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

Band: 14 (1934)

Heft: 2

Artikel: Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentals

Autor: Bader, Henri

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-14644

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 10.12.2025

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

Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Mineral-lagerstätten des Binnentals

Von *Henri Bader* in Zürich

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Vorwort 320

Tektonik 321

Petrographie 323

Einleitung 323

Alte Orthogesteine 324

Alkalifeldspatgneise mit Glimmer und Epidot 324

Aplitische Alkalifeldspatgneise 326

Zweiglimmer-Epidot-Alkalifeldspatgneise 327

Besondere Umwandlungsprodukte 327

Vergleich mit anderen Gebieten 329

Mischgesteine 331

Injektionsgneise 331

Alkalisierte Glimmergneise 332

Alte Paragesteine 334

Gewöhnliche Zweiglimmer-Albitgneise 335

Gneis von Lercheltini 336

Granat-Zweiglimmer-Plagioklasgneise 336

Hornblendeführende Zweiglimmer-Plagioklasgneise 337

Helle Muskowitalbitgneise 338

Zweiglimmer-Augengneise 339

Gesteine der Decke IV 339

Vergleich mit anderen Gebieten 340

Alte Amphibolite 343

Ophiolithe 344

Mesozoische Ophiolithe 344

Feldbach-Zug 345

Tschampigenkeller und Halsen 346

Strahlgräte 350

Geisspfad 351

Grenzzone 355

Vergleich mit anderen Gebieten 360

Gesteine der Trias 363

Bündnerschiefer 366

Kalkig-sandige Bündnerschiefer 366

Tonig-sandige Bündnerschiefer 366

Vergleich mit anderen Gebieten 368

Statistik der Dünnschliffe 369

Seite

Minerallagerstätten 371
Einleitung 371
Eisenerzlagerstätten im sauren Orthogneis 372
Helsen 372
Kluftlagerstätten im Injektionsgneis 372
Geisspfad, Blauwang, Wannenhorn 372
Kluftlagerstätten im Paragneis 374
Lercheltini-Zone 374
Balmen 379
Turbenalp 380
Kriegalp 382
Titaneisenerzlagerstätte im Amphibolit 382
Fleschen 382
Lagerstätten der Randzone der Geisspfadmasse 383
Geisspfad 383
Fleschenhorn 384
Cherbadung 386
Erzlagerstätten im Dolomit 386
Lengenbach 386
Weisse Fluh 416
Schmid's Tobel 417
Feldbach 418
Hölzerspitz 419
Wolfslöcher. 420
Kluftlagerstätten im Dolomit 420
Messernbach 420
Weisse Fluh 425
Balmen 426
Feldbach etc. 427
Kluftlagerstätten im Bündnerschiefer 427
Weitere Minerallagerstätten 428
Zusammenfassung über die Minerallagerstätten 429
Verzeichnis der Mineralien der Minerallagerstätten 432
Literaturverzeichnis 433

VORWORT

Die Feldaufnahmen, welche die Grundlage der vorliegenden Arbeit bilden, wurden in den Sommermonaten der Jahre 1930—33 unternommen. Die Kartierung auf neuer topographischer Unterlage im Masstabe 1: 25 000 umfasst etwas über 60 km².

Das Gebiet ist folgendermassen umgrenzt:

Im Westen: Kriegalppass-Kriegalpwasser-Längtalbach.
Im Norden: Wasserscheide zwischen Rappental und Binnental.
Im Osten und Süden: Die Landesgrenze (Wasserscheide).

Ich freue mich, an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. P. NIGGLI, für sein förderndes Interesse an der Arbeit danken zu können. Ich danke auch Herrn Prof. Dr. R. PARKER für seine wertvolle Hilfe in der Bearbeitung kristallographischer Probleme, und Herrn Prof. Dr. C. BURRI für seine Ratschläge beim Mikroskopieren. Meine besondere Erkenntlichkeit gilt Herrn Prof. Dr. J. JAKOB, der für diese Arbeit fünf Mineralanalysen, drei Gesteinsanalysen und zwei Teilanalysen verfertigte. Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. H. PREISWERK in Basel, welcher mir die Dünnschliffe zu seinen Arbeiten „Über Dunit-Serpentin am Geisspfad" und „Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes" zur Verfügung stellte.

Im Sommer 1932 verunglückte der Bergführer und Mineraliensammler ERNST CLEMENZ aus Binn. CLEMENZ und ich haben wochenlang zusammen in den Bergen gearbeitet, wobei mir CLEMENZ überaus wertvolle Dienste geleistet hat. Ich gedenke mit Dankbarkeit unserer Freundschaft.

Für gute Unterkunft und Verpflegung danke ich Herrn SCHMID, Besitzer des Hotel Ofenhorn in Binn.

Tektonik

Die geologische Struktur des Binnentalgebietes kann anhand der neuen Feldarbeiten nicht mit Sicherheit ermittelt werden. Das kartierte Gebiet ist nicht gross genug, und die Simplonkarte von SCHMIDT und PREISWERK sagt nichts aus über die Innentektonik der Decke III, um welche es sich hier handelt. Die zur sicheren Profilkonstruktion notwendigen petrographischen Detailaufnahmen müßten die italienische Grenzregion von der Alpe Buscagna im Westen bis zum Griestal im Osten umfassen.

Das Streichen der Monte-Leone-Decke (Decke III) beträgt im Binnental ca. W 20° N, das axiale Steigen gegen die Tosakulmination 3½°. Im Westen, am steilen Osthang des Breithorns, ist die kreisförmig gewölbte Stirn der Decke gut sichtbar, die Profile erfassen also nur die Stirnregion.

Wie die Profile zeigen, wechselt die innere Struktur der Decke vollständig von Westen nach Osten.

Im Westen (Profile I, II und III) haben wir den komplizierten Bau der Orthogneislappen, in der Form sehr stark wechselnd (Profile I und III liegen nur 1½ km voneinander). Das in der Mitte durchgehende Profil IV zeigt einfache Struktur mit nur zwei Orthogneiskörpern, die durch eine zweifelhafte Mulde getrennt sind. Im Osten (Profile V, VI und VII) sind die Verhältnisse ganz andere. Die Deckenstirn ist etwas weiter nördlich vorgestoßen, und eine Rückfaltung tritt im Deckenbauch auf, die in der Umgebung des Fensters am Ochsenfeld deutlich ist. Es scheint auch eine schwache Drehung dieses Teiles der Decke von Osten nach Westen stattgefunden zu

haben, verbunden mit einer Querfaltung in dieser Richtung, wie es das kurze Längsprofil VIII darstellt.

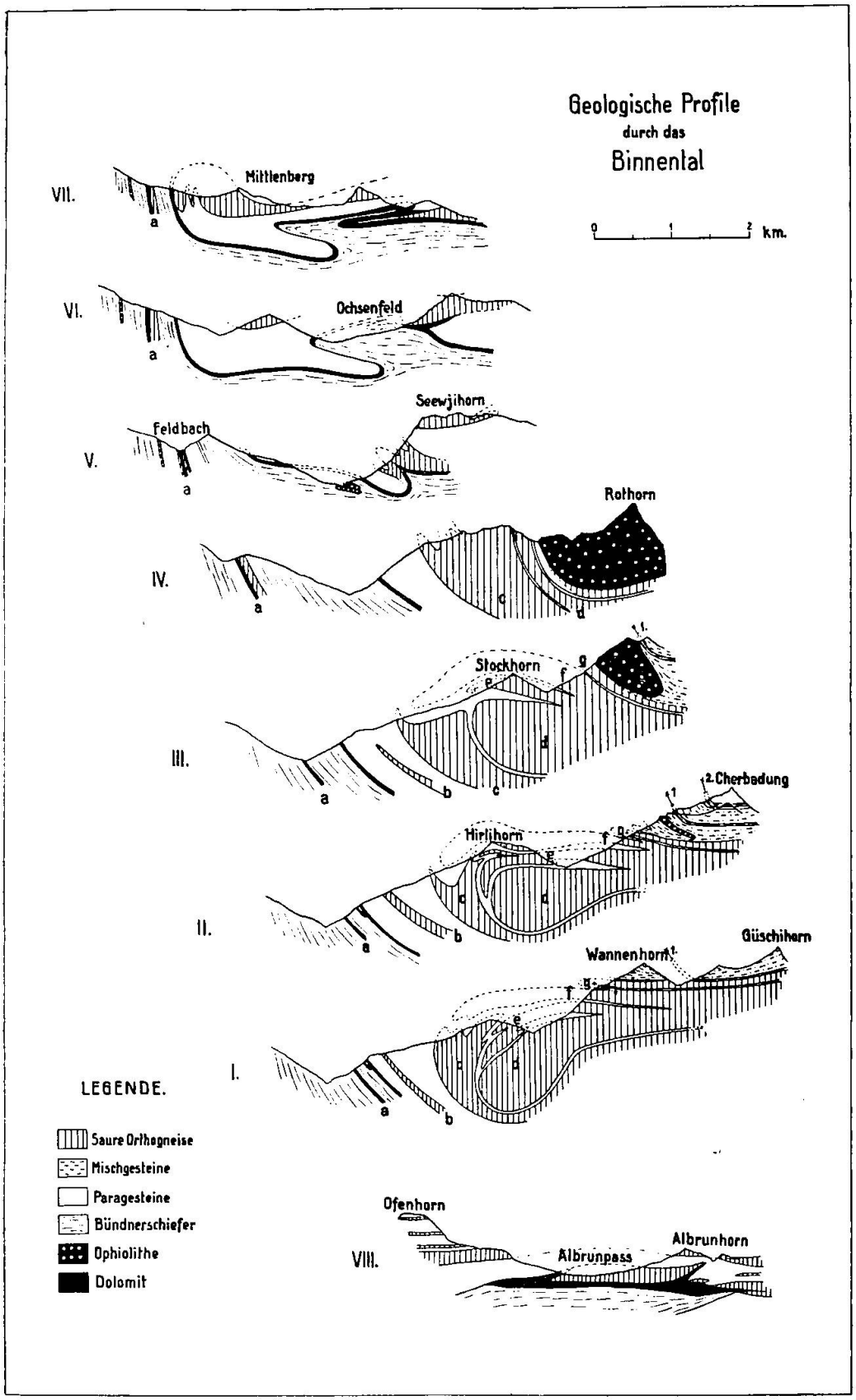
In der ganzen Länge des Gebietes, besonders deutlich im Feldbach, taucht aus dem Bündnerschiefer ein scheinbar gesondertes tektonisches Element (a in den Profilen) in stets geringer Mächtigkeit auf.

Auf der Simplonkarte von SCHMIDT und PREISWERK lässt es sich 10 km weit westlich von Binn verfolgen, bis zum Erizhorn, wo es sich mit der Decke III vereinigt (Auskeilen der Eistenmulde). Es handelt sich demnach um eine Schuppe der Monte-Leone-Decke, beim Erizhorn noch mit der Decke verbunden, weiter östlich im Binnental wahrscheinlich ganz abgeschürft.

In den Profilen I, II und III können wir 6 Orthogneislappen unterscheiden (b, c, d, e, f, g), die durch Paragneismulden getrennt sind. Die Mulde zwischen den Lappen b und c reicht vielleicht ziemlich weit nach hinten. Der Lappen d ist hier der wichtigste; er taucht im Profil I nach unten und quetscht den Lappen c vorwärts und aufwärts, wobei e eingeklemmt ist. Im Profil II ist der Vorstoss von d ungefähr horizontal, und es ist nur noch der eine Teil von e eingeklemmt. Im Profil III richtet sich d aufwärts und e ist nicht mehr eingeklemmt. In allen drei Profilen zeigt c oben Deformationen, die wahrscheinlich auf den darüberliegenden Lappen f zurückzuführen sind. g stösst wahrscheinlich nicht weit vor. Im Profil IV ist b nicht mehr eingezeichnet, c ist sehr mächtig und d (mit g, f und e vereinigt) stark reduziert. Die Mulde zwischen c und d ist zweifelhaft, die trennende Schicht besteht hier aus einem nur metermächtigen, stark gefältelten Mylonit (Quarzit mit Muskowit), der auch ein Derivat des Orthogneises sein könnte, in welchem Fall alle 6 Lappen im mittleren Teil des Gebietes zu einem einzigen vereinigt wären.

Im Osten teilt sich die Orthogneismasse insgesamt in fünf Lappen, wovon die drei obersten sehr schmal und nur am Ofenhorn zu sehen sind, wo sie horizontal liegen.

Das Auftreten von saurem Orthogneis als Liegendes des Dolomits (Querprofile V, VI und VII und Längsprofil VIII) ist sehr wahrscheinlich primär, d. h. der Dolomit wurde hier auf Orthogneis abgelagert. Der Kontakt zwischen Dolomit und Orthogneis im Profil VII links ist zweifellos sekundär, tektonisch bedingt. Die starke Faltung des Dolomits, wie sie in diesem Profil dargestellt ist, ist östlich des Ochsenfeldes deutlich sichtbar, in Wirklichkeit vielleicht etwas komplizierter. Der darüberliegende Paragneis ist von dieser


Geologische Profile
durch das
Binnental
0 1 2 km.
VII.
Mittlenberg
VI.
Ochsenfeld
V.
Feldbach
Seewjihorn
IV.
Rothorn
III.
Stockhorn
II.
Hirlihorn
2. Cherbadung
I.
Wannenhorn
Güschihorn
VIII.
Ofenhorn
Albrunpass
Albrunhorn
LEGENDE.
Saure Orthogneise
Mischgesteine
Paragesteine
Bündnerschiefer
Ophiolithe
Dolomit

Leere Seite
Blank page
Page vide

Faltung nicht ergriffen, und es ist kein Bündnerschiefer mit eingefaltet worden.

Im Profil II sind zwei Überschiebungen (1 und 2) mit Bündnerschiefer-Zwischenlagen eingezeichnet. Die alkalisierten Paragneise, unterhalb und oberhalb der Überschiebung 1, beweisen die Zugehörigkeit des ersten überschobenen Teiles zur Decke III. Die Gipfelregion des Cherbadung hingegen ist eine Klippe der Decke IV; die Überschiebung 2 trennt also die beiden Decken III und IV. Das steile Aufsteigen der Bündnerschiefer lässt vermuten, daß wir hier die Stirn der Decke IV haben.

Der Widerstand, gegen den sich die Decke III staute, liegt eher im Aarmassiv als im dazwischenliegenden Gotthardmassiv; denn es wäre sonst unverständlich, dass gegen Westen in der Richtung, in welcher das Gotthardmassiv untertaucht, der Vorstoss weniger weit reicht als im Osten. Die Bündnerschiefer sind durch die Pressung vor der Deckenstirn bis zur Überkippung steilgestellt worden, was von Binn aus am Breithorn sich besonders schön zeigt. Die tiefen Einschnitte im Osthang des Breithorns und in den Twingen zeugen von bevorzugten Gleitebenen innerhalb der Bündnerschiefermasse.

Petrographie

EINLEITUNG

Während der alpinen Faltung wurde das Gebiet einer annähernd gleichmässigen Metamorphose unterworfen. Die Facies der Metamorphose ist diejenige der Meso-Zone, mit Anklängen an die Epi-Zone. Ein deutlicher Unterschied lässt sich feststellen in den jetzigen Ausbildungsformen der älteren und der jüngeren Paragesteine. Die Bündnerschiefer sind noch sedimentähnlicher als die dem Dolomit unterliegenden Gneise, ihre tektonische Plastizität war auch grösser. Dieser Unterschied lässt sich auf physikalisch-mechanische Verschiedenheit der beiden Gesteinsgruppen vor der alpinen Faltung zurückführen. Es ist anzunehmen, daß die älteren Sedimente (älter als Dolomit) schon herzynisch metamorphosiert worden sind, und so tektonisch mit den sauren herzynischen Eruptiva eine widerstandsfähigere Masse bildeten als die jungen, darüber gelagerten Sedimente. Die demnach voralpin schon metamorphen, alten Sedimente wurden alpin noch einmal vollständig umkristallisiert; auch lässt sich jetzt keine Spur der sicher vorhanden gewesenen Diskordanz zwischen Dolomit und dem liegenden Gneis beobachten. Die Bündnerschiefer, die nur alpin bearbeitet sind, wurden zwar auch meist ganz umkristallisiert, haben aber den Gleichgewichtszustand, der den

physikalisch-chemischen Bedingungen der Metamorphose entspricht, nicht so weitgehend erreicht wie die alten Gneise.

Die gleichmässige alpine Metamorphose brachte eine gewisse Eintönigkeit im Mineralbestand mit sich, sodass oft Unterschiede der Texturen und des makroskopischen Aussehens der Hauptgrund zur Ausscheidung besonderer Gesteinsgruppen wurden.

Die Quarze aller Gesteine zeigen eine mehr oder weniger ausgesprochene undulöse Auslöschung, eine Folge mechanischer Deformation, jedenfalls verursacht durch relativ rezente tektonische Bewegungen, die aber nicht stark genug waren, um deutliche Kataklase zu erzeugen.

Die Nomenklatur der Gesteine ist so durchgeführt, daß die Hauptgemengteile jeweils vor der Bezeichnung -Gneis, -Schiefer, -Amphibolit etc. angeführt werden, die wichtigsten Nebengemengteile nachher. So bedeutet z. B. Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit Biotit und Epidot, dass Muskowit, Kalifeldspat, Plagioklas und Quarz Hauptgemengteile sind, Biotit und Epidot Nebengemengteile. Die Trennung der Mineralien in Haupt-, Neben- und Übergemengteile (abgekürzt HG, NG und UG) ist eine gefühlsmässige; einige Messungen am Integrationstisch ergeben folgende durchschnittliche Volumenwerte:

Hauptgemengteile: mehr als 10 %.
Nebengemengteile: 1 % bis 10 %.
Übergemengteile: weniger als 1 %.

Die relativen Mengen farbiger oder hochbrechender Mineralien sind wahrscheinlich z. T. überschätzt worden.

ALTE ORTHOGESTEINE

Die Ortho-Alkalifeldspatgneise mit Glimmer und Epidot

Diese Gneise bilden die Hauptmasse im Aufbau der Decke. In der Mitte des Gebietes sind sie als ziemlich mächtige, einheitliche Masse vorhanden, die im Osten und Westen in verschiedene Lappen mit Paragneiszwischenlagen zerfällt. Oft findet man in demselben Lappen die drei Varietäten (grob-, mittel- und feinkörnig) zusammen vor; anderseits bestehen ganze Lappen nur aus einem Typus, grob- oder mittelkörnig. Der porphyrische, meist *flaserige Augengneis* hat Augen mit einem Durchmesser bis zu 2—3 cm, bestehend aus Mikroklin, Albit und Quarz. Der Glimmer häuft sich in der übrigen Masse, die etwas dunkler erscheint. Die Augen sind rundlich bis gestreckt linsenförmig; um sie herum zeigt sich eine deutliche Kataklase, die aber einer frühen Phase der Bewegung entsprungen ist,

da vollständige Rekristallisation vorliegt. Textur porphyroblastisch bis flaserig, Struktur der Grundmasse grano-lepidoblastisch.

Die *mittelkörnige Varietät* ist manchmal sozusagen massig, manchmal durch Parallellagerung des Glimmers und Streckung des Quarz und Feldspats mehr oder weniger schieferig. Struktur grano- bis lepidoblastisch. Am Mittelberg ist schöne plattige Absonderung.

Der *feinkörnige Gneis* tritt mengenmässig stark zurück. Er enthält weniger Glimmer und zeigt deshalb nur schlechte Schieferung. Textur fast massig bis kristallisationsschieferig, Struktur granoblastisch.

Quarz und *Plagioklas* sind immer, *Kalifeldspat* fast immer, Hauptgemengteile (abgekürzt: HG). Wenn Kalifeldspat nur Nebengemengteil (NG) ist, wird *Muskowit* wichtiger, was eine Muskowitbildung auf Kosten des Kalifeldspates vermuten lässt. Dazu ist Tonerde erforderlich, die nur der Plagioklas liefern kann, bei gleichzeitiger Epidotbildung. Die Dünnschliffe zeigen jedoch keine Gesetzmässigkeit im Verhältnis von Muskowit zu Epidot. *Epidot* und *Biotit* sind NG, Epidot gleichwertig Biotit. Zoisit fehlt als Übergemengteil (UG) fast nie; weitere Accessorien können sein: Magnetit, Pyrit, Zirkon, Titanit, Granat und Calcit, letzterer ausnahmsweise auch NG.

Der Kalifeldspat ist fast ausschließlich *Mikroklin* (Achsenwinkel 61°—80°), mit z. T. scharfer, z. T. verwaschener Zwillingsgitterung, relativ selten unverzwillingt. *Orthoklas* wurde nur in zwei Schliffen beobachtet, wo er als wesentlicher Gemengteil neben Mikroklin den Kalifeldspatanteil bildet. *Mikroklinmikroperthite* sind nicht selten, besonders die großen Mikrokline der Augen der flaserigen Gneise sind fast durchwegs perthitisch. Die fetzenförmigen Albiteinschlüsse sind parallel orientiert. Diese Perthite sind vielleicht Relikte, doch die Tatsache, dass daneben Schachbrettalbit auftritt, macht es wahrscheinlich, dass es sich um ein Anfangsstadium alpiner Albitisierung handelt, vielleicht an reliktischen Mikroklinen. Der *Plagioklas* enthält stets unter 15 % Anorthitmol., und weitaus am häufigsten unter 5 % An. Die basischeren Varietäten sind oft etwas saussuritisiert, die sauren meist ganz frisch, jedoch nicht selten mit zahlreichen, sauberen, kleinen Einschlüssen von Muskowit, auch von tropfenförmigem Quarz. Die Mehrzahl der Plagioklase ist unverzwillingt; es wurden nur Zwillinge nach dem Albitgesetz beobachtet, meist polysynthetisch mit nicht sehr regelmässigen Lamellen. Der *Quarz* ist immer völlig xenomorph. *Myrmekit* wurde hie und da beobachtet. *Muskowit* ist meist farblos, jedoch manchmal in Rich-

tung der Spaltbarkeit etwas grünlich. Dimension der Schnitte im Dünnschliff ca. 0,3—0,5 × 0,1—0,2 mm, gute Form, eigentliche Sericitbildung fehlt. Der grün bis braune *Biotit* ist hingegen oft in Fetzen sehr ungleicher Grösse (durchschnittlich erheblich grösser als Muskowit) unregelmässig verteilt. Er ist manchmal chloritisiert (Erz- und Rutilausscheidung). Mengenmässig misst Muskowit fast stets ein Vielfaches von Biotit. Der *Epidot* (Menge und Grösse oft ähnlich Muskowit) ist manchmal schön idiomorph kurzsäulig, manchmal körnig, und bildet, wenn er häufig ist, gern grössere Aggregate. Pleochroismus gelb, gelbgrün oder grün, meist nicht sehr intensiv, aber nur selten schwach. Bei Zonarstruktur liegt die eisenreiche Zone innen. Der persistente *Zoisit* ist gerundet, mehr oder weniger idiomorph, sehr niedrig doppelbrechend, ohne Dispersionserscheinungen. Die Korngrösse entspricht der des Epidotes. *Pyrit* hat gewöhnlich einen tiefbraunen, durchscheinenden Rand (Anisotrop), welcher schwach reflektiert. Es ist eine Pseudomorphose, wahrscheinlich von Goethit. Manchmal ist nur ein kleines Pyritrelikt in der Mitte der Masse, die als ganzes die Würfelform beibehält. Die Granatindividuen sind sehr klein, öfters in skeletartiger Ausbildung, vereinzelt und in Häufchen, stets unwichtig.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Alkalifeldspatgneis mit Glimmer und Epidot
Alkalifeldspatgneis mit Muskowit.
Alkalifeldspatgneis mit Biotit.
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit Biotit, mit oder ohne Epidot.
Biotit-Alkalifeldspatgneis mit Epidot.
Zweiglimmer-Alkalifeldspatgneis mit oder ohne Epidot.
Epidot-Alkalifeldspatgneis mit Glimmer.
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit oder ohne Epidot.
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit Calcit.

Die aplitischen Alkalifeldspatgneise

Es wurden nur drei mengenmässig ganz untergeordnete Vorkommen in Form schmaler, konkordanter Einlagerungen im sauren Orthogneis gefunden (Graaken, vorderes Ofenhorn, Blauwang). Diese Gesteine sind rein weiss bis gelblich, sehr feinkörnig und kompakt, sie haben *Quarz, Mikroklin* und *Albit* als HG, *Epidot* und *Muskowit* als NG, und Biotit, Pyrit, Granat, Zoisit und Magnetit als UG. Im typischen feingranoblastischen Grundgewebe befinden sich einzelne grössere *Porphyroblasten* von Mikroklin, Quarz und Albit. Dies

gilt jedoch nur für die Vorkommen von Ofenhorn und Graaken, dasjenige von Blauwang ist etwas verschieden; es ist quarzärmer, mikroklinreicher, etwas grobkörniger, hat keine NG und wenig Accessorien. Der aplitische Gneis von Graaken wurde von SCHMIDT und PREISWERK in der Simplonkarte als Dolomit eingezeichnet, weshalb die Profile durch diese Gegend falsch gezeichnet wurden.

Es besteht kein Zweifel, dass diese Gesteine aus *Aplitgängen* hervorgegangen sind.

Es gibt eine Analyse eines sehr ähnlichen, feinkörnigen aplitischen Alkalifeldspatgneises der Decke III aus dem Simplontunnel (8677 m vom NW-Eingang); wie der Dünnschliff zeigt, bestehend aus Quarz, Albit-Oligoklas, Mikroklin und accessorischem Glimmer.

Analytiker: L. HEZNER.

SiO_2	76,91			
TiO_3	sp.	si	477	
Al_2O_3	12,68			
Fe_2O_3	0,54	al	46,5	Das Magma ist
FeO	0,50	fm	6,5	trondhjemitisch.
MgO	0,17	c	7,5	
CaO	1,10	alk	39,5	
Na_2O	4,98			
K_2O	2,51	k	0,25	
H_2O+	0,65	mg	0,24	
H_2O-	0,14	c/fm	1,2	
	100,18			

Die Ortho-Zweiglimmer-Epidot-Alkalifeldspatgneise

Diese sind ebenso selten wie die aplitischen Gneise, sie bilden schlierige Einlagerungen im sauren Orthogneis (Mittlenberg, Ofenhorn), und fallen auf durch ihre einige mm grossen flachen *Biotitporphyroblasten*. Das epidotreiche Grundgewebe ist etwas dunkler als der umgebende Gneis. HG sind *Quarz, Mikroklin, Biotit, Muskowit* und weitgehend *Albit* und *Epidot*. Zoisit, Granat, Pyrit und Titanit sind accessorisch. Die *Mikroline* sind z. T. recht gross und schliessen als Wirt alle andern Gemengteile ein. *Epidot* ist fast farblos, aber hoch doppelbrechend. Struktur porphyroblastisch mit poikilo-lepidoblastischem Grundgewebe, Textur kristallisationsschieferig. Dieser Typus stammt von einem basischeren Differentiat ab, welches erheblich c- und fm-reicher ist als der normale Gneis, er hat vielleicht grano-dioritischen Chemismus.

Besondere Umwandlungsprodukte des sauren Orthogneises

Merkwürdige Gesteine findet man beim Hirlihorn (auf dem Grat) und hinter dem Seewjihorn. Es sind drusige, seidenglänzende,

durch Limonit verfärbte Partien (einige Meter), die aus *Quarz* mit viel *Muskowit* und einer Spur Epidot bestehen. Da das Gestein keine besondere mechanische Beanspruchung zeigt, wird es sich hier um eine lokale, intensive hydrothermale Auslaugung handeln, allerdings ohne ersichtliche Ursache für deren Entstehung. Am Seewjihorn, wo der Dolomit als schmale Schicht in den Berg einstreicht, ist der angrenzende saure Orthogneis stark verändert. Das Gestein ist weiss, seidenglänzend, mit sichtbaren braunen Phlogopittäfelchen, und erscheint stark mechanisch bearbeitet. HG sind *Quarz, Albit* und *Muskowit,* NG *Karbonat* und *Phlogopit,* UG Epidot und Zoisit. Der Albit ist schachbrettartig. Wir haben hier offenbar eine Stoffaufnahme aus dem Dolomit, wahrscheinlich durch Verknetung begünstigt, und eine vollständige Ersetzung des Kalifeldspates, einerseits durch Muskowit und Quarz, anderseits durch Albit.

Das Material, das jetzt in Form der beschriebenen Alkalifeldspatgneise vorliegt, war eine Orthogesteinsmasse von mindestens herzynischem Alter. Wahrscheinlich intrudierte sie in die unmittelbar benachbarten alten Sedimente (jetzige Zweiglimmerplagioklasgneise, damals vielleicht schon metamorph); es fehlen aber deutliche Kontakterscheinungen, die demnach durch die Metamorphose verwischt wurden.

Entsprechend der drei jetzt vorliegenden Ausbildungen, porphyrisch, mittel- und feinkörnig, ist mit Sicherheit anzunehmen, dass vor der Metamorphose porphyrische und mittelkörnige Ausbildungen des Gesteins vorherrschten, neben einer feinkörnigen, etwas saureren Facies. Es gibt keine Analysen dieser Gesteine aus dem Binnental; es möge indessen die Analyse eines mittelkörnigen Alkalifeldspatgneises der Decke III aus dem Simplontunnel (7660 m vom NW-Eingang) zum Vergleich angeführt werden, dessen Mineralbestand untersucht wurde.
HG Quarz, Albit, Mikroklin. NG Muskowit, Calcit, (Pyrit). UG Epidot, Zoisit, Titanit. Struktur granoblastisch, Textur kristallisationsschieferig.

Der Albit dieses Gesteins ist sehr sauer, der Epidot selten, das Ca steckt also vorwiegend im Calcit, ein grosser Teil des Fe im Pyrit. Unsere Orthogneise haben wesentlich mehr Epidot und sehr wenig Calcit und Pyrit, sodass sie gleichwohl eine ähnliche Zusammensetzung aufweisen werden (mit kleinerem c) wie der analysierte Gneis.

SiO_2	72,38			
TiO_2	0,12	si	400	
Al_2O_3	11,99			
Fe_2O_3	1,57	al	39	Das Magma ist yosemititisch
FeO	0,67	fm	12	bis trondhjemitisch.
MgO	0,35	c	12,5	
CaO	2,10	alk	36,5	
Na_2O	3,85			
K_2O	4,63	k	0,44	Analytiker: L. HEZNER.
Glühverlust	1,47	mg	0,25	
H_2O-	0,15	s	7,8	
S	0,76	ti	0,5	
	100,04	c/fm	1,1	

Vergleich mit anderen Gebieten

Ein Vergleich der sauren Orthogneise unseres Gebietes mit solchen der penninischen Decken im Tessin führte zu folgendem Ergebnis:

Binnental:	viel Mikroklin sehr wenig Orthoklas	mehr Muskovit als Biotit, manchmal glimmerarm	viel Epidot	Plagioklas sehr sauer	überall undulöse Auslöschung der Quarze
Leventina:	mehr Ortoklas als Mikroklin	mehr Biotit als Muskovit, oft glimmerreich	wenig Epidot	Oligoklas	
Simano:	Mikroklin und Orthoklas	beide Glimmer, oft glimmerarm	sehr wenig Epidot	Albit-Oligoklas	
Lucomagno:	Mikroklin und Orthoklas	mehr Muskovit als Biotit	wenig Epidot	Albit-Oligoklas oft trübe	
Adula:	Kalifeldspat fehlt öfters	beide Glimmer (viel Chlorit)	viel Epidot	Albit-Oligoklas relativ sauer	

Diese Angaben sind Durchschnittswerte; es gibt in allen Gebieten viele verschiedene Typen, besonders hinsichtlich der Textur; nur der Leventinagneis ist auf grössere Erstreckung wenig variabel. Man findet leicht in den verschiedenen Tessinerdecken Gesteinstypen, die makroskopisch von solchen des Binnentales nicht zu unterscheiden sind, besonders Lucomagnogneise und Adulagneise; auch die Randfacies der Leventina, ein grobflaseriger glimmerreicher Augengneis, ist mit dem Augengneis am Albrunhorn im Handstück identisch. Im allgemeinen haben aber die Gneise des Tessins eine etwas bessere Schieferung als diejenigen des Binnentals, sie ist aber

nicht häufig beim Vergleich der Dünnschliffe konstatierbar, man muss meistens zum Handstück greifen. Die allgemeine Korngrösse, sowie Maxima und Minima derselben im Dünnschliff, sind in ähnlichen Typen sehr ähnlich, nur die grosse Masse des feinflaserigen Leventinagneises besitzt ein relativ homogeneres und größeres Korn. In den nördlichen Teilen der Tessinerdecken sind die Orthogneise oft sehr stark ausgewalzt und fein verfältelt. Hierzu fehlt die Parallele im Binnental, weil die darüberliegenden Decken mit ihrer Stirn nicht abwärts getaucht sind, sondern in ziemlich horizontaler Lage bis über das Gotthardmassiv wegglitten. Die relative Armut an verschiedenen Orthogesteinstypen im Binnental ist auf zweierlei Ursachen zurückzuführen, auf das kurze Querprofil und auf den relativ homogenen Chemismus.

Ein interessanter Unterschied zwischen den flaserigen Augengneisen des Lucomagno- und Binnentalgebietes besteht darin, dass die Kataklase, die einen Mörtelkranz um die Augen herum erzeugte, im Binnental einer frühalpinen, im Lucomagnogebiet einer spätalpinen mechanischen Beanspruchungsphase entspricht. Im Binnental sind die Mörtelkränze durchwegs umkristallisiert, im Lucomagnogebiet hingegen nicht. Die Tatsache, daß die Mörtelkränze nach der Metamorphose noch deutlich sichtbar sind, beweist, dass die Korngrösse von Quarz und Feldspat in den Orthogneisen durch die Metamorphose nicht wesentlich verändert worden ist, weder im Simplongebiet noch im Tessin. Bei diesen Gneisen, bei denen als formändernde Neubildung im wesentlichen nur die Glimmer und Epidot in Frage kommen, prägt die Metamorphose dem Gestein in textureller Hinsicht nur den Grad der Schieferung auf; ob das Gestein feinkörnig, feinflaserig oder grobflaserig wird, hängt von der primären Erstarrungstextur ab.

Die Intensität der Umwandlung war im Binnental und im mittleren Tessin ungefähr dieselbe (meso), hingegen in der Stirnregion der Lucomagno- und allgemein in der höhern Aduladecke etwas schwächer, sich mehr Epi-Bedingungen nähernd. Wir finden in den Lucomagnogneisen oft typisch reliktische Quarze und Feldspäte, die unter Mesobedingungen meist glatt umkristallisieren. In der Adula äussert sich die geringere Metamorphose besonders im häufigen Ersatz von Biotit durch Chlorit, sowohl partiell als auch total. (In den Binnentaler Orthogneisen (auch in den Paragneisen) ist Chlorit in geringem Masse nur nachträglich säkulär aus Biotit entstanden, niemals während der Metamorphose). Ferner ist in der Adula der Kalifeldspat öfters ganz verschwunden und durch Glimmer ersetzt.

Der Epidotgehalt der Binnentaler Gneise ist hoch, der Plagioklas sehr sauer, bei den Leventina- und Simanogneisen ist der Plagioklas basischer, der Epidotgehalt sehr niedrig. Diese Erscheinung ist nicht zufällig, sondern im chemischen Unterschied begründet.

Die Glimmerbildung auf Kosten des Kalifeldspates, die durch die herrschende Metamorphose stark begünstigt wurde, erfordert eine Zufuhr von Tonerde. In Gesteinen mit al—(alk+c) gleich null oder negativ muss diese Tonerde dem Plagioklas entnommen werden, wobei der Plagioklas saurer und CaO zur Epidotbildung frei wird. Ist hingegen al—(alk+c) positiv, so kann sich eine entsprechende Menge Glimmer ohne weiteres bilden, ohne den Plagioklas zu zersetzen. Zur Erläuterung mögen folgende Zahlen dienen:

	al—(alk + c)				
Leventinagneise	+ 2,	+ 11,	+ 5,	+ 10,	+ 7,5.
Simanogneise	+ 2,	+ 4.			
Lucomagnogneis	+ 5.				
Antigoriogneise (Simplontunnel)	0,	— 0,5,	— 0,5,	— 1,5,	— 3.

Die Lucomagnogneise führen z. T., die Adulagneise sehr oft Epidot. Wir konstatieren die Tatsache, dass die Orthogneise des Simplongebietes alkalireicher sind als diejenigen des mittleren Tessin. Einige Analysen mögen dies illustrieren.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
si	385	335	330	453	376	303	392	365	424
al	43,5	43	41,5	45	44	41	45	49	46,5
fm	13	13,5	16	11,5	9	21	11,5	6	12
c	8,5	6,5	8,5	7	9	14	9,5	17	11
alk	35	37	34	37,5	38	24	34	28	30,5
k	0,53	0,24	0,39	0,57	0,56	0,28	0,26	0,15	0,42
mg	0,32	0,33	0,43	0,40	0,21	0,28	0,19		0,39

1. bis 5. sind Antigoriogneise aus dem Simplontunnel.
6. Leventinagneis von Osogna.
7. und 8. Verzascagneise (Simanodecke).
9. Lucomagnogneis.

Der Chemismus der Binnentaler Orthogneise wird demjenigen der Antigoriogneise sehr ähnlich sein.

MISCHGESTEINE

Streifiger Injektionsgneis

Am Geisspfad und wieder vom Fleschenhorn bis um das Wannenhorn herum, zieht eine Schicht streifigen Gneises, der sich ohne weiteres von den gewöhnlichen Zweiglimmergneisen unterscheiden

lässt. Er ist relativ *glimmerarm,* hell (der Glimmer ist in Lagen) und hat viele kleine Augen (Quarz und Feldspat). Ausserdem führt er eine charakteristische Kluftparagenese. Mikroskopisch unterscheidet er sich von den gew. Zweiglimmergneisen durch weniger *Glimmer* und mehr *Albit,* am Blauwang führt er *Mikroklin* und *Calcit* als NG, am Geisspfad *Epidot.* Der Plagioklas ist z. T. etwas zersetzt (saurer Oligoklas), z. T. ganz frisch (reiner Albit).

Am Geisspfad, wo er viele kleinere Linsen vom benachbarten gew. Zweiglimmergneis einschliesst, müssen wir den Gneis *Albitgneis mit Glimmer und Epidot* nennen, am Blauwang und Wannenhorn heisst er *Alkalifeldspatgneis mit Glimmer.* Makroskopisch sind die beiden nicht zu unterscheiden, sie liegen auch in demselben Horizont, sodass man sie ohne Bedenken zusammenfassen kann, und zwar als eine Zone von injizierten oder alkalisierten Paragesteinen. Es ist das einzige Vorkommen im Gebiet, welches mit einiger Sicherheit als *Injektionsgneis* bezeichnet werden kann.

Die feinstreifigen, alkalisierten Glimmergneise

Die Masse zwischen den Bündnerschiefern der ersten und zweiten Überschiebung (südlich Fleschenhorn) besteht fast ganz aus einem für diese tektonische Einheit charakteristischen Gneis. Er ist ziemlich feinkörnig und zeigt eine ausgezeichnete Paralleltextur (parallele Glimmerlagen). Es gibt zwei deutlich unterscheidbare Varietäten, die verschiedenen Biotitgehalt haben. Der dunklere Typus bildet im helleren eine einige 10 m mächtige, konstante Schicht, auf eine Erstreckung von 1½ km.

HG sind *Quarz, Albit* und meist *Mikroklin* und *Muskowit,* in der dunklen Varietät auch *Biotit.* NG entsprechend Muskowit oder Mikroklin. Biotit ist in der hellen Varietät NG oder UG, ebenfalls Epidot (in beiden Typen). Weitere Accessorien sind Magnetit, Zoisit, Pyrit, Titanit, Granat, Zirkon und Calcit.

Der *Quarz* ist nicht besonders gut verzahnt, die grösseren Individuen enthalten viele Einschlüsse von kleinen runden Quarzen. *Albit* ist selten verzwillingt, meist frisch, z. T. mit Einschlüssen von kleinen Muskowiten und Quarz. Der dunkelbraune *Biotit* ist nur zum kleinsten Teil zersetzt (Rutilausscheidung) und ebensogut geformt wie *Muskowit. Epidot* ist ziemlich intensiv gelbgrün. Die etwas gestreckten Quarz- und Feldspatkörner haben weitgehend ähnliche Grösse (ca. 0,3—0,7 mm), Struktur grano-lepidoblastisch. Ähnliche Gneise findet man unmittelbar nördlich der ersten Überschiebung (auf der unteren Seite der Bündnerschiefermulde). Sie bilden

im Westen das Liegende des Geisspfadserpentins. Die Variabilität in der Zusammensetzung ist hier etwas grösser; es gibt kompakte, fast glimmerfreie Varietäten, in unregelmässiger Wechsellagerung mit Muskowitgneisen und Zweiglimmergneisen, beide nur selten ohne wesentlichen Mikroklingehalt.

Chemismus:

zwei vollständige und zwei unvollständige Analysen wurden von Prof. JAKOB ausgeführt. Es handelt sich um folgende Gesteine:

I. *Albitgneis mit Biotit und Titanit.* (Liegendes des Serpentins südlich Fleschenhorn).

HG: Albit, Quarz.
NG: Biotit (weitgehend chloritisiert), Titanit.
UG: Mikroklin, Epidot, Zoisit, Granat.

II. *Zweiglimmer-Albitgneis mit Mikrolin.* (Dunkle Varietät, wechsellagernd mit I).

HG: Quarz, Albit, Muskowit, Biotit.
NG: Mikroklin (Epidot).
UG: Zoisit, Magnetit, Titanit.

III. *Muskowit-Albitgneis mit Mikroklin.* (Helle Varietät, Güschihorn).

HG: Quarz, Albit, Muskowit.
NG: Mikroklin.
UG: Biotit, Epidot, Magnetit, Pyrit.

IV. *Muskowit-Albitgneis mit Mikroklin und Biotit.* (Helle Varietät beim Auskeilen des Serpentins, Blauwang).

HG: Quarz, Albit, Muskowit.
NG: Mikroklin, Biotit.
UG: Epidot, Zoisit.

	I.	II.	III.	IV.
SiO_2	63,75	73,70	76,82	75,00
TiO_2	0,87	0,77		
P_2O_5	0,00	0,00		
Al_2O_3	20,09	12,06		
Fe_2O_3	0,28	0,98		
FeO	0,60	1,68		
MnO	0,02	0.02		
MgO	1,55	1,28		
CaO	1,52	0,17		
Na_2O	7,13	3,09	2,96	2,30
K_2O	2,06	6,28	4,80	4,66
H_2O+	2,30	0,20		
H_2O-	0,00	0,00		
	100,17	100,23	84,58	81,96

Die Summe der Oxyde $Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO + CaO + H_2O + TiO_2$ beträgt bei II 5,10 %. III und IV sind bedeutend ärmer an dunklen Gemengteilen und zwar III ärmer als IV. Wir dürfen also, ohne einen großen Fehler zu begehen, diesen Gesteinen für obige Oxydsumme die Werte 2½ % resp. 3 % zuschreiben, sodass Al_2O_3 die Werte 13 % resp. 15 % annimmt, was für einen Tonerdeüberschuss $al > alk + c$ spricht.

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	c/fm
I.	256	47,5	12,5	7	33	0,16	0,76	2,6	0,56
II.	402	38,5	22	1	38,5	0,57	0,48	3,1	0,05

$al - (alk + c)$ ist in I gleich 7,5, die Berechnung der Katamolnorm ergibt für dieses Gestein einen Tonerdeüberschuss von 3½ % Sillimanit. c ist, wie in II, auch in III und IV sicherlich sehr klein. I war ein stark alkalisiertes toniges Sediment, III und IV sind ebenfalls sicher sedimentär. II könnte, wenn nur der Chemismus berücksichtigt wird, als Orthogestein aufgefasst werden, die Lagerungsform und die feine Paralleltextur verraten aber deutlich das Sediment.

Diese Gneise sind in ihrer Gesamtheit sedimentären (sandig-tonigen) Ursprungs; sie wurden mehr oder weniger stark alkalisiert, wahrscheinlich vom Hauptorthogneiskörper aus, also mindestens herzynisch, vielleicht gleichzeitig mit der Injizierung der benachbarten Sedimente (jetziger Injektionsgneis).

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Muskowit-Albitgneis mit Mikroklin, mit oder ohne Biotit
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit Biotit und Epidot
Zweiglimmer-Albitgneis mit oder ohne Mikroklin
Zweiglimmer-Alkalifeldspatgneis mit Epidot
Muskowit-Alkalifeldspatgneis
Albitgneis mit Biotit und Titanit.

Südlich vom Fleschenhorn wurde im Muskowitgneis eine einige Meter lange, dezimeterdicke Einlagerung gefunden, die aus *Quarz-Epidot-Biotitschiefer mit Albit* besteht. Die Accessorien sind hellgrüne Hornblende, Zoisit und Titanit. Struktur grano-lepidoblastisch.

Dieser Befund bekräftigt die Annahme des sedimentären Charakters des Muskowitgneises.

ALTE PARAGESTEINE

Die alten, mindestens *prae-triasischen* Paragesteine bilden einen Mantel um die Orthogneisfalten der Decke III. Z. T. trennen sie als schmale Mulden die mächtigeren Orthogneislappen, z. T. sind diese Mulden mächtiger als die Orthogneisvorstösse. Die Hauptparagneis-

masse findet man zwischen Binn und Tschampigenkeller, wo sie den grössten Teil der linken Talseite einnimmt und einige 100 m Mächtigkeit erlangt. Es handelt sich hier um eine Stauung in der Stirnregion.

Die ursprünglichen Sedimente liegen jetzt als *Glimmer-Plagioklasgneise* vor, sie enthalten zu einem beträchtlichen Teil *Granat,* viel seltener *Hornblende.* Einige Vorkommen, mit und ohne Granat, sind sehr albitarm, sodass man sie *Schiefer* nennen darf. Sie sind makroskopisch von den entsprechenden Gneisen nicht zu unterscheiden und wurden deshalb nicht ausgeschieden. Mengenmässig sind die Schiefer ganz unbedeutend.

Die gewöhnlichen Zweiglimmer-Albitgneise

Die Mehrzahl der Gesteine dieser Gruppe ist granatfrei. *Quarz* ist mengenmässig weit vorherrschend, HG sind ferner meist *Plagioklas* und die beiden *Glimmer,* seltener *Epidot.* Mikroklin ist nur im Gneis von Lercheltini und im tiefsten Zweiglimmergneisaufschluss der Kriegalp wichtig. Sonst fehlt er meistens. Plagioklas ist ausnahmsweise nur NG, Biotit öfters wichtiger als Muskowit. Epidot (meist NG) und Zoisit (meist UG) fehlen fast nie. *Granat* ist nicht selten NG. Die Accessorien sind Pyrit, schwarze Erze, Rutil, Zirkon, Apatit (vom Zoisit schwer zu unterscheiden, wahrscheinlich sehr selten), Calcit, Turmalin und Titanit.

Quarz ist xenomorph, arm an Einschlüssen und z. T. stark verzahnt. *Plagioklas* ist reiner Albit bis Oligoklas (es wurde gemessen $2V n_\gamma$ zwischen 75° und 82°), vielfach ganz unverzwillingt, manchmal einfache Albitzwillinge, manchmal mehr oder weniger gut polysynthetisch; Periklinverzwillingung selten. Meist frisch, bisweilen etwas saussuritisiert. Plagioklas schliesst gern alle andern Gemengteile ein, besonders Muskowit, Epidot und Quarz (Tropfenform). Oft schwach zonarer Bau und Streben nach Eigengestalt. Manchmal bilden grosse Plagioklase mit Quarz ein fast geschlossenes Grundgewebe. *Biotit* meist grösser als Muskowit, auch eher gebogen und randlich zerfranst; er liegt weniger gut in der Ebene der Schieferung, Farbtiefe meist maximal dunkelbraun, ausnahmsweise heller. Chlorit ist nicht wichtig, aber ziemlich persistent und stets aus Biotit entstanden, meist unter Ausscheidung von Erz und Rutil. *Epidot* fast stets schön idiomorph säulig, mit gelbem oder grünem, oft intensivem Pleochroismus. Pleochroitische Höfe um Epidot im Biotit sind selten. Magnetit und Pyrit nur selten idiomorph, Pyrit auch als Einschluss in Magnetit. Granat farblos und

klein, meist idiomorph. Die Strukturen sind grano-lepidoblastisch oder poikiloblastisch. Texturen kristallisationsschieferig.

Zu dieser Gruppe gehören folgende Gesteinstypen:

Zweiglimmer-Albitgneis
Zweiglimmer-Oligoklasgneis
Zweiglimmer-Albitgneis mit Epidot
Zweiglimmer-Epidot-Albitgneis
Muskowit-Albitgneis mit Biotit
Zweiglimmer-Albitgneis mit Karbonat
Epidot-Biotit-Oligoklasgneis
Biotit-Albitgneis
Biotit-Albitgneis mit Muskowit und Epidot
Zweiglimmer-Alkalifeldspatgneis
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit Granat
Zweiglimmer-Alkalifeldspatgneis mit Epidot
Albitarmer Zweiglimmergneis mit Karbonat
Zweiglimmerschiefer mit Epidot.

Der Gneis von Lercheltini. (Zweiglimmer-Albitgneise mit Mikroklin und Calcit).

Dieser Gneis trägt die bekannten Klüfte der Alp Lercheltini; er bildet im gewöhnlichen Zweiglimmer-Plagioklasgneis eine grosse Einlagerung, und hat von diesem etwas abweichenden Charakter. Er ist relativ grobkörnig, mit kleinen hellen Augen (Quarz und Feldspäte), welche die Schieferung im Handstück oft undeutlich machen. Die Verteilung des Glimmers ist unregelmässig. Bei der Verwitterung wird er nicht gelblich wie der angrenzende Gneis. Er hat ferner wechselnde Mengen *Mikroklin* und *Calcit,* die dem umgebenden Gneis fehlen. Struktur grano-lepidoblastisch, Textur kristallisationsschieferig, etwas flaserig.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Zweiglimmer-Albitgneis mit Mikroklin und Epidot
Zweiglimmer-Albitgneis mit Mikroklin
Zweiglimmer-Alkalifeldspatgneis mit Calcit
Zweiglimmer-Albitgneis.

Die Granat-Zweiglimmer-Plagioklasgneise

Z. T. unterscheiden sich diese Gesteine nur durch das Auftreten von *Granatporphyroblasten* von denen ohne Granat. *Granat* ist in den meisten Fällen HG, im Handstück erscheint er rotbraun, selten fast durchsichtig, im Dünnschliff farblos bis rötlich, höchstens

schwach gedreht, mit zahlreichen grossen Einschlüssen von Quarz und Magnetit. Diese beiden Mineralien als Einschlüsse sind bemerkenswert, da sie fast in jedem grösseren Granat auftreten. Die Verteilung der Granatporphyroblasten im Gestein ist oft unregelmässig. Vermutlich erforderte das Wachstum großer Granate (tonerde- und eisenreich, wahrscheinlich kalkarm) an der betreffenden Stelle einen erheblichen Eisenüberschuss, der dann als Magnetit zurückblieb, und, da der Granat SiO_2-arm ist, wird auch die Anwesenheit zahlreicher Quarzeinschüsse plausibel. Neben den Porphyroblasten gibt es auch kleinere Granate, eher einschlussfrei und besser geformt. Die Unterschiede der Gesteine dieser Gruppe gegenüber denen der vorhergehenden sind im wesentlichen folgende:

1. Durchschnittlich mehr Magnetit.
2. Oft Sericit statt gutgeformten Muskowit.
3. Biotit fast durchwegs in der Farbe heller.
4. Weniger Plagioklas, der eher verzwillingt und zonar, also basischer ist. Im Gneis von Blauwang wurde gemessen: Kern 20 % An, Hülle 45 % An. Diese ausgesprochene Basizität ist aber eine Ausnahme.
5. Weniger Epidot, welcher eisenärmer ist. Das Eisen steckt somit vorwiegend im Granat und Magnetit.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Granat-Zweiglimmer-Albitgneis
Granat-Zweiglimmer-Schiefer
Granat-Muskowit-Albitgneis mit Biotit
Granat-Biotit-Sericit-Albitgneis
Zweiglimmer-Oligoklasgneis mit Granat
Zweiglimmer-Albitgneis mit Granat
Biotit-Albitgneis mit Granat und Muskowit
Biotit-Albitgneis mit Granat
Zweiglimmer-Schiefer mit Granat
Granat-Biotitschiefer
Karbonat-Zweiglimmerschiefer mit Granat.

Die hornblendeführenden Zweiglimmer-Plagioklasgneise.

Es sind dies im Paragneiskörper recht unbedeutende Gesteine. Sie treten spärlich oberhalb des grossen Schuttkegels zwischen Seewji- und Kollerhorn und am Mittlenberg auf, und in etwas grösseren Massen auf der hinteren Turbenalp. Die *Hornblende* ist verschieden gross, sie bildet Stengel bis einige cm Länge, auch Garben; Farbe grün bis dunkelgrünblau. Im allgemeinen legen sich

die Stengel nicht in die Streckungsrichtung, wohl aber in die Schieferungsebene. Gegenüber den Granatzweiglimmergneisen besteht ausser Anwesenheit von Hornblende als HG oder NG kein bemerkenswerter Unterschied. Am Mittlenberg fehlt der Plagioklas (meist Oligoklas bis Andesin, öfters zonar) fast ganz. Pleochroismus der Hornblende lauchgrün, grasgrün bis hellgrün, oft mit einem starken Stich ins Blaue für die Längsrichtung. Es handelt sich um gew. Hornblenden, z. T. etwas alkalihaltig, z. T. strahlsteinähnlich. Biotit ist gern um die Hornblende herum geschart, und spiesst vom Rand in sie ein. Die beiden Mineralien sind gleichzeitig gewachsen, in besonders mergeligen Stellen im Gestein (Heterogenitäten von mikroskopischer Dimension). Die Hornblende nahm vorwiegend Ca, Mg und Na auf, der Biotit neben Mg das Al und K. Eine Hornblende mit deutlich blaugrünem n_γ zeigt einen Achsenwinkel von $+82^0$, $c/n_\gamma = 12^0$. In demselben Schliff ist auch etwas *Chlorit* vorhanden, der scheinbar gleichzeitig mit dem Biotit entstanden ist. Es ist der einzige beobachtete Fall, wo Chlorit in den Paragneisen nicht offensichtlich erst nach der Metamorphose, säkulär, aus Biotit hervorgegangen ist. Epidot ist als Einschluss in Hornblende von schwachen pleochroitischen Höfen umgeben. Es gibt folgende Gesteinstypen:

Hornblende-Zweiglimmer-Oligoklasgneis
Hornblende-Biotit-Oligoklasgneis mit Epidot und Magnetit
Hornblende-Zweiglimmerschiefer mit Granat und Magnetit
Hornblende-Albit-Zweiglimmergneis mit Klinozoisit
Sericit-Albitgneis mit Hornblende, Granat und Biotit
Biotit-Hornblende-Sericit-Plagioklasgneis mit Granat
Zweiglimmer-Plagioklasgneis mit Hornblende und Granat.

Die hellen Muskowit-Albitgneise bis Alkalifeldspatgneise

Im obern Tal bei Wissi, in der Turbenalp, am Mittlenberg und am vorderen Ofenhorn, liegen zwischen dem Dolomit und der ersten Orthogneislage bedeutende Mengen von hellen Gneisen, z. T. direkt als Liegendes des Dolomits, z. T. mitten im Zweiglimmergneis. Das Gestein verwittert meist etwas gelblich, ist vorwiegend feinkörnig und kompakt. Die Textur ist als Abbild der Schichtung lagig, manchmal auch feinflaserig, oder fast massig. Die HG sind *Quarz, Albit, Muskowit,* und manchmal *Mikroklin.* Zoisit ist entweder NG oder UG. Biotit, Mikroklin und Epidot, selten Pyrit und Magnetit und Zirkon sind UG.

Quarz und die *Feldspäte* sind xenomorph. *Albit* hat z. T. viele Einschlüsse von kleinen Muskowiten und ist z. T. gut verzwillingt.

Mikroklin ist manchmal leicht zersetzt. *Muskowit* hat gute Form, er ist z. T. etwas grünlich. Epidot ist grün. Strukturen grano-lepidoblastisch.

Diese Gesteine sind wahrscheinlich nicht rein sedimentären Ursprungs. c und fm sind jedenfalls niedrig, al und alk sehr hoch, sodass vermutlich Stoffaufnahme aus einem sauren Magma stattfand. Die Textur gibt diesbezüglich keine Auskunft, und überall sind diese Gesteine durch gewöhnliche Zweiglimmergneise vom sauren Orthogneis getrennt.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Muskowit-Albitgneis mit Mikroklin
Muskowit-Alkalifeldspatgneis mit oder ohne Zoisit
Muskowit-Albitgneis mit oder ohne Zoisit.

Die Zweiglimmer-Augengneise

Das Liegende des Dolomits zwischen ca. Lengenbach und Kuhstafel bildet in ziemlicher Mächtigkeit ein *Zweiglimmer-Albitgneis*, der meist als auffallender *Augengneis* ausgebildet ist, z. T. aber auch ohne Augen erscheint, wobei er makroskopisch kaum vom unterliegenden gewöhnlichen Zweiglimmergneis zu unterscheiden ist. Die mikroskopische Untersuchung zeigt einen überaus *hohen Quarzgehalt*, dagegen ist *Albit* etwas spärlicher. Die beiden Glimmer sind meist HG. Die Augen bestehen aus Quarz und Schachbrettalbit. Es gibt keine NG, ausser ausnahmsweise Biotit und Albit. Die Accessorien sind dieselben wie bei den andern Paragneisen.

Diese Gesteine sind Derivate quarzreicher, mittlerer bis feiner Konglomerate. Dies zeigt sich schön auf den Anwitterungsflächen, wo die einzelnen Knollen von der umhüllenden Glimmerschicht befreit sind. Man hat den Eindruck, Relikte vor sich zu haben. Sie sind aber wohl zum grössten Teil umkristallisiert.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Muskowit-Albitgneis mit Biotit
Zweiglimmer-Albitgneis
Zweiglimmer-Augengneis.

Die Gesteine der Decke IV

Die Gipfelregion des Cherbadung gehört als Klippe der Decke IV an. Man kann hier noch kein deutliches Nachlassen der Intensität der Metamorphose konstatieren, immerhin erscheinen die Gesteine als Ganzes etwas bündnerschieferähnlich. Die Schieferung ist durchwegs ausgezeichnet, Sericit vertritt weitgehend den Muskowit, und

die Granatporphyroblasten sind oft sehr gross, wie in den Bündnerschiefern, aber es tritt keine Kohle auf. Das Verhalten dieser Gesteine muss etwas anders gewesen sein als dasjenige der beschriebenen Gesteine der Decke III.

Es gibt hier folgende Gesteinstypen:
Granat-Sericitschiefer mit Albit und Biotit
Hornblende-Albitgneis mit Biotit und Zoisit
Hornblende-Biotit-Oligoklasgneis mit Muskowit und Epidot
Zweiglimmer-Karbonat-Oligoklasgneis mit Klinozoisit
Granat-Sericit-Albitgneis mit Staurolith und Epidot
Quarz-Klinozoisit-Oligoklas-Amphibolit.

Vergleich mit anderen Gebieten

Im folgenden werden die alten Paragesteine des Binnentals mit denen der Simano- und Aduladecke im Adulagebiet und mit denen der Lucomagnodecke verglichen.

Die Paragneise der Simanodecke im Adulagebiet sind fast in jeder Beziehung denen des Binnentales analog, besonders hinsichtlich Struktur und Textur. In den Gesteinen beider Gebiete ist Biotit bei Anwesenheit von Granat im allgemeinen wesentlich heller als beim Fehlen desselben; in beiden Gebieten zeigen die Granatporphyroblasten oft Einschlüsse von Quarz und Magnetit, und die Gesteine mit Granat sind magnetitreicher als diejenigen ohne Granat. Die Unterschiede bestehen in der absoluten Epidotarmut der Simanogesteine (kalkarm) und in deren relativ geringeren Plagioklasführung (Albit-Oligoklas). Dementsprechend finden wir in der Simanodecke mehr Schiefer als im Binnental, wo diese nur ganz untergeordnet auftreten; daher die Annahme, dass im Binnentalgebiet die Paragesteine vielleicht alkalisiert worden seien.

In den unteren Teilen der Aduladecke finden wir Gesteine, die im Mineralbestand den Zweiglimmergneisen von Binn durchaus ähnlich sind, doch ist hier schon z. T. die Metamorphose etwas schwächer gewesen. Dies äussert sich in den Strukturen, welche den Sedimentcharakter des Gesteins deutlicher abbilden; man findet häufig Relikte (z. B. saussuritisierte Plagioklase) und relativ grössere Unterschiede in der Korngrösse (innerhalb gewisser Grenzen begünstigt eine intensive Dynamometamorphose einen Ausgleich in der Korngrösse). In den höheren Teilen der Aduladecke findet Ersatz von Biotit durch Chlorit statt, und kohlige Substanz tritt auf, deutliche Anzeichen dafür, daß man sich Epi-Bedingungen nähert. Immerhin ist die Umkristallisation meist noch eine vollständige, man erhält

den Eindruck, dass sie besser war als im untern Teil der Decke. Der Widerspruch ist vielleicht nur ein scheinbarer, denn die Feldspäte, die im untern Teil der Decke die typischen Relikte bilden, fehlen im oberen sehr oft.

Der Vergleich unserer Paragesteine mit denen der Lucomagnodecke ist fruchtbarer; in ihr finden wir wieder die analogen Zweiglimmergneise, mit und ohne Granat, nur enthält sie hier, wegen der grösseren lokalen Schwankungen in der Intensität der Metamorphose, eine grössere Anzahl Typen, welche viel deutlicher als im Binnental die ursprüngliche Sedimentstruktur beibehalten haben. Relikte sind sehr häufig (sericitisierter Kalifeldspat und saussuritisierter Plagioklas), und man beobachtet öfters Chlorit statt Biotit, sowie Kohlegehalt. Hornblendegneise und Amphibolite (sowohl Ortho- als Para-) sind im Lucomagnogebiet wichtiger als im Binnental; es handelt sich aber um durchaus ähnliche Gesteine. Die mit den gewöhnlichen Zweiglimmergneisen von Binn vergleichbaren Gesteine der Lucomagnodecke sind prae-carbonisch; daneben gibt es aber noch eine reichhaltige Serie von carbonischen und permischen Gesteinen, die im Binnental fehlt. Wir dürfen demnach vielleicht annehmen, dass die alten binnentaler Paragesteine prae-carbonisch sind, vielleicht mit Ausnahme der quarzreichen Zweiglimmer-Augengneise, welche zwischen Messernbach und Kuhstafel das Liegende des Dolomites bilden. Es gibt nämlich im Perm der Lucomagnodecke ebenfalls sehr quarzreiche Gneise und Schiefer, feinkörnige und Abkömmlinge von Konglomeraten. Die Mehrzahl der Handstücke, die zum Vergleich zur Verfügung standen, sind glimmerärmer als der Binnentalertypus, und von den typischen Konglomeraten waren keine Muster vorhanden. Immerhin ist die Analogie, bestehend im ausserordentlichen Quarzreichtum und in der stratigraphischen Lage, bemerkenswert.

Im Lucomagnogebiet sind die prae-carbonischen Paragesteine in der Nähe der sauren Orthogneise alkalireicher als weiter davon entfernt, eine Tatsache, die mit dem herzynischen Alter der Orthogneise übereinstimmt. Im Binnental ist eine derartige Erscheinung nicht vorhanden, der Feldspatgehalt der Gneise ist ein relativ uniformer; es ist sogar nicht selten am Orthogneis angrenzend eine schmale, feldspatarme Schicht zu konstatieren. Das Zurücktreten des Plagioklases ist hier vielleicht auf stärkere mechanische Beanspruchung zurückzuführen, wobei allerdings Natronabfuhr angenommen werden muss. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass die sauren Orthogneise der Decke III älter sind als die Sedimenthülle.

Chemismus

Es gibt keine Analysen der Binnentaler Paragneise, wir müssen durch Vergleich den Chemismus zu ermitteln suchen; dazu mögen folgende Analysen dienen, deren Gesteine z. T. von mir neu mikroskopiert wurden.

1. *Muskowitgneis mit Biotit und Calcit* (Simplontunnel 9390 m NW) Decke III.
   HG: viel Quarz, Albitoligoklas, Muskowit.
   NG: Biotit, Calcit.
   UG: Epidot, Zoisit, Turmalin.
2. *Zweiglimmergneis mit Granat* (Simplontunnel 3830 m SO) Decke I.
   HG: Quarz, Albitoligoklas, Muskowit, Biotit.
   NG: Granat, (Magnetit).
   UG: Pyrit, Rutil, Zoisit, Epidot.
3. *Biotit-Alkalifeldspatgneis mit Epidot* (Simplontunnel 6200 m NW) Decke IV.
   HG: Albitoligoklas, Muskowit, Biotit, Quarz, Mikroklin.
   NG: Epidot, Zoisit.
   UG: Titanit, Calcit.
4. *Zweiglimmergneis* (Poncioni Negri) Gotthardmassiv.
   HG: Quarz, Albitoligoklas, Biotit, Muskowit.
   NG: (Zoisit).
   UG: Magnetit, Epidot, Zirkon, Calcit.
5. *Biotitschiefergneis (Zweiglimmergneis)* (Pischahorn) Silvrettadecke.
   HG: Quarz, Albitoligoklas, Biotit, Muskowit.
6. *Biotitreicher Sedimentgneis.* (Val Leventina) Decke II.
7. *Sericit-Albitgneis mit Epidot und Chlorit* (Val de Bagnes).

	si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm	al-alk
1.	351	49	20,5	10,5	20	0,73	0,57	0,49	29
2.	113	23	42,5	18	16,5	0,44	0,48	0,42	7,5
3.	248	34	31,5	7,5	27	0,28	0,49	0,24	7
4.	279	37	25	16	22	0,43	0,37	0,65	15
5.	282	37	36	9	18	0,43	0,48	0,25	19
6.	203	37	36	9	18	0,42	0,39	0,25	19
7.	333	37,5	33,5	7	22	0,30	0,38	0,21	15,5

Sedimente mit entsprechenden Werten sind tonig (etwas mergelig). Die Tone haben aber durchschnittlich etwas niedrigeres alk, sodass eine Alkalienaufnahme vor oder während der Metamorphose wahrscheinlich ist. Granat wird nur wichtig bei hohem fm und kleinem alk. Im Konzentrationstetraeder fallen die Punkte für die Analysen 2 und 3 ins Eruptivfeld, al—alk ist aber im Vergleich zu c gewöhnlich gross.

ALTE AMPHIBOLITE

Es sind entweder gestreckt-linsenförmige Einlagerungen im Para-Zweiglimmergneis, ohne deutliche Abgrenzung von demselben (Ofenhorngebiet), oder sie bilden dort, wo jener als dünne Schichten zwischen mächtigeren Orthogneislappen durchzieht, grössere selbständige Lagen, das heisst sie ersetzen auf mehr oder weniger lange Erstreckung die Paragneiszwischenlagen (Blauwanggebiet).

Hornblende ist immer wichtigster, lokal manchmal sogar der einzige HG. Weitere HG sind meist *Plagioklas,* oft *Biotit, Epidot-Klinozoisit* und *Quarz,* ausnahmsweise *Chlorit* und *Zoisit.* Ausser Hornblende können alle diese auch NG sein, dazu können noch *Erz, Karbonat* und *Rutil* kommen. Quarz ist oft nicht vorhanden, es kann bei starker Vorherrschaft der Hornblende auch Plagioklas fehlen, sodass ein fast reines Hornblendegestein vorliegt (Schwarzer Hubel). Accessorisch treten Granat, Zoisit, Muskowit, Titanit und Pyrit auf. Lokal kann *Granat* wichtiger werden (Wannenhorn).

Hornblende ist meist gew. grüne Hornblende, $c/n_\gamma = 15°—20°$, manchmal absorbiert n_γ mit einem ins Bläuliche gehenden Grün, wobei die Auslöschungsschiefe kleiner wird (z. B. $2Vn_\gamma = 82°$, $c/n_\gamma = 12°$). Wenn sich die einzelnen Individuen nicht gegenseitig behindern, ist meist gute Idiomorphie vorhanden. Einschlüsse (Biotit und Epidot) sind relativ selten, und meist in grösseren Individuen zu sehen. Der braune *Biotit* ist oft ziemlich gross ausgebildet, ohne dass eigentliche Porphyroblasten vorliegen. Einzelne Quarze, und sonders Plagioklase sind gross und bilden dann weitgehend das Grundgewebe (poikiloblastische Struktur). Die Struktur ist diablastisch oder nematoblastisch bei hohem Hornblendegehalt. Der *Plagioklas* ist oft zonar (z. B. Kern 28 % An, und Hülle 18 % An) und stets zwischen Oligoklas und Andesin. Zwillinge sind ziemlich selten und schlecht. *Epidot-Klinozoisit* und *Rutil* sind gut ausgebildet. Die Schieferung ist gewöhnlich bedeutend schlechter als bei den benachbarten Gneisen, die Textur eher linear als schieferig.

Diese Gruppe ist sehr heterogen, sie umfasst Typen, die ausser Hornblende fast keine gemeinsamen Merkmale besitzen. Eine zweckmässige Unterteilung wäre wegen der sehr dispersen Verteilung der Amphibolite eine schwierige Detailarbeit, auf die hier verzichtet werden muss. Das Kriterium für die Einführung quarzreicher Glieder, also eigentlicher Hornblendegneise, in diese Gruppe, war die makroskopische Ähnlichkeit derselben mit den Amphiboliten. Diese Hornblendegneise haben ferner keinen Muskowit und meist viel

Epidot und Rutil, und die Hornblende ist dunkler (ärmer an Strahlsteinmolekül) als die der gew. Hornblendegneise.

Es gibt in dieser Gruppe sowohl Ortho- als auch Para-Amphibolite. Vermutlich sind diejenigen im Ofenhorngebiet vorwiegend Paragesteine (alle Übergänge vom Zweiglimmergneis bis zum Hornblendefels), im Blauwanggebiet wenigstens z. T. Orthogesteine (titaneisenerzreich). Wahrscheinlich herrschen die Para-Amphibolite mengenmässig stark vor. Es gibt folgende Gesteinstypen:

Epidot-Biotit-Granat-Amphibolit mit Quarz und Rutil
Hornblendereicher Oligoklas-Amphibolit
Biotit-Klinozoisit-Oligoklas-Amphibolit
Chlorit-Oligoklas-Amphibolit mit Quarz
Epidot-Oligoklas-Amphibolit
Hornblendefels mit Biotit
Hornblende-Epidot-Oligoklasgneis
Zweiglimmer-Epidot-Albit-Amphibolit
Hornblende-Biotit-Klinozoisit-Albitgneis mit Rutil
Hornblende-Biotit-Oligoklasgneis.

OPHIOLITHE

Die mesozoischen Ophiolithe

Unter Ophiolithen verstehen wir veränderte Gesteine basischer Magmen, die während der frühen Phase einer Gebirgsbildung vom alpinen Typus empordrangen, oft bis an die Oberfläche. Die penninischen Alpen (Decken I—VI) sind reich an Ophiolithen, die kaum je jünger als Lias sind.

Im Binnental sind drei ophiolithische Vorkommen zu unterscheiden, die verschiedene tektonische Stellungen einnehmen und petrographisch unterscheidbar sind.

1. Ophiolithe der tieferen Teildecke (Feldbach-Zug).
2. Ophiolithe der Hauptdecke (Tschampigenkeller, Strahlgräte).
3. Dunit-Serpentin am Geisspfad (nicht sicher mesozoisch).

Die Ophiolithe 1 und 2 liegen in der Nähe des Dolomits, in den älteren Bündnerschiefern. Im Feldbach, wo der Grünschiefer eine kontinuierliche Lage bildet, ist er 150—200 m vom Dolomit entfernt. Nur bei Kehlmatten ob Imfeld findet man Grünschiefer unmittelbar auf Dolomit mit primärem, thermischem Kontakt. Die Geisspfad-Ophiolithe liegen vorwiegend auf dem Gneis im Rücken der Decke (Hangendes unbekannt), kleinere Linsen liegen zwischen Gneis und Bündnerschiefer.

Der Feldbachzug

Aufschlüsse im Längtalbach bei Z'Binnen, an der Binna beim Hotel, im Lochgraben, im Lauigraben, auf dem Grat ob Kehlmatten, und vom Feldbach bis auf die Strahlgräte. Es handelt sich um einen ziemlich einheitlichen Zug. Nur im Lauigraben gegenüber Giessen lässt sich eine schwache Aufteilung mit Bündnerschieferzwischenlagen feststellen. Der petrographische Charakter dieses von PREISWERK (lit. 175) beschriebenen Grünschieferzuges ist grösstenteils ein eintönig gleichförmiger; im Zentrum grösserer Anschwellungen (max. 15 m) ist die Paralleltextur weniger ausgeprägt.

Grüne Hornblende und *Albit-Oligoklas* sind immer HG, der nur schwach pleochroitische *Epidot* ist auch wichtig, seine Menge variiert aber etwas. *Quarz,* der mit Plagioklas (selten verzwillingt) eine Art Grundmasse bildet, ist NG, ebenfalls *Rutil,* mit Erz assoziiert. Biotit ist nur accessorisch, auch etwa auftretender Zoisit und Pyrit. Die Struktur ist diablastisch bis poikiloblastisch, die Textur ausgezeichnet schieferig. Das Gestein muss als *Albit-Amphibolit mit Epidot, Quarz und Rutil* bezeichnet werden. Am Fuss des Hölzlihorns, wo der Grünschiefer seine maximale Mächtigkeit hat (15 m) führt er Einschlüsse, die aus *Epidot, Plagioklas, Quarz* und *Calcit* zusammengesetzt sind; PREISWERK hält sie für umgewandelte Bündnerschiefer. Kontakterscheinungen mit dem Hangenden wurden nicht beobachtet, solche mit dem Liegenden sind selten deutlich. Es sind Lagen mit viel *Albit, Calcit* und *Quarz,* neben *Hornblende* und *Epidot,* mit etwas Biotit und Chlorit, die den Übergang zum kalkigsandigen Bündnerschiefer vermitteln. Ein fast reiner *Chloritschiefer* (mit etwas Rutil, Erz, Zoisit und Klinozoisit) gegenüber den Eisengruben vom Feldbach, ist nicht als Kontaktprodukt, sondern als magmatisches Differentiat zu werten. Der einzige schöne Kontakt des Amphibolits mit dem liegenden Dolomit ist am Kamm ob Kehlmatten aufgeschlossen.

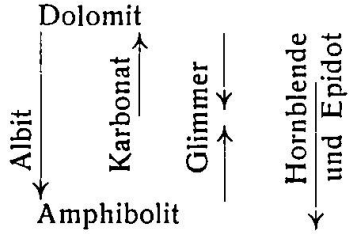
Die Gesteinsfolge an diesem thermischen Kontakt ist:

ca. 30 cm

1. *Weisser zuckerkörniger Dolomit* mit saussuritisiertem Plag.
2. *Karbonat-Albitgneis* mit wechselnden Mengen *Muskowit* und *Albit.*
3. *Karbonat-Albitgneis mit Muskowit und Biotit.*
4. *Karbonat-Biotit-Albitgneis mit Hornblende und Epidot.*
5. *Albit-Amphibolit mit Epidot, Biotit und Chlorit.*
6. *Albit-Amphibolit mit Epidot und Biotit.*
7. *Albit-Amphibolit mit Epidot* (ohne Biotit), normaler Grünschiefer.

Das Karbonat von 2, 3 und 4 ist brauner, *ankeritischer Dolomit.*

Die Kontaktverhältnisse kommen in folgendem Schema zum Ausdruck:



Zunahme in Richtung des Pfeiles.

Zwischen dem Amphibolit von Kehlmatten und dem im Feldbach einsetzenden Grünschieferzug ist im Streichen eine Lücke von 2 km, in der einige Linsen (Grössenordnung Meter) von *Lavezstein,* zum Teil begleitet von *Strahlsteinschiefer,* aufgeschlossen sind. (Durch die eine Linse fliesst die offene Wasserleitung Feldbach-Galenalp). „Das Gestein" (ich zitiere PREISWERK) „besteht aus einem feinkörnigen Gemenge von *Talk* und *Antigorit.* Der Talk füllt häufig die Zwischenräume zwischen den grösseren idiomorph ausgebildeten Antigoritblättchen aus. Dazu gesellt sich etwas *Eisenerz* und zahlreiche, bis zu 1 cm Grösse anwachsende Einsprenglinge von *Magnesit.*"

Im Feldbach, östlich der Eisengrube, zwischen Grünschieferzug und dem auftauchenden Gneis und Dolomit, tritt auch *Lavezstein* zutage, neben *Strahlsteinschiefer* und reinem *Talkschiefer.* Diese Gesteine sind Umwandlungsprodukte ultrabasischer Magmen, während der normale Grünschiefer gabbroiden Chemismus aufweisen wird.

Tschampigenkeller und Halsen

An diesen, am Albrunweg leicht erreichbaren Lokalitäten, liegen grössere Ophiolithmassen, die schon von PREISWERK beschrieben wurden (lit. 175). Die Hauptmasse bildet eine kleine Antiklinale, und, da sie unter der Decke liegt, gestattet der Aufschluß die Beobachtung der Kontakterscheinungen mit dem liegenden (jetzt überliegenden) älteren Bündnerschiefer. Der Aufschluss bei den Hütten von Tschampigenkeller, direkt am Saumweg, liefert ein Gestein, das völlig massig ist und als typisch für die vom Kontakt unbeeinflusste Hauptmasse gelten kann. HG: *Hornblende, Plagioklas, Epidot-Klinozoisit.* NG: *Biotit, Quarz* und *Titanit.* UG: Karbonat, Rutil und Pyrit. Die Hornblende bildet schöne kleine Garben und hat verhältnismässig schwachen Pleochroismus. Es wurden vorwiegend gutgeformte und grosse (einige mm) zerfranste Individuen gebildet.

Mittlerer Brechungsexponent 1,633, spez. Gew. 2,975. Auslöschungsschiefe ca. 18°. Diese Hornblende wurden von HINDEN analysiert, sie ist etwas alkalihaltig und relativ tonerdereich. Epidot, Quarz und Plagioklas sind 0,1—0,2 mm gross. Der farblose Epidot hat mittlere Doppelbrechung. Plagioklas und Quarz bilden ein Mosaik, das alle Zwischenräume ausfüllt. PREISWERK hat den Plagioklas analysiert und als Oligoklas bestimmt $Ab_{80,5}An_{19,5}$. Biotit ist hellbraun, z. T. etwas chloritisiert. Titanit und Rutil bilden Häufchen kleiner Individuen. Analyse des Gesteins (PREISWERK):

SiO_2	51,29	si	120	
TiO_2	2,16			
Al_2O_3	15,21	al	21	Das Magma ist gabbro-
Fe_2O_3	0,91	fm	42	dioritisch mit etwas hohem
FeO	6,55	c	24,5	alk und niedrigem k.
MgO	7,79	alk	12,5	
CaO	9,79			
Na_2O	4,72	k	0,17	
K_2O	1,45	mg	0,65	
H_2O	0,72	ti	3,8	
	100,59	c/fm	0,59	

Das Gestein ist ein *Oligoklas-Klinozoisit-Amphibolit mit Biotit und Quarz.*

Der Amphibolit hat oben, an seiner ursprünglichen Basis, eine Randfacies von *Biotit-Albitgestein* (Aufschluss im Bach, der vom Hölzerspitz in die Binna fliesst). Dieses Gestein ist etwas heterogen, als Folge unregelmässiger Verteilung des Biotits; z. T. bildet dieser gesonderte Schichtchen (1—2 mm), in denen er quer liegt. HG sind sehr viel *Oligoklas* und hellbrauner *Biotit,* NG: *Karbonat* und *Klinozoisit,* UG: Hornblende, Zoisit, Titanit und Quarz. Der Bündnerschiefer am Kontakt ist *Karbonat-Albitgneis mit Muskowit und Klinozoisit.* HG: Quarz, Karbonat, Albit. NG: Biotit, Muskowit und Klinozoisit: UG: Rutil und Erz. Der Biotit ist derselbe wie im Biotit-Albitgneis. Das Gestein geht über in *Kalk-Glimmer-Albitgneis,* der als normaler Bündnerschiefer anzusehen ist (vielleicht hat er jedoch noch etwas übernormal viel Albit). Hier ist Biotit fast vollständig chloritisiert, während er am Kontakt frisch ist. Wir haben zusammenfassend folgende Erscheinungen am primären Kontakt zwischen Hauptophiolitmasse und Bündnerschiefer:

Gesteinsfolge:

Oligoklas-Klinozoisit-Amphibolit mit Biotit (normaler Ophiolith)
Biotit-Albitgestein mit Klinozoisit und Calcit

Kontakt

Karbonat-Albitgneis mit Glimmer und Klinozoisit

Karbonat-Glimmer-Albitgneis (ohne Klinozoisit) normaler Bd'sch.

Typisch für die Kontaktzone ist die Alkalisierung und Klinozoisitbildung. Die Randfacies des Ophioliths ist alkali- und kalkreich. Hornblende ist durch Biotit ersetzt. Kalk wurde vom ophiolithischen Magma aus dem Bündnerschiefer aufgenommen und Alkali an denselben abgegeben.

Auf einige Meter Bündnerschiefer folgt eine mehrere Meter mächtige Amphibolitlinse. Dieses Gestein enthält Klinozoisit nur accessorisch und Biotit in wechselnden Mengen. Es enthält z. T. mehr Karbonat, Rutil und Erz als der normale Amphibolit, und eine schwache Schieferung ist gewöhnlich im Handstück schon bemerkbar. Hier gibt es wiederum ausgesprochene Veränderungen der Basis: die Produkte sehen z. T. wie Aplite aus, weiss und kompakt; Hornblende und Biotit sind ganz unregelmässig verteilt, und stellenweise ist ziemlich viel Pyrit schon makroskopisch sichtbar. HG: *Quarz, Albit* und gewöhnlich *Calcit.* Die Albitisierung ist hier bedeutend intensiver als an der Basis der Hauptmasse. Auf diese Amphibolitlinse folgen wieder Bündnerschiefer, z. T. *Karbonat-Albitgneis,* z. T. *Kalk-Glimmerschiefer,* und wenig oberhalb liegt eine Masse von weissem, kompaktem *Karbonat-Albitgneis,* z. T. mit Hornblende, genau wie bei der ersten Linse, nur mit weniger begleitendem Amphibolit. Ein solches Gestein, bestehend aus 76 % Oligoklas-Albit (8 % An), 5 % Hornblende, 7½ % Quarz + Glimmer + Zoisit, Erz, Titanit, Zirkon und Granat, und 8 % Calcit, wurde von PREISWERK analysiert:

si	208	k	0,07	
		mg	0,46	Das sehr niedrige k spricht für Natronzufuhr, entsprechend dem hohen alk.
al	35			
fm	13	ti	1,1	
c	25	co_2	17	
alk	27	c/fm	1,9	

Der auf diese albitisierte Zone folgende Bündnerschiefer ist ein *Sericit-Karbonat-Epidot-Albitgneis,* der nahezu normal ist. Die Grenzen dieser Linsen mit dem hangenden Bündnerschiefer sind unregelmässige Mischzonen ohne sichere Kontakterscheinungen, sodass die Frage ob Intrusion oder Erguss, vorläufig nicht eindeutig zu Gunsten der Intrusion entschieden ist. Die beschriebenen Gesteine wurden im guten Aufschluss im Bach beobachtet, der vom Hölzerspitz in die Binna fliesst.

Südlich der Binna, gegenüber dem erwähnten Bach, ist das Ufer steil als Folge des Hervortretens wetterbeständiger Amphibolitzüge. Unmittelbar am Südufer tritt ein feinkörniger *Karbonat-Amphibolit* zutage (wahrscheinlich ein Randstück der Hauptmasse), mit *Hornblende, Albit* und *Karbonat* als HG, und Quarz, Klinozoisit und Erz (mit viel Rutil vermischt) als NG. Albit und Quarz bilden ein poikiloblastisches Grundgewebe, in welchem die Hornblenden liegen. Die Schieferung ist nicht sehr gut. Die Calcite sind gross und schmutzig. Etwas weiter oben am Hang (wir haben hier umgekehrte Schichtfolge) tritt wieder eine grosse Amphibolitlage hervor. Sie besteht aus *Albit-Amphibolit mit Biotit, Klinozoisit und Titanit.* Es fällt besonders die grosse Menge Titanit auf, der in länglichen Häufchen erscheint. Karbonat fehlt vollständig, wahrscheinlich ebenfalls Quarz. Struktur diablastisch, Schieferung deutlich, z. T. mehr massig, und äussert feinkörnig. Gegen den hangenden Bündnerschiefer hin wird der Amphibolit biotit- und epidotreicher, und Calcit beginnt aufzutreten; auch die Schieferung wird besser. Den Übergang zum Kalkschiefer vermittelt ein merkwürdiges Gestein, ein *Biotit-Epidot-Albitgneis mit Calcitporphyroblasten und Granat.* Die Calcitporphyroblasten sind bis 1 cm gross, fast rund, bestehen aus einem einzigen Individuum, und sind von einem schwarzbraunen Biotitsaum umgeben, sodass sie leicht aus dem Gesteinsverband herausfallen. Sie führen Einschlüsse aller anderen Gemengteile. In der übrigen Gesteinsmasse fehlt Calcit. Diese ist grano-lepidoblastisch und besteht aus Biotit, Albit, Quarz und Epidot, mit Granat, Titanit und vielen winzigen Hornblenden, die besonders als Einschlüsse im Albit konzentriert sind. An der Basis dieser Linse ist der primäre Kontakt nur z. T. aufgeschlossen. Hier geht der Amphibolit in einen plattig absondernden, sehr feinkörnigen *Hornblende-Albitgneis mit Epidot und Titanit* über. Accessorisch tritt wieder Calcit auf.

Ein dritter Amphibolitzug befindet sich ganz oben am Hang. Er ist die Fortsetzung einer grösseren Masse, welche die Südwand der kleinen Schlucht bildet, östlich von Tschampigenkeller. Diese Masse ihrerseits scheint mit der Hauptmasse bei Tschampigenkeller zusammenzuhängen; auch die besprochene, auf beiden Seiten Kontakterscheinungen zeigende Amphibolitlage, streicht gegen die östliche Masse. So dürfen wir annehmen, daß der Ophiolith von Tschampigenkeller eine zusammenhängende, verfingerte Intrusion darstellt.

Zwischen Tschampigen- und Jennigenkeller sind noch zwei kleinere Aufschlüsse von Amphibolit, die nur einige Meter vom Dolomit entfernt liegen. An der Grenze zum hangenden Bündnerschiefer

(kalkigsandig) ist eine Schicht *Chlorit-Karbonat-Plagioklasgneis.* Die Erz- und Rutilausscheidungen im Chlorit bezeugen, dass dieser aus Biotit entstanden ist. Der Plagioklas ist stark saussuritisiert. Der primäre Kontakt zeigt also wieder die übliche Alkalisierung, hier mit nachträglicher hydrothermaler Bearbeitung. Als weitere Erscheinung, die auf hydrothermale Tätigkeit im Zusammenhang mit den basischen Eruptiva deutet, ist eine aus den Kalkschiefern tretende Rippe zu erwähnen, die oben am Hang von Halsen liegt. Das Profil dieser ca. 1 m breiten Schicht von unten nach oben (stratigraphisch) ist folgendes:

1. *Kalk-Muskowit-Albitgneis* mit accessorischer Hornblende.
2. *Biotit-Albitgneis mit Muskowit und Klinozoisit.*
3. *Biotit-Albit-Amphibolit mit Calcit und Quarz.* Die Hornblende ist fast vollständig in ein feines Gewirr von Chlorit und Epidot umgewandelt, und der Biotit ist zum grössten Teil chloritisiert.
4. *Albit-Amphibolit mit Biotit und Quarz.* (Ähnlich 3, aber frisch).
5. *Biotit-Oligoklas-Amphibolit mit Quarz und Klinozoisit.*
6. *Biotit-Hornblendeschiefer.* Ausser Biotit und Hornblende nur accessorisch Epidot, Rutil und Zoisit.
7. *Biotit-Albitamphibolit mit Quarz und Calcit.* (Sehr ähnlich 4).
8. *Albitgneis mit Biotit und Klinozoisit.*
9. *Biotit-Hornblendeschiefer.* (Wie 6, aber mit etwas Quarz und Albit).
10. *Klinozoisit-Biotit-Albitgneis.* Klinozoisit fast einachsig, $\varepsilon - \omega =$ 0,0065. Interferenzfarbe kaum anomal, Längsspaltbarkeit fast senkrecht n_γ. Zwillinge nach (100).

Das beständige, hervortretende Gestein ist der helle Albitgneis 8. Die Hornblende dieser Gesteine ist grün, mit schwachem Pleochroismus, strahlsteinähnlich. $n_\gamma/c =$ ca. 16°.

Mit Ausnahme von 3 zeigen die Dünnschliffe unerwartete Frische der Gesteine; makroskopisch erhält man den Eindruck, stark hydrothermal ausgelaugte Produkte vor sich zu haben. Die Gesteine sind beiderseits von 8 so mürbe, dass kein gutes Handstück geschlagen werden kann.

Grünschiefer am Strahlgrat

Hier befindet sich der einzige Aufschluss von Grünschiefer der Hauptdecke ausserhalb der Gegend um Tschampigenkeller.

Es ist ein *Biotit-Klinozoisit-Albitamphibolit,* gut geschiefert, mit z. T. quergestellten Biotiten. HG: grüne Hornblende, Biotit, Klinozoisit, Albit-Oligoklas. NG: Quarz und Erz (mit Rutil). UG: Rutil

und Zoisit. Dieses Gestein ist offenbar mit demjenigen von Tschampigenkeller eng verwandt, es liegt auch ungefähr in demselben Horizont.

Der Unterschied zwischen den Ophiolithen 1 (Feldbach) und 2 (Tschampigenkeller) ist folgender:

1. Biotit ist bei Tschampigenkeller wichtiger Gemengteil, im Feldbach nur accessorisch.
2. Ultrabasische Gesteine fehlen dem Ophiolith 2.

Vom Grünschiefer des Feldbach gibt es keine Analyse. Da er aber zweifellos mit demjenigen vom Banhorn (östlich der Strahlgräte) zusammenhängt, können wir zum Vergleich mit Tschampigenkeller eine Analyse des Banhornophioliths heranziehen:

	Banhorn	Tschampigenkeller
si	110	120
al	22	21
fm	41,5	42
c	29	24,5
alk	7,5	12,5
k	0,15	0,17
mg	0,58	0,65

si, al, fm und k sind fast gleich, mg wenig verschieden. Der Unterschied liegt im c und alk; das höhere alk von Tschampigenkeller entspricht dem grösseren Biotitgehalt, der Unterschied im c macht sich kaum bemerkbar. Der Epidot des Grünschiefers vom Feldbach ist eisenreicher als derjenige des Amphibolites von Tschampigenkeller, das Eisen konnte hier in den Biotit eingehen, dort nicht.

Geisspfad

Am Geisspfad, von der italienischen Grenze ziemlich genau zweigeteilt, liegt eine verhältnismässig sehr grosse Masse ultrabasischer Orthogesteine, die schon früh in geologischen Publikationen erwähnt wurde (STUDER und GERLACH). 1893 publizierten DUPARC und PICCINELLI (lit. 113) 6 Analysen vom Geisspfadgestein, und 1901 erschien die Dissertation von H. PREISWERK „Über Dunitserpentin am Geisspfad im Oberwallis" (lit. 179). Ich entnehme, ohne es im besondern zu erwähnen, für die nachfolgende Beschreibung viel Material aus der Dissertation PREISWERK.

Die tektonische Lage der 5 km-langen (im Streichen der Decke) und maximal 2 km-breiten Masse ist aus dem Profil ersichtlich. Sie bildet nicht den Kern der Decke, wie SCHNELL annahm (lit. 180), sondern liegt deutlich in deren Rücken, in Form einer scheinbaren

Mulde, im Osten breit und steil nordgeneigt, im Westen schmal und flach südgeneigt. Wenn man sich diese in ihre primäre linsenförmige, mehr oder weniger horizontale Lage ausgestreckt denkt, so lässt sich folgende Differentiation feststellen:

1. Der oben liegende Hauptmagmakörper hat peridotitischen Chemismus, magnesiumreich, kalk- und tonerdearm.
2. Gegen die Basis hin fand eine unregelmässige, lokal bedeutende Anreicherung an Kalk (+ etwas Tonderde) in Form von Diallag statt.
3. An der Basis war eine scharf getrennte, nur wenige Meter mächtige Schicht, die z. T. mehr Kalk als Magnesia und viel Tonerde enthielt. Diese Schicht war in sich sehr inhomogen.

Diese Lagerung (Peridotit oben, Pyroxenit unten) ist anomal; bei einer Differentiation ist das Umgekehrte mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Danach wäre die Geisspfadmasse nicht eine Mulde, sondern eine Antiklinale, eine Annahme, die in der Profilkonstruktion vorläufig unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet. Da aber die gezeichneten Profile in dieser Gegend unsicher sind, bleibt die Frage noch offen.

Beim Vorstoss der penninischen Decken wurde der Magmakörper zu einer einfachen „Mulde" gefaltet, mit der peridotitischen Hauptmasse als Muldenkern und der „Basisschicht" als Umhüllung. Im Osten, wo die Mulde breit ist, wurden die zentralen Teile von der Metamorphose nur schwach ergriffen, nach aussen nimmt der Grad der Umwandlung zu, bis zur vollständigen Umkristallisation. Die Textur ist entsprechend in der Mitte richtungslos-massig, am Rand ausgesprochen schieferig. In den zentralen Teilen (Geisspfadpass-Rothorn-Schwarzhorn) findet man die massigen, dunkelgrünen, feinkörnigen *Dunite*. Sie bestehen aus *Olivin* ($2\,V n_\gamma = 86°$, entsprechend 24 % Fayalitmol.) mit oder ohne etwas *Diallag* und *Chromit*. Im günstigsten Fall liegt das primäre Gestein fast unverändert vor, mit nur zwei Merkmalen einer beginnenden Umwandlung: die Olivine haben eine schwach undulöse Auslöschung und die Chromitkörner sind von einer Schale einer äußerst niedrig doppelbrechenden schuppigen Substanz umgeben. Bei stärkerer Beanspruchung erleidet der Olivin neben Serpentinisierung auch mechanische Zertrümmerung: doch sind die zwei Arten der Umwandlung nicht durchwegs miteinander verbunden, sodass einerseits mechanisch scheinbar völlig intakte Gesteine stark serpentinisiert sein können, während anderseits stark zertrümmerte nur wenig serpentinisiert sind. Es entstehen so Mörtelstrukturen, wobei grössere Olivinkörner in einer

feinkörnigen Masse von Olivin liegen. Im Mörtel tritt nicht selten eine *farblose Hornblende* (Tremolit, Auslöschungsschiefe 13°—15°), die wohl aus Diallag entstanden ist. Daneben werden Aggregate von *Chlorit* und einer isotropen Substanz beobachtet (*Matière Colloid* von DUPARC), welche PREISWERK als ein Mittelglied zwischen optisch positivem Chlorit und optisch negativem Antigorit auffasst. Die Serpentinisierung des Olivins beginnt am Rande der Körner; es entstand *Antigorit,* der als scharf begrenzte Leisten in den Olivin zackig einspiesst. Maschenstrukturen, bei denen die Umwandlung sowohl von Spaltrissen wie vom Rand ausgeht, sind eine Seltenheit.

Analysen:

I. *Dunit mit etwas Augit* vom Rothorn. Analyse HINDEN (lit. 179).
II. *Peridotit mit etwas Serpentin und Hornblende* vom Schwarzhorn. Analyse SCHNELL (lit. 180).

	I.	II.		I.	II.
SiO_2	41,65	41,48	si	57	57
TiO_2	—	0,34			
Al_2O_3	1,47	3,18	al	1	2,5
Fe_2O_3	2,03	2.01	fm	96,5	96,5
Cr_2O_3	sp.	—	c	2,5	0
FeO	6,49	6,20	alk	0	1
MnO	—	0,11			
MgO	42,26	42,61	k	—	0,85
CaO	1,72	0,03	mg	0,90	0,90
Na_2O	—	0,15			
K_2O	—	1,01	Das Magma ist peridotitisch.		
(H_2O)	3,82	3,20			
	99,44	100,32			

Von den Unterschieden im Tonerde- und Kalkgehalt abgesehen, sind die Resultate der beiden Analysen fast identisch. Die Summe $Al_2O_3 + CaO$ ist für beide Analysen auch fast gleich, wahrscheinlich ist der Tonerdewert der Analyse I zu klein, der Kalkwert entsprechend zu hoch.

Bei weiter fortgeschrittener Metamorphose sind Zertrümmerung und Serpentinisierung intensiver, besonders aber wird die « Matière Colloid » wichtiger. Sie tritt in grösseren Knollen auf (mehrere mm), die dem Gestein eine flaserige Textur aufprägen. PREISWERK nannte diese Gesteine *flaserige Dunite.*

Wenn wir weiter gegen die Peripherie gehen, finden wir die *Flecken-Serpentine.* Die Farbe ist in Folge fortgeschrittener Serpentinisierung tiefgrün. Die hellen Partien, die dem Gestein das fleckige Aussehen verleihen, sind z. T. farblose *Hornblende,* z. T.

von *Serpentin* und *Karbonat* verdrängte Augitrelikte. Vom Olivin bleiben nur noch Spuren übrig. *Erz* ist viel reichlicher als in den zentralen Partien; zum *Chromit* treten noch *Ilmenit* und *Magnetit;* letzterer kann in faustgrossen Stücken gesammelt werden.

Fleckenserpentinanalysen von DUPARC (lit. 113):

	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
SiO_2	40,14	40,06	38,36	38,23	35,89	39,77
Al_2O_3	2,95	2,87	3,02	3,22	4,31	3,00
Fe_2O_3	3,31	3,34	4,26	4,29	8,23	4,29
FeO	4,97	5,04	5,32	5,46	3,64	5,84
MgO	34,70	34,97	33,89	34,22	30,06	33,62
Cr_2O_3	1,32	1,52	1,99	2,06	2,30	1,65
CaO	2,61	2,22	2,00	2,37	5,35	2,02
(H_2O)	11,64	11,73	10,97	10,81	9,37	11,25
CO_2	—	—	—	—	0,60	—
	101,64	101,75	99,81	100,66	99,75	100,44
Spez. Gew.	2,69	2,69	2,70	—	—	—
si	63	63	61	60	57	64
al	2,5	2,5	3	3	4	3
fm	93	94	93,5	93	87	93,5
c	4,5	3,5	3,5	4	9	3,5
alk	0	0	0	0	0	0
mg	0,89	0,86	0,87	0,87	0,83	0,86
cr	0,86	0,96	1,3	1,3	1,4	1,1

Im Gestein der Analyse V fehlt die isotrope Substanz. Das Gestein der Analyse VII enthält ziemlich viel Hornblende, die im hohen c-Wert ihren Ausdruck findet. Ein Vergleich dieser Analyse mit I und II zeigt deutlich den grösseren Wassergehalt der stärker umgewandelten Gesteine, ferner kommt zum Ausdruck, daß die mehr peripheren Teile der Geisspfadmasse einen grösseren Gehalt an Erz und Augit gehabt haben müssen als die zentralen Teile. Einzelne Stücke der peripheren Zone sind sehr reich an *Tremolit,* der vermutlich zum grössten Teil aus Augit entstanden ist. Am Grampielhorn (schwer zugänglich) wurden von PREISWERK Gesteine gefunden, die primär z. T. fast reine, grobkörnige *Diallagite* gewesen sein müssen. Z. T. ist Diallag noch erhalten (Kristalle bis 5 cm), meist ist er weitgehend umgewandelt in Serpentin (respektive Chlorit), Erz und Tremolit.

Gegen die Grenze der Masse hin wird die Schieferung immer besser, es tritt der *Blätterserpentin* auf, in welchem die sehr kleinen *Antigoritblättchen* (ca. 0,03 mm) sich vorzugsweise parallel der Schieferungsebene legen. Neben seltenen Augitrelikten, Karbonat und Erz enthält das Gestein ziemlich viel *Tremolit bis Strahlstein.* Chemisch ist es wohl kaum verschieden von den Fleckenserpentinen.

Grenzzone

Zwischen Serpentin und Gneis ist eine Schicht kalkreicher Gesteine, dezimeter- bis metermächtig. Da der angrenzende Gneis durchwegs kalkarm und fast unverändert ist, darf die Grenzzone nicht als Kontakterscheinung gewertet werden, sondern sie ist eine besondere magmatische Facies, wie sie auch andere Serpentinvorkommen der Alpen begleitet. Die geringe Beständigkeit dieser Gesteine hat zur Folge, dass sie meist von Schutt bedeckt sind, wo beidseitig Serpentin und Gneis anstehen. Es gibt aber einige Stellen, wo die Grenzzone aufgeschlossen ist; auf der schweizerischen Seite (Norden) ist nur die eine leicht zugänglich. Sie liegt zwischen dem Passweg und dem Wasserfall, der vom Maniboden aus am Steilhang sichtbar ist (Abfluss der Geisspfadseen). Das Profil des Aufschlusses zeigt die Schichtfolge:

1. *Blätterserpentin.*
2. *Serpentin* (fast ganz aus isotroper Substanz), mit viel *Diopsid* und etwas Karbonat.
3. *Epidot-Hornblendeschiefer mit Diopsid, Karbonat und Chlorit* und etwas Titanit.
4. *Hornblende-Chloritschiefer mit Karbonat und viel Titanit.* Die Hornblende bildet grosse (bis mehrere cm) lange, prismatische, dunkelgrüne Individuen, die die Chloritmasse durchspicken.
5. *Diopsid-Hornblendeschiefer mit Karbonat, Magnetit und Epidot.*
6. *Epidot-Hornblendeschiefer.* Die idiomorphen Epidote liegen in einem feinkörnigen Grundgewebe von Hornblende. Vol. %. Hornblende = 70, Epidot = 30.

Hier bricht die Serie ab (verschüttet), jedoch tritt etwas östlich aus dem Schutt, der Lage nach wahrscheinlich anschliessend:

7. *Chloritschiefer mit Magnetit und Titanit.* Sehr feinkörnig, Magnetitoktaeder bis 1 cm Durchmesser.

Die Schichtfolge 1—6 ist etwa ein Meter mächtig, ebenso der Chloritschiefer. Zwischen Chloritschiefer und Gneis ist eine Lücke von 2 m. Die Reihenfolge der Gesteine innerhalb der Grenzzone ist unwesentlich, weil die chemischen Verhältnisse ausserordentlich heterogen sind.

Einige 10 m westlich dieses Aufschlusses ist ein metermächtiges, dunkelgrünes Amphibolgestein in primärer Berührung mit dem Serpentin, die Grenzzone würde also hier, wenn sie besser aufgeschlossen wäre, schon ein ganz anderes Profil zeigen. Das Gestein ist ein fast reiner *Hornblendeschiefer* (sehr dunkelgrün), mit etwas Epidot und Titanit. Man findet darin Adern (bis einige cm) von

reinem, hellgrünem *Epidot*. Das Gestein wurde von HINDEN analysiert (lit. 179):

	IX.			
SiO_2	39,05	si	75	
Al_2O_3	21,38			
Fe_2O_3	6,16	al	24	Das Magma ist hornblenditisch, ein etwas abweichender Typus.
FeO	4,45	fm	38,5	
CaO	18,25	c	37,5	
MgO	7,84	alk	0	
(H_2O)	1,74			
TiO_2	0,85	mg	0,59	
	99,72	ti	1,2	
		c/fm	0,89	

Die *Hornblende* in allen diesen Gesteinen ist ungefähr dieselbe, n_α = gelblich, n_β = grün, n_γ = blaugrün. Auslöschungsschiefe 18°—24°. $2 V n_\gamma = 78°$.

In der Mitte des Kontaktschuttes, der am Geisspfadweg auf 2400 m ein flaches Tälchen bildet, steht eine Rippe Amphibolit an, der zur Grenzzone gehört. Es ist ein poikiloblastischer *Albitamphibolit mit Klinozoisit, Biotit und Rutil*. Der Chemismus dürfte ein ähnlicher sein wie beim Grünschiefer vom Feldbach. SCHNELL (lit. 180) analysierte einen *Amphibolit* (Geröll vom Geisspfadseeabfluss), der nur wenig Plagioklas enthält (mit 12 % An). Das Gestein ist ein Zwischenglied zwischen dem fast reinen Hornblendeschiefer (Analyse X) und dem eben erwähnten Albitamphibolit.

SCHNELL's Analyse ergab:

	X.			
SiO_2	49,18	si	104	
TiO_2	1,54			
Al_2O_3	12,16	al	15	Das Magma ist hornblenditisch mit zu hohem si und k.
Fe_2O_3	2,44	fm	58	
FeO	7,23	c	22,5	
MnO	0,06	alk	4,5	
MgO	13,16			
CaO	9,87	k	0,79	
Na_2O	0,45	mg	0,72	
K_2O	2,46	ti	2,4	
H_2O	1,68	c/fm	0,38	
	100,23			

Es gibt nördlich der Serpentin-Masse noch zwei Aufschlüsse, die schwer zugänglich sind. Der eine liegt an der steilen Ostseite des Gletschers, der Schwarzhorn und Fleschenhorn trennt, der andere direkt unterhalb des Gletschers an der Nordwand des Schwarzhorns. Hier ist die Grenzzone viel dünner und besteht ganz aus *Chloritschiefer mit Hornblende*. Der anstehende saure, feinkörnige Ortho-

gneis führt in der Nähe des Kontaktes gelb-grünen *Diopsid;* am Kontakt mit dem Chloritschiefer ist ein dünnes (ca. 1 cm) Band, das neben Mikroklin, Quarz und Albit sehr viel Diopsid enthält. Das Auftreten von Diopsid im Orthogneis deutet auf eine thermale Kontaktwirkung, wobei allerdings wenig Stoff in den Gneis abwanderte.

Südlich der Serpentinmasse ist die Grenzzone vom Fleschenhorn bis zur Stelle, wo der Serpentin im Gneis westlich auskeilt, z. T. recht mächtig (einige Meter). Man findet folgende Gesteinstypen, die wegen der starken Schuttbildung und der Heterogenität der Grenzzone in ihrer gegenseitigen Lage nicht zu ordnen sind:

Hornblendeschiefer mit Chlorit und Epidot
Epidot-Hornblendeschiefer mit Biotit
Epidot-Oligoklas-Amphibolit mit Biotit
Oligoklas-Amphibolit mit Biotit
Epidot-Chloritschiefer.

Diese Gesteine weisen recht verschiedene Grade der Schieferung auf.

Auf Blauwang schliesst sich dem auskeilenden Serpentin eine viele Meter mächtige *Lavezsteinlinse* an (*Talk und Magnesit,* + Magnetit und Chlorit); westlich anschliessend (es ist kein Serpentin mehr vorhanden) ist eine kleine Linse von *Strahlstein-Talkschiefer mit Chlorit* (mehrere cm lange hellgrüne Hornblenden) und als letzter westlicher Ausläufer eine meterlange Linse von braunem, reinem *Biotitschiefer.* Im Dünnschliff ist der Biotit fast einachsig, und von erstaunlicher Reinheit. Im Schliff sieht man daneben höchstens ein halbes Dutzend winziger Körner mit pleochroitischen Höfen (wahrscheinlich Zirkon). Pleochroismus des Biotits hellgelb-hellbraun. Prof. JAKOB hat dieses monomineralische Gestein analysiert.

	XI.			Auf 48 Sauerstoff umgerechnet:			
SiO_2	39,00	si	74	Si	11,38	16,00	B^{IV}
TiO_2	1,13			Al	4,62		
Al_2O_3	16,36	al	18				
Fe_2O_3	2,28	fm	67	Al	1,03	11,61	B^{VI}
FeO	8,77	c	0	Fe^{III}	0,50		
MnO	0,13	alk	15	Fe^{II}	2,14		
MgO	17,58			Cr	0,02		
CaO	0,00	k	0,82	Mg	7,67		
Na_2O	1,43	mg	0,74	Ti	0,25		
K_2O	9,90	ti	1,6				
H_2O+	3,36	h	21,2	Na	0,87	4,57	A
H_2O-	0,00			K	3,70		
Cr_2O_3	0,10						
	100,04			H	6,56		

Die ideale Biotitformel lautet

$$B^{IV}_{16} B^{VI} A_4 (OH)_8 O_{40}$$

Na kann auf B^{VI} und A verteilt sein.

Beim Geisspfadsee, ca. 100 m vom Kontakt entfernt, stehen im Serpentin zwei ca. 10 m lange, gangartige Einlagerungen an. Sie stehen ziemlich schief zur Schieferung und bestehen aus *Chloritschiefer mit Magnetit* und *Chlorit-Hornblendefels* (Hornblende $2V_\gamma = 88^0$ $c/n_\gamma = 27^0$), analog den Gesteinen der Grenzzone. Ferner gibt es am Fleschenhorn, mitten im Serpentin, ein Vorkommen (Gang?) von genau demselben Gestein, das beim Aufschluss der Grenzzone zwischen Passwang und Wasserfall auffällt, *Hornblende-Chloritschiefer* mit grossen, dunkeln idiomorphen Hornblenden. Auf den Schutthalden vom Fleschenhorn auf Blauwang findet man äusserst feinkörnige *Hornfelse,* die aus *Augit* und *Granat* bestehen. In Drusen sind schöne rote Granate auskristallisiert [(110) und 211)] neben Calcit. Diese Hornfelse stammen sicher aus dem Innern der Serpentinmasse.

Alle diese Gesteine gehören genetisch sicher der Grenzzone an; die Frage, wie sie in das Innere der Serpentinmasse gelangten, bleibt noch ungeklärt, weil ich wegen der Gefährlichkeit des Geländes die Vorkommen am Fleschenhorn nicht untersuchen konnte. Als dem Geisspfadkomplex zugehörend müssen vier grössere Linsen (einige 10 m) von Orthogestein angesehen werden, von denen drei zwischen dem überschobenen Bündnerschiefer und dem Gneis liegen. Die Hauptgeisspfadmasse selbst stösst nirgends an Bündnerschiefer an. Zwei dieser Linsen haben sehr ähnlichen Charakter, die eine liegt südlich vom Fleschenhorn, die andere südlich vom Schwarzhorn, beide liegen zwischen Bündnerschiefer und Gneis. Der Bündnerschiefer ist hier nur einige 10 m mächtig und stark ausgewalzt, sodass anzunehmen ist, dass bei der Überschiebung jede Spur eines eventuell vorhandenen primären thermischen Kontaktes verwischt wäre. Die Linse südlich Fleschenhorn besteht aus *Chloritschiefer, Lavezstein, Amphibolit* und *Blätterserpentin.* Diejenige südlich Schwarzhorn wurde genauer untersucht, sie zeigt folgendes Profil:

1. *Muskowit-Albitgneis mit etwas Biotit* (normaler Gneis)	
2. *Granat-Zoisit-Karbonat-Omphacit-Hornfels*	50 cm
3. *Klinozoisit-Hornblendefels*	2—5 cm
4. *Chlorit-Epidot-Hornblendeschiefer*	5 cm
5. *Epidot-Chloritschiefer mit Karbonat und Zoisit*	5 cm
6. *Strahlsteinschiefer mit Chlorit und Erz*	5—10 cm
7. *Lavezstein (Serpentin, Magnesit, Talk + Erz)*	40 cm

8. *Chloritschiefer mit Magnetit* 5 cm
9. *Blätterserpentin mit Erz* und talkgefüllte Spalten 300—400 cm
10. *Lavezstein (Talk, Magnesit* + Erz) 100 cm
11. Schutt 100 cm
12. *Helle Kalkschiefer* (Bündnerschiefer).

Totale Mächtigkeit der Linse ca. 6 m.

Die *Hornblende* der Nummern 3 und 4 ist gewöhnliche grüne, mit ca. 20° Auslöschungsschiefe. Der Aktinolith des Strahlsteinschiefers ist hellgrün, im Dünnschliff farblos, Auslöschungsschiefe 15°. Der *Talk* in den Spalten des Serpentins ist grobblätterig und sehr rein, er wurde von Prof. JAKOB analysiert:

	XII.	Auf 48 Sauerstoff umgerechnet:			
SiO_2	62,04	Si	15,93	B^{IV}	
FeO	1,84				
MnO	0,02	Fe	0,39	12,67	B^{VI}
MgO	32,12	Mg	12,28		
H_2O+	4,03	H	6,91		
	100,05	Normale Formel: $Si_{16}Mg_{12}(OH)_8O_{40}$			

Eine weitere Linse liegt ganz im Gneis südwestlich vom Fleschenhorn. Sie besteht aus *Serpentin, Lavezstein* und schönem *Strahlstein-Talkschiefer mit Chlorit.* Der *Strahlstein* ist hellgrün, im Dünnschliff fast farblos, Auslöschungsschiefe 18°. Doppelbrechung 0,029. Unter dem Güschigletscher, wo der Bündnerschiefer weit sichtbar durchzieht, liegt die vierte Linse basischer Gesteine, zwischen Bündnerschiefer und Gneis. Der Serpentin fehlt, die Hauptmasse ist *Lavezstein,* der an den Bündnerschiefer angrenzt. Der unterliegende helle Orthogneis steht in Kontakt mit einem sehr epidotreichen *Hornblende-Biotit-Epidotfels* (mit etwas Quarz). Der Gneis ist in der Nähe des Kontaktes von vielen kleinen (0,3—0,6 mm) idiomorphen *Epidoten* durchspickt. Dies spricht für einen primären thermischen Kontakt. Zwischen Epidotfels und Lavezstein ist eine Schicht von dunkelgrünem *Biotit-Strahlsteinschiefer.* Die bis 10 cm langen Hornblenden bilden schöne strahlige Aggregate.

Das Alter der Geisspfadmasse ist nach den vorliegenden Beobachtungen nicht mit Sicherheit bestimmbar, doch die Tatsache, dass mehrere Linsen von Geisspfadgesteinen zwischen Gneis und Bündnerschiefer liegen, gibt einen guten Grund zur Annahme, dass das Alter mesozoisch ist. Solange also nicht widersprechendes Material vorgebracht werden kann, hat die Dunitserpentinmasse am Geisspfad als mesozoisch (ophiolithisch) zu gelten.

Vergleich mit anderen Gebieten

Die ophiolithischen Gesteine treten im Binnental in grosser Mannigfaltigkeit auf. Wir können hier, wie auch in anderen Gebieten, zwei Gesteinsgruppen unterscheiden, die oft getrennt auftreten:

1. Die peridotitischen Massen und ihre Begleitgesteine
2. Die eigentlichen Grünschiefer (gabbroid).

Beide Gruppen sind in den Alpen weit verbreitet, besonders in der penninischen Zone. Gut bekannt sind beispielsweise die peridotitischen Gesteine von Gorduno, vom Misox (Ajone), von Loderio und vom Gotthard (Kämmleten, Gige). Die letzteren sind wahrscheinlich alt (Ophiolithe der herzynischen Gebirge), die anderen vielleicht alle mesozoisch.

Die Peridotite sind überall ähnlich, wie die Analysen zeigen:

	si	al	fm	c	alk	k	mg
Geisspfad	57	2,5	96,5	0	1	0,85	0,90
Gorduno	56	0,5	98	1,5	0	—	0,91
Loderio	59	2	97	1	0	—	0,90
Gige	60	2	95	2,5	0,5	0,80	0,90

Der Peridotit setzt der Metamorphose einen beträchtlichen Widerstand entgegen; wenn er in grösseren Massen auftritt, findet man zentral stets fast unveränderte Typen. Das massige, kompakte, fast monomineralische Gestein lässt sich nicht leicht mechanisch deformieren. Ausserdem erfordert die unter Meso-Bedingungen einzig mögliche Umwandlung in Serpentin ziemlich viel Wasser, das vielleicht nur schwer in die kompakte Masse eindringen kann. Die Serpentinisierung des Olivins ist randlich meist eine vollständige, die wechselnden Mengen Augit werden in Strahlstein (± Chlorit und Talk) umgewandelt. Kleine Mengen Magnesit treten nicht selten auf, in Loderio ist dieser bisweilen nicht unwesentlicher Gemengteil.

Die Begleitgesteine der Peridotite sind sehr charakteristisch, indem sie fast niemals fehlen und indem in verschiedenen Gebieten immer wieder dieselben Typen gefunden werden. Am Feldbach, wo einige dieser Gesteine auftreten, scheint der Serpentin zu fehlen; vielleicht ist er noch nicht aufgeschlossen, oder schon ganz abgetragen.

Die wichtigsten Begleitgesteine der Peridotite sind:

Strahlsteinschiefer ± Biotit ± Chlorit (z. T. *Nephrit)*
Strahlstein-Talkschiefer
Reine Talkschiefer
Lavezsteine
Chloritschiefer ± Magnetit

Reine Biotitschiefer
Hornblendefelse und Epidot-Hornblendefelse
Granat-, Zoisit-, Epidot-, Plagioklas-Amphibolite ± Biotit u. Titanit.

Die Mannigfaltigkeit dieser Gesteine ist sehr gross, wie wir am Beispiel des Geisspfades gesehen haben. Sie treten randlich der Peridotit- und Serpentinmassen auf, oder in deren näheren Umgebung. Über den Chemismus orientieren folgende Niggliwerte:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	
1.	90	2	78,5	19,5	0	—	0,84	
2.	100	1,5	73	25,5	0	—	0,90	
3.	95	2,5	76	21,5	0	—	0,91	
4.	48	14	85	1	0	—	0,92	
5.	57	12	82	6	0	—	0,92	
6.	42	19,5	77,5	2	1	1,0	0,77	
7.	59	14,5	72,5	12	1	0,15	0,72	
8.	113	0	96,5	3,5	0	—	0,95	
9.	108	3	96	0,5	0,5	0,75	0,90	
10.	56	3	95,5	1	0,5	0,89	0,88	
11.	65	2,5	96,5	1	0	—	0,88	$co_2 = 44$
12.	105	23	45	27	5	0,21	0,60	
13.	99	28	32	36	4	0,21	0,74	
14.	72	19,5	47	29,5	4	0,29	0,56	
15.	74	18	72	0	10	0,92	0,77	
16.	75	21	65	0	14	0,90	0,47	
17.	74	18	67	0	15	0,82	0,74	

1. Strahlsteinschiefer mit etwas Magnetit	Loderio
2. Strahlsteinschiefer	Gorduno
3. Nephrit	Gige
4. Chloritschiefer	Gorduno
5. Chloritschiefer	Loderio
6. Chloritschiefer mit Magnetit	Vals
7. Hornblende-Chloritschiefer	Vals
8. Talkschiefer mit Strahlstein	Loderio
9. Talkschiefer	Gige
10. Lavezstein	Gige
11. Lavezstein	Val de Bagnes
12. Granat-Amphibolit	Gige
13. Zoisit-Amphibolit	Gige
14. Epidot-Amphibolit	Loderio
15. Biotitschiefer	Loderio
16. Biotitschiefer	Ajone
17. Biotitschiefer	Binnental

Die Strahlsteinschiefer sind pyroxenitisch mit etwas niedrigem al.

Die Lavezsteine sind peridotitisch mit hohem co_2.

Die Talkschiefer haben peridotitische Basenwerte, si ist aber höher.

Die Amphibolite sind gabbroid.

Der Hornblende-Chloritschiefer ist hornblendit-peridotitisch.

Die Chloritschiefer sind sesquioxydreich peridotitisch.

Die meisten dieser Gesteine sind chemisch nur schwer mit normalen Eruptivgesteinen zu parallelisieren, bei den Biotitschiefern ist dies nicht einmal annähernd möglich. Es fand entweder bedeutende Stoff-Abfuhr oder Zufuhr statt, oder wir müssen annehmen, dass die Differentiation basischer Magmen unter Bedingungen, wie sie bei der Gebirgsbildung herrschen (besonders unter Stress) besondere Wege gehen kann.

Die Analysen der drei monomineralischen Biotitschiefer wurden auf 48 Sauerstoffatome (Inhalt der Elementarzelle von Biotit) umgerechnet. Die Kationenzahlen sind dann folgende:

	17.			15.			16.			
Si	11,38	16,00		11,53	16,00		11,53	16,00	B^{IV}	
Al	4,62			4,47			4,47			
Al	1,03			1,12			0,78			
Ti	0,25			0,49			0,67			
Fe^{III}	0,50			0,43			0,79			
Fe^{II}	2,14	11,64		2,11	12,83		4,46	11,45	B^{VI}	
Mn	0,03			0,02			0,10			
Mg	7,67		16,21	8,66		15,99	4,65			15,71
Cr	0,02			—			—			
Na	0,87	4,57		0,27	3,16		0,44	4,26	A	
K	3,70			2,89			3,82			
H	6,56			5,17			6,43			

Die normale Biotitformel lautet:

$$B^{IV}_{16} B^{VI}_{12} A_4 (OH)_8 O_{40}, \text{ wobei } B^{IV}_{16} = Si_{12} Al_4.$$

In 17 und 16 wird das Na zu B^{VI} gehören, während vielleicht in 15 Elemente B^{VI} zu A hinzuzuzählen sind.

Das (OH)-Manko ist beträchtlich und wird durch A- oder B^{VI}-Überschuss kompensiert. Das Verhältnis Si : Al ist ziemlich konstant, auch die Summe $A + B^{VI}$.

Der Biotit 16 hat ein viel kleineres mg als die anderen.

Die Grünschiefer im engeren Sinne, welche oft von den Peridotiten getrennt auftreten, haben gabbroiddioritischen bis theralitischen Chemismus, wie folgende Analysen zeigen:

1. Diabasschiefer (Augit, Labrador, Chlorit, Strahlstein, Klinozoisit).
2. Grünschiefer (Strahlstein, Chlorit, Epidot, Oligoklas).
3. Chlorit-Epidot-Albitschiefer mit Strahlstein.
4. Albit-Epidot-Chloritschiefer.
5. Grünschiefer (Hornblende, Epidot, Chlorit, Biotit).
6. Albit-Strahlsteinschiefer.
7. Oligoklas-Klinozoisit-Amphibolit mit Biotit und Quarz. Tschampigenkeller.
8. Albit-Amphibolit mit Epidot. Banhorn (Typus Feldbach).

Die Namen der Adula-Grünschiefer 1—6 sind von ROOTHAAN (lit. 191) übernommen.

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	h
1.	126	15	51	21,5	12,5	0,04	0,51	2,1	24
2.	111	23	46,5	20,5	10	0,07	0,52	3,9	28
3.	125	20	48	20	12	0,13	0,54	3,7	25
4.	104	28,5	40	22	9,5	0,24	0,47	2,7	31
5.	111	21	43,5	26,5	9	0,08	0,55	2,9	22
6.	133	18,5	56,5	12	13	0,06	0,72	0,9	34
7.	120	21	42	24,5	12,5	0,17	0,65	3,8	6
8.	110	22	41,5	29	7,5	0,15	0,58	2,2	14

Die Grünschiefer des Adulagebietes, die eher unter Epi-Bedingungen gerieten, haben wegen weitgehenden Ersatzes des Biotits durch Chlorit z. T. Kali verloren. Augit und Labrador sind reliktisch und die gew. grüne Hornblende ist zum grössten Teil durch Strahlstein ersetzt. Der geringere Wassergehalt der unter Meso-Bedingungen entstandenen binnentaler Grünschiefer ist chemisch der sichtbarste Ausdruck der Verschiedenheit der herrschenden Umwandlungsbedingungen zwischen Binnental- und Adulagebiet.

GESTEINE DER TRIAS

Die metamorphen Sedimente, die in Analogie zu fossilführenden Ablagerungen benachbarter Gebiete als triasischen Alters zu gelten haben, unterscheiden sich schon rein äusserlich von allen andern Gesteinsarten, sodass man sie im Gelände von weitem auf den ersten Blick erkennt. Diese Gruppe meist dolomitischer Gesteine lässt sich folgendermassen unterteilen:

Feinkörniger, weisser, zuckerkörniger Dolomit
Feinkörniger, blau-grauer, zuckerkörniger Dolomit
Feinkörnige Dolomitmarmore
Mittelkörnige Kalkmarmore
Quarzmarmor mit Glimmer
Quarzit
Rauhwacke.

Die weitaus grösste Masse besteht aus fast reinem, sehr feinkörnigem, *zuckerkörnigem Dolomit,* der auch beim Zerfall einen rein-

weissen, feinen Sand liefert. Vereinzelte Zonen verwittern gelblich. Der blau-graue Dolomit unterscheidet sich nur durch die Farbe vom weissen, und liegt in verschiedenen, z. T. metermächtigen Lagen absolut konkordant, in verschiedenen unbestimmten Horizonten. Die dichteren *Dolomitmarmore* und mittelkörnigen *Kalkmarmore* treten nur ganz untergeordnet in schmalen Linsen und Adern auf, sie reflektieren das Licht weniger gut und erscheinen deshalb dunkler. Die *Rauhwacke* ist nur selten zu finden (Lercheltini und Längtal) und liegt bei Lercheltini (dem besten Aufschluss der ganzen Serie, links vom vorderen Kollergraben) in 2 m Mächtigkeit zwischen der Hauptdolomitmasse und den 1—2 m *Quarz-Kalkmarmoren,* die den Übergang zum tonigen Bündnerschiefer vermitteln. Meist fehlen sowohl Rauhwacke wie Quarzmarmor. Karbonatfreier *Muskowit-Quarzit* (mit etwas Zoisit, Albit und Mikroklin) wurde nur am südlichen Ende der Strahlgräte gefunden, wo er allein die Gneise von den Bündnerschiefern trennt und deshalb der Trias zugeteilt wird. Von Basisquarzit fehlt jede Spur, der Übergang vom ältern Gneis zum Dolomit war ursprünglich jedenfalls ganz scharf, jetzt ist eine kleine tektonische Mischzone vorhanden.

Mineralbestand (für Dolomit und Quarzmarmor):

HG ist *Dolomit,* in Quarzmarmor auch *Quarz* und *Calcit.*

Ferner treten auf: *Quarz, Albit, Orthoklas* (mit anomal kleinem Achsenwinkel, es wurden gemessen: 65°, 60°, 55°, 52°), farbloser und hellbrauner *Glimmer*, Pyrit, Rutil, Magnetit. Die beiden Glimmer kommen zusammen vor, oder der farblose (Muskowit?) tritt allein auf. Wenn wir von den seltenen Quarzmarmoren absehen, ist Quarz nur selten NG, sonst wie die andern Gemengteile UG. *Quarzmarmor* von Lercheltini ergab am Integrationstisch in Vol. %

Calcit	68,2 %
Quarz	27,5 %
Muskowit	3,1 %
Pyrit	1,3 %.

Der *Dolomit* ist typisch körnig, mit mehr oder weniger langgestrecktem Korn, das beim zuckerkörnigen Dolomit rundlich ist und ca. 0,1 mm misst (wenig variabel). Die dunkleren Dolomit- und Kalkmarmore haben ein variableres, grösseres Korn (ca. 1 mm), welches mehr verzahnt erscheint. Zahlreiche Druckzwillingslamellen durchsetzen die Individuen, besonders die grösseren. Beim Quarzmarmor ist das Calcitkorn etwa zweimal so gross wie das Quarzkorn, welches ca. 0,5 mm misst. Pigment ist beim weissen zuckerkörnigen Dolomit selten, verhältnismässig gross und an den Korngrenzen zu

treffen, während bei der grau-blauen Varietät (wo es die Farbe bedingt) das Pigment kleiner, häufiger und im Inneren der Körner angesammelt ist. Beim Glühen wird der feingemalene, grau-blaue Dolomit rötlich. Die Vermutung, das Pigment sei Pyrit, wurde nicht bestätigt; eine Prüfung auf Schwefel fiel negativ aus. Die Färbung des Dolomits ist also auf *Kohle* (Fossil) zurückzuführen, während die Rotfärbung beim Glühen auf einen Eisenkarbonatgehalt des Dolomits hinweist. Quarz ist xenomorph, während die Feldspäte idiomorph gerundet sind. Glimmer bildet gerade Blättchen, gew. 1/4 mm lang. Feldspat ist in der weissen zuckerkörnigen Masse selten, häufiger findet man ihn in den gelblich verwitternden Stellen und im gröberen Marmor. Er ist unverzwillingt. Pyrit hat, wo er in grösseren Körnern auftritt, oft einen schwarzen Rand. Der braune Glimmer, Phlogopit, ist fast einachsig.

Die Struktur dieser Gesteine ist fast durchwegs granoblastisch, die Textur kristallisationsschieferig bis massig. Der zuckerkörnige Dolomit zerfällt wegen der schlechten Verbandsverhältnisse sehr leicht in die einzelnen Körner, wobei ein feiner Sand entsteht. Die *Rauhwacke* besteht aus *Calcit* mit ziemlich viel *Talk* und etwas *Quarz*. Der Verband ist sehr lose. Die Hohlräume werden einige cm gross und sind z. T. mit kleinen Milchquarzen ausgekleidet.

Chemismus:

Analysen I. (lit. 32) Weisser zuckerkörniger Dolomit
II. „ „ „ „
III. (lit. 163) Grauweisser, mürber zuckerkörniger Dolomit
IV. $CaMg(CO_3)_2$ theoretisch.

	I.	II.	III.	IV.
$CaCO_3$	55,06	54,48	49,00	54,23
$MgCO_3$	44,55	42,58	40,23	45,77
$FeCO_3$	—	1,84	—	—
Fe_2O_3	—	—	0,48	—
SiO_2	—	—	10,84	—
	99,61	98,90	100,55	100,00
Spez. Gew.	2,84	—	2,85	—

Eine Teilanalyse der Rauhwacke ergab folgendes: (Analytiker BADER)

In Salzsäure unlöslich	15,47	(fast nur Talk)
CaO	45,28	
alles Fe als FeO	0,35	
	61,10	

Das dem $CaCO_3$ entsprechende CO_2 berechnet sich zu 35,52 %, Gesamtsumme demnach 96,62. Diese Rauhwacke ist also ausgesprochen magnesia-arm.

BÜNDNERSCHIEFER

Die kalkig-sandigen Bündnerschiefer

Diese Gesteine, deren Karbonat durchwegs Calcit ist, bilden den grössern Teil der mächtigen Schiefermassen, welche die Gneisdecke vom Gotthardmassiv trennt. Nur selten findet man kompakte, wetterbeständige Glieder, meist zerfallen sie leicht zu einem schmutzigen groben Sand, der die nichtbewachsenen Hänge bedeckt und die Couloirs füllt. Manchmal ist *Quarz,* manchmal *Calcit* wichtigster Gemengteil; schätzungsweise wiegt Quarz vor. Das Sediment war also z. T. kalkiger Sandstein, z. T. sandiger Kalkstein, stets tonschüssig. *Plagioklas* und *Muskowit* können auch HG sein, *Glimmer, Klinozoisit* und *Plagioklas* NG. Biotit ist relativ selten. Die Accessorien sind Turmalin, Rutil, schwarze Erze, Pyrit, Titanit und Zoisit. Kohlige Substanz ist weniger häufig als in den tonerdereichen Bündnerschiefern, ebenso Turmalin.

Die *Calcite* sind durchschnittlich grösser (ca. 0,5 mm) als die Quarze, zeigen meist Druckzwillingsstreifung und sind oft schmutzigbraun pigmentiert. Quarz bildet rundliche oder verzahnte Körner. Plagioklas ist meist frisch (Albit-Oligoklas ca. 15 % An), ausnahmsweise auch zersetzt (vielleicht reliktisch) und bildet grosse rundliche Individuen voll von Quarzeinschlüssen. Zwillinge sind nicht häufig. Biotit ist hell und nicht besonders gross, während Muskowit gegen Sericit hin tendiert. Turmalin scheint reliktisch zu sein, die Kristalle sind oft zerbrochen. Strukturen granoblastisch, Texturen kristallisationsschieferig. Schieferung im Handstück verschieden deutlich.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Kalkquarzit mit Albit
Kalk-Plagioklasgneis
Muskowit-Kalk-Quarzit mit Klinozoisit
Zweiglimmer-Kalk-Plagioklasgneis
Epidot-Kalk-Plagioklasgneis mit Glimmer
Kalkschiefer mit Glimmer
Kalk-Plagioklasgneis mit Glimmer
Sericit-Kalk-Epidot-Plagioklasgneis.

Die tonigsandigen Bündnerschiefer

Diese karbonatfreien oder karbonatarmen Gesteine, die mit den

kalkigsandigen wechsellagern, liegen als *Glimmerschiefer* und *Gneise,* oft mit *Granat, Biotit* oder *Staurolith* als Porphyrblasten, vor. Sie sind stets feinschieferig, sericitreich.

HG sind *Quarz, Sericit* (Muskowit) und meit *Biotit* und *Granat,* oft auch *Plagioklas,* seltener *Klinozoisit, Staurolith* und *Kohle.* NG sind (ausser den genannten) *schwarze Erze, Turmalin* und selten Calcit, Hornblende und Pyrit. Die UG sind Rutil, Titanit, Leukoxen, neben einigen der schon genannten Gemengteile.

Quarz ist vielfach langgestreckt und von kleinem Korn. *Sericit* liegt z. T. absolut parallel der Schieferung, z. T. fein verfältelt (auch quer zur Schieferung) und schmiegt sich weitgehend den Porphyroblasten an. Manchmal sind relativ grosse *Muskowite* vorhanden, die meist quer zur Schieferung stehen. *Biotit* bildet allgemein grössere Individuen, z. T. eigentliche Porphyroblasten, die am Handstück bei flüchtiger Beobachtung mit Hornblende verwechselt werden können, weil sie quer zur Schieferung stehen und deshalb auf den Schieferungsebenen stengelig erscheinen. Im Dünnschliff ist Biotit verhältnismässig hellbraun und meist frisch (bei Chloritisierung Rutilausscheidung). *Granat* ist immer relativ gross (bis über 1 cm), idiomorph und etwas gedreht (max. 90°) und enthält Einschlüsse, hauptsächlich von Quarz und Magnetit. Senkrecht zur Schieferungsebene ist er von zahlreichen Rissen durchzogen. Um die Granate gibt es oft in der Schieferungsebene Streckungshöfe, die mit Quarz und Biotit gefüllt sind. *Staurolith* ist entweder wichtiger Gemengteil oder fehlt ganz. Die Kristalle sind relativ gross, meist aber kleiner als Granat, mehr oder weniger idiomorph und ebenfalls gedreht. *Plagioklas* fehlt vielfach, ist aber nicht selten wesentlicher Gemengteil, wobei er eine Art Grundgewebe von grossen Kristallen bildet, das die andern Gemengteile umschliesst. Er ist zum Teil fein verzwillingt (Albitgesetz) und enthält 25—30 % Anorthitmol. *Epidot-Klinozoisit* ist durchwegs ohne Pleochroismus, z. T. aber mit recht hohen Interferenzfarben. Das schwarze Erz ist z. T. Magnetit, z. T. Ilmenit (assoziiert mit Rutil, Titanit und Leukoxen). *Hornblende* ist selten und tritt als stark chloritisierte Porphyroblasten auf. Die *kohlige Substanz* ist opak und in Zonen (im Dünnschliff) dispers verteilt. Diese Kohlenzüge gehen parallel der Schieferung und setzen bei Granaten nicht ab (wie z. B. Glimmer). Im Granat sind sie mitgedreht. Der *Turmalin* ist schön idiomorph, grün, stets sehr klein und in der ganzen Masse dispers verteilt. Im Granat ist Turmalin als Einschluss parallel der Kohle mitgedreht worden. Dies erlaubt den sichern Schluss zu ziehen, dass der Turmalin primär mit der

Kohle zur Ablagerung kam, er ist also reliktisch. Strukturen meist porphyroblastisch (z. T. poikiloblastisch) mit lepidoblastischem Grundgewebe, Texturen feinschieferig.

Der Chemismus dieser Bündnerschiefer dürfte z. T. mit demjenigen der älteren Zweiglimmergneise übereinstimmen, doch wird im allgemeinen al relativ höher und alk relativ niedriger sein, c dürfte stark variieren, ebenso si. Die Sedimente waren typische Mergel.

Es gibt folgende Gesteinstypen:

Biotit-Sericit-Granat-Plagioklasgneis mit Klinozoisit und Kohle
Granat-Muskowitschiefer mit Kohle und Biotit
Glimmerschiefer mit Kohle und Turmalin
Granat-Biotit-Epidotschiefer mit Sericit und Kohle
Granat-Sericitschiefer mit Staurolith, Kohle und Turmalin
Sericitschiefer
Sericit-Biotit-Granat-Staurolithschiefer mit Klinozoisit und Turmalin
Granat-Biotit-Sericitschiefer mit Turmalin
Zweiglimmer-Plagioklasgneis mit Hornblende und Klinozoisit
Zweiglimmer-Plagioklasgneis mit Epidot und Granat
Sericit-Biotit-Plagioklasgneis mit Calcit, Granat, Hornblende und Klinozoisit.

Vergleiche mit anderen Gebieten

Im folgenden werden die mesozoischen Paragesteine des Binnentals mit denen des Tessins (Molare-Mulde und Aduladecke) verglichen.

Im Binnental liegen die mesozoischen Paragesteine ausschliesslich in penninischer Facies vor. Die gotthardmassivischen Bündnerschiefer sind nördlich des Gebietes höchstens einige hundert Meter mächtig und wenig differenziiert. Es sind schwarze, stark *kohlenhaltige Tonschiefer* und *Knotenschiefer*. Die gotthardmassivische untere Trias ist nur in Form einiger grosser Linsen von *kavernösem Dolomit* mit viel *Gips* vorhanden. Im Vergleich zur mächtigen Entwicklung des gotthardmassivischen Mesozoikums zwischen Airolo und Olivone ist diese Formation nördlich des Binnentales, im Gebiet des nach Westen untertauchenden Gotthardmassivs, in jeder Beziehung stark reduziert. Die penninische Facies des Binnentaler Mesozoikums ist sehr typisch; es fehlen die Basisquarzite der Trias, der Dolomit ist wenig mächtig, Rauhwacke ist selten, die Quartenschiefer sind relativ unwichtig und treten nicht überall auf. In der Molare-Mulde (penninische Facies) gibt es einige feinkörnige epidot-

reiche Gesteinstypen, die im Binnental nicht gefunden wurden. Im allgemeinen sind aber die penninischen Bündnerschiefer im Binnental in der Molare-Mulde und im Adulagebiet, in Mineralbestand, Textur und Struktur ähnlich. Die grosse Mannigfaltigkeit der Gesteinstypen ist in allen Gebieten metamorpher penninischer Bündnerschiefer vorhanden; sie erschwert das Auffinden regionaler Unterschiede. Als solche sind anzusehen: der durchschnittilch grösste Plagioklasgehalt der Bündnerschiefer im Binnental (ganz analog wie bei den alten Paragesteinen); das völlige Fehlen von Disthen im Binnental; die relative Seltenheit von Kohle und Turmalin in den kalkreichen binnentaler Bündnerschiefern. Das Fehlen von Disthen und das relative Zurücktreten von Staurolith zeigt, dass Gesteine mit grösserem Tonerdeüberschuss in unserem Gebiet seltener und eisenreicher sind als im Tessin. Das häufigere Auftreten von Kohle und Turmalin in den kalkreichen Bündnerschiefern der Molare-Mulde und des Adulagebiets ist wohl primären Ursprungs, weil bei den tonerdereichen Gesteinen in dieser Beziehung zwischen Binnental und Tessin kein Unterschied besteht.

Die spezielle Ausbildungsart des Dolomits, die wir zuckerkörnig nennen (feines, rundliches Korn, leichter Zerfall), ist im Binnental die Regel, im Tessin eher eine Ausnahme. Die Ursachen, die in den Alpen diese relativ seltene metamorphe Facies erzeugte , sind nicht bekannt. Nach SCHERF (lit. 192) gibt es im Buda-Piliser Gebirge zuckerkörnige Dolomite, die mit dem binnentaler Dolomit absolut identisch sind. Im Buda-Piliser Gebirge tritt jedoch diese Dolomitfacies nur lokal auf, in der Umgebung von Spalten, längs denen früher nachgewiesenermassen kieselsäure-eisen- und carbonathaltige Thermen aufgestiegen sind. SCHERF möchte auch im Binnental die Entstehung des zuckerkörnigen Dolomits auf ähnliche Mitwirkung von Thermen bei der Metamorphose zurückführen, wobei er als Argument die heute vorhandenen eisenhaltigen Quellen anführt. Einige solcher Quellen treten zwischen Ausserbinn und den Twingen zutage, im Binnental selbst gibt es meines Wissens nur deren zwei: die eine bei Z'Binnen, die andere bei « Auf dem Blatt », unter dem Ofengletscher. Beide Quellen treten aus dem Dolomit und setzen tiefroten Eisenocker ab. Gegen SCHERF's Auffassung spricht die Seltenheit solcher Quellen und die Regelmässigkeit im Auftreten des Dolomits in zuckerkörniger Ausbildung.

STATISTIK DER DÜNNSCHLIFFE:

	I.			II.			III.			IV.			V.			VI.			VII.			VIII.			IX.			X.			XI.		
	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG	HG	NG	UG
Quarz	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	50	17	—	100	—	—	92	8	—
Plagioklas	100	—	—	100	—	—	82	18	—	100	—	—	75	22	3	74	8	16	100	—	—	86	14	—	66	17	—	60	20	—	33	—	—
Mikroklin	74	20	2	21	63	8	2	2	—	12	38	25	—	—	—	—	—	—	42	25	16	—	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Muskowit	30	62	8	74	16	—	81	12	4	100	—	—	65	35	—	74	25	—	100	—	—	100	—	—	—	—	8	30	40	30	92	8	—
Biotit	12	62	26	17	58	17	89	11	—	62	25	12	69	31	—	58	42	—	—	—	83	86	14	—	46	29	—	10	10	20	67	17	—
Epidot	12	52	36	—	46	54	12	49	34	—	62	38	—	44	50	—	50	40	—	—	50	—	—	100	50	8	8	—	40	—	8	46	29
Karbonat	—	2	14	—	4	4	4	7	7	12	25	12	6	—	—	—	25	9	—	—	—	—	7	35	—	8	—	90	10	—	—	12	12
Granat	—	—	16	—	—	25	—	18	—	—	—	—	56	44	—	25	42	—	—	—	—	—	—	14	4	8	12	—	—	—	54	12	—
Hornblende	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83	17	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	17	—
Zoisit	—	4	64	—	8	84	—	16	77	—	—	100	—	15	73	—	17	50	—	66	33	—	21	79	8	—	50	—	—	20	—	—	25
Magnetit	—	—	44	—	—	58	—	19	38	—	—	25	—	38	44	—	58	42	—	—	17	—	21	79	—	17	33	—	—	60	—	64	21
Pyrit	—	2	14	—	—	17	—	4	43	—	—	50	—	—	44	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	—	8	—	—	40	—	8	17
Titanit	—	—	16	—	8	25	—	2	9	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	40	—	4	4
Kohle	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	20	17	46	12
Turmalin	—	—	—	—	—	—	—	4	7	—	—	25	—	—	32	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	46	21
Staurolith	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	8	—
Rutil	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	56	—	—	66	—	—	—	—	—	—	—	46	37	—	—	60	—	—	33
Zirkon	—	—	—	—	—	8	—	—	7	—	—	50	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Zahlen sind Prozentzahlen der Häufigkeit des Auftretens der Gemengteile in den untersuchten Schliffen. Chlorit wird zu Biotit, Ilmenit zu Magnetit, und Apatit zu Zoisit geschlagen.

I. Ortho-Alkalifeldspatgneise mit Glimmer und Epidot.
II. Feinstreifige, alkalisierte Glimmergneise.
III. Gew. Zweiglimmer-Albitgneise.
IV. Gneise von Lercheltini (Zweiglimmer-Albitgneise mit Mikroklin, Calcit und Epidot).
V. Granat-Zweiglimmer-Plagioklasgneise.
VI. Hornblendeführende Zweiglimmer-Plagioklasgneise.
VII. Helle Muskowit-Albitgneise bis Alkalifeldspatgneise.
VIII. Zweiglimmer-Augengneise.
IX. Alte Amphibolite (z. T. Hornblendegneise).
X. Kalkig-sandige Bündnerschiefer.
XI. Tonig-sandige Bündnerschiefer.

Minerallagerstätten

Einleitung

Die Mineralien des Binnentales, besonders diejenigen der Lengenbachgrube und der Klüfte der Lercheltini-Zone, haben in der Zeit zwischen ca. 1870 und 1914 in alle mineralogischen Sammlungen Eingang gefunden und das grösste Interesse der Kristallographen beansprucht. Es gibt eine grosse Anzahl meist kristallographischer Arbeiten über binnentaler Mineralien, die im Literaturverzeichnis möglichst vollständig zusammengestellt wurden.

Die Eigenart der binnentaler Lagerstätten (es gibt nirgends Erzlagerstätten, die denen des binnentaler Dolomits auch nur annähernd ähnlich sind) beruht auf der intensiven Metamorphose, die sie erlitten haben. Mit Ausnahme der Eisenerzlagerstätten war die Tätigkeit hydrothermaler Lösungen in Hohlräumen (Klüfte und Drusen) für die Gestaltung entscheidend. Drusen finden wir fast nur im Dolomit, ihre Entstehung ist auf Auflösung des Gesteins zurückzuführen. Klüfte hingegen sind unmittelbar tektonisch bedingt, es sind Hohlräume im Gestein, die durch Zerreissen desselben entstanden. Es sind fast stets flache bis linsenförmige Gebilde, welche in der Regel senkrecht zur Schieferungsebene (Schichtung) und parallel zur Schieferungsrichtung (Schubrichtung) stehen. Die Lösungen, die sich in den Klüften anreicherten, sättigten sich im umgebenden Gestein, weshalb die Kluftparagenese mit dem Gestein wechselt. Für das Binnental ist wegen des unterliegenden Dolomits (siehe Seite 422 ff.) mit einiger Sicherheit anzunehmen, dass die in den Gesteinen zirkulierenden Lösungen mit Kohlensäure gesättigt waren. Die Kluftparagenese ist also von einer ungewissen, weiteren Umgebung abhängig, wahrscheinlich auch von der Kluftgrösse und von den Kommunikationsmöglichkeiten mit benachbarten Klüften. Es ist charakteristisch, dass die Klüfte gewöhnlich nicht vereinzelt, sondern in Gruppen auftreten, und es ist weniger die einzelne Kluft als die ganze Gruppe als Einheit zu betrachten.

Das Studium der Differentiation der Paragenese innerhalb einer Kluftgruppe würde wahrscheinlich sehr fruchtbar sein; leider findet aber der Mineraloge meist völlig ausgebeutete Lagerstätten vor. Eine engere Zusammenarbeit der Mineraliensammler mit wissenschaftlichen Instituten wäre ein grosser Fortschritt.

Im Laufe der Feldarbeiten wurden folgende neue Lagerstätten gefunden *):

*) Die hochgestellten kleinen Zahlen beziehen sich auf die in der Karte eingezeichneten Lagerstätten.

Weisse Fluh [20], Messernbach [25]
Balmen [12] (von CLEMENZ entdeckt)
Fleschenhorn [18]
Wannenhorn [6].

Im sauren Orthogneis gibt es anscheinend nirgends Klüfte.

Bei der Angabe von Ausscheidungsfolgen und Mengenverhältnissen ist innerhalb der durch Striche getrennten Gruppen die Reihenfolge willkürlich.

EISENERZLAGERSTÄTTEN IM SAUREN ORTHOGNEIS

Helsen [1, 2]

Vorn am Helsen, ziemlich genau auf 2100 m, befinden sich alte Eisengruben. Im normalen granitischen Orthogneis sind mehrere Einlagerungen von *magnetitführendem Epidotgestein.* Die grössten dieser linsenförmigen Massen messen ca. 2 × 10 m. Der Orthogneis ist an den unregelmässigen, ziemlich scharfen Grenzen unverändert. Das Gestein besteht fast ganz aus grasgrünem *Epidot,* mit quarzreichen Partien und etwas *Chlorit, Muskowit* und *Pyrit.* In kleinen Drusen ist *Epidot, Calcit* und *Albit* ausgeschieden. *Magnetit* durchzieht in Adern das Gestein, z. T. ist er auch dispers verteilt. Seine Menge ist schwer zu schätzen, sie übersteigt vielleicht 10 % des Epidots. Gegen die Kriegalp hin, an den fast unzugänglichen Hängen, ist eine weitere Stelle, wo wahrscheinlich gleiches Erz abgebaut wurde. Mit Sicherheit kann von dieser Lagerstätte nur gesagt werden, dass sie alpin metamorph ist.

Aus 85 % gewöhnlichem Epidot, 15 % Fe_2O_3 und 5 % Quarz berechnet man eine Zusammensetzung si = 67; al = 20; c = 44,5; fm = 35,5; alk = 0; sie gibt kaum brauchbare Auskunft.

Die relativ scharfe Grenze zwischen Orthogneis und Epidotgestein, und das Fehlen besonderer Randfacies, spricht gegen die Annahme der Einschmelzung sedimentärer Schollen.

KLUFTLAGERSTÄTTEN IM INJEKTIONSGNEIS

(Geisspfad [3], Blauwang [4,5], Wannenhorn [6])

Dieser Injektionsgneis führt zahlreiche Klüfte, kleinere am Geisspfad am Weg zum See und am Blauwang und grössere auf dem Nordrücken des Wannenhorns. Am *Geisspfad* sind die kleinen Klüfte ganz mit sehr kleinen *Adularen* und *Albiten* belegt; auf beiden sitzen kleinere und grössere (max. 3 mm), sehr hellgrüngelbe *Titanite,* Einzelindividuen und Zwillinge von der bekannten Lanzetten-

form, daneben viele kleine dunkelgrüne *Epidotstengel* und grössere *Adulare* nur mit (110) und ($\bar{1}01$). Muskowit ist rar und Quarz fehlt scheinbar ganz. Teilweise ist alles mit feinem *Chlorit* überzogen. Die Ausscheidungsfolge ist *Adular, Albit-Titanit, Epidot-Muskowit-Chlorit.*

Am *Blauwang* sind die Klüfte grösser und haben laut Bericht der Mineraliensammler sehr schöne, klare *Adulare* geliefert. Die Paragenese, die nicht an einer einzigen, sondern an vielen Klüften einer weiteren Umgebung beobachtet wurde, ist *Adular, Albit, Quarz, Titanit, Glimmer, Calcit, Rutil, Pyrit, Anatas, Limonit, Chlorit, Zeolith, Hämatit. Adular* und *Albit* treten sehr reichlich auf, während *Quarz* relativ selten ist. Der *Glimmer* ist hellbraun und dicktafelig. *Calcit* ist tonnenförmig (Skalenoeder, Rhomboeder und Prisma). *Pyrit* zeigt gestreifte Würfel und ist frisch. *Chlorit* tritt als Überzug auf, lokal und vorwiegend auf Adular. *Limonit* ist selten und mit Pyrit assoziiert, aber scheinbar nicht aus diesem entstanden. *Hämatit, Anatas, Rutil* und *Zeolith* sind selten. *Hämatit* bildet dünne Blättchen ohne gesetzmässige Umrandung. *Rutil* tritt als Sagenit auf, mit hellbrauner Farbe. Der *Anatas* sitzt auf Adular oder auf Quarz. Auf dem Quarz ist er sehr klein, zeigt stumpfe Bipyramiden und Basis und unregelmässig verteilte grüne Färbung. Ein grüner Anatas, der direkt auf dem Gestein auf einer schwach besetzten Fläche sitzt, ist spitzpyramidal mit (111) und (hkh).

Ein auf Adular sitzender indigo-grüner Anatas ($4 \times 1\frac{1}{2}$ mm) zeigt als einzige Form die Einheitspyramide in mehrfacher Repetition in der c-Achsenrichtung. Auf dem Anatas sitzt Glimmer. Der Zeolith, wahrscheinlich *Mesolith,* ist farblos-weiss radialstrahlig und wächst zu Kugelsektoren.

Der *Titanit* hat von demjenigen von Geisspfad stark abweichende Eigenschaften. Farbe grün bis violettgrün und inhomogen, Habitus bestimmt durch die Prismen (111) und ($\bar{1}11$), die zusammen eine Pseudobipyramide geben. Zwillinge nicht beobachtet. Ausscheidungsfolge wahrscheinlich *Quarz-Adular, Albit, Calcit-Rutil-Anatas, Titanit-Glimmer-Zeolith, Chlorit, Limonit.*

Am *Wannenhorn* findet man heute noch schöne Stufen, weil die Stelle unbekannt war. Der Gneis in der Umgebung der Klüfte ist stark aufgeblättert, die Klüfte selbst sind ganz zerfallen, und ihr Inhalt liegt frei auf dem spärlichen Gehängeschutt. Die Kluftrichtung ist normal, parallel zum Längsbruch. Die Kluftwände wurden parallel zum Hauptbruch (parallel zur Schieferung) aufgeblättert, so dass die Oberfläche der Kluft sehr gross war. Die Paragenese

(Menge abnehmend) ist *Adular, Albit, Quarz, Glimmer, Titanit, Chlorit, Pyrit, Anatas*. *Adular* ist vorzugsweise gross, einige cm bis faustgross, der Habitus weitgehend bestimmt durch (110) und ($\bar{1}$01), dazu kommen meist (010), (130) und (001). Die Basis ist stets kleiner als ($\bar{1}$01). (130) ist immer matt. Selten beobachtet man ($\bar{1}$11) und (100). Manchmal erscheinen die Kristalle unvollkommen ausgebildet, mit rauher, chloritbedeckter Oberfläche. (110) ist am ehesten glänzend und chloritfrei. Der *Chlorit* sitzt, wie auch auf den anderen Mineralien, in Vertiefungen der glänzenden Oberfläche, als kleine wurmförmig gekrümmte Kristalle. Entweder hat er an der Stelle, wo er sitzt, das Weiterwachsen des betreffenden Minerals verhindert, oder er hat sich nachträglich auf Kosten desselben gebildet. Ich finde die letztere Annahme wahrscheinlicher, weil die Vertiefungen auf den verschiedenen Mineralien ähnliche Grösse haben.

Albit ist milchig-weiss bis gelblich. Die grössten Exemplare messen kaum mehr als 1 cm, die bevorzugte Grösse ist 3—5 mm. Er hat typischen Periklinhabitus, mit (001), (110), (1$\bar{1}$0), (010), (1$\bar{1}$1), (11$\bar{1}$), (40$\bar{3}$). *Quarz* zeigt keine bemerkenswerte Formen, er ist klar oder milchig (grössere Kristalle) und z. T. mit Chlorit überzogen. Der *Titanit* erreicht höchstens 5 mm Durchmesser. Man kann zwei Typen unterscheiden, der eine ist derselbe wie am Blauwang, eine Kombination von (111) und ($\bar{1}$11). Beim zweiten Typus kommt noch ungefähr gleichgross (021) hinzu. Dies ergibt eine Kombination von 12 Flächen, die eine pseudohexagonale Bipyramide darstellen. Dazu kommen noch etwa ($\bar{1}$32) und sehr klein ($\bar{3}$35), (001) und (102). Oft ist Titanit von Chlorit überzogen, auch wenn die umgebenden Mineralien ganz frei davon sind. *Pyrit* ist einige mm gross, oberflächlich limonitisiert, eine Kombination von gestreiftem Würfel und Oktaeder. *Anatas* ist sehr selten, grünlich und spitzpyramidal. Die Ausscheidungsfolge ist *Quarz, Adular, Albit-Titanit, Anatas-Glimmer-Chlorit.*

Für die Klüfte in diesem Gneis ist charakteristisch, dass Quarz stark zurücktritt, trotzdem das Gestein sehr quarzreich ist. Am Geisspfad und auf dem Wannenhorn fehlt sogar das übliche Quarzband.

KLUFTLAGERSTÄTTEN IM PARAGNEIS

Lercheltini-Zone. (Gorb [7], Spissen [8], Riggi [9,9a], vorderer [10] und hinterer [11] Kollergraben)

Da in der Literatur diese Fundorte nicht genügend auseinandergehalten sind und es mir nicht gelang, gutes Material zu erhalten, müssen die Mineralien der ganzen Zone zusammen behandelt werden. Es gibt zweifellos Verschiedenheiten der Eigenschaften der Mine-

ralien der verschiedenen Fundorte, zu deren Feststellung es aber grosser Arbeiten an Ort und Stelle bedarf, um neue Klüfte zu öffnen. Die Stufen dieser Fundorte sind gewöhnlich mit «Alp Lercheltini» oder «Kollergraben» etiquettiert. Da aber die Mineraliensammler zwecks Geheimhaltung guter Fundstellen oft absichtlich falsche Angaben machten, kann von einer solchen Stufe höchstens mit Sicherheit gesagt werden, dass sie aus der Lercheltini-Zone stammt, mit einer Ausnahme: die Anatase von Spissen haben einen für den Fundort ganz charakteristischen Habitus.

Es gibt sicher verschiedene Paragenesen längs der kluftführenden Zone, die aber ohne neue Arbeiten nicht bestimmbar sind. Ferner ist bei gleichbleibenden Bedingungen sehr wahrscheinlich die Paragenese bis zu einem gewissen Grad eine Funktion der Kluftgrösse.

Die Gesamtparagenese ist folgende: *Quarz, Adular, Albit, Muskowit, Magnetit, Hämatit, Ilmenit, Rutil, Anatas, Arsenoferrit, Turmalin, Xenotim, Monazit (Turnerit), Calcit, Aragonit, Siderit, Pyrit, Chlorit, Limonit, Titanit.*

Siderit scheint nur am hinteren Kollergraben aufzutreten, hier in beträchtlichen Mengen. *Rutil* und *Anatas* kommen nur selten in derselben Kluft vor. *Ilmenit, Xenotim* und *Monazit* sindsehr selten, *Titanit* ist nicht häufig, ebenso *Aragonit*. Es sind nur wenige Kristalle von *Arsenoferrit* bekannt, er ist aber so schwer von Pyrit zu unterscheiden, dass die Häufigkeit seines Auftretens nicht beurteilt werden kann. *Rutil* ist im Durchschnitt häufiger als *Anatas*. Die übrigen Glieder der Paragenese (Rutil und Anatas eingeschlossen) sind alle recht häufig, *Quarz* und *Adular* und *Limonit* dominieren stark.

Am Riggi (untere Fundstelle) sind zahlreiche kleine Klüfte (Grössenordnung Kubikdezimeter, Breite gew. nur 1—2 cm). Die Paragenese und Ausscheidungsfolge ist *Quarz-Magnetit-Adular, Rutil, Hämatit-Limonit*. Die Quarzausscheidung fängt vor derjenigen des Magnetites an und überdauert dessen Wachstum. Rutil und Magnetit werden über 1 cm gross. In der sandigen Kluftfüllung gibt es Quarze und Rutile, die beidseitig ohne Anwachsstelle ausgebildet sind, Magnetit zeigt hingegen stets eine Anwachsstelle. Ein grosser Quarz (3 × 8 cm, mit aufgewachsenem Magnetit) lag in einer 4 cm breiten Kluft. Dieser Kristall muss also nach dem Loslösen vom Gestein, in der Kluft liegend, noch weitergewachsen sein. Trotzdem ist er wasserklar, ohne Einschlüsse.

Von der Lercheltini-Zone habe ich den Eindruck erhalten, dass die einzelnen Klüfte meist nicht unzusammenhängende Gebilde sind,

sondern dass oft viele miteinander verbunden waren, in dem Sinne, dass die Lösungen, aus denen die Mineralien auskristallisierten, in grösseren Räumen zirkulieren konnten. Dabei fand eine Differentiation statt, mit dem Endeffekt, dass benachbarte Klüfte z. T. verschiedene Paragenesen, z. T. dieselben Mineralien in stark verschiedenen Mengenverhältnissen führen.

Die Ausbeutung der jetzt offenen Klüfte war aber eine derart weitgehende, dass ich diese Ansicht nicht in befriedigendem Masse durch Beobachtungen stützen kann. Ich will nur darauf hinweisen, dass z. B. Turmalin, Anatas und Albit in benachbarten Klüften in sehr stark verschiedenen Mengenverhältnissen auftreten, und dass Anatas meist in den oberen Klüften eines Vorkommens am reichlichsten zu finden ist.

Anatas (lit. 5, 6, 7, 8, 13, 14, 19, 21, 25, 28, 29, 32, 46, 52, 62, 65, 73, 105, 110 a, 115, 135).

Die Anatase von Lercheltini sind von seltener Schönheit und Grösse. Ihre Farbe und Tracht sind so charakteristisch, dass sie kaum mit Anatasen anderer Lagerstätten zu verwechseln sind.

Härte: 5, 5–6.

Spez. Gew. 3,83—3,97.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (111), weniger gut nach (001).

CHEMISMUS: Vanadium- und Chromfrei (lit. 52).

KRISTALLOGRAPHIE: Metrik normal. Tetr. hol. a : c = 1 : 1,7771.

Habitus:

1. Vorherrschaft von (111), untergeordnet stumpfere Bipyramiden, dann (001), (101), (1. 5. 19). Farbe weingelb bis schwarz. Verhältnismässig selten.
2. Vorherrschaft von (117), selten von (119), untergeordnet mehrere stumpfere Bipyramiden, ferner die Formen (111), (101), (301), (001), (100), (110), (221), (331), (1. 5. 19), (532), (107) und andere. Häufigster Typus. Weiss, gelb, braun, schwarz.
3. Prismatisch nach (100), untergeordnet (335), (111), (101), (313) und Bipyramiden stumpfer als (335). Farbe braun. Z. T. grosse Individuen (? × 5 cm).
4. Vorherrschaft von (223), selten von (335), untergeordnet (100). Farbe braun. Selten.
5. Bipyramidal nach (113), manchmal fast selbständig. Meist grün, seltener gelb.
6. Vorherrschaft von (313), daneben (113), (335), (111), (221), (101), (701), (532), (100). (313) ist durchwegs rauh. Diesen Typus findet man nur am Ort Spissen. Oft grosse Kristalle.
7. (112) so einzige Form. Sehr selten.
8. Dicktafeln nach der Basis.

63 Formen. Basis (001). Prismen (100) und (110).

25 Bipyramiden I. Stellung: (111), (112), (113), (114), (115), (116), (117), (118), (119), (1. 1. 14), (1. 1. 28), (1. 1. 40), (1. 1. 100)?, (221), (223),

(227), (229), (331), (335), (3. 3. 20), (443)?, (558), (5. 5. 11), (5. 5. 12), (5. 5. 19).

12 Bipyramiden II. Stellung: (101), (102), (103), (107), (203)?, (301), (701), (801), (902), (13. 0. 2), (3. 0. 10), (5. 0. 19).

23 ditetragonale Bipyramiden: (313), (319), (532), (314), (526)?, (324), (513), (1. 5. 19), (17. 3. 2), (18. 2. 3), (21. 1. 3), (39. 4. 6), (1. 5. 20), (15. 3. 20)?, (11. 2. 12), (25. 11. 5), (11. 3. 44), (11. 3. 45), (4. 1. 16), (2. 1. 10), (3. 1. 13), (11. 1. 4), (4. 9. 12).

Die wichtigsten Formen sind: (111), (100), (001), (101), (117), (1. 5. 19), (313), (532), (221), (113), (335).

OPTIK: Achsenkreuz manchmal stark gestört. Optisch negativ.

Dicktafeliger gelber Kristall (lit. 29).

λ	ω	ε	$\omega - \varepsilon$
6925	2,5100	2,4451	0,0649
6239	2,5407	2,4709	0,0698
5893	2,5618	2,4886	0,0732
5350	2,6066	2,5262	0,0804
4047	2,8760	2,7395	0,1365

Die Werte scheinen variabel zu sein, wie folgende Bestimmungen zeigen:

589	2,5469	2,4973	0,0496	lit. 8
588	2,5640	—	—	lit. 65
589	2,5618	2,4886	0,0732	lit. 29

Der Pleochroismus kann sehr verschieden sein.

Brauner Kristall	ω — gelb, mit Stich ins grünliche
	ε — gelblichbraun mit Stich ins rötliche
Brauner Kristall	ω — gelbbraun
	ε — rötlichbraun
Weingelber Kristall	ω — dunkelweingelb
	ε — lichtlederbraun mit Stich ins rötliche
Grüngelber Kristall	ω — grünlichgelb
	ε — bräunlichgelb mit Stich ins rötliche.

Xenotim (lit. 7, 8, 12).

Seltener als Monazit, mit dem er meist assoziiert ist, sehr ähnlich Anatas.

Farbe: Hell- bis dunkelgelb.

KRISTALLOGRAPHIE: Tetragonal a:c = 1:0,6188.

Habitus: 1. Bipyramidal isometrisch mit (111). 2. Prismatisch nach (100).

Formen: (100), (110), (111), (311).

Rutil (lit. 22).

Häufiger als Anatas, kommt auf Riggi in grossen Mengen vor, bis 2 cm gross. Sagenit ist häufig auf Siderit im Kollergraben.

Farbe: Tiefrot, kantendurchscheinend, kleine Kristalle orange.

Habitus: 1. Kurzsäulig. 2. Nadelig (Sagenit).

Formen: (100), (120), (130), (140), (101), (111), (001)

Zwillinge: Die Zwillingsbildungen sind recht komplizier. Ausser den einfachen Kniezwillingen nach (011) gibt es auch Verwachsunge nach (031). Aus den beiden Verwachsungen resultieren komplizierte Zwillingsstöcke mit 8, 9 oder 12 Individuen (nach BAUMHAUER, lit. 22).

Ilmenit (lit. 11, 35).

Sehr selten. BÜCKING (lit. 35) beschrieb folgenden Kristall:

Habitus: Etwas tafelig durch Vorherrschen der Basis, nach der der Kristall verzwillingt ist, deutlich hemiedrisch.

Formen: (0001), $(11\bar{2}0)$, $(20\bar{2}5)$, $(01\bar{1}2)$, $(10\bar{1}0)$, $(02\bar{2}1)$, $(4\bar{2}\bar{2}3)$, $(22\bar{4}3)$, $(2\bar{1}\bar{1}5)$, $(2\bar{1}\bar{1}6)$ und ein unbestimmtes Rhomboeder III. Stellung.

SADEBECK (lit. 11) kritisiert die Arbeit BÜCKINGS und meint, dass der Kristall nicht sicher hemiedrisch sei. DESBUISSONS (lit. 186) spricht aber von mehreren Kristallen, so dass das Vorkommen kaum zweifelhaft ist.

Monazit (Turnerit) (lit. 9, 10, 55).

Oft mit Titanit assoziiert, von dem er schwer bei Tageslicht zu unterscheiden ist. Im Lampenlicht hingegen erscheint der Titanit grüngelb, der Monazit dunkelorangerot. Grösse $1/2$—4 mm. Selten.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin a:b:c = 0,9693:1:0,9256, β = 103° 40′ (aus HINTZE).

Habitus: 1. Dicktafelig nach $(\bar{1}01)$, daneben (100) wichtig. 2. Kurzsäulig mit vorwaltend (100), (011) und (021). 3. Gestreckt nach der b-Achse. Die Formen (101) und (305) wurden nur an diesem Typus beobachtet.

15 Formen: (100), (101), $(\bar{1}01)$, (305), (110), (210), (010), (310), (021), (011), (111), $(\bar{1}11)$, $(\bar{2}11)$, $(\bar{2}12)$, $(\bar{2}83)$?.

Kreuzzwillinge: Nach (100). Das eine Individuum tritt oft nur als dünne Lamelle auf $(\bar{1}01)$ des anderen auf.

Arsenoferrit (lit. 40, 71).

Isometrische Kristalle (2—20 mm), assoziiert mit Quarz, Adular und Hämatit. Von etwas verändertem Pyrit schwer zu unterscheiden. Mit unregelmässigen Sprüngen durchsetzt.

Farbe: Dunkelrostbraun, rubinrotdurchsichtig in feinen Splittern und im Dünnschliff. Anormale Doppelbrechung mit verschiedener Auslöschung einzelner Teile.

KRISTALLOGRAPHIE: Kubisch paramorph.

Habitus: Würfel und Oktaeder herrschen vor.

Formen: (100), (111), (110), (310).

CHEMISMUS (lit. 71): In Salzsäure löslich.

Die Analyse ergab As = 71—72 %, Fe = 29—28 %. Die Zusammensetzung As_2Fe verlangt As = 72,84 %, Fe = 27,16 %.

Arsenoferrit gehört zur Pyritgruppe. Lercheltini ist einziger Fundort.

Magnetit (lit. 81).

Glänzende Oktaeder, bis 3 cm gross. Oft mit schmalem längsgestreiftem Rhombendodekaeder. BECKE (lit. 81) hat künstliche Ätzerscheinungen untersucht. Zwillinge nach (111). Auf Spissen wurden einige Kristalle mit nur Rhombendodekaeder gefunden, stark gestreift parallel [101]. Diese Kristalle sind nach (111) gut spaltbar. Der Würfel als kleine Flächen ist nur sehr selten zu sehen.

Hämatit (lit. 35, 37, 160, 181).

Die Hämatite von Lercheltini sind charakterisiert durch das Auftreten seltener Skalenoeder als wichtige Formen.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhomboedrisch holoedrisch.

46 Formen: (0001), $(10\bar{1}0)$, $(9.5.\bar{1}\bar{4}.0)$, $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}6)$, $(10\bar{1}4)$, $(50\bar{5}8)$, $(10\bar{1}1)$, $(50\bar{5}4)$, $(20\bar{2}1)$, $(01\bar{1}2)$, $(01\bar{1}4)$, $(05\bar{5}9)$, $(0.8.\bar{8}.11)$, $(0.24.\bar{2}\bar{4}.23)$, $(05\bar{5}4)$, $(02\bar{2}1)$,

$(03\bar{3}1)$, $(09\bar{9}2)$, $(07\bar{7}1)$, $(1.1.\bar{2}.10)$, $(11\bar{2}3)$, $(33\bar{6}5)$, $(22\bar{4}3)$, $(72.1.\bar{7}\bar{3}.73)$, $(26.6.\bar{3}\bar{2}.7)$, $(24.6.\bar{3}\bar{0}.5)$, $(16.8.\bar{2}\bar{4}.25)$, $(21\bar{3}3)$, $(42\bar{6}5)$, $(10.5.\bar{1}\bar{5}.12)$, $(15.8.\bar{2}\bar{3}.22)$, $(9.5.\bar{1}4.13)$, $(14.8.\bar{2}\bar{2}.19)$, $(11.7.\bar{1}\bar{8}.22)$, $(9.8.\bar{1}\bar{7}.13)$, $(1.15.\bar{1}\bar{6}.4)$, $(24\bar{6}7)$, $(12\bar{3}3)$, $(7.14.\bar{2}\bar{1}.20)$, $(10.20.\bar{3}\bar{0}.27)$, $(24\bar{6}5)$, $(7.14.\bar{2}\bar{1}.18)$, $(8.15.\bar{2}\bar{3}.19)$, $(5.9.\bar{1}\bar{4}.20)$, $(24.25.\bar{4}\bar{9}.57)$.

Habitus:

I. Isometrisch.

1. Vorherrschend $(10.20.\bar{3}\bar{0}.27)$ und (0001), daneben $(10\bar{1}1)$ und $(26.6.\bar{3}\bar{2}.7)$ häufig.
2. Vorherrschend $(8.15.\bar{2}\bar{3}.19)$ und (0001), daneben $(10\bar{1}1)$, $(33\bar{6}5)$ und Skalenoeder mit grossen Indizes.

II. Tafelig nach (0001).

3. Vorherrschend $(11.7.\bar{1}\bar{8}.22)$, daneben $(10\bar{1}1)$, $(24\bar{6}7)$ und $(03\bar{3}1)$. Selten.
4. Vorherrschend $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$ und $(9.5.\bar{1}\bar{4}.13)$.
5. Vorherrschend $(22\bar{4}3)$ und $(10\bar{1}1)$.
6. Vorherrschnnd $(22\bar{4}3)$, daneben $(24\bar{6}7)$, $(10\bar{1}1)$, $(24.25.\bar{4}\bar{9}.57)$.
7. Meist nur (0001) und $(22\bar{4}3)$. Eisenrosen häufig.
8. Vorherrschend $(9.5.\bar{1}\bar{4}.13)$ und $(01\bar{1}2)$, neben $(10\bar{1}1)$.
9. Vorherrschend $(10\bar{1}0)$ und $(10\bar{1}1)$.
10. Dünntafelig mit vielen Rhomboedern.
11. $(22\bar{4}3)$, $(10\bar{1}0)$ und $(11\bar{2}0)$. Oft Eisenrosen.

Zwillinge: Berührungs- und Durchkreuzungszwilling nach der Basis.

CHEMISMUS: Erheblicher TiO_2-Gehalt.

Verwachsung Rutil-Hämatit, Rutil-Magnetit, Hämatit-Magnetit (lit. 19, 23, 34, 35, 153, 181).

Verwachsung Rutil-Hämatit auf Lercheltini sehr häufig, besonders am vorderen Kollergraben. Die anderen beiden Verwachsungen sind relativ selten.

Rutil-Hämatit	Hämatit-Magnetit	Magnetit-Rutil
(100) // (0001)	(0001) // (111)	(111) // (100)
[100] // $[10\bar{1}0/11\bar{2}0]$	$[0001/11\bar{2}0]$ // [101]	[101] // [001]

Pseudomorphose von Rutil nach Hämatit (lit. 33).

Nicht sehr selten. Die Rutile bilden ein ziemlich dichtes Gitterwerk in der Form des Hämatits, Orientierung der Rutilindividuen wie bei Verwachsung mit Hämatit.

Pseudomorphose von Rutil und Magnetit nach Ilmenit (lit. 84).

Ein Kristall wurde parallel der Basis (0001) aufgeschnitten, wobei es sich herausstellte, dass der Kern aus Ilmenit (unregelmässige Form) und die Hülle aus einem Gemenge von Rutil und Magnetit besteht, mit derselben Orientierung wie bei der Verwachsung mit Hämatit. Der Kristall mag primär ein Mischkristall von Ilmenit und Hämatit gewesen sein, der bei der Entmischung vollständig in Rutil und Magnetit zerfallen kann (in diesem Fall nur partiell, von aussen nach innen).

Balmen [12]

Auf genau 2400 m, im gewöhnlichen Zweiglimmergneis, befindet sich eine riesige Kluft, deren oberer Teil schon vor sehr langer Zeit ausgebeutet wurde, vermutlich nur auf Quarz. Das Loch, dessen Wände keine Bohrlochspuren zeigen, ist horizontal 5 m tief; die

Mineraliensammler haben also ohne zu sprengen gearbeitet, welches sie seit vielen Jahrzehnten nicht mehr tun. Drei Meter von der Lochmündung wurden in einem Spalt (im Boden der Kluft), der quer zur Kluftrichtung steht, einige Kilogramm feiner grüner Chlorit gewonnen, aus welchem ca. 2000 lose, chloritfreie Anataskristalle gewaschen wurden, von der Grösse 1—10 mm. Daneben gab es einige Dutzend Apatite (2—5 mm). Anatas befand sich auch reichlich auf herumliegenden Blöcken, ein Beweis dafür, dass die Sammler nur den Quarz suchten, und dass die erste Ausbeutung der Kluft sehr weit zurückliegt.

Paragenese, nach Menge geordnet: *Quarz, Chlorit, Adular, Limonit, Pyrit, Hämatit, Muskowit, Anatas, Turmalin, Apatit, Rutil.*

Ausscheidungsfolge: *Quarz, Turmalin-Adular-Anatas-Muskowit, Rutil-Chlorit, Limonit.*

Anatas ist dunkelgrün mit inhomogener Färbung, Habitus wechselnd von spitzpyramidal mit nur (111) bis dicktafelig nach der Basis. Die häufigste Ausbildung ist intermediär. (101) ist selten und schmal, (100) fehlt. (111), (001) und stumpfere (hhl) sind fast an allen Individuen vorhanden. Oft sind einige Kristalle zusammengewachsen zu Gruppen, scheinbar ohne Zwillingsbildung.

Die Anatase aus dem Chlorit zeigen fast durchwegs Anwachsstellen, so dass es wahrscheinlich erscheint, dass sie während oder nach der Chloritbildung sich vom Gestein loslösten.

Turmalin und *Rutil* sind feinnadelig und bilden z. T. einen feinen Filz. *Hämatit* ist stets dünntafelig mit abgebrochenen Rändern.

Der *Apatit* ist farblos, dünntafelig nach der Basis. Ein Kristall mit 58 Flächen zeigt folgende Formen: (0001), $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}2)$, $(10\bar{1}1)$, $(20\bar{2}1)$, $(11\bar{2}2)$, $(11\bar{2}1)$, $(21\bar{3}1)$, $(21\bar{3}2)$, $(31\bar{4}2)$. Die wichtigsten Formen sind (0001), $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}1)$, $(10\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}2)$. Die Flächenbeschaffenheit ist sehr gut, und die gemessenen Winkel kommen den berechneten sehr nahe (Achsenverhältnis 1 : 0,7340).

Diese Kluft ist die einzige Fundstelle für Apatit neben Schmid's Tobel, wo nur ein Kristall gefunden wurde.

Turbenalp [13]

Im weichen albitarmen Zweiglimmergneis mit Karbonat, unter dem Turbhorn und 20 m oberhalb der offenen Wasserleitung, gibt es zahlreiche kleine Klüfte ohne Quarzband. Die einzige grosse Kluft, welche ausgebeutet ist, hat ein mächtiges Quarzband mit viel eingeschlossenem Turmalin. Die Paragenese (kleine Klüfte) ist nach Häu-

figkeit geordnet: *Siderit, Adular, Quarz, Limonit, Turmalin, Rutil.* Ausscheidungsfolge: *Turmalin, Quarz-Adular-Siderit-Rutil-Limonit.*

Turmalin ist grünschwarz, Endflächen $(10\bar{1}1)$ und $(02\bar{2}1)$, manchmal auch die Basis. Oft sind viele Individuen mit freien Enden zu dicken Paketen zusammen verwachsen, mehr oder weniger parallel. Auch *Adular* bildet durch Parallelverwachsung langgestreckte Aggregate. Die *Siderite* sind grosse (bis 2 cm) schmutzigbraune Rhomboeder mit gebogenen Flächen. *Rutil* ist nadelig und sitzt oft auf dem Siderit. Die *Quarze* dieser Lokalität sind z. T. ausserordentlich flächenreich, es seien die Resultate einer Messung mitgeteilt.

Quarz von Turbenalp (15 × 17 mm)

Fläche	gemessen		berechnet		Form
	ϱ	φ	ϱ	φ	
$10\bar{1}0$	90°03′	00°01′	90°00′	00°00′	$10\bar{1}0$
$01\bar{1}0$	89 57	00 01	„	„	
$\bar{1}100$	89 59	00 01	„	„	
$10\bar{1}1$	51 51	00 02	51 47	00 00	$10\bar{1}1$
$1\bar{1}01$	51 50	00 02	„	„	
$0\bar{1}11$	51 44	00 18	„	„	
$\bar{1}011$	51 49	00 24	„	„	
$\bar{1}101$	51 49	00 02	„	„	
$01\bar{1}1$	51 45	00 03	„	„	
$40\bar{4}\bar{1}$	78 45	00 00	78 52	00 00	$40\bar{4}1$
$04\bar{4}1$	78 49	00 01	„	„	
$\bar{3}031$	75¼	0¼	75 17	00 00	$30\bar{3}1$
$03\bar{3}1$	75 20	00 04	„	„	
$30\bar{3}1$	75 25	00 00	„	„	
$02\bar{2}1$	69	00 03	68 30	00 00	$20\bar{2}1$
$50\bar{5}3$	64 51	00 08	64 43	00 00	$50\bar{5}3$
$13.0.\bar{1}\bar{3}.\bar{6}$	70 05	00 03	70 01	00 00	$13.0.\bar{1}\bar{3}.6$
$\bar{2}111$	65 38	29 48	65 33	30 00	$11\bar{2}1$
$13\bar{4}1$	77 44	14 01	77 41	13 59	$31\bar{4}1$
$15\bar{6}1$	81 57	09 02	81 57	08 27	$51\bar{6}1$
$\bar{1}\bar{2}.7.5.5$	69 39	24 12	69 20	24 30	$7.5.\bar{1}\bar{2}.5$
$\bar{8}533$	71 58	21	71 21	21 47	$53\bar{8}3$
$\bar{1}\bar{9}.13.6.6$	74 46	17 40	74 19	17 59	$13.6.\bar{1}\bar{9}.6$
$10.\bar{3}.\bar{7}.3$	75	17½	75 07	17 00	$7.3.\bar{1}\bar{0}.3$
$3.7.\bar{1}\bar{0}.3$	74 53	17 29	„	„	
$5.10.\bar{1}\bar{5}.4$	76 33	18 49	76 37	19 06	$10.5.\bar{1}\bar{5}.4$
$11.4.\bar{1}\bar{5}.11$	57¼	14 40	57 14	14 55	$11.4.\bar{1}\bar{5}.11$
Sehr kleine unsichere Flächen.					
$50\bar{5}2$	72 07	00 00	72 31	00 00	$50\bar{5}2$
$13.0.\bar{1}\bar{3}.7$	66 51	00 16	67 01	00 00	$13.0.\bar{1}\bar{3}.7$
$\bar{1}\bar{1}.0.11.10$	54 26	00 32	54 24	00 00	$11.0.\bar{1}\bar{1}.10$
$\bar{2}\bar{3}.23.0.7$	76 44	00 03	76 31	00 00	$23.0.\bar{2}\bar{3}.7$
$\bar{1}\bar{8}.18.0.1$	87 43	00 03	87 29	00 00	$18.0.\bar{1}\bar{8}.1$

$05\bar{5}1$	80 41	00 02	81 03	00 00	$50\bar{5}1$
$0.14.\bar{1}\bar{4}.3$	79 58	00 02	80 25	00 00	$14.0.\bar{1}\bar{4}.3$
$43\bar{7}7$	47 49	27 30	47 49	25 17	
$7\bar{4}\bar{3}7$	47 57	24 48	„	„	$43\bar{7}7$
$\bar{3}7\bar{4}7$	47 38	26	„	„	
$5\bar{2}\bar{3}5$	47 57	23 32	47 55	23 25	
$23\bar{5}5$	47 59	24 00	„	„	$32\bar{5}5$
$\bar{3}5\bar{2}5$	47 45	24	„	„	

Kriegalp [14,15,16]

Diese Klüfte dürften ungefähr folgende Paragenese haben: *Quarz, Adular, Albit, Glimmer, Hämatit, Titanit, Rutil, Chlorit.* Die *Titanite,* die in lit. 20 und 156 beschrieben sind, stammen sehr wahrscheinlich von hier. Farbe hellgelb bis fast schwarz.

Habitus: 1. Isometrisch, ähnlich wie am Blauwang und Wannenhorn. Farbe dunkel. 2. Tafelig nach (102). Farbe hell.

Formen: (111), ($\bar{1}$11), (102), ($\bar{1}$32), (100), (021), ($\bar{2}$33), ($\bar{4}$65), (001), (766), ($\bar{2}$43), ($\bar{1}$. 1. 20), ($\bar{1}$. 1. 10), ($\bar{2}$85), ($\bar{3}$54), (110), (131).

Die wichtigsten Formen sind (111), ($\bar{1}$11), (102), ($\bar{1}$32), (100).

TITANEISENERZLAGERSTÄTTE IM AMPHIBOLIT

Fleschen

In den Fleschen, auf 2150 m, an der Stelle, wo sich die Wege von Heiligkreuz und Beschissene Matt treffen, befindet sich eine alte, aus Gesteinsplatten angelegte Plattform, auf der noch einige Erz- und Amphibolitstücke liegen. Auf dieser Plattform wurde jedenfalls das aus einem nahen Ausbeutungsort hergebrachte Material nach hochwertigem Erz durchsucht. Es gelang mir nicht, die Ausbeutungsstelle zu finden, auch die Bevölkerung des Tales weiss nichts davon; da der Betrieb schon mindestens 200 Jahre ruht, ist es nicht ausgeschlossen, dass der Ort jetzt unter Schutt liegt.

Das erzreichste Amphibolitstück, das auf der Plattform gefunden wurde, hat ein spez. Gew. von 3,45. Die Ausmessung des Dünnschliffes ergibt volumprozentisch:

Hornblende	71,2 %
Erz	18,4 %
Rutil	4,8 %
Plagioklas	5,6 %

Struktur nematoblastisch-poikiloblastisch (Oligoklas als Wirt).

Der *Amphibol* ist gew. grüne Hornblende, wie in den normalen Amphiboliten. *Titanit* tritt accessorisch auf. Das schwarze Erz ist intim mit Rutil verwachsen. Im Anschliff ist das Erz deutlich anisotrop, mit ungefähr gleichem Reflexionsvermögen wie Rutil; es

ist *Ilmenit*. *Rutil* ist anhand der starken roten Innenreflexe leicht zu erkennen; wie auch im Dünnschliff ersichtlich ist, neigt er zur kurzsäuligen Ausbildung, während Ilmenit völlig xenomorph ist. Der Durchmesser der fetzenförmigen Erzpartien, die nur aus wenigen Individuen bestehen, übersteigt selten ½ mm. Hie und da sind kleine Pyrite eingeschlossen, sowohl im Rutil wie im Ilmenit.

Es ist kaum zweifelhaft, dass der betreffende Amphibolit ein Orthogestein ist, und dass die Erzassoziation Ilmenit-Rutil durch Metamorphose aus primär im Gestein vorhandenen titanreichem Erz entstanden ist.

LAGERSTÄTTEN DER RANDZONE DER GEISSPFADMASSE

Geisspfad [17]

Ungefähr in der Mitte zwischen Passweg und Wasserfall, unmittelbar an der Grenze Serpentin-Grenzzone, gibt es im Serpentin einige sehr grosse Spalten, ½—2 m breit. Sie waren mit hochwertigen, langfaserigem *Asbest* gefüllt, der um die Jahrhundertwende abgebaut wurde. Der reinweisse Asbest schliesst stellenweise massenhaft bis zentimetergrosse, hellgrüne, durchsichtige *Hornblendestengel* ein. Über den Chemismus orientieren zwei neue Analysen von Prof. JAKOB: I. weisser Asbest, II. hellgrüne Hornblende im Asbest.

	I.	II.
SiO_2	57,79	57,46
TiO_2	0,10	0,00
Al_2O_3	0,00	0,00
Fe_2O_3	0,00	1,74
FeO	2,36	1,11
MnO	0,02	0,15
MgO	24,05	23,81
CaO	13,08	13,39
Na_2O	0,96	0,91
K_2O	0,47	0,57
H_2O+	1,19	0,40
H_2O-	0,00	0,00
O_2	0,00	(0,46)
	100,02	100,00

Berechnung auf 48 Sauerstoffatome:

	I.				II.			
Si	15,93	16,00			16,19	16,19 B^{IV}		
Ti	0,07				0,00			
Ti	0,14				0,00			
Fe^{II}	0,54				0,26			
Fe^{III}	0,00	10,56			0,37	10,67 B^{VI}		
Mg	9,88				10,00			
Mn	0,00		15,09		0,04			15,41
Ca	3,86				4,04			
Na	0,51	4,53			0,50	4,74 A		
K	0,16				0,20			
H	2,20				0,75			

Die Formel $B^{IV}_{16}\,O_{44}\,B^{VI}_{10}\,A_4\,(OH)_4$ ist nur annähernd erfüllt, es fällt besonders das (OH)-Manko auf bei $B^{VI} + A \gtreqless 15$. Na gehört wahrscheinlich zu B^{VI}, dann wird Ca + K nahezu = 4.

Ebenfalls im Asbest eingebettet waren *Titanit, Ilmenit* und *Granat*.

Titanit (lit. 179): grüngelb (kleine Kristalle durchsichtig). Lanzettenform. Formen: (111), (110), (100), (221)?.

Ilmenit: Ein grosser tafeliger Kristall ($2 \times 1\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ cm) wurde ausgemessen. Formen: (0001), $(11\bar{2}1)$, $(20\bar{2}1)$, $(2\bar{2}01)$, $(22\bar{4}5)$, $(10\bar{1}0)$. Die gemessenen Winkel stimmen fast auf die Minute mit den berechneten überein, für a:c = 1: 1,3846.

Granat (lit. 179, 137): Farbe grün. Bildet entweder runde Körner, einzeln oder zu Knollen aggregiert, oder klare durchsichtige, unverzerrte Rhombendodekaeder (max. 2 mm).

Analysen (L. Hezner und F. Hinden, lit. 137 und 179):

	Hinden	Hezner	Andradit theoretisch
SiO_2	35,30	35,40	35,45
Al_2O_3	0,79	0,45	—
Fe_2O_3	30,86	31,19	31,49
MnO	—	0,08	—
CaO	33,10	32,91	33,06
MgO	sp.	0,18	—
H_2O	0,10	0,27	—
	100,15	100,48	100,00

Titanit und Granat findet man auf dieser Lagerstätte wohl kaum mehr, hingegen sind Asbest und Ilmenit noch leicht zu finden, neben filzigem *Bergleder, Karbonatknollen* und *Pyrit*. Die Kluftflächen sind glatt, und der Serpentin ist unverändert. Die Faser des Asbest steht senkrecht zur Kluftwand. Unmittelbar an der Kluftwand ist eine 3—5 cm dicke Schicht Asbest, welcher dicht ist und nur schwer zu Fasern spaltet.

Das Material für die Kluftfüllung kann höchstens zum Teil aus dem Serpentin stammen, Kalk und Titan müssen aus der Grenzzone hergewandert sein. Die Asbestbildung ist sicher alpin und hydrothermal, es handelt sich aber um eine Bildung, die einen von der gewöhnlichen Kluftbildung abweichenden Charakter besitzt.

Fleschenhorn [18]

In den Amphiboliten, die südöstlich des Fleschenhorns die Randfacies des Serpentin bilden, gibt es spaltähnliche Klüfte, mit z. T. grossen, fast ebenen Wänden, also relativ kleinem Hohlraum. Man findet vier verschiedene Mineralbildungen.

1. Auf der Kluftwand ist eine 2—3 cm kompakte Schicht von feinfaseriger, dunkelgrüner *Hornblende*. Die Fasern stehen ungefähr senkrecht zur Kluftwand und sind asbestartig. Auf dieser Schicht hat sich säuliger bis stengeliger *Epidot* ausgeschieden (Grösse bis $1 \times \frac{1}{2}$ cm).

2. Die Schicht besteht nicht aus Hornblende, sondern aus einem mehr oder weniger dichten Aggregat von *Epidot* ohne guter Eigengestalt. Darauf ist wieder schöner idiomorpher Epidot, stengelige Kristalle, etwas dunkler als die Unterlage.
3. Die Wandung ist dicht besetzt von grau-weissem *Prehnit,* Einzelkristalle und Stöcke (ca. 1 × 1 cm). Prehnit ist pseudotetragonal tonnenförmig mit konkav-konvex gebogenen Flächen. In der Mitte jedes Prehnitstockes befindet sich ein Epidot, der dem jüngeren Prehnit als Kristallisationszentrum diente. Quadratmetergrosse Flächen sind derart dicht und homogen besetzt. DESBUISSONS (lit. 115) erwähnt ähnlichen Prehnit vom Schwarzhorn.
4. *Epidot* und *Albit* (ungefähr gleich alt) und *Calcit* (jünger) sitzen auf der Kluftwand, die sie ganz verdecken. Die Kristalle aller drei Arten sind nur ca. 1 mm gross und nicht gut ausgebildet.

Diese so verschiedenen Bildungen findet man fast innerhalb Reichweite voneinander; es kommt hier zweifellos der sehr heterogene Chemismus der Randzone im Kluftmineralbestand zur Geltung. Die Form dieser Lagerstätte (lange, dünne Spalten), wie auch das Auftreten von Hornblende, welches kein Kluftmineral ist, verrät, dass es sich nicht um eine typische alpine Kluftbildung handelt, sie ist aber einer solchen bedeutend ähnlicher als die Asbestbildung am Geisspfad.

Epidotbildung auf dünnen Spalten im Amphibolit der Randzone ist sehr verbreitet, die dunkeln Amphibolitblöcke auf den Schuttmassen im kleinen Tälchen südlich des Fleschenhorn zeigen häufig ziemlich ebene, von winzigen Epidotkriställchen bedeckte Flächen, welche von weitem hellgrün leuchten. Manchmal ist etwas Albit dabei, es fehlen aber stets Prehnit und Calcit.

Es wurden drei Epidotkristalle (Grössenordnung mm) ausgemessen (Mineralbildung Nr. 2). Sie sind hellgrün (eisenarm), nach der b-Achse gestreckt und zur Bestimmung der Metrik ungeeignet. Alle drei Kristalle haben die Formen: (001), (101), (100), ($\bar{2}01$), ($\bar{1}01$), ($\bar{1}02$), (011), (210), ($\bar{1}11$), ($\bar{5}21$). Ein Kristall zeigt noch ($\bar{1}61$), die anderen zwei statt dessen ($\bar{1}71$). Die beiden letztgenannten Formen sind sehr gross entwickelt.

DESBUISSONS (lit. 115) beschreibt ein Vorkommen in der Nähe des Fleschenhorngipfels, welches ich nicht habe auffinden können. Der Ort soll nur selten schneefrei sein. Es handelt sich um Talklinsen im Serpentin, nahe der Grenzzone. Schöne *Ilmenite* sind im Talk eingeschlossen. Ein grosser Kristall (2½ × 2 × 1 cm) besitzt die Kombination: (0001), ($10\bar{1}1$), ($02\bar{2}1$), ($22\bar{4}3$), ($4\bar{2}\bar{2}3$), ($11\bar{2}0$)? und ($01\bar{1}2$).

Cherbadung

Am Ostgrat des Cherbadung, auf italienischem Gebiet, befindet sich ein Aufschluss der Randzone des Serpentin, wo schöner *Diopsid* gewonnen wurde. Die Stelle ist auf einer Photographie im Buche von DESBUISSONS (lit. 186) genau eingezeichnet. Die Diopside sind beschrieben in lit. 90 und in einer Arbeit von BIANCHI. (Atti. soc. Ital. sc. nat. e Museo civ. in Milano. LIX, 105—125. 1920).

ERZLAGERSTÄTTEN IM DOLOMIT

Die Lagerstätte am Lengenbach[19]. (lit. allg. 26, 54, 56, 87, 116, 129, 136, 139, 140, 131, 143, 145, 177, 184, 186

Dieser einzigartigen Lagerstätte verdankt das Binnental in erster Linie seinen Ruhm. Die namhaftesten Mineralogen der letzten 75 Jahre haben die Mineralien des Lengenbach beschrieben. Viele von ihnen sind ins Binnental gefahren, um sich die schönsten Stufen zu sichern, doch keiner (ausser SOLLY) hat es der Mühe wert gefunden, die Lagerstätte als solche eingehend zu studieren. Im Buche von DESBUISSONS (lit. 186) findet man eine detaillierte Beschreibung der Lagerstätte (nach SOLLY 1906), mit einem Plan. Der Zerfall ist aber in den letzten 30 Jahren so weit fortgeschritten, dass ein Vergleich des Planes mit dem heutigen Bild der Lagerstätte wenig Auskunft gibt.

Der zuckerkörnige Dolomit hat eine Mächtigkeit von ca. 150 m, er fällt 80—85° Süd, die Schichten stehen also fast saiger. Die Lagerstätte befindet sich im jüngsten Drittel des Dolomits. Der Lengenbach (im Siegfriedatlas nicht angeschrieben; der Name Lengenbach ist irrtümlicherweise bei Schwarzenbach gedruckt) fliesst durch die Mitte der Lagerstätte, die einen kleinen Kessel bildet. Ein 3—4 m hoher Wasserfall schliesst sie nach Süden ab, eine weiche Schicht grauen Dolomits bildet den nördlichen Abschluss (hier wurde nur Zinkblende gefunden). Die Mächtigkeit der vererzten Zone beträgt weniger als 20 m. Die Erzverteilung ist unregelmässig, es wurden hauptsächlich 3 erzreiche «Gänge» (konkordant zur Schichtung) ausgebeutet, der erste lag wahrscheinlich unmittelbar unterhalb des Wasserfalles auf der rechten Bachseite, die beiden andern nahe zusammen etwa 15 m weiter nördlich, unter dem Bach und links davon.

Am Messernbach, ca. 100 m westlich, sollen angeblich *Jordanit* und *Skleroklas* gefunden worden sein (Aussagen der Mineraliensammler), sodass möglicherweise die Zone zwischen Lengenbach und

Messernbach, die von 10 m Moräne bedeckt ist, noch reiche Schätze birgt.

Eine Wiederaufnahme der Arbeit am Lengenbach wäre mit bedeutenden Kosten verbunden, und Quantität und Qualität der Ausbeute ist völlig ungewiss. Trotzdem wollen wir hoffen, dass die Lagerstätte nicht endgültig aufgegeben ist, sondern dass wieder einmal neue Stufen vom Lengenbach zur Bereicherung der Wissenschaft beitragen werden.

Die Differentiation innerhalb der Lagerstätte ist nach dem wenigen, das ich erfahren konnte, recht ausgesprochen. Durch Beobachtung an Ort und Stelle ist aber diesbezüglich fast nichts zu sehen. Mit einiger Wahrscheinlichkeit ist folgendes richtig: In der Zone beim Wasserfall (südlichste vererzte Zone) waren Bleiglanz, Tennantit und Jordanit selten, in der nördlichsten Zone waren *Jordanit* und *Bleiglanz* sehr häufig, bei 6 m Tiefe soll nur noch Bleiglanz gefunden worden sein. Im relativ sulfosalzarmen Zwischenraum zwischen dem Wasserfall und der mittleren Zone, dem gegenwärtig einzig beobachtbaren Teil der Lagerstätte, fand ich relativ häufig *Tennantit* und nie eine Spur Bleiglanz. Die Silbersulfosalze, wie auch *Lengenbachit, Liveingit, Baumhauerit, Seligmannit, Marrit* und die beiden *Trechmannite,* stammen alle von den beiden nördlichen Zonen, vielleicht waren sie auch in der südlichen, wurden aber von den Sammlern nicht beachtet. Sehr pyritreiche Zonen sind sulfosalzarm.

Elementenparagenese:

Die relative Atomhäufigkeit der Elemente am Lengenbach (inklusive Dolomitgestein) ist ungefähr folgende: (Hier und auch weiterhin ist innerhalb der durch Strich getrennten Gruppen die Reihenfolge willkürlich): O-C, Ca, Mg-S-Fe-Si, Al, K, Na-Pb-As-Zn-Ba, Mn, H (gebunden), Cu, B-F, Ag, Sb-Tl, Ti, Cr, Li, Sr, P. Das Ausschliessen des Gesteins ändert die Reihenfolge kaum, sondern verkleinert nur den Abstand zwischen (C, Ca, Mg) und S. Die Stellung von Al, K und Na ist dann allerdings nicht mehr sicher. Das Verhältnis (atomar) Sb zu As ist von der Grössenordnung 1:1000, dasjenige von Ag zu Pb etwas grösser und von Pb zu As ca. 3:2. Die dem Gestein in der vorhandenen Menge fremden, zugeführten Elemente sind wahrscheinlich S-Fe-Pb-As-Zn-Ba, Cu, B-F, Ag, Sb-Tl, Cr, Sr, P. Vielleicht sind auch Si, Al, K, Na und Li zugeführt worden.

Die Paragenese ist sicher eine hydrothermal magmatische, die aber sowohl von einem relativ sauren wie von einem basischen Magma abstammen kann. Sie ist jünger als der Dolomit, post-

triasisch und mindestens frühalpin, da die Lagerstätte deutlich alpin metamorph ist. Als Stammagma kommt also nur die Ophiolithintrusion in Frage, welche liasisch ist. Die ursprüngliche Mineralparagenese mag im wesentlichen Bleiglanz, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies und Arsenkies gewesen sein.

Mineralparagenese:

Sulfosalze.	Sulfide u. Arsenide.	Karbonate.
* Skleroklas	Bleiglanz	Dolomit
* Rathit	Zinkblende	Calcit
Jordanit	Pyrit	Malachit ?
* Dufrenoysit	Realgar	Cerussit ?
Tennantit	Auripigment	Aragonit ?
* Baumhauerit	Arsenkies	
* Liveingit		
* Lengenbachit	Sulfate.	Oxyde.
Seligmannit	Baryt	Quarz
* Hutchinsonit		Rutil
* Smithit	Silikate.	Ilmenit
* Trechmannit	Hyalophan	
* Trechmannit-α	Adular	
Proustit	Phlogopit	P- u. Sr-Verbindung.
* Marrit	Turmalin	Hamlinit.
* Hatchit	Muskowit	
	Fuchsit	
	Talk	
	Albit	
	Tremolit ?	

Für die mit * bezeichneten Mineralien ist Lengenbach einziger Fundort. Von Jordanit und Seligmannit gibt es ausserhalb des Binnentals nur je einen zweiten Fundort. Auch Hyalophan und Hamlinit sind seltene Mineralien. Die mit einem Fragezeichen versehenen Mineralien werden in der Literatur nur erwähnt, aber nicht beschrieben, ich kann sie nicht bestätigen.

Die Mineralien befinden sich mehr oder weniger derb im Gestein eingeschlossen, und fast ausnahmslos gut ausgebildet in Drusen (max. Grössenordnung Kubikdezimeter). Der grösste Teil der im Gestein eingeschlossenen Erze befindet sich in einigen erzreichen Zonen, die konkordant zur Schichtung liegen. Ein Handstück aus einer erzreichen Schicht enthält dem Volumen nach stets wesentlich mehr Dolomit als Erz. Auf diese Schichten entfällt die Hauptmenge des Pyrit und wahrscheinlich auch der Zinkblende, während die Sulfosalze nur untergeordnet darin auftreten. Die Drusen, aus denen alle schönen Lengenbachmineralien gewonnen wurden, sind ein deut-

Die zugeführten Elemente verteilen sich folgendermassen auf die einzelnen Mineralien.
(Gewichtsprozente, + bedeutet weniger als 1 %).

	S	Fe	Pb	As	Zn	Ba	Cu	F	B	Ag	Sb	Tl	Cr	Sr	P
Pyrit	53,4	46,6													
Zinkblende	33,0				67,0										
Realgar	29,9			70,1											
Skleroklas	26,4		42,7	30,9											
Hyalophan						bis 13,5									
Baryt	13,7					58,8									
Tennantit	27,0	0,0		18,8	0,0		42,0			1,2					
	- 32,7	- 3,7		- 20,5	- 7,8		- 49,8			- 4,8					
Turmalin								+	5 - 6						
Auripigment	39,0			61,0											
Rathit	23,8	+	51,4	24,8							bis 4,5				
Jordanit	18,6		68,9	12,5											
Dufrenoysit	22,1	+	57,2	20,7			+			+					
Arsenkies	22,5	34,9		42,6											
Baumhauerit	25,0		47,5	27,5											
Lengenbachit	19,3	+	57,9	13,5			2,4			5,6	+				
Seligmannit	21,7	+	46,9	17,0	+		14,4			+	+				
Hamlinit						+								16,9	7,2
Liveingit	24,6		48,7	26,6											
Hutchinsonit	ca. 26	+	ca. 12-16	ca. 30			ca. 0-3			ca. 2-9	ca. 0-2	ca. 18-25			
Smithit	26,0			34,4						43,7					
Proustit	19,4			15,1						65,4					
Fuchsit													+		
Bleiglanz	13,0		87,0												

liches Produkt alpiner Metamorphose. Sie sind wohl nur zum kleinsten Teil eigentliche Zerrklüfte, weil der Hohlraum meist rundlich ist (Zerrklüfte sind fast stets flach). Die Entstehung der Drusen muss man der Tätigkeit der zirkulierenden Lösungen zuschreiben. Der spezielle Charakter der alpinen Kluftmineralisation in den Drusen äussert sich unzweifelhaft in der Ausbildung der Nichterze, wie Quarz, Dolomit, Calcit, Adular und Glimmer. Die Verwachsungen dieser Mineralien mit den Erzen beweist, dass beide Gruppen in ein und derselben Ausscheidungsphase auskristallisierten. Gestützt auf die Befunde der Klüfte am Messernbach (siehe S. 420), welche nur 200 m vom Lengenbach entfernt liegen, kann man sagen, dass die Auskristallisation der Lengenbacher Mineralien unter einem erheblichen Kohlensäuredruck erfolgte.

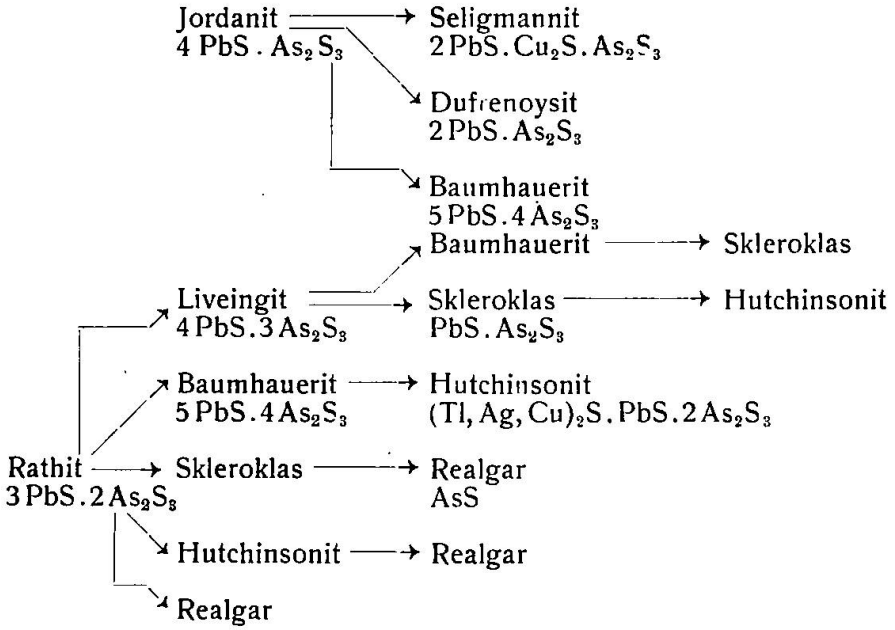
Eine alpine Kluft stellt im allgemeinen chemisch ein mehr oder weniger geschlossenes System dar, in dem Sinne, dass nach dem Anfang der Auskristallisation die Lösung in der Kluft kaum mehr wesentliche Materialzufuhr aus dem umgebenden Gestein erfährt. Für den Lengenbach gilt diese Überlegung wahrscheinlich nicht, es ist eher anzunehmen, dass während der Auskristallisation wässerige Lösungen im ganzen Lagerstättenkomplex ziemlich frei zirkulierten, denn die Drusen sind z. T. fast vollständig ausgefüllt, beispielsweise mit Pyrit.

Es ist in Anbetracht der Verdrängungserscheinungen an den Sulfosalzen nicht unwahrscheinlich, dass die Tätigkeit zirkulierender Lösungen mit dem Abschluss der alpinen Kristallisationsphase noch nicht aufhörte, sondern weiter, vielleicht bis in die allerjüngste Zeit, wirksam war.

Die Ordnung der Mineralien nach der Menge (Gestein ausgeschlossen) ist unzuverlässiger als diejenige für die Elemente; ich schätze sie folgendermassen: *Dolomit, Pyrit-Zinkblende, Realgar, Quarz-Skleroklas, Calcit, (Glimmer und Talk), (Hyalophan und Adular), Baryt-Tennantit, Turmalin-Auripigment, Rathit, Jordanit, Dufrenoysit-Arsenkies, Baumhauerit, Lengenbachit, Seligmannit, Rutil, Hamlinit-Liveingit, Hutchinsonit, Smithit, Trechmannit-Trechmannit-α, Proustit, Marrit, Hatchit, Ilmenit.* Von den nicht aufgezählten ist *Bleiglanz* wahrscheinlich recht häufig; *Malachit, Cerussit, Aragonit* und *Tremolit* sind selten, wenn überhaupt vorhanden. Es wurde nur ein Kristall von *Albit* gefunden (von SOLLY), wonach das Mineral sehr selten wäre. Die Häufigkeit des Albits in den Klüften am Messernbach ist im Vergleich dazu recht merkwürdig.

Die lengenbacher Sulfosalze wurden von GIUŞCĂ chalkographisch untersucht (lit. 129). Die wichtigsten Ergebnisse seiner Arbeit seien hier kurz wiedergegeben.

Im allgemeinen sind die Sulfarsenite innig miteinander verwachsen, wobei wahrscheinlich ausschliesslich Verdrängungsstrukturen vorliegen. Die beobachteten Verdrängungen sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst; die Pfeile zeigen die Änderung im Chemismus an.



Die Verdrängung findet stets im Sinne einer Arsenanreicherung statt. Baumhauerit verdrängt Liveingit. Dies gibt den Grund zur Annahme, dass die Zusammensetzung von Baumhauerit $5PbS \cdot 4As_2S_3$ und diejenige von Liveingit $4\,PbS \cdot 3\,As_2S_3$ ist, und nicht umgekehrt, wie aus den Analysen zu schliessen wäre. GIUŞCĂ hatte keinen messbaren Liveingit, hingegen Baumhauerit und Rathit. Im Anschliff fand er ein Mineral, das Rathit verdrängt und von Baumhauerit verdrängt wird. Daraus schloss er, dass dessen Verhältnis $PbS : As_2S_3$ zwischen dem von Rathit 3:2 und dem von Baumhauerit liegen müsse. Wenn nun Baumhauerit das aus der Analyse hergeleitete Verhältnis 4:3 hätte, müsste für das andere Mineral ein unwahrscheinlich kompliziertes Verhältnis (das einfachste ist 7:5) angenommen werden. Hat hingegen Baumhauerit 5:4, so ist 4:3 das wahrscheinliche Verhältnis für das andere Mineral, welches wohl Liveingit ist.

Die Verdrängungen folgen sehr häufig Spalt- und Absonderungsrichtungen, selten treten pseudoeutekische Strukturen auf. Auch kristallographisch gut ausgebildete Kristalle zeigen manchmal Verdrän-

gungen, auf welche die schlechten Übereinstimmungen der Analysen wenigstens zum Teil zurückzuführen sind.

Tennantit (Binnit) (lit. 36, 51, 66, 72, 72 a, 85, 86, 100, 129, 141, 143, 144, 161, 162, 172).

I. **Gewöhnlicher Tennantit.**

Vorkommen gewöhnlich einzeln, doch bis ein Dutzend in derselben Druse. Scheint häufiger zu sein in den Partien mit grobkörnigen gelblichen Dolomitadern. Sitzt manchmal auf farblosem Dolomit und auf Blende, oft in Anwesenheit von Skleroklas und Realgar. Kleine Pyrite sitzen gern auf Tennantit. Selten grösser als 3—4 mm.

Farbe: Eisenschwarz, gewöhnlich hoher Glanz, manchmal aber auch matt.

Strich: Wechselnd schwarz, kastanienbraun, braun mit Stich ins Purpur. Kristalle mit braunem Strich sind in dünnen Splittern rot durchscheinend, diejenigen mit schwarzem Strich sind opak.

Bruch: Muschelig, keine Spaltbarkeit, spröde.

Härte: 4.

Spez. Gew.: Kristalle mit braunem Strich 4,62; Kristalle mit schwarzem Strich 4,60.

Polierbarkeit: Sehr gut.

Ätzverhalten: Sehr widerstandsfähig gegenüber vielen Ätzlösungen.

KRISTALLOGRAPHIE: Kubisch hemimorph. Die Hemimorphie kommt nur selten in der Gesamtform zum Ausdruck. Zwillinge sind unbekannt.

Habitus: Ausgesprochen isometrisch, oft fast kugelförmig, nur selten tetraedrisch.

69 Formen (58 positive und 11 negative): (100), (110), (111), (211), (611), (433), (322), (755), (855), (955), (511), (722), (911), (811)?, (711), (411), (311), (522), (25. 1. 1), (18. 1. 1), (14. 1. 1)?, (12. 1. 1), (51. 5. 5.), (10. 1. 1), (31. 4. 4), (25. 12. 12), (19. 6. 6), (12. 5. 5), (13. 5. 5), (27. 10. 10), (17. 10. 10), (14. 5. 5), (19. 10. 10), (21. 10. 10), (19. 5. 5), (922), (47. 10. 10), (11. 2. 2), (13. 2. 2), (37. 5. 5), (16. 1. 1), (28. 1. 1), (34. 1. 1), (76. 1. 1), (332), (552), (210), (310), (321), (543), (965), (885), (994), (552), (12. 12. 1), (30. 30. 1), (23. 12. 11), $(1\bar{1}1)$, $(2\bar{1}1)$, $(28.\bar{1}.1)$, $(3\bar{3}2)$, $(9\bar{4}1)$, $(8\bar{8}5)$, $(2\bar{2}1)$, $(5\bar{5}2)$, $(3\bar{3}1)$, $(4\bar{4}1)$, $(13.\bar{1}\bar{3}.1)$.

Die wichtigsten Formen sind: (100), (110), (211), $(2\bar{1}1)$, (611), die fast nie fehlen. $(1\bar{1}1)$ ist wichtiger als (111).

Anzeichen der Hemimorphie:

1. (100) parallel $[0\bar{1}1]$ gestreift.
2. Positive Formen meist glatt und glänzend, negative Formen öfters geätzt.
3. Kanten der positiven Oktanten eher gerundet.
4. Überwiegen der positiven Formen.

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss-grünlich.

Reflexionsvermögen (gemessen am Photometerokular von LEITZ): Orangefilter. In Luft 26 %. In Öl 14 %.

CHEMISMUS:

(lit.	143	172	162	86	86)
	I.	II.	III.	IV.	V.
Cu	37,73	46,28	46,05	49,83	44,12
Ag	1,23	1,91	2,43	1,87	4,77
Fe	0,82	—	—	1,11	3,68
Pb	2,75	—	—	0,17	—
As	30,06	18,98	18,79	19,04	(20,49)
S	27,55	32,73	32,46	27,60	26,94
	100,15	99,86	99,73	99,62	100,00
Spez. Gew.	4,35 bis 4,69	—	5,52	4,62	4,60
Atomzahlen:					
Cu	594	728	724	784	694
Ag	11	18	22	17	44
Fe	15	—	—	20	66
Pb	13	—	—	1	—
As	401	253	251	254	274
S	859	1021	1013	861	840

Die röntgenographische Strukturbestimmung (lit. 72 a) ergab für Fahlerz die Formel:

$$R^{I}_{3}\,R^{III}\,S_{3}$$

R^{III} ist für Tennantit As, R^{I} ist Cu und Ag. Zweiwertige Elemente wie Fe und Zn können einwertige vertreten, wobei mehr S aufgenommen wird, wofür im Gitter Platz ist.

Die Analyse I erweist sich als unbrauchbar, der Bleigehalt deutet auf unreines Material. Es ergeben sich folgende Formeln:

II. $(Cu_{0,98}\,Ag_{0,02})_3\,As_{1,02}\,S_{4,10}$.

III. $(Cu_{0,97}\,Ag_{0,03})_3\,As_{1,01}\,S_{4,07}$.

IV. $(Cu_{0,95}\,Ag_{0,02}\,Fe_{0,03})_3\,As_{0,92}\,S_{3,11}$.

V. $(Cu_{0,86}\,Ag_{0,04}\,Fe_{0,08})_3\,As_{1,02}\,S_{3,02}$.

IV. und V. stimmen mit der Formel gut überein, II. und III. zeigen jedoch einen Schwefelüberschuss von ziemlich genau 1 Atom. Dies ist kaum zufällig, die beiden sehr ähnlichen Analysen stammen von verschiedenen Autoren.

IV. Analyse von 10 Kristallen mit kastanienbraunem Strich.

V. Analyse von 2 Kristallen mit schwarzem Strich.

Der schwarze Strich scheint eine Folge des Fe-Gehaltes zu sein.

II. **Zinkhaltiger Tennantit** (lit. 100).

Ein einziger grosser Kristall (15 mm) gab wegen seiner Abweichung von der gewöhnlichen Form Anlass zu einer Analyse.

Formen: Stark gestreifter Würfel und Tetraeder (Streifung des Würfels parallel der Kante mit dem Tetraeder).

CHEMISMUS:

		Atomzahlen
Cu	42,03	661
Ag	1,24	11
Zn	7,76	119
Fe	0,62	11
As	19,80	264
S	28,08	876
	99,53	
Spez. Gew.	4,61	

Die Formel lautet: $(Cu_{0,82}\,Zn_{0,15}\,Ag_{0,01}\,Fe_{0,01})_3\,As_{0,99}\,S_{3,28}$.

Jordanit (lit. 36, 4, 7, 47, 56, 60, 74, 75, 76, 87, 118, 119, 129, 138, 146 147, 77, 178).

Nicht selten, oft mit rundlichem Bleiglanz assoziiert, fast nie frei von Pyriteinschlüssen, oft sehr flächenreich.

Farbe: Bleigrau, häufig angelaufen.

Strich: Schwarz.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (010). Absonderung nach ($\bar{1}01$).

Härte: 3.

Spez. Gew.: 6,38—6,41.

Polierbarkeit: Ausgezeichnet.

Ätzverhalten: Konzentrierte Natriumhypochloritlösung ätzt in 4 Sekunden schon sehr intensiv, der Anschliff läuft dabei braun-gelb an. Ätzverhalten nur schwach anisotrop.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. a:b:c = 0,4945:1:0,2655. β = 90° 33½′ (Solly).

115 Formen: (100), (010), (001), (101), ($10\bar{1}$), (201), ($20\bar{1}$), (301), ($30\bar{1}$), (501), ($50\bar{1}$), (180), (2. 15. 0), (2. 11. 0), (150), (290), (12. 49. 0), (140), (9. 32. 0), (270), (7. 24. 0), (130), (4. 11. 0), (250), (370), (12. 27. 0), (120), (470), (230), (340), (450), (670), (110), (740), (210), (310), (410), (510), (072), (032), (052), (021), (031), (011), (047), (012), (1. 17. 1), (1. 14. 1), (1. 10. 1), (191), (181), (171), (161), (2. 11. 2), (151), (292), (141), (272), (131), (252), (121), (232), (111), (323), (212), (313), (414), (1. 18. $\bar{1}$), (1. 17. $\bar{1}$), (1. 14. $\bar{1}$), (1. 13. $\bar{1}$), (1. 12. $\bar{1}$), (1. 11. $\bar{1}$), (1. 10. $\bar{1}$), ($19\bar{1}$), ($18\bar{1}$), ($17\bar{1}$), ($16\bar{1}$), ($15\bar{1}$), ($29\bar{2}$), ($14\bar{1}$), ($27\bar{2}$), ($13\bar{1}$), ($25\bar{2}$), ($12\bar{1}$), ($11\bar{1}$), ($21\bar{2}$), (28. 3. $\bar{2}\bar{8}$), (381), (371), (361), ($36\bar{1}$), (351), ($35\bar{1}$), (341), ($34\bar{1}$), (321), ($32\bar{1}$), (311), ($31\bar{1}$), (521), ($23\bar{1}$), ($45\bar{2}$), (432), (211), ($21\bar{1}$), (412), ($41\bar{2}$), (173), (163), (153), ($15\bar{3}$), ($14\bar{3}$).

Habitus: Stets tafelig nach (010), ausgesprochen pseudohexagonal, bei starker Entwicklung der drei Zonen [001], [101] und [$\bar{1}01$].

Die beiden Zonen [101] und [$\bar{1}01$] sind aber ungleichwertig, in [101] gruppieren sich die Flächen um (010), in [$\bar{1}10$] um (111). [$\bar{1}01$] ist gewöhnlich stärker entwickelt als [101].

Zwillinge:

1. Nach ($\bar{1}01$) immer polysynthetisch.
2. Nach (301) immer in Verbindung mit Verzwillingung nach ($\bar{1}01$).
3. Nach (101).
4. Nach ($\bar{3}01$).

Die Anlauffarben sind oft gesetzmässig verteilt. [001] wird rot, [$\bar{1}01$] wird hellgrün und [101] wird blaugrün.

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss, eine Spur rosa gegenüber Baumhauerit. Der Anisotropieeffekt ist ohne gekreuzte Nicols schon sichtbar.

Polarisationsfarben: Dunkelblau-braun-rosa. Keine Innenreflexe.

Reflexionsvermögen: Orangefilter. In Luft 32½ %, in Öl 18½ %.

Innere Beschaffenheit: Polysynthetische Zwillinge nach ($\bar{1}01$) sind sehr regelmässig gebaut. Die beiden Lamellensysteme sind oft gleich breit.

CHEMISMUS:

(lit.	78	78	164	164	74	74)	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	A.
Pb	68,61	68,83	68,67	72,42	68,95	69,99	68,91
As	12,32	12,46	12,46	8,97	12,86	12,78	12,47
S	18,19	18,42	18,81	18,50	18,13	18,18	18,62
	99,12	99,71	99,94	99.89	99,94	100,95	100,00
Spez. Gew.	6,413	—	5,48	—	6,384	6,401	—

Unter A. sind die Werte für die Zusammensetzung $4\,PbS \cdot As_2S_3$, welche sehr gut mit allen Analysen übereinstimmen, mit Ausnahme von IV., wo offenbar Bleiglanz beigemischt war. Das spez. Gew. der Substanz zu Analyse III. ist sicher zu niedrig angegeben, vielleicht ein Druckfehler (anstatt 6,48). Jordanit ist das bleireichste Sulfosalz vom Lengenbach und hat das höchste spez. Gewicht. Einziger Fundort neben Lengenbach ist Nagyag (lit. 77).

Baumhauerit (lit. 58, 60, 89, 92, 129).

Baumhauerit ist selten.

Farbe: Bleigrau bis stahlgrau, manchmal angelaufen.

Strich: Schokoladebraun.

Härte: 3.

Spez. Gew.: 5,330.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (100).

Polierbarkeit: Sehr gut.

Ätzverhalten: Wird durch Natriumhypochlorit stark angegriffen, nach 3 Sekunden wird die Farbe tiefblau.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. a:b:c = 1,1368:1:0,9472. β = 97° 17½′ (SOLLY).

117 Formen: (100), (010), (001), (30. 0. 1), (25. 0. 2), (13. 0. 2), (501), (902), (401), (25. 0. 1), (19. 0. 1), (19. 0. 2), (901), (17. 0. 2), (15. 0. 2), (15. 0. $\bar{2}$), (702), (301), (13. 0. 5), (502), (13. 0. 6), (201), (13. 0. 7), (302), (705), (70$\bar{1}$), (60$\bar{1}$), (90$\bar{2}$), (70$\bar{2}$), (13. 0. $\bar{4}$), (11. 0. $\bar{4}$), (90$\bar{4}$), (11. 0. $\bar{6}$), (40$\bar{3}$), (50$\bar{4}$), (50$\bar{6}$), (50$\bar{9}$), (10$\bar{6}$), (10$\bar{7}$), (1. 0. $\bar{1}\bar{2}$), (403), (706), (13. 0. 12), (101), (506), (405), (304), (508), (102), (205), (103), (104), (106), (107), (109), (80$\bar{1}$), (11. 0. $\bar{2}$), (50$\bar{1}$), (40$\bar{1}$), (30$\bar{1}$), (50$\bar{2}$), (10. 0. $\bar{5}$), (20$\bar{1}$). (13. 0. $\bar{7}$). (70$\bar{4}$), (50$\bar{3}$), (80$\bar{5}$), (30$\bar{2}$), (10$\bar{1}$), (30$\bar{4}$), (20$\bar{3}$), (10$\bar{2}$), (20$\bar{5}$), (30$\bar{8}$), (10$\bar{3}$), (10$\bar{4}$), (2. 0. $\bar{1}\bar{1}$), (10$\bar{8}$), (1. 0. $\bar{2}\bar{0}$), (140), (120), (340), (110). (980), (320), (950), (210), (520), (830), (310), (17. 8. 0), (10. 3. 0), (11. 3. 0), (11. 2. 0), (011), (021), (012), (121), (111), (12$\bar{1}$), (11$\bar{1}$), (21$\bar{1}$), (342), (322), (32$\bar{2}$), (142), (122), (14$\bar{2}$), (12$\bar{2}$), (522), (52$\bar{2}$), (31$\bar{1}$), (411), (10. 3. 3), (16. 3. 3), (14$\bar{4}$). (4. 10. 5).

Zwei Drittel der Formen gehören der Zone [010] an.

Habitus: SOLLY unterscheidet vier Typen (lit. 89):

1. Dickprismatisch, (010) und (100) gross.
2. Tafelig nach (100).
3. Prismatisch, ziemlich lang, starke Entwicklung der Zone [010].
4. Einfacher pseudorhombischer Habitus.

(100) ist immer gross und manchmal gestreift parallel der bestentwickelten Zone [010]. [001] manchmal stark gestreift, wie bei Rathit und Dufrenoysit. Manche Baumhauerite sind aus flachen Schichten aufgebaut, so dass

je eine kleinere Schicht auf einer grösseren liegt; die Schichtungsfläche ist (100), vielleicht handelt es sich um Zwillingslamellen.

Zwillinge: Polysynthetisch nach (100).

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss, Bireflexion deutlich.

Polarisationsfarben: Grün-violett oder blaugrün-gelb, je nach der Orientierung des Anschliffs.

Innenreflexe: Tiefrot.

Reflexionsvermögen: Sehr ähnlich Skleroklas.

CHEMISMUS (lit. 89):

	Analyse	A.	B.
Pb	48,86	48,75	47,50
As	26,42	26,64	27,51
S	24,39	24,61	24,99
	99,67	100,00	100,00

A. entspricht der Formel $4\,PbS \cdot 3\,As_2S_3$.

B. entspricht der Formel $5\,PbS \cdot 4\,As_2S_3$.

Die Analyse stimmt besser überein mit den Werten für die erste Formel, es gibt aber Verdrängungserscheinungen, die es wahrscheinlich machen, dass dem Baumhauerit die zweite Formel entspricht (siehe S. 391).

Dufrenoysit (lit. 4, 48, 51, 58, 60, 89, 103, 129, 144, 146, 141, 165, 176, 178).

Ziemlich selten, meist grosse Kristalle. SOLLY (lit. 103) fand in einer Druse mehrere kleine und einen grossen Dufrenoysit (25 × 16 × 6 mm). Der Kristall war abgebrochen, auf der Bruchfläche waren kleine Seligmannite aufgewachsen. Dufrenoysit tritt oft in Drusen allein auf. Meist sehr flächenreich.

Farbe: Bleigrau bis stahlgrau, selten angelaufen.

Strich: Schokoladebraun.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (010).

Härte: 3.

Spez. Gew.: 5,50—5,57.

Polierbarkeit: Sehr gut.

Ätzverhalten: Natriumhypochlorit greift rasch an (2—3 Sekunden), Anisotropie bemerkbar.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. a:b:c = 0,6510:1:0,6128. β = 90° 33½′ (SOLLY).

129 Formen: (100), (010), (001), (101), (10$\bar{1}$), (502), (201), (20$\bar{1}$), (704), (302), (504), (102), (1. 14. 0), (150), (270), (130), (250), (490), (120), (590), (470), (350), (580), (230), (570), (340), (450), (560), (670), (11. 12. 0), (110), (12. 11. 0), (760), (430), (530), (210), (310), (410), (610), (14. 1. 0), (750), (320), (740), (720), (091), (081), (071), (061), (0. 11. 2), (092), (041), (072), (031), (0. 11. 4), (052), (073), (094), (0. 11. 5), (021), (0. 15. 8), (074), (0. 17. 10), (053), (032), (043), (011), (051), (056), (034), (035), (012), (013), (014), (015), (016), (019), (0. 11. 6), (0. 11. 7), (076), (025), (0. 11. 1), (272), (252), (121), (232), (111), (212), (414), (131), (454), (434), (11$\bar{1}$), (21$\bar{2}$), (34$\bar{3}$), (41$\bar{4}$), (12$\bar{1}$), (13$\bar{1}$), (53$\bar{5}$), (31$\bar{3}$), (23$\bar{2}$), (522), (512), (231), (452), (221), (332), (544), (524), (784), (593), (142), (643), (214), (432), (211), (412), (23$\bar{1}$), (45$\bar{2}$), (43$\bar{2}$), 21$\bar{1}$), (41$\bar{2}$), (37$\bar{3}$), (52$\bar{5}$), (53$\bar{3}$), (53$\bar{4}$). (33$\bar{1}$), (54$\bar{2}$), (32$\bar{1}$), (32$\bar{2}$).

Habitus:

1. Gestreckt nach [100]. (010) ist gross und glatt, [100] gut entwickelt, [001] unbedeutend. Flächen anderer Zonen fehlen oder sind schlecht.
2. Gestreckt nach [010]. (010) ist klein und gestreift parallel [100]. In Zone [010] sind (100), (101), (001), (10$\bar{1}$) gut entwickelt.

Zwillinge: Nach (001).

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss.

Polarisationsfarbe: Braunviolett-dunkelgrün.

Innenreflexe: Tiefrot.

Reflexionsvermögen: Etwas höher als bei Baumhauerit.

CHEMISMUS:

(lit.	48	178	178	141	141)	
	I.	II.	III.	IV.	V.	A.
Pb	57,42	57,38	56,73	56,61	55,40	57,18
Ag	—	—	—	0,17	0,21	—
Cu	—	—	—	0,22	0,30	—
Fe	—	—	—	0,32	0,44	—
AS	20,89	21,01	20,04	20,87	20,69	20,72
S	22,55	21,94	21,18	22,30	22,49	22,10
	100,86	100,33	97,93	100,49	99,53	100,00
Spez. Gew.	5,52	—	—	5,549		—

Unter A. sind die Werte für die Zusammensetzung $2\,PbS \cdot As_2S_3$.

Rathit (Rathit-α, Wiltshireit) (lit. 50, 56, 68, 87, 88, 101, 112, 129, 166). Relativ selten, manchmal intim mit Skleroklas assoziiert.

Farbe: Bleigrau bis stahlgrau, manchmal angelaufen.

Strich: Schokoladebraun.

Härte: 3.

Spez. Gew.: 5,32—5,42.

Polierbarkeit: Sehr gut.

Ätzverhalten: Nach 20 Sekunden von Natriumhypochlorit noch nicht angegriffen.

KRISTALLOGRAPHIE:

Es hat sich herausgestellt, dass Rathit nicht rhombisch ist, sondern monoklin, und dass die höhere Symmetrie eine Scheinsymmetrie infolge Verzwillingung nach (100) ist. Da aber unverzwillingter Rathit (Rathit-α, Wiltshireit) äusserst selten ist, und da die Scheinsymmetrie am verzwillingten Rathit als solche nur schwer erkannt werden kann, ist es wegen der Identifikation zweckmässig, neben der monoklinen auch die rhombische Aufstellung wiederzugeben (Aufstellung von Solly (lit. 88)) mit a:b:c = 0,4782: 1: 0,5112.

63 Formen: (100), (010), (001), (101), (3. 80. 0), (1. 18. 0), (1. 11. 0), (1. 10. 0), (190), (180), (3. 22. 0), (170), (3. 20. 0), (160), (3. 17. 0), (3. 16. 0), (3. 14. 0), (140), (3. 11. 0), (3. 10. 0), (130), (380), (250), (370), (490), (120), (470), (350), (340), (110), (870), (320), (210), (310), (410), (920), (710), (810), (0. 15. 1), (071), (051), (072), (031), (083), (073), (095), (074), (053), (043), (011), (0. 10. 11), (3. 11. 3), (131), (252), (373), (111), (313), (515), (211), (122), (132).

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (010). Absonderung nach (100).

Habitus: Immer gestreckt nach [001], Hauptformen dieser Zone sind (230), (340), (120), (380). (001) ist selten, (010) immer vorhanden, (100) nicht häufig. (011) oft gross und parallel [100] gestreift. (101) manchmal gross und parallel [$\bar{1}$01] gestreift. Es gibt fünf Typen:

1. Klein, sehr glänzend, nicht oder wenig verzwillingt.
2. Grössere Kristalle, typisch rhombisch, (010), (011), (101) und (hk0) gross entwickelt. Stark polysynthetisch verzwillingt.
3. Flach (schmales (010)), gut entwickelte (0kl), mässig verzwillingt.
4. Grosse, rauhe Kristalle mit vollkommener Spaltbarkeit nach (010) unverzwillingt, leicht mit Dufrenoysit zu verwechseln.
5. Rundliche Prismen ohne Endflächen, stark verzwillingt.

Zwillinge: Polysynthetisch nach (074). Nach (0. 15. 1), selten mit gleichgrossen Individuen, gewöhnlich mehrere kleine Kristalle auf einem grossen.

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss, etwas heller als Baumhauerit und Skleroklas, Bireflexion ziemlich stark.

Polarisationsfarben: Olivgrün (event. gelb)-violett-bläulich-blau.

Innenreflexe: Tiefrot.

Innere Beschaffenheit: Polysynthetischer Lamellenbau ist die Regel. Die Lamellen sind verschieden breit und unregelmässig gebaut.

CHEMISMUS:

(lit.	87	87	87	50)	
	I.	II.	III.	IV.	A.
Pb	51,51	51,62	52,43	52,98	51,37
As	24,62	24,91	21,96	17,21	24,81
Sb	—	—	0,43	4,53	—
S	23,41	23,62	24,11	23,72	23,82
Fe	—	—	0,33	0,56	—
	99,54	100,15	99,26	99,00	100,00
Spez. Gew.	5,412	5,412	—	5,32	—

Die Zusammensetzung ist zweifellos $3\,PbS \cdot 2\,As_2S_3$ (Werte unter A.). Der hohe Antimongehalt von IV. ist bemerkenswert.

Die Ähnlichkeit der Winkel der Flächen von Wiltshireit (Rathit-α) und von Rathit veranlassten Lewis (lit. 102), die Verwandtschaft zu untersuchen. Er fand, dass Baumhauers Originalrathit ein komplexer Zwilling von monoklinem Wiltshireit (nach (100) und (101) dieses Minerals) ist. Die geringen Unterschiede zwischen den Winkeln des verzwillingten (Rathit) und des unverzwillingten (Wiltshireit) Minerals können wohl auf Störungen im Zwillingsbau zurückgeführt werden. Der Name Wiltshireit fällt somit als Spezies-Bezeichnung dahin und darf nur zur Bezeichnung von unverzwillingtem Rathit benutzt werden. Die scheinbar vollkommene Spaltbarkeit von Rathit nach (010) (= Wiltshireit (100)) ist durch die Zwillingsbildung zu erklären, denn Wiltshireit zeigt nur eine Absonderung nach (100).

KRISTALLOGRAPHIE von unverzwillingtem Rathit (Wiltshireit): Monoklin. a : b : c = 1,5869 : 1 : 1,0698. β = 100° 44′ (Lewis).

53 Formen: (100), (001), (501)?, (401), (301), (201), (302), (101), (102), $\bar{1}$02), ($\bar{4}$01), ($\bar{2}$03), ($\bar{1}$01), ($\bar{3}$01), ($\bar{3}$02), ($\bar{2}$01), (522), (211), (322), (111), (344), (122),

(011), ($\bar{1}$22), ($\bar{1}$11), ($\bar{3}$22), ($\bar{2}$11), ($\bar{5}$22), ($\bar{3}$11), ($\bar{3}$12), ($\bar{5}$24), ($\bar{2}$12), ($\bar{3}$24), ($\bar{1}$12), ($\bar{1}$24), (012), (112), (510), (920), (410), (720), (310), (520), (210), (740), (320), (540,) (650), (110), (340), (120), (250), (140).

Die Flächenverteilung ist ausgesprochen pseudorhombisch.

Jede Fläche fällt in eine der vier Zonen [001], [010], [01$\bar{1}$], [02$\bar{1}$].

Ein neuer unverzwillingter Rathit wurde ausgemessen. Alle Flächen, auch die kleinsten, spiegeln tadellos. Der Kristall misst 4 × 2 mm, es wurde aber nur der obere Teil (1 × 0,5 mm) ausgewertet. Er ist von einem Realgarkragen umgeben (Verdrängung). Säulig nach [001].

Kombination von 38 Formen mit mehr als 70 Flächen.

Zone [010]: (100), (201), (101), (102), (001), ($\bar{1}$02), ($\bar{2}$03), ($\bar{1}$01), ($\bar{2}$01), ($\bar{3}$01)*, ($\bar{4}$01)*.
Zone [01$\bar{1}$]: (322), (111), (122), (011), ($\bar{1}$22), ($\bar{1}$11), ($\bar{3}$22), ($\bar{2}$11), ($\bar{5}$22), ($\bar{3}$11).
Zone [02$\bar{1}$]: (012), ($\bar{1}$24)*, ($\bar{1}$12), ($\bar{3}$24), ($\bar{2}$12), ($\bar{5}$24), ($\bar{3}$12), (2. 5. 11)* ?
Zone [001]: (100), (510), (920), (720)*, (310), (520), (210), (320). (110), (120). (140)*.

Die mit * bezeichneten Formen sind neu.

Winkelwerte für die neuen Formen:

	gemessen		berechnet	
Form	φ	ϱ	φ	ϱ
($\bar{3}$01)	90° 08′	61° 40′	90° 00′	61° 51′
($\bar{4}$01)	90° 07′	68½°	90° 00′	68° 37′
(140)	09° 14′	90° 00′	09° 07′	90° 00′
(720)	66° 05′	90° 00′	65° 59′	90° 00′
($\bar{1}$24)	1½°	28⅙°	1° 56′	28° 06′
(2.5.11) ?	32½°	30½°	32° 52′	30° 04′

Die Metrik dieses Kristalles stimmt mit derjenigen von Lewis sehr gut überein.

TRANSFORMATION: Rathit-Wiltshireit.

(hkl) Rathit, rhombisch = (3 k · 4 h + l · 3l) Wiltshireit, monoklin.

Berechnet man aus der Metrik von Wiltshireit diejenige von Rathit, so erhält man a : b : c = 0,4910 : 1 : 0,5253. Die Abweichung vom Achsenverhältnis von Solly beträgt in der a-Achse 0,0128, in der c-Achse 0,0141. Diese Abweichung ist nicht absonderlich, wenn man berücksichtigt, dass die von Baumhauer und Solly aufgestellten Achsenverhältnisse für Rathit in der a-Achse um 0,0045, in der c-Achse um 0,0139 differieren. Die intensive Verzwillingung des Rathit kann sehr wohl mit einer gewissen Inkonstanz der Flächenlage verbunden sein.

Solly (lit. 94, 108) beschrieb folgendes Mineral:

Mit Seligmannit vermischt und z. T. Baumhauerit überdeckend, sind viele feine Nadeln von bleigrauer Farbe. Keine dieser Nadeln, die manchmal sagenitartig verwachsen sind, zeigen Endflächen.

Strich: Schokoladebraun.

Spaltbarkeit: Gut.

Spez. Gew.: 5,453.

CHEMISMUS:

Pb	51,11	As	23,37
Ag	0,76	Sb	0,74
Cu	0,10	S	23,22
Tl	0,23	unlöslich	0,24
Fe	0,21		99,98

Das Mineral hat die Zusammensetzung $3\,PbS \cdot 2\,As_2S_3$, wie Rathit, jedoch stimmen die Winkel der Flächen der gestreiften Zone nicht sehr gut überein mit denjenigen der Zone [001] von Rathit. Ebensogut stimmen sie überein mit den Winkeln der Zone [001] von Hutchinsonit und besser mit denen der Zone [100] von Dufrenoysit.

Skleroklas (Sartorit) (lit. 63, 87, 91, 97, 107, 120, 129, 146).

Er ist das verbreitetste Sulfosalz des Lengenbach und seine Kristallographie ist die weitaus komplizierteste.

Skleroklas ist äusserst spröde und grössere Stücke (dies gilt auch für andere Lengenbacher Sulfosalze) scheinen in einem Zustande innerer Spannung zu sein, da sie schon infolge der Erwärmung durch die Hand oft mit hörbarem Knall zerspringen.

Farbe: Bleigrau.
Strich: Schokoladebraun.
Härte: 3.
Spaltbarkeit: Nicht schlecht nach (100).
Spez. Gew.: 4,980—5,405 (erster Wert zuverlässiger).
Polierbarkeit: Sehr gut.
Ätzverhalten: Wird von Natriumhypochlorit sofort angegriffen.
KRISTALLOGRAPHIE:
Habitus: Wir können drei Typen unterscheiden, alle nach [010] gestreckt:

1. Flächen der Zone [001] gross, eben und glänzend. Zone [010] gut entwickelt und stark gestreift.
2. Flächen der Zone [001] gross, aber unregelmässig. Die Kristalle zeigen oft rundliche Höhlungen, mit gut reflektierenden Flächenstücken in der Wandung.
3. Kristalle, die nur die stark gestreifte Zone [010] aufweisen. Beide Enden sind im Dolomit eingewachsen. Von diesem häufigst vorkommenden Typus wurden Kristalle von bis nahezu 100 g Gewicht gefunden.

Zwillinge: Polysynthetische Verzwillingung nach (100) scheint nie zu fehlen, die starke Streifung der Zone [010] ist vielleicht eine Folge davon.

Die kristallographischen Verhältnisse von Skleroklas gehören zu den kompliziertesten, die dem Mineralogen bekannt sind. Bei einigermassen flächenreichen Kristallen kommt man mit einer einfachen Metrik nicht aus, sondern ist gezwungen, für verschiedene Schichten verschiedene Achsenverhältnisse und Achsenkreuze anzunehmen. Die Schichten sind gesetzmässig gegeneinander verschoben.

v. Rath (lit. 146) und Baumhauer (lit. 120) hielten den Skleroklas für rhombisch. a:b:c = 0,539:1:0,619 (v. Rath) und fanden folgende Formen:

(010), (001), (100), (0. 4. 11), (025), (0. 9. 20), (0. 7. 15), (021), (047), (023), (045), (056), (0. 14. 15), (011), (043), (012), (0. 41. 30), (032), (0. 47. 30), (0. 17. 10), (0. 26. 15), (0. 29. 15), (041), (108), (106), (104), (207), (3. 0. 10), (5. 0. 14), (308), (5. 0. 11), (101), (504), (503), (501), (102), (509), (507), (405), (506), (17. 0. 18), (26. 0. 27), (19. 0. 18), (16. 0. 9), (11. 0. 4), (10. 0. 1), (111), (221), (441), (18. 39. 26), (18. 39. 13), (6. 13. 1), (20. 36. 15), (593) + 5 Formen allgemeiner Lage mit dreistelligen Indizes.

Die Hälfte dieser Formen haben Indizes, die für ein dreistelliges Achsenverhältnis viel zu hoch sind, sie sind aber der Vollständigkeit halber doch angegeben worden (vielleicht wären sie bei der Wahl eines anderen Achsenverhältnisses einfacher geworden, oder aber sie sind der Ausdruck der Unzulänglichkeit der Wahl nur eines einzigen Achsenkreuzes).

SOLLY (lit. 97) fand, dass Skleroklas nur monoklin ist: a:b:c = 0,6598: 1: 0,4491. β = 91° 29′.

TRECHMANN (lit. 97) konnte seine Kristalle damit nicht in Einklang bringen, er gab an: a:b:c = 1,2755: 1: 1,1949. β = 102° 12′, wies jedoch darauf hin, dass nicht alle seine Kristalle darauf bezogen werden können. Er vermutete die Existenz einer triklinen Varietät Skleroklas-α, welche von SMITH und SOLLY (lit. 107) bestätigt wurde, ohne dass sie eine befriedigende Charakterisierung gaben. Für fünf Kristalle stellten SMITH und SOLLY (lit. 107) 12 verschiedene Metriken auf (5 monokline und 7 trikline), z. B. an einem Kristall:

Lamelle 1. a:b:c = 2,5737: 1: 2,7118. β = 105° 22′.

Lamelle 2. a:b:c = 2,5769: 1: 2,7309. α = 96° 19′. β = 105° 10′. γ = 92° 13′.

Lamelle 3. a:b:c = 2,5820: 1: 2,7786. α = 102° 28′. β = 104° 07′. γ = 94° 26′.

Dieser Kristall (1,2 × 0,9 × 0,5 mm) zeigt 88 Formen.

An den fünf Kristallen wurden 175 Formen gefunden mit relativ einfachen Indizes. Sie verteilen sich folgendermassen:

Zone [010] 77 Formen.

Zone [001] 32 Formen.

69 Formen haben allgemeine Lage.

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss.

Polarisationsfarben: Graublau und graugelb. Effekt schwach.

Innenreflexe: Tiefrot.

Innere Beschaffenheit: Zwillingslamellierung fehlt fast nie (polysynthetisch nach (100)), z. T. regelmässig. Die Lamellen sind manchmal gebogen.

Reflexionsvermögen: Ähnlich demjenigen von Baumhauerit.

CHEMISMUS:

Neben älteren Analysen, die offensichtlich an schlechtem Material ausgeführt wurden (bis über 49 % Blei) gibt es eine Anzahl besserer Analysen, die die Zusammensetzung $PbS \cdot As_2S_3$ ergeben.

(lit.	87	87	87	91)	
	I.	II.	III.	IV.	A.
Pb	43,24	43,93	43,72	42,92	42,68
As	30,80	30,46	30,12	31,11	30,93
S	25,81	24,60	25,12	25,32	26,39
	99,85	98,99	98,96	99,36	100,00

Spez. Gew. 4,980

Unter A. sind die Werte für $PbS \cdot As_2S_3$.

Marrit (lit. 94, 95).

Gewöhnlich angelaufen und leicht mit Pyrit oder Tennantit zu verwechseln. Sehr selten, eine Stufe von ca. 15 Kristallen (2—3 mm) auf und rund um

Lengenbachit und Pyrit sitzend. Ein anderer Kristall sitzt in einem ausgehöhlten Rathit.

Farbe: Bleigrau bis stahlgrau, meist angelaufen (rot, gelb und blau).

Strich: Schwarz mit Stich ins Braune.

Bruch: Muschelig, keine Spaltbarkeit.

Härte: 3.

KRISTALLOGRAPHIE:

Habitus: Isometrisch (pseudokubische Flächenverteilung) oder tafelig nach (010). (031) gross entwickelt. Flächen (hk0) stark gestreift. Monoklin. a:b:c = 0,57634:1:0,47389. $\beta = 91^0\,15'$ (SOLLY).

47 Formen: (100), (010), (001), (201), (101), (20$\bar{1}$), (10$\bar{1}$), (170), (160), (150), (140), (130), (120), (230), (110), (210), (320), (720), (310), (041), (072), (031), (073), (083), (021), (011), (023), (012), (013), (015), (151), (131), (121), (111), (212), (13$\bar{1}$), (12$\bar{1}$), (11$\bar{1}$), (21$\bar{2}$), (211), (21$\bar{1}$), (23$\bar{3}$), (11$\bar{2}$), (22$\bar{3}$), (312), (271), (13$\bar{1}$).

CHEMISMUS: Unbekannt.

Lengenbachit (lit. 94, 96, 129).

Eines der selteneren Sulfosalze, deren Symmetrie und Metrik noch nicht bestimmt werden konnte (SOLLY vermutete, dass er triklin sei). Trotzdem gestattet die Ausbildung von Lengenbachit mühelos seine Identifizierung. Er tritt auf in schwertförmigen (max. 40 × 5 mm), dünnen Blättern, manchmal sehr dünn und wie Papier aufgerollt. Er sitzt manchmal auf Jordanit. Die grosse einzige Form ist ein glänzendes Pinakoid mit paralleler vollkommener Spaltbarkeit. Mehrere Blätter wachsen oft zusammen unter einem Winkel von ca. 60°, seltener von ca. 90°. Die Blätter sind in der Längsrichtung gestreift, auch in einem Winkel von 58° dazu. Eine besondere Eigenschaft des Lengenbachit ist seine Flexibilität; er ist nicht elastisch.

Farbe: Stahlgrau, oft angelaufen.

Strich: Schwarz mit Stich ins Braune.

Spez. Gew.: 5,80—5,85.

Polierbarkeit: Parallel der Spaltfläche sehr schlecht.

ANSCHLIFF:

Farbe: Weiss.

Polarisationsfarben: Zwischen gekreuzten Nicols nahezu isotrop, bei sehr starkem Licht etwas bläulich.

Sehr dünne Blätter sind noch ganz opak, auch gegenüber Wärmestrahlen.

CHEMISMUS (lit. 96):

	I.	A.	Atomzahlen für I.		
Pb	57,89	58,07	280		327
Ag	5,64	6,03	52	÷ 2	
Cu	2,36	2,38	37		
Fe	0,17	—	3		
As	13,46	14,03	180		186
Sb	0,77	—	6		
S	19,33	19,49	603		603
	99,62	100,00			

I. ist die Analyse, unter A. sind die Werte für die Zusammensetzung: $6\,PbS \cdot (^3/_5\,Ag\ ^2/_5\,Cu)_2S \cdot 2\,As_2S_3$. Die Molzahlen 327:186:603 verhalten sich

wie 7: 4: 13. Dies würde der Formel $7\,PbS \cdot 2\,As_2S_3$ entsprechen, wobei je zwei Atome Silber (und Kupfer) und je ein Atom Eisen ein Atom Blei ersetzen müssen.

Seligmannit (lit. 92, 94, 95, 100, 103, 122, 123, 129).

Meist kleine Kristalle, auf einem anderen Sulfosalz (Rathit, Tennantit, Baumhauerit) aufsitzend, selten grosse Individuen (bis 20 mm), fast immer verzwillingt.

Farbe: Bleigrau.

Strich: Schokoladebraun und schwarz-purpur (lit. 103).

Spaltbarkeit: Sehr schlecht parallel den drei Hauptpinakoiden.

Härte: 3.

Spez. Gew.: 5,44—5,48.

Ätzverhalten: Wird durch Natriumhypochloritlösung nicht angegriffen.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhombisch. a:b:c = 0,9233: 1: 0,8734 (SOLLY).

70 Formen: (100), (010), (001), (130), (120), (110), (210), (310), (410), (510), (320), (610), (180), (160), (140), (450), (071), (031), (021), (011), (025), (013), (061), (101), (102), (103), (104), (105), (601), (703), (201), (203), (121), (111), (212), (311), (211), (322), (112), (113), (229), (331), (441), (213), (431), (451), (541), (181), (713), (613), (413), (313), (312), (733), (533), (323), (233), (131), (261), (161), (781), (561), (341), (651), (972), (752), (1. 10. 2), (12. 1. 2), (14. 3. 6).

Habitus: Isometrisch oder säulig nach [001], manchmal etwas tafelig nach (110).

Fast alle Kristalle nach (110) verzwillingt.

(100), (010) und (001) gewöhnlich gut entwickelt. (110) ist immer gross und parallel [1$\bar{1}$0] und [001] gestreift, seltener parallel [$\bar{1}$11], jedoch nicht nach dem symmetrisch liegenden [$\bar{1}$11]. (111), (101), (011) und (112) oft gut entwickelt.

ANSCHLIFF:

Farbe: Etwas rosa.

Polarisationsfarben: Braun-grün. Keine Innenreflexe.

Innere Beschaffenheit: Polysynthetische Zwillinge häufig.

Reflexionsvermögen (gemessen am Photometerokular von LEITZ): Orangefilter. In Luft 25½ %, in Öl 13 %.

CHEMISMUS (lit. 100):

BAUMHAUER (lit. 122) hat die Zusammensetzung von Seligmannit richtig vorausgesagt auf Grund der Isomorphie mit Bournonit.

	I.	II.	A.
Pb	46,34	48,83	46,89
Cu	13,09	10,51	14,38
Ag	0,11	0,23	—
Zn	0,27	—	—
Fe	0,06	0,80	—
As	16,88	16,94	16,99
Sb	0,64	0,71	—
S	21,73	22,01	21,74
	99,12	100,03	100,00
Spez. Gew.	5,44	5,48	—

Das Material für die Analyse II war nicht so rein wie dasjenige für die Analyse I. Unter A. sind die Werte für die Zusammensetzung $2\,PbS \cdot Cu_2S \cdot As_2S_3$ gegeben.

Trechmannit-α (lit. 109).

Nur drei kleine rundliche Kristalle auf Skleroklas.

Farbe: Bleigrau.

Strich: Schokoladebraun.

Spaltbarkeit: Nach (0001) und wahrscheinlich nach $(10\bar{1}1)$.

KRISTALLOGRAPHIE: Isomorph mit Trechmannit. Rhomboedrisch paramorph. a : c = 1 : 0,6839 (Solly).

21 Formen: (0001), $(01\bar{1}0)$, $(14\bar{5}0)$, $(1\bar{4}30)$, $(1\bar{2}10)$, $(0\bar{1}15)$, $(0\bar{1}12)$, $(02\bar{2}1)$, $(01\bar{1}1)$, $(0\bar{4}41)$, $(1\bar{4}31)$, $(26\bar{8}1)$, $(12\bar{3}1)$, $(2\bar{6}41)$, $(1\bar{2}13)$, $(53\bar{8}2)$, $(31\bar{4}2)$, $(41\bar{5}3)$, $(71\bar{8}6)$, $(15\bar{6}2)$, $(1.13.\bar{1}\bar{4}.6)$.

Die Formen $(10\bar{1}1)$ und $(11\bar{2}0)$ sind wie bei Trechmannit gross entwickelt.

Trechmannit (lit. 94, 98).

Sehr selten, Grösse max. 1 mm. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass fast alle Exemplare auf Tennantit (Binnit) aufsitzen. Daneben assoziiert mit Seligmannit, Blende, Pyrit und Fuchsit.

Farbe: Purpurrot (dunkler als Hutchinsonit), durchsichtig bis durchscheinend.

Strich: Purpurrot.

Härte: $1\frac{1}{2}$—2.

Spaltbarkeit: Gut nach $(10\bar{1}1)$ und deutlich nach (0001).

Die Kristalle sind z. T. glänzend, z. T. korrodiert.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhomboedrisch paramorph. a : c = 1 : 0,6530 (Solly).

31 Formen: (0001), $(10\bar{1}0)$, $(14\bar{5}0)$, $(13\bar{4}0)$. $(25\bar{7}0)$, $(11\bar{2}0)$, (1780), $(10\bar{1}5)$, $(20\bar{2}7)$, $(10\bar{1}2)$, $(20\bar{2}1)$, $(50\bar{5}1)$, $(10\bar{1}1)$, $(40\bar{4}1)$, $(2,29.\bar{3}\bar{1}.9)$, $(1.12.\bar{1}\bar{3}.4)$, $(1.11.\bar{1}\bar{2}.5)$, $(14\bar{5}3)$, $(13\bar{4}1)$, $(26\bar{8}1)$, $(4.9.\bar{1}\bar{3}.4)$, $(6.13.\bar{1}\bar{9}.8)$, $(12\bar{3}1)$, $(24\bar{6}1)$, $(35\bar{8}4)$, $(35\bar{8}1)$ $(23\bar{5}5)$, $(23\bar{5}4)$, $(34\bar{7}1)$, $(45\bar{9}2)$, $(11\bar{2}3)$.

Habitus: Isometrisch.

Die wichtigsten Formen sind: $(11\bar{2}0)$, $(13\bar{4}1)$, $(14\bar{5}3)$, $(10\bar{1}1)$, (0001), $(11\bar{2}3)$.

OPTIK: Pleochroismus schwach, Doppelbrechung negativ und ziemlich gross, Lichtbrechung sehr hoch.

CHEMISMUS: Qualitativer Nachweis von Silber und Arsen. Abwesenheit von Thallium.

Hatchit (lit. 104).

Nur fünf kleine Kristalle (max. 0,7 mm), auf Sulfosalz (vermutlich Rathit) aufsitzend.

Farbe: Bleigrau.

Strich: Schokoladebraun.

KRISTALLOGRAPHIE: Triklin a : b : c = 0,9787 : 1 : 1,1575 (Solly). $\alpha = 116^0\,53\frac{1}{2}'$. $\beta = 85^0\,12'$. $\gamma = 113^0\,44\frac{1}{2}'$.

21 Formen: (100), (110), $(\bar{2}10)$, $(\bar{3}20)$, $(\bar{1}10)$, $(2\bar{2}1)$, $(2\bar{5}1)$, $(1\bar{1}1)$, (103), (001), $(0\bar{1}2)$, $(0\bar{1}1)$, $(0\bar{2}1)$, $(13\bar{6})$, $(25\bar{6})$, $(\bar{1}12)$, $(11\bar{1})$, $(12\bar{1})$, $(\bar{1}11)$, $(32\bar{1})$, (010).

Die wichtigsten Formen sind: (100), (010), (001), ($\bar{1}$10), (11$\bar{1}$), (1$\bar{1}$1).
Keine Zwillinge.
CHEMISMUS: Unbekannt.

Liveingit (lit. 57. 129).

Von dieser Spezies sind nur zwei Kristalle gefunden worden, wovon einer für die Analyse geopfert wurde. SOLLY (lit. 65) hat nur einige vorläufige Mitteilungen gemacht, in der Hoffnung, später mehr Material zu finden und vollständiger publizieren zu können. Eine weitere Beschreibung erfolgte aber nicht.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. $\beta = 89^0\,45^1/_2{}'$.

Habitus: Ähnlich Rathit und Skleroklas.

Zwillinge: Nach (100), das eine Individuum grün, das andere rot angelaufen.

CHEMISMUS:

	I.	A.	B.
Pb	47,58	48,75	47,50
As	26,93	26,64	27,51
S	24,91	24,61	24,99
	99,42	100,00	100,00

Unter A. sind die Werte für $4\,PbS \cdot 3As_2S_3$.
Unter B. sind die Werte für $5\,PbS \cdot 4\,As_2S_3$.

Die Analyse stimmt besser mit B. überein, wir haben aber Grund, anzunehmen, daß $4\,PbS \cdot 3\,As_2S_3$ die richtige Formel ist (siehe S. 391).

GIUŞCĂ (lit. 129) gibt für ein Mineral, das er für Liveingit hält, folgende Eigenschaften im Anschliff an (neben *Härte:* 3, *Strich:* bräunlichrot, *spez. Gew.:* 5,30):

Polierbarkeit: Sehr gut.

Farbe und Reflexionsvermögen: Wie bei Baumhauerit.

Polarisationsfarben: Grün-violett oder bläulich-gelb (kaum von Baumhauerit zu unterscheiden).

Innenreflexe: Tiefrot.

Ätzverhalten: Natriumhypochlorit ätzt nur sehr langsam, unter Bildung eines braun-schwarzen Niederschlags, der gut haftet und die Struktur erkennen lässt. In einigen Schnitten sozusagen keine Ätzung.

Innere Beschaffenheit: Zwillinge fehlen fast nie, Individuen sehr klein und unregelmässig angeordnet.

Smithit (lit. 94, 98).

Häufiger als Hutchinsonit. Man findet Smithit gewöhnlich in Spaltstücken, bis 3 × 1 mm, gute Kristalle sind seltener. Assoziiert mit Skleroklas, Rathit, Blende, Pyrit, Realgar, Auripigment und Hutchinsonit.

Farbe: Purpurrot, wie bei Proustit. In starkem Sonnenlicht Übergang zu orangerot.

Strich: Purpurrot.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (100).

Spez. Gew.: 4,88.

Härte: $1^1/_2$—2.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. a:b:c = 2,2206:1:1,9570. β = 101° 12′ (SOLLY).

56 Formen: (100), (010), (001), (140), (130), (120), (110), (320), (520), (44$\bar{1}$), (121), (61$\bar{1}$), (51$\bar{1}$), (41$\bar{1}$), (31$\bar{1}$), (21$\bar{1}$), (11$\bar{1}$), (34$\bar{4}$), (23$\bar{3}$), (12$\bar{2}$), (011), (355), (111), (322), (211), (15.7.7), (522), (311), (411), (511), (759), (41$\bar{3}$), (31$\bar{3}$), (013), (113), (213), (313), (413), (21$\bar{4}$), (215), (0.1.10), (3.1.10), (40$\bar{1}$), (11.0.$\bar{3}$), (50$\bar{2}$), (20$\bar{1}$), (50$\bar{3}$), (40$\bar{3}$), (10$\bar{1}$), (308), (102), (305), (101), (301), (501), (10.0.1).

Die wichtigsten Formen sind:

Zone [010] .. (100), (101), (001), (10$\bar{1}$).

Zone [01$\bar{1}$] .. (211), (111), (11$\bar{1}$), (21$\bar{1}$).

(102), (311), (31$\bar{1}$), (320) sind manchmal relativ gross, alle anderen Flächen stets klein.

Habitus: Isometrisch oder tafelig nach (100). Die Form erscheint im zweiten Fall pseudohexagonal.

OPTIK: n_β = b. Doppelbrechung negativ. Lichtbrechung für D ist ca. 3,27. 2 V = ca. 65°. n_γ/c für C = ca. 4° nach hinten, für D = ca. 6½° nach hinten.

CHEMISMUS:

	I.	A.
Ag	43,9	43,69
As	28,9	30,36
Sb	0,4	—
S	26,0	25,95
	99,2	100,00

I. ist Analyse von Smithit.

A. entspricht der Formel:

$Ag_2S \cdot As_2S_3$

Es fehlt morphologische Verwandtschaft mit dem ebenfalls monoklinen Miargyrit ($Ag_2S \cdot Sb_2S_3$).

Hutchinsonit (lit. 94, 98, 129).

Sehr selten. Es gibt zwei verschiedene Typen, die dieselbe Metrik haben.

1. Radiale Aggregate von kleinen Nadeln (1 × 0,1 mm) in Drusen. Farbe rot oder tief braunrot, Strich rot resp. kirschrot.
2. Dickere Kristalle (gewöhnlich 0,4 × 0,2 mm), auf Skleroklas und Rathit aufsitzend, mit paralleler Orientierung der Längskanten mit der gestreiften Zone des Trägers, wenn sie auf dieser Zone aufgewachsen sind. Auf den Endflächen von Skleroklas und Rathit sitzt Hutchinsonit regellos. Manchmal auch auf Smithit oder mit Blende, Pyrit, Realgar und Auripigment assoziiert.

Spaltbarkeit: Gut nach (100).

Bruch: Muschelig (spröde).

Härte: 1½—2.

Spez. Gew.: 4,6.

Strich: Rot resp. kirschrot.

Farbe: Rot resp. braunrot.

Polierbarkeit: Gut.

Ätzverhalten: Sehr leicht löslich in Natriumhypochlorit, weshalb nur sehr verdünnte Lösungen anzuwenden sind. Ätzung ziemlich stark von der Richtung abhängig.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhombisch. a:b:c = 1,6343:1:0,7549 (SOLLY).

Habitus: Prismatisch, bei Vorherrschaft von (140).

44 Formen: (001), (010), (102), (304), (101), (302), (201), (703), (301), (401), (501), (601), (012), (011), (140), (250), (120), (340), (110), (540), (16. 5. 0)?, (320), (740), (210), (730), (830), (100), (825), (524), (312), (144), (122), (111), (322), (211), (522), (311), (411), (332), (142), (121), (342), (221), (742).

Die wichtigsten Formen sind:

Zone [001] .. (140), (100), (320), (110), (340), (120).
Zone [010] .. (301), (201), (101).
Zone [0$\bar{1}$1] .. (211), (322), (111), (122).
Zone [0$\bar{1}$2] .. (342), (121), (142).

OPTIK: Hutchinsonit absorbiert fast alles Licht von violett bis gelb. Der Pleochroismus ist schwach und äussert sich nur in einem Unterschied in der Intensität, nicht aber in der Farbe.

n_α parallel b
n_β parallel a
n_γ parallel c

Achsenebene parallel (100)
Doppelbrechung negativ.

	C-Linie	D-Linie
n_α	2,779	3,078
n_β	3,063	3,176
n_γ	3,073	3,188
$n_\gamma - n_\alpha$	0,294	0,110
2E	63°19′	totalreflektiert
2V	19°44′	37°34′

Die Dispersion der Brechungsexponenten, besonders von n_α, ist ausserordentlich gross.

ANSCHLIFF:

Farbe: Grauweiss.

Reflexionsvermögen (gemessen am Photometerokular von LEITZ): Orangefilter. In Luft 29 %, in Öl 12 %.

Innenreflexe: Sehr stark, karminrot, manchmal so intensiv, dass man die Polarisationsfarben kaum sieht.

Polarisationsfarben: Violett, grün, tiefblau.

Innere Beschaffenheit: Keine Zwillingsbildung.

CHEMISMUS: Zwei Analysen (lit. 98): I. Roter Hutchinsonit (18 mg), II. Rotbrauner Hutchinsonit (66 mg).

	I. Gew. %	II. Gew. %	I. Atomzahlen			II. Atomzahlen		
Ag	9	2	5	17	23	1	15	23
Tl	25	18	12			9		
Cu	—	3	—			5		
Pb	12½	16	6			8		
Fe	—	0½	—			—		
As	30½	29½	41	41		39	41	
Sb	—	2	—			2		
S	26	26½	81	81		83	83	
	103	97½						

SMITH und PRIOR (lit. 98) stellten folgende Formel auf:

$$(Tl, Ag, Cu)_2S \cdot As_2S_3 + PbS \cdot As_2S_3.$$

Die Ungenauigkeit der Analysen (geringe Einwagen) erschwert die Diskussion. Immerhin kann man mit Bestimmtheit sagen, dass die beiden Typen chemisch deutlich unterscheidbar sind: Typus I enthält mehr Silber, Typus II mehr Kupfer, Thallium und Blei. Fasst man Pb, Tl, Ag und Cu zusammen, so werden die Molzahlen der beiden Analysen fast identisch und in der Formel: $6\,(Pb, Tl, Ag, Cu)S \cdot 5\,As_2S_3$ ihren Ausdruck finden. In Anbetracht der $5\frac{1}{2}\%$ Differenz der Analysen und aus valenzchemischen Gründen ist die Richtigkeit dieser Formel aber unwahrscheinlich.

Proustit (lit. 95).

Ein einziges kleines Exemplar auf Rathit. (Längskanten der beiden Mineralien parallel.)

Habitus: Kurzprismatisch.

Formen: $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}1)$.

	gemessen	berechnet
Winkel $11\bar{2}0/10\bar{1}1$	53° 57′	53° 54′

Pyrit (lit. 5, 39, 90, 130, 160).

Mengenmässig weitaus das wichtigste Erz, fast durchwegs ganz frisch, manchmal bunt angelaufen und oft ausgezeichnet geformt. Die Grösse übersteigt nur selten 2—3 mm, erreicht aber 2 cm. Die schönsten Kristalle sind in Drusen, die überwiegende Menge aber im Gestein eingeschlossen.

Habitus: Ist bestimmt durch (100) und (210), beide meist stark gesteift. (111), (211) und (221) werden sehr oft beobachtet. Die Flächen, die nicht der Zone [100] angehören, sind immer glatt und glänzend. Streckung nach einer Hauptachse nicht selten.

21 Formen: (100), (210), (10. 3. 0), (230), (120), (111), (211), (311), (411), (322), (911), (544), (221), (321), (654), (17. 9. 1), (741), (531), (13. 8. 3), (19. 12. 5), (342).

Zinkblende (lit. 4, 5, 7, 27, 49, 80, 94, 125, 126).

Eines der häufigsten Mineralien am Lengenbach, sehr schöne Kristalle in Drusen (bis einige cm gross), auch häufig in grösseren Mengen als kleinere, schlechte Kristalle im Gestein eingeschlossen.

Farbe: Hellbraun bis dunkelbraun, sehr hoher Glanz.

Härte: $3\frac{1}{2}$—4.

Spez. Gew.: 3,9—4,1.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (110).

KRISTALLOGRAPHIE: Kubisch hemimorph.

20 Formen: (110), (100), (111), (211), (722), (311), (321), (431), $(1\bar{1}1)$, $(3\bar{1}1)$, $(7\bar{5}5)$, $(11.\bar{7}.7)$, $(13.\bar{1}\bar{0}.10)$, $(5\bar{4}4)$, $(7\bar{4}4)$, $(2\bar{1}1)$, $(4\bar{1}1)$, $(6\bar{1}1)$, $(3\bar{1}4)$, $(3\bar{1}6)$.

Zwillinge: Nach (111).

Habitus: Tetraedrisch, bestimmt durch $(1\bar{1}1)$, (100) und (111). Das negative Tetraeder herrscht immer vor (Bestimmung nach der Ätzmethode von Becke (lit. 80)), und hat manchmal höheren Glanz als das positive. Würfel öfters gestreift parallel Kante mit (111). Solly (lit. 94) beschreibt Zinkblende aus dem grau-blauen Dolomit, der die Lagerstätte nach Norden abgrenzt. Die flächenreichen Kristalle sind von einer hochmetallischglänzenden, bleifarbenen, dünnen Schicht überzogen, die am Licht matt wird und in Salzsäure leicht löslich ist.

Realgar (lit. 61, 152, 155, 158).

Häufiges Mineral, tritt fast in jeder Druse auf. Oft grosse geätzte Kristalle (2—4 cm). Die kleinen Individuen sind meist formen- und flächenreich, glänzend und durchsichtig. Farbe blutrot. Verwandelt sich am Licht z. T. rasch in Auripigment.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin. a:b:c = 0,7207:1:0,4859. β = 113° 45′ (nach Pilz).

45 Formen: (001), (010), (100), (310), (210), (320), (110), (450), (340), (230), (350), (120), (370), (250), (130), (270), (140), (150), (160), (011), (021), (031), ($\bar{1}$01), (101), ($\bar{2}$01), (111), (121), (131), (241), ($\bar{1}$12), ($\bar{1}$11), ($\bar{2}$21), ($\bar{3}$43), ($\bar{2}$32), ($\bar{1}$21), ($\bar{1}$31), ($\bar{1}$41), ($\bar{3}$22), ($\bar{2}$11), ($\bar{3}$11), ($\bar{2}$31), ($\bar{5}$13), ($\bar{3}$12), ($\bar{7}$35), ($\bar{4}$24).

Habitus: Meist kurzsäulig nach der c-Achse.

CHEMISMUS (lit. 61):

		A.
As	69,54	70,09
S	30,29	29,91
Rest	0,11	--
	99,94	100,00

Die Zusammensetzung unter A entspricht der Formel AsS.

Quarz.

Häufig in Drusen, bis 2 cm lange wasserklare oder trübe Kristalle, die neben dem Einheitsrhomboeder und Prisma nur einige steilere Rhomboeder aufweisen.

Talk.

Hellgrüne, biegsame Täfelchen in Drusen; ziemlich selten.

Hyalophan (lit. 1, 16, 24, 42, 59, 93, 95, 143, 145, 172).

Ziemlich häufig, meist vereinzelte Kristalle, 1—30 mm gross, und ohne Winkelmessung von Adular nicht zu unterscheiden. Sitzt auf der Drusenwandung, selten auch auf Dufrenoysit.

Farbe: Farblos, milchig, blassgrün.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (001), weniger gut nach (010).

Spez. Gew.: 2,58—2,82.

KRISTALLOGRAPHIE: Monoklin.

a:b:c = 0,6576:1:0,5411. β = 115° 44′ (lit. 143) (Waltershausen).

a:b:c = 0,6584:1:0,5512. β = 115° 35′ (lit. 42) (Obermeyer).

a:b:c = 0,6584:1:0,5523. β = 115° 44′ (lit. 59) (Baumhauer).

Habitus: Derselbe wie bei Adular, bedingt durch (110), (001), ($\bar{1}$01).

Zwillingsbildung: Nicht häufig, nach Gesetz von Baveno, Karlsbad und Manebach. Vierlinge und Achtlinge selten.

22 Formen: (110), (001), (010), (021), (380), (100), ($\bar{1}$01), ($\bar{2}$01), (130), ($\bar{2}$03), ($\bar{3}$02), ($\bar{1}$03), ($\bar{1}$02), ($\bar{6}$05), ($\bar{2}$12), ($\bar{2}$11), ($\bar{1}$11), ($\bar{1}$13), ($\bar{1}$12), ($\bar{7}$75), (113), ($\bar{1}$41).

Die Abweichungen im Achsenverhältnis sind auf Unterschiede im Bariumgehalt zurückzuführen, wie überhaupt die Unterschiede physikalischer Konstanten.

CHEMISMUS: Die Hyalophane sind Mischkristalle von Kalifeldspat mit Celsian, Albitmolekül und Anorthitmolekül sind auch in kleinen Mengen bei-

gemischt. Die Hyalophane vom Lengenbach haben sehr verschiedene Zusammensetzung, sogar bei ein und demselben Individuum wechselt die Zusammensetzung, wie aus der Optik und dem spez. Gew. ersichtlich ist.

Analysen von Hyalophan:

(lit.	143	145	172	1	24	24)
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO_2	49,93	45,65	52,67	51,84	63,00	57,0
Al_2O_3	24,13	19,14	21,12	22,08	18,84	29,0
BaO	14,40	21,33	15,05	14,82	1,84	12,4
CaO	1,57	0,77	0,46	0,62	0,15	0,2
MgO	0,42	0,73	0,04	0,10	0,08	sp.
K_2O	—	8,23	7,82	(10,03)	13,44	9,9
Na_2O	5,74	0,49	2,14		1,69	1,5
H_2SO_4	2,70	4,12	—	—	—	—
H_2O	0,65	0,54	0,54	0,48	0,47	0,5
	99,54	100,98	99,88	100,00	99,51	102,4
Spez. Gew.	2,77 bis 2,81	2,90	2,80	—	2,58 bis 2,61	2,76

Die alten Analysen I. und II. sind kaum brauchbar, da wahrscheinlich Baryt beigemischt war. In IV. wurden die Alkalien nicht bestimmt. Auch V. und VI. sind schlechte Analysen.

Zusammensetzung: III. = $Ad_{49} \cdot Ab_{20} \cdot Cels_{29} \cdot An_2$.

OPTIK UND SPEZ. GEW.: n_γ = b wie bei Adular.

Die Brechungsexponenten sind ziemlich variabel, zum Vergleich werden diejenigen von Adular notiert. Bestimmung an Schnitten senkrecht (010) mit Natriumlicht (lit. 24).

					Analyse V.	Adular
Spez. Gew.	2,818	2,756	2,733	2,725	2,58—2,61	2,567
n_α/a	— 18°	— 11°	— 6°	— 2°	+ 2°	+ 5°
n_α	1,5419	—	1,5373	—	1,5201	1,5190
n_β	1,5451	1,540	1,5395	1,538	1,5240	1,5237
n_γ	1,5469	1,5426	1,5416	—	1,5257	1,5260
$2Vn_\alpha$	78° 5′	77° 5′	74°	—	71° 22′	69° 43′

Mit dem spez. Gew. (steigender Ba-Gehalt) steigen Lichtbrechung, Achsenwinkel und negative Auslöschungsschiefe, bei fallender Doppelbrechung.

Der Bau ist bei grösseren Individuen zonar; Auslöschungsschiefe auf (010) im Zentrum grösser (negative Werte), nach aussen hin abnehmend bis 0° und dann positiv zunehmend, bis nahe an den Wert für Adular + 5°. Der Kern ist also im allgemeinen bariumreicher als die Hülle, jedoch wurden auch Rückschläge gegen den Rand hin beobachtet.

Das spez. Gew. variiert folgendermassen innerhalb eines einzigen Kristalles (lit. 24):

	1. Kristall	2. Kristall
Mitte	2,687	2,818
Spitze	2,818	2,801

Über die Dispersion geben folgende Zahlen Auskunft (lit. 16):

	$2Vn_\alpha$	n_β
Li-Licht	79° 21′	1,5388
Na-Licht	79° 03′	1,5392
Tl-Licht	78° 42′	1,5416

Hamlinit (lit. 94, 99, 164).

Von SOLLY anfänglich für eine neue Spezies gehalten und Bowmanit genannt. Seltene, sehr kleine Kristalle (max. 1,3 × 0,7 mm) in Drusen oder lose im pulverigen Dolomit, der manchmal Hohlräume füllt. In einem Fall wurde Hamlinit auf Rathit gefunden.

Farbe: Honiggelb bis braun (oft hell am Rand, dunkel in der Mitte).

Härte: 4 +.

Spaltbarkeit: Gut nach der Basis.

Spez. Gew.: 3,219—3,266.

KRISTALLOGRAPHIE: Es gibt zwei morphologische Typen:

1. Flache hexagonale Platten, manchmal in Rosettenform angeordnet.
2. Dickere Individuen, z. T. pseudooktaedrisch infolge gleichmässiger Entwicklung von (0001) und $(10\bar{1}1)$.

Rhomboedrisch. a : c = 1 : 1,1847 (SOLLY).

Formen: (0001), $(10\bar{1}1)$, $(02\bar{2}1)$.

OPTIK: Kleinere Kristalle zeigen das normale einachsige Interferenzbild. Doppelbrechung positiv. Die grösseren Kristalle sind aber immer in sechs mehr oder weniger regelmässige Felder geteilt, die paarweise auslöschen (ungefähr parallel dem hexagonalen Rand). Die Felder zeigen zweiachsige Bilder (2 E = 0°—50°), die Achsenebenen stehen auf (0001) senkrecht und gehen durch den Schnittpunkt der Felder in der Mitte der Platte.

CHEMISMUS: Analysen (lit. 99). Fluor qualitativ nachgewiesen.

	I.	II.	III.	IV.	Mittel	A.	B.
P_2O_5	24,5	26,1	—	—	24,8	30,74	26,3
Al_2O_3	—	35,6	—	—	35,6	33,19	37,8
SrO	—	—	19,2	20,5	19,8	22,43	19,2
BaO	—	—	0,2	0,1	0,15	—	—
Glühverlust	15,6	(12,9)	15,6	16,0	15,7	13,64	16,7
K_2O	—	—	—	0,4	0,4	—	—
SiO_2	5,9	3,8	0,9	0,7	2,8	—	—
					99,25	100,00	100,0

PENFIELD, der die Formel $3\,Al_2O_3 \cdot 2\,SrO \cdot 2\,P_2O_5 \cdot 7\,H_2O$ aufstellte (lit. 164), analysierte Hamlinit von Oxford county, Maine, U. S. A. Er fand 4 % BaO und 1,9 % Fluor, spez. Gew.: 3,159—3,283, und stellte ein zweifelhaftes Achsenverhältnis a : c = 1 : 1,135 auf. Die Werte für die Formel von PENFIELD befinden sich unter A. Für die Analyse des Lengenbacher Hamlinit stand nur wenig Material zur Verfügung, die Summe der Mittelwerte ergibt aber über 99 %, so dass die Analyse als ziemlich zuverlässig gelten kann. Die Werte sind kaum mit denen für die Formel von PENFIELD vereinbar, stimmen hingegen gut überein mit den Werten unter B, die der Formel $2\,Al_2O_3 \cdot SrO \cdot P_2O_5 \cdot 5\,H_2O$ entsprechen. Der SiO_2-Gehalt ist zweifellos auf Verunreinigungen zurückzuführen, wogegen Barium Strontium ersetzen kann und Fluor (OH). Die kri-

stallographischen und physikalischen Eigenschaften der Hamlinite von Maine und Lengenbach deuten auf Identität, die chemische Zusammensetzung hingegen nicht.

Dolomit (lit. 21 a, 30, 44, 70, 79, 82, 83, 117, 150, 159).

Er ist im Lengenbach neben Pyrit das häufigste Mineral in Form von schönen Kristallen, in Drusen. Im feinen zuckerkörnigen Dolomit bildet er oft Adern von grösseren weissen, formlosen Individuen.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhomboedrisch paramorph. a:c = 1:0,8322 (KOLLER).

37 Formen: (0001), $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}1)$, $(4.0.\bar{4}.19)$, $(20\bar{2}5)$, $(40\bar{4}7)$, $(8.0.\bar{8}.11)$ $(40\bar{4}5)$, $(40\bar{4}1)$, $(30\bar{3}4)$, $(16.0.\bar{1}\bar{6}.1)$, $(1.\bar{1}.0.10)$, $(4\bar{4}05)$, $(1\bar{1}02)$, $(3\bar{3}02)$, $(2\bar{2}01)$, $(8\bar{8}01)$, $(21\bar{3}1)$, $(8.4.\bar{1}\bar{2}.1)$, $(44\bar{8}3)$, $(8.8.\bar{1}\bar{6}.3)$, $(45\bar{9}2)$, $(5.8.\bar{1}\bar{3}.3)$, $(42\bar{6}1)$, $(14.\bar{1}.\bar{1}\bar{3}.12)$, $(70.\bar{4}.\bar{6}\bar{6}.71)$, $(32.\bar{4}.\bar{2}\bar{8}.33)$, $(17.\bar{4}.\bar{1}\bar{3}.18)$, $(13.\bar{4}.\bar{9}.14)$, $(12.\bar{4}.\bar{8}.13)$, $(11.\bar{4}.\bar{7}.12)$, $(21.\bar{8}.\bar{1}\bar{3}.23)$, $(19.\bar{8}.\bar{1}\bar{1}.21)$, $(20.1.\bar{2}\bar{1}.1)$, $(8\bar{4}\bar{4}9)$, $(7\bar{4}\bar{3}8)$, $(6\bar{4}\bar{2}7)$.

Habitus: Es gibt im wesentlichen nur zwei Typen:

1. Vollkommen durchsichtig, farblos mit Stich ins Gelbliche. (0001) und $(10\bar{1}1)$ am grössten ausgebildet. $(2\bar{2}01)$, $(4\bar{4}05)$, $(40\bar{4}1)$ und $(11\bar{2}0)$ treten immer auf. (0001), $(4\bar{4}05)$, $(2\bar{2}01)$ sind fast stets angeätzt. Oft verzwillingt.
2. Wasserhell, vollständig farblos, sehr flächenreich, mehrfache Zwillingsbildung die Regel. $(10\bar{1}1)$ stark vizinal gestreift. Reihe der positiven Rhomboeder reich entwickelt. $(2\bar{2}01)$ tritt etwas zurück, während $(11\bar{2}0)$ fast ganz fehlt. Natürliche Ätzung nicht beobachtet. Die Hemiedrie kommt in der Streifung auf $(10\bar{1}1)$ gut zum Ausdruck, ebenso in der Flächenverteilung, die das Fehlen der Spiegelebenen zeigt.

Es sind hauptsächlich zwei Zonen, die gut entwickelt sind. Die eine ist die Zone der positiven und negativen Rhomboeder, die andere ist die Zone zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(4\bar{4}05)$, die für den Dolomit des Lengenbach charakteristisch ist (Typus 1 und manchmal Typus 2).

Zwillinge:

1. Nach $(10\bar{1}0)$ fast an jedem Kristall sofort erkennbar.
2. Nach $(11\bar{2}0)$ wird erst durch Ätzung sichtbar.

OPTIK, EISENGEHALT UND SPEZ. GEWICHT (lit. 30, 117):

Die Abhängigkeit der Brechungsindizes (Na-Licht) vom $FeCO_3$-Gehalt geht aus folgendem hervor (3 Spaltstücke verschiedener Kristalle):

	I.	II.	III.
ω	1,6810	1,6808	1,6800
ε	1,5022	1,5021	1,5014
Spez. Gew.	2,869	2,868	2,865
$FeCO_3$	0,95%	0,92%	0,85%

Brechungsindizes gemessen an einem geschliffenen Kristall (Typus 1). Es sind die kleinsten bekannten Dolomitbrechungsindizes, entsprechend dem niedrigen $FeCO_3$-Gehalt:

λ	ω	ε	$\omega-\varepsilon$
7065	1,6733	1,4984	0,1749
5893	1,6799	1,5013	0,1786
4861	1,6893	1,5054	0,1839
4047	1,7030	1,5110	0,1920

CHEMISMUS:

(lit.	117	117	30	30	—)
	I.	II.	III.	IV.	V.
$CaCO_3$	54,21	54,48	53,38	53,19	54,23
$MgCO_3$	44,41	42,58	46,45	46,52	45,77
$FeCO_3$	0,91	1,84	0,13	0,09	—
$MnCO_3$	0,55	—	—	—	—
unlöslich	—	1,31	—	—	—
	100,55	99,17	99,96	99,89	100,00
Spez. Gew.	2,883	—	2,882		—
ω_D	1,68174				
ε_D	1,50256				

I. Wasserhell, farblos. II. Grosser Kristall, weniger rein. III. und IV. Derselbe Kristall. V. Werte für $CaMg(CO_3)_2$.

Kathodenlumineszenz: Rot (lit. 70).

Grösse: Gewöhnlich ca. 10 mm (bis 30 mm).

Baryt (lit. 45, 53, 64, 78, 95, 111, 130, 143, 189).

Baryt ist ziemlich häufig und sitzt fast immer direkt auf der Wandung der Drusen. Die Grösse übersteigt kaum 5 mm, und ist meist 0,5—3 mm.

Farbe: Gewöhnlich durchsichtig, farblos bis etwas trübe, seltener graubläulich oder blassgrün.

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (001), deutlich nach (110).

Spez. Gew.: 4,29, 4,455.

Oft Parallelverwachsung zu Gruppen.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhombisch. a:b:c = 0,8141:1:1,3127 (Goldschmidt). 0,8165:1:1,3103 (Rosicky).

27 Formen: (001), (100), (010), (011), (041), (110), (120), (230), (210), (320), (101), (104), (106), (1. 0. 80), (103), (201), (307), (102), (111), (122), (112), (113), (114), (115), (117), (124).

Die wichtigsten Formen sind: (010), (011), (001), (110), (102), (104), (111), (112), (113), (122), (100), (130).

Habitus: Man unterscheidet drei Typen:

1. Gestreckt nach [100], häufigste Ausbildung, (011) ist wichtigste Form, daneben wichtig (110), (122), (111), (102).
2. Mehr oder weniger isometrisch.
3. Gestreckt nach [010] (selten), Prismen II. Stellung und (110), (111).

Die Flächenbeschaffenheit ist meist tadellos.

Es wurden vier neue Kristalle ausgemessen, die der Metrik von Goldschmidt sehr nahe kommen. Drei sind mehr oder weniger isometrisch, einer (Nr. 3) nach [100] gestreckt. Allen gemeinsam sind die Formen: (010), (110), (102), (104), (111), (113), (011). Dazu kommen noch:

Kristall 1. (100), (001), (130), (112).
2. (001), (106), (112), (122).
3. (130), (122).
4. (100), (001), (130), (106), (112), (122), (124).

CHEMISMUS:

(lit.	143	64		67)
	I.	II.		III.
$BaSO_4$	87,79	98,15	Ba	58,54
$SrSO_4$	9,07	keine Spur	Ca	0,16
SiO_2	0,68	—	SO_4	41,22
Al_2O_3	2,16	/ 0,99*	Fe u. Al	sp.
Glühverlust	—	1,32		99,92
	99,69	100,46		
Spez. Gew.	3,977	—		

Die Analyse I stammt aus dem Jahr 1855, so dass der Strontiumgehalt wohl als zweifelhaft anzusehen ist. Ein $SrSO_4$-Gehalt von 9 % würde eine Abnahme des spez. Gew. gegenüber Baryt um nur 2 % bedeuten. Der Wert 3,977 liegt viel zu tief und deutet auf unreines Material, wie auch die Anwesenheit der Oxyde.

Der von NEMINAR (lit. 78) beschriebene Baryto-cölestin erwies sich später eindeutig als Baryt. Wiederholte Prüfung auf Strontium (lit. 45, 64) fiel negativ aus, so dass es sicher ist, dass der Baryt vom Lengenbach praktisch kein Strontium enthält.

Fuchsit (lit. 100, 177).

Klarer, deutlich grüner Glimmer, häufig in Drusen und im Gestein.

CHEMISMUS:

		Kationenzahlen, berechnet auf 48 Sauerstoffatome			
SiO_2	47,28	Si	12,36	16,00	B^{IV}
Al_2O_3	31,86	Al	9,64		
Cr_2O_3	0,87				
FeO	0,56	Al	6,17	7,92	B^{VI}
CaO	0,58	Fe	0,11		
MgO	2,91	Mg	1,13		
Na_2O	0,16	Cr	0,36		
K_2O	10,72	Li	0,15		
Li_2O	0,14	K	3,57	3,81	A
H_2O	5,37	Na	0,08		
	100,45	Ca	0,16		
Spez. Gew.	2,820	H	9,36		

Die Formel wäre $B^{IV}_{16} O_{40} B^{VI}_{8} A_4(OH)_8$.

ENGELMANN (lit. 177) wies qualitativ Fluor nach und bestimmte 7½ % Cr_2O_3, welche Zahl sicher zu hoch ist.

Arsenkies (Misspickel) (lit. 38, 43, 90).

Ziemlich selten, manchmal in Drusen, aber eher im Gestein eingewachsen, vorzugsweise in Assoziation mit Phlogopit und Pyrit. Zinnweisse Prismen, 3—4 mm lang.

Spez. Gew.: 6,08.

* bedeutet Verlust bei Behandlung mit Ammonkarbonat.

KRISTALLOGRAPHIE: Rhombisch. a:b:c = 0,68694: 1: 1,9422 (ARZRUNI).

Habitus: Prismatisch durch Streckung nach der a-Achse.

Formen: (110), (011), (012), (021).

Die Flächen (0kl) sind meist parallel [100] gestreift.

Zwillinge: Nach (110) und nach (101). Penetrationszwillinge.

CHEMISMUS: Analyse (lit. 38):

			Atom	Atom %
	S	22,47 %	701	37,02
	Fe	34,92 %	625	32,98
durch Differenz	As	42,61 %	568	30,00
		100,00		100,00

Die ganzen Zahlen der Atomprozente sind bemerkenswert. Zwischen Chemismus und Metrik besteht ein Zusammenhang (lit. 43).

Ilmenit (lit. 106).

Nur ein einziger, sehr kleiner Kristall.

Strich: Dunkelbraun.

Formen: (0001), $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}4)$, $(01\bar{1}2)$, $(11\bar{2}0)$, $(2.3.\bar{5}.14)$.

Gleichwertige Flächen ungleich gross.

Albit (lit. 93).

Nur ein einziger, kleiner Kristall, tafelig nach (010).

Formen: (001), $(\bar{1}01)$, (010), (110), $(1\bar{1}0)$, (130).

Rutil (lit. 17, 18, 111, 112).

Nicht sehr selten, aber immer klein (max. 1/2 mm). Sitzt vereinzelt an der Drusenwand, manchmal auch auf Hyalophan.

Farbe: Schwarz bis bläulich, halbmetallischglänzend, undurchsichtig.

Habitus: Bipyramidal mit stark vorherrschendem (101).

15 Formen: (101), (111), (100), (110), (310), (210), (710), (323), (212), (525), (313), (231), (221), (120), (11. 5. 0)?.

(101) gewölbt und parallel $[\bar{1}01]$ gestreift.

Turmalin (lit. 146).

Ziemlich häufig, einige mm gross, stets ganz im Gestein eingeschlossen, in der Umgebung erzreicher Partien.

Farbe: Grasgrün, gelblichgrün bis fast farblos, auch braun, meist trübe.

Spez. Gew.: 2,925.

Habitus: Kurzprismatisch.

Rhomboedrisch hemimorph. a:c = 1: 0,4511 (aus $0001/10\bar{1}1 = 27^{0}\,29'$), neu bestimmt.

Formen: $(10\bar{1}1)$, $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}0)$, $(01\bar{1}2)$, (0001).

Auripigment.

Tritt auf in Form von blättrigen, zitronengelben, perlmutterglänzenden Häufchen, immer in Begleitung von Realgar, aus dem er wohl entstanden ist. Viel weniger häufig als Realgar. Gute Kristalle sind nicht bekannt.

Bleiglanz (lit. 185).

Er ist auf Stufen, die in den Handel kamen, relativ sehr selten, man findet ihn etwa mit Jordanit assoziiert. GROTH (lit. 185) erwähnt Bleiglanzkristalle in Dolomit eingewachsen. Er fand Würfel und Oktaeder. Im untersten Teil der Grube soll es sehr viel Bleiglanz gegeben haben.

Calcit.

Er ist relativ zum Dolomit sehr spärlich. Man erkennt ihn sofort an der grünlichen Farbe, den geätzten Flächen und den Formen $(10\bar{1}0)$, $(21\bar{3}1)$, $(10\bar{1}1)$. Die Kristalle sind eher gross (5—20 mm).

Phlogopit (lit. 177) ist recht häufig, tritt aber nur im Gestein auf, nicht in Drusen.

Aragonit (lit. 186), **Cerussit** (lit. 186), **Tremolit** (lit. 186), **Malachit** (lit. 136) und **Muskowit** (lit. 185) wurden als Lengenbachmineralien nur erwähnt.

DESBUISSONS (lit. 186) erwähnt Pseudomorphosen von Dolomit nach Skapolith und von Baumhauerit oder Skleroklas und Talk nach Skapolith ohne nähere Beschreibung.

Weisse Fluh[20]

Nahe dem westlichen Ende des Dolomitaufschlusses an der Weissen Fluh, fast 1 km östlich vom Lengenbach, ist durch einen rezenten kleinen Felsabsturz eine schwache Erzimprägnation blossgelegt worden. Die Paragenese ist folgende: (nach Menge geordnet) *Calcit, Dolomit-Talk, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz-Quarz, Phlogopit-Pyrit-Fluorit-Rutil.* Die Mineralien befinden sich derb in Adern und gut kristallisiert in kleinen Drusen (Grössenordnung cm).

Dolomit und *Calcit* sind ähnlich wie am Lengenbach, jedoch kleiner und flächenarm (Calcit ist nicht grün, sondern weiss). Die *Zinkblende* ist dunkelbraun durchsichtig, mit den beiden Tetraedern als einzigen Formen, wobei das eine Tetraeder stets stark vorherrscht. *Bleiglanz* ist derb, ebenfalls der grösste Teil des Fahlerz. Die beiden Mineralien sind z. T. getrennt, z. T. innig vermischt. Ein Eckstück eines der seltenen Fahlerzkristalle wurde ausgemessen. Es sind 5 Formen mit 15 Flächen, wichtig (111) und (112), untergeordnet (100), (141), (233). Anschliffe lassen neben Fahlerz keine Sulfosalze erkennen. Der seltene *Fluorit* tritt auf in Form kleiner (max. 2 mm) durchsichtiger, hell-violetter Würfel. *Rutil* ist ausgesprochen stengelig, ein schwarzer Kristall zeigt die Kombination: (101), (111), (100), (110), (120), (210), (310). *Phlogopit* und *Pyrit* treten nur im Gestein (weisser zuckerkörniger Dolomit) auf.

Diese kleine Lagerstätte zeigt deutliche Verwandtschaft mit dem Lengenbach; diesem gegenüber sind aber folgende Unterschiede hervorzuheben:

1. Starkes Zurücktreten des Pyrit.
2. Fehlen der Arsenmineralien ausser Fahlerz. (Arsen wurde im Fahlerz der Weissen Fluh nachgewiesen).
3. Anwesenheit von Fluorit, der am Lengenbach fehlt.
4. Stengeliger Habitus des Rutil, der am Lengenbach flachbipyramidal ist.

Schmid's Tobel[21]

An der engsten Stelle von Schmid's Tobel (gegenüber Binn), mehr als 2½ km westlich vom Lengenbach, liegen Dolomitblöcke, die genau wie am Lengenbach von pyritreichen Zonen durchzogen sind. Am anstehenden Dolomit (rechter Hang) ist sehr wenig zu sehen. Einer der Blöcke wurde zerschlagen; er enthielt einige kleine Drusen mit folgender Paragenese und Ausscheidungsfolge: *Quarz-Calcit-Adular-Quarz-Fluorit, Pyrit-Bleiglanz, Jordanit.* Ferner *Dolomit, Baryt* und *Apatit. Dolomit* tritt nur auf in Form sehr kleiner Rhomboeder, direkt auf der Drusenwandung. Von *Baryt* und *Apatit* wurden nur 3 resp. 1 Kristalle gefunden. Hellbraune *Zinkblende* und *Bleiglanz* treten in derber Form sporadisch im Gestein auf, neben relativ viel grünem *Turmalin* und reichlichem *Pyrit* und *Phlogopit.*

Calcit ist genau wie an der Weissen Fluh, weiss, mit Prisma, Rhomboeder und Skalenoeder. *Pyrit* ist wie am Lengenbach ausgebildet. Ein *Quarz* zeigt die Flächen $(11\bar{2}1)$ und $(51\bar{6}1)$. Von zahlreichen Quarzen, aus allen Fundstellen im Dolomit, habe ich nur an diesem die genannten Flächen beobachten können.

Der *Fluorit* ist von seltener Reinheit, bis 1 cm gross, absolut farblos und wasserhell, mit modellartiger Kombination von Würfel und Rhombendodekaeder, der Würfel meist etwas vorherrschend. An den Würfelecken bilden z. T. drei Flächen eine einspringende trigonale Pyramide, vielleicht eine Folge raschen Wachstums. Beim *Adular* sind (001) und $(\bar{1}01)$ ungefähr gleich gross, daneben bemerkt man die Formen (110), (010), (100). *Bleiglanz* und *Jordanit* sind z. T. verwachsen. Die Bleiglanzkristalle sind ganz gerundet und sehr glänzend. *Jordanit* ist ausgesprochen pseudohexagonal, dicktafelig und schichtig aufgebaut nach (010). Die ziemlich zahlreichen Flächen geben am Goniometer so schlechte Signale, dass sie nicht indizierbar sind. Die sichere Identifikation als Jordanit geschah auf Grund der Winkel zwischen den Zonen [001], [101] und $[\bar{1}01]$. Schöne Jordanitkristalle sind sehr selten, nur einige mm gross, und in Bezug auf Flächenentwicklung und Glanz nicht mit denen vom Lengenbach zu vergleichen. Anschliffe des im Gestein auftretenden derben Blei-

glanzes zeigen, dass er mit Jordanit vermischt ist. Der grösste der 3 Barytkristalle wurde ausgemessen ($2 \times 1\frac{1}{2}$ mm). Er ist tafelig nach der Basis, die Flächen der anderen Formen, (110), (210), (100), (102), sind alle klein. Ein Kranz winziger, gelber, kristalliner Einschlüsse sitzt in der Peripherie der Tafel. Der einzige *Apatitkristall* ist farblos, wasserhell und sehr glänzend, dicktafelig nach der Basis, $0{,}8 \times 0{,}2$ mm. Er zeigt 9 Formen mit 34 Flächen (Flächenzahl in Klammern): $(10\bar{1}0)$ (4), $(11\bar{2}0)$ (2), $(21\bar{3}0)$ (2), $(41\bar{5}0)$ (1), $(10\bar{1}1)$ (7), $(10\bar{1}2)$ (8), $(20\bar{2}1)$ (6), $(21\bar{3}1)$ (2), (0001) (2). Das Achsenverhältnis ist 1 : 0,7340, welches einem chlorarmen Apatit entspricht.

Diese Lagerstätte zeigt sehr deutlich den Lengenbachtypus, Handstücke der pyritreichen Zonen sind von solchen vom Lengenbach nicht zu unterscheiden. Gegenüber Lengenbach fallen folgende Unterschiede auf:

1. Jordanit ist das einzige Arsenmineral
2. Baryt hat einen abweichenden Habitus
3. Fluorit und Apatit fehlen am Lengenbach.

Feldbach [22]

Diese Lagerstätte wurde im 17. Jahrhundert auf Eisen abgebaut. Das Erz der Eisengrube ist *Magnetit* (im Anschliff homogen). Es sind mehrere Zonen, im ganzen 2—3 m breit und 15—20 m lang, in denen das Gestein aus Magnetit und Dolomit besteht, im besten Fall mit volumetrisch wenig über 50 % Magnetit. Dieser ist körnig, wie der Dolomit, Korngrösse durchschnittlich $\frac{1}{3}$—1 mm. Die Grenzen zwischen Erz und Dolomit sind ganz unregelmässig. Stellenweise ist blonder *Phlogopit* (mit pleochroitischen Höfen um sehr kleine Einschlüsse) deutlich angereichert, und allgemein ist das Dolomitgestein in der näheren Umgebung des Erzes albitreicher als normal. Einige Meter südlich der Grube tritt schwarzer *Turmalin* mit Quarz im Dolomit auf (Grösse cm), gebogene Kristalle in unbedeutenden Mengen, sporadisch verteilt. Einige 10 m westlich der Grube ist eine viel kleinere Impregnation, die neben Magnetit einen grösseren Prozentsatz *Pyrit* zeigt, welches Mineral in der Grube eine Seltenheit ist. Östlich der Grube, in demselben Horizont, auf einige hundert Meter verteilt, liegen beträchtliche Massen von *Limonit* aufgeschlossen in zwei deutlich unterscheidbaren Formen. Die eine ist schwer, weil stark pyrithaltig, ohne besondere Struktur, offensichtlich durch Verwitterung der grossen Pyritknollen entstanden; die andere ist ganz pyritfrei, spezifisch leicht, und besteht aus millimeterbreiten verfältelten Lagen mit nur schlecht ausgefüllten Zwischen-

räumen. Dieser leichte Limonit schliesst ziemlich viel Phlogopit ein, kleine glänzende Blättchen. Er wurde von Prof. JAKOB analysiert.

		Atomzahlen	Kationenverhältnis
SiO_2	4,87	0,0811	12,1
TiO_2	0,00	0,0000	—
Al_2O_3	1,45	0,0142	4,2
Fe_2O_3	63,02	0,3946	118,4
FeO	11,68	0,1626	24,4
MnO	0,04	0,0006	0,1
MgO	1,77	0,0439	6,6
CaO	0,00	0,0000	—
Na_2O	0,90	0,0145	4,4
K_2O	1,40	0,0149	4,5
H_2O+	12,96	0,7194	215,8
H_2O-	2,05	0,1138	34,1
	100,14		

Wenn wir Glimmer $Si_{12}Al_4O_{40}(Mg, Na, Mn)_{12}K_4(OH)_8$ bilden, bleibt praktisch nur noch Eisen und Wasser übrig. Lässt man das H_2O- weg, so ergibt sich sehr genau das Verhältnis:

$$Fe_2O_3 : FeO : H_2O = 5 : 2 : 9.$$

Hölzerspitz [23]

Der 20—30 m lange Erzgang am Hölzerspitz liegt nur einige Meter vom Bündnerschiefer entfernt konkordant im Dolomit. Man kann eher von einer vererzten Zone (ca. 1 m breit) als von einem Gang sprechen, denn der grösste Teil der Masse ist Dolomit. Die Paragenese ist, der Menge nach geordnet: *Limonit-Pyrit-Magnetit, Phlogopit, Baryt-Adular, Turmalin-Bleiglanz, Rutil-Quarz.* In relativ seltenen Drusen findet man schöne Kristalle von *Adular, Turmalin, Rutil* und *Pyrit. Limonit* tritt in grösseren Massen auf, mit und ohne Pyrit, aus welchem er sicherlich z. T. entstanden ist, als Hutbildung. *Magnetit* ist viel disperser verteilt als Pyrit, in Form schlechter Oktaeder, ca. 1 mm gross. *Baryt* befindet sich nur am westlichen Ende des Ganges, wo einige faustgrosse Aggregate von grösseren formlosen Individuen herumliegen. *Turmalin* ist tiefgrün kantendurchsichtig, gestreifte Prismen mit den Endflächen $(10\bar{1}1)$ und $(02\bar{2}1)$. Der *Rutil* ist metallischglänzend schwarz, kurzsäulig, einzige Formen (111) und (110). *Adular* ist wasserhell mit kleinen Phlogopiteinschlüssen, Adularhabitus mit den Formen (110), (001), $(\bar{1}01)$, (010), $(\bar{2}03)$. *Pyrit* ist randlich limonitisiert, die Formen sind Würfel und Pentagondodekaeder, gestreift. Quarz ist selten und uninteressant. *Bleiglanz* ist recht spärlich und tritt sporadisch auf in kleinen Nestern.

Die Mineraliensammler halten diese Lagerstätte nicht für ausbeutenswert, vielleicht mit Unrecht, denn die Anwesenheit von Baryt und Bleiglanz bedeutet schon eine Annäherung an den Lengenbachtypus.

Wolfslöcher [24]

Rechts oberhalb der Hütten bei den Wolfslöchern (grosse Spalten im Bündnerschiefer) ist ein mächtiger Quarzgang aufgeschlossen, der (1—2 m breit) ganz im Dolomit liegt und eine etwas unregelmässige Form hat, sodass er nicht ganz konkordant liegt. Die Länge beträgt etwa 10 m. Im Quarz und im angrenzenden Dolomit sind Höhlungen, die mit *Lehm* und *Pyritknollen* gefüllt sind. Ein Mineraliensammler will aus einem einzigen Loch über 200 kg Pyrit gewonnen haben. Die Quarzmasse und der angrenzende Dolomit sind mit Pyrit durchspickt, schlechte gestreifte Würfel und Pentagondodekaeder, bis 5 cm Kantenlänge (Würfel). Er ist höchstens oberflächlich limonitisiert, enthält manchmal *Phlogopiteinschlüsse,* und ist selten mit etwas verbogenem, metallischglänzendem *Rutil* assoziiert.

Die Lagerstätte ist zweifellos hydrothermalen Ursprungs, und stellt mit ihrem überaus hohen Quarzgehalt einen abweichenden Typus dar.

KLUFTLAGERSTÄTTEN IM DOLOMIT

Messernbach [25]

Im obersten Dolomitaufschluss am Messernbach, unmittelbar am linken Ufer, gibt es relativ grosse und reichhaltige Klüfte. Der Hohlraum einer solchen Kluft kann bis 5 Liter messen. Die Paragenese ist nach Häufigkeit geordnet: *Dolomit-Calcit-Albit-Muskowit-Adular-Quarz-Rutil, Pyrit-Turmalin.* Daneben *Limonit.* Die Ausscheidungsfolge ist: *Calcit, Albit-Quarz, Adular-Turmalin-Muskowit-Limonit.* Die Dolomitausscheidung fängt vor Calcit an und dauert bis zum Turmalin.

Der *Dolomit* ist farblos und wasserhell, mit einigen Spaltrissen, sehr flächenreich und gross (bis 3 cm). Der Habitus ist bestimmt durch das Einheitsrhomboeder, meist in Kombination mit der Basis. Weitere Formen sind oft Rhomboeder III. Stellung, welche die Paramorphie zum Ausdruck bringen, ferner steilere und flachere Rhomboeder I. Stellung, selten Prisma und Rhomboeder II. Stellung. Die Flächen zeigen oft Wachstums- und Ätzfiguren. Unverzwillingte Individuen sind sehr selten, gewöhnlich sind mehr als deren zwei nach $(10\bar{1}0)$ verwachsen.

Der *Calcit* ist hellgrün, und hat einen völlig verschiedenen Habitus. Es herrscht das Skalenoeder $(21\bar{3}1)$ vor, abgestumpft durch $(01\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}0)$. Fast alle Individuen zeigen neben den genannten Formen noch $(02\bar{2}1)$ und (0001), einige auch $(03\bar{3}2)$. Die Flächenbeschaffenheit ist durchwegs schlecht, wegen starker Ätzung. *Quarz* zeigt ausser den beiden Rhomboedern und dem Prisma nur undeutliche steile Rhomboeder. Er erscheint matt, ausnahmsweise sind die Hauptrhomboeder glänzend. Der Quarz ist selten, es gibt in jeder Kluft nur einige, relativ grosse (bis einige cm) Kristalle. Eine ziemlich grosse Kluft ohne Spur von Quarz wurde ausgebeutet. Der anschliessend beschriebene Quarz ist einer von zwei Szepter-Quarzen, die hier gefunden wurden; der zweite ist kleiner und hat keine Einschlüsse.

Der *Muskowit* ist grünlich, in Form dünner hexagonaler Blättchen.

Pyrit ist etwas limonitisiert, seine Umgebung gelb färbend. Man erkennt Pentagondodekaeder, Oktaeder und Dyakisdodekaeder.

Albit ist weiss und zeigt keine guten Formen. Es sind meist eine grosse Anzahl Individuen parallel verwachsen, sodass zackige flache Gebilde entstehen, tafelig nach (010), manchmal auch mehr isometrisch. Die Untersuchung im Dünnschliff ergab einen Anorthitgehalt von 5 %. Die Spaltbarkeit nach (110) ist gut.

Adular hat die gewöhnliche Ausbildung, ist aber wie Albit oft parallelverwachsen.

Rutil ist dünnstengelig, mit den Formen (100) und (111), meist einzelne Kristalle, manchmal Kniezwillinge.

Turmalin ist extrem nadelig, hellgrün und selten.

Die Verteilung dieser Mineralien in den Klüften ist eine unregelmässige für Calcit, eine regelmässige für Dolomit und Glimmer. Ab und zu gibt es grössere Flächenstücke, die nur spärlich mit Mineralien besetzt sind. Die relative Menge von Limonit ist von Kluft zu Kluft stark variabel, die Verteilung auf den Kluftflächen ist unregelmässig, es konnte jedoch keine Gesetzmässigkeit erkannt werden. Bei einer Kluft von 45° Neigung war kein Unterschied in der Besetzung der beiden Kluftflächen zu sehen.

Quarz aus einer Kluft im Dolomit am Messernbach

Dieser ausserordentlich interessante Quarz (4 × 2,5 cm) wurde von mir im Sommer 1933 gefunden und befindet sich in der Mineraliensammlung der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

An seiner Basis (Anwachsstelle) sind einige kleine Dolomitkristalle eingewachsen, welche demnach älter sind. Der Kristall ist ein typischer Szepterquarz. Wenn man sich den unteren, schmäleren Teil verlängert denkt, trifft man an seiner Fortsetzung eine grosse Anzahl kleinerer und grösserer Einschlüsse, die im Kopf des Kristalls ein Phantom bilden. Dieser ältere untere (und innere) Teil zeigt das gestreifte unregelmässige Prisma (Abwechslung von Prisma und steilen Rhomboedern), während der aufgewachsene jüngere obere Teil vom fast ungestörten Prisma seitlich begrenzt ist. Die beiden Einheitsrhomboeder sind nicht gleich gross entwickelt, die Anordnung der Einschlüsse ergibt für den inneren Teil ebenfalls das Dominieren des einen Rhomboeders, desselben wie am äusseren Teil. Die Prismenflächen beider Teile sind fein mattiert, wodurch die Penetrationszwillingsbildung gut abgezeichnet wird. Beim unteren Teil sind die beiden Individuen ungefähr gleichwertig, während beim oberen vom einen nur einige kleine Flächenteile sichtbar sind. Die Rhomboederflächen sind glänzend, aber nicht so eben wie die matten Prismenflächen.

Die Einschlüsse sind verschieden gross, es gibt viele kleine von weniger als 1 mm Durchmesser, einige von 2—4 mm, welche flach sind, und ein grosser, der 10 mm breit, 4 mm hoch und 1 mm tief ist. Er liegt etwa 2 mm tief, parallel der grössten Prismenfläche. Die Einschlüsse sind Hohlräume, alle bei gewöhnlicher Temperatur etwa zur Hälfte mit einer leichtbeweglichen, farblosen Flüssigkeit gefüllt. Die Handwärme genügt, um die flüssige Phase zum Verschwinden zu bringen.

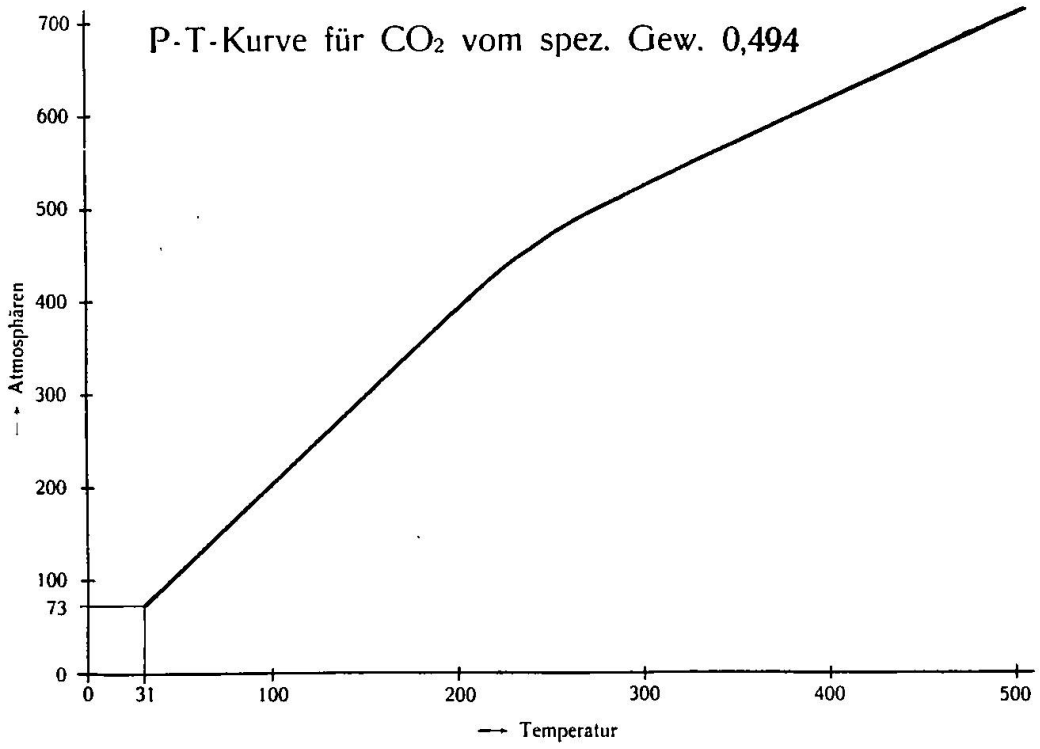
Es wurden folgende Erscheinungen am grössten Einschluss beobachtet: Der Meniskus ist bei ca. 20° stark konkav (die Flüssigkeit steigt am Rande hoch), wird aber bei steigender Temperatur immer flacher, bei zunehmendem Flüssigkeitsvolumen. Bei ca. 29° ist der Meniskus ganz gerade, und die flüssige Phase füllt ca. $^4/_5$ des Raumes. Bei $30{,}2° \pm 0{,}1°$ (kritische Temperatur) verschwindet der Meniskus, und es gibt nur noch eine Gasphase. Bei langsamer Abkühlung erscheint der Meniskus wieder an derselben Stelle in der Mitte einer sich unmittelbar vorher bildenden Nebelschicht. Je rascher die Abkühlung, desto breiter wird die Nebelschicht, beim Abschrecken mit kaltem Wasser zeigt der ganze Raum Nebelbildung. Die Trennung von Gas und Flüssigkeit geht sehr rasch vonstatten, und nachträglich steigen einige Gasblasen in der klaren Flüssigkeit auf, wahrscheinlich Luftblasen.

Die kritische Temperatur ist für sämtliche Einschlüsse genau dieselbe. Es ist kaum zweifelhaft, dass es sich um Kohlensäure handelt, mit nur unbedeutenden Beimengungen, wahrscheinlich von Wasser und Luft.

Die kritischen Daten für reine Kohlensäure sind folgende:

Kritische Temperatur: 31,1 °—31,35 °
Kritischer Druck: 73 Atm.
Kritische Dichte: 0,464.

Die Tatsache, dass die kritische Temperatur für den Einschluss nur um 1 ° zu niedrig ist, und dass keine zweite flüssige Phase in



sichtbarer Menge auftritt, rechtfertigt die Annahme, dass die Kohlensäure weitgehend rein ist. Das Druck-Temperatur-Diagramm für den Einschluss wird also nur unbedeutend von demjenigen für reine Kohlensäure abweichen.

Das Verhältnis von Gasvolumen zu Flüssigkeitsvolumen wurde bei 19,5 ° gemessen und der Wert 0,9 ermittelt. Bei dieser Temperatur ist die Dichte des Gases 0,187, diejenige der Flüssigkeit 0,771 (Daten für reine Kohlensäure). Daraus berechnet sich die Dichte des Gases oberhalb der kritischen Temperatur zu 0,494. Das Volumen des Litergewichts Kohlensäure (1,977 g) ist bei dieser Dichte genau 0,004 Liter, das P-T-Diagramm gilt für diese Konzentration.

Das Diagramm ist bis auf 198° aus Tabellen konstruiert, für höhere Temperaturen aus dem unkorrigierten Gasgesetz berechnet.

Das Diagramm gibt die Abhängigkeit von Druck und Temperatur in der Kluft zur Zeit der Einschliessung der Kohlensäure, also zur Zeit der Quarzbildung. Zur Erklärung der Bildung dieses Quarzkristalles wird folgende Hypothese aufgestellt:

Es kristallisierte der untere Teil des Quarzes aus einer wässerigen Lösung, die unter Druck mit Kohlensäure gesättigt war. Eine tektonische Bewegung bewirkte eine plötzliche Druckentlastung, die ein Sieden der Lösung zur Folge hatte (Aufsteigen von Kohlensäureblasen). Gleichzeitig erfolgte eine sehr rasche Quarzausscheidung, wobei die Blasen, die am Kristall hängen blieben, eingeschlossen wurden.

Die Hypothese wird durch folgende Beobachtungen gestützt:

1. Die Diskontinuität in der Quarzausscheidung äussert sich in der Form des Szepters.
2. Der Wechsel in der Morphologie (verschiedene Ausbildung des Prisma im unteren und oberen Teil) deutet ebenfalls auf einen Wechsel in den Ausscheidungsbedingungen.
3. Die Einschlüsse bilden ein Phantom, d. h. sie zeichnen die äußere Form eines früheren Wachstumsstadiums. Daraus folgt, dass sie alle gleichzeitig entstanden sind, ein neuer Beleg für den sprunghaften Wechsel der chemisch-physikalischen Bedingungen.
4. Die kleineren Einschlüsse haben deutlich kugelige oder rundliche Gestalt, die Gestalt von Blasen. Bei den grösseren Einschlüssen ist die Blasengestalt nicht mehr vorhanden, man kann sich aber vorstellen, dass der Quarz es vermocht hat, gegen die Oberflächenspannung der Blase, dem Einschluss von einer gewissen Grösse an seine eigene Gestalt aufzuzwingen.

Ohne weiteres lassen sich folgende Grenzen für Druck und Temperatur angeben:

Minimaltemperatur 30°. Minimaldruck ca. 73 Atm.

Da nur eine Phase den Einschluss bilden konnte, wurde die Kohlensäure als Gas eingeschlossen.

Maximaltemperatur ca. 370°. Maximaldruck ca. 580 Atm.

370° ist die kritische Temperatur von Wasser, die durch einen Gehalt an gelösten Salzen (relativ alkaliarm) nicht wesentlich erhöht wird. Da die Gasblasen nur in einer flüssigen Phase entstehen konnten, ist ca. 370° Maximaltemperatur.

KÖNIGSBERGER gibt für die Quarzbildung in alpinen Klüften das Temperaturintervall 400°—150° an, für unseren Fall gilt also ungefähr 370°—150°, welches einem Druckintervall von ungefähr 580 bis 300 Atm. entspricht. Der Druck in der Kluft war also eventuell wesentlich höher als der kritische Druck der Lösung.

Falls die Kohlensäure aus dem Dolomit selbst herstammt, gibt es drei Möglichkeiten ihrer Entstehung.

1. Durch Zersetzung des Dolomits durch zirkulierende saure Lösungen.
2. Durch Oxydation der fossilen Kohle im grau-blauen Dolomit.
3. Durch Bildung aus Bikarbonat, welches möglicherweise mit dem Karbonat abgelagert wurde.

Weisse Fluh [26]

Hier gibt es nur wenige kleine Klüfte, alle in einer Ebene. Sie beanspruchen deshalb Interesse, weil in der Kluftwand stark veränderte Knollen von *Fahlerz* eingebettet sind. Vom Fahlerz sind nur noch kleine Relikte übrig geblieben, der Rest ist in wenig *Azurit* und viel *Malachit* umgewandelt. Einiges Kluftmineral ist *Quarz* (neben Lehm), der in klaren langstengeligen Kristallen auf der Wandung sitzt. Er durchspiesst den Malachit. Das Prisma verjüngt sich gegen die Spitze; die Verjüngung ist aber so regelmässig, dass man auch von steilen Rhomboedern sprechen könnte. Eine leichte horizontale Streifung ist meist vorhanden. Die Erscheinung, die an Quarzen aus Karbonatgesteinen anderorts mehrfach beobachtet wurde, nämlich, dass die eine Hauptrhomboederfläche über alle anderen dominiert, ist hier nicht ausgeprägt, aber doch an einer grösseren Anzahl von Individuen erkennbar. Die Orientierung der dominierenden Fläche gegenüber der Kluftwand scheint nicht gesetzmässig zu sein. Feiner grauer Lehm überzieht teilweise die Kluftflächen und den Quarz.

Diese kleine Lagerstätte ist in doppelter Hinsicht interessant, erstens wegen des Auftretens von zersetztem Fahlerz und zweitens, weil Quarz das einzige Kluftmineral ist. Diese Tatsachen beweisen, dass es sich nicht um echte Klüfte handeln kann. Es ist wahrscheinlich, dass die Lösungen, die das Fahlerz absetzten, längs einer kleinen Spalte zirkulierten, stellenweise bis zur Hohlraumbildung Dolomit weglösten und unter aussergewöhnlichen Bedingungen Quarz ausschieden. Zuletzt wurde noch das Fahlerz zersetzt und der Lehm abgeschieden.

Die Einreihung dieses Vorkommens in die Gruppe der Kluftlagerstätten ist etwas willkürlich, es würde aber in keine der anderen Gruppen besser hineinpassen.

Balmen [27,28]

Hier, am Fuss des Albrunhorns, findet man zahlreiche kleine Klüfte (oder Spalten), welche nur *Dolomit* führen. Das Einheitsrhomboeder tritt allein auf oder in Kombination mit einer kleinen Basis. Zwillinge nach $(10\bar{1}0)$ sind die Regel. Im feinen Dolomitsand, der am Hang liegt, findet man neben *Pyrit* und seltener *Rutil* zahlreiche lose *Quarzkristalle* (bis 5×1 cm), die von einer früher ausgebeuteten grösseren Kluft herrühren. Von 50 wahllos aufgelesenen Kristallen zeigen 40 eine oder zwei Rhomboederflächen in der Grösse deutlich dominierend, es kommt vor, dass die anderen Rhomboederflächen nur als schmale Abstumpfungen auftreten. Das Prisma ist rauh, gestreift und verjüngt sich gegen die Spitze hin. In diesem Dolomit, da wo er in der Nähe der Grenze zum Gneis als gelblicher Marmor ausgebildet ist, findet man in Klüften folgende Mineralien: *Quarz, Dolomit, Calcit, Adular, Pyrit, Phlogopit, Muskowit, Rutil* und *Turmalin*. Der Phlogopit tritt auch im umgebenden Gestein reichlich auf, z. T. in mehreren Quadratzentimeter grossen hellbraunen Tafeln. Ein *Phlogopit* aus dem Gestein (Dolomit) wurde von Prof. JAKOB analysiert.

SiO_2	41,37
TiO_2	1,27
Al_2O_3	15,38
Fe_2O_3	0,00
FeO	2,33
MnO	0,02
MgO	23,49
CaO	0,00
Na_2O	1,11
K_2O	10,61
H_2O+	4,40
	99,98

Die Berechnung der Kationen auf 48 Sauerstoff (Inhalt der Elementarzelle) ergibt:

Si	11,61	$B^{IV} = 16{,}00$
Al	4,39	
Al	0,70	$B^{VI} = 11{,}94$
Ti	0,27	
Fe	0,55	
Mg	9,82	
Na	0,60	
K	3,80	$\rightarrow A = 3{,}80$
H	8,05	

Die Idealformel lautet $B^{IV}_{16}B^{VI}_{12}A_4(OH)_8O_{40}$.

In den Klüften ist *Quarz* nicht häufig und gelblich. *Calcit* gleicht dem vom Messernbach, *Dolomit* zeigt nur das Rhomboeder. Der *Adular* ist klar, etwas gelblich. Es gibt schöne Penetrationszwillinge und Vierlinge. Die beiden Zwillingsebenen sind (001) und (021). Die Vierlingsachse [100] ist allen vier Individuen gemeinsam und

wird für die Gruppe zur Pseudotetragyre, indem die Zwillingsebenen einen Winkel von 42° einschliessen. Es gibt zwei verschiedene Typen von Vierlingen; bei dem einen ist der Adularhabitus (mit zurücktretender Basis) gut erkenntlich, man sieht bei jedem Individuum das Prisma (110), das Pinakoid ($\bar{1}01$) und das schmale seitliche Pinakoid (010); beim anderen Typus sind die Flächen (010) breiter und bilden zusammen ein pseudotetragonales Prisma. ($\bar{1}01$) fehlt, indem zwei Prismenflächen benachbarter Individuen in einer unregelmässigen Kante zusammenstossen.

Rutil bildet einfache Kristalle oder Kniezwillinge, mit gestreiftem Prisma und Einheitsbipyramide gleicher Stellung. Die Farbe ist schwarz. *Turmalin* ist vollkommen durchsichtig und hell flaschengrün, aber schlecht ausgebildet.

Feldbach[29] *u. s. w.*

Nördlich vom Hölzerspitz durchbricht der Feldbach den Dolomit. Hier gibt es am linken Ufer zahlreiche kleinere Klüfte, die meist sehr schmal sind. Die Paragenese ist *Quarz, Turmalin, Adular, Magnetit, Pyrit, Limonit* und *Rutil.*

Die oktaedrischen *Magnetite* sind zahlreich und sehr klein. Der hellgrüne *Turmalin* sitzt auf Quarz. Die Menge der Mineralien ist relativ klein, sie sitzen meist direkt auf dem Gestein, so dass die Ausscheidungsfolge nicht bestimmbar ist.

Diese Klüfte sind die einzigen im Dolomit, in denen Magnetit auftritt und Glimmer fehlt.

Quarz, Dolomit, Rutil, Turmalin und *Adular* findet man an vielen Stellen (südlich vom Hölzerspitz, Eggerofen, Turbenalp) im feinen Dolomitsand, der an allen nicht sehr steilen Dolomithängen liegt. Dies zeigt, dass der Dolomit fast überall kleine Klüfte birgt, mehr oder weniger dispers verteilt.

KLUFTLAGERSTÄTTEN IM BÜNDNERSCHIEFER

Kleine Klüfte sind im Bündnerschiefer recht häufig, grosse Klüfte sind sehr selten, liefern aber sehr schöne, grosse Quarze. In dem kalkreichen Bündnerschiefer sind die Klüfte häufiger als in den tonerdereichen. Die Paragenese ist maximal *Quarz, Calcit, Muskowit, Albit, Pyrit, Limonit* und *Rutil,* doch fehlt oft das eine oder andere Mineral, ausser Quarz und Glimmer. Rutil habe ich selber nie gefunden. Auch Albit ist relativ selten. Ausser Quarz und Glimmer sind im allgemeinen diese Kluftmineralien schlecht ausgebildet und uninteressant. Sehr häufig findet man Spalten, die eine

zur Kluftrichtung parallele Lage haben. Sie sind stets ganz ausgefüllt, mit derbem Quarz und grösseren, gelblichen, ungefähr rhomboedrischen Calciten. Diese Spalten sind nicht als alpine Zerrklüfte anzusehen, sie bilden jedenfalls grosse, zusammenhängende Spaltsysteme, verbunden mit dem Spaltsystem der Schichtfugen, welches auch die Paragenese Quarz-Calcit aufweist. Die Umgebung des Feldbach ist in Bezug auf die Bündnerschiefer am kluftreichsten.

WEITERE MINERALLAGERSTÄTTEN

Es gibt im Binnental einige Minerallagerstätten, die ich nicht auffinden konnte, deren Existenz aber unbestreitbar ist.

Die Klüfte am Ofenhorn, welche viele schöne Stufen geliefert haben, liegen auf italienischem Gebiet und wurden nicht untersucht. Man findet eine Beschreibung in lit. 186 und Beschreibungen der Mineralien in lit. 15 (Anatas), lit. 20 (Titanit), lit. 90 (Quarz, Titanit), lit. 93 (Anatas, Laumontit), lit. 95 (Ilmenit).

Eggerofen. Klüfte im Paragneis. Paragenese wahrscheinlich Quarz, Adular, Hämatit, Titanit, Turmalin, Anatas, Limonit, Chlorit.

Turbenalp. Klüfte im hornblendeführenden Paragneis. Paragenese wahrscheinlich Quarz, Adular, Albit, Turmalin, Muskowit, Pyrit, Rutil, Anatas, Xenotim (lit. 15). Xenotim sitzt auf Turmalin, Habitus isometrisch, Formen: (110), (111), (311), (331). Anatas (lit. 15) braun, durchsichtig, Komb: (100) und (113). Blauschwarz, Komb: (111) und (001).

Turbhorn. Rutil im Bündnerschiefer eingewachsen, mit Quarz, Adular, Calcit und Dolomit (z. T. sicher in Klüften). Rutil (lit. 22) grosse Viellinge, Formen: (011), (111), (100), (120), (130), (140).

Geisspfad. An den Hängen zwischen Rothorn und Schwarzhorn in Serpentin: Schöne grüne Granate, tonnenförmige Chloritkristalle.

Kriegalp. In den hellen Gneisen zwischen den beiden Überschiebungen gibt es fast überall kleine Klüfte, besonders in der Umgebung der Güschi- und Wannengletscher. Ich fand die Paragenese Quarz, Hämatit, Adular, Pyrit, Turmalin, Chlorit. Von ca. 120 Quarzen aus einer Kluft haben 15 die bekannten Luftröhren mit rechteckigem Querschnitt. Fast alle Kristalle zeigen Trapezoederflächen, die meisten sind verzwillingt, nach dem Dauphinéergesetz. Eine oberflächliche Betrachtung zeigt ein starkes Vorherrschen von Linksquarz gegenüber Rechtsquarz.

Man findet in Sammlungen ältere Stufen, die mit Albrun oder Albrunhorn etiquettiert sind; nach Desbuissons entstammen diese den Klüften am Ofenhorn. Der Berg Cherbadung ist früher oft mit Namen Tscherwandune bezeichnet worden.

ZUSAMMENFASSUNG ÜBER DIE MINERALLAGERSTÄTTEN.

Zusammenfassend ist der Inhalt der Minerallagerstätten in der Tabelle S. 430 dargestellt; sodann ergibt sich:

Die Betrachtung der Kluftparagenesen lehrt, dass in den zirkulierenden heissen Lösungen Stoffe sich anreicherten, die im Gestein z. T. nur in geringen Mengen vorhanden sind.

Es wanderten etwa folgende Stoffe in die Klüfte (exklusive Kohlensäure und Wasser):

a = in geringerer relativer Konzentration als im Gestein.
b = in grösserer „ „ „ „ „
c = in wechselnder „ „ .

Aus dem Dolomit, der etwas Feldspat, Quarz, Glimmer und Pyrit enthält:

a = Ca > Mg
b = Si, Fe, Al > Na, K > Ti, S, B

Aus den Zweiglimmergneisen:

a = Na > Ca
b = Fe, K > Ti, B > P, S
c = Si, Al, Mg, seltene Erden.

Aus den basischen Orthogesteinen:

a = Mg, Fe > Ti
b = Ca, Si
c = Al, Na.

Wenn wir die Klüfte der Zweiglimmergneise betrachten, so wird sofort klar, dass die Beziehung von Kluftparagenese zur Gesteinszusammensetzung nur sehr generell formuliert werden kann (siehe S. 376, 371). Dies sei durch folgenden Vergleich illustriert:

	Gestein		Klüfte	
	Quarz	Albit	Quarz	Albit
Lercheltini-Zone	viel	viel	viel	wenig
Injektionsgneis	viel	viel	wenig	viel
Turbenalp	viel	wenig	mässig	fehlt
Balmen	viel	viel	viel	fehlt

Der Erzanteil der Lagerstätten im Dolomit stammt wahrscheinlich vom ophiolithischen Magma ab (für die Lagerstätte der Wolfslöcher ist diese Abstammung indessen zweifelhaft).

Tabelle: Zusammenfassung über die Minerallagerstätten.
1 = Hauptgemengteile, 2 = Nebengemengteile, 3 = Accessorien.

	Lokalität	Gestein	Quarz	Adular	Pyrit	Dolomit	Limonit	Albit	Calcit	Muskowit	Phlogopit	Turmalin	Rutil	Chlorit	Magnetit	Sulfosalze	Hornblende	Epidot	Titanit	Bleiglanz	Zinkblende	Anatas	Baryt	Hämatit	Siderit	Ilmenit	Talk	Realgar	Fluorit	Prehnit	Malachit	Apatit	Hyalophan	Auripigment	Aragonit	Azurit	Xenotim	Monazit	Arsenkies	Zeolith	Hamlinit	Arsenoferrit	Granat	Fuchsit	Cerussit
Erzlagerstätten	Lengenbach	Zuckerkörniger Dolomit	2	2	1	1		3	2	2	2	2	3			1	3			2	1		2			3	2	1			3		2	2	3	3			3		3			3	3
	Weisse Fluh		2		3	1			1		2		3			1				1	1						1		3																
	Schmid's Tabel		2	1	1	1			1		2	2				2				2	2		3						2			3													
	Hölzerspitz		2	2	1	1	1				1	2	3		1					3			1																						
	Feldbach		2		1	1	1	2			2	3			1									?																					
	Wolfslöcher		1		1	1	2				3		3																																
	Helsen	Ortho-Alkalifeldspatgneis	2				3	3	3	3				3	1			1																											
	Fleschen	Ortho-Amphibolit			3		3	2					2				1		3							1																			
Kluft-Lagerstätten	Messernbach	Dolomit	2	2	3	1	1	1	1	2	3	3	3																																
	Weisse Fluh		1													2															2					3									
	Balmen		1	2	2	1	3		2	2	1	3	3																																
	Feldbach		1	1	2		2				3	3	3		2																														
	Lercheltini-Zone	Para-Zweiglimmer-plagioklasgneise	1	1	2		1	2	2	1		2	2	1	2				3			2		2	2	3								3		3	3		?		3			
	Balmen		1	1	2		1			2		2	3	1								2		2								3													
	Turbenalp		1	1			1					2	3												1																				
	Geisspfad	Zweiglimmer-Injektionsgneise		1				1		3				1				2	2																										
	Blauwang		1	1	3		2	1	2	1			3	2					2			3		3															3						
	Wannenhorn		2	1	3			1		1				2					2			3																							
Randzone Serpentin	Geisspfad	Serpentin			3				3								1		3							3																	3		
	Fleschenhorn	Amphibolit						2	2								2	1												1																

Die für die einzelnen Lagerstätten im Besondern charakteristischen Elemente sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Charakteristische Elemente:	S	As	Fe	Pb	Zn	Ba	Cu	Ag	Tl	F
Lengenbach	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Weisse Fluh	+	+	+	+	+		+			+
Schmid's Tobel	+	+	+	+	+	+				+
Hölzerspitz	+		+	+		+				
Feldbach	+		+							

Hölzerspitz verbindet den Lengenbachtypus mit dem einfacheren Feldbachtypus.

NACHTRAG.

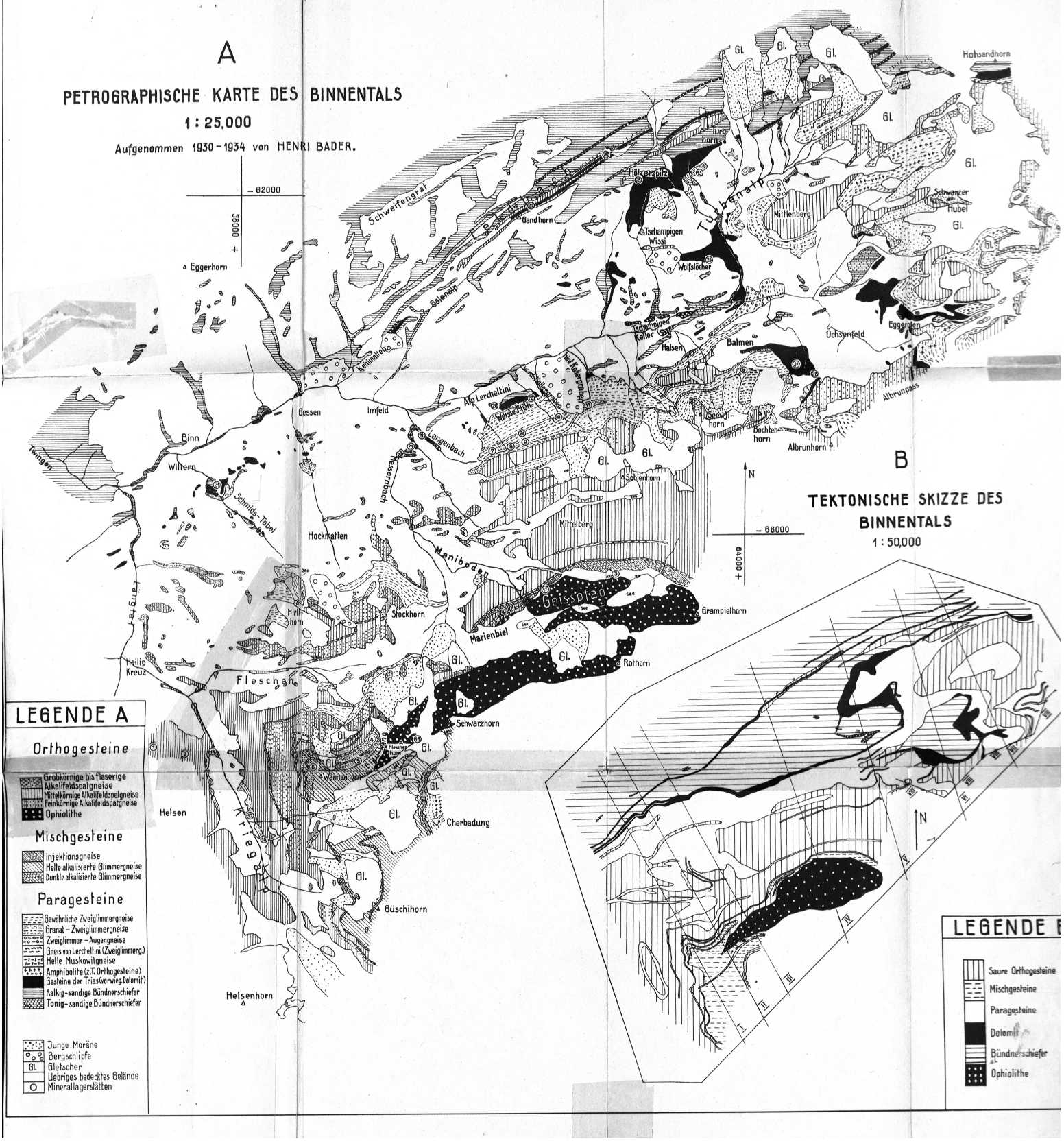
Während des Druckes der vorliegenden Arbeit sind an weitern Untersuchungen über Mineralien des Binnentals erschienen:

A. Ferrari e R. Curti, Period. di Mineral. V, 155—174. 1934. Röntgenographische und chemische Untersuchungen an Skleroklas, Baumhauerit, Rathit, Dufrenoysit und Jordanit vom Lengenbach. Aus den Röntgenogrammen wird die Existenz einer lückenlosen Mischkristallreihe zwischen Auripigment und Dufrenoysit gefolgert; in diesem Falle hätten Skleroklas, Liveingit, Baumhauerit und Rathit nicht als selbständige Kristallarten, sondern lediglich als verschieden zusammengesetzte Glieder der erwähnten Mischkristallreihe zu gelten. Jordanit besitzt gleiche Kristallstruktur wie Guitermanit.

W. H. Taylor, J. A. Darbyshire and H. Strunz, Z. Krist. 87, 464—498. 1934. Röntgenographische Untersuchungen am Hyalophan von Lengenbach.

VERZEICHNIS DER BESCHRIEBENEN MINERALIEN DER MINERA LAGERSTÄTTEN

Adular 373, 374, 417, 419, 426
Albit 374, 415, 421
Anatas 373, 376, 380, 428
Apatit 380, 418
Arsenkies 414
Arsenoferrit 378
Bayrit 413, 418
Baumhauerit 395, 431
Biotit 357
Calcit 421
Dolomit 412, 418
Dufrenoysit 396, 431
Epidot 385
Fluorit 417
Fuchsit 414
Granat 384
Hämatit 378
Hamlinit 411
Hatchit 404
Hornblende 383
Hutchinsonit 406
Hyalophan 409, 431
Ilmenit 378, 384, 385, 415
Jordanit 394, 417, 431
Lengenbachit 402
Limonit 419
Liveingit 405
Magnetit 378
Marrit 401
Monazit 378
Phlogopit 426
Proustit 408
Pyrit 408
Quarz 375, 381, 417, 421, 425, 426,
Realgar 409
Rathit 397, 431
Rutil 377, 415, 416, 419, 428
Seligmannit 403
Skleroklas 400, 431
Smithit 405
Talk 359
Tennantit 392, 416
Titanit 373, 374, 382, 384
Trechmannit 404
Trechmannit-α 404
Turmalin 415, 419
Xenotim 377, 428
Zinkblende 408, 416.


A
PETROGRAPHISCHE KARTE DES BINNENTALS
1 : 25,000
Aufgenommen 1930 – 1934 von HENRI BADER.
– 62000
+ 36000
Eggerhorn
Schweifengrat
Gandhorn
Hölzerspitz
Tschampigen Wissi
Wolfsloher
Tubenalp
Mittenberg
Hohsandhorn
Schwarzer Hubel
Gl.
Balmen
Halsen
Ochsenfeld
Eggenden
Albrunpass
Albrunhorn
Bochtenhorn
Schienhorn
Mittelberg
Geissplad
Grampielhorn
Rothorn
Schwarzhorn
Marienbiel
Meniboden
Stockhorn
Hockmatten
Lengenbach
Imfeld
Gessen
Binn
Wiler
Schmids-Tobel
Zwingen
Zwingrat
Heilig Kreuz
Fleschen
Helsen
Kriegbach
Cherbadung
Güschihorn
Helsenhorn
Wannenhorn
Alp Lerchelti
Weisse Fluh
Kelmattstock
LEGENDE A
Orthogesteine
Grobkörnige bis flaserige Alkalifeldspatgneise
Mittelkörnige Alkalifeldspatgneise
Feinkörnige Alkalifeldspatgneise
Ophiolithe
Mischgesteine
Injektionsgneise
Helle alkalisierte Glimmergneise
Dunkle alkalisierte Glimmergneise
Paragesteine
Gewöhnliche Zweiglimmergneise
Granat – Zweiglimmergneise
Zweiglimmer – Augengneise
Gneis von Lerchelti (Zweiglimmerg.)
Helle Muskowitgneise
Amphibolite (z.T. Orthogesteine)
Gesteine der Trias (vorwieg. Dolomit)
Kalkig-sandige Bündnerschiefer
Tonig-sandige Bündnerschiefer
Junge Moräne
Bergschlipfe
Gl. Gletscher
Uebriges bedecktes Gelände
Minerallagerstätten
B
TEKTONISCHE SKIZZE DES BINNENTALS
1 : 50,000
– 66000
+ 64000
N
LEGENDE B
Saure Orthogesteine
Mischgesteine
Paragesteine
Dolomit
Bündnerschiefer
Ophiolithe

Leere Seite
Blank page
Page vide

LITERATURVERZEICHNIS

(Geordnet nach Zeitschriften, innerhalb der Zeitschriften Reihenfolge chronologisch)

Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

1. 1867. S. 102. T. Petersen, Analyse des Hyalophan (referiert aus dem VII. Ber. des Offenbacher Vereins für Naturkunde, 1866, S. 12).
2. 1867. S. 203—205. T. Petersen, Über die Grauerze des Binnentales (referiert aus dem VII. Ber. des Offenbacher Vereins für Naturkunde, 1866, S. 13—16).
3. 1870. S. 108—110. A. Kenngott, Über den Hyalophan (referiert aus der Vierteljahrschrift der nat.forsch. Gesellschaft Zürich, 1869, S. 373—377).
4. 1872. S. 189—192. Wiser. (Neue Erwerbungen für seine Sammlung.)
5. 1872. S. 897—910. C. Klein, Mineralogische Mitteilungen.
6. 1874. S. 961—962. C. Klein, Der sog. Wiserin aus dem Binnental.
7. 1875. S. 851—852. C. Klein, Mineralogische Ergebnisse einer Reise nach dem St. Gotthard und ins Oberwallis.
8. 1875. S. 337—370. C. Klein, Mineralogische Mitteilungen.
9. 1876. S. 393. v. Rath. Betreffs Turnerit.
10. 1876. S. 593—601. C. O. Trechmann, Beiträge zur Kenntnis des Turnerit.
11. 1878. S. 287—288. A. Sadebeck, Betreffs Ilmenit.
12. 1879. S. 536—538. C. Klein, Mineralogische Mitteilungen.
13. 1881. II. S. 269—272. G. Seligmann, Über Anatas aus dem Binnental.
14. 1882. II. S. 281—282. G. Seligmann, Über Anatas aus dem Binnental.
15. 1883. I. S. 372. G. Seligmann. Mineralogische Mitteilungen (referiert aus Vers. des nat.hist. Vereins für das Rheinland, 1882).
16. 1884. I. S. 207—215. F. Rinne, Über den Hyalophan aus dem Binnental.
17. 1884. I. S. 204—205. C. O. Trechmann, Rutil aus dem Dolomit des Binnentales.
18. 1885. II. S. 20—24. F. Rinne, Über Milarit, Apophyllit und Rutil.
19. 1886. I. S. 392—393. G. Seligmannn, Über Mineralvorkommen aus dem Binnental etc. (referiert aus dem Sitz.-Ber. d. niederrheinischen Ges. für Naturkunde in Bonn, 1884).
20. 1887. Beilb. S. 350—362. K. Busz, Beiträge zur Kenntnis des Titanits.
21. 1887. II. S. 83. A. Kenngott, Anatas aus dem Binnental etc.

21a. 1891. I. S. 144. J. W. Retgers. (Dolomit).

22. 1900. I. S. 12—13. H. Baumhauer, Über den Rutil des Binnentales (referiert aus dem C. R. des 4. congr. intern. d. cathol. Fribourg, 1897).
23. 1903. Beilb. S. 335—475. O. Mügge, Die regelmässige Verwachsung von Mineralien verschiedener Art.
24. 1905. II. S. 18—20. E. Strandmark, Beitrag zur Kenntnis des Celsian und anderer Baryumfeldspäte (referiert aus Geol. Fören. i. Stockholm Förhandl., 1904).

25. 1906. II. S. 15—16. F. Millosevich, Nuove forme e nuovo tipo cristallino dell anatasio della Binnental (referiert aus Atti. R. Accad. d. Lincei, 1905).
26. 1906. II. S. 27—30. H. Baumhauer, Die Mineralien des Binnentales (referiert aus dem Bull. de la Murithienne, Valais, 1905).
27. 1908. Beilb. S. 210—211. Hochschild, Studien an Zinkblende.
28. 1910. II. S. 177—178. M. Henglein, Über Kristallformen des Anatas (referiert aus Ver. d. naturh. med. Ver. Heidelberg, 1909).
28a. 1912. Beilb. H. P. Cornelius, Petr. Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpass (Dissertation).
29. 1917. Beilb. S. 375—378. A. Ehringhaus, Beitrag zur Kenntnis der Dispersion einiger Kristalle.
30. 1919. Beilb. S. 457—498. (Dissertation Freiburg.) P. Koller, Beitrag zur Kenntnis des Binnentaler Dolomits, etc.
31. 1922. I. S. 1—19. P. Koller, Sphen aus dem Binnental.
32. 1925. I. S. 491. O. Werdmüller, Neuere Funde von Anataskristallen im Binnental (referiert aus Verh. nat.forsch. Gesellschaft Basel, 1918).

Zeitschrift für Kristallographie

33. 1877. 1. S. 13—17. (Berichtigung: S. 650.) v. Rath, Rutil in Formen des Eisenglanzes aus dem Binnental.
34. 1877. 1. S. 340—342. G. Seligmann, Regelmässige Verwachsung von Rutil mit Magneteisen.
35. 1877. 1. S. 562—582. (Berichtigung: Gen. Reg. XXI/XXX, S. 383.) H. Bücking, Kristallographische Studien an Eisenglanz und Titaneisen vom Binnental.
36. 1878. 2. S. 191—192. W. J. Lewis, Über Jordanit und Binnit.
37. 1878. 2. S. 416—424. (Berichtigung: Gen. Reg. I/X, S. 141.) H. Bücking, Nachtrag zu den kristallographischen Studien an Eisenglanz und Titaneisen vom Binnental.
38. 1878. 2. S. 433—434. A. Arzruni, Kristallographisch-chemische Untersuchung einiger Arsenkiese.
39. 1881. 5. S. 252. (Berichtigung: S. 666.) F. Sanzoni, Pyrit vom Binnental.
40. 1881. 5. S. 253. P. Groth, Eine Pseudomorphose aus dem Binnental.
41. 1882. 6. S. 240—243. (Berichtigung: 1888. 14. S. 655.) v. Zepharovich, Über Kainit, Rutil und Anatas.
42. 1883. 7. S. 64—68. F. Obermayer, Morphologische Studien an Hyalophan und Labradorit.
43. 1883. 7. S. 337—343. A. Arzruni, Beziehung zwischen Kristallform und Zusammensetzung bei den Eisenarsenkiesen.
44. 1883. 7. S. 438—441. (Berichtigung: S. 652.) C. Hintze, Zur Kristallform des Dolomits aus dem Binnental.
45. 1884. 8. S. 243—245. (Berichtigung: Gen. Reg. XXI/XXX. S. 385.) F. Grünling, Über das Vorkommen des Baryts im Binnental.
46. 1886. 11. S. 337—343. G. Seligmann, Mineralogische Notizen.
47. 1895. 24. S. 78—85. H. Baumhauer, Ein weiterer Beitrag zur Kenntnis des Jordanits von Binn.
48. 1895. 24. S. 85—87. H. Baumhauer, Dufrenoysit aus dem Binnental.

49. 1895. 25. S. 319. CESÀRO, Über eine neue Form der Zinkblende (referiert aus Bull. Acad. roy. d. Belgique, 1893).
50. 1896. 26. S. 593—602. H. BAUMHAUER, Über den Rathit, ein neues Mineral aus dem Binnentaler Dolomit.
51. 1897. 28. S. 545—552. H. BAUMHAUER, Neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoysit.
52. 1899. 30. S. 179. B. HASSELBERG, Zur chemischen Konstitution des Rutil (Anatas) (referiert aus Bihang. till. Vet. Akad. Handl., 1897).
53. 1899. 30. S. 299—300. R. SCHARIZER, Baryt vom Binnental.
54. 1900. 32. S. 258—261. E. WEINSCHENK, Über einige bemerkenswerte Minerallagerstätten der Westalpen.
55. 1900. 33. S. 119. H. L. BOWMAN, Monazit.
56. 1902. 35. S. 321—344. R. H. SOLLY, Bleisufarsenite aus dem Binnental, I und II.
57. 1903. 37. S. 304. R. H. SOLLY und H. JACKSON, A new mineral from the Binnental (referiert aus Proc. Cambridge phil. soc., 1901).
58. 1903. 37. S. 321—340. R. H. SOLLY, Bleisulfarsenite aus dem Binnental, III.
59. 1903. 37. S. 603—608. H. BAUMHAUER, Beitrag zur Kenntnis des Hyalophan.
60. 1904. 38. S. 628—655. H. BAUMHAUER, Untersuchung über die Entwicklung der Kristallflächen im Zonenverbande.
61. 1904. 39. S. 114. JANNASCH, Analyse des Realgar vom Binnental.
62. 1907. 42. S. 280—283. R. W. HARRE, Über Eisenglanz und Anatas vom Binnental.
63. 1907. 43. S. 548—563. C. O. TRECHMANN, Über den Skleroklas von Binn.
64. 1908. 44. S. 609—617. BAUMHAUER und TRECHMANN, Neuere Beobachtungen am Baryt des Binnentales.
65. 1910. 47. S. 1—21. H. BAUMHAUER, Kristallographisch-optische Untersuchungen.
66. 1911. 48. S. 489—490. A. KRETSCHMER, Analyse und Zusammensetzung der Fahlerze.
67. 1911. 48. S. 657. ROSICKY, Barytocölestin von Imfeld, Binnental (referiert aus Abh. Böhm. Ges. Wiss., 1908).
68. 1911. 49. S. 514—515. W. J. LEWIS, Wiltschireit, ein neues Mineral.
69. 1912. 50. S. 69—70. SAMOILOV, Über den Barytocölestin (referiert aus Bull. Acad. Petersburg, 1908).
70. 1913. 51. S. 113—131. A. POCHETTINO, Über die Luminescenzerscheinungen in Kristallen.
71. 1913. 51. S. 143—145. H. BAUMHAUER, Arsenoferrit, ein neues Glied der Pyritgruppe.
72. 1913. 52. S. 580—591. H. BAUMHAUER, Über die Entwicklung der Kristallflächen im Anschluss an neuere Beobachtungen am Binnit.
72a. 1928. 68. S. 220. F. MACHATSCHKI (Fahlerze).

Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen

73. 1872. S. 7—15. BRENZINA, Kristallographische Studien an Wiserin.
74. 1873. S. 29. L. SIPÖCZ, Analyse des Jordanit von Imfeld.
75. 1873. S. 131. WARTHA, Über die Zusammensetzung des Jordanit.

76. 1873. S. 132. L. Sipöcz, Bemerkungen zur vorstehenden Notiz (Wartha, Jordanit).
77. 1873. S. 215—216. Tschermak, Jordanit von Nagyág.
78. 1876. S. 59—64. Neminar, Die Kristallform des Barytocölestins.
79. 1882. S. 102. Tschermak (Dolomit).
80. 1883. S. 457. Becke, Ätzversuche an der Zinkblende.
81. 1887. S. 1. Becke, Natürliche Ätzung an Magnetit, etc.
82. 1888. S. 118. Becke, Ein Beitrag zur Kenntnis der Kristallformen des Dolomits.
83. 1890. S. 225. Becke, Über Dolomit etc.
84. 1902. S. 226—228. A. Pelikan, Pseudomorphosen von Magnetit und Rutil nach Ilmenit.

Mineralogical Magazine

85. 1893. 47. S. 220—228. C. O. Trechmann, Binnite from Imfeld in the Binnental.
86. 1899. 56. S. 184—213. G. T. Prior und L. J. Spencer, The identity of Binnite with Tennantite; and the chemical composition of Fahlerz.
87. 1900. 57. S. 282—297. R. H. Solly und H. Jackson, Sulpharsenites of lead from the Binn valley, Part I.
88. 1901. 59. S. 77—85. R. H. Solly, Sulpharsenites of lead from the Binn valley, II.
81. 1902. 60. S. 151—171. R. H. Solly, Sulpharsenites of lead from the Binn valley, III.
90. 1903. 61. S. 291—293. W. J. Lewis, Notes on minerals from the neighbourhood of Binn.
91. 1903. 62. S. XXXIV. W. J. Lewis, Analyses of a large crystal of sulpharsenite of lead from the Binnental.
92. 1903. 62. S. 336—341. R. H. Solly, Sulpharsenites of lead from the Binnental, IV.
93. 1904. 63. S. 16—17. R. H. Solly, On various minerals from the Binnental etc.
94. 1905. 64. S. 72—82. R. H. Solly, Some new minerals from the Binn valley, etc.
95. 1906. 65. S. 184—190. R. H. Solly, Notes on some Binnental minerals, etc.
96. 1907. 66. S. 204—206. A. Hutchinson, The chemical composition of Lengenbachite.
97. 1907. 66. S. 212—229. C. O. Trechmann, Crystallography of Sartorite from Binn.
98. 1907. 67. S. 283—307. Smith und Prior, Red silver minerals from the Binnental.
99. 1907. 67. S. 389—393. H. L. Bowman, On Hamlinite from the Binnental.
100. 1910. 72. S. 385—387. G. T. Prior, Analyses of Seligmannite, zinkiferous Tennantite (Binnite) and Fuchsite from the Lengenbach.
101. 1911. 74. S. 121—123. R. H. Solly, On the relation between Rathite, Rathite-α and Wiltshireite.
102. 1912. 75. S. 197—206. W. J. Lewis, On Rathite and its variety Wiltshireite.
103. 1912. 76. S. 282—286. R. H. Solly, Description of large crystals of Seligmannite and Dufrenoysite.

104. 1912. 76. S. 287—289. R. H. Solly und G. H. Smith, Hatchite, a new (anorthic) mineral from the Binnental.
105. 1912. 76. S. 290—293. G. H. Smith, Note on a large crystal of Anatase from the Binn valley.
106. 1913. 77. S. 343—344. W. J. Lewis, Ilmenite from the Dolomite at Binn.
107. 1919. 86. S. 259—316. G. H. Smith, On Sartorite and the problem of its crystal-form.
108. 1919. 87. S. 360—362. R. H. Solly, A lead-grey, fibrous mineral from the Binn valley.
109. 1919. 87. S. 363—365. R. H. Solly, A new mineral isomorphous with Trechmannite, from the Binn valley.
110. 1920. 89. S. 40—42. G. H. Smith, A curious crystal from the Binnental.

Bulletin de la société Française de minéralogie

110a. 1879. II. S. 31. Bertrand (Anatas).
111. 1889. 11. S. 300—302. F. Pisani, Notices minéralogiques.
112. 1889. 12. S. 44. F. Pisani, Rectification sur la note sur le Zirkon de Binn.
113. 1893. 16. S. 210—217. L. Duparc und L. Mrazec, Note sur la Serpentine de la vallée de Binn.
114. 1902. 25. S. 95—97. Gonnard, Notes cristallographiques sur le Quarz.
115. 1911. 34. S. 242—252. L. Desbuissons, Contribution à l'étude de minéraux de la vallée de Binn.
116. 1917. 40. S. 110—111. A. Brun, Note sur les sulfarséniures de Binn.
117. 1919. 42. S. 100—101. P. Gaubert, Sur les indices de réfraction des carbonates rhomboédriques.

Sitzungsbericht der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften

118. 1891. 35. S. 697—711. H. Baumhauer, Über sehr flächenreiche, wahrscheinlich dem Jordanit angehörige Kristalle aus dem Binnental.
119. 1891. 41. S. 915—925. H. Baumhauer, Über das Kristallsystem des Jordanit.
120. 1895. 12. S. 243—252. H. Baumhauer, Über den Skleroklas von Binn.
121. 1900. 28. S. 577—590. H. Baumhauer, Über die kristallographischen Verhältnisse des Jordanit.
122. 1901. 6. S. 110—117. H. Baumhauer, Über den Seligmannit, etc.
123. 1902. 28. S. 611—614. H. Baumhauer, Über einen neuen flächenreichen Kristall von Seligmannit.
124. 1904. 14. S. 543—554. H. Baumhauer, Über die Aufeinanderfolge und die gegenseitigen Beziehungen der Kristallformen in flächenreichen Zonen.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft

125. 1869. 21. S. 620—650. A. Sadebeck, Über Kristallformen der Blende.
126. 1872. 24. S. 179—187. A. Sadebeck, Hemiedrie der scheinbar holoedrischen Formen der Blende, etc.

Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen

127. 1923. 3. S. 298—348. R. L. Parker, Alpine Minerallagerstätten.
128. 1925. 5. S. 63—127. J. Koenigsberger, Über alpine Minerallagerstätten, Mineralklüfte und Differenziation ihrer Paragenese.

129. 1930. 10. S. 152—177. D. Giuscà, Die Erze der Lagerstätte vom Lengenbach im Binnental, Wallis.
130. 1931. 11. S. 67—75. A. Franzenau und L. Tokody, Über den Pyrit und Baryt vom Binnental.

Eclogae Geologicae Helvetiae

131. 1902. 7. S. 351—353. H. Baumhauer, Mineralien aus dem Binnental.
131a. 1918. L. J. Krige, Petr. Untersuchungen im Val Piora und Umgebung (Dissertation).
132. 1921. 14. S. 311—312. A. Brun, Note sur l'application du spectroscope à la Minéralogie et à la pétrographie suisse (referiert aus Arch. sc. phys. et nat. Genève, 1917).
133. 1921. 14. S. 312. A. Brun, Premiers résultats obtenus par l'analyse spectrale de quelques sulfo-arséniures suisses.
134. 1921. 14. S. 312. A. Brun, Résultats obtenus par l'analyse spectrale de diverses roches et minéraux suisses (referiert aus Arch. sc. phys. et nat. Genève, 1917).
134a. 1925. L. Bosshard, Geologie des Gebietes zwischen Val Leventina und Val Blenio.

Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

135. 1903. S. 665—676. H. Baumhauer, Über Flächenentwicklung und Kristallstruktur des rh. Schwefels und des Anatas.
136. 1907. S. 93—94. R. H. Solly, Beschreibung des Steinbruchs von Lengenbach und der im Jahre 1906 darin gefundenen Mineralien.
137. 1914. S. 325. L. Hezner, Analyse eines Granats im Asbest vom Binnental.
138. 1919. S. 65—74. M. v. Goetze, Schiebungen am Jordanit.

Jahrbuch des Schweizerischen Alpenklubs

139. 1887. 23. S. 356—386. Fellenberg, Mineralvorkommen des Exkursionsgebietes.
140. 1905. 31. S. 279—284. Zeller, Zur Kenntnis der Minerallagerstätten des Binnentales.

Annales de chimie et physique

141. 1845. 14. S. 379—383. Damour (Sulfosalze).

Annalen der Physik und Chemie

142. 1855. 94. S. 334—335. C. Heusser (Sulfosalze).
143. 1855. S. 115—141. S. v. Waltershausen, Ein Beitrag zur näheren Kenntnis des Dolomits in den Walliseralpen.
144. 1856. 97. S. 115—129. C. Heusser, Über den Dufrenoysit, Binnit und Adular des Binnentales.
145. 1857. 100. S. 540. S. v. Waltershausen, Fortgesetzte Untersuchung über die chemisch-mineralogische Beschaffenheit einiger Mineralkörper aus der Dolomitformation des Binnentales im Wallis.
146. 1864. 122. S. 371—399. v. Rath, Mineralogische Mitteilungen.
147. 1873. Erg. Bd. 6. S. 363. v. Rath (Jordanit).

Abhandlungen der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften

148. 1917—19. 28. 10—12. Abhandlung. J. Koenigsberger, Über alpine Minerallagerstätten.

Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie

149. 1910. S. 55. O. Mügge, Über Zwillingsbildung der Kristalle.
150. 1911. S. 33. H. Baumhauer, Geometrische Kristallographie.
151. 1912. S. 145—162. R. Görgey, Schöne und bedeutende Mineralfunde.

Beiträge zur Kristallographie und Mineralogie von Goldschmidt

152. 1914—18. S. 173—180. Pilz, Schröder und Thost, Über Realgar.
153. 1919. S. 7—10. L. Cahn, Über Verwachsungen von Rutil-Eisenglanz.

Abhandlungen der senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Frankfurt

154. 1856. I. S. 3—5. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Adular).
155. 1856. I. S. 15—16. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Realgar).
156. 1856. I. S. 26—27. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Titanit).
157. 1858. II. S. 11. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Rutil).
158. 1860. III. S. 4—5. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Realgar).
159. 1861. III. S. 13—14. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Dolomit).
160. 1863. V. S. 29—30, 43. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Pyrit, Hämatit).
161. 1875. XII. S. 6—12. Hessenberg, Mineralogische Notizen (Binnit).

Chemical News

162. 1874. XXX. S. 103. Macivor (Analyse Binnit).
163. 1920. CXX. S. 29—31. Rothrock und Shumaker, A comparision of Dolomites.

American Journal of Science

164. 1897. IV. S. 313—316. S. L. Penfield, Hamlinit.

The Geological Magazine

165. 1912. S. 94. R. H. Solly, Dufrenoysite.

Philosophical Magazine and journal of science

166. 1910. XX. S. 474—475. W. J. Lewis, Wiltshireit, a new mineral.

Nature

167. 1906. 75. S. 119. R. H. Solly (unbenannte seltene Mineralien vom Lengenbach).

Quarterly Journal of the geological society London

168. 1893. 49. S. 94. T. G. Bonney, On some shistose greenstones and allied hornblendic shists from the pennine alps.

Annales des Mines

169. 1855. XIII. S. 389. DESCLOIZEAUX und MARIGNAC (Sulfosalze).

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences

170. 1858. 46. S. 1263. HUGARD, Dolomie de la Vallée de Binn.

Archives des sciences physiques et naturelles, Genève

171. 1920. II. S. 267. A. BRUN, Sur la recherche du Thallium dans différentes minéraux et roches.

Übersicht der Resultate mineralogischer Forschung (von KENNGOTT, Zürich)

172. 1856/7. S. 176. STOCKAR-ESCHER (Analysen Sulfosalze).

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich

173. 1855. 3. S. 431. C. HEUSSER, Die Mineralien des Binn- und Saastales.

Acta Societatis Helveticae

174. 1833. I. S. 244. LARDY (Erste Erwähnung des Lengenbach).

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz

175. 1907. XXVI. H. PREISWERK, Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes.

175a. 1923. LI. H. JENNY, Geologie der westlichen Adula (Dissertation).

Dissertationen

176. 1864. (Bonn.) BERENDES, De Dufrenoysite vallis Binnensis.
177. 1877. (Bern.) TH. ENGELMANN, Über den Dolomit des Binnentales und seiner Mineralien, verglichen mit denen von Campo Lungo.
178. 1898. (Breslau.) K. GUILLEMAIN, Beiträge zur Kenntnis der natürlichen Sulfosalze.
179. 1901. (Basel.) H. PREISWERK, Über Dunitserpentin am Geisspfad im Oberwallis.
180. 1921. (Fribourg.) J. R. SCHNELL, Les roches basiques des nappes penniques.
181. 1929. (Zürich.) H. BIÄSCH, Morphologische Untersuchungen am Hämatit.
182. 1930. (Zürich.) E. AMBÜHL, Petrographie und Geologie des zentralen Gotthardmassives südlich Andermatt.

Karten

183. 1908. C. SCHMIDT und H. PREISWERK, Geologische Karte der Simplongruppe, 1: 50 000.

Besondere Arbeiten und Bücher

184. 1866. A. KENNGOTT, Die Minerale der Schweiz. (Engelmann, Leipzig.)
185. 1878. P. GROTH, Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg. (Trübner, Strassburg.)

186. 1909. L. Desbuissons, La Vallée de Binn. (Bridel, Lausanne.)
187. 1913—23. V. Goldschmidt, Atlas der Kristallformen. (Winter, Heidelberg.)
188. 1924. Grubenmann - Niggli, Die Gesteinsmetamorphose. (Bornträger, Berlin.)
189. 1865. Berg- und Hüttenmännische Zeitung. XXIV. S. 319. Breithaupt (Baryt).
190. 1909. Vierteljahrschrift der Nat.forsch. Ges. Zürich. LIV. 2. L. Hezner, Der Peridotit von Loderio (Kt. Tessin).
191. 1909. 59. Jahresbericht der Nat.forsch. Ges. Graubündens. H. P. Roothaan, Petrographische Untersuchungen in den Bergen der Umgebung von Vals.
192. 1922. Zeitschrift für Hydrologie. II. E. Scherf, Hydrothermale Gesteinsmetamorphose im Buda-Piliser Gebirge.
193. 1930. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie XIV. Niggli, de Quervain, Winterhalter, Chemismus schweizerischer Gesteine.

Eingegangen: 30. Mai 1934.