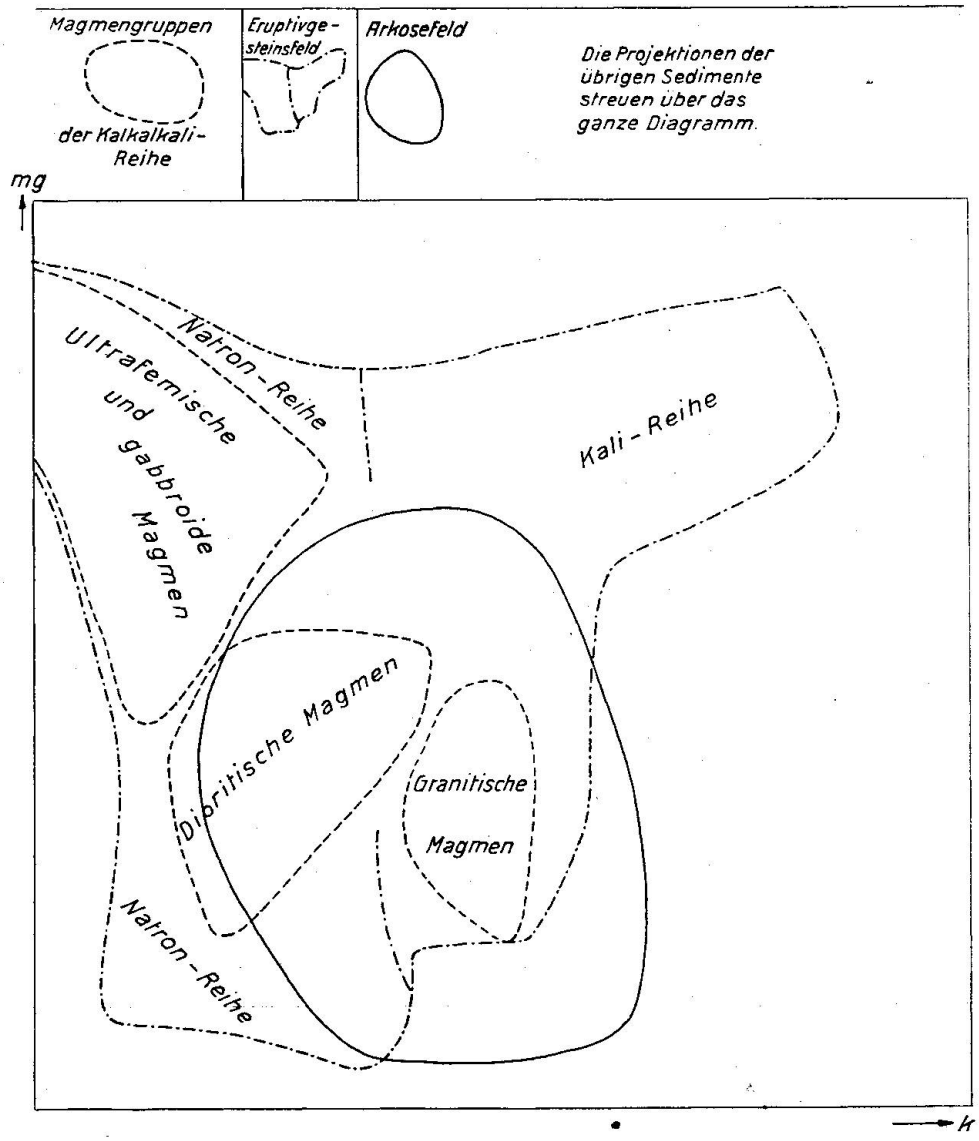

Fig. 1.

Auch das k-mg-Diagramm erlaubt keine Entscheidung über die Ortho-, bzw. Paranatur metamorpher Gesteine. Die Projektionen der Sedimente streuen über das gesamte k-mg-Diagramm in noch ausgedehnterem Masse als dies HASLERS Fig. 23 (1949, S. 137) zeigt; so variiert z. B. die Kalk-Dolomitreihe von mg = 0 bis mg = 1 bei k = 0 und die Projektionen von Sandsteinen und Mergeln fallen ins Innere wie auf alle Seiten des Diagrammes.

Unter den Sedimenten lässt sich lediglich ein Feld der Arkosen ausscheiden. Dieses überdeckt die Felder der granitischen bis dioritischen Magmen und z. T. auch jene der Magmen der Natron- und Kali-Reihe (vgl. Fig. 1).

In seinem (al-alk : c-Diagramm hat NIGGLI (1930, Fig. 14, S. 67) ein Eruptivgesteinsfeld eingezeichnet, das er überdecken lässt von Projektionen von Mergeln, Salztonen und eisenschüssigen Sedimenten. Er zeigt ferner (op. cit., Fig. 16, S. 70) die Entstehung dieser Sedimente von Eruptivgesteinschemismus. HUBER (1943, Fig. 41, S. 204) hat die Beziehungen in diesem Diagramm genauer verfolgt, es jedoch unterlassen, ausser den Feldern der pazifischen Magmen und der metamorphen Gesteine, auch diejenigen der Sedimente einzutragen. Führt man dies durch an Hand der oben angeführten Sedimentanalysen, so ergibt sich folgender diagnostischer Wert des (al-alk) : c-Diagrammes: Bei alk = 0 – 20 überdeckt das Sedimentfeld das Feld der Magmentypen NIGGLIS (1936b) vollständig bis teilweise, derart, dass dieses Diagramm für Gesteine von 0 – 20 alk nicht zur Unterscheidung von Ortho- und Paragesteinen verwendbar ist. Dies wird erst möglich bei Werten von alk $\gtrsim$ 25; dabei sind aber alkalisierte Paragesteine und durch Assimilation veränderte Orthogesteine bei der Deutung der Genese von Metamorphiten mitzuberücksichtigen. Der diagnostische Wert des (al-alk) : c-Diagrammes ist also ähnlich beschränkt wie der der si-Variationsdiagramme. Eine Unterscheidung von Ortho- und Paragesteinen ist bei diesen Diagrammen nur möglich, wenn si > 300, al – alk < 8 – 10, alk $\geqq$ 25 und k < 0,25.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei der Projektion der Magmentypen NIGGLIS und vieler Sedimente in das QLM-Dreieck (Fig. 2). Die Berechnung der Basismoleküle der Sedimente wurde ausgeführt unter der Annahme einer mesothermalen Umkristallisation, wobei CO_2, S, Cl_2 entweichen und kein Cc, Pr, Hl, A, Th, Nc in wesentlichen Mengen entsteht. Cp, Ru, Cc, Hz, Sp und C wurden zu M geschlagen. Die ausserhalb des Sedimentfeldes gelegenen Projektionen lassen auf Gesteine der folgenden Art schliessen: Orthogesteine, metasomatisch veränderte Gesteine, die eine Zufuhr von Feldspatsubstanz erlitten haben, welche ihre

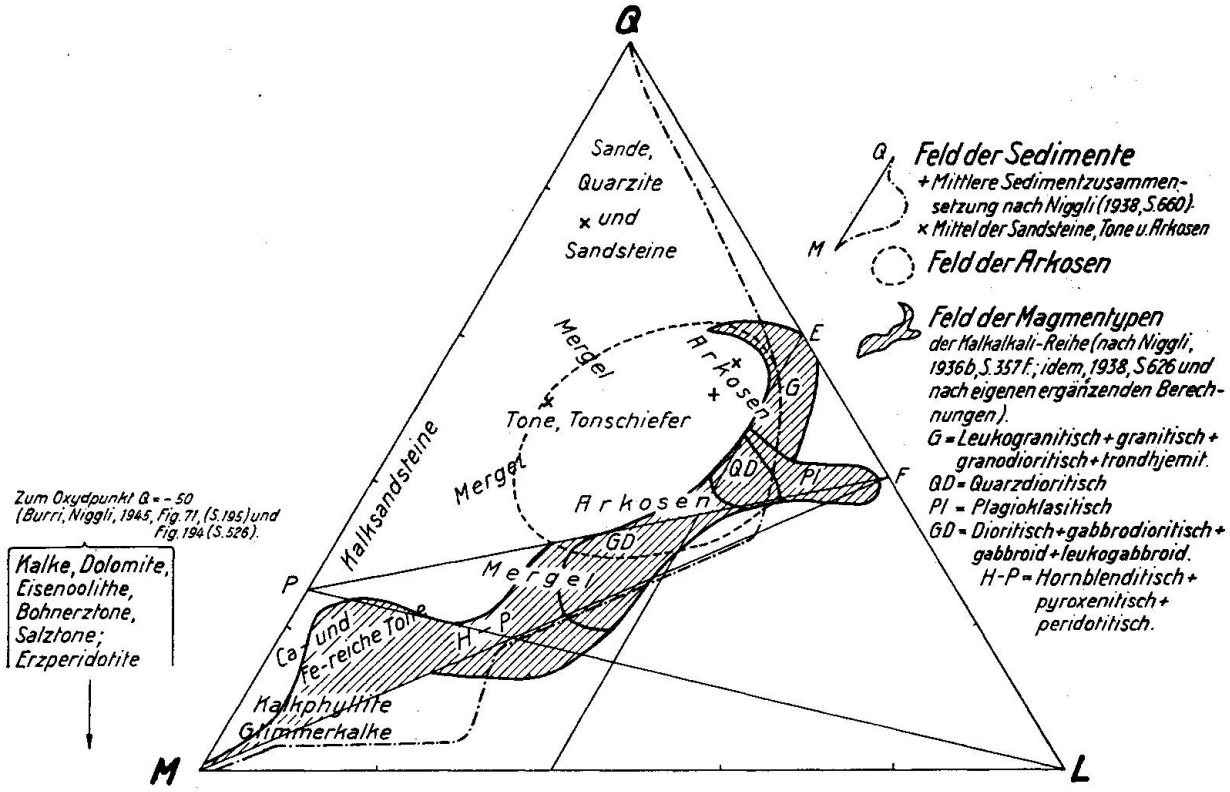

Fig. 2.

(Der Punkt D liegt im Schnittpunkt von PF mit der Geraden L = 40)

Projektion gegen E-F hin verschoben hat oder Bildungen exsudativer (venitischer; HOLMQUIST, 1921) Art. Das Sedimentfeld überdeckt die Felder der peridotitischen, pyroxenitischen, gabbroiden, leukogabbroiden, gabbrodioritischen und dioritischen Magmentypen vollständig; die Felder der hornblenditischen und der quarzdioritischen Magmentypen werden zum grössten Teil, die Felder der plagioklasitischen, trondhjemitischen, granodioritischen, granitischen und leukogranitischen Magmentypen nur zu einem kleinen Teil vom Sedimentfeld überdeckt. Aus dem QLM-Dreieck geht somit am besten hervor, welche Sediment- und Magmengruppen isochemisch und heteromorph zueinander sein können. Diese Feststellung gilt vorbehältlich neuer Sedimentanalysen, die das Sedimentfeld evtl. gegen die QL-Seite des Dreiecks erweitern können. In das Eruptivgesteinsfeld fällt die Projektion folgender Sedimente:

Nr.		Q	L	M
3.	Konglomerat (si 456)	59	35,5	5,5
18.	Arkosesandstein (si 198)	38,7	45,8	15,5
20.	Ton (si 180)	35,4	47,3	17,3
28.	Tiefseeton (si 144)	31,2	42,2	26,6
29.	Hornblendegarbenschiefer (si 140)	36,4	37,1	26,5
33.	Hornblende-Biotitschiefer (si 111)	26,2	31,1	42,7
44.	Karbonat-Biotitschiefer (si 96)	25,7	35,7	38,6
48.	Eisenoolith (si 28)	—	—	100

und einige von HASLER (1949, S. 133) berechnete Pelite.

Zur Abgrenzung des Sedimentfeldes dienten ferner die QLM-Werte folgender Sedimente, deren Projektion an den Rand des Eruptivgesteinsfeldes fällt:

Nr.		Q	L	M
	Feldspatsand (si 397) (Fig. 1) (NIGGLI, 1930, S. 56)	53,6	39,3	7,1
4.	Burdigalien-Sand (si 380)	57,8	34,5	7,7
9.	Augengneis-Grus (si 292)	51,8	39,4	8,8
10.	Phyllit (si 260)	49,5	38,7	11,8
6.	Dachschiefer (si 224)	46,0	37,7	16,3
19.	Schieferton (si 189)	43,5	38,4	18,1
27.	Mergel, Tortonien (si 160)	39,1	37,2	23,7

Das Sedimentfeld greift somit deutlich über die Gerade ED (siehe Fig. 2, Anmerkung) hinaus gegen den Punkt F hin; die Linie ED ist somit nicht massgebend für die Abtrennung der Ortho- und Paragesteine. Metamorphe Gesteine, deren Projektion in das vom Sedimentfeld überdeckte Eruptivgesteinsfeld fallen, können, petrochemisch gesehen, von Ortho- wie von Paramaterial herstammen. Sie lassen sich unter Umständen zu einer Reihe zusammenstellen, die objektiv als Variationsreihe zu benennen ist, nicht als „Differentiationsbahn magmatischer Gesteine" — falls geologische, strukturelle u. a. Kennzeichen (Relikte!) ihrer Orthonatur fehlen. Eine solche Variationsreihe von Metamorphiten kann durch sedimentäre, magmatische, migmatische oder metamorphe Prozesse entstanden sein, weshalb man von sedimentogener, magmatischer, migmatischer oder metamorpher Differentiation sprechen kann.

Literaturverzeichnis

BARTON, D. C. (1916): The geological significance and genetic classification of arkose deposits. Jour. of Geol. 24, S. 417.

BURRI, C. und NIGGLI, P. (1945): Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. I. Zürich.

CLARKE, F. W. (1915): Analyses of rocks and minerals from the laboratory of the United States Geological Survey 1880—1914, Washington, U.S. Geol. Surv. Bull. 591.

GRUBENMANN, U. und NIGGLI, P. (1924): Die Gesteinsmetamorphose I. Berlin.

GSCHWIND, M. und NIGGLI, P. (1931): Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., 17. Liefg.

GÜNTHERT, A. (1954): Beiträge zur Petrographie und Geologie des Maggia-Lappens (NW Tessin). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 34, Heft 1 (im Druck).

HALL, A. L. (1938): Analyses of rocks, minerals, ores, coal and waters from Southern Africa. Geol. Surv. of South Africa, Mem. No. 32.

HASLER, P. (1949): Geologie und Petrographie der Sambuco-Massari-Gebirgsgruppe zwischen der oberen Valle Leventina und Valle Maggia im nördlichen Tessin. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 29, S. 50.

HATCH, F. H. and RASTALL, H. M. (1938): The petrology of the sedimentary rocks. London.

HOLMQUIST, P. J. (1921): Typen und Nomenklatur der Adergesteine. Geol. Fören. Förh., 43, S. 612.

HUBER, H. M. (1943): Physiographie und Genesis der Gesteine im südöstlichen Gotthardmassiv. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 23, S. 72.

HUTTENLOCHER, H. F. (1946): Konglomerate und konglomeratähnliche Bildungen aus der Umgebung von Naters (Wallis). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 26, S. 257.

KOBER, L. (1923): Lehrbuch der Geologie. Wien.

LARSSON, W. (1932): Chemical analyses of Swedish rocks. Bull. Geol. Inst. Uppsala, 24.

LOKKA, L. (1934): Neuere chemische Analysen von finnischen Gesteinen. Bull. Comm. Géol. Finl., No. 105.

— (1950): Chemical analyses of Finnish rocks. Bull. Comm. Géol. Finl., No. 151.

MACKIE, W. (1898): The felspars present in sedimentary rocks as indicators of the conditions of contemporaneous climate. Trans. Edin. Geol. Soc., 7, S. 443.

NEEB, G. A. (1943): The Snellius Expedition, Vol. V., Geological Results, Part 3, Section II., The composition and distribution of the samples, Leiden.

NIGGLI, P. (1924): s. Grubenmann und Niggli.

NIGGLI, P., DE QUERVAIN, WINTERHALTER, R. U. (1930): Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., 14. Liefg.

NIGGLI, P. (1934): Die chemische Klassifikation der metamorphen Gesteine. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 14, S. 464.

— (1936a): Die Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 16, S. 295.

— (1936b): Die Magmentypen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 16, S. 335.

NIGGLI, P., PREISWERK, H., GRÜTTER, O., BOSSARD, L., KÜNDIG, E. (1936c): Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniotal. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N.F., 71. Liefg.

NIGGLI, P. (1938): Die komplexe gravitative Kristallisationsdifferentiation. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 18, S. 610.

— (1952): Gesteine und Minerallagerstätten. II. Basel.

PREISWERK, H. (1918): Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen. II. Teil. Oberes Tessin- und Maggiagebiet. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, 26. Liefg.

QUERVAIN, F. DE und FRIEDLAENDER, C. (1942): 1. Nachtrag zum Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., 20. Liefg.

ROSENBUSCH, H. und OSANN, A. (1923): Elemente der Gesteinslehre. IV. Stuttgart.

STRECKEISEN, A. (1928): Geologie und Petrographie der Flüelagruppe (Graubünden). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 8, S. 87.

VALLET, J.-M. (1950): Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du Val d'Hérens et du Val d'Hérémence (Valais). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 30, S. 322.

Eingegangen: März 1953.