

Über die Staurolith-Andalusit-Paragenesis im Glimmergneis von Piodina bei Brissago (Tessin)

Autor(en): **Suzuki, Jun**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **10 (1930)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11626>

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.

Über die Staurolith-Andalusit-Paragenesis im Glimmergneis von Piodina bei Brissago (Tessin)

von *Jun Suzuki*

Inhalt

1. Einleitung	117
2. Petrographische Beschreibung des Gesteins	118
3. Chemische Zusammensetzung des Gesteins	121
4. Natur der Metamorphose	127
5. Zusammenfassung	130
5 Textfiguren.	

1. Einleitung

Der südwestliche Teil des Kanton Tessin, besonders die Umgebung von Brissago, ist durch seine interessanten Paragneise bekannt. Die relativ breite Zone verläuft beinahe ENE—WSW. Die Schichten fallen steil ein, oft mehr als 60° N.

Schon lange wurde die Zone als eine metamorphosierte Sedimentserie erkannt; sie gehört der sogenannten Ivrea-Zone an. Die Paragneiszone besteht zur Hauptsache aus biotitreichen Gneisen, enthält aber stellenweise schmale Streifen von kristallinem Kalkstein und Glimmerschiefer. Sie ist ausserdem teilweise durchsetzt von schmalen Zonen mit Amphiboliten und Pegmatit- oder Aplit-Gängen.

Der biotitreiche Paragneis besteht gewöhnlich aus einem Aggregat von Quarz, Feldspat, Biotit, Muskovit und einigen akzessorischen Mineralien. Bemerkenswert sind aber Stellen, wo spezielle Fazien auftreten. Diese Stellen sind charakterisiert durch das Vorhandensein besonderer Mineralien, wie z. B. Granat, Sillimanit, Disthen, Staurolith oder Andalusit.

Der Sillimanitgneis und der Granat-führende Sillimanitgneis aus der Umgebung von Ronco, 2 km nördlich von Brissago, wurden von U. GRUBENMANN (9) beschrieben. Diese Gneise waren die ersten Sillimanit-führenden Gesteine der Schweiz. Die ähnlichen Sillimanitgneise des obersten Valle di Bordei (südlich der Marmorzone von Ascona-Gridone) wurden später von W. G. RADEFF (24) beschrieben.

Der Verfasser hat eine erneute geologische und petrographische Untersuchung des Gebietes zwischen Centovalli und Lago Maggiore durchgeführt. Dabei fand er einen sehr interessanten Staurolith-Andalusit-Glimmergneis in der Umgegend von Piodina in der Nähe von Brissago.

Andalusit-führende oder Staurolith-führende Gesteine sind nicht selten in einer metamorphen Provinz; seltener ist die Assoziation von Andalusit und Staurolith in ein und demselben Gestein. Andalusit wird gewöhnlich als einer der typischen „Antistress-Mineralien“ angesehen, während Staurolith dagegen oft charakteristisch für dislokationsmetamorphe Gesteine ist, d. h. für Gesteine, die unter starkem Stress gebildet wurden. Diese zwei Mineralien werden mit-

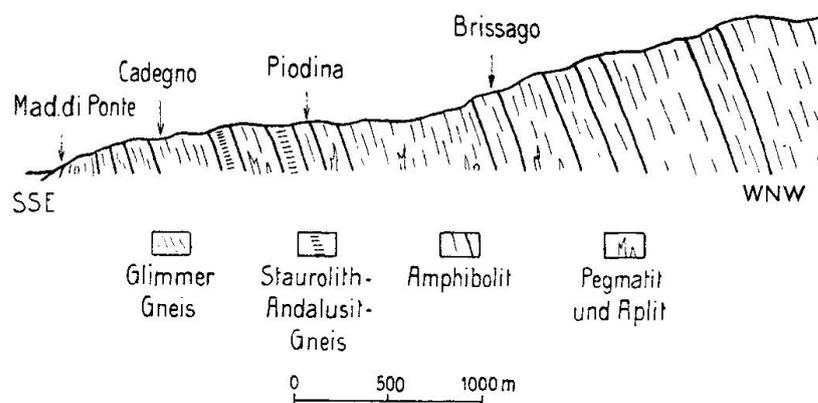


Fig. 1

hin bei der Metamorphose oft unter wesentlich verschiedenen physikalischen Bedingungen gebildet, kommen daher gewöhnlich nicht zusammen vor.

2. Petrographische Beschreibung des Gesteines

Der Staurolith-Andalusit-Glimmergneis bildet zwei schmale Zonen, die in dem Biotitgneis eingebettet liegen. Sie haben eine verhältnismässig beschränkte Ausdehnung und gehen gewöhnlich in den normalen Biotitgneis über, indem sie allmählich ärmer an Staurolith und Andalusit werden. Nicht weit von diesen Zonen liegen kleine Vorkommnisse von Amphibolit und Pegmatit.

Am deutlichsten tritt das Gestein an der Strasse zwischen Piodina und Cadegno zutage. Die räumlichen Beziehungen zum umliegenden Gestein werden durch Profil Fig. 1 veranschaulicht.

Das Gestein ist mittelkörnig, hat eine dunkelbraune Farbe und weist gewöhnlich eine stark schieferige Textur auf. Die Schiefer-

flächen haben mehr oder weniger Seidenglanz, der von der parallelen Stellung der Glimmerblättchen herrührt.

Die Hauptbestandteile, Quarz, Feldspat, Glimmer, Staurolith, Andalusit und Granat, sind mit blossem Auge sichtbar. Das Gestein ist nicht frisch, sondern gewöhnlich durch Limonit etwas verfärbt. Unter dem Mikroskop zeigt sich ein heterogenes Aggregat von Quarz, Feldspat, Biotit, Muskovit, Staurolith, Andalusit und Granat, dem kleine Mengen von Apatit, Zirkon, Ilmenit, Rutil, Magnetit und Turmalin eingestreut sind. Es weist gewöhnlich nematoblastische, teilweise porphyroblastische Struktur auf.

Die Mengenverhältnisse dieser Bestandteile sind:

Hauptgemengteile: Quarz > Feldspat > Biotit > Muskovit > Andalusit > Staurolith > Granat.

Nebengemengteile und Übergemengteile: Chlorit > Magnetit > Ilmenit > Zirkon > Apatit > Rutil.

Das Gestein besteht meistens aus umkristallisierten Mineralien, in seltenen Fällen jedoch enthält es noch kleine Bruchstücke von Reliktfeldspat. Struktur ist porphyroklastisch.

Quarz ist der Hauptbestandteil. Er erscheint in gleich grossen xenomorphen Körnern mit Durchmesser von etwa 0.2—0.5 mm. Die meisten Individuen sind linsenförmig, parallel zu der Schieferung angeordnet. Meistens ist das Mineral klar und durchsichtig, oft sind aber feine Kriställchen von Zirkon und Apatit eingeschlossen. Einige der Quarzkristalle haben eine undulöse Auslöschung, was auf verhältnismässig starke Deformation nach der Kristallisation hinweist.

Feldspat ist neben Quarz der wichtigste Bestandteil. Er besitzt meist etwa 0.5—1 mm Durchmesser und tritt immer in enger paralleler Assoziation mit Quarz auf. Er ist verhältnismässig frisch und gewöhnlich polysynthetisch nach dem Albit- oder Periklingesetz verzwillingt. Die Spaltbarkeit ist gut entwickelt, Zonarstruktur ist kaum zu sehen. Nach der Fedorow-Methode ergibt sich der Axenwinkel zu 80°, der Charakter des Minerals als positiv. Der Feldspat gehört zum Oligoklas: $An_{15}Ab_{95}$ — $An_{20}Ab_{80}$. Ab und zu sind in ihm zahlreiche Kristalle von Quarz, Biotit, Zirkon, Apatit, Reliktfeldspat und kohlenartige Substanzen eingeschlossen. Oft weist das Mineral eine typische poikiloblastische Struktur auf. Der Reliktfeldspat hat eine unregelmässige Form mit etwas zertrümmerten Rändern. Gewöhnlich ist er verzwillingt und in Zonen angeordnet. Er gehört dem Oligoklas-Andesin an. Bei zonaren Individuen ist die äussere Zone Anorthit-ärmer.

Biotit kommt in Form kleiner Blättchen vor, deren grösste Ausdehnung parallel zu Quarz und Feldspat liegt. Dies veranlasst die Schieferung des Gesteins. Die Spaltrisse sind gewöhnlich deutlich zu sehen, wogegen die Umgrenzung des Minerals sehr unregelmässig ist. Der Pleochroismus ist charakteristisch:

$c = \text{braun}, b = \text{braun}, a = \text{bräunlich gelb.}$

Die Absorption ist: $c = b > a.$

Die Auslöschung erreicht beinahe 10° , der Charakter des Minerals ist negativ. Das Mineral geht teilweise in grünen Chlorit über. Apatit, Zirkon und Rutil sind Einschlüsse im Biotit.

Muskovit ist ein nie fehlender Bestandteil des Gesteins. Er erscheint als kleine farblose Blättchen. Gewöhnlich ist er zusammen mit Biotit auf der Schieferungsfläche. Der Durchmesser der Muskovitblättchen ist kleiner als der des Biotits. Der Axenwinkel ist beinahe 0° und der Charakter negativ.

Andalusit ist in verhältnismässig grossen Mengen vorhanden. Er hat eine gerundete Form mit Durchmesser von etwa 1—1.5 mm. Der grösste Teil des Minerals ist xenomorph, doch kommt ab und zu eine feine kurzprismatische Ausbildung mit deutlicher Spaltbarkeit nach (110) vor. Der optische Charakter auch der Hauptzone ist negativ. Der Pleochroismus ist:

$a = \text{blaßrot}, b = \text{farblos}, c = \text{farblos.}$

Die Absorption entspricht: $a > b = c.$

Das Mineral ist verhältnismässig frisch, enthält aber stellenweise längs den Spaltflächen kleine Schuppen von sekundärem Sericit und Chlorit. Zum Teil sind kleine Brocken von Quarz, Feldspat, Glimmer, Staurolith oder andern accessorischen Mineralien eingeschlossen. Hier und da weist der Andalusit eine typisch poikiloblastische Struktur auf, woraus auf eine späte Bildung des Andalusits geschlossen werden könnte.

Staurolith ist in geringerer Menge als Andalusit vorhanden. Die grossen Exemplare haben Durchmesser von etwa 1—5 mm. Die Kristalle sind idioblastisch mit gut entwickelten Kristallflächen. Das Mineral besitzt keine deutliche Spaltbarkeit, ist aber von charakteristischen Sprüngen, beinahe senkrecht zu der b-Achse, durchsetzt. Oft ist der Staurolith in zahlreiche kataklastische Fragmente zersplittert. Der Pleochroismus ist:

$a = \text{hellgelb}, b = \text{hellgelb}, c = \text{braunlich gelb.}$

Die Absorption: $a = b < c.$

Das Mineral ist gewöhnlich frisch, doch teilweise auch umgewandelt in sekundären Chlorit oder Sericit. Bisweilen hat es eine typische Siebstruktur infolge zahlreicher Einschlüsse von runden Quarzkörnern, Feldspat, Ilmenit, Apatit und Zirkon.

Granat kommt in kleinen Rhombendodekaedern vor mit Durchmessern von etwa 0.01—0.5 mm. Er ist im Schliff farblos und völlig isotrop.

Magnetit und *Ilmenit* sind im Gestein gleichmässig verteilt, obgleich sie nur in geringen Mengen vorhanden sind. Sie treten gewöhnlich auf als runde oder unregelmässige Körner von schwarzer Farbe. Manchmal weist das erstgenannte Mineral eine gute Oktaederform auf, während das letztgenannte Leukoxenränder zeigt.

Apatit und *Zirkon* sind accessorische Bestandteile im Gestein. Sie finden sich als kleine, farblose Prismen mit gut bestimmbarer Kristallform. Entsprechend ihrer frühen Auskristallisation sind sie gewöhnlich in allen Hauptkomponenten eingeschlossen. Wo Zirkon in Biotit eingeschlossen ist, sind schöne pleochroitische Höfe bemerkbar.

Rutil und *Turmalin* sind selten. Rutil bildet bräunliche Körner, Turmalin schöne dunkelgrüne Prismen.

Sillimanit, der sonst durchaus kein ungewöhnliches Mineral im Biotitgneis aus der Umgegend von Brissago und Ronco ist, fehlt im vorliegenden Staurolith-Andalusit-Gneis vollständig.

3. Chemische Zusammensetzung des Gesteins

Die Resultate der neuen chemischen Analyse von Staurolith-Andalusit-Biotitgneis von Piodina und der Analyse der Glimmerschiefer von Losone, die im Auftrage des Verfassers von Dr. H. SCHUMANN (Mineralog.-Petrogr. Institut der Universität Bern) gemacht wurden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Zwei chemische Analysen von Sillimanit-Biotitgneis von Ronco, nordöstlich von Brissago, die von Frl. Dr. L. HEZNER ausgeführt wurden, sind zum Vergleich herbeigezogen, da sie geologisch und petrographisch eine enge Verwandtschaft mit unsern zwei Gneisen aufweisen.

Wie die Tabelle zeigt, erlaubt die chemische Zusammensetzung des Staurolith-Andalusit-Gneises die Schlussfolgerung, dass es sich um ein Derivat eines tonerdereichen Sediments handelt, genau wie bei den zwei Sillimanit-Gneisen und Glimmerschiefern. Wenn wir die vier Analysen vergleichen, so erkennen wir deutliche Unterschiede:

Tabelle 1

	A*		B		C		D*	
		mol. %		mol. %		mol. %		mol. %
SiO ₂	59.91	67.6	58.43	68.4	54.15	64.2	59.27	69.8
TiO ₂	1.11	—	1.18	—	1.13	—	.79	—
Al ₂ O ₃	20.35	13.5	25.06	17.0	27.38	18.8	20.03	13.9
Fe ₂ O ₃	1.21	—	.68	—	1.37	—	1.66	—
FeO	4.83	5.7	4.57	5.0	4.65	5.8	5.11	6.6
MnO	.08	—	—	—	—	—	.06	—
MgO	3.33	5.7	2.48	4.3	2.80	4.9	2.49	4.4
CaO	1.47	1.8	.43	.5	1.42	1.8	.67	.9
Na ₂ O	2.61	2.9	1.33	1.5	1.12	1.2	.97	.9
K ₂ O	3.85	3.8	4.45	3.3	4.59	3.3	4.98	3.5
P ₂ O ₅	.06	—	—	—	—	—	.08	—
H ₂ O (+)	1.65	—	—	—	—	—	3.89	—
H ₂ O (-)	—	—	.31	—	.16	—	—	—
Glühverlust	—	—	1.42	—	.95	—	—	—
	100.46	100.0	100.34	100.0	99.72	100.0	100.00	100.0

Werte nach Niggli

si	210	213	179	221
al	42	54	52.5	46
fm	35	29.5	30	36
c	5.5	1.5	5	2.5
alk	17.5	15	12.5	15.5
k	.49	.69	.73	.83
mg	.50	.46	.46	.40
al-alk	24.5	39	40	30.5
c/fm	.16	.05	.17	.07

- A. Staurolith-Andalusit-Biotitgneis von Piodina bei Brissago (Analytiker H. Schumann).
 B. Sillimanit-Biotitgneis von Ronco, 2 km N. von Brissago (Analytiker L. Hezner).
 C. Granat-führender Sillimanit-Biotitgneis von Ronco, 2 km N. von Brissago (Analytiker L. Hezner).
 D. Glimmerschiefer von Losone bei Ascona (Analytiker H. Schumann).

Der Staurolith-Andalusit-Gneis (A) besitzt kleinere Werte für k und (al-alk) als der Sillimanit-Biotitgneis (B), der Granat-führende Sillimanit-Biotitgneis (C) und Glimmerschiefer (D). Der Staurolith-Andalusit-Gneis und der Granat-führende Sillimanit-Biotitgneis zeigen einen höheren Gehalt an k als der Granat-freie Sillimanit-Biotitgneis und Glimmerschiefer. Es ist bemerkenswert, dass gewisse chemische Unterschiede in diesen Gesteinen beinahe parallel gehen mit dem Vorhandensein oder Fehlen gewisser Mineralien. Es

*) Neue Analyse.

ist sehr wahrscheinlich, dass die Bildung von Staurolith in naher Beziehung steht mit der verhältnismässig kleineren ursprünglichen Menge an Al_2O_3 und K_2O . Das Entstehen von Granat in dem Granat-führenden Sillimanit-Biotitgneis und Staurolith-Andalusit-Biotitgneis kann man mit dem höhern CaO-Gehalt in Beziehung bringen.

Da die chemische Zusammensetzung von Sillimanit und Andalusit dieselbe ist, dürfen wir die Entstehung des einen oder andern nur auf verschiedene physikalische Bedingungen zurückführen.

Zur weitem Diskussion sollen in nachfolgender Tabelle vergleichsweise eine Reihe Analysen von Staurolith-haltigen Gesteinen aus verschieden metamorphen Distrikten angegeben werden.

Aus der Tabelle geht hervor, dass die staurolith-führenden Gesteine sehr verschiedene si-Werte besitzen, nämlich zwischen 72 und 1655. Diese Tatsache zeigt uns, dass die Entstehung von Staurolith innerhalb weiter Grenzen in keiner Beziehung zu dem SiO_2 -Gehalt des primären Gesteins steht. Aus der Tabelle ist deutlich zu erkennen, dass das Entstehen des Minerals eng verknüpft ist mit den andern Werten von al, fm, c, alk, mg und k. Wenn wir die Werte dieser Staurolith-führenden Gesteine (inkl. Staurolith-freie Sillimanit-Gneise von Ronco und Glimmerschiefer von Losone) in dem k—mg- und (al—alk)—c-Diagramm nach P. NIGGLI zusammenstellen, so erhalten wir die Figuren Fig. 2 und Fig. 3. Die Diagramme zeigen gewisse Gesetzmässigkeiten zwischen Mineral- und Gesteinschemismus. Die Werte der Mineralien sind der Arbeit von P. NIGGLI (21) entnommen.

Aus den zwei Diagrammen können wir ferner leicht ersehen, dass die Punkte der Staurolith-führenden Gesteine in beiden Fällen meistens in das umgrenzte Feld fallen. In dem k—mg-Diagramm stehen diese mg- und k-Werte zwischen 0.2 und 0.6 einerseits und 0.2 und 0.8 andererseits. Das Diagramm zeigt, dass Staurolith-Gesteine gewöhnlich von verhältnismässig eisenreichen Gesteinen herkommen. Es ist sehr bemerkenswert, dass das Feld demjenigen entspricht, das P. NIGGLI (21) für die Paragesteinsprovinz am S-Rande des Gott-hardmassivs angegeben hat.

Im (al—alk)—c-Diagramm treffen wir Werte von al—alk und c, die zwischen 10 und 60 liegen respektive zwischen 0 und 10. Diagramm Fig. 3 zeigt, dass Staurolith-Gesteine verhältnismässig grosse Werte für al—alk haben, aber meistens äusserst geringe Werte für c.

Diese Tatsachen zeigen an, dass die primären Materialien der Staurolith-haltigen Gesteine meistens tonerdereich, aber sehr arm an

Tabelle II (Analysen staurolith-führender Gesteine)

	Gestein, Fundort (Literatur)		si	al	fm	c	alk	k	mg	al-alk	cf/m
	(fd. = führend)										
(A)	Staurolith-Andalusit-Biotitgneis, Piodina	· · · · ·	210	42	35	5.5	17.5	.40	.50	24.5	.16
(B)	Sillimanit-Biotitgneis, Ronco (9)	· · · · ·	218	54	29.5	1.5	15	.69	.46	39	.05
(C)	Granat-fd-Sillimanit-Biotitgneis, Ronco (9)	· · · · ·	179	52.5	30	5	12.5	.73	.46	40	.17
(D)	Glimmerschiefer, Losone	· · · · ·	231	46	36	2.5	15.5	.80	.40	30.5	.07
(1)	Staurolith-Biotitfels, Val Piora (18)	· · · · ·	72	58	33.5	3.5	5	.78	.11	53	.11
(2)	Staurolith-fd. Granat-Biotitschiefer, Frodalera, Lukmanier (18)	· · · · ·	74	25.5	61.5	5.5	7.5	.47	.42	18	.09
(3)	Granat-Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer, Pizzo Molare, Tessin (17)	· · · · ·	86	42	49.5	5	3.5	.27	.15	38.5	.10
(4)	Staurolith-Schiefer, nördl. Pizzo Molare (17)	· · · · ·	91	60	27	1.5	11.5	.64	.18	48.5	.05
(5)	Staurolith-fd. Glimmerschiefer, Tremolaserie (13)	· · · · ·	106	41	42.5	5.5	11	.51	.39	30	.13
(6)	Staurolith-fd. Glimmerschiefer, Pal Piora (18)	· · · · ·	115	53.5	26	6.5	14	.69	.42	39.5	.26
(7)	Staurolith-fd. Granatthornfels, westl. Crevola, Tessin (17)	· · · · ·	134	50	33.6	8	8.5	.66	.24	41.5	.25
(8)	Staurolith-fd. Granat-Glimmerschiefer, Pizzo Molare (17)	· · · · ·	148	53.5	34	4	8.5	.76	.29	45	.12
(9)	Staurolith-Sericitschiefer, östl. Acquacalda (18)	· · · · ·	168	57	26.5	4	12.5	.42	.25	44.5	.13
(10)	Staurolithschiefergneis, Flüela, Graubünden (26)	· · · · ·	189	52	32.5	2	13.5	.89	.36	38.5	.06
(11)	Staurolith-fd. Plagioklasgneis, Campra, Lukmanier (18)	· · · · ·	191	45.5	37	7	10.5	.50	.20	35	.19
(12)	Staurolith-fd. Zweiglimmerschiefer, Airola (13)	· · · · ·	205	38	42	5	15	.64	.26	23	.13
(13)	Staurolith-Granat-Glimmerschiefer, Liau-Tung, China (22)	· · · · ·	209	41	37	6	16	.64	.48	35	.17
(14)	Staurolithschiefer, Kapsan, Korea (5)	· · · · ·	238	40.5	40	3.5	16	.55	.35	24.5	.07
(15)	Staurolith-fd. Disthengneis, Untereingadin (10)	· · · · ·	275	49	30	4	17	.42	.57	32	.13
(16)	Staurolith-Biotitschiefer, Pizzo di Soveltia, Tessin (17)	· · · · ·	280	35	31.5	11	22.5	.31	.46	12.5	.36
(17)	Staurolith-fd. Biotitschiefergneis, Flüela (26)	· · · · ·	282	37	36	9	18	.43	.46	19	.25
(18)	Staurolith-fd. Feldspat-Knotengneis, Flüela (26)	· · · · ·	437	42	33.5	7	17.5	.53	.36	14.5	.21
(19)	Staurolith-fd. Paragonit-Albitschiefer, östl. Campra (18)	· · · · ·	508	66	16	3.5	14.5	.11	.08	51.5	.21
(20)	Staurolith-fd. Chloritoid-Quarzit, Alpe Tom (18)	· · · · ·	572	45.5	48.5	3	3	.86	.31	42.5	.06
(21)	Staurolith-fd. Sericit-Quarzit, Piz Scopi (23)	· · · · ·	848	37.5	36.5	8	18	.73	.38	19.5	.21
(22)	Staurolith-fd. Quarzgneis, Untereingadin (10)	· · · · ·	1655	44	25	7	24	.59	.39	20	.26

Kalk waren. So ist es möglich das Fehlen von Staurolith im Sillimanitgneis von Ronco (B und C) und im Glimmerschiefer von Losone (D) auf die speziellen Werte von k und $al-alk$ zurückzuführen.

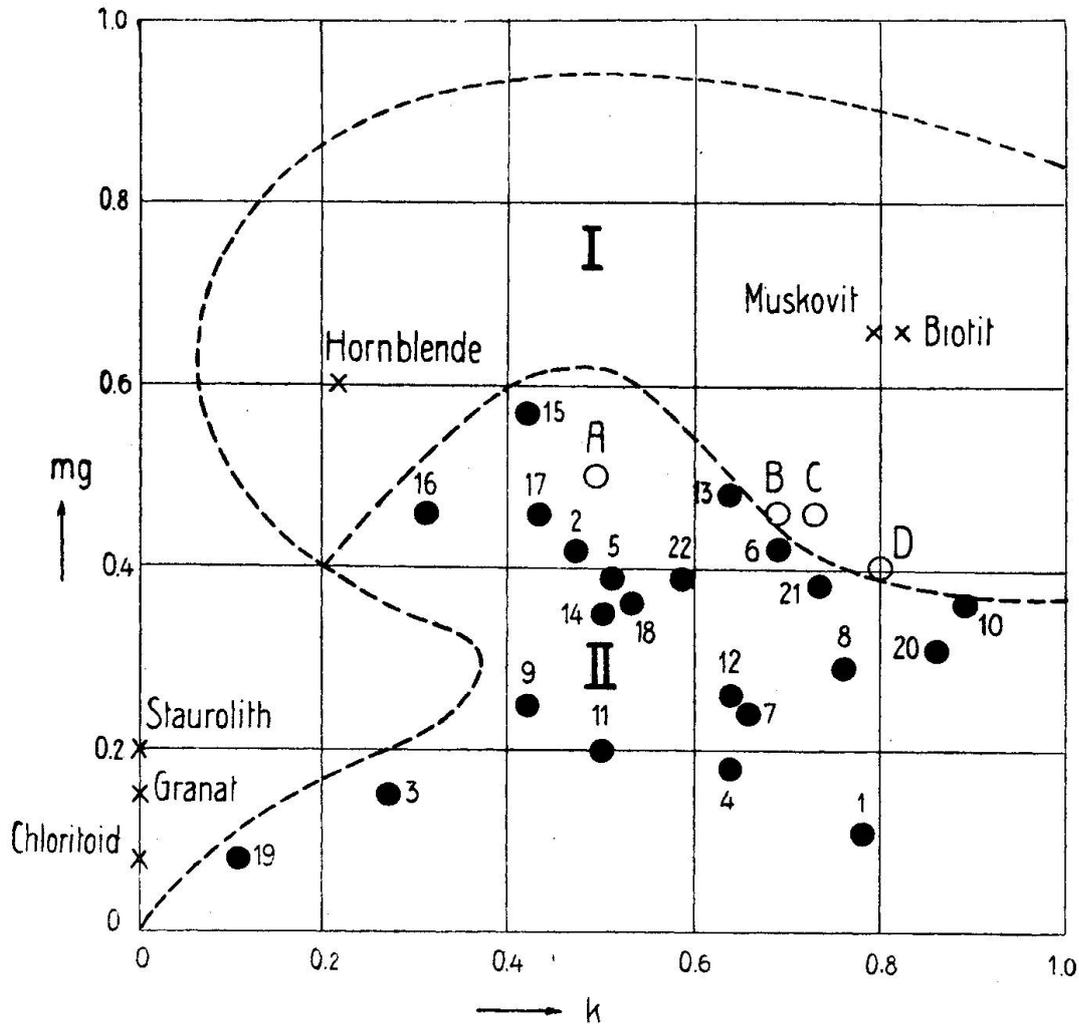
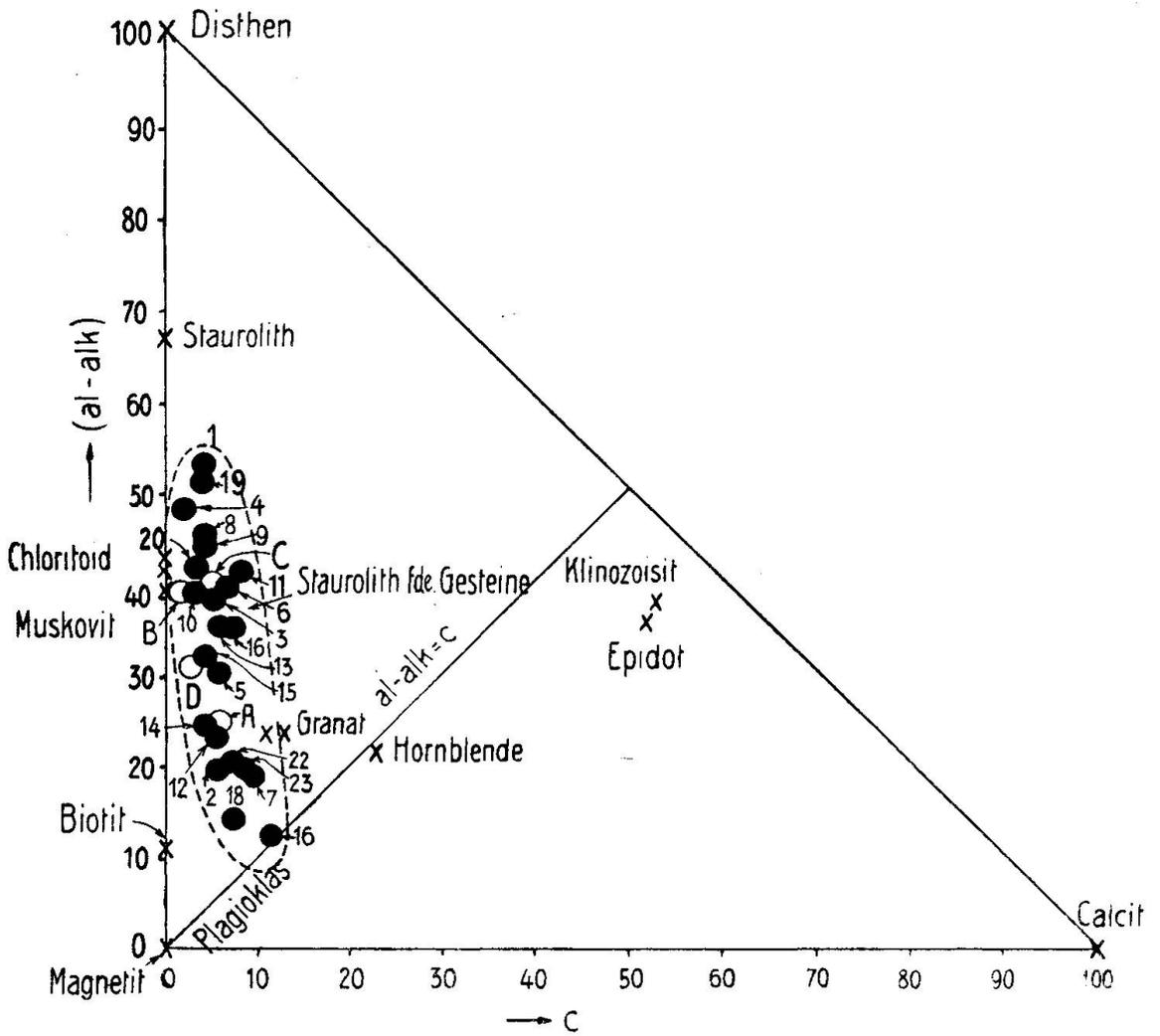


Fig. 2. k - mg -Diagramm

- I. Gebiet, in dem keine Fe-Mineralien wie Granat, Staurolith als Hauptgemengteile auftreten.
- II. Gebiet mit Fe-Mineralien wie Granat, Staurolith, Magnetit als Hauptgemengteile.
- A. Staurolith-Andalusit-Biotitgneis von Piodina.
B und C. Staurolith-freie Sillimanit-Biotitgneise von Ronco.
D. Staurolith-freier Glimmerschiefer von Losone.
- 1.-22. Staurolith-führende Gesteine aus verschiedenen Distrikten.

Fig. 4 zeigt diese Verhältnisse in einer andern Darstellung. Die enge chemische Verwandtschaft aller Staurolith-führenden Gesteine geht auch aus dem $al-fm-c$ -Diagramm (Fig. 5) hervor.



(al-alk)-c-Diagramm

Fig. 3. (al-alk)-c-Diagramm.

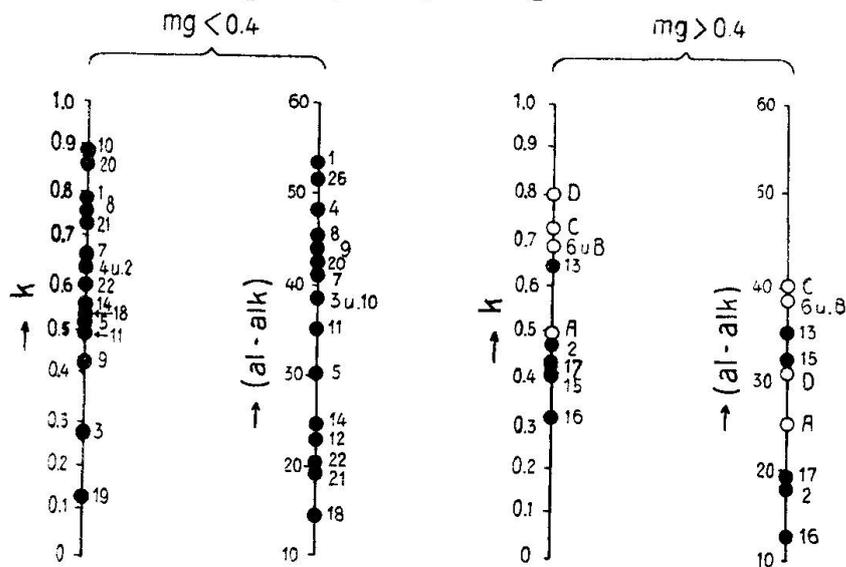


Fig. 4

4. Natur der Metamorphose

Aus den petrographischen und chemischen Befunden ist klar ersichtlich, dass der Staurolith-Andalusit-Gneis von Piodina, ebenso wie die Sillimanit-Gneise von Ronco,¹⁾ ein metamorphes Derivat von tonerereichen, eisenschüssigen Sedimenten ist. Im folgenden soll die Frage seiner Entstehung näher diskutiert werden. Wie schon erwähnt, ist die Assoziation von Staurolith und Andalusit von grösstem

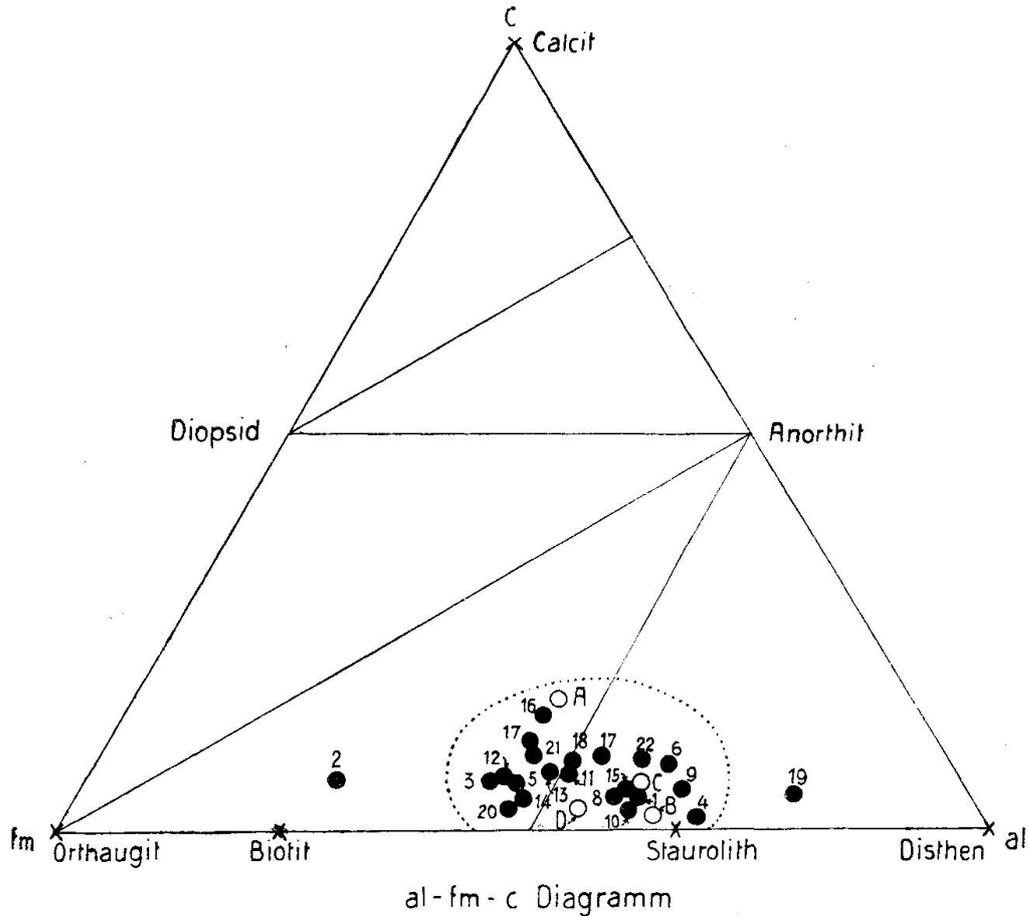
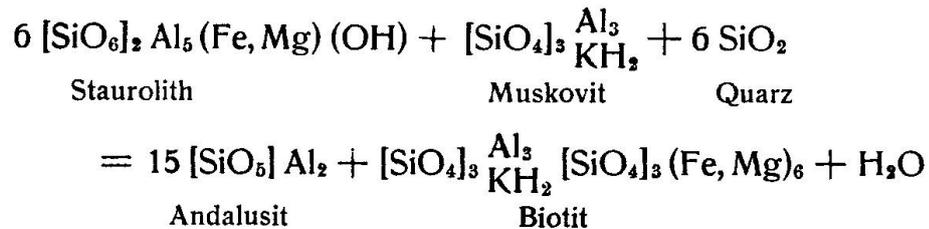


Fig. 5. al-fm-c-Diagramm

Interesse. Diese Mineralien werden nämlich gewöhnlich als Produkte verschiedener chemisch-physikalischer Bedingungen angesehen. Aus diesem Grunde ist zu prüfen, ob die Entstehungsweise der Mineralkombination eine syngenetische ist.

¹⁾ Über die Genesis dieser Sillimanit-Gesteine hat U. Grubenmann folgendes geschrieben: „Der Sillimanit-Gneis von Ronco ist also aus einem ursprünglichen tonigen Sediment hervorgegangen, bei dessen Umbildung neben metamorphosierenden Druckkräften auch pneumatolytische Injektion und Kontraktwirkung zur Geltung gekommen sind“ (Literatur 9).

Der Andalusit des in Frage stehenden Gesteins führt eine grosse Menge unregelmässig begrenzter Staurolithkörner und andere Hauptkomponenten. Diese Tatsache spricht dafür, dass der Andalusit das Produkt der letzten Phase einer langandauernden Umwandlung ist. Möglicherweise ist der Andalusit nachträglich auf Kosten von Mineralien entstanden, die schon früher gebildet waren. Zur Veranschaulichung könnte z. B. die folgende Gleichung dienen:



Man kann nicht mit Sicherheit entscheiden, ob der Andalusit sich direkt anschliessend an Staurolith gebildet hat, oder ob dieser erst viel später auftrat. Es ist aber denkbar, dass während der Dauer der Metamorphose sich der Staurolith zur Zeit des Maximums der Stresswirkung gebildet hat. Darauf folgte der Andalusit, dessen Entstehung in eine Periode abnehmender Stress- und zunehmender kontaktlicher Beeinflussung fällt. Mit andern Worten: Staurolith wurde während einer Phase der Dislokationsmetamorphose gebildet, Andalusit während einer Phase thermaler Kontaktmetamorphose durch Pegmatitintrusionen.

Wenn man die metamorphen Gesteine im allgemeinen betrachtet, kann man beobachten, dass Staurolith gewöhnlich zusammen mit verschiedenen Arten von metamorphen Mineralien auftritt. So z. B. mit Sillimanit, Disthen, Granat, Chloritoid, Spinell, Korund u. s. w. Aber sehr selten kommt er zusammen mit Andalusit oder Cordierit vor. In folgender Tabelle werden einige Beispiele spezieller Assoziationen verschiedener Lokalitäten angegeben.¹⁾

Wie aus der obigen Tabelle hervorgeht, ist die Assoziation von Staurolith und Andalusit sehr selten. Soweit dem Verfasser bekannt wurde, ist ausser dem Gneis von Piodina in den Schweizeralpen nur ein Andalusit-führender Staurolithschiefergneis in der Flüelagruppe (Graubünden) gefunden worden (Lit. 26). Diese Tatsache zeigt an, dass die Bedingungen für das Entstehen von Staurolith und Andalusit

¹⁾ Ausser den aufgezählten, wesentlichen Mineralien enthält jedes Gestein gewöhnlich auch noch die nachfolgenden Mineralien als Nebenkomponten: Apatit, Zirkon, Rutil, Sphen, Turmalin, Chlorit, Erz, kohlenartige Substanzen u. s. w.

in ein und demselben Gestein nur selten im metamorphen Zyklus eines Gebietes verwirklicht werden.

Kombination	Fundort (Literatur)
<i>Quarz + Feldspat + Glimmer + Staurolith</i> mit	
Sillimanit	Flüela, Graubünden (26), nördl. Pizzo Molare, Tessin (17)
Sillimanit + Granat	Flüela, Graubünden (26)
Sillimanit + Granat + Korund	Laacher See (14)
Sillimanit + Granat + Disthen	Flüela (26), Kroatien (15)
Sillimanit + Granat + Disthen + Andalusit	<i>Flüela Graubünden</i> (26)
Disthen	Alpe Campo, Tessin (18)
Disthen + Epidot	Nördl. Pizzo Molare, Tessin (17)
Disthen + Epidot + Spinell	P. Eira, Tessin (3)
Disthen + Granat	Untere Engadin (10), Val Piora, Tessin (18)
Disthen + Granat + Hornblende	Leventinadecke, Tessin (3)
Disthen + Granat + Calcit	Westl. Crevola, Tessin (17)
Disthen + Granat + Epidot	Nördl. und südwestl. Pizzo Molare (17)
Disthen + Granat + Epidot + Chloritoid	Pongio, Tessin (18), Alpe Piora, Tessin (18)
Disthen + Granat + Epidot + Hornblende	Val Piora, Tessin (18)
Granat	Pizzo di Soveltia, Tessin (7)
Granat + Andalusit	<i>Piodina, Tessin</i>
Chloritoid	P. Eira, Tessin (3)
Chloritoid + Hornblende	Val Piora, Tessin (18)
Epidot	Untere Engadin (10), Val Piora, Tessin (18)
Epidot + Hornblende	Val Piora (18)

Sehr interessant ist die Feststellung, dass der Staurolith-Andalusit-Gneis von Piodina, petrographisch-genetisch gesprochen, einen sehr ähnlichen Charakter hat wie der Andalusit-führende Staurolith-schiefergneis der Flüelagruppe, obschon in letzterem Andalusit als Übergemengteil auftritt. Über die Natur des Metamorphismus dieses Staurolith-Schiefergneis schreibt A. STRECKEISEN¹⁾: „In unserm Fall zeigen die Dünnschliffbeobachtungen, dass Staurolith und Andalusit ungleichaltrige Bildungen sind und daher auch auf verschiedenartige Bedingungen zurückgeführt werden müssen. Der Andalusit ist deutlich jünger als der Staurolith und dieser ist seinerseits jünger als die in ihm eingeschlossenen Züge von graphitischer Substanz und Erz und die an ihm abgeschnittenen Glimmerzüge.“

¹⁾ Lit. 26. Die genaue Zusammensetzung des Gesteins an der Flüela ist folgende:

Hauptgemengteile: Quarz, Plagioklas, Biotit, Muskovit, *Staurolith*, Granat, Sillimanit.

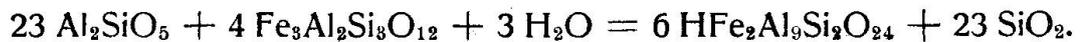
Nebengemengteile: Zirkon, Rutil, Ilmenit, Magnetit, Pyrit, graphitische Substanz (Apatit fehlt), sekundär: Chlorit, Limonit.

Übergemengteile: *Andalusit*, Disthen, Pinit, Turmalin.

Kürzlich hat P. ESKOLA (7) über eine interessante Beziehung von Andalusit- und Staurolithschiefer von der karelischen Schieferzone Finnlands berichtet. In diesem Falle ist die Beziehung zwischen Andalusit und Staurolith in gewissem Masse verschieden von dem Vorkommen in Piodina und Flüela. ESKOLA schreibt:

„Das Auftreten von Andalusit setzt einen Überschuss von Al_2O_3 über vorhandenes K_2O , das in den Glimmer eingehen kann, voraus.

Wenn noch dazu ein Überschuss von FeO (als Silikat) vorhanden ist, entsteht Almandin, welcher in den Andalusitglimmerschiefern tatsächlich oft neben Andalusit vorkommt. Aber dann könnte ebenso wohl Staurolith auftreten:



Ein Andalusitschiefer und ein Staurolithschiefer können also pauschal identisch sein. Sie vertreten zwei verschiedene Fazien und müssen durch verschiedene physikalische Verhältnisse bedingt sein. Es ist wohl bekannt, dass der Staurolith ein ausgeprägtes Stressmineral ist, und seine Entstehung mag mit starker Pressung zusammenhängen. Wie oben erwähnt, kommt er aber sogar in einem transversal schieferigen Gestein vor, wo die Stresswirkung unmöglich besonders stark gewesen sein kann. Wahrscheinlich muss man für die Staurolithbildung auch einen höheren Druck oder eine niedrigere Temperatur annehmen als für den Andalusit.

Jedenfalls ist das Vorkommen von Andalusitschiefern und Staurolithschiefern in nahe aneinander liegenden Gebieten bemerkenswert. So trifft man in Tohmajärvi einen Streifen von Staurolithschiefer, welcher in seiner nördlichen Fortsetzung von Andalusitschiefer ersetzt wird. Doch hat man in Finland nicht Andalusit und Staurolith zusammen angetroffen, obgleich jeder von diesen sich oft mit dem Almandin vergesellschaftet findet. Eine Abhängigkeit von der Nähe von Granitmassen kann weder für den Andalusit, noch für den Staurolith nachgewiesen werden.“

5. Zusammenfassung

1. Der Staurolith-Andalusit-Biotitgneis von Piodina bei Brissago ist das Derivat eines tonreichen, relativ eisenschüssigen Sedimentes.

2. Mineralogisch unterscheidet sich das Gestein von dem sich daran anschliessenden Biotitgneis durch das Vorhandensein von Staurolith und Andalusit und durch das Fehlen von Sillimanit.

3. Chemisch ist das Gestein ausgezeichnet durch einen höheren Eisengehalt und einen niedrigeren Kaligehalt, als dem Biotitgneis entspricht.

4. Staurolith und Andalusit wurden im Gestein unter verschiedenen physikalischen Bedingungen und zu verschiedener Zeit gebildet. Ersterer entstand während einer älteren Stressphase, letzterer während einer jüngeren, thermischen Kontaktphase.

Der Verfasser dankt noch besonders Herrn Prof. Dr. P. Niggli für das wohlwollende Interesse, das er vorliegender Arbeit entgegengebracht, sowie für die wertvollen Anleitungen, die er ihm gegeben hat.

Zürich, Mineralogisch - petrographisches Institut, 15. November 1929.

Manuskript eingegangen: 17. April 1930.

Benutzte Literatur

1. *Becke, F.*, Fortschritte auf dem Gebiet der Metamorphose. Fortschr. der Min. etc. Deutsch. Min. Ges., Bd. V.
2. *Bossard, L.*, Zur Petrographie der unterpenninischen Decken im Gebiete der Tessiner Kulmination. Schweizerische Min. und Petr. Mitteilungen, Bd. IX, 1929.
3. — Petrographie der mesozoischen Gesteine im Gebiet der Tessiner Kulmination. Ebenda.
4. *Brauns, R.*, Einige bemerkenswerte Auswürflinge und Einschlüsse aus dem niederrheinischen Vulkangebiet. Centralblatt, 1919.
5. *Chitani, J.*, Staurolithschiefer von Kapsan, Korea. Jour. Geol. Soc. Tokio, Vol. XXV, 1915.
6. *Erdmannsdorfer, O. H.*, Über Disthen-Andalusit-Paragenesen. Sitzungsber. Heidelberger Akad. d. Wiss., Math.-Nat. Kl., Abh. 8, 1928.
7. *Eskola, P.*, Petrographische Charakteristik der kristallinen Gesteine von Finland. Fortschr. der Min. etc., Bd. XI, 1929.
8. *Gramann, A.*, Über die Andalusitvorkommnisse im rhätischen Flüela und Scalettgebiet und die Färbung der alpinen Andalusite. Inaug.-Diss. Zürich, 1899.
9. *Grubenmann, U.*, Vorläufige Mitteilung über einen schweizerischen Sillimanitgneis. Vierteljahrschr. der Naturf. Ges. Zürich, 1907.
10. — Beiträge zur Geologie des Unterengadins (Die kristallinen Gesteine). Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, N. F., Bd. 23, 1909.
11. — Die kristallinen Schiefer. Berlin, 1910.
12. — und *Niggli, P.*, Die Gesteinsmetamorphose, I. Berlin, 1924.
13. *Hezner, L.*, Petrographische Untersuchung der kristallinen Schiefer auf der Südseite des St. Gotthard (Tremolaserie). Neues Jahrbuch, BB. XXVII.
14. *Hopmann, A.*, Staurolith- und Disthen-Glimmerschiefer aus dem Laacher Seegebiete. Verh. Naturhist. Ver. d. preuss. Rheinlande u. Westfalens, 67, 1901.
15. *Kispatic, M.*, Disthen-Sillimanit und Staurolith-führender Schiefer aus dem Krndija-Gebiet in Kroatien. Centralblatt, 1913.
16. *Koehlin, R.*, Über den Staurolith. Mitteil. der Wiener Min. Ges., No. 80, 1917.

17. *Königsberger, J.*, Geologische Beobachtungen am Pizzo Forno und Beschreibung der Minerallagerstätten des Tessiner-Massivs. Neues Jahrbuch, BB. XXVI, 1908.
 18. *Krige, L.*, Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Eclogae XIV, 1918.
 19. *Lacroix, A.*, Minéralogie de la France. Paris, 1893.
 20. *Mügge, O.*, Die regelmässigen Verwachsungen von Mineralien verschiedener Art. Neues Jahrbuch, BB. XVI, 1903.
 21. *Niggli, P.*, Die chemisch-mineralogische Charakteristik der metamorphen Paragesteinsprovinz am Südrande des Gotthardmassivs. Schweizerische Min. und Petr. Mitt., Bd. IX, 1929.
 22. *Qyu, M.*, On a staurolite garnet mica schist from Lian-Tung. Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. Sendai. Japan 2nd ser. 1, 1913.
 23. *W. van Holst-Pellekaan*, Geologie der Gebirgsgruppe des Piz Scopi. Diss. Zürich. Amsterdam, 1913.
 24. *Radef, W. G.*, Geologie des Gebietes zwischen Lago Maggiore und Melezza (Centovalli). Eclogae XIII, 1915.
 25. *Sonder, B.*, Zur petrographisch-tektonischen Analyse. Jahrb. geol., B. A. 1923.
 26. *Streckeisen, A.*, Geologie und Petrographie der Flüelagruppe (Graubünden). Schweizerische Min. u. Petr. Mitt. VIII, 1928.
 27. *Tilley, C. E.*, Some mineralogical transformations in crystalline schists. Min. Mag., Vol. XXI, 1926.
 28. *Weinschenk, E.*, Über einige bemerkenswerte Minerallagerstätten der Westalpen. Z. f. krist. Min. 32, 1899.
-