

Abhandlungen
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-physikalische Klasse
XXVIII. Band, 11. Abhandlung

Über alpine Minerallagerstätten

Zweiter Teil

Von

J. Koenigsberger
in Freiburg i. Br.

Vorgelegt am 8. Februar 1919

München 1919
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franzschen Verlags (J. Roth)

Abhandlungen
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-physikalische Klasse
XXVIII. Band. 11. Abhandlung

Über alpine Mineralagerstätten

Zweiter Teil

Von
J. Koenigsberger
in Freiburg i. Br.

Vorgelegt am 3. Februar 1919

München 1919
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franzoschen Verlags G. Roth

II. Teil.

A. Übersicht über die zentralalpinen Mineralassoziationen.

1. Abgekürzte Übersicht.
2. Übersicht der Assoziationen nach der geognostischen Stellung des Muttergesteins.
3. Die Typen der zentralalpinen Mineralassoziationen mit Angabe des Muttergesteins der einzelnen Fundorte.

B. Paragenetische Beziehungen zu den Endphasen mineralogener Vorgänge.

1. Paragenesen, die den alpinen am nächsten stehen.
2. Paragenesen der magmatisch-hydatischen und pneumatolytischen Endphasen.
3. Alpine Paragenesen und -Erzgänge.

A.

1. Abgekürzte Übersicht der zentralalpinen Mineralvorkommen.

I. In Graniten, Eruptivgneisen, Mischgneisen.

1. Quarz, Chlorit, daneben häufig Fluorit und Calcit, spärlich Hämatit, stellenweise Zeolithe.
2. Adular, Quarz, mit Hämatit oder Apatit, Chlorit, bisweilen Muskovit, sehr selten eines der Bormineralien Axinit, Danburit, selten Zeolithe. Bei Annäherung an dioritische Zusammensetzung noch Albit.

IIa. In Sedimentgneisen.

Meist keine Mineralvorkommen.

In pegmatitischen Linsen: Albit, Quarz, Sphe, Calcit.

IIb. In metamorphen Schiefern.

1. Quarz mit einem, zwei oder drei Titandioxyden, Rutil, Anatas mit Adular, Brookit mit Albit, selten Turmalin. Wo von Titandioxyden nur Rutil auftritt, gesellt sich häufig Siderit, auch Albit dazu, seltener Monazit oder Sulfide. — 1. ist ganz selten auch von Hämatit und von Magnetit begleitet.

IIIa und IIIb. In basischen Gesteinen.

1. Adular, Quarz, Sphe, Apatit, Chlorit, Amianth, und wechselnde Mengen von Calcit und Epidot; sporadisch, wenn Hornblende zurücktritt, die Zeolithe, worunter auch die seltenen Milarit und Faujasit.

2. Je mehr die Hornblende im Gestein vorwiegt, um so mehr **Epidot** und **Amianth**.

3. In den natronreichen, etwas Carbonat führenden, basischen aufgeschmolzenen Sedimenten: **Albit**, **Quarz**, **Chlorit** als **Ripidolith**, zu denen meist **Rutil** als **Sagenit**, seltener **Amianth**, hinzutreten.

IV. In Carbonatgesteinen.

a) In reinen Carbonaten.

In Kalken: 1. **Calcit**, seltener dazu **Quarz**, **Pyrit**, bisweilen **Fluorit**. — In Dolomiten: 2. **Dolomit**, **Calcit**, **Rutil**, seltener **Sphen**, **Adular**. — Bei Umkristallisation in der innersten alpinen Zone reichern sich **Pyrit**, **Turmalin**, seltene sulfidische Erze usw. lokal an.

b) In carbonatreichem metamorphen Schiefer, Kalkglimmerschiefern usw.

1. **Calcit**, **Quarz**, **Margarit**, selten dazu **Albit**.

c) Die Kontaktzonen und Schollen von Kalksedimenten enthalten auf den Klüften die umkristallisierten Kontaktmineralien: **Granat**, **Diopsid**, **Idokras**, **Asbest** oder nur **Ska-polith** und die aus diesen durch chemische Umsetzung entstehenden: **Pennin**, **Quarz**, **Calcit**, **Epidot**, **Desmin**.

2. Abgekürzte Übersicht der zentralalpinen Mineralassoziationen nach der geognostischen Stellung des Muttergesteins.

I. Granite, Eruptivgneise, Mischgneise.

Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Ordnungsnummern der im Verzeichnis 3 angegebenen Typen von Mineralassoziationen.

α) Aare- und Montblancgranit, zum Teil auch Adulagneis (1', 1'').

1. **Quarz**, **Chlorit**, **Calcit**, **Fluorit** (1', 1'a).

2. **Quarz**, **Chlorit** (1'', mit akzessorischen Mineralien 1, 1''', 3'), **Quarz** als **Amethyst** (9).

In manchen Klüften treten bei 1 und 2 noch Zeolithe, hauptsächlich **Desmin** und **Laumontit**, seltener **Skolezit**, **Heulandit** usw. auf (2, 2', 3). In großen Klüften ist bei 1 und 2 meist ein Bleiglanzklumpen zu bemerken.

β) Zum Gotthardgranit hinüber leitet folgendes Vorkommen im östlichen Aaregranit:

1. **Quarz**, **Hämatit**, häufig auch **Fluorit**, **Chlorit**, etwas **Adular**, selten **Albit** (4, 4', 4''), ausnahmsweise nur **Quarz**, **Adular**, **Chlorit** (1''a).

γ) Gotthardgranit 1. **Quarz**, **Adular**, **Hämatit**, **Muskovit** 5, 5', 5'', bisweilen auch Zeolithe (5), doch viel seltener als im Aaremassiv.

Zum Urserengneis und zu Grenzvorkommen im Aaregranit steht in Beziehung: 2. **Adular**, **Quarz**, **Apatit**, **Muskovit** (6, 6°, 6'), ohne **Muskovit** (6a') und ohne **Apatit** (6'').

Zu den Glimmerschiefern hinüber führt das Hinzutreten von **Anatas** (6'') in der Randfazies des Sellagneis, der ein parallelstruierter Gotthardgranit ist und ähnlich ganz selten im Urserengneis.

δ) Gneise und die Kontaktrandfazies des Aaregranits, der Urserengneis, zum Teil dioritischer Zusammensetzung.

Adular, **Quarz**, **Apatit**, **Calcit**, **Fluorit**, **Chlorit** in wechselnden Mengenverhältnissen (6a, 6b), randlich in mylonisiertem Gestein **Quarz** mit **Rutil** (10).

ε) Im Übergang des Gotthardgranits zur Tremolaserie in einer Injektionskontaktgrenze: **Albit**, **Apatit**, **Quarz**, **Siderit** (11'').

η) Die Granodiorite (Tessinergneis und Teile des östlichen Gotthardgranits, selten des Aaregranit) nähern sich (ebenso wie δ) chemisch der leukokraten, an Hornblende armen Randfazies von Dioriten und Amphiboliten (vgl. III). Sie haben daher eine ähnliche Paragenese, **Albit**, **Quarz**, **Sphen**, auch **Muskovit** (11, 11') oder **Quarz**, **Calcit** und akzessorische Mineralien (12). Wo das Gestein noch der granitischen Zusammensetzung näher steht, tritt **Adular** dazu (13, 7, 7a), ganz selten auch die Bormineralien, **Danburit**, **Axinit** (7'a, 7'b).

θ) Aplite des Aaregranits, **Quarz** mit **Beryll** (16) oder **Turmalin**, **Hämatit** (15) oder **Phenakit**, **Adular**, **Hämatit**, **Apatit** (4').

ζ) Kontaktmetamorph veränderter Granit und Gneis: **Quarz** mit **Anhydrit**, **Hämatit**, **Adular** (4''', 8) oder **Quarz**, **Adular**, **Turmalin**, **Muskovit** (14).

IIa. Sedimentgneise und Injektionsgneise.

Die Sedimentgneise (Paragneise), (Sericitgneise des Aaremassivs, Maigelsgneis und Gurschengneis des Gotthardmassivs) sind äußerst mineralarm. Es ist kein Vorkommen sicher bekannt, das nicht in Beziehung zu einer Einlagerung steht. Von den letzteren sind zu erwähnen Plagioklas reiche pegmatitische Linsen und Schlieren:

1. **Albit**, **Quarz**, **Sphen**, dazu etwas **Calcit** und s. sp. **Rutil** (1, 2), an einer Fundstelle noch **Adular** (1a).

Unmittelbar im Kontakt mit den Graniten, sehr selten, in Klüften: **Quarz** mit **Bleiglanz** (3).

IIb. Metamorphe Schiefer.

α) In den metamorphen Schiefen, Sericitschiefen des Aaremassivs und Glimmerschiefen des Gotthard und Adulamassivs, führt die charakteristische Assoziation reichlich die Titanoxyde, **Rutil**, **Anatas**, **Brookit**.

Im Aaremassiv 1. **Quarz**, **Brookit**, **Albit**, **Chlorit** in wechselnder Menge (1, 1').

Im Aare-, Adula-, Gotthardmassiv: 2. **Quarz** mit **Adular**, in wechselnder Menge, **Anatas**, **Ilmenit**, **Chlorit** (2, 3) oder 3. im Aaremassiv eine Kombination dieser beiden Assoziationen 1 und 2 (3'', 3', 4, 4''), mit akzessorischem **Apatit**, zu denen selten und spärlich noch **Rutil** tritt (2', 4'). Die Mengen von **Adular** und **Albit** wechseln; selten fehlt der **Feldspat** (1'').

Zu β steht in Beziehung 4. **Quarz**, **Rutil**, **Calcit** (2'').

Zu γ hinüber leitet die Kombination 5 **Quarz**, **Ilmenit**, **Adular** usw. (5). Den Vorkommen in den Glimmerschiefen der Randzone des Gotthardmassivs, die als Randfazies der Tremolaserie unter IIIb aufgezählt sind, ist verwandt die **Turmalin** führende Paragenese in kontaktmetamorph beeinflussten Gesteinen (9, 10).

β) In den Carbonat führenden Sericitphylliten des Gotthardmassivs:

1. **Quarz**, **Siderit** zu **Limonit** umgewandelt, **Albit** in wechselnder Menge, bisweilen auch fehlend, **Rutil** in dickeren Nadeln (6, 6a), verschiedene sulfidische Erze (6''').

2. Zu diesem Vorkommen 1 tritt mancherorts **Monazit** 6', im Tessinermassiv (6b) mit akzessorischem **Apatit** (6''). Bei Annäherung an die Glimmerschiefer die seltene Paragenese 3 **Anatas**, **Rutil**, **Ilmenit** (6''').

γ) In karbonischen Schiefen des Gotthardmassivs, die zum Teil umgewandelte Quarzporphyre sind, finden wir die Assoziation 1: **Quarz**, **Hämatit**, **Adular**, **Rutil**, **Chlorit**,

Anatas usw. (7, 8^o), die der Paragenese des Gotthardgranits nahe steht, aber den dort ganz seltenen Rutil und spärlichen Calcit etwas reichlicher aufweist.

δ) Die Glimmerschiefer des Binnentals entsprechen in ihren Kluftmineralien einer Kombination der Paragenesen aller drei vorher erwähnten Gesteine, Glimmerschiefer, Sericitphyllite und karbonischen Schiefer. Als neues Mineral, das im Glimmerschiefer des Gotthardmassivs nur ganz selten (8', 8'') auf Klüften zu finden ist, tritt dort häufiger Magnetit auf (8a, 8b, 8c), dagegen ist Siderit sehr selten.

IIIa. 1. und 2. Basische Gesteine (67—48 Prozent SiO₂).

Für die Mineralien in Klüften ist maßgebend die Menge der Hornblende sowie die Menge und der Kalkgehalt des Plagioklas im Gestein.

α) Im Syenit des Aaremassivs finden wir **Adular, Quarz, Sphen, Apatit, Chlorit, Amianth**, sowie wechselnde Mengen von Calcit und Epidot und akzessorische Mineralien (IIIa: 1, 1', 1'', 2), selten eines der Bormineralien (2'). Als letzte Mineralien treten noch, bisweilen schön und groß ausgebildet, die Zeolithe, Desmin, Chabasit, Heulandit, Skolezit sowie seltener Milarit und Faujasit auf (IIIa: 3a, 3, 3'', 3').

β) Ähnlich wie α ist die normale Paragenese der Diorite, Dioritschiefer, Amphibolite des Aare-Gotthard- und Adulamassivs: **Adular, Quarz, Sphen, Chlorit** (IIIa: 5) oder **Adular, Quarz, Amianth, Calcit, Epidot, Chlorit** (IIIa: 6', 10). Zu IIIb hinüber leitet die Assoziation Albit mit Quarz (13) oder mit Apatit (14).

Die normale Paragenese der Diorite und Amphibolite reduziert sich mit sinkender Temperatur auf Quarz und Calcit (IIIa: 12), schließlich auf die Zeolithe allein (IIIa: 11).

γ) Einzigartig ist die Paragenese von Anhydritnadeln in Quarz und in Adular, die an die unmittelbare Grenze des Syenit des Aaremassivs an die Nachbargesteine gebunden ist (IIIa: 4, 4'), oder ähnlich am Diorit (8).

δ) Die saure, ziemlich schmale und mineralarme Randfazies der Diorite und anderer basischer Eruptiva nähert sich (wie IIIa: 9) derjenigen der Granite (I, 1).

ε) Den Übergang zu IIIb bildet Albit mit Quarz (13) oder Apatit (14).

IIIa. 3. Serpentin usw. (48—35 Prozent SiO₂).

α) In Gabbro-Peridotit bis Serpentin: **Adular, Quarz, Sphen, Calcit, Albit, Zeolithe** usw. (15), verwandt mit IIIa, β.

Im Serpentin des Gotthardmassivs und Binnental: **Albit, Sphen, Epidot** usw. (16). In Hornblendeschiefern des Aaremassivs tritt Sphen zurück, **Amianth** (17) ist häufiger. Im Serpentin des Gotthardmassivs, Binnental, Zermatt: **Albit** mit **Prehnit** (16b) oder nur **Prehnit, Epidot** (16a).

Im Aare- und Gotthardmassiv: **Amianth** vorwiegend (18).

β) Im Carbonat führenden Lavezstein im Gotthardmassiv usw. **Dolomit, Calcit, Magnesit** usw. (20), selten mit Quarz (21) oder mit Talk (20a). Manchmal ist **Talk** vorwiegend (22 und 22').

Im Kontakt von Serpentin an Gneis **Diopsid, Calcit, Quarz, Asbest, Epidot** (19).

IIIb. Tremolaserie (57—42 Prozent SiO₂) des Gotthardmassivs.

In sehr natronreichen basischen Gesteinen, namentlich in den metamorphen basischen Aufschmelzungssedimenten, wird Adular durch Albit ersetzt. In den Gesteinen der Tre-

molaserie, die auch etwas Carbonate enthalten, bemerken wir, meist wenn die Hornblende teilweise oder ganz durch Biotit ersetzt ist, einen Übergang zur Assoziation des Sericitphyllits; Albit, Quarz, Ripidolith, zum Teil mit Rutil, Siderit, der zu Limonit verwittert ist (IIIb: 1, 1', 2'', 3), ohne Quarz (1''), mit akzessorischem Turmalin (IIIb: 4); ohne Ripidolith (2'') und Quarz als Amethyst (5); da wo die Hornblende im Gestein erhalten, auch Quarz mit Amianth (IIIb: 2, 2').

IVa. Kalksedimente.

In den Kalksedimenten ist die verbreitetste Paragenese diejenige der niedrigen Temperaturen: Calcit (1). Hierzu gesellt sich bei etwas höherer Temperatur Quarz (2, 2''). — Auf tiefreichenden vertikalen Spalten ist in Kalkgesteinen Fluorit vorherrschend (1'). In Dolomitgesteinen tritt zu Dolomit (5') und Calcit, bei höherer Temperatur also in der inneren alpinen Zone, Quarz (2''), Rutil (5), auch Feldspat (5'' und 5'''), selten Turmalin (5''a). Bei noch höherer Temperatur wird die ganze Gesteinsmasse umkristallisiert, die Erze, unter denen Pyrit vorwiegt, werden ebenso wie Turmalin usw. durch Sammelkristallisation konzentriert (4).

IVb. Regionalmetamorphe kalkreiche Sedimente.

In den metamorphen kalkreichen Sedimenten wie Kalkglimmerschiefer finden wir der Zusammensetzung entsprechend Carbonate in großer Menge. Die häufigste Assoziation ist Calcit, Margarit, Quarz (1), bisweilen noch Albit (1'), selten nur Epidot und Calcit (2). Im Eisenoolith überwiegt Albit die Carbonate (1'').

IVc. Kontaktmetamorphe Kalksedimente.

Kontaktmetamorphe Kalksedimente liegen im kartierten Gebiet meist nur als Schollen im Eruptivgestein, hauptsächlich in Serpentin, da alle anderen Eruptiva älter als die mesozoischen Kalksedimente sind.

In sehr kleinen Klüften und Löchern sind die Kontaktminerale umkristallisiert: Kalktongranat oder Kalkeisengranat, Idokras, Diopsid und Pennin (der allein in 3'), daneben akzessorisch Sphen, Magnetit, Byssolith usw. (1, 2, 3, 3'').

Die Paragenese Epidot (Klinoisit) (1a, 4) tritt meist getrennt von den ersteren Vorkommen auf, obgleich sie manchmal dicht an die andere angrenzt. Seltene Vorkommen sind die mit Skapolith (6) und Lazulith (5).

Anhangsweise sind in V noch besonders schön kristallisierte Gesteinsminerale erwähnt.

3. Die Typen der zentralalpiner Mineralassoziationen mit genauer Angabe des Muttergesteins der einzelnen Fundorte.

Die römischen Zahlen nach den Gesteinen beziehen sich auf die im Hauptverzeichnis angegebenen Fundorte. Vor den seltenen Typen I; die häufigen mit fett gedruckten, die sehr häufigen mit großen fett gedruckten Zahlen.

I. Granite und Eruptivgneise, Mischgneise meist mit mehr als 67 Prozent SiO_2 .

1. Quarz, Chlorit, Epidot (Adular). Im epidotisierten nördlichen Aaregranit: I, II, III.

1'. Quarz, Chlorit, Calcit, Fluorit (Adular, Apatit, Epidot, Galenit, Pyrit). Im normalen nördlichen Aaregranit: I—XX. Im Adulagneis: XXI.

[1'a wie 1' dazu (Anatas Brookit). Im nördlichen Aaregranit: I, II.

1''. Quarz, Chlorit (Adular, Apatit, Calcit). Im nördlichen Aaregranit: I—VII, X—XIV, XXIII. Im südlichen Aaregranit: VIII, IX, XV, XVa, b, c, XVII, XVIII, XIX,

XXII. (Hierbei haben XIV und XV Adular reichlicher und zeigen Übergang zu 6'')
Im Adulagneis: XVI. Im Gotthardgranit: XX, XXI, XXIV.

[1''a. Quarz, Chlorit, Adular. Im nördlichen Aaregranit: I und II. Im südlichen Aaregranit: III.

1'''. Quarz, Chlorit, Pyrit. Im nördlichen Aaregranit: I—IV.

2. Quarz, Zeolithe, wie Desmin, Skolezit, Laumontit, Heulandit, Chabasit, Chlorit, Calcit (Epidot, Hämatit, Galenit, Adular, Albit, Apatit). Im nördlichen Aaregranit: I, IV und V. Im südlichen Injektions-Aaregranit, der von Aplitgängen, die an die Kluft grenzen, durchzogen: II und III, VI—XII, XIV. Im Tessingneis: XIII.

[2'. Quarz, Desmin, Fluorit, Heulandit (Laumontit, Adular, Chabasit). Im nördlichen Aaregranit: I.

3. Quarz, Chlorit, Fluorit, Laumontit, Calcit, Desmin, Galenit, mit Cerussit, Leadhillit usw. (Apophyllit, Chabasit, Adular usw.). Im nördlichen Aaregranit: I, II, III, VI. Im südlichen Aaregranit: IV, V.

3'. Quarz, Chlorit, Apatit, Calcit (Adular, Sphen). Im nördlichen Aaregranit: I—VI.

4. Quarz, Hämatit, Fluorit, Chlorit (Adular, Albit). Im nördlichen Aaregranit: I—II.

4'. Quarz, Hämatit, Chlorit (Albit). Im nordöstlichen Aaregranit: I—IV.

4''. Quarz, Hämatit, Zeolithe, wie Desmin, Chabasit, Adular, Chlorit (Fluorit, Pyrit, Calcit, Epidot, Albit). Im nördlichen Aaregranit: I, Ia bis IIa. Im südlichen Aaregranit: III.

[4'''. Quarz mit Anhydrit, Hämatit, Chlorit (Adular, Apatit). Im Aaregranit am Kontakt mit Urserengneis: I. Im Aaregranit(?): II. In südlicher Gneiszone des Aaremassivs in Nähe von syenit-dioritischen Gängen: III.

4°. Quarz, Adular, Hämatit, Apatit, Phenakit, Calcit. Ein Fundort im Aplit(?) des westlichen Aaregranit.

5. Hämatit, Quarz, Adular, Muskovit (Albit, Desmin, Chabasit, Chlorit, Calcit, Anatas, Pyrit, Epidot, Limonit). Im Gotthardgranit: I—XVI.

5'. Adular, Quarz, Hämatit, Rutil, Muskovit (Chlorit, Sphen, Xenotim, Desmin, Albit). Im südlichen Gotthardgranit: I—IV. Im Gneis(?) des Binnentals: V.

5''. Quarz, Albit, Hämatit, Adular, Sphen, Calcit (Rutil, Siderit, Apatit, Epidot). Im nördlichen Aaregranit: I. In Grenzzone des Sellagneis: II. Im Adulagneis? oder Glimmergneis? III und IIIa.

6. Adular, Quarz, Apatit, Muskovit, Chlorit (Calcit, Albit, Pyrit, Desmin, Epidot, Hämatit, Rutil). Im Gotthardgranit: I—XI.

6°. Adular, Apatit, Quarz, Muskovit (Anatas, Pyrit, Ilmenit, Albit, Limonit, Desmin, Laumontit). Im Gotthardgranit: I—IV.

6a und 6a'. Adular, Apatit, Quarz, Chlorit (Desmin, Calcit, Albit, Siderit, Prehnit, Laumontit, Skolezit, Heulandit, Epidot, Rutil). Im nördlichen Streifen des Urserengneis, der von Aplitgängen injiziert: I—IV, VI, VII. Im Sellagneis: V.

6b. Adular, Quarz, Calcit, Fluorit, Apatit, Chlorit (Pyrit, Albit, Laumontit). Im Urserengneis, der von Aplitgängen injiziert: I und II.

6'. Adular, Quarz, Muskovit (Calcit, Apatit, Siderit oder Ankerit, Chabasit, Desmin, Pyrit, Limonit). Im Gotthardgranit: I—X. Hiervon VIII und IX im Eruptivgneis an basisches Aufschmelzungsgestein grenzend.

6". **Adular, Quarz, Chlorit, Anatas** (Pyrit, Ilmenit, Limonit, Desmin, Turmalin). Im Gotthardgranit: I, III. Im Urserengneis: IV und V.

7. **Adular, Albit, Quarz, Apatit, Chlorit, Calcit** (Sphen, Epidot, Desmin, Pyrit, Prehnit, Laumontit). Im Kristallinagranit (östlicher Gotthardgranit): I, IIa. Im mittleren Gotthardgranit: III und V. Im oberen Urserengneis: IV. In aplitischer Randfazies des Aaregranit: VI.

7a. **Quarz, Adular, Albit, Muskovit** (Apatit). Im Gotthardgranit: I—IIIa.

7'. **Adular, Quarz, Albit, Chlorit, Apatit, Calcit**, dazu entweder Danburit und Epidot (7'a) oder Axinit (7'b) (Sphen, Muskovit). In Gotthardgranit 7'a: I und im Adulagneis 7'a: II.

[8. **Quarz mit Anhydrit, Adular, Hämatit, Muskovit** (Albit, Chlorit, Calcit, Desmin). Ein Fundort im Gotthardgranit.

9. **Amethyst, Chlorit, Limonit, Ankerit(?)** (Chlorit, Sphen, Adular, Rutil, Heulandit). Im Aaregranit von melanokratem Gang durchsetzt: I, ferner: III. In eisenockerreicher Linse im Urserengneis: II.

[10. **Quarz mit Rudilnadeln, Chlorit** (Mesitin, Calcit, Rutil frei). In glimmerschieferartiger mylonisierter Zone im nördlichen Aaregranit: I. Im mylonisierten südlichen Aaregranit: IV. In mylonisierter Urserengneiszone: III.

11. **Albit, Quarz, Sphen, Chlorit** (Prehnit, Laumontit), in rein dioritischer Fazies des Tessiner Eruptivgneis: I und II. In dioritischer Randfazies des Gotthardgranit: III.

11'. **Albit, Muskovit, Quarz** (Sphen, Apatit, Calcit, Chlorit). In dioritischer Fazies des Gotthardgranit: I, III.

11". **Albit, Apatit, Quarz, Siderit**. In Aufschmelzungszone des Sellagneis an Tremolaserie grenzend: I, II, III.

[12. **Quarz, Calcit** (Epidot, Sphen, Adular, Apatit, Chlorit). In aplitisch-dioritischer Randfazies des östlichen Gotthardgranit: I. In aplitisch-dioritischer Randfazies des südlichen Aaregranits: II und IIa, des nördlichen Aaregranits: IV. In dioritischem Tessinerneis: III. In Adulagneis: V.

[13. **Adular, Quarz, Sphen, Prehnit, Calcit, Chlorit** (Fluorit, Anatas, Desmin, Muskovit, Albit). In dioritischem Tessinerneis: I, II, III, IV.

[14. **Quarz, Adular, Turmalin, Muskovit** (Apatit, Desmin). In Randkontaktfazies des Tessinerneises an sedimentärem Gneis: I, II. Analog im Binnental: III.

[15. **Quarz, Turmalin, Hämatit**. Im Granitaplit des Aaremassivs: I, II.

[16. **Quarz, Beryll**. In mylonitisertem Granitaplit des Adulamassivs: I und II.

17. **Quarz** (Pyrit). In Arkosen verschiedener Massive.

IIa. Sedimentgneise.

1. **Albit, Quarz, Sphen, Calcit** (Chlorit, Rutil, Hämatit). In plagioklasreichen Linsen im Glimmergneis des Gotthardmassivs: I, II.

[1a. **Albit, Quarz, Adular, Chlorit**. Im Glimmergneis des Gotthardmassivs ein Fundort.

2. **Quarz, Calcit, Sphen**. Wahrscheinlich in aplitischem Gangfolge der Tiefflauitaldiorite: I.

3. **Quarz, Bleiglanz** (Wulfenit). In Kontaktzone des Aaregranits: I und II. In Kontaktzone des Gotthardgneis: III.

Abh. d. math.-phys. Kl. XXVIII, 11. Abh.

IIb. Metamorphe sedimentäre Schiefer (ausnahmsweise auch metamorphe Dioritaplite).

1. **Quarz, Brookit** (Pyrit, Limonit, Albit). In Sericitschiefer des Aaremassivs: I, II.

1'. **Quarz, Brookit**, Albit, Calcit, Chlorit, Limonit (Anatas, Pyrit, Pseudomorphosen von Limonit nach?). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, II.

[1". **Quarz, Brookit, Anatas** (Galenit mit Cerussit und Wulfenit, Chalkopyrit, Calcit, Chlorit). In Sericitschiefern des Aaremassivs I.

2. **Quarz, Anatas**, Chlorit, Ilmenit, (Rutil, Adular, Albit, Calcit, Siderit, Brookit, Pyrit, Turmalin). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, IV, VII, VIIa, VIII. In Glimmerschiefern des Gotthardmassivs: II, IIa, III, IIIa, IV, V, VI, IX, X, XI. In Glimmerschiefern des Adulamassivs: XII, XIII, XIV. Auf kontaktmetamorphem Sedimentgneis an Lavezstein des Gotthard: XV. In metamorphem sericitischen Dioritaplit: VII und in Dioritaplit: XI.

2'. **Quarz, Anatas, Brookit**, Chlorit, Calcit, Rutil (Adular, Galenit mit Wulfenit, Ilmenit, Pyrit). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, II, III. In Glimmerschiefern des Adulamassivs: IV, V.

[2". **Quarz, Rutil, Calcit**. In Glimmerschiefer des Adulamassivs: I und III. In Sericitschiefern des südlichen Aaremassivs: II.

3. **Quarz, Adular, Anatas**, Chlorit, Ilmenit (Calcit, Albit, Pyrit, Rutil). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, V. In Glimmerschiefern des Gotthardmassivs: III, VI. In Glimmerschiefern des Tessiner und Adulamassivs: II, IV, VII, VIII.

3'. **Quarz, Adular, Brookit**, Calcit, Pyrit, Anatas, Chlorit, Ilmenit (Albit, Galenit mit Cerussit, Chalkopyrit, Limonit, Rutil). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, II, III.

3". **Quarz, Adular, Calcit, Brookit, Anatas, Sphen, Chlorit** (Albit, Galenit mit Wulfenit). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I—VI.

4. **Quarz, Albit, Brookit**, Chlorit, Anatas (Pyrit, Calcit, Limonit, Apatit). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I, Ia, III, IV. In Glimmerschiefern des Gotthardmassivs: II.

4'. **Quarz, Albit, Adular, Chlorit, Brookit, Apatit, Calcit, Rutil, Pyrit** (Sphen, Anatas, Ilmenit, Galenit mit Wulfenit, Gips, Sphalerit (Zinkblende), Baryt, Pseudomorphosen von Limonit, Chalkopyrit). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I—V.

4". **Albit, Anatas, Quarz** (Chlorit, Brookit, Limonit). In Sericitschiefern des Aaremassivs: I. In Glimmerschiefern des Gotthardmassivs: II, III, IV, VI. In Glimmerschiefern des Adulamassivs: V.

5. **Quarz, Ilmenit, Adular** (Calcit, Rutil, Anatas, Brookit, Chlorit, Albit, Hämatit, Turnerit, Laumontit). In Sericitschiefern des südlichen Aaremassivs: I—V.

6. **Quarz, Siderit, Rutil** (Calcit, Pyrit, Dolomit, Muskovit). In Sericitphyllit des Gotthardmassivs: I—VI. In Sericitphyllit-Glimmerschiefer des Adulamassivs: VII.

6'. **Quarz, Siderit, Monazit, Rutil** (Albit, Anatas, Calcit, Apatit, Ilmenit, Turmalin, Pyrit). In Sericitphylliten des Gotthardmassivs: I—IX (außer V). In Glimmergneis (?) des Adulamassivs: V.

6". **Quarz, Siderit, Apatit, Rutil** (Glimmer, Calcit, Monazit, Adular). In Sericitphylliten des Gotthardmassivs: I—V.

6"". **Quarz, Siderit, Antimonit** (Rutil, Dolomit, Sphalerit, Galenit, Pyrrhotin, Pyrit, Chalkopyrit). In Sericitphyllit des Gotthardmassivs: I—II.

6^{'''}. Quarz, Siderit, Anatas, Adular, Ilmenit (Rutil, Calcit, Pyrit, Monazit, Brookit). In Glimmerschiefern des Gotthardmassivs: III, IV, V. In Schiefer der carbonisch-mesozoischen Zone von Perdatsch, Gotthardmassiv: I, IIc, VI. In Glimmerschiefern des Adulamassivs: VII.

6a. Quarz, Siderit, Albit, Rutil (Calcit, Pyrit, Apatit). In Sericitphylliten des Gotthardmassivs: I—V. Im Randgestein der Aufschmelzungszone der Tremolaserie gegen den Sellagneis (verwandt mit IIIb): VI. In Einlagerung von Glimmerschiefer bis Sericitphyllit: VII.

[6b. Quarz, Ripidolith, Monazit, Rutil, Anhydrit, Nakrit. In Glimmerschiefern des Tessinermassivs: I.

7. Quarz, Hämatit, Adular, Calcit (Rutil). In grünlich-grauen Sericitquarziten (zum Teil wohl metamorphe Quarzporphyre) der carbonisch-mesozoischen Zone von Perdatsch, nördliches Gotthardmassiv: I, II, III, IV. In permocarbonischen (?) Schiefer des Adulamassivs: V.

8. Quarz, Hämatit, Rutil (Adular, Calcit, Siderit, Aragonit, Turmalin, Anatas, Brookit, Monazit, Xenotim, Baryt, Strontianit, Anhydrit, Muskovit, Heulandit, Malachit, Chalkopyrit, Apatit). In demselben Gestein wie 7: I—IX.

8^o. Quarz, Hämatit, Adular, Calcit (Rutil, Albit, Pyrit). Frisches Gestein nicht sicher bekannt, vielleicht Zone von Sericitquarziten (metamorphe Porphyre). In Glimmerschiefern nördlich des Rhonetals von Münster bis Viesch: I.

8a. Quarz, Adular, Hämatit, Magnetit, Rutil, Anatas (Ilmenit, Calcit, Turmalin, Muskovit, Chlorit). In Glimmerschieferzug des Binnentals bei Alp Lercheltini: I.

8b wie 8a, dazu Monazit. Dasselbe Gestein wie 8a: I.

8c wie 8a, dazu Xenotim. Dasselbe Gestein wie 8a: I.

[8'. Magnetit. Auf Magnetit führenden Glimmergneis des Gotthardmassivs: I.

[8''. Magnetit, Turmalin auf Magnetit und Turmalin führendem Kontaktgestein, an der Grenze zwischen Sellagneis und Tremolaserie: I.

9. Quarz, Albit, Turmalin (Anatas, Muskovit, Siderit, Calcit, Chlorit, Pyrit, Adular, Rutil). In der Serie der Zweiglimmerschiefer zwischen Gotthard- und Tessinermassiv, zum Teil Granat, Turmalin, Disthen führend: I, II. In Glimmerschiefern der Zone von Perdatsch und des nördlichen Gotthardmassivs: III, V, VI. In turmalinreichem Glimmerschiefer an Grenze des Kalkglimmerschiefers des nördlichen Tessinermassivs: IV.

[10. Quarz, Turmalin, Chlorit. In Turmalin führendem Glimmerschiefer bis Glimmergneis des Tessinermassivs: I—III.

[11. Quarz, Disthen, Adular, Muskovit, Chlorit. In Disthenglimmerschiefer, dem untersten Glied der Tremolaserie: I.

IIIa. Syenite (67—60 Prozent SiO₂) mit Gangfolge und exogenem Kontakt.

1. Adular, Quarz, Sphen, Apatit, Hornblendeamianth, Calcit, Chlorit (Pyrit, Epidot). Im Syenit des Aaremassivs: I—XIV.

[1' wie 1, dazu Scheelit (Desmin). Gestein wie in 1: I—III.

[1'' wie 1, dazu Fluorit. Gestein wie 1: I.

2. Adular, Quarz, Calcit, Apatit, Epidot, Sphen, Hornblendeamianth, Chlorit (Pyrit, Desmin). In Syenit des Aaremassivs: I—V, VII, VIII. In metamorphem Dioritporphyrit, der Gang im Urserengneis ist: VI.

[2' wie 2, dazu eines der Bormineralien α) Danburit, β) Datolith, γ) Axinit (Prehnit, Epidot, Albit). Im Syenit des Aaremassivs: β und γ . In Syenitgang im Urserengneis: α I und II (?).

3. Quarz, Adular, Calcit, Zeolithe, wie Desmin, Chabasit, Skolezit, Heulandit, Lauthmontit, Apophyllit (Epidot, Hornblende, Amianth, Galenit, Chlorit). In Syenit des Aaremassivs: I—VII.

3'. Quarz, Adular, Milarit, Chabasit, Desmin (Apatit, Epidot, Amianth). In und an Aplitgängen im Syenit: I—VII.

3'' wie 3' (Epidot, Amianth fehlen völlig). In Aplitgängen des Syenit: I—V.

3a. Quarz, Adular, Foujasit (Apatit, Chabasit). In Syenit: I—III.

4. Quarz mit Anhydrit, Adular, Chlorit (Zeolithe, wie Desmin, Chabasit, Hämatit, Albit, Epidot, Calcit). In einem Gneis an dem Nord- und Südkontakt der westlichen Hälfte des Syenitzuges (Aaremassiv): II, III, VI, VIII, VIIIa und VIIIb. Im Syenit: IV. In Gneis an dem Südkontakt einer schmalen Syenitzone, die von Cuolm da Vi nach dem Lutersee austreicht: V und VI. In einer nicht näher untersuchten Zone des Urserengneis: I.

[4'. Quarz mit Anhydrit, Desmin (Chabasit, Chlorit, Hämatit, Adular, Apatit). Im Ausstreichen der oben angegebenen Kontaktzone des Syenits, die später vom Granit durchadert und verändert, im Tertiär gepreßt: I und II.

III A. Diorite und Amphibolite (60—48 Prozent SiO_2).

5. Adular, Quarz, Sphen, Chlorit (Calcit, Epidot, Amianth). In Diorit des südlichen Aaremassivs (Rusein): IX und IXa. In Dioritschiefern und in deren metamorphen basischen Differentiationen, die aber noch Plagioklas enthalten (zwischen Dioriten und Amphiboliten stehend): I, II, III, IV, V, VI, VII, VIIa, VIIb, VIII, VIIIa, XIII, XVI, XVII. In melanokraten metamorphen Ganggesteinen (Dioritporphyrit?) im Urserengneis: VIII, VIa, XI. In dioritischer Differentiation eines völlig metamorphen kleinen Gabbrostocks (Amphibolit): VIb. In Dioritaplitgang des nördlichen Aaremassivs: X. In Diorit des südlichen Aaremassivs: IX und IXa. In metamorpher basischer Differentiation des austreichenden Syenits des Aaremassivs: Xa. Auf Syenitaplitgang, der den Paragneis des Aaremassivs durchsetzt: XIV. In Amphibolit im Glimmerschiefer des Gotthardmassivs: XII. In aplitischem Gestein, das Randidifferentiation des basischen Aufschmelzungstreifen, der vom Kastelhorn zum Piz Laiblau zieht.

6'. Adular, Quarz, Calcit, Hornblendeamianth (Chlorit, Albit, Epidot, Apatit, Galenit mit Wulfenit, Pyrit, Prehnit, Brookit, Pseudomorphosen von Limonit nach?). In Amphibolit des Aaremassivs und in Hornblendeschiefer, der basische Differentiation eines Dioritzuges ist: I—IIc. In Streifen hornblendereicher Gesteine des Aaremassivs, die bald mehr zu Amphiboliten oder Hornblendeschiefern, bald mehr zu Dioritschiefern neigen: III—X.

8. Quarz mit Anhydrit, Rutil, Zeolithe, wie Desmin, Heulandit (Epidot, Sphen, Pyrit). In aplitischer Randfazies des Diorit von Rusein des südlichen Aaremassivs. Die schmalen, sehr ausgedehnten Klüfte durchsetzen auch den normalen Diorit: I und IV. In Diorit von Bugnei „Bugneigranit“, südliches Aaremassiv bei Sedrun: II und III.

[9. Quarz, Fluorit (Rutil, Chlorit). In saurer Randfazies des Diorit von Rusein: I.

10. Quarz, Epidot, Amianth, Sphen (Calcit, Adular, Apatit, Hämatit). In epidotisiertem Diorit von Rusein: I. In metamorphem, dioritischem, epidotisiertem, östlichem

Ausläufer des Syenits des Aaremassivs: II. In epidotisiertem Amphibolit des nördlichen Aaremassivs: III, IV, V, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI. In grünem Schiefer des Adulamassivs: VI und VII.

[10a. Quarz, Apatit, Sphen. In Amphibolit des Aaremassivs: I.

11. Zeolithe, meist Desmin, seltener Prehnit, Chabasit, Heulandit. Im Syenit des Aaremassivs: III. In syenitischen Streifen im Urserengneis: I und II.

12. Quarz, Calcit, Chlorit. In Grünschiefer des Adulamassivs und der südalpiner Diorite: I, II.

[13. Albit, Quarz. Im Diorit bis Gabbro, jetzt Amphibolit des Aaremassivs: I.

[14. Albit, Apatit, Chlorit (Quarz, Amianth). Basisches Ganggestein im Urserengneis des Aaremassivs: I.

IIIa. 2. Serpentin, Lavezstein usw. (48—35 Prozent SiO_2).

15. Adular, Quarz, Calcit, Sphen, Albit, Chlorit, Zeolithe, wie Desmin, Chabasit, Heulandit, Laumontit, Skolezit (Siderit, Turmalin, Amianth, Rutil, Anatas, Pyrit). In metamorphem Gabbro (Amphibolit) bis Peridotit (Serpentin) des Aaremassivs: I, V, des Gotthardmassivs: III und IV, des Binnentals: II, des Adulamassivs: VI.

16. Albit, Sphen, Epidot (Prehnit, Monazit, Rutil, Adular, Chlorit, Quarz). In äußerem Rand des Serpentin des Gotthardmassivs: I und V, des Binnentals: II. In Serpentinlinse des nördlichen Gotthardmassivs: IV. Schmale Glimmerschieferzone im Gotthardmassiv: IV.

16a. Prehnit, Epidot. In Hornblendeschiefer des Aaremassivs: I. In Randfazies des Serpentin, Binnental: II. Von Saasfee III, IV, IVa. In Hornblendeschiefer des Aaremassivs: I.

16b. Prehnit, Albit (Calcit, Pyrrhotin, Laumontit). In Serpentin von Zermatt, Binnental und Saasfee: I—IV.

17. Albit, Amianth, Epidot (Calcit). In basischer Differentiation der Diorite, Hornblendeschiefer, des Aaremassivs: I und II. In basischem Grünschiefer des Adulamassivs: III. In Serpentin des Saastales: IV.

18. Amianth, Asbest (Pyrit). In Serpentin des Gotthardmassivs: II und III; des Binnentals: IV. In basischer an Serpentin-Lavezstein umgewandelter Differentiation eines Streifens basischer Gesteine im Aaremassiv: I.

[19. Diopsid, Calcit, Quarz, Asbest, Epidot. Diopsid führende Kontaktzone des Serpentin an Gneis im Binnental und Saastal: I—III.

20. Dolomit, Siderit, Calcit, Magnetit, Pyrit, Magnesit (Rutil). In Talklagen im Serpentin bis Lavezstein des Gotthardmassivs: I—III.

20a. Dolomit, Talk, Ilmenit, Magnesit, aus dem Übergang Serpentin-Lavezstein des Gotthardmassivs: I—II, des Aaremassivs: III.

[21. Quarz, Dolomit. Kontaktzone Talkschiefer gegen Sedimentgneise des Gotthardmassivs: I.

22. Talk, Ilmenit. Übergang Serpentin-Lavezstein des Binnentals: I, des Gotthard: II.

[22'. Talk, Pyrit, Apatit. Lavezstein des Gotthardmassivs: I.

IIIb. Tremolaserie (57—42 Prozent SiO_2).

1. Albit, Quarz, Chlorit, Ripidolith, Muskovit, Limonit (Rutil, Calcit, Aragonit, Dolomit, Sphen, Anatas, Pyrit, Apatit, Ilmenit, Pyrit, Amphibol). In Schiefen der Tremolaserie, meist Hornblendegarbenschiefer, in dessen Grundgewebe Plagioklas und Quarz, oder Sericit oder Chlorit vorwiegt: I, II, V, VI, VII, VIII, IX—XIVa. In Glimmerschieferrandfazies des Gotthardmassivs: III und IV.

1'. Quarz, Albit, Rutil, Ripidolith, Chlorit (Siderit, Muskovit, Calcit, Pyrit, Aragonit). In Tremolaschiefen mit Biotit-Chlorit die porphyroblastisch oder homöoblastisch ausgebildet in Plagioklas und Quarz führendem Grundgewebe: I—V.

1''. Albit, Ripidolith, Rutil (Turmalin). In Tremolaschiefer des Gotthardmassivs mit chloritisierten Hornblendegarben und plagioklasreichen Adern: I, II.

[1'''. Calcit. Granathornblendegneis von Zermatt.

2. Quarz mit Amianth, Ripidolith, Rutil, Calcit, Albit (Siderit, Mesitin, Pyrit, Muskovit, Anatas). In Schiefen der Tremolaserie, Hornblendegarbenschiefer mit sericitisch-quarzitischem oder epidotreichem Grundgewebe: I—IX.

2'. Quarz mit Amianth, Pyrit, Ripidolith, Periklin, Siderit, Limonit (Muskovit, Calcit, Sagenit, Epidot). In Tremolaschiefer, Hornblendegarbenschiefer mit quarzitischem Grundgewebe, Carbonat und pyritreichen Streifen: I—III.

2''. Quarz, Calcit, Aragonit, Siderit, Albit. In Schiefer der Tremolaserie, die carbonatreich: I—IV.

[2'''. Quarz, Ripidolith (Desmin). In Tremolaschiefer: I.

3. Quarz, Albit, Rutil (Muskovit, Siderit). In nördlicher Randfazies der östlichen Tremolaschiefer: I—IIa.

4. Albit, Quarz, Turmalin, Siderit, Limonit, Calcit, Chlorit, Rutil, Pyrit (Muskovit). In nördlicher Randzone der Tremolaschiefer und im angrenzenden Zweiglimmerstreifengneis (Soresciagneis): I—IV.

[5. Quarz als Amethyst und Szepterquarz, Limonit, Siderit (Calcit, Pyrit, Sagenit, Chlorit, Muskovit). In Tremolaschiefer: I, II. In schmaler eisenockerreicher Gneiszone auf der Südseite des Aaremassivs: IIIa und IIIb.

IV A. Kalksedimente. (Im Norden hauptsächlich Jurakalk, im Süden Triasdolomit.)

1. Calcit. In Kalksedimenten des Aaremassivs und der nördlichen Voralpen: I—X.

1'. Fluorit, Calcit. In Kalksedimenten der nördlichen Voralpen: I—IV.

2. Quarz, Calcit. In Sedimenten der Voralpen: I—V.

[2'. Quarz, Pyrit. In Dolomit des Tessinermassivs: I.

[2''. Quarz, Dolomit. In Dolomit des Binnentals: I.

[3. Tremolit, Fluorit, Talk. In Dolomit des Tessinermassivs: I.

4. Die zahlreichen ganz verschiedenartigen Mineralien der hydatopneumatolytischen Sammelkristallisation im Dolomit der zentralalpiner Zone. Südliches Aaremassiv: III und IV. Nördliches Tessiner- und Simplonmassiv: I, II.

5. Dolomit, Rutil, Calcit (Quarz, Sphen, Adular). Dolomit des Adula- und Gotthardmassivs und Binnentals: I—III.

5'. Dolomit. In Dolomit des Binnentals und Gotthardmassivs.

[5^{''}. **Adular, Rutil, Turmalin, Phlogopit, Dolomit, Calcit (Quarz).** In Dolomit des Binnentals, der mit Kalkglimmerschiefer verknüpft ist: I und II.

[5^{''a}. **Turmalin, Calcit (Quarz, Phlogopit, Pyrit).** In Dolomit des Binnentals: I—II.

[5^{'''}. **Adular, Albit, Dolomit.** Dolomit des Adulamassivs: I.

6. **Gips.** In Gips oder Anhydrit führenden Gesteinen: I—IV.

IV B. Metamorphe, kalkreiche Sedimente, Kalkglimmerschiefer.

1. **Calcit, Margarit, Quarz, Siderit (Rutil).** In Kalkglimmerschiefer des Tessiner- und Simplonmassivs: I—III. 1a wie 1 ohne Margarit. In Kalkglimmerschiefer des Adulamassivs.

1'. **Calcit, Margarit, Albit, Quarz, Siderit (Rutil).** In Kalkglimmerschiefer des Tessiner- und Simplonmassivs: I, II.

1'a wie 1' ohne Margarit. In Kalkglimmerschiefer der Westalpen.

[1^{''}. **Quarz, Albit, Chlorit, Calcit, Siderit, Ankerit, Braunit, Pyrit, Hämatit.** In Eisenoolith des Aaremassivs: I.

[2. **Calcit, Epidot.** In Kalkglimmerschiefer, der Übergänge zu sandigem Konglomeratgestein zeigt, Tessinermassiv: I.

IV C. Kontakte von Kalksedimenten und Kontaktschollen.

1. **Kalktongranat, Diopsid, Klinozoisit, Chlorit, Calcit** und daneben 1a **Epidot, Quarz, Calcit (Hornblende, Titanit, Chlorit, Adular).** 1a und 1 in Granatdiopsid führender Linse des Gotthardmassivs: I. 1a in Linse des Gotthardmassivs: II.

1'. **Kalktongranat, Quarz (Adular, Chlorit)** in Granat führender Kontaktschlieren des Adulagneis: I.

[2. **Kalkeisengranat, Quarz, Skolezit, Desmin.** Kontaktzone von Kalksedimentblock an dioritischen Granit des östlichen Aaremassivs: I.

3. **Kalktongranat, Idokras, Pennin, Calcit (Diopsid, Apatit, Titanit, Magnetit, Byssolith).** In Linsen von kontaktmetamorphem Kalkstein im Serpentin von Zermatt, Binnental usw.: I—VI.

3'. **Pennin, Calcit.** In Serpentin an kontaktmetamorphem Kalksilikat Linsen angrenzend, Zermatt: I.

3^{''}. **Kalkeisengranat, Bergleder und Byssolith, Diopsid, Pennin (Magnetit, Ilmenit, Klinochlor, Sphen, Calcit, Perowskit, Hornblende).** In Linsen von kontaktmetamorphem Kalkstein im Serpentin, Zermatt und Binnental: I—IV.

4. **Epidot, zum Teil Klinozoisit, Calcit, Albit (Diopsid, hellgrüne Hornblende, Tremolit, Asbest, Pennin).** In Serpentin, Differentiation oder Rest von kontaktmetamorpher Linse, Zermatt und Saasfee: I—IV.

[5. **Lazulith.** Auf sehr engen Spalten des Serpentin von Zermatt: I und II.

[6. **Skapolith, Quarz (Muskovit, Calcit, Rutil).** In kontaktmetamorph beeinflussten (?) Gesteinen des Tessinermassivs: I—IV.

B.

1. Paragenesen, die den alpinen am nächsten stehen.

In Hornblendegneisen und Hornblendeschiefen am Fuchsköpfe bei Freiburg hat A. L. Fischer¹⁾ Calcit, Prehnit, Datolith in Klüften und unregelmäßigen Hohlräumen beobachtet. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob diese Mineralien, wie Fr. Graeff (Steinmann und Graeff, Geol. Führer der Umgebung von Freiburg, 1890, Freiburg i. B., p. 27) annimmt, schon während der Faltung und des Metamorphismus der Gneise, oder erst zu einer späteren Zeit entstanden sind. A. Lacroix²⁾ hat in der ganzen Kette der Pyrenäen in den verschiedenartigsten Gesteinen auf Spalten gut kristallisierte Zeolithe, Chabasit, Laumontit, Heulandit, Desmin usw. beobachtet. Er führt ihre Entstehung auf Zersetzung der basischen Feldspäte und des Dipyrit, der in den sedimentären Kalksteinen ein häufiges Kontaktmineral ist, zurück; er glaubt, daß die Zeolithe heute noch unter dem Einfluß atmosphärischer Niederschläge entstehen. Die Synthesen lassen eine solche Kristallisation von Zeolithen unter 100° wohl möglich erscheinen, doch ist m. E. im Hinblick auf die Größe der Kristalle und die einheitliche Sukzession wahrscheinlicher, daß diese Mineralien sich am Ende der Kontaktmetamorphose und Gebirgsbildung unter dem Einfluß warmer wässriger Lösung gebildet haben.

Zwischen den alpinen Vorkommen und den obenerwähnten in den Pyrenäen stehen die von A. Sigmund³⁾ beschriebenen Kluftminerale der Brucker Hochalp. Die höchstens 2 mm bis 3 mm weiten Querklüfte stehen senkrecht zur Schieferung des Gesteines, welches meist an der Kluftwandung zersetzt ist. Im Plagioklasamphibolit (Labrador) finden sich Chabasit, Heulandit, selten Skolezit (wie Hptverz. IIIa, 11); ferner dort wie im Biotitgneis: Desmin und Prochlorit. In den Amphiboliten außerdem seltener Epidot, sehr selten Quarz, Eisenglanz, Titanit, Calcit, Pyrit. Erzgänge stehen dort nicht in der Nähe an. Am Gatschberg (vorderes Sölldal, Steiermark) entdeckte A. Sigmund⁴⁾ auf Kluftflächen des Chloritschiefers Anatas, fast ganz eingehüllt von ockerigem Brauneisenerz (ähnlich wie Hptverz. IIIb 1, 2, wo aber noch andere Mineralien vorkommen), ferner an anderen Stellen Rutil und Sphen, Pseudomorphosen von Limonit nach Braunspat und Calcit (Hptverz. IIIb 2). In der Nähe beobachtete Sigmund saigere, mehrere Dcm. mächtige Quarzgänge, die m. E. auf Zufuhr aus der Tiefe weisen. Im übrigen sind in der Steiermark Mineralien des alpinen Typus selten, während die von Erzlagerstätten (Eisenspatlager und epigenetischen Gänge) häufig sind. Die Talklager zeigen metamorphe Gesteinsminerale, aber keine eigentlichen Kluftminerale.

V. M. Goldschmidt⁵⁾ erwähnt aus dem norwegischen Hochgebirge bei Finse Mineralklüfte von alpinem Typus; aus dem „Hochgebirgsgneis“ („Orthogneis“) Adular und Quarz, und aus der Phyllitformation Quarz und Albit, außerdem andere Mineralien, über deren Vor-

¹⁾ A. L. Fischer, N. J. f. Min., 1862, p. 432.

²⁾ A. Lacroix, C. R. 109 p. 717, 1889; 114 p. 377, 1892; 122 p. 76, 1896 und Guide, Congrès intern. geol., Paris 1900, III, p. 17.

³⁾ A. Sigmund, Mitteil. Naturwiss. Ver. für Steiermark 53, p. 239, 1917.

⁴⁾ A. Sigmund, Ctbl. f. Min., 1913, p. 666.

⁵⁾ V. M. Goldschmidt, Zt. f. Krist. 51, p. 28, 1912.

kommen näheres nicht mitgeteilt wird. In der Tatra am Rohatkapaf hat Morozewicz¹⁾ Chabasit und Desmin als Kruste in Spalten eines Biotitgranit, der etwa 60 Prozent basischen Oligoklas enthält, gefunden. In schmalen Spalten desselben Granites an der Mengsdorfer Spitze hat W. Pawlica²⁾ folgende Paragenese beobachtet: Albit (2), Epidot (1), Prehnit (1—2), Calcit (3) in ganz kleinen Kristallen.

2. Paragenesen der magmatisch-hydatogenen und pneumatolytischen Endphasen.

Den alpinen Mineralien verwandt ist eine Gruppe pegmatitischer Ausscheidungen, die erst in neuerer Zeit genau studiert wurde. A. Lacroix³⁾ erwähnt von Madagaskar Adern von Quarz (in Nachbarschaft eines Beryllpegmatits), die aus äußerst großen Individuen bestehen und bisweilen schwach rosa gefärbt sind. Dieser Quarz enthält z. B. bei Ampangabe bei Miandarivo Einschlüsse von großen Epidotkristallen, von Ripidolith, andernorts von Turmalin, Muskovit, Rutilhaaren (ähnlich wie am Piz Aul bei Vals). Solche Bruchstücke, die in den Museen häufig zu sehen sind, können leicht mit alpinen Vorkommen verwechselt werden. Etwas anderer Entstehung, aber noch nahe verwandt, sind die Quarzvorkommen in den Provinzen von Antsirabe und Ambositra. Metamorphe Quarzite sind dort von Edelstein führenden Pegmatiten durchzogen. In ihnen sind Erweiterungen kleiner Quarzadern, vielleicht vom Druck des hochoerhitzten Wassers, zu Höhlen aufgeblasen worden. Die Wände sind lediglich von Quarzkristallen besetzt. Zu erwähnen ist ferner aus dem Norden von Madagaskar eine Art Übergang zu Erzgängen, nämlich Gänge von Quarz, der aus dicht aneinandergereihten Quarzprismen zusammengesetzt ist, zwischen denen sich etwas silberhaltiges Gold befindet. A. Lacroix stellt die Lager von Glasquarz in der brasilianischen Provinz Minas Geraes und in den cristal mountains in Arkansas zum gleichen Typus. E. S. Bastin⁴⁾ erwähnt unter den Pegmatiten von Maine als besondere Phase oder Differentiation des pegmatitischen Magmas neben der fluorreichen Phase, und den natrium- und lithiumreichen Phasen, eine quarzreiche Phase, in der auch Rosenquarz vorkommt. Hierbei ist (wie auch in Finnland nach E. Mäkinen⁵⁾) der Rosenquarz in der Mitte des Ganges konzentriert. Doch ist in Maine häufiger, daß Quarzadern vom Pegmatit aus in das Nebengestein, einen Gneis, entsandt werden. Einen besonders schönen klaren Fall (bei Paris, Oxfordcounty, Maine) hat Bastin in einer Zeichnung wiedergegeben. Diese Quarzadern enthalten zerstreut schwarzen Turmalin, Muskovit und auch etwas Orthoklas. Rosenquarz findet sich in den Vereinigten Staaten sehr schön in der Red Rose mine in South Dakota. In Finnland⁶⁾ ist Rosenquarz nicht als besonderer Gang, sondern in der Mitte eines Pegmatitganges an zwei Orten, Haiponmäki und Pakalanmäki, ausgeschieden.

P. v. Groth hebt die Ähnlichkeit der Lagerstätten in Alexander und Burke Cty in Nordkarolina mit den alpinen Mineralklüften hervor. Auf querspaltenartigen Hohlräumen

¹⁾ J. Morozewicz, Kosmos (34), p. 580, 1909, Lwow (Lemberg).

²⁾ W. Pawlica, Bull. Acad. Sciences, Krakau (A) 1916, p. 54.

³⁾ A. Lacroix, C. R. 155 p. 491, 1912.

⁴⁾ E. S. Bastin, Bulletin 445, U. S. Geological Survey.

⁵⁾ E. Mäkinen, Geol. Fören. Stockholm Förhandl. 39, II, p. 121, 1917.

⁶⁾ P. v. Groth, Topogr. Übersicht der Minerallagerstätten. Berlin 1917, p. 62.

im Gneis treten Quarz mit Rutil, Carbonaten, Apatit, Monazit, Albit, Kalifeldspat und Spodumen auf. Diese Spaltenbildungen sind wie die vorher erwähnten die Ausstrahlungen einer Endphase von Pegmatiten. Die alpinen Vorkommen nähern sich mehr (vgl. folgendes (3.)) der Endphase von Erzgängen.

Noch näher den alpinen Vorkommen stehen diejenigen Ausfüllungen von Klüften im Granit von Striegau, zu denen sich stellenweise die „Kopfabgänge“ des Granits erweitern. Gürich¹⁾ nennt als Kluftmineralien: Quarz (1), Flußspat (2), Pyrit (3), Chabasit (4), Calcit (5). Wahrscheinlich ist beim Abschluß der Pegmatitbildung eine teilweise erkaltete Lösung, welche nur die bei tiefster Temperatur auskristallisierenden Mineralien enthielt, in diese Spalten eingedrungen. Ob hierbei das Gestein in der Umgebung zersetzt wurde, ist nicht angegeben.

Auch die Bildungen pneumatolytischer Endphasen sind den alpinen nahe verwandt, so die Adern von Axinit und Datolith auf kleinen Spalten im Diabas²⁾, die an vielen Orten vorkommen, oder die Mineralien Calcit, Datolith, Pektolith, Brucit, Zeolithe usw. aus Lösungen, die hauptsächlich Wasser, Kohlensäure und wenig Borsäure enthielten, auf Spalten des Serpentin, z. B. Hoboken, New Jersey und Montville, Morris Cty.

3. Alpine Paragenese und Erzgänge.

Die Drusen von Ergußgesteinen haben mit den alpinen Klüften nur die Zeolithe gemeinsam, während die ersten Kluftmineralien der alpinen Paragenese: Adular, Albit usw. fehlen; außerdem sind in den Drusen viele instabile Produkte, wie Chalcedon, Tridymit, Christobalit, Opal ausgeschieden, die in den alpinen Klüften nie vorkommen. Viel näher sind die alpinen Mineralien den Erzgängen verwandt. E. Weinschenk³⁾ hat nach dem Vorgang von Breithaupt die alpinen Vorkommen, wobei er von denen des Serpentin absieht, als Titanformation zusammengefaßt und vergleicht sie mit der Zinnerzformation. Bergeat⁴⁾ hatte sich dieser Auffassung angeschlossen. Beispiele von Paragenesen der Zinnerzgänge, die für diese Anschauung sprechen, sind z. B.: Brookit, Siderit mit Chlorit und Anatas von Virteous lady mine, Tavistock, von Tintagel-cliff: Anatas, Rutilnadeln, Calcit, Monazit, Quarz, Albit (vgl. Bowmann⁵⁾).

Anm. Die bekannten in den größeren Sammlungen vertretenen Stufen von Tremadoc am Snowden, wo auf einem umgewandelten Ergußgestein Brookit, Quarz, Albit, seltener Anatas aufgewachsen sind, sehen in Habitus und Menge der Assoziation alpiner Kluftmineralien im Griesental (Hptverz. IIb 4 und 4') sehr ähnlich. Es ist aber nicht bekannt, ob bei Tremadoc Erzgänge aufsetzen.

Näher noch als den Zinnerzgängen stehen die alpinen Vorkommen, wenn man den gesamten Bestand der Kluftmineralien nicht nur die mineralogisch interessanten, aber doch seltenen Titanmineralien ins Auge faßt, den aus Lösung chemisch niedergeschlagenen Spaltenausfüllungen (Kemp), den epigenetischen Bildungen in der Bezeichnung von Stelzner und von Beck oder den Erzganglagerstätten, wie sie von Fuchs, de Launay, Bergeat, Beyschlag, Kruseh und Vogt genannt werden. Für die genauere Zuteilung in diese

¹⁾ G. Gürich, Jahrb. Preuß. Geol. Landes **36**, Teil II, Heft 3, p. 602, 1915.

²⁾ O. Mügge, Ztbl. f. Min., 1910, p. 529.

³⁾ E. Weinschenk, Zt. f. Krist. **26**, 337, 1896.

⁴⁾ A. Bergeat und A. W. Stelzner, Erzlagerstätten, Lpzg., I, 1904.

⁵⁾ H. L. Bowmann, Zt. f. Krist. **33**, 121, 1900.

Gruppe, die jetzt in allen Lehrbüchern übereinstimmend, wenn auch mit verschiedenen Namen definiert ist, eignet sich am besten die Klassifikation von W. Lindgren (*Economic Geology* 2, p. 105, 1907), der die aus wässerigen Lösungen ausgeschiedenen Erzgänge nach der Tiefe, in der sie abgesetzt wurden, unterscheidet. Wie ein Blick auf die Tabellen von Lindgren (p. 123) sofort zeigt, stimmen die Mineralien der mittleren und oberen Gangzone mit den alpinen am besten überein. Diese Zonen enthalten neben den Erzen: Chlorit, Epidot, Albit, Adular, Baryt, Cölestin, Dolomit, Siderit und Anhydrit.

In dieser Gangspaltengruppe der mittleren und oberen Zone gleicht den alpinen Vorkommen am meisten die „junge Gold- und Silbergruppe“ (nach der Bezeichnung von Beyschlag, Krusch, Vogt), z. B. Schemnitz, Creple Creek, Comstock Lode, Guanajuato, ferner Traversella und La Gardette. Schon etwas weiter steht die „alte Blei-Silber-Zinkerzganggruppe“ im Oberharz und im sächsisch-böhmischen Erzgebirge, auch Pribram.

Die Propylitisierung des Nebengesteins, die zuerst G. F. Becker¹⁾ am Comstock Lode erforscht hat, ist analog der Gesteinszersetzung an der Kluft in den Alpen. Demgemäß zeigen auch diese Erzgänge eine mehr oder minder ausgeprägte Abhängigkeit vom Nebengestein, die seinerzeit der Ausgangspunkt für die Lateralsekretionstheorie war, die aber nur für die alpinen Mineralien vollkommen zutrifft; denn je weniger feste Substanzen in den aufsteigenden Lösungen enthalten waren, um so stärker machte sich naturgemäß in der Paragenese der kristallisierten Mineralien der Einfluß des Nebengesteins allein geltend.

Anhydrit als Gangmineral auf Erzgang hat W. Lindgren²⁾ festgestellt. Begleitmineralien waren Chalkopyrit, Pyrit, Turmalin, Siderit, Hämatit, also Mineralien der alpinen Vorkommen (nur Chalkopyrit als Kluftmineral ist selten, da er im Erzgang von der Lösung heraufgebracht wird. Anhydrit kommt aber als Einschluf im Quarz wie in den Alpen³⁾ in salzführenden Tönen der Pyrenäen (Beauguey, *Zt. f. Krist.* 20, 274, 1892) und ebenso nach d'Achiardi in Gipsgruben der Toskana vor (*Zt. f. Krist.* 32, 524, 1900).

Über den direkten Zusammenhang von Erzgängen und alpinen Mineralklüften und über das Aufsteigen von Lösungen aus der Tiefe können wir in den Zentralalpen und im westlichen Teil der Ostalpen nur auf Grund der noch sehr unvollständigen Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in Kristallen einige Vermutungen anstellen. Dagegen ist östlich vom Zillertal eine engere Beziehung zwischen Erzgängen und alpiner Mineralbildung wahrnehmbar. Die „alte Golderzganggruppe“ der hohen Tauern und Lungauer Tauern ist m. E. miozän und gleichaltrig mit den Kluftmineralien; denn in beiden sind die größeren Kristalle unverletzt geblieben, müssen also nach der stärksten Alpenfaltung entstanden sein.

Beispiele für diese Zusammenhänge sind namentlich in der schönen von E. Fugger aufgestellten Sammlung im Museum zu Salzburg zu sehen, z. B.: Der Erzgang von Schelgaden (Lungau) hat eine bestimmte Sukzession; auf den Erzen sind alpine Mineralien (1) aufgewachsen, daneben aber auch solche, die in derart größerer Menge nur in Erzgängen vorkommen, wie Baryt, Scheelit, Fluorit (2). Auch der bekannte Erzgang von Dienten

¹⁾ G. F. Becker, *U. S. Geol. Surv. Mon.* III, 1882.

²⁾ W. Lindgren, *Econ. Geolog.* 5, 522, 1910.

³⁾ Besonders auffallend ist das Vorkommen von Anhydrit im Quarz in den alpinen Klüften. Daß er als eines der frühesten Kluftmineralien auftritt, ist weniger verwunderlich, da seine Löslichkeit eine viel geringere ist als die von Gips und im Gegensatz zu letzterer mit steigender Temperatur zunimmt.

zeigt die für den Phyllit, in dem er aufsetzt, charakteristischen alpinen Mineralien in der ihnen eigenen Ausbildung: Dolomit (1), Quarz (2).

Im Habachtal finden wir hauptsächlich alpine Vorkommen (wie Desmin auf Amphibolit, ferner Laumontit (2), Prehnit (1), Calcit (1) auf Amphibolit, ferner Adular (1), Apatit (2) auf einem aplitischen Orthogneis in Sukzession, Mengenverhältnis und Habitus ganz ähnlich dem Vorkommen im Urserengneis (Hptverz. I 6a und 6b), ebendort auch Adular mit Chlorit (wie am P. Vallatsch, Hptverz. I 7), dicht daneben Erzgänge, so am Gamseck in der Alp Reintal und an der Kesselscharte, wo den Sericitgneis ein Quarzgang mit Galenit durchsetzt, in dessen ausgehenden Spalten Turnerit auf Rauchquarz gefunden wird. Der Erzgang an der Axelalpe (Teil III Litt. Ga p. 237) zeigt rosagefärbte Fluoritoktaeder wie die des Aaregranit. Auch ein Erzgang des Weichselbachtals nähert sich sehr den alpinen Vorkommen. Die gut erhaltenen nicht zerbrochenen Mineralien sind hier ebenso wie die alpinen Kluftbildungen nach den Hauptgebirgsbewegungen entstanden. Auch im Untersulzbachtal besteht wohl ein Zusammenhang zwischen dem Epidotvorkommen an der Knappenwand und dem benachbarten alten Kupferbergwerk.

Die Mineralien der Erzgänge und der ihnen benachbarten Spalten am Goldberg in der Rauris weisen ebenfalls viele alpine Züge auf, so die Paragenese von Albit, Quarz, Calcit, Chlorit. Ähnlich am Hochnarr, wo kleine Spalten im Gneis mit Zinkblende erfüllt sind, anderseits aber auch erzfreie Klüfte vorkommen mit Kalkspat (1), Rutil (2—3), Chlorit (2) auf Schiefern, die den Bündnern Schiefer ähnlich sind. Dort findet man ferner in den Schiefern, die den Tremolagesteinen verwandt sind: Quarz, Rutil einschließend, mit einer Rinde von Nakrit (?), Adular, Sphen, Sagenit. In Klüften von Hornblende-Chloritschiefer findet sich: Adular mit Calcit, ferner auf Phylliten und Sericitgneisen: Calcit und Quarz, auf dem Anatas und Euklas sitzen (Hptverz. IIb 2 und 2'), außerdem eine Paragenese: Quarz mit Rutil, Anatas, Brookit, kleinem Adular, Braunspat (Hptverz. IIb 2, 2' und 3'). Im Großarlthal (Kardeis, Hochalpe) setzt in Chloritschiefer und Serpentin ein Erzgang auf, der dort mit dem Vorkommen alpiner Mineralien auf Spalten: Albit, Sphen, Hämatit in direktem Zusammenhang steht. Die Erzgänge am Ingelsberg bei Gastein im Serpentin enthalten die alpine Paragenese der Kluftmineralien des Serpentin wie in Zermatt.

Am andern Ende des Alpenbogens im Südwesten, z. B. am Südabhang des Monte Rosa, im nördlichen Piemont, in der Dauphiné sind alpine Mineralien sehr selten; aber die Mineralien der Erzgänge, z. B. von La Gardette, von Traversella zeigen Ähnlichkeit mit den alpinen. Sie sind unverletzt wie diese, also jünger als die letzten großen geotektonischen Bewegungen. A. Lacroix erwähnt gelegentlich (*Minéralogie de France* 3, p. 185) für die Anatasvorkommen im Galeniterzgang von Grand Clot in der Dauphiné, daß man diese Lagerstätten von den vorher von ihm erwähnten alpinen der Romanche nicht trennen kann. In den Zentralalpen selbst nähern sich nur wenige Vorkommen denen der Erzgänge. Im Aare- und Gotthardmassiv haben die jetzt sichtbaren spärlichen und wenig reichen Erzgänge mit den Kluftmineralien nichts zu tun. Die ersteren¹⁾ sind gepreßt, zer-

¹⁾ Folgende prätriadische Erzgänge im Aare- und Gotthardmassiv zeigen an ihren Mineralien deutlich die Spuren der tertiären Pressung und Quetschung: Quarzbleiglanzgang am Corandoni bei Piora, ferner im Inschialptal bei Amsteg; Erzgang von Arsenikkies, Kupferkies, Zinkblende mit Quarz an der

trümmert, treten im Aaremassiv nur in den Sericitgneisen und Schiefern auf und sind Ausläufer der prätriadischen, dioritischen und granitischen Intrusionen, während die Kluftmineralien postoligozän sind. Doch erinnert das kartographische Bild der mineralführenden Klüfte dieser Massive durch seine lokale strichweise Häufung an das Auftreten von Erzgängen und weist wohl auf dieselben tektonischen Ursachen hin.

Es sind auch Anzeichen dafür vorhanden, daß die oben nur Wasser und Kohlensäure aber keine feste Stoffe enthaltenden Lösungen in heute unzugänglichen Tiefen dieser Massive stellenweise Erze mit sich führten und abgesetzt haben. Im Gotthardtunnel wurde auf Calcitrhomboedern in Begleitung von Quarz und Pyrit Gold gefunden (vgl. Studer, Litt. Teil III und die Stufe im Naturhist. Museum Bern). Mit Erzgängen im Zusammenhang standen vielleicht die Klüfte in den Sericitschiefern bei Amsteg, im Griesernthal und am Ried. Die ausgedehnten Klüfte im Granit dagegen zeigen nur infolge ihres großen Rauminhaltes also wegen der großen Menge von ausgelaugtem Gestein etwas Galenit. Ebenso führen die Spalten im Tremolaschiefer nur infolge gelegentlicher Anreicherung von Pyrit im Gestein dieses Erz (oft in großen Kristallen) auch in der Kluft. Eine nähere Verwandtschaft zu den Erzgängen zeigen scheinbar die berühmten Mineralvorkommen am Ausgang der Val Cornera (Cornera und Cavradi bei Tschamutt). Die große Menge von Hämatit dort ist auffallend, kommt aber auch anderwärts vor (Lucendro, Alp Lercheltini); dazu gesellt sich, allerdings sehr spärlich, Baryt, Strontianit, Chalkosit. Am wahrscheinlichsten ist die Annahme, daß in den Corneraschiefern prätertiäre Erzgänge mit Baryt vorkamen. P. Niggli und W. Staub erwähnen ein Schwerspatlager in der Fortsetzung der Zone der Corneraschiefer am Pazzolabach. Diese Erzgänge wurden bei den tertiären Bewegungen zertrümmert, und ihre Mineralreste kamen bei der Bildung der Kluftmineralien umkristallisiert wieder zutage.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen Erzgängen und alpinen Mineralien bestehen in folgendem: Die Lösungen der Erzgänge haben in der Hauptsache Mineralien abgesetzt, die nicht in dem umgebenden Gestein enthalten sind; sie haben feste (bei der betreffenden Temperatur in festem Zustande existenzfähige) Bestandteile aus der Tiefe heraufgebracht, während die Lösungen der alpinen Mineralklüfte im wesentlichen nur Wasser und Kohlensäure, daneben nur etwas Cl und SO_4 , die nicht aus dem Gestein stammen, enthalten. Die ausgeschiedenen Mineralien der alpinen Klüfte sind völlig durch das Nebengestein bedingt, die der Erzgänge nur teilweise. Die alpinen Mineralvorkommen sind Erzgänge ohne Erz.

Ferner ist das Mengenverhältnis und die Sukzession bei den Erzmineralien ganz verschieden von den alpinen Vorkommen. Auf den Erzstufen finden wir meist nur eine geringe Zahl Nichterze, häufig nur 2—3, aber diese in großer Menge (pro qcm), oft in dicken Krusten, so z. B. Fluorit, Apatit, Calcit, Baryt, oder auch Bormineralien. Die Sukzession ist wechselnd, bisweilen kommt auch ein Mineral in mehreren Generationen vor. Bei den alpinen Vorkommen finden wir dagegen meist mehr als 3 Mineralien und diese, von Quarz abgesehen, alle in kleinen Mengen. Die Sukzession ist eindeutig. Nur

Stube im Tieftal (Teufelauital) bei Amsteg. Die Erzgänge sind im Aare- und Gotthardmassiv selten, ebenso wie die Pegmatite. Das scheint stets die Regel zu sein, wenn die Intrusivgesteine, zu deren Gefolge sie gehören, während der Erstarrungsperiode stark bewegt wurden, wie hier die prätriadischen Orthogneise und Gabbro-Peridotite.

wenige alpine Mineralfundorte gleichen im Mengenverhältnis der Silikate (Erze fehlen stets) den Erzlagerstätten, so einige Vorkommen mit dicken Krusten von Axinit und Epidot von Bourg d'Oisans, das von Heulandit- und Desminkrusten auf viel grünem Fluorit von Viesch. Die Verteilung der alpinen Minerallagerstätten ist wie die der Erzgänge durch tektonische Ursachen und durch das Vorhandensein von Lösungen bedingt. Letztere waren juvenil und vados in den Alpen am Ende der Faltungen wohl überall zugegen. Ihre Temperatur nahm ab nach der Peripherie der Massive, sowie nach dem Ost- und Westende des Alpenbogens. Im Gestein selbst ist die chemische Dynamometamorphose, die Saussuritisierung des Plagioklas, die Bildung von Epidot, Muskovit usw. durch diese Lösungen bedingt; sie geht dem Aufreißen der Klüfte und der Ausscheidung der Kluftminerale voraus. Verlangt man Intrusivmassen, zu deren hydatogen-pneumatolytischer Endphase die aufsteigenden juvenilen Lösungen gehört hätten, so müßte man die Analoga zu den horizontal weit entfernten tertiären, südlich vom Aare-Gotthard- und nahe vom nördlichen Tessinermassiv gelegenen periadriatischen Graniten und anderen Eruptivgesteinen suchen. In der Zentralschweiz blieben sie in der Tiefe stecken; das Magma ist da durch die tertiären Faltungen und Überschiebungen nur in eine etwas höhere Zone geknetet worden. Die Erwärmung der oberen jetzt anstehenden Gesteine war hauptsächlich mechanisch verursacht.

Ergänzungen zum ersten Teil der Abhandlung über alpine Minerallagerstätten (Vals-Platz).

Im Habitusverzeichnis sind die seltenen, nur an einigen Kristallen einer Kluft auftretenden Flächen in eckige Klammern gesetzt. Der p. 13 erwähnte Fundort des Danburit von Lampertschalp, dessen genaue Lage, wie dort erwähnt, mir unbekannt ist, liegt wahrscheinlich etwa 1 Stunde östlich und nicht nördlich der Hütte von Lampertschalp fast in gleicher Höhe mit dieser am Fuß des Piz Casanell. Für den Danburit wurden die Flächensymbole nach der Beschreibung von V. Goldschmidt gegeben. Da aber sonst alle Bezeichnungen an das Handbuch von Hintze angeschlossen wurden, so seien hier die Flächen in dieser Aufstellung ausgedrückt:

(100) (120) (142); (110) (010) (101) (121) [(5, 13, 0)].

Die zwei Vorkommen: 8) aus dem Glimmergneis mit Quarz, Epidot, Fluorit, Sphen und 6) aus dem Adulagneis mit Epidot, Fluorit, Quarz bei Alp Leiß stammen, wie nochmalige genaue Untersuchung des Materials zeigte, wahrscheinlich vom selben Ort, so daß 8), dessen Fundort mir nicht bekannt war, zu streichen ist.

Der Granat von Alp Leiß (l. c. p. 18 (7)) ist sehr klein, stark korrodiert, aber frei von Einschlüssen und nur in wenigen Kristallen vorhanden. Er ist gelbbraunrot mit schwacher optischer Anomalie, entweder ein Kalkton- oder Kalkeisengranat. Der Brechungsindex für gelbgrünes Licht ist etwa 1,75. Vermutlich ist es also ein Hessonit, ähnlich wie der vom Maigelstal und von Ala.

Der Rauchquarz vom Piz Frunt 1) zeigt (50 $\bar{5}$ 3) seltener als dem Tessiner Habitus 5 entspricht. Er hat H 1 mit (40 $\bar{4}$ 1); (80 $\bar{8}$ 5) (0, 17, $\bar{1}$ 7, 1) [(14, 0, $\bar{1}$ 4, 3) (51 $\bar{6}$ 1) (50 $\bar{5}$ 3)]. Die Kristalle liegen häufig || c auf der Stufe, was anderwärts sehr selten. Der Rauchquarz vom Piz Frunt 4') zeigt ebenfalls (50 $\bar{5}$ 3) selten; sein Habitus ist nach genaueren Mes-

sungen: H 1 mit $(40\bar{4}1)$ $(04\bar{4}1)$; $(30\bar{3}1)$ $[(13, 0, \bar{1}3, 3)$ $(50\bar{5}3)$ $(0, 8, \bar{8}, 5)$ $(51\bar{6}1)]$ oder H 1 mit $(40\bar{4}1)$ $(30\bar{3}1)$ $(05\bar{5}3)$. Der Rauchquarz von 9) zeigt H 1 mit $(30\bar{3}1)$; $(40\bar{4}1)$ $(04\bar{4}1)$ $[(45, 0, \bar{4}5, 16)]$.

Der korrodierte Calcit mit H 7 vom P. Aul (p. 16) ist besonders für die Fundorte 2, 4, 4' am P. Aul charakteristisch. Der Monazit (p. 18) von Alp Moß (4') ist nach b langgestreckt. Das Zitat H. L. Bowmann steht *Zt. f. Krist.* 33 p. 118, 1900. Die Hornblende (p. 19) von der Marchegg (2) zeigt (110) (011). — Für den Säntis kommt Haupttrogenstein als Träger des Fluorcalcium nicht in Betracht, weil dort nach Mitteilung von Herrn M. Mühlberg der Dogger sicherlich in der tonigen alpinen Fazies zu erwarten wäre. Das bestätigt meine Auffassung, daß teilweise der Schrattenkalk, andernorts vielleicht Valangien oder Malm das Fluor geliefert haben. Nach Mitteilung von Herrn A. Buxtorf ist das Vorkommen vom Adlerberg bei Pratteln dem von Muttenez erwähnten ganz analog. Zu dem Coelestin von Mokattam ist die Untersuchung von K. Andrée, *N. J. Min.*, Bld. 27, p. 343, 1913 zu erwähnen.

Die Vorkommen der Rauris bieten in mancher Hinsicht ein Analogon zu denen des Adulamassivs. Hier wie dort sind verschiedenartige Gesteine auf kleinen Raum zusammengedrängt und stark zertrümmert. In der Rauris sind aber die Mineralklüfte wahrscheinlich eine Fortsetzung größerer Erzgänge (vgl. oben), im Adulamassiv sind nur wenige Spuren von Erzgängen zu bemerken und von den im Aaremassiv und Gotthardmassiv in Klüften vorkommenden Erzen (Pyrit häufig, Galenit seltener) ist Galenit im Adulamassiv nur auf den Quarzgängen von Fanella, Pyrit ist sehr selten. Die Lösungen im Adulamassiv brachten also weder Erze mit, weil jüngere Eruptive dort fehlen, noch fanden sie solche in dem Gestein an den Klüften, das von ihnen zersetzt wurde, vor, sie waren wohl wesentlich vados.

Anm. b. d. Korr. In der Zwischenzeit (4. April 1919) haben die „Petrographischen Untersuchungen in den Bergen von der Umgebung von Vals“ von H. Ph. Roothaan, *Jahresber. Nat. Ges. Graubünden*, viel neue wertvolle Ergebnisse gebracht. Im folgenden seien nur die Punkte erwähnt, bezüglich deren ich anderer Ansicht bin. — 1. Zu p. 11 Die Kluftmineralbildung hat mit der Injektion nichts zu tun, da erstere nach den Überschiebungen, letztere vor den tektonischen Bewegungen statt hatte. 2. Zu p. 4 Nur ein Teil des Adulagneis gehört m. E. zu den Injektionsgesteinen. 3. Zu p. 32 Nur von einem Teil der Grünschiefer habe ich behauptet, daß sie aus eingeschmolzenen Sedimenten entstanden sind. Die andern dagegen habe ich ausdrücklich zu den Eruptiva gestellt (vgl. Teil I p. 10). 4. Zu p. 41 Der von Erb angegebene Fuchsit wurde nicht erwähnt, da er Gesteinsmineral ist. 5. Zu p. 45 Für die Abtrennung des Glimmerschiefers vom Piz Aul, von den andern war mir nicht das Alter entscheidend, sondern die Tatsache, daß er petrographisch und tektonisch mit dem eigentlichen Bündnerschiefern, den Via Malaschiefern nichts zu tun hat. Das bestätigt, soviel mir scheint, Roothaan. 6. Zu p. 41 Roothaans Ansicht über das Alter der Marmore ist bis jetzt ebenso hypothetisch wie meine. Doch mag der Marmor eher zu Lias als zu Trias gehören.