

VORBEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ mission

Geotechnische Serie, Lieferung 46

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der

Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Nephrit-Talklagerstätte Scortaseo

(Puschlav, Kanton Graubünden)

ÜBERSICHT DER WEITEREN NEPHRITFUNDE DER SCHWEIZER ALPEN
INSBESONDERE DER VORKOMMEN IM OBERHALBSTEIN (GRAUBÜNDEN)

VON
V. DIETRICH
UND
F. DE QUERVAIN

mit einem Beitrag

von G. Groß

KOMMISSIONSVERLAG: KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN
1968

DRUCK: ASCHMANN & SCHELLER AG, BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

An der Sitzung vom 20. Januar 1968 lag der Kommission ein Manuskript von V. Dietrich und F. de Quervain «Die Nephrit-Talklagerstätte Scortaseo (Puschlav, Kanton Graubünden)» vor. Es behandelt im Hauptteil ein erst in neuer Zeit entdecktes eigenartiges Mineralvorkommen, das sowohl auf Nephrit wie auf Talkgestein abgebaut wird. Mehr anhangsweise werden erstmals die Nephritvorkommen der Schweizer Alpen im Zusammenhang besprochen und besonders hinsichtlich der Entstehung mit Scortaseo verglichen. Den Nephritvorkommen des Oberhalbstein, bzw. den von ihnen belieferten eiszeitlichen Ablagerungen oder den Flußalluvionen des Rheins dürften eine Großzahl der prähistorischen Fundobjekte aus dieser relativ seltenen Gesteinsart entstammen. Die Kommission nahm die von ihr unterstützte Arbeit, ergänzt durch einen Abschnitt von Herrn G. Groß zum Druck in den «Beiträgen» entgegen.

Den Autoren spricht sie für ihre gründliche Studie den besten Dank aus. Ebenso dankt sie den in der Einleitung genannten weiteren Stellen für ihre Unterstützung.

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, Juli 1968.

Für die Schweizerische Geotechnische Kommission

Der Präsident: Prof. F. de Quervain

Inhalt

Einleitung	5
Zusammenfassung – Summary – Riassunto	7
Kapitel I: Die regionalen geologischen Verhältnisse	10
1. Geographische Lage	10
2. Geologisch-tektonische Übersicht und deren Problematik	11
3. Das engere Untersuchungsgebiet	12
a) Geologische Situation zwischen dem Passo Canciano und dem Puschlav	12
b) Zur Lithologie und Stratigraphie der Schuppenzone	14
Kapitel II: Das Nephrit- und Talkvorkommen von Scortaseo	19
1. Lagerungsverhältnisse	19
2. Der Abbau	28
3. Die Petrographie	30
a) Die Gneise	30
b) Die Kontaktgesteine	31
c) Die Nephritgesteine	33
d) Talk-Karbonatgesteine	38
e) Talk- und nephritführende Dolomitmarmore	39
4. Die Mineralogie	41
a) Optische Untersuchungen	41
b) Elektronenmikroskopische Untersuchungen	41
c) Röntgenographische Untersuchungen	43
d) Chemismus	48
e) DTA-Untersuchungen	49
Kapitel III: Die weiteren Nephritvorkommen der Schweizer Alpen	50
1. Die geschichtliche Übersicht der Nephritfunde	50
2. Die Nephrit- und wichtigeren Talkvorkommen in der Ophiolithzone Oberhalbstein-Oberengadin-Val Malenco-Puschlav	56
Kapitel IV: Zur Genese der Nephrit- und Talkvorkommen	62
1. Das Hauptvorkommen von Scortaseo	62
a) Die relative Altersfolge auf Grund der geologischen, petrographischen und mineralogischen Beobachtungen	62
b) Die Stellung des Vorkommens Scortaseo zum Malencoserpentin	62
c) Allgemeine Betrachtungen zur Talk- und Nephritbildung in Karbonatgesteinen	64
d) Mögliche Herkunft einer Stoffzufuhr aus dem Malencoserpentin	65
2. Die Oberhalbsteiner Nephritvorkommen	66
3. Das Alter der Nephrit- und Talkbildungen	67
a) Scortaseo	67
b) Oberhalbstein	67
Kapitel V: Die Bedeutung und Anwendung des Nephrits (von G. Groß)	68
Literaturverzeichnis	75
Geologische Karten	77

Einleitung

Das Auftreten eines Nephritvorkommens von ganz außergewöhnlicher Art im Puschlav, westlich Le Prese, ist erst um 1950 bekannt geworden. Einige Jahre vorher war man in der Gegend auf den begleitenden Talk aufmerksam geworden und versuchte dessen Verwertung. Auf der geologischen Karte der Berninagruppe ist das Vorkommen noch nicht verzeichnet.

Im genannten Zeitabschnitt erhielt der eine der Verfasser (F. de Quervain) aus dem Puschlav ohne nähere Angaben Proben des für die Lagerstätte typischen Nephritgesteins zur Bestimmung. Das Zusammenvorkommen des Nephrits mit dem Talk bei Scortaseo wurde erstmals von geologischer Seite durch die Herren H. P. Roothaan und Dr. H. Schuppli bei einem Besuch der kleinen Talkgrube festgestellt. In der Folge wurde der weithin sichtbare Abbau verschiedentlich besucht und der Nephrit auch in der Literatur kurz erwähnt.

Die Absicht, die Lagerstätte eingehender zu bearbeiten, schob sich aus verschiedenen Gründen hinaus. Untersuchungen am Vorkommen und seiner Umgebung konnten erst 1962 und 1963, z.T. im Rahmen eines petrographischen Feldkurses mit Studierenden der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Angriff genommen werden. Eine detaillierte Feldaufnahme der Lagerstätte und der für die Beurteilung wesentlichen Triasaufschlüsse zwischen Le Prese und Passo Canciano führte Herr Dietrich 1966 mit Unterstützung durch die Schweizerische Geotechnische Kommission durch. Wir möchten Herrn Dr. F. Luminati in Poschiavo von der das Talkgestein ausbeutenden Unternehmung «Mineraria», für die Förderung der Arbeiten und für Informationen bestens danken.

Im Jahre 1962 interessierte sich Herr G. Groß, Leiter der Mineralabteilung des «Schweizer Heimatwerk», für den Nephrit von Scortaseo. Insbesondere prüfte er seine Verwendung als Schmuckstein. Über die sehr positiven Ergebnisse berichtete er im 4. Heft des Jahrganges 1963 der Zeitschrift «Heimatwerk». Es erschienen hier auch erstmalig Bilder des Vorkommens und des Abbaues des mit dem Nephrit verknüpften Talkes. Das Schweizer Heimatwerk wurde Abnehmer von Nephritgestein zur Verarbeitung für Schmuckzwecke. Es stellte uns ein wertvolles Studienmaterial zur Verfügung und gestattete die Wiedergabe verschiedener von ihm veranlaßter Photos. In freundlicher Weise übernahm er es, für diese Arbeit einen Abschnitt über die Verarbeitung und Verwendung des Nephrits zu verfassen. Für diese wertvolle Ergänzung sind wir ihm sehr zu Dank verpflichtet. Unser Dank geht besonders auch an den leider vor Abschluß der Arbeit verstorbenen Herrn Dr. E. Laur, Leiter des Schweizer Heimatwerkes, für die Förderung der Untersuchung.

Herr Prof. M. Weibel an der ETH führte in sehr entgegenkommender Weise mehrere chemische Analysen durch. Wir möchten ihm dafür den besten Dank aussprechen. Für die Mitwirkung bei verschiedenen Arbeiten danken wir den Herren: Dr. F. Bianconi (Geologisches Institut der ETH) für die Zurverfügungstellung von Aktinolith-Vergleichsmaterial, R. Gerber, dipl. geol. für die Hilfe bei den Bohruntersuchungen, Fräulein R. Grieb (Institut für Kristallographie und Petrographie und der ETH) für die Hilfe bei den mathematischen Berechnungen der Gitterkonstanten, R. Gubser (Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH) für technische Hilfe bei Röntgenuntersuchungen, E. Hilti (Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH) für Ratschläge bei den kristallographischen Untersuchungen, J. P. Jenni (Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern) für DTA-Aufnahmen, Dr. H. Newesely (Forschungsgruppe für Mikromorphologie, Freie Universität Berlin) für elektronenmikroskopische Aufnahmen, Dr. Tj. Peters (Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern) für DTA-Aufnahmen, E. Schärli (Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH) für die Herstellung von Dünnschliffen und weiteren Präparaten.

Der «Arbeitsausschuß für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente» stellte uns in verdankenswerter Weise für Schürfarbeiten ein Craelius-Kernbohrgerät zur Verfügung. Die Reinzeichnung eines Teiles der Figuren wurde von Herrn Z. Fejér in freundlicher Weise übernommen. Besonders dankbar sind wir Fräulein V. Jenny von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission für ihre vielseitige Mithilfe, besonders bei chemischen Bestimmungen und bei den Redaktionsarbeiten sowie Fräulein Dr. M. Corlett und Herrn Dr. F. Bianconi für die englische und italienische Übersetzung der Zusammenfassung.

Der Schweizerischen Geotechnischen Kommission danken wir bestens für die finanzielle Mitwirkung und für die Aufnahme der Arbeit in den Beiträgen.

Die Arbeit wurde ausgeführt am «Lehrstuhl für Technische Petrographie» im Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein großes, von Talk begleitetes, Nephritvorkommen der Schweizer Alpen näher untersucht. Der als Scortaseo bezeichnete Abbau liegt im südlichsten Teil Graubündens in der Taltschaft Puschlav zwischen der Ortschaft Le Prese und dem Passo Canciano.

Aus den geologischen Untersuchungen dieses Gebietes ergaben sich über dessen Auftreten folgende Beobachtungen, die in den Kapiteln I und II eingehend diskutiert werden.

1. Die Nephrit-Talklager sind als zwei Linsen (100 m Länge, 3–5 m Breite und bisher bis über 30 m Tiefe) diskordant am tektonischen Kontakt der sogenannten «Malojagneise» und triasischer Dolomitmarmore aufgeschlossen.

2. Die tektonische Stellung dieser «Schuppenzone» (STAUB, 1916) ist sehr kompliziert und wurde von STAUB (1946) teilweise als zur oberpenninischen «Margna Decke» gehörig, teilweise als reduzierte Fortsetzung der «Schamser Decken» betrachtet.

3. Das Liegende der «Schuppenzone» bildet am nahegelegenen Passo Canciano die großartige Kulmination der nach ESE abtauchenden «Malencoserpentinmasse».

4. Der Kontakt von Schuppenzone und Malencoserpentin ist im Bereich von Scortaseo nicht aufgeschlossen, da einerseits das gesamte Vorkommen inmitten eines großen Moränengebietes liegt, andererseits von uns als versackt angesehen wird.

Im Kapitel II wird anschließend die Lagerstätte geologisch näher beschrieben und der Abbau der beiden Talk-Nephritlinsen dargestellt. Petrographisch werden die Gneise, die Kontaktgesteine, zu deren Besonderheiten eine eigenartige Albitfels-Nephritbreccie zählt, die eigentlichen Nephritgesteine, die Talk-Karbonatgesteine sowie die Talk- und Nephrit führenden Dolomitmarmore näher beschrieben.

Die im Talkgestein steckenden Nephritlager und -gänge bestehen vorwiegend aus sehr blaßgrün gefärbter Nephritmasse von normaler feinfilziger Struktur, dazu treten Kalkspat und wenig Talk.

Besonders kennzeichnend sind Aggregierung der Nephritmasse in kleinen Linsen (1–10 mm), von dünnen Talksäumen umgeben, mit Kalkspat als Zwischenmasse. Analoge Nephritgesteine sind unseres Wissens bisher weder aus den prähistorischen Funden der Alpen noch in irgendeiner uns bekannten Arbeit erwähnt worden. Aus diesem Grunde untersuchten wir diesen feinen Hornblendefilz mineralogisch näher und verglichen ihn mit den teilweise bekannten Nephriten aus alpinen Ophiolithen, insbesondere mit den Oberhalbsteiner Funden (siehe Kapitel III). Auf einer tektonischen Karte sind alle Nephrit- und wichtigeren Talkvorkommen der «Ophiolithzone Oberhalbstein-Puschlav» dargestellt. Sie soll vor allem auf ihre tektonische Stellung im geologischen Bau hinweisen. Aus den röntgenographischen und vor allem chemischen Analysen ergab sich, daß zwei verschiedene Nephritvarietäten vorliegen, wobei die Nephrite von Scortaseo als fast reine, Fe-freie Grammatit-Nephrite zu bezeichnen wären, die Oberhalbsteiner Funde und alle bisher bekannten tiefer grünen Nephrite dagegen Fe-reichere Aktinolith-Nephrite darstellen.

Diese Unterschiede spielen bei der genetischen Deutung in Kapitel IV eine große Rolle. Für die Lagerstätte Scortaseo kommen wir auf Grund der petrographischen Untersuchungen an den Nephrit- und Talk-Karbonatgesteinen sowie der Nebengesteine zur Annahme einer metasomatischen Entstehung von Nephrit und Talk aus den Dolomitmarmoren unter Zufuhr von Kieselsäure. Die Herkunft der noch mit weiteren Ionen angereicherten Lösungen wird mit dem nahegelegenen Malencoserpentin in Zusammenhang gebracht.

Für die Bildung der Aktinolith-Nephrite des Oberhalbsteins betrachten wir sowohl metasomatische als auch metamorphe Phänomene am unmittelbaren Serpentinikontakt gegen Gabbros, Diabase und Kalkschiefer, in durchbewegten Horizonten als maßgebend.

Als Faktor, der für die Genese beider Nephritvarietäten entscheidend war, muß ein dauernder Streß angesehen werden.

Beide Nephritvarietäten dürften während der tektonischen Hauptphasen der alpinen Orogenese im Alttertiär entstanden sein.

Summary

In the following paper a large talc-bearing nephrite deposit of the Swiss Alps is investigated in detail. The workings of Scortaseo lie in the southern part of Grisons, in the Puschlav valley between the village Le Prese and the Canciano pass.

From the geological investigation the following observations concerning the occurrence could be made; they are discussed at length in chapters I and II.

1. The nephrite-talc deposits occur as two large lenses, 100 metres long, 3–5 metres wide and at least 30 metres deep. These lenses appear discordantly at the tectonic contact between the so-called «Maloja» gneiss and the triassic dolomite marble.

2. The tectonic position of this «Schuppenzone» (STAUB, 1916) is very complicated. STAUB (1946) assigned it partly to the Upper Penninic «Margna Nappe» and partly to a reduced continuation of the «Schamser Nappes».

3. On the nearby Canciano pass the base of the Schuppenzone is formed by the imposing culmination of the ESE-dipping «Malenco-serpentinite» mass.

4. The contact between the Schuppenzone and the Malenco serpentinite is not exposed in the vicinity of Scortaseo. This is because the entire exposure lies within a large moraine area; on the other hand we do not consider the occurrence to be strictly in situ.

In chapter II the geology of the deposits is discussed in more detail, as is the quarrying of both talc-nephrite lenses. Detailed petrographic descriptions are given of the gneisses, the contact rocks (one of which is an unusual albitite-nephrite breccia), the actual nephrite rocks and the talc-carbonate rocks, as well as the talc- and nephrite-bearing dolomite marbles.

The nephrite deposits and veins, occurring in the talc rock, consist principally of very pale green nephrite masses showing the usual bundles and tufts with finely-felted structure. Other minerals present are calcite and talc.

Especially characteristic are aggregations of nephrite in lens-shaped grains (1–10 mm in diameter) surrounded by talc margins and with calcite as cement. To the best of our knowledge no similar nephrite-rocks have ever been referred to, either in descriptions of prehistoric artifacts, or in any other work known to us. Therefore we made a detailed mineralogical study of this fine amphibole felt, comparing it with the partly well-known nephrites from alpine ophiolites (see chapter III), especially with those from Oberhalbstein (Grisons). All the nephrite and the most important talc occurrences in the «Oberhalbstein-Puschlav Ophiolith zone» are shown on a tectonic map. This map is meant to indicate especially their tectonic position in the regional geological structure. From X-ray data and especially from chemical analyses it could be shown that two varieties of nephrite occur; that from Scortaseo is an almost pure (Fe- and Al-free) grammatite-nephrite, whereas the Oberhalbstein occurrences and all presently-known deeper green nephrites are Fe- and Al-bearing actinolite-nephrites.

These differences are important for the genetic interpretation (chapter IV). On the basis of petrographic investigations of the nephrite- and talc-carbonate rocks as well as the country rocks, we propose for the Scortaseo deposit a metasomatic formation of nephrite and talc from the dolomite marble, under introduction of silicic acid solutions. These solutions, which are also enriched in other ions, are genetically related to the nearby Malenco serpentinite.

Metasomatic as well as metamorphic processes at the immediate serpentinite contact with gabbros, diabases and calcareous slates are considered responsible in intensively fractured horizons for the formation of the Oberhalbstein actinolite-nephrite.

A prolonged stress must be regarded as the critical factor in the formations of both nephrite varieties.

Both nephrite varieties may have originated in the main phases of the alpine orogenies during lower tertiary.

Riassunto

In questo lavoro è studiato in modo particolareggiato un grosso giacimento di nefrite accompagnata da talco nelle Alpi Svizzere. Lo sfruttamento avviene in località Scortaseo nei Grigioni meridionali tra Le Prese e il Passo Canciano nella Val Poschiavo.

Lo studio geologico dell'area interessante ha fornito i seguenti risultati, esposti in dettaglio nei capitoli I e II.

1. Le masse di nefrite e talco formano due lenti discordanti (che misurano 100 m di lunghezza, 3-5 m di potenza e fino a oggi una trentina di m di profondità) al contatto tettonico tra i cosiddetti gneiss del «Maloja» e marmi dolomitici del Trias.

2. Questa «Zona a scaglie» (STAUB, 1916) è di posizione tettonica alquanto complicata e venne interpretata da STAUB (1946) in parte come appartenente al ricoprimento «Margna», del Pennidico superiore, in parte come la continuazione ridotta dei ricoprimenti «Schams».

3. Il letto della «Zona a scaglie» al vicino Passo di Canciano è formato dall'imponente culminazione della massa di «serpentino di Malenco» che s'immerge verso ESE.

4. Nella regione di Scortaseo il contatto tra la Zona a scaglie e il serpentino di Malenco non è affiorante: il giacimento infatti, oltre a essere al centro di una vasta coltre morenica, probabilmente è toccato da fenomeni di smottamento.

Nel capitolo II si descrive in modo particolareggiato il giacimento sotto l'aspetto geologico e lo sfruttamento delle due lenti di nefrite e talco. Sotto l'aspetto litologico sono descritti in dettaglio i gneiss, le rocce di contatto, tra le quali conta una strana breccia a nefrite e a roccia albitica, le rocce nefritiche stesse, le rocce carbonatiche con talco e infine i marmi dolomitici contenenti talco e nefrite.

I letti e i filoni di nefrite nelle rocce di talco sono costituiti essenzialmente da una massa di nefrite di colore verde pallido e con la normale struttura feltriforme, accompagnata da calcite e da raro talco.

L'aggregato lentiforme (1-10 mm \varnothing) della massa nefritica circondata da un sottile manto di talco e con calcite interstiziale è caratteristico. A quanto ci consta finora non sono state descritte rocce nefritiche analoghe da ritrovamenti preistorici nelle Alpi o in lavori precedenti. Per questa ragione abbiamo studiato a fondo il fine feltro di orneblenda anche sotto l'aspetto mineralogico, confrontandolo poi con le nefriti in parte descritte contenute nelle ofioliti alpine, e in modo particolare nell'Oberhalbstein (cfr. cap. III). Su una carta tettonica sono rappresentati tutti i giacimenti di nefrite e quelli di talco di una certa importanza della «Zona ofiolitica Oberhalbstein-Val Poschiavo»: essa deve in primo luogo sottolineare la posizione tettonica nella struttura geologica. Dalle analisi röntgenografiche e in particolar modo da quelle chimiche è risultata la presenza di due varietà di nefrite: quelle di Scortaseo sono nefriti di grammatite prive di Fe e quasi pure, quelle dell'Oberhalbstein e in generale quelle di intensa colorazione verde sono invece delle nefriti attinolitiche più ricche di Fe.

Queste differenze assumono grande importanza nelle considerazioni di ordine genetico esposte nel capitolo IV. Per il giacimento di Scortaseo, sulla base dello studio petrografico delle rocce carbonatiche a nefrite e talco e delle rocce incassanti, postuliamo la genesi metasomatica di nefrite e talco a partire dai marmi dolomitici con l'apporto di silice. La provenienza delle soluzioni ricche anche di altri ioni è da mettere in diretta relazione con il vicino serpentino di Malenco.

Per la formazione delle nefriti attinolitiche dell'Oberhalbstein riteniamo determinanti fenomeni sia metasomatici che metamorfici al contatto immediato del serpentino con gabbri, diabasi e scisti calcariferi lungo orizzonti di movimento.

Il fattore genetico principale e comune alle due varietà di nefrite dev'essere stato uno stato di «stress» continuo.

E' probabile che ambedue le varietà di nefrite si siano formate durante fasi dell'orogenesi alpina principale.

Kapitel I

Die regionalen geologischen Verhältnisse

1. Geographische Lage

Die Nephrit-Talklagerstätte liegt im südlichen Puschlav (Kanton Graubünden, Gemeinde Poschiavo) auf der südwestlichen Talseite oberhalb der Ortschaft Le Prese in einer Höhe zwischen 1550 und 1650 m. Das Vorkommen befindet sich an einem steil bewaldeten Hang «Bosco della Notte». Die Koordinaten betragen 801.100/129.850. Ein Fahrweg, der die drei umliegenden Alpen, Braitia, Vartegna und Scortaseo verbindet, dient gleichzeitig als geeigneter Zufahrts- und Transportweg des abgebauten Talks ins Puschlav. Die Lagerstätte wurde nach der nächstgelegenen Lokalität auf der Landeskarte (Blatt Brusio, 279, 1 : 50000) mit dem Namen Scortaseo bezeichnet.



Fig. 1. Die Nephrit-Talklagerstätte «Scortaseo» im bewaldeten Hang «Bosco della Notte» auf der südwestlichen Talseite des Puschlavs oberhalb der Ortschaft Le Prese. Im Hintergrund die Bergkette der Cima di Vartegna (2700 m). (Photo Schweizer Heimatwerk)

2. Geologisch-tektonische Übersicht und deren Problematik

Geologisch ist das Nephritvorkommen von Scortaseo nicht wie fast alle bisher beschriebenen direkt mit Serpentiniten oder anderen basischen Gesteinen verknüpft, sondern eingelagert in Karbonatgesteine (als Trias kartiert) und begleitet von Gneisen. Serpentin ist erst in ca. 1 km Entfernung aufgeschlossen. Die Umgebung des Vorkommens ist weitgehend mit Moränen bedeckt, und wir haben Anhaltspunkte, daß der Hang mit dem Vorkommen mehr oder weniger versackt sein dürfte.

Die ungewöhnliche Auftretensart des Nephrits sowie die problematische geologische Lage des Vorkommens, besonders seiner Zusammenhänge mit dem tektonischen Bau der an sich noch lebhaft diskutierten weiteren Umgebung, lassen es als geboten erscheinen, eine allgemeine geologische Übersicht des südlichen Berninagebietes zu geben, im speziellen den Bereich zwischen den mittelpenninischen- und unterostalpinen Decken zu besprechen.

Als einer der ersten Forscher veröffentlichte G. THEOBALD (1866) nach fünfjähriger Kartierungsarbeit im südlichen Graubünden seine Untersuchungsergebnisse. Er betrachtete die Berninagebirge analog den Zentralmassiven als einen «Eruptivstock», Teil einer «zusammengesetzten Zentralmasse», dessen verschiedene Teilmassen durch Mulden getrennt erschienen.

Um die Jahrhundertwende erkannten dann ROTHPLETZ (1900 und 1905), TERMIER (1910) und andere die Deckennatur des Berninagebirges.

Von dieser Zeit an waren es vor allem HANS PETER CORNELIUS und RUDOLF STAUB, die sich fast ein halbes Jahrhundert um die Aufklärung der Geologie dieser hochalpinen Gebirgsmassen bemühten. 1912 versuchte H. P. CORNELIUS die «Rhätische Decke» (z. T. die heutige «Platta- und Margna Decke») um den «Malencoserpentin» herum bis in die «Wurzelzone» ins Veltlin zu verfolgen. RUDOLF STAUB machte sich die Erforschung des Berninagebirges zur Lebensaufgabe. Fünf seiner Arbeiten «Zur Tektonik des Berninagebirges» (1914), «Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge» (1915), «Tektonische Studien im östlichen Berninagebirge» (1916), «Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geol. Ges. im Oberengadin und Puschlav» (1917) und «Zur Tektonik der penninischen Decken im Val Malenco» (1921), seien hier besonders erwähnt, da sie die einzigen petrographischen, stratigraphischen und tektonischen Beschreibungen unseres Untersuchungsgebietes enthalten.

1946 erschien erst «Die geologische Karte der Berninagruppe 1:50 000», leider ohne Erläuterungen. Sie bildete die wesentlichste Kartenunterlage unserer Untersuchungen.

Auf der dazugehörigen «Tektonischen Karte der südlichen rätischen Alpen» stellte STAUB die tektonischen Verbindungen der einzelnen oberpenninischen Decken oder deren Reste im Gebiet des Passo d'Ur, Passo Canciano gegen das Puschlav graphisch sehr schön dar, indem er eine vollständige Umbiegung der Margna- und Sella Decke zeichnete und diese unter dem unterostalpinen Bernina-Kristallin nach Osten abtauchen ließ. An der Basis der Sella Decke s. I. schied er noch einen Weißberg-Tremoggia Zug aus, der vom Oberengadin bis ins Puschlav verfolgbar ist. Damit wollte er eine Fortsetzung der Schamser Decken nach Süden bis in die Wurzelzone darstellen (siehe Fig. 44 S. 54).

Nordwestlich des Engadin und Bergell können wir die penninischen Decken stratigraphisch und tektonisch gut untergliedern. Die Zuordnung der Schamser Decken innerhalb der mittel- bis oberpenninischen Decken ist jedoch bis heute noch ein ungelöstes Problem, das tektonisch und paläogeographisch für den Bau der östlichen Schweizer Alpen von größter Bedeutung ist. R. STAUB widmete diesen Einheiten sein bedeutendstes theoretisches Werk «Klippendecke und Zentralalpenbau» (1958), in dem er vor allem die Herleitung der Schamser Decken von Norden oder Süden diskutiert. Im Sinne HAUGS (1925) und STREIFFS (1962) wären sie durch Rückfaltung von Norden aus der Basis der Suretta Decke, d. h. aus der Splügener Mulde abzuleiten, damit mittelpenninisch. Nach STREIFF (1939), STAUB (1958), KRUYSS (1967) und andern wären die Schamser Decken eher aus dem Hangenden der Averser Bündnerschiefer, also von Süden aus dem Hinterland der Suretta Decke herzuleiten, d. h. oberpenninisch.

Bis ins hintere Avers lassen sich diese beiden Thesen noch durch Aufschlüsse belegt diskutieren und untersuchen, über die Fortsetzung dieser Einheiten durch den Piz Turba nach Süden und die Parallelisierung mit der Margna- und Sella Decke jenseits der Engadiner Linie (SW-NE verlaufende Störungszone) gibt es bis heute nur einige unvollständige Beobachtungen. Der Baustil im Berninagebirge ist anderer Art, da wir nach

Südosten im Liegenden der mächtigen unterostalpinen Kristallinmassen die Margna Decke nur noch in stark reduzierten Kristallinbändern vermischt mit zerrissenen, auskeilenden und boudinierten mesozoischen Serien bis ins Puschlav verfolgen können.

Zwei neuere Arbeiten möchten wir zum Vergleich mit unseren Profilen noch erwähnen. Dies sind die Diplomarbeiten von KÄLIN (1967) im Gebiet des Piz da la Margna und GERBER (1966) im Malencoserpentin zwischen Passo d'Ur und dem Puschlav.

Die von uns aufgenommenen Profile am «Pilinghell», in Scortaseo und im Tale bei «Le Prese» bilden einen weiteren Baustein im Mosaik des penninischen Deckenbaues im Puschlav. Weiter reichende tektonische Folgerungen können und wollen wir daraus nicht ableiten.

3. Das engere Untersuchungsgebiet

Die großen Talk- und Nephritlinsen von Scortaseo liegen zwischen praetriadischen Paragneisen, Schiefern und Grüngesteinen vom Typ der Malojaserie und triadischen, leicht marmorisierten Dolomiten, die STAUB als kleines Triasvorkommen kartierte. Er ordnete sowohl diese kristallinen Gesteine als auch die mesozoischen Sedimente in seiner «Geologischen Karte der Berninagruppe» der oberpenninischen Margna Decke zu.

Zunächst ist vorzuschicken, daß die Aufschlüsse von Scortaseo (10 000 m²) in einem riesigen Moränengebiet (nach STAUB [1946] Moräne des Puschlaver Stadiums = Jung Gschnitz) liegt. Es erstreckt sich von der Alp Vartegna bis in die Talsohle. Wir vermuten, was sich auch in der Schwierigkeit des Abbaues ausdrückte, daß sich das gesamte Vorkommen nicht im festen Gesteinsverbande befindet, sondern versackt sein dürfte. Zu dessen näherer Erforschung wurde das Gebiet vom Pilinghell bis zum Lago di Poschiavo auf der topographischen Grundlage von 1 : 10 000 kartiert. Die Ergebnisse wurden zusammen mit der geologischen Auswertung der Luftaufnahmen (siehe Tafel I) in der «Geologischen Übersicht» (Maßstab etwa 1 : 20 000) auf Tafel II zusammengestellt.

a) Geologische Situation zwischen dem Passo Canciano und dem Puschlav

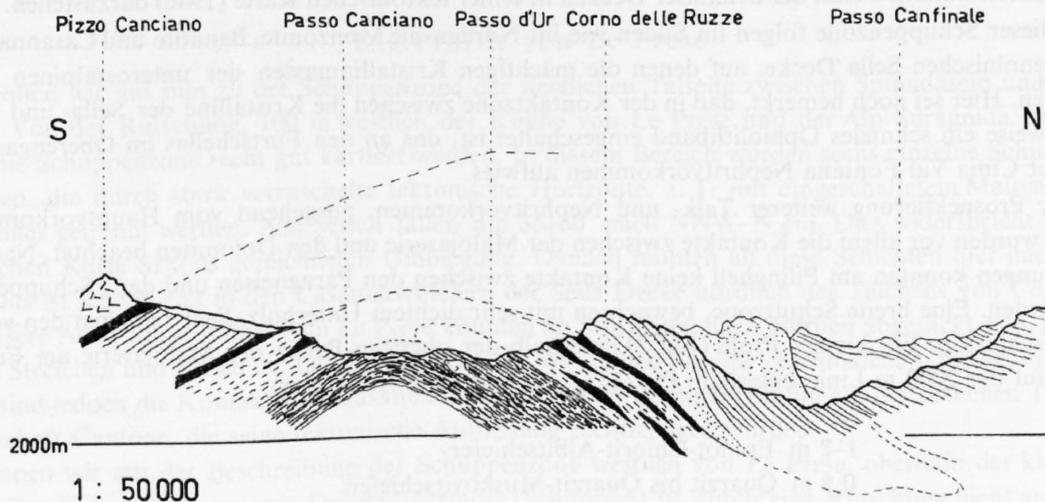
Um einen besseren Überblick über die geologische Situation unseres versackten Vorkommens zu erhalten, stiegen wir von Scortaseo zum Passo Canciano empor, da wir dort die gleichen Gesteine, ausgenommen Talk und Nephrit, im festen Verbande studieren konnten. Unsere Vorkommen befinden sich in einer äußerst kompliziert und tektonisch sehr diskutierten Stellung zwischen verschiedenen oberpenninischen Deckeneinheiten. Dies erkennt man sowohl im Gelände als auch auf der Karte von STAUB. Wie schon erwähnt, zeichnete STAUB (1946) auf der tektonischen Übersicht die volle Umbiegung und das Abtauchen der penninischen Einheiten gegen Osten unter das ostalpine Kristallin.

Aus seinen «Tektonischen Studien im östlichen Berninagebirge» (1916) seien hier folgende Zeilen zitiert:

«Die ganze Serie der Serpentine von Val Malenco ist an den Piatte di Canciano zu einer breiten Antiklinale aufgewölbt, deren Axe steil nach Osten oder ESE sinkt. Am Pizzo Scalino fällt alles gegen S, am Corno delle Ruzze alles gegen N. Nördlich des Passo d'Uer liegen die großen Decken, südlich davon deren steil gestellten Wurzeln. Die Aufwölbung des Passo d'Uer bezeichnet die Scheitelregion der Decken.»

Steht man bei schönem Wetter am Passo d'Ur (2493 m), so zweifelt man beim bloßen Anblick nicht mehr an der Natur des alpinen Deckenbaues, wenn man über dem großartigen Gewölbe des Malencoserpentin die Glimmerschiefer und Gneise, dann die mesozoischen Sedimente und schließlich die Banatite und Casannaschiefer, die beiden Gipfel Piz Canciano (3103 m) im Süden und Corno di Campascio (2807 m) im Norden aufbauend, erblickt. STAUB (1916) ordnete den Malencoserpentin der mittelpenninischen Suretta Decke (d. h. dem normalen Sedimentmantel über den Suretta Gneisen) zu, über dem am Passo d'Ur mit einer Ophiolithbreccie (nach Beschreibungen GERBER'S und eigener Begehung eine tektonische Breccie zwischen Serpentin und Kristallin) die kristallinen Gesteine der oberpenninischen Margna Decke folgen. Hier sei bemerkt, daß trotz dieser spektakulären Tektonik der oberpenninischen und unterostalpinen Decken einige

Ausschnitt aus dem Querprofil durch das östliche Berninagebirge von R. Staub (1916)



LEGENDE : (nach R. Staub)

-  Casannaschiefer der ostalpinen Decken (Languard-Bernina-Err-Sella-Decke)
-  Banatit
-  Monzonit und Banatit der Selladecke
-  Malojaserie - Rhätische Decke
-  Serpentin von Val Malenco = Surettadecke
-  Mesozoikum i.A.

Fig. 2

Komplikationen vorliegen. Nach den bisherigen, allerdings spärlichen Detailbeobachtungen, besitzt der Malencoserpentin einen viel komplexeren Innenbau als dies aus dem Profil (Fig. 2) hervorgeht.

Im petrographischen und genetischen Teil dieser Arbeit werden wir auf den Serpentin, die praetriadischen Paragneise, Glimmerschiefer und Grüngesteine näher eingehen. Über der Malojaserie der Margna Decke, deren Mächtigkeit am Passo Canciano zwischen 100 und 150 m schwankt, liegt beiderseits der Scheitelregion eine kompliziert gebaute «Schuppenzone» (nach STAUB, 1916), an deren Aufbau sich Gneise, Quarzite, Rauhdecken, Dolomite, Kalkmarmore und Kalkschiefer beteiligen. Diese Zone zieht sich, wie STAUB sehr schön kartierte, vom Piz Tremoggia im Westen in den Steilwänden unterhalb der Gletscherregion um den Malencoserpentin herum, um in den Südwänden zwischen Corno delle Ruzze und Motta d'Ur Mächtigkeiten von 100–200 m zu erreichen. Leider gibt es dort noch keine detaillierten Profile dieser Schuppenzone. Nach STAUB (1916) fallen diese Serien mit 30–35° nach Norden ein, wobei er einen obersten Dolomit von 30–50 m Mächtigkeit von vier unteren Dolomitzügen trennt, die untereinander z. T. durch ebenso viele Gneiszüge, Kalkmarmore und Schiefer geteilt werden. Einzelne Triasglieder wurden weder von STAUB noch von GERBER genau untersucht und ausgeschieden. Südlich des Passo Canciano im Nordgrat des Piz Canciano schied GERBER zwischen den Einheiten der Sella Decke und der Malojaserie vier Dolomitzüge aus, die teilweise durch

Rauhwacken, Kalkmarmore und Kalkschiefer voneinander getrennt werden. Leider existieren auch aus den südlichen Profilen keine Detailaufnahmen. Innerhalb der Schuppenzone veranlaßte wohl der mächtige oberste Dolomitzug STAUB, ihn von den andern triadischen Serien abzutrennen und ihn als Weißberg-Tremoggia-Zug als einen untertriadischen Rest der Schamser Decken in seiner tektonischen Karte (1946) darzustellen.

Über dieser Schuppenzone folgen im Süden wie im Norden die Monzonite, Banatite und Casannaschiefer der hochpenninischen Sella Decke, auf denen die mächtigen Kristallinmassen der unterostalpinen Bernina Decke ruhen. Hier sei noch bemerkt, daß in der Kontaktzone zwischen die Kristalline der Sella- und Bernina Decke teilweise ein schmales Ophiolithband eingeschaltet ist, das an den Furtschellas im Oberengadin und westlich der Cima Val Fontana Nephritvorkommen aufwies.

Bei der Prospektierung weiterer Talk- und Nephritvorkommen, ausgehend vom Hauptvorkommen in Scortaseo, wurden vor allem die Kontakte zwischen der Malojaserie und den Dolomiten beachtet. Nach eigenen Begehungen konnten am Pilinghell keine Kontakte zwischen den Paragneisen und der «Schuppenzone» erkannt werden. Eine breite Schuttzone, bewachsen mit sehr dichtem Unterholz, liegt zwischen den verschiedenen Aufschlüssen. Ein kleines Profil (Fig. 3) innerhalb der obersten Partie der Malojaserie am Fuße des Pilinghell auf der 2000 m Linie unterhalb Pt. 2115,5 sei hier kurz beschrieben.

- 1–2 m Epidot-Chlorit-Albitschiefer
- 0,5 m Quarzit bis Quarzit-Muskovitschiefer
- 0,5–1 m Epidot-Chlorit-Albitschiefer
- 0,4–0,8 m stark verruschelter Chlorit-Albitschiefer
- 2 m verruschelte Muskovitschiefer, grüne Quarzphyllite bis Quarzite, darunter Muskovitschiefer

Alle Grünschiefer wiesen hohe Titanitgehalte auf.

b) Zur Lithologie und Stratigraphie der «Schuppenzone»

Das Profil am Pilinghell

Am Pilinghell folgen ohne sichtbaren Kontakt (Fig. 3) über der Malojaserie dunkelgraue feingebankte Kalkmarmore. In diese Kalkmarmore schalten sich gegen oben drei 2–4 m mächtige grünliche Muskovit-quarzite bis -schiefer ein. Die dunkelgrauen, feingebänderten, oben dickbankigeren Kalkmarmore gehen nach dem dritten Quarzitzug in Dolomitmarmore über. Dann erst beginnen die eigentlichen weißen bis hellgrauen Dolomitmarmore (91% Dolomit), die die Felsköpfe der Aufschlüsse aufbauen. Darüber schließen am Weglein zwischen der Alp Vartegna und der Val Canciano 3–5 m mächtige graue, marmorisierte Plattenkalke bis Dolomite an. Nochmals 2 m rein weißer Dolomitmarmor und mit normal stratigraphischem Kontakt blaugraue Kieselschnurkalkmarmore, in denen die kieseligen Partien sehr schön herauswittern und oftmals eine Gradierung oder Kreuzschichtung vermuten lassen. Schutt und Wiese überdecken jede weitere Fortsetzung im Hangenden. Auch der gesamte Pilinghell scheint an Störungen versackt zu sein. Die quarzitischen Einschaltungen in den Kalkmarmoren kartierte STAUB (1946) durchweg als Malojakristallin. In dem beschriebenen Profil konnten jedoch keine tektonischen Horizonte erkannt werden. Von den Aufschlüssen am Pilinghell wenden wir uns nun dem Profil von Scortaseo zu.

Das Profil von Scortaseo

Zunächst wollen wir, wie auch auf Fig. 4 ersichtlich ist, nur eine lithologische Beschreibung der mesozoischen Glieder geben und noch nicht auf die Lagerungsverhältnisse des Talks und Nephrits eingehen. Auf das Malojakristallin im Liegenden folgt die erste Störungszone mit unseren Vorkommen, an die ein hellgrauer Dolomitmarmor (96–98% Dolomitgehalt) anschließt, in dem die zweite Störungszone liegt. Dieser erreicht eine Mächtigkeit von 30–40 m. In den oberen 10 m schalten sich in den Dolomitmarmor teilweise kalkige bis mergelige Bänder ein, der Dolomitmarmor wird weißer und darüber folgen, die letzten Meter bis zur Moränenbedeckung aufbauend, zunächst ein hellgrauer, z. T. weißlicher Dolomit- bis Kalkmarmor, 0,5 m Rest einer

Rauhwaacke (45% Kalk, 25% Dolomit), dunkelgrauer gebänderter Kalkmarmor mit hohem Pyritgehalt und zum Schluß ein weißlicher Dolomitmarmor. Darauf konnten noch einige Kieselschnurkalkmarmorreste entdeckt werden. Die Moränenbedeckung beträgt in den Aufschlüssen von Scortaseo 1–5 m. In den Moränengebieten zwischen Scortaseo und Le Prese wurden keine weiteren Aufschlüsse gefunden.

Die Profile von Le Prese

So wollen wir uns nun zu der Schuppenzone der westlichen Talseite zwischen Spinadascio und Le Prese wenden. Von der Rutschung, 100 m westlich der Kirche von Le Prese und der Alp Suragnida im Norden, konnte die Schuppenzone recht gut kartiert werden. In diesem Bereich wurden sechs einzelne Schuppen aus- geschieden, die durch stark verruschelte tektonische Horizonte, z. T. mit eingeschaltetem Malojakristallin, voneinander getrennt werden. Alle Serien fallen mit 35–60° nach NNW–N ein. Dies widerspricht der in der tektonischen Karte STAUBS gezeichneten Umbiegung. Danach müßten all diese Schichten hier nach SE ein- fallen. Das ist jedoch erst in den Casannaschiefern der Sella Decke nördlich des Tälchens von Cogozzo der Fall. Unsere Aufschlüsse südlich von Le Prese könnten an Störungen nach Norden abgesackt sein, so daß ihr heutiges Streichen und Fallen ein falsches Bild ergäbe. Wesentlich für eine geschlossene Umbiegung im Sinne STAUBS sind jedoch die Kontakte der Casannaschiefer mit dem Berninakristallin auf der östlichen Talseite bei der Ortschaft Cantone, die seine tektonische Auffassung rechtfertigen würden.

Beginnen wir mit der Beschreibung der Schuppenzone westlich von Le Prese, oberhalb der kleinen Ein- siedelei. Das Liegende der unteren Dolomitmarmore (Schuppe I) ist durch eine Rutschung nicht aufgeschlos- sen. Südlich davon finden wir, wie auch STAUB kartierte, Gneise, Glimmerschiefer, Quarzite und Grünschiefer der Malojaserie. In diese unteren dunkelgrauen Dolomitmarmore schaltet sich ein Band von Dolomitmarmor ein, das von vielen Kiesel- und Muskovitschnüren durchsetzt ist. Darauf folgt eine gelblichbraune, kieselige Lage mit vereinzelt Rauhwaackeresten. Von Norden verzahnt sich in den gegen oben hellgrau werdenden Dolomitmarmoren ein grünlicher Muskovitquarzit, der im Norden auf 10 m anschwillt und gegen Süden im Dolomit auskeilt. Auf die nach NNW einfallenden Dolomitmarmore folgt eine mit Schutt überdeckte Stö- rungszone, dann als Liegendes der nächsten Schuppe II, Quarzitgneise und Glimmerschiefer vom Typ Maloja- serie mit schön herauswitternder Quarzfältelung. Darauf liegen ohne besonderen tektonischen Kontakt dun- kelgraue Kalkschiefer, auf die ein heller Dolomitmarmor und graue Kalkmarmor folgen. Gegen oben gehen sie in einen hellgrauen Dolomitmarmor über. Den Abschluß bildet ein weißer Dolomitmarmor (etwa 30 m) vom Typ Scortaseo. Südlich des Friedhofes endet diese zweite Schuppe, begrenzt durch eine doppelte Stö- rungszone, die mit Dolomitmarmorresten und Kieselschnurkalkmarmoren ausgefüllt ist. Im Hangenden der letzten weißen Dolomitmarmore der zweiten Schuppe entdeckten wir im Wald einen plattigen grünen Quar- zitgneis, der zur Basis der dritten Schuppe (siehe Fig. 3) überleitet. Darin steckt verschuppt ein Kiesel- schnurkalkmarmor. Ein sehr merkwürdiges Gestein folgt darauf, das man als eine marmorisierte Rauhwaacke ansprechen möchte. Zum Teil enthält es Partien, die eher einem Kalktuff gleichen sowie bis zu quadratzenti- metergroße Plättchen eines weißen talkähnlichen Minerals, das im Röntgendiagramm als ein 2 M-Muskovit bestimmt wurde. Das Gestein besteht aus 38% Kalk und 39% Dolomit. Der Rest dürfte auf Muskovit, Quarz und Pyrit entfallen. In diese Rauhwaacken schalten sich 2 m mächtige dunkelgraue bis schwarze pyri- tische Tonschiefer ein, die stellenweise mergelige und kieselige Partien aufweisen. Auf diesen Serien liegen dann weiße, z. T. feinbankige Dolomitmarmore, in denen einige mergelige Einschaltungen vorhanden sind. Darüber kommen 1–2 m gebänderte plattige Kalkmarmore abwechselnd mit fleischfarbenen Dolomit- marmoren. Darauf folgen ein Band (0,5–0,7 m) metamorphe Kalkmergel bis Tonschiefer. Dann beginnen mit normalem Kontakt die bis zu 5 m mächtigen Kieselschnurkalkmarmore, die im Hangenden in weitere 1–2 m mergelig-kalkige Kieselschiefer übergehen. Diese enthalten viele Sericit-Muskovitlagen, vereinzelt Apatite und kleine Turmaline. Die letzten 3–4 m bis zu einer neuen Ruschelzone bilden stark albitreiche Kieselschiefer (eher verschieferte Quarzite), die im wesentlichen aus mosaikartig verwachsenen Quarzen bestehen. Neben Albit, Chlorit, Sericit-Muskovit sind spurenweise Apatit und Erz vorhanden. Der nun folgende verruschelte Horizont ist 0,5 m mächtig. Als Basis der vierten Schuppe erscheinen darüber 2–4 m Kieselkalkmarmore, die sehr viel Albit und Muskovit führen. Die kleinen, meist gerundeten Quarzkörner zeigen oft undulöse Aus- löschung. Die oberen Partien bestehen aus 0,5 m eines metamorphen Tonschiefers bis Mergel. Daran schlie- ßen zunächst feinbankige graue Kalk- bis Dolomitmarmore an, die gegen das Bachtobel in hellgraue dick- bankige Dolomitmarmore übergehen. Im Bachtobel liegt in Richtung des Baches eine Störung (z. T. 2 m breit).

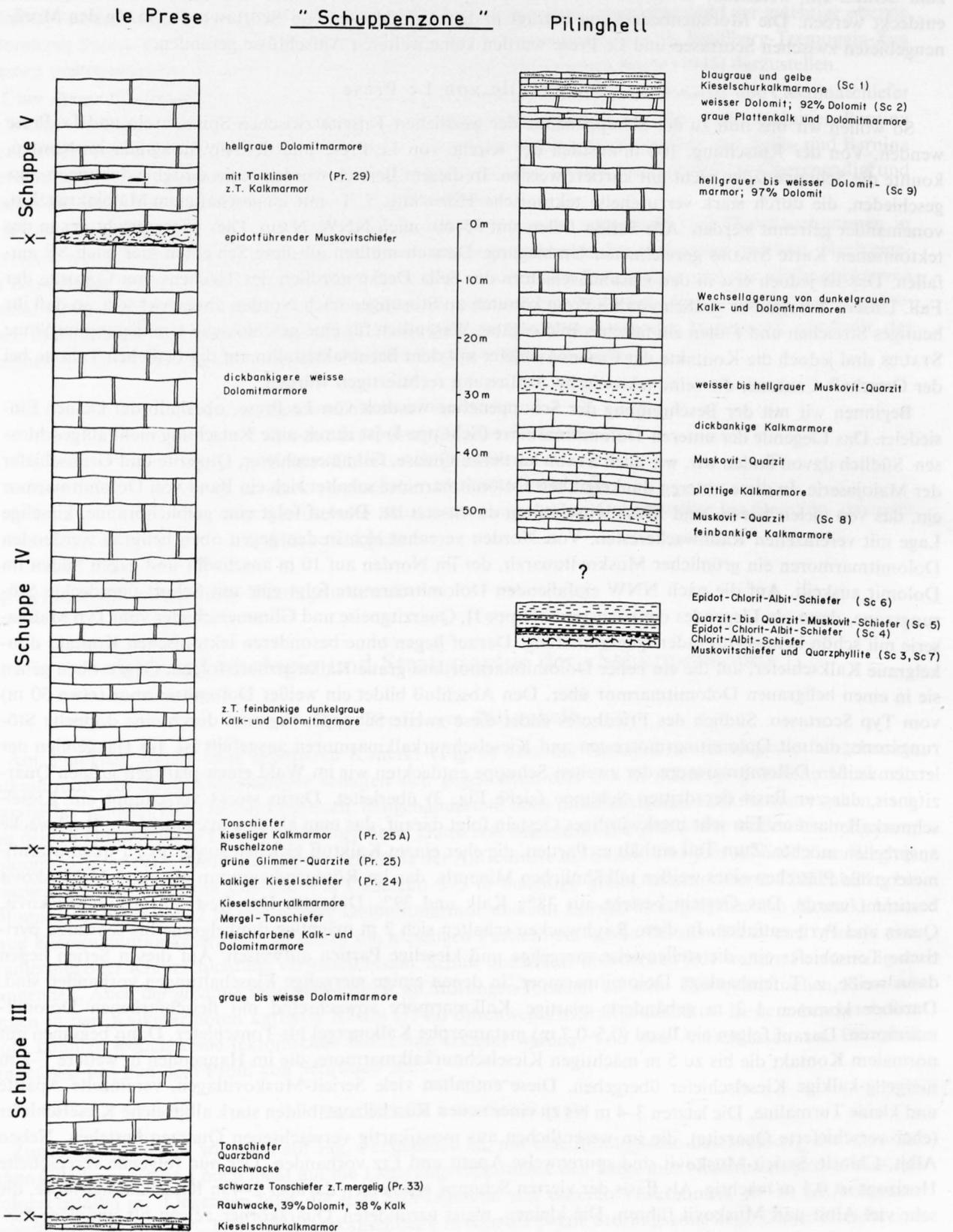


Fig. 3. Profile aus der Schuppenzone am «Pilinghell» und bei Le Prese.

Scortaseo

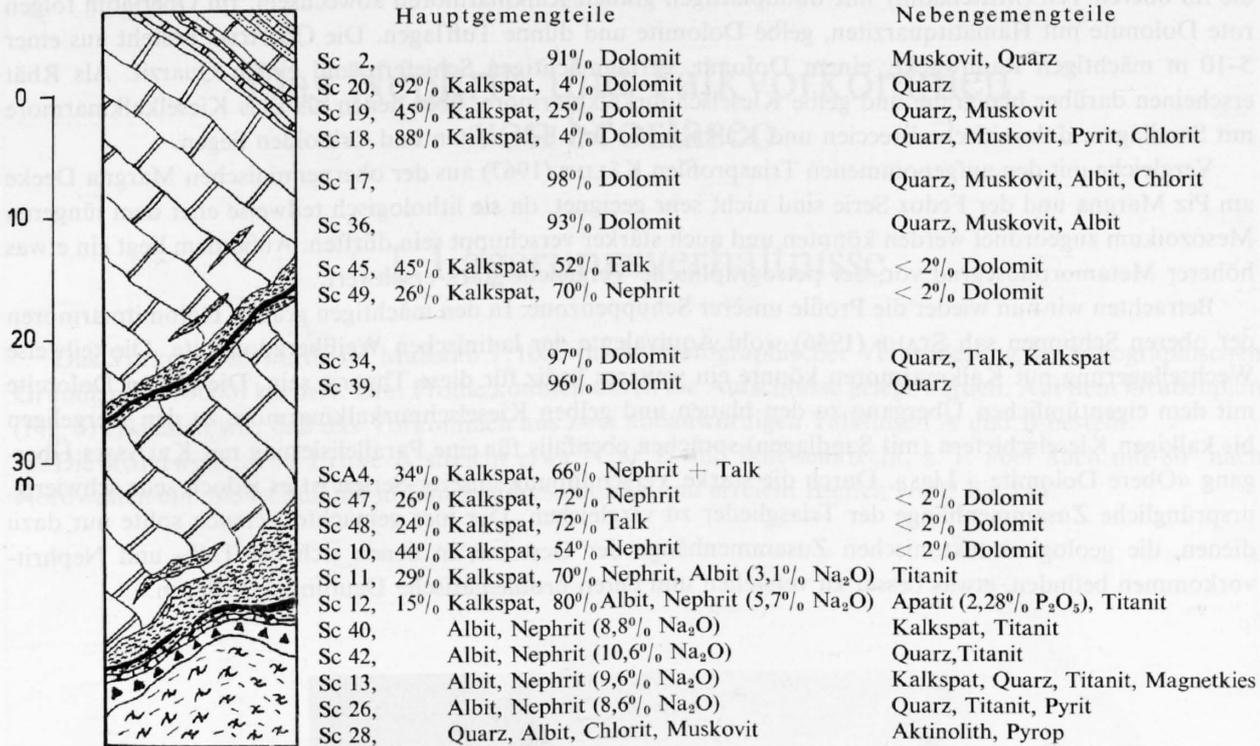


Fig. 4. Das Profil von Scortaseo.

In ihr verläuft teilweise ein grüner bis hellrötlicher albit- und epidotführender Muskovitschiefer mit starker Titanitanreicherung. Dann folgt ein mit 35° nach Norden einfallender hellgrauer Dolomitmarmorzug. Am Fuße im Hangschutt dieser Aufschlüsse fanden wir einen großen Dolomitmarmorblock, der Schlieren von grünlichweißem Talk enthielt. Eine nähere Beschreibung folgt im petrographischen Teil. Im südlichen Bachtofel verläuft wieder eine Störungszone, in den sich über dem letzten Dolomitmarmorzug (Schuppe VI) 1–2 m mächtige Muskovitschiefer befinden. Diese enthalten neben frischen Albiten, Epidot und Titanit noch größere idiomorphe braune bis grüne Hornblenden. Das Hangende des folgenden Dolomitmarmorzuges bilden abermals verruschelte Muskovitschiefer.

In unseren Talaufschlüssen können wir somit sechs Schuppen ausscheiden, wobei die beiden obersten vielleicht nur an Störungen verstellt sind und als eine Schuppe aufgefaßt werden könnten.

Betrachten wir die Profile der Schuppenzone einmal stratigraphisch. Vorauszuschicken sei, daß wir weder ein Fossil noch eine Spur davon entdecken konnten.

Mit einiger Sicherheit können wir unsere Sedimente teilweise der Trias zuordnen. Gerade der Übergang heller Dolomitmarmor, marmorisierte Plattenkalke bis Dolomite, ein Rauhwackerest und dann diese typischen Kieselschnurkalkmarmore, vermischt mit geringmächtigen Quarziten, läßt sich lithologisch gut mit der Grenze Trias–Lias im Penninikum vergleichen. Im Gegensatz dazu finden wir im Unterostalpin eine viel mächtigere Obertrias (Hauptdolomit) und fast immer das typisch ausgebildete Rhät mit seinen Lumachellen. Dieses Rhät und die mächtige dolomitische Obertrias konnten wir in unseren Profilen nicht feststellen. Vergleichen wir die Sedimente mit der penninischen Trias so wie sie von KRUYSE (1967) angegeben wird. Zunächst betrachten wir die Trias der mittelpenninischen Suretta Decke. An der Basis der Unteren Trias erscheinen weiße bis grünliche Tafelquarzite, dann ein dunkelgelber gegen oben grauer Dolomit (bis 10 m Mächtigkeit) mit vielen Quarzsnüren. Darauf folgen 2 m Serizitkalkmarmore und eine Rauhwacke. Die Mittlere Trias besteht im wesentlichen aus Rauhwacken. Die Obertrias als Basis der Averser Bündnerschiefer ist geringmächtig und wechselt zwischen gelben Dolomiten, Kieselschnurkalkmarmoren und Sandlagenkalkmarmoren.

In der Weißberg Decke ist die Trias dagegen wesentlich stärker ausgebildet und erreicht stellenweise eine Mächtigkeit von 200 m. KRUYSSSE konstatiert eine mächtige Untertrias aus grauen grobgebankten Dolomiten, die im oberen Teil (Mittelladin) mit dünnplattigen grauen Kalkmarmoren abwechseln. Im Oberladin folgen rote Dolomite mit Hämatitquarziten, gelbe Dolomite und dünne Tufflagen. Die Obertrias besteht aus einer 5–10 m mächtigen Rauhwanke, einem Dolomit, geringmächtigen Schiefen und einem Quarzit. Als Rhät erscheinen darüber blaugraue und gelbe Kieselschnurkalkmarmore, über denen als Lias Kieselkalkmarmore mit Sandlagen, dolomitische Breccien und Kalkschiefer mit Belemniten und Crinoiden liegen.

Vergleiche mit den aufgenommenen Triasprofilen KÄLINS (1967) aus der oberpenninischen Margna Decke am Piz Margna und der Fedoz Serie sind nicht sehr geeignet, da sie lithologisch teilweise eher dem jüngeren Mesozoikum zugeordnet werden könnten und auch stärker verschuppt sein dürften. Außerdem liegt ein etwas höherer Metamorphosegrad vor, der petrographische Vergleiche stark erschwert.

Betrachten wir nun wieder die Profile unserer Schuppenzone. In den mächtigen grauen Dolomitmarmoren der oberen Schuppen sah STAUB (1946) wohl Äquivalente der ladinischen Weißbergdolomite. Die teilweise Wechsellagerung mit Kalkmarmoren könnte ein weiteres Indiz für diese Theorie sein. Die gelben Dolomite mit dem eigentümlichen Übergang zu den blauen und gelben Kieselschnurkalkmarmore zu den mergeligen bis kalkigen Kieselschiefen (mit Sandlagen) sprächen ebenfalls für eine Parallelisierung mit KRUYSSSES Übergang «Obere Dolomite – Lias». Durch die starke Verschuppung unserer Serien ist es jedoch sehr schwierig, ursprüngliche Zusammenhänge der Triasglieder zu vergleichen. Der hier gemachte Versuch sollte nur dazu dienen, die geologisch-tektonischen Zusammenhänge der Gesteine, in denen sich die Talk- und Nephritvorkommen befinden, etwas besser zu verstehen und deren problematische Deutung darzulegen.

Kapitel II

Das Nephrit- und Talkvorkommen von Scortaseo

1. Lagerungsverhältnisse

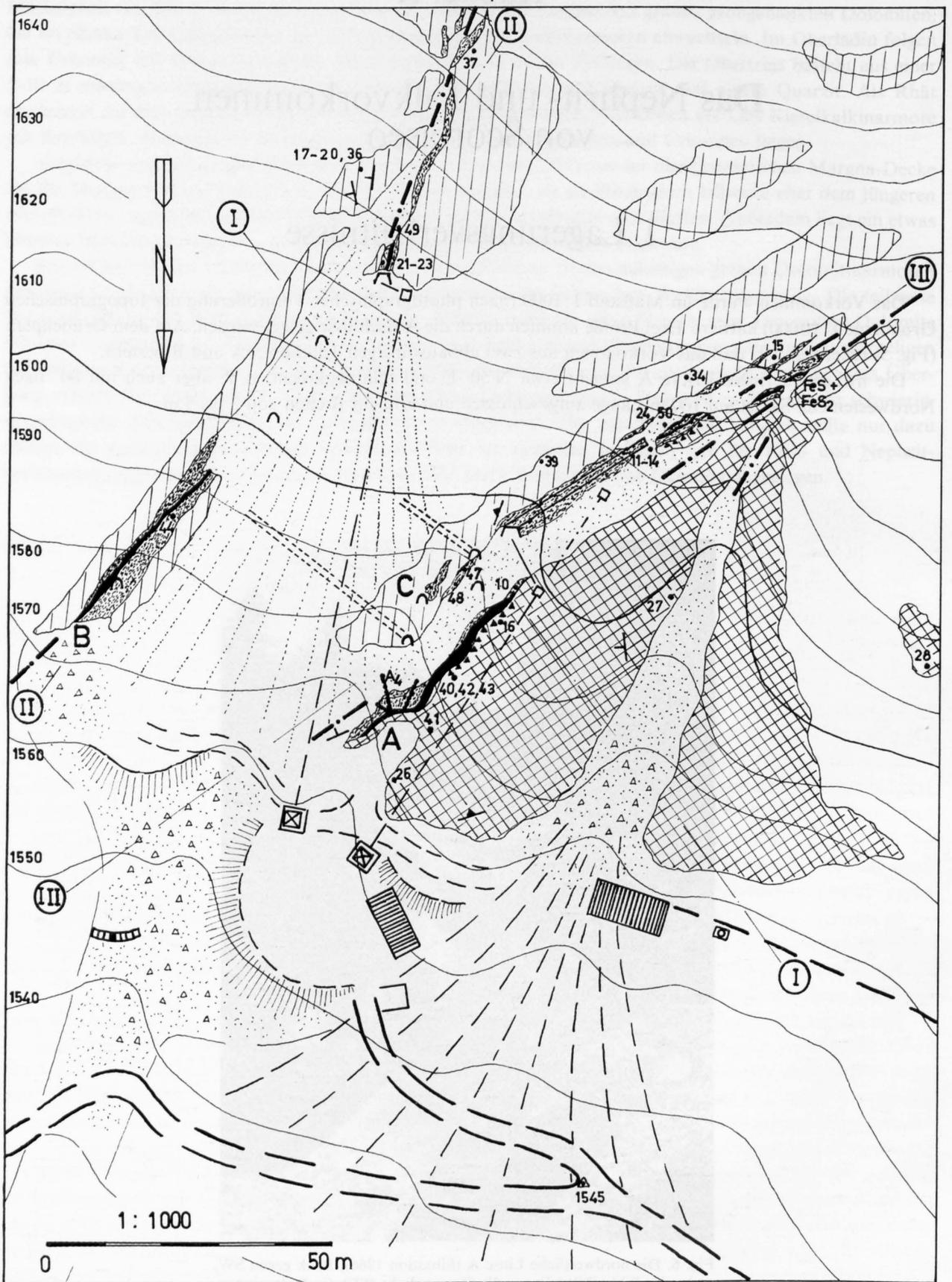
Das Vorkommen wurde im Maßstab 1:1000 (nach photographischer Vergrößerung der topographischen Grundlage 1:10000) kartiert. Drei Profile konnten durch die Aufschlüsse gelegt werden. Auf dem Grubenplan (Fig. 5) erkennen wir, daß das Vorkommen aus zwei abbauwürdigen Talklinsen A und B besteht.

Die nordwestliche Linse A streicht etwa $N 50^{\circ} E$ und fällt senkrecht, z. T. aber auch mit 80° nach Nordwesten ein. Sie ist auf 100 m Länge aufgeschlossen und erreicht Breiten von 2 bis 5 m.



Fig. 6. Die nordwestliche Linse A (Situation 1966), Blick gegen SW, rechts im Bilde (NW) liegen die Gneise, links (SE) die Dolomitmar-
more.

Grubenplan von Scortaseo



L E G E N D E

zum Grubenplan des Talkvorkommen von Scortaseo

	Talk
	Nephrit
	Albitfelsbreccie
	Kristallin (Malojagneise)
	Dolomit- und Kalkmarmore
	Störung
	Bachschutt
	Hangschutt
	grober und feiner Schutt
	Gebäude
	Material-Seilbahn
	Stollen im Betrieb
	Stollen verfallen
	Bohrung
	Waldgrenze
	Profile
	Probennummern
	Streichen und Fallen
	10° - 29°
	30° - 49°

Fig. 5. Grubenplan von Scortaseo (Grundriß), Maßstab etwa 1:1000 (nach photographischer Vergrößerung der topographischen Grundlage 1:10000), Zustand 1966.

A, B, C Talk-Nephritlinsen; I, II, III, Profile.

Auf der Photographie (Fig. 6) sehen wir den Verlauf der mit Abraum und Schutt bedeckten, teilweise abgebauten Linse, die meist diskordant, vereinzelt aber auch im Dolomitmarmor auskeilend, in der Kontaktzone zwischen den Gneisen, Glimmerschiefern und Sedimenten liegt.



Fig. 7. Detailaufnahme aus der Kontaktzone bei 1620 m (siehe Fig. 9). Das Bild zeigt besonders die Lage des Nephrits zwischen den beiden Talklinsen VI und VII. (Sc. 14 u. Sc. 50)
(Photo Schweizer Heimatwerk)

Südöstlich dieser Linse A beginnt der Dolomitmarmor, nordwestlich das Malojakristallin. Im Abbaustollen von 1966 auf 1585 m Höhe konnte in 33 m Tiefe vor Ort die Kontaktzone gut studiert werden. Auf der Abbildung (Fig. 8) zeigt die Hammerspitze auf einen Harnisch am nordwestlichen Kontakt gegen das Kristallin. Jedoch liegt dort nur teilweise das Kristallin vor. Eine sehr eigentümliche, fast nur aus Albit und Nephrit bestehende Kontaktbreccie (oder Störungsbreccie) tritt linsenförmig, z. T. auskeilend auf. Gegen Süden schließt sich an diese Breccie eine verruscelte Störungszone I (bestehend aus Nephrit, Albit und Talk) an. Dann folgt eine etwa 1 m breite Zone II von stark verruscelten grünlichen Talkschiefern, die allmählich gegen den Dolomitmarmor in weiße Talkschiefer übergehen. Aufgrund der verruscelten Serien als auch aus der monogenen Albitfelsbreccie können wir den Charakter einer Störungszone annehmen. In einem weiteren Aufschluß an der Tagesoberfläche bei 1620 m soll noch einmal der Kontakt gegen das Kristallin näher beschrieben werden.

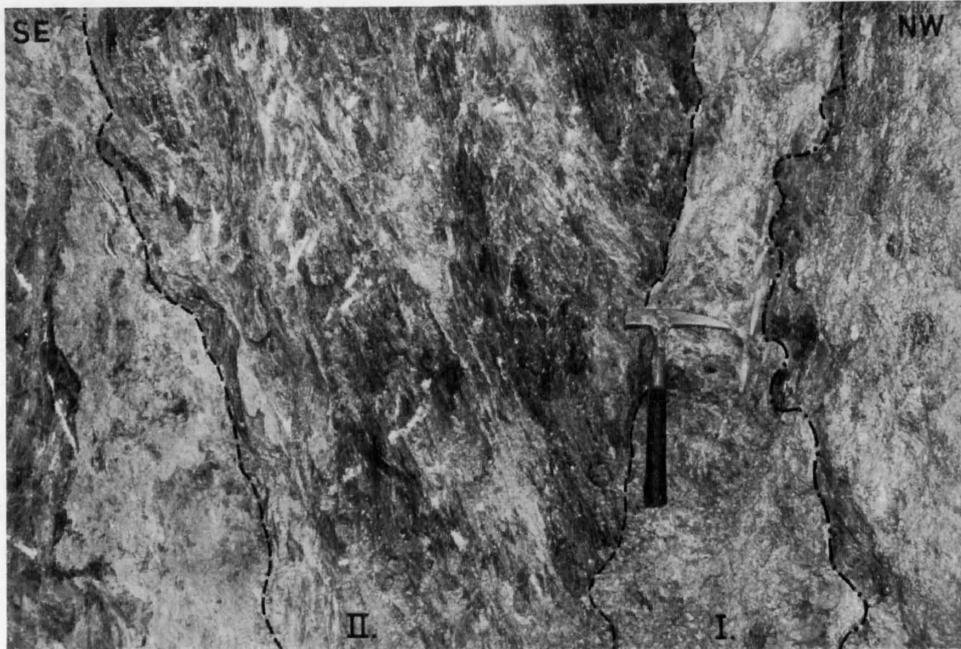


Fig. 8. Kontaktzone zwischen Kristallin und Talkgestein im Abbaustollen auf 1585 m und 33 m Tiefe innerhalb der Linse A (Situation 1966).

Im rechten oberen Teil der Aufnahme (Fig. 9) liegen die albitreichen Muskovitschiefer bis Gneise (I), deren S-Flächen gegen die Störung hin aufgeschleppt sind. Dann folgen linsenförmig die Albitfelsbreccien (II = Sc. 13). Im Kontakt zwischen den grünen Talkschiefern steckt auskeilend ein Kalkschiefer (III = Sc. 11), der von grünen Nephritadern durchzogen ist und dann ein Band eines Apatit-Albit-Nephrit-Kalkspat-

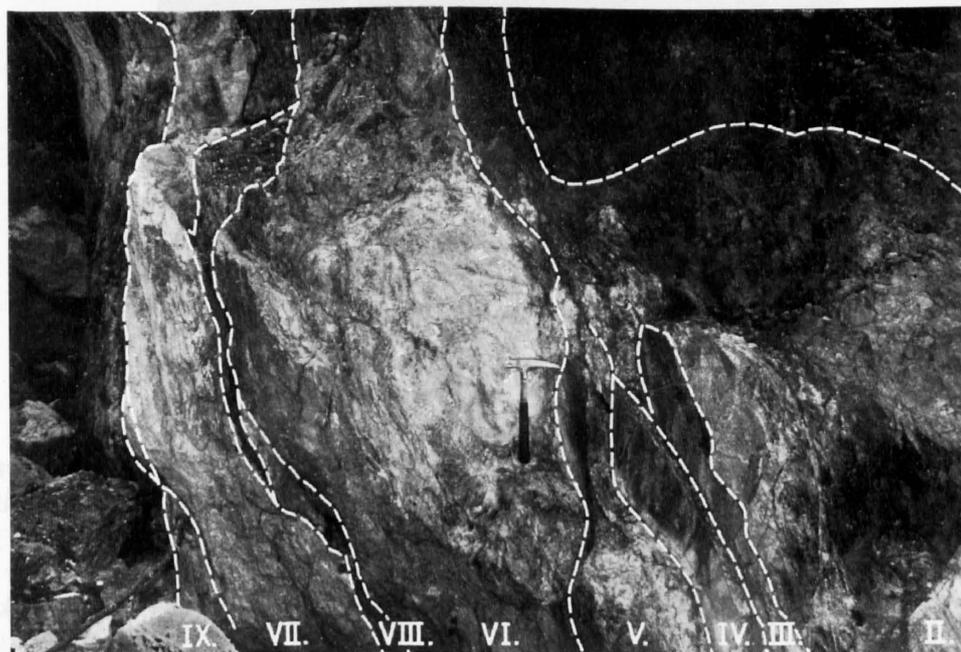


Fig. 9. Kontaktzone zwischen Kristallin, Nephrit- und Talkgesteinen an der Tagesoberfläche auf 1620 m innerhalb der Linse A (Situation 1966).

felses (IV = Sc. 12). Auf die grünen Talkschiefer (V) folgen zwei mächtigere grünlichweiße Talkschiefer (VI und VII), zwischen denen ein Keil grünen bis schwarzen Nephritgesteins (VIII = Sc. 50 u. Sc. 14) eingelagert ist (Fig. 7). Den äußeren Rand gegen die schon abgebauten Talkschiefer bilden nochmals grüne Nephritreste (IX = Sc. 24).

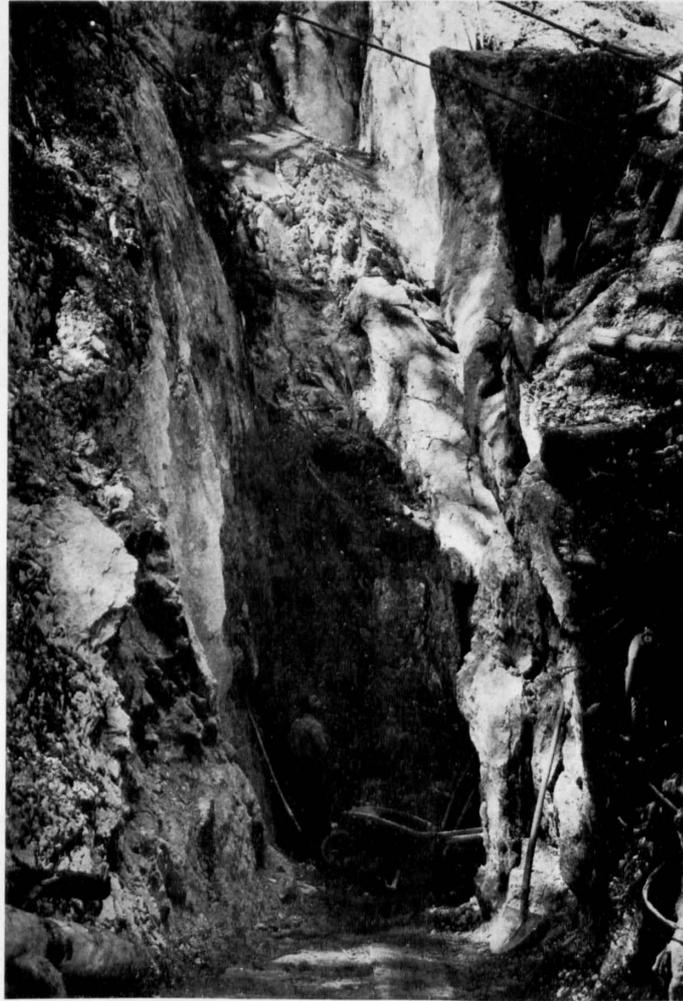


Fig. 10. Abbau in der südöstlichen Linse B (Situation 1963) auf 1575 m.
(Photo Schweizer Heimatwerk)

Die Form der größeren Linse A ist sehr unregelmäßig und läßt keinerlei Gesetzmäßigkeit erwarten. Darum ist die Abschätzung ihrer Größe sehr schwierig. Bei 1620 bis 1630 m keilt die Linse in kleinere Talkschuppen aufgelöst aus. Zwei kleinere Störungen innerhalb des Malojakristallins zeigten nur verruschelte Zonen, die Eisenvererzungen (Pyrit und Magnetkies) aufweisen. Bei 1570 m wurde zunächst aufgrund ihrer Form eine Fortsetzung und Verbreiterung gegen die Tiefe angenommen. Um diese Annahmen zu festigen, konnten wir einige Sondierbohrungen (siehe Grubenplan) mit einer «Craelius-Kernbohrmaschine» (entliehen vom Arbeitsausschuß für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente) durchführen.

Verlauf der Bohrungen:

- A₁ (Richtung: 155°/30°), Länge: 0,3 m im Talk, Ende Nephrit
- A₂ (Richtung: 170°/45°), Länge: 0,3 m im Talk, Ende Nephrit
- A₃ (Richtung: 150°/20°), Länge: 1,0 m im Talk, Ende Nephrit
- A₄ (Richtung: 165°/10°), Länge: 4,5 m im Talk + Kalk- und Dolomitmarmor, Ende Dolomitmarmor
- A₅ (Richtung: 207°/8°), Länge: 3,5 m im Talk + Kalk- und Dolomitmarmor, Ende Nephrit und Krist.

Trotz der schlechten Wetterbedingungen und der Schwierigkeit, ein geeignetes festes Fundament für die Bohrmaschine zu erstellen, konnten wir die Basis der Linse A gut abbohren und damit eine geologische Aussage machen. Leider zeigte sich, daß die Linse, gebunden an ein Störungssystem, nicht in die Tiefe hineinzieht, sondern flach nach Südosten umbiegt und eher konkordant im Dolomitmarmor auskeilt. Wie weit sich die Linse in den Berg hineinzieht ist nicht zu sagen. Südlich der Störungszone liegt bei 1585 m lediglich noch eine kleine Talklinse C (mehrere Kubikmeter) konkordant zwischen den Dolomitmarmoren, die teilweise abgebaut werden konnte. Ihre randlichen Talkfetzen keilen im Nebengestein aus.

Südöstlich der Linse A liegt in 60–80 m Entfernung die kleinere Linse B, die auf 100 m Länge abgebaut wird und 1–3 m breit wird. Ihr Streichen beträgt N 45° E und das Einfallen 80–85° gegen Nordwesten. Sie liegt meist diskordant zwischen grauen bis weißen Dolomitmarmoren und besteht aus rein weißem Talk



Fig. 11. Abbau in der südöstlichen Linse B auf 1575 m (Situation 1963). Diskordant sind Talk- und Nephritgestein zwischen den Dolomitmarmoren eingelagert.
(Photo Schweizer Heimatwerk)

(vermischt mit Kalkspat) und einer 0,5–0,7 m breiten lichtgrünen Nephritader, die konkordant im Talkgestein eingelagert ist. Die Kontakte gegen die Dolomitmarmore sind leicht verquarzt. Die Photos (Fig. 10 und 11) zeigen uns den Abbau dieser Linse im Jahre 1963. Ein kleiner Stollen wurde bis in 40 m Tiefe vorgetrieben.

Auf dem Bild erkennen wir sofort den Charakter einer Störungszone, in der sich über dem Ausbau gegen den südlichen Kontakt eine Zone verschieferten weißen Talks befindet, dann das kompakte Nephritband und

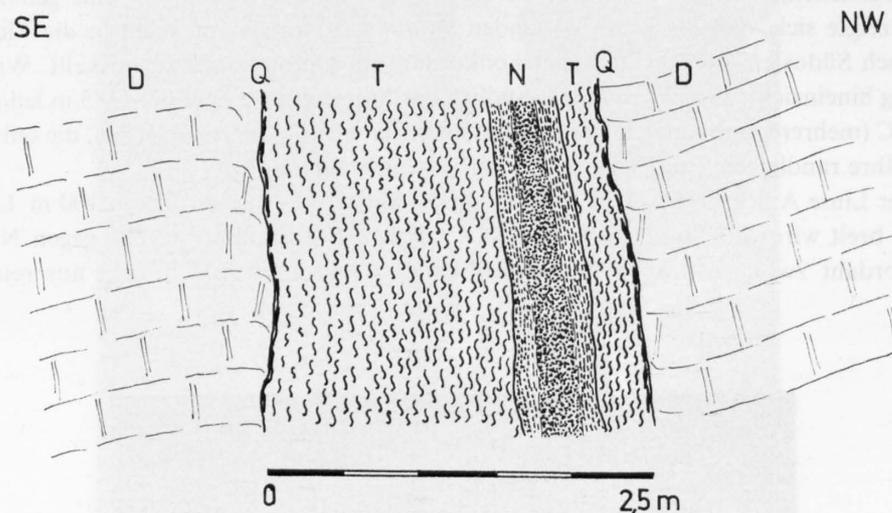


Fig. 12. Form der Linse B auf 1625 m (Situation 1966).

D = Dolomitmarmor

T = Talk-Karbonatgestein

N = Nephritgestein

Q = Quarzbänder



Fig. 13. Nephritgang in der Linse B auf 1625 m (siehe Fig. 12). Detailaufnahme aus dem kleinen Stollen im Sommer 1966. Die Hammerspitze weist auf den Nephritgang, der an den Rändern verschiefert ist und gegen das Zentrum kompakt wird.

gegen Nordwesten wieder Linsen weißen Talks. In einem kleinen Stollen aus dem Jahre 1966 auf 1625 m konnten wir die Störungszone im Querprofil gut aufnehmen.

Fig. 12 und 13 zeigen uns die Diskordanz der Talk- und Nephritgesteinslinsen im Dolomitmarmor sehr deutlich. Bemerkenswert ist, daß sich auf beiden Seiten des kompakten Nephrits eine Zone verschieferten und sehr kalkspatreichen Nephrits befindet. Außerdem erwiesen sich die verquarzten Salbänder für den Abbau als sehr störend, da eine Vermischung mit dem Talkgestein kaum vermeidbar war. Gegen Südwesten keilt auch die Linse B bei 1640 m in den Dolomitmarmoren aus. An ihrer Basis sollte ursprünglich auch noch eine Bohrung vorgenommen werden, die jedoch aus Zeitmangel und schlechten Wetterbedingungen aufgegeben werden mußte. In den beiden querschlägigen Stollen traf man zwischen den beiden Talklinsen A und B keine weiteren Vorkommen an. Somit bleiben also nur die zwei großen regional begrenzten Linsen bestehen, wie dies in dem kleinen Querprofil (I) (Fig. 14) zum Ausdruck kommt.

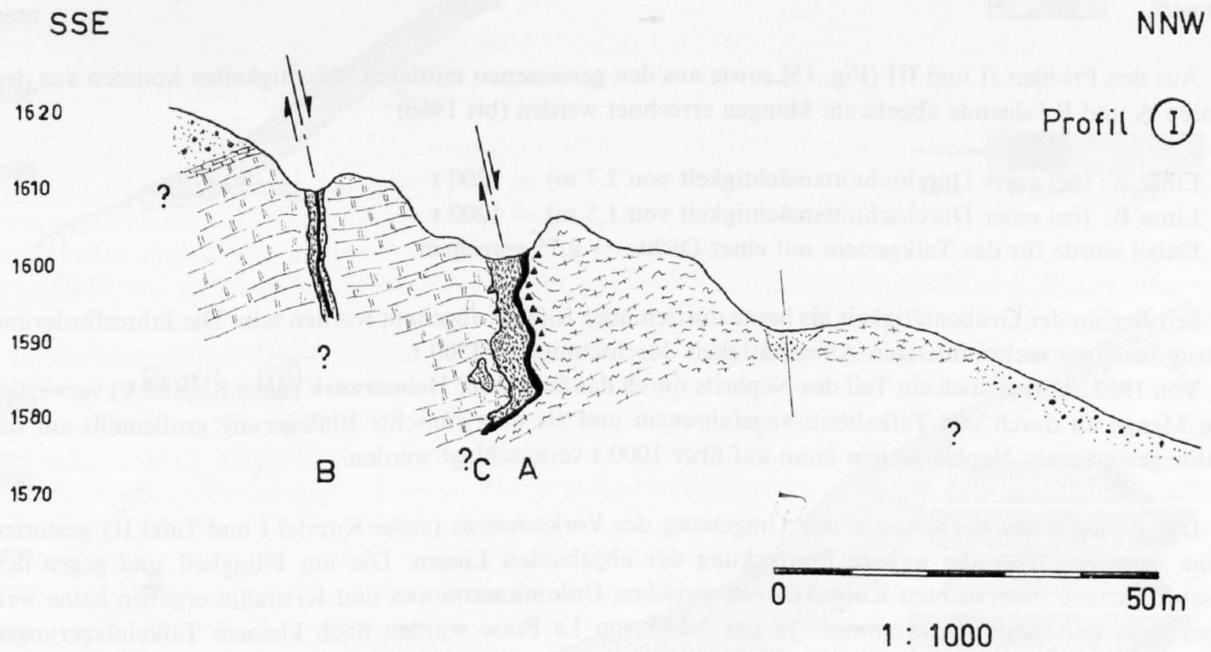


Fig. 14. Querprofil (I) durch die Nephrit-Talklagerstätte von Scortaseo (Maßstab 1:1000).

2. Der Abbau

Mitte der vierziger Jahre wurde, zunächst manuell, mit dem Talkabbau aus der Linse A begonnen. Erst im Jahre 1959 wurde die Grube nach Konzessionswechsel mechanisiert. Es arbeiten seit dieser Zeit 4–6 Mann unter der Leitung eines Vorarbeiters am Talkabbau in den Linsen A und B. In kurzen Stollen wird das weiche Gestein mit Preßluftbohrern und Sprengungen abgebaut. Der längste bauwürdige Stollen liegt in der Linse A und erreichte Anfang Oktober 1966 eine Länge von 33 m. Weitere Stollen in der Linse A sowie zwei querschlägige Stollen sind bereits wieder verfallen. In der Linse B existierten drei kurze und ein längerer Stollen. Dort erschwerte der im Talkgestein eingelagerte Nephritzug den Talkabbau erheblich.

Da das Nebengestein sehr zerklüftet ist und außerdem das gesamte Gebiet von Moränenschutt bedeckt ist, war man aus Sicherheitsgründen zum Stollenbau gezwungen.

Als Transportmittel dienten in früheren Jahren Handkarren und Loren. Seit einiger Zeit bestehen für die höher gelegenen Stollen zwei Materialeilbahnen. Das unbrauchbare Nebengestein wird sowohl in die abgebaute Störungszone als auch auf den großen Schutthang geworfen und von Zeit zu Zeit mit einem Bulldozer planiert.

Aus den Profilen II und III (Fig. 15) sowie aus den gemessenen mittleren Mächtigkeiten konnten aus den Linsen A und B folgende abgebaute Mengen errechnet werden (bis 1966):

Linse A: (bei einer Durchschnittsmächtigkeit von 2,7 m) = 7200 t

Linse B: (bei einer Durchschnittsmächtigkeit von 1,5 m) = 1200 t

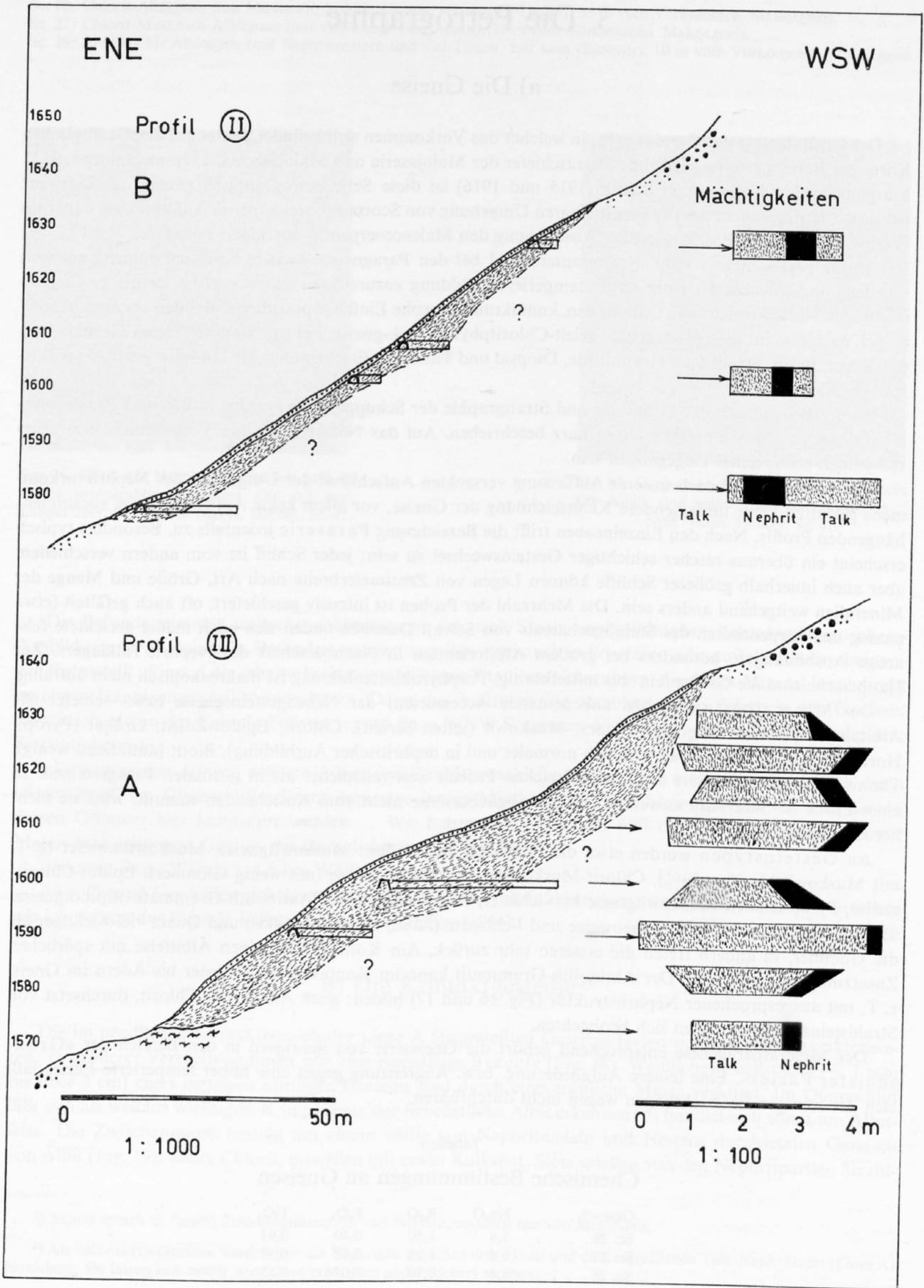
Dabei wurde für das Talkgestein mit einer Dichte = 2,75 gerechnet.

Seit Beginn der Grubentätigkeit bis heute dürften über 10000 t abgebaut worden sein. Die Jahresförderung betrug bei einer sechsmonatigen Abbautätigkeit durchschnittlich 1500 t.

Von 1963 an wird auch ein Teil des Nephrits durch das Schweizer Heimatwerk (siehe Kapitel V) verwertet. Die Menge an durch den Talkabbau angefahrenem und als unerwünschte Einlagerung größtenteils auf die Halde geworfenem Nephritgestein kann auf über 1000 t veranschlagt werden.

Die geologischen Verhältnisse der Umgebung des Vorkommens (siehe Kapitel I und Tafel II) gestatten keine Aussagen über die weitere Erstreckung der abgebauten Linsen. Die am Pilinghell und gegen den Passo Canciano untersuchten Kontaktzonen zwischen Dolomitmarmoren und Kristallin ergaben keine weiteren Talk- und Nephritvorkommen. In der Nähe von Le Prese wurden noch kleinere Talkeinlagerungen in der Trias festgestellt, die nach den bisherigen Untersuchungen keinen Abbau lohnen. Weiterhin erwähnte GERBER (1966) in seiner Diplomkartierung zwei kleine Talkvorkommen (siehe Tafel II) an den Kiesel-schnurkalkmarmoren in einigen kleinen Aufschlüssen am Weglein (bei Kote 1570 m und Kote 1500 m) zwischen den Alpen Somprai und Clef. Diese Vertalkungsanzeichen deuten auf eine regional größere Ausdehnung der Vorkommen hin, die sich über größere Distanzen in unserem Untersuchungsgebiet erstrecken könnten. Infolge der ausgedehnten Moränenbedeckung und der vermuteten Versackungen würde eine weitere Prospektion aufwendige finanzielle Mittel erfordern. Dabei wird vor allem an geoelektrische und seismische Untersuchungen gedacht, mit denen man die Moränenbedeckung über der eventuell noch anstehenden Schuppenzone abklären könnte. Außerdem wären dann größere Bohrungen und Schürfungsräben erforderlich.

Fig. 15. Bis 1966 abgebaute Lagerflächen (1:1000) und Mächtigkeiten (1:100) der Linsen A und B. ►



3. Die Petrographie

a) Die Gneise

Der Legendentext der Gneisserie, in welcher das Vorkommen sich befindet, lautet auf der Geologischen Karte der Berninagruppe wie folgt: «Paraschiefer der Malojaserie und Malojaserie i. a. epimetamorph, z. T. Margnakristallin i. allg.» Von STAUB (1915 und 1916) ist diese Serie petrographisch näher charakterisiert worden, allerdings nicht aus der unmittelbaren Umgebung von Scortaseo, sondern von Aufschlüssen weiter im Westen, wo die Malojaserie in großer Ausdehnung den Malencoserpentin überlagert und durch Val Fex und Val Fedoz gegen Maloja zieht. STAUB unterschied bei den Paragneisen zwischen normal epimetamorphen Gliedern und solchen, die einer höher temperierten Bildung zuzurechnen wären und bei denen er deshalb und wegen Nachbarschaft von Ophiolithen, kontaktmetamorphe Einflüsse postulierte. Bei den ersteren handelt es sich nach ihm im wesentlichen um Serizit-Chloritphyllite und -gneise, bei den letzteren treten Granat, Epidot-Zoisit, Biotit, Strahlstein, Hornblende, Diopsid und Titanit in Erscheinung, als teilweise größere spätkristalline Bildungen.

Bei der Behandlung der Lithologie und Stratigraphie der Schuppenzone wurden in den drei Profilen einzelne Gesteine der Malojaserie schon kurz beschrieben. Auf das Nebengestein des Vorkommens Scortaseo soll jedoch etwas näher eingegangen sein.

Die spärlichen und nach unserer Auffassung versackten Aufschlüsse der Umgebung des Nephritvorkommens gestatten keine umfassendere Kennzeichnung der Gneise, vor allem keine Aufnahme eines zusammenhängenden Profils. Nach den Einzelproben trifft die Bezeichnung Paraserie jedenfalls zu. Besonders typisch erscheint ein überaus rascher schichtiger Gesteinswechsel zu sein; jeder Schriff ist vom andern verschieden, aber auch innerhalb größerer Schriffe können Lagen von Zentimeterbreite nach Art, Größe und Menge der Mineralien weitgehend anders sein. Die Mehrzahl der Proben ist intensiv geschiefert, oft auch gefältelt (etwa analog den Serpentiniten des Steinbruchareals von Selva). Daneben finden sich auch mäßig gerichtete felsartige Ausbildungen, besonders bei großem Albitreichtum in Nachbarschaft des Nephrit-Talklagers. Zur Hauptsache sind die Gneise fein- bis mittelkörnig, Porphyroblastenbildung ist makroskopisch nicht auffällig.

Der Mineralbestand (ohne unbedeutende Accessorien) der Nebengesteinsgneise bzw. -schiefer ist: Albit, nur vereinzelt Oligoklas, Quarz, Muskowit (selten Serizit), Chlorit, Epidot-Zoisit, Granat (Pyrop), Hornblende, Aktinolith-Grammatit (in normaler und in nephritischer Ausbildung), Biotit (auffallend wenig), Titanit und Apatit, letztere zwei in zahlreichen Proben weit reichlicher als in normalen Paragesteinen. In einer Probe ist Staurolith anwesend; da sie möglicherweise nicht vom Anstehenden stammt, wird sie nicht berücksichtigt.

An Gesteinstypen wurden etwa die folgenden angetroffen: Muskowitgneise, Muskowitschiefer (z. T. mit Muskowit bis über 50%), Chlorit-Muskowitgneise, Chloritgneise (mit wenig Glimmer), Epidot-Chloritgneise, Pyrop-Chlorit-Muskowitgneise bis -schiefer, Hornblende- (oder Aktinolith-Grammatit-)Epidotgneise, übergehend in Amphibolite. Lagenweise sind Feldspäte (Albit, selten Oligoklas) und Quarz viel wichtiger als die Glimmer, in andern treten die ersteren sehr zurück. Am Kontakt erscheinen Albitfelse mit spärlichen Zusatzmineralien (Sc. 26). Der Aktinolith-Grammatit kann im Kontaktbereich Nester bis Adern im Gneis, z. T. mit ausgesprochener Nephritstruktur (Fig. 16 und 17) bilden; auch Adern von Chlorit, durchsetzt von Strahlsteinnädelchen lassen sich beobachten.

Der Mineralparagenese entsprechend gehört die Gneisserie von Scortaseo in den Bereich der «Grünschiefer Fazies». Eine feinere Aufgliederung, bzw. Abgrenzung gegen eine höher temperierte Fazies läßt sich der wenigen Beobachtungen wegen nicht durchführen.

Tabelle 1

Chemische Bestimmungen an Gneisen

Gew.-% . . .	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
Sc. 28	5,8	1,50	0,40	0,93
Sc. 27	6,8	1,34	0,18	0,57
Sc. 26	8,6	0,10	0,074	0,53

Sc. 28: Chlorit-Albitgneis (mit Muskowit, Epidot, Granat, relativ viel Titanit), 55 m vom Vorkommen. Malojagneis.
 Sc. 27: Chlorit-Muskowit-Albitgneis (mit viel Titanit und Apatit), 20 m vom Vorkommen. Malojagneis.
 Sc. 26: Albitfels bis Albitgneis (mit Nephritnestern und viel Titanit, fast kein Glimmer), 10 m vom Vorkommen. Malojagneis.

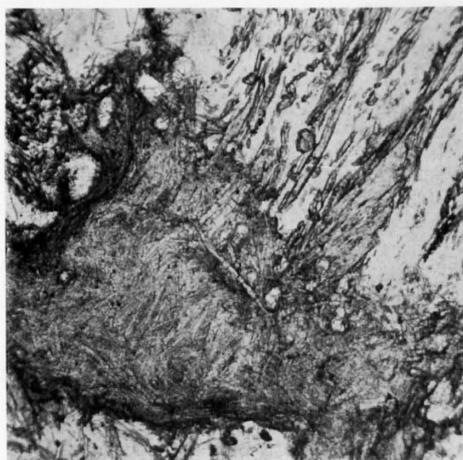


Fig. 16. Gneis mit Hornblende; letztere geht in relativ grobstrahligen Nephrit (bis 0,2 mm Länge) über. 35×, ohne Nicols. Handst. Sc. 41.

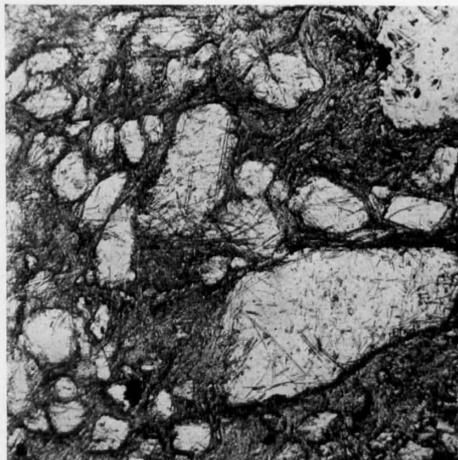


Fig. 17. Grobstrahlige Nephritpartie im Gneis. Die Albite sind voller Strahlsteinnadeln. 35×, ohne Nicols. Handst. Sc. 41.

Die Befunde stimmen weitgehend überein mit der nach STAUB «ophiolithnahen, kontaktmetamorphen» Ausbildung der Malojaserie. Besonders wurden von ihm zwei auch in Scortaseo sehr auffallende Erscheinungen festgestellt: Einmal die sehr verbreiteten schlierigen Titanitanreicherungen, die dieses Mineral lokal direkt zu einem Hauptgemengteil werden lassen. Dann das Auftreten von Strahlstein¹⁾ als Adern in den Gneisen. So schrieb er von der Fuorcla Fellaria (ca. 10,5 km WNW Scortaseo, Fig. 44, Nr. 5) von Gneisen nahe dem Serpentincontact:

«Von unten her dringen größere Adern von Strahlsteinschiefer in denselben ein und verästeln sich darin immer mehr. Im Dünnschliff erkennt man eine innige Mischung des Strahlsteinmaterials mit dem Gneis, dessen Glimmer hier biotitisiert wurden... Wir haben also hier einen Fall der Durchdringung eines zur Malojaserie gehörigen Gneises mit Ophiolithmaterial» (1915).

... und vom Passo d'Ur (ca. 4,5 km WNW Scortaseo):

«Am Passo d'Uer finden sich die schönen Biotitgesteine mit Infiltrationen von Strahlstein; genau dieselben wie ich sie von der Fuorcla Fellaria beschrieben habe» (1916).

b) Die Kontaktgesteine²⁾

Die im nördlichen Kontaktbereich der Linse A festgestellten Gesteine lassen sich wie folgt charakterisieren: In größerer Verbreitung findet sich eine eigenartige Breccie (Fig. 18). Weißliche Bruchstücke (< 1 mm bis über 3 cm) eines massigen körnigen Gesteins sind durch eine grünliche Masse verkittet. Im Dünnschliff läßt sich als weitaus wichtigste Komponente der Bruchstücke Albit erkennen; es handelt sich somit um Albitfelse. Die Zwischenmasse besteht aus einem völlig von Nephritnadeln und Nestern durchsetzten Gemisch von Albit (Fig. 19), wenig Chlorit, bisweilen mit etwas Kalkspat. Stets spießen von den Nephritpartien Strahl-

¹⁾ STAUB sprach in diesem Zusammenhang nie von Nephrit, sondern nur von Strahlstein.

²⁾ Als «Kontakt»-Gesteine werden hier die Bildungen zwischen dem Gneis und dem eigentlichen Talk-Nephritlager (Linse A) bezeichnet. Sie lassen sich weder vom einen noch vom andern scharf trennen.

steinnadeln in die Albite hinein, die ganz erfüllt sein können (Fig. 20, 21). Die «Nephritausbildung» der Adern wird somit durch das Nachbarmineral Albit in die nadelige «Strahlsteinausbildung» übergeführt. Wie im Gneis finden sich in diesen Albitfelsbreccien Schlieren mit außerordentlichem Titanitreichtum. In einer besonderen Lage (IV der Fig. 9) treten große idiomorphe Apatitprismen in ganz abnormal großer Menge hinzu



Fig. 18. Albitfelsbreccie. Weißliche Bruchstücke (überwiegend Albit) liegen in einer grünlichen Zwischenmasse, die aus Nephrit, Albit, Kalkspat und wenig Chlorit besteht. 1,4×. Handst. Sc. 40.

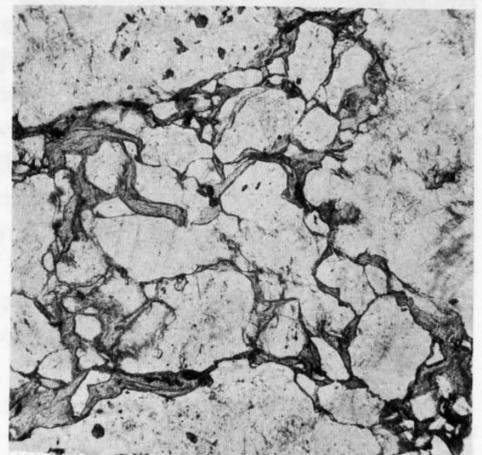


Fig. 19. Albitfels (aus Breccie) von dünnem Adernetz von Nephrit durchzogen. 35×, ohne Nicols. Handst. Sc. 42.

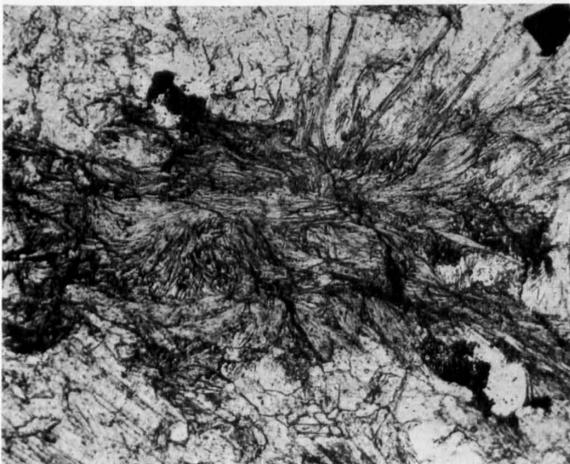


Fig. 20. Grobe, wirr gefältelte Nephritlinse im Albit-Kalkspatfels. Oben: Albit mit Strahlsteinstengeln; unten: Kalkspat ohne Strahlstein. 58×, ohne Nicols. Handst. Sc. 43.

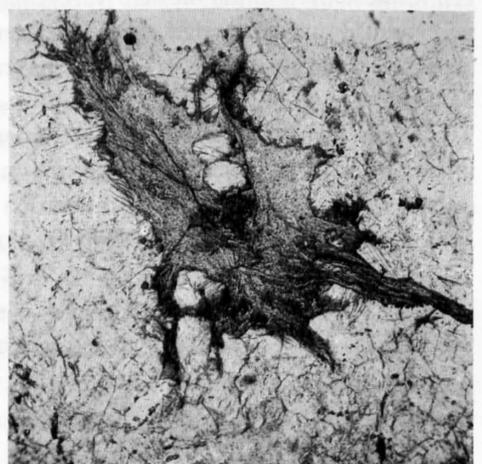


Fig. 21. Nephritlinse im Albitfels (Breccie) mit Übergang in eine Ader. Einspießungen von Nephrit in den Albit. 35×, ohne Nicols. Handst. Sc. 42.

(Fig. 22), so daß man direkt von Apatit-Nephrit-Kalkspat-Albitfelsen (Sc. 12) sprechen kann. Auf Harnischflächen tritt reiner, dunkel gefärbter, sehr feinstruierter Nephrit auf. Weitere Kontaktgesteine sind albitführende Kalkschiefer (bzw. tektonisierte Marmore [Sc. 11]), die von dünnen Linsen und Lagen von Nephrit z. T. auch Talk durchzogen sind.

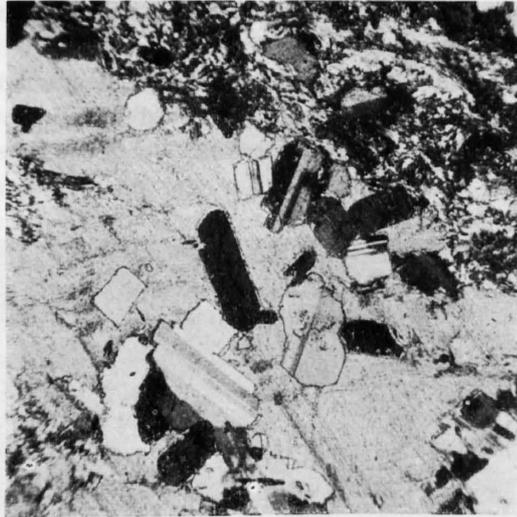


Fig. 22. Apatit-Nephrit-Kalkspat-Albitfels. Rechts oben feinfilziges Nephritaggregat mit einzelnen Albiten. Darunter in Kalkspatgrundmasse (weiß) Albit (verzwillingt) und Apatit (idiomorph, dunkelgrau). 40 \times , mit x-Nicols. Handst. Sc. 12.

Tabelle 2

Chemische Bestimmungen an Kontaktgesteinen

Gew.-% . . .	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Kalkspat	Dolomitspat
Sc. 40	8,8	0,27	—	—		
Sc. 42	10,6	0,25	0,23	0,69		
Sc. 13	9,6	0,25	—	—		
Sc. 16	4,1	0,27	—	—		
Sc. 11	3,1	0,26	—	—	29	< 2
Sc. 12	5,7	0,27	2,28	0,27	15	< 2

Sc. 40: Albitfelsbreccie (mit etwas Karbonat, Nephrit).

Sc. 42: Albitfelsbreccie (mit wenig Nephrit).

Sc. 13: Albitfelsbreccie (mit wenig Nephrit).

Sc. 16: Albitfelsbreccie (stark von Nephritadern durchzogen).

Sc. 11: Kalkschiefer (stark von Nephritlagen durchzogen).

Sc. 12: Apatit-Albit-Nephrit-Kalkspatfels (mit ganz außergewöhnlich viel großem Apatit). Sc. 11 und Sc. 12 am Kontakt von Breccie gegen Talk-Nephrit.

c) Die Nephritgesteine

Die Gesteinstypen des eigentlichen Nephritlagers, die charakteristischen «Nephrite» des Vorkommens bestehen weit vorwiegend aus Grammatit in feinfilziger Nephritausbildung und Kalkspat, in sehr wechselnden Mengenverhältnissen auch in kleinen Bereichen. Ein großer Teil der Proben besteht aus 70 bis 90% Nephritmasse, andere mit höherem Kalkspatgehalt (bis über 75%) wären richtiger als Nephritmarmore zu bezeichnen. Große, oft in Lagen auftretende Unterschiede im Mengenverhältnis lassen sich innerhalb vieler Handstücke beobachten. Hinzu kommt noch teilweise ein gewisser Gehalt an Talk. Erst bei röntgenographischen Untersuchungen einiger von Kalkspat befreiter Proben gelang der Nachweis dieses Minerals. Zusammen mit einem feinen Nephritfilz bildet der Talk die dünne Hülle der Nephritlinsen (siehe unten). Auf Fig. 23 ist dieser weiße schuppige bis nadelige Überzug um die einzelnen Linsen nach Lösung des kalkigen Zements recht gut erkennbar. Eine Röntgendiffraktometeruntersuchung eines solchen Überzuges ergab das Verhältnis 1:3 zwischen Nephrit und Talk. Der von Grammatit abweichende Chemismus von zwei unserer chemischen Analysen von Nephrit aus Scortaseo (siehe Tab. 8, Sc. 50) ist z. T. auf diesen Talkgehalt zurückzuführen. Für einzelne Nephritpartien können die Talkgehalte max. 30% erreichen. Außerdem dürften wenigstens in einem Teil der Proben noch kleine Mengen feinverteilten Quarzes vorhanden sein, worauf besonders die chemische Analyse mit SiO₂ 63,5% deutet (Tabelle 8). Ob dieser Quarz innerhalb der Nephritaggregate oder für sich im Kalkspat auftritt, konnte nicht ermittelt werden.

In einigen Proben im Kontaktbereich trifft man idiomorphe Albite, gelegentlich auch weitere Gemengteile der Kontaktgesteine.

Sehr wechselvoll ist das Gefüge der Nephritgesteine. Zum größten Teil, auch von Auge sehr auffallend, ist der Nephritanteil in linsenförmigen Gebilden (Fig. 24) konzentriert, wobei $a \sim b$, $c \sim \frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{2} a$. Die Linsen sind von Kalkspat (als Basal- oder Kontaktzement) umgeben. Meist besteht an den Enden der aus-

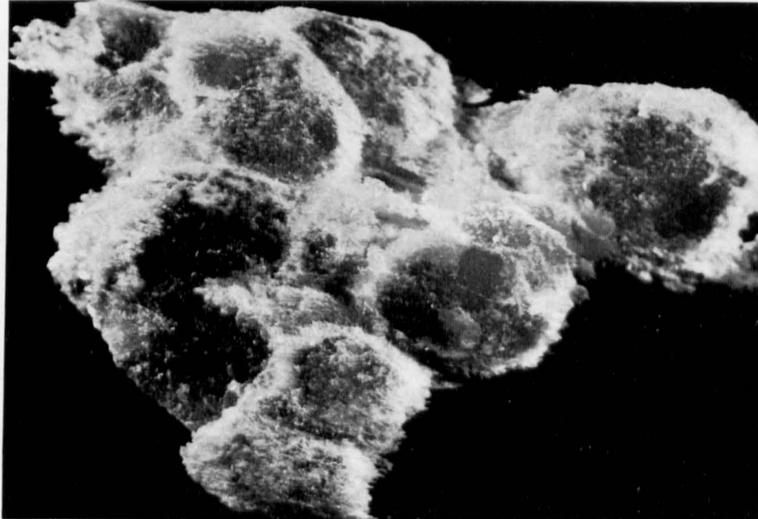


Fig. 23. Weißlich-grüne Nephritlinsen nach Lösung der karbonatischen Zwischenmasse. $5\times$. Jede Nephritlinse ist von einer feinen weißen Nephrit-Talkfilzhülle überzogen (Linse B).

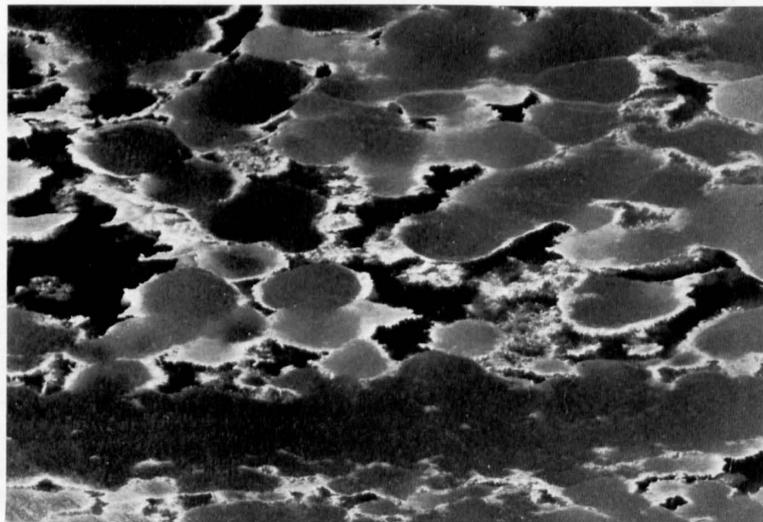


Fig. 24. Nephritprobe angeschliffen, Karbonat herausgelöst (dunkle Zwischenräume). Die Form der Nephritlinsen sowie die weiße Talk-Nephrit-hülle kommen gut zum Ausdruck. $5\times$ (Linse B).

schwänzenden Linsen eine Übergangszone Grammatit-Talk-Kalkspat. Ganz vereinzelt können Linsen auch zur Hauptsache aus Talk bestehen. Die Linsen sind mehr oder weniger parallel der Lagererstreckung angeordnet, so daß die Gesteine oft etwas geschiefert erscheinen (Fig. 24 und 25). Die Größe der Einzellinse schwankt von < 1 mm bis gegen 10 mm. Bei vielen Proben wiegen großdimensionierte Linsen vor, bei andern finden sich nur kleine, zahlreiche sind gemischt. Die großlinsigen Typen enthalten gewöhnlich mehr Kalkspat; die großen Linsen sind also weniger dicht gepackt, doch gibt es Ausnahmen. Der Nephrit tritt ferner als ge-

wundene, sich verzweigende Bänder (Fig. 26 und 27) auf, die ein sonst normal linsiges Gestein regellos durchsetzen können. Merkwürdig sind auch, wie mit dem Lineal gezogene, gradlinige Grenzen zwischen verschieden struierten oder gefärbten Ausbildungen (Fig. 28 und 29). Bisweilen lösen sich die Linsen teilweise auf und es kommt zu einer durchgehenden «Infiltration» des Marmors (vergleichbar mit einem Kieselskelett in einem Kieselkalk). Worauf alle diese Gefügeeigentümlichkeiten beruhen, kann nicht gesagt werden. Sehr kalkreiche Proben zeigen nur einige Züge oder Schmitzen von Nephrit, die hier offensichtlich Tektonisierungsbahnen folgen. Solche Gesteine führen im Karbonat meist isolierte Albitkristalle.

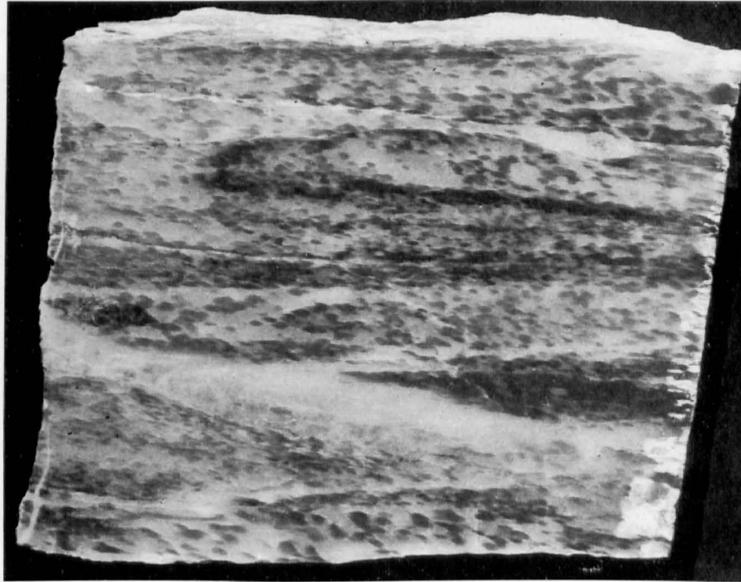


Fig. 25. Tiefgrüne Nephritlinsen (dunkel), verschieden dicht gepackt, liegen teilweise lagig angeordnet in marmorkörnigem Kalkspat. Natürliche Größe (Linse A).

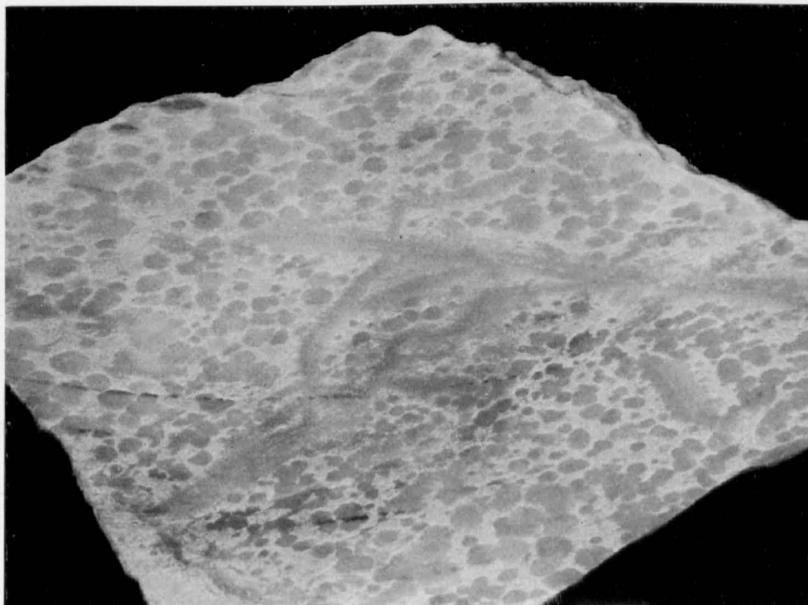


Fig. 26. Nephritgestein mit mittlerem Gehalt an hier gelb bis weißlich grünen Linsen sowie mit den charakteristischen, ebenfalls gleichfarbigen, unregelmäßig verlaufenden, oft gewundenen kompakten Nephritbändern. Hell: grobes Kalkspataggregat. Natürliche Größe.

Die Farbe der Nephritlinsen und -bänder ist grünlichgrau, licht- bis dunkler grün, gelbgrün, gelegentlich reingrau, vereinzelt schwärzlich. Farbwechsel können scharf abgesetzt sein (Fig. 28). Die heller gefärbten Ausbildungen sind sehr lichtdurchlässig. Worauf die Farbwechsel grün-schwarz zurückzuführen sind, konnte nicht ermittelt werden. Weder die chemischen Analysen (siehe Tab. 8, Sc. 50) noch besondere Spurenelementgehalte konnten uns darüber Auskunft geben. Auf der Elektronenmikrosonde ermittelten wir neben geringen Mengen Eisen und Titan in beiden Varietäten Spuren von Vanadin. Möglicherweise handelt es sich bei den Farbunterschieden um feinste Beimengungen von Graphit.

Die Innenstrukturen der Nephritpartien wechseln von extrem feinkörnig (d. h. der normalen im Dünnschliff nicht richtig zu erfassenden verworren feinfilzigen «Nephritstruktur», Fig. 30) bis zu relativ grober,

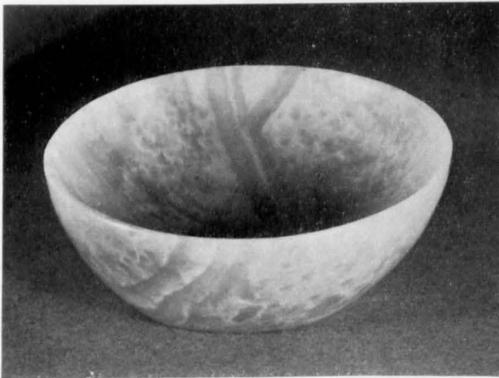


Fig. 27. Schale aus Nephritgestein (Schweiz. Heimatwerk) mit gelbgrünen Linsen in Kalkspataggregat und mit den charakteristischen gewundenen Nephritbändern. Etwa $\frac{2}{3}$ Größe.

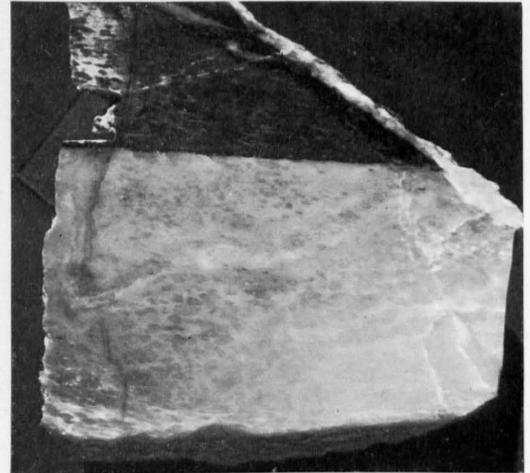


Fig. 28. Nephritgestein, feinlinsig. Scharfe Grenze zwischen grünen und schwarzen Linsen. Die schwarze Varietät ist eine Ausnahme. Natürliche Größe. Handstück. Sc. 50.

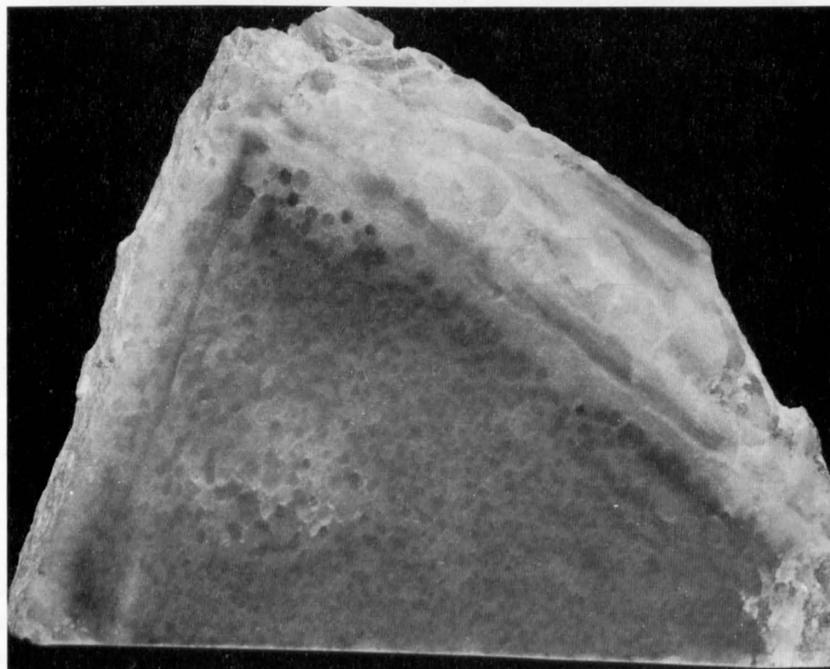


Fig. 29. Nephritgestein. Die aus graugrünlichen bis graubläulichen Linsen bestehenden Zonen werden durch lagenweise striierte Teile (abwechselnd reine Nephritlagen und Kalkspatlagen) scharf abgegrenzt. Natürliche Größe.

sichtbar stengeliger Ausbildung mit mehr oder weniger paralleler Anordnung der meist gewundenen Stengel (Fig. 20). Besonders randlich der Linsen (bevorzugt an den Ausschwänzungen) bei Vermischung mit Kalkspat ist die Ausbildung grob, jedoch nie dünnadelig wie in den oben beschriebenen Nebengesteinen bei Vermischung mit Albit. Mischzonen Nephrit-Talk-Kalkspat erscheinen im Dünnschliff relativ dunkel, da in ihnen der Kalkspat meist feinkörnig ist (Fig. 31). Fast opake, ganz dünne gewundene Häute, die zahlreiche Nephritlinsen durchsetzen, werden als aus feinstem Kalkspat bestehend betrachtet (Fig. 31). Zur Hauptsache ist der Kalkspat zwischen den Linsen indessen grobkristallin, marmorartig, mit Korngrößen im 0,1- bis 1-mm-Bereich (Fig. 32). Im gleichen Schliff wechseln die Korngrößen rasch.

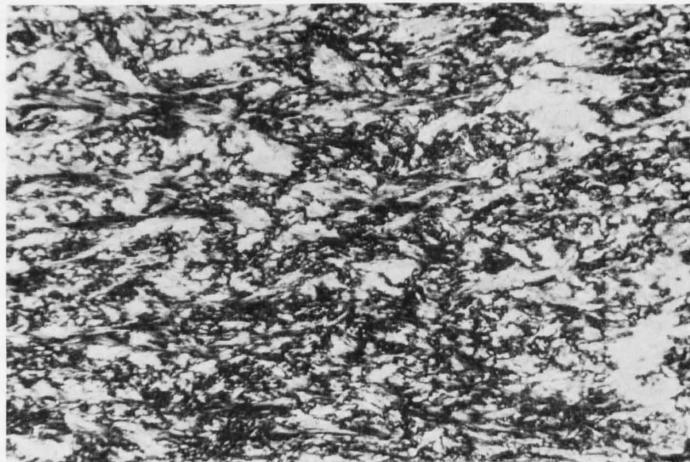


Fig. 30. Typische verworrene feinfilzige «Nephrit-Struktur». Einzelne Fasern scheinen eine Länge von 0,05–0,1 mm zu erreichen. 125×, mit x-Nicols.

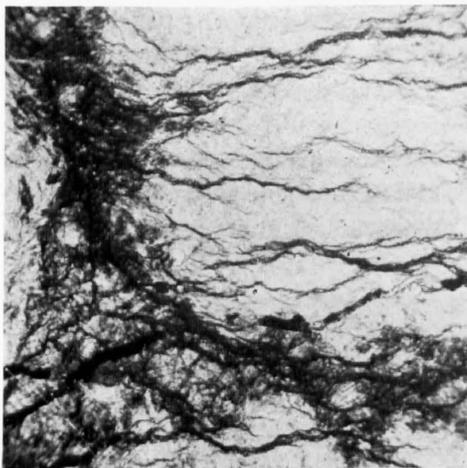


Fig. 31. Nephritpartie voller dunkler «Häute» als feinkörniger Kalkspat gedeutet. 35×, ohne Nicols.

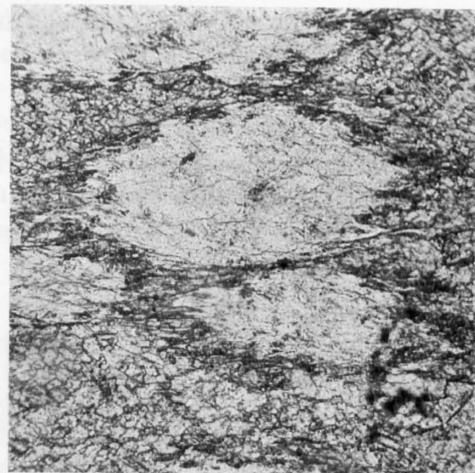


Fig. 32. Nephritlinsen in Marmor. An den Linsenspitzen Vermengung von Nephrit mit Kalkspat und etwas Talk. 20×, ohne Nicols.

Tabelle 3

Karbonatbestimmungen an Nephritgesteinen

Gew.-%	Kalkspat	Dolomitspat
a) Nephritgestein, feinaugig, graugrün (Sc. 49)	13	< 2
b) Nephritgestein, grobaugig, gelblichgrün, z. T. grau	25	< 2
c) Nephritgestein, normal, feinaugig, graugrün bis grün (Sc. 47)	26	< 2
d) Nephritgestein, von Marmorlagen durchzogen	44	< 2
e) Übergang Marmor in feinaugigen Nephrit	64	< 2

d) Talk-Karbonatgesteine

Bei dem abgebauten «Talk» handelt es sich um ein weißes, ziemlich festes Gestein, massig oder nur leicht geschiefert, nicht erheblich seifig anzufühlen. Der Dünnschliff zeigt als Hauptgemengteile Talk und Karbonat, wobei talkreichere mit karbonatreicheren Lagen wechseln. Im ersteren Fall schwimmen die Karbonat-(meist Kalkspat-)Körner von 0,1 bis 0,5 mm Durchmesser einsprenglingartig in einem Grundgewebe von Talk. Dieser ist zur Hauptsache sehr feinschuppig (Fig. 38), von Nephrit im Dünnschliff nicht leicht zu unterscheiden, untergeordnet finden sich Einzelblätter oder Blätteraggregate (Fig. 33) von der Größe der Kalkspatkörner. Bei den talkarmen Lagen beobachtet man eher ein netzartiges «Talkbindemittel» zwischen den hier feinkörnigen Karbonataggregaten. Nebengemengteile sind sehr spärlich; die vorliegenden Schläffe zeigten nur ganz wenig Titanit. Zweifellos ist noch ein kleiner mikroskopisch nicht faßbarer Gehalt an feinkristallinem Quarz anwesend (siehe die Talkanalyse Tabelle 8).



Fig. 33. Reines Talkaggregat in meist blättriger Ausbildung. 125×, ohne Nicols. Handst. Sc. 44.

Die nicht ausgebeuteten, grauen bis graugrünlischen Talkschiefer zeigen gestreckt-linsige Talkaggregate feinschuppig, einheitlich auslöschend oder wirr gelagert. Zwischen den Talklinsen befindet sich Karbonat von sehr wechselndem Korn < 0,01 mm bis gegen 0,5 mm. Die Gesteine erwecken den Eindruck einer nachträglichen Mylonitisierung.

Tabelle 4

Karbonatbestimmungen an Talkgesteinen

Gew.-%	Kalkspat	Dolomitspat
f) Grauer Talkschiefer (Sc. 48)	24	< 2
g) Weißes Talkgestein (Fördergut) (Sc. 45)	45	< 2
h) Talkpulver (aus Musterprobe)	35	7

Das weiße Talkgestein stimmt in dem Karbonatgehalt völlig mit dem «Talco bianco» des Vorkommens Bagnada (siehe Fig. 44, Nr. 6) in der Val Malenco (CONTI, 1956) überein.

Es mag von Interesse sein, den Chemismus des Nephritgesteins mit demjenigen des Talkgesteins zu vergleichen. Nun ist allerdings die Zusammensetzung, d. h. das Verhältnis Nephrit zu Kalkspat bzw. Talk zu Kalkspat nicht einheitlich, wobei die Variabilität beim Nephritgestein offensichtlich viel größer ist als beim Talkgestein. Auf Grund der vorliegenden Bestimmungen kann es sich also bei einem Vergleich nur um eine orientierende Übersicht handeln. Gewählt wurden dazu das weiße Talkgestein (Analyse g) mit 55% Talk und 45% Kalkspat, das als normales Fördergut immerhin typisch sein dürfte, das sehr normale Nephritgestein

(Analyse c) mit 74% Nephrit und 26% Kalkspat und ein angenommenes mit 65% Nephrit und 35% Kalkspat (Mittel der Analysen c und d der Tabelle 3). Die Berechnung (auf die Werte nach Niggli) berücksichtigt nur SiO₂, MgO und CaO, sie basiert auf den Analysen von Weibel, in welchen die silikatischen «Verunreinigungen» sowohl beim Talk wie beim Nephrit eingeschlossen sind.

	Talkgestein	Nephritgesteine	
	55% Talk	74% Nephrit	65% Nephrit
si	72	88	75
fm (mg~1) .	46	51	44
c	54	49	56

Es geht daraus deutlich hervor, daß offenbar die schwerflüchtigen Elemente Si, Mg und Ca in den Haupttypen der Nephrit- und Talklage in nicht wesentlich verschiedener Menge anwesend sind. Die nephritreichen Typen sind etwas reicher an SiO₂ und MgO, die nephritarmen an CaO. Eine Zusammensetzung von 65% Nephrit und 35% Kalkspat steht einer typischen Talkgesteinszusammensetzung chemisch sehr nahe.

e) Talk- und nephritführende Dolomitmarmore

Da wir die Sedimente der Schuppenzone schon behandelt haben, beschränken wir uns auf die talk- und nephritführenden Dolomitmarmore von Scortaseo und Le Prese. Auf dem Profil (Fig. 4) und aus der zugehörigen Tabelle der Mineralien und Karbonatgehalte sehen wir, daß die Dolomitmarmore (Sc. 17 und Sc. 34) aus 97–98% Dolomit und einem Rest von 2–3% bestehen, der röntgenographisch die Mineralien Quarz, Muskovit, Albit, Chlorit, Kalkspat und Talk ergab. Bei eingehender Untersuchung der mit Hämatoxilin angefärbten Dünnschliffe stellten wir feine Klüfte und Adern fest, die meist von einem feinkristallinen Quarzaggregat ausgefüllt sind. Die randlichen Zonen dieser Klüfte bestehen oft aus sehr feinkristallinem Kalkspat (siehe Fig. 34). Ein Handstück in unmittelbarer Nähe am Kontakt zur Linse B (Sc. 36) weist schon einen geringeren Dolomitgehalt (93%) auf. Der Rest setzt sich wieder aus Kalkspat, Quarz, Muskovit, Albit und Talk zusammen. Im Dünnschliff erkennt man auf feinen Klüften wieder feinkristallinen Quarz, daneben Kalkspat und einige Talkschüppchen (siehe Fig. 35).

Außer den feinkristallinen Aggregaten finden sich noch feine Quarzaggregate mit Gelstrukturen (Fig. 36) und kleine idiomorphe Quarze (Fig. 37). Die Bestimmung dieser Mineralien erfolgte optisch und röntgenographisch, wobei die Mineralien aus den Klüften mit einem feinen Bohrer herauspulverisiert wurden. Auch

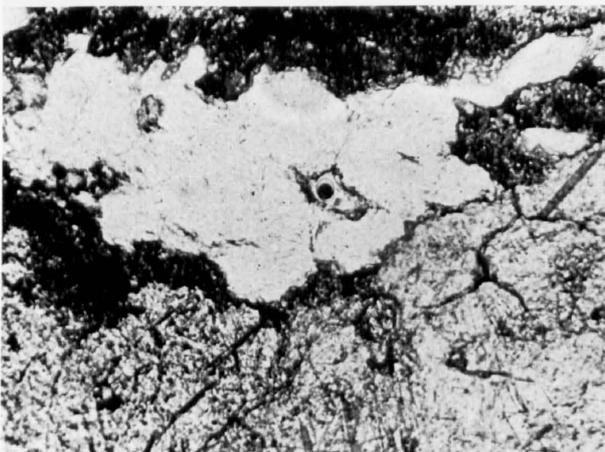


Fig. 34. Feinkristallines Quarzaggregat auf Klüften im Dolomitmarmor (Nebengestein). Die dunkleren Randzonen bestehen aus feinstem Kalkspat. 125×, ohne Nicols. Handst. Sc. 34.

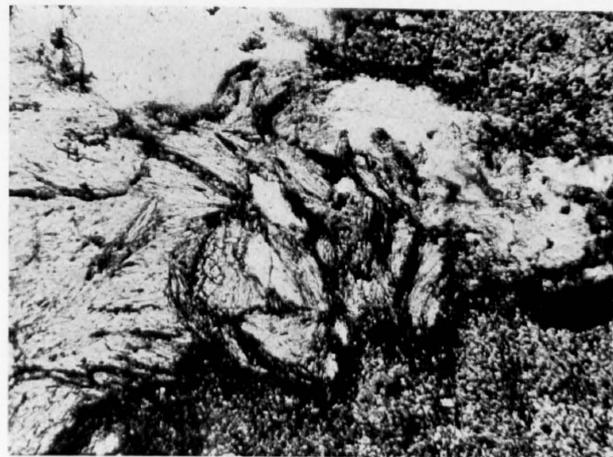


Fig. 35. Kluft im Dolomitmarmor ausgefüllt mit Talk (hellgrau, blättrig), Quarz (feinkristallin, weiß) und Kalkspat (feine, schwärzliche Randzonen). 125×, ohne Nicols. Handst. Sc. 36.

die Dolomitmarmore am Kontakt zur Linse A wurden näher untersucht, wobei wir den Bohrkern (Sc. A₄) gut verwenden konnten. Die Karbonatbestimmung des Kontakts lieferte 34% Kalkspat. Die restlichen 66% entfallen auf Talk und Nephrit. In diesem kurzen Bereich (2 cm) konnten weder Dolomit noch Quarz nachgewiesen werden.

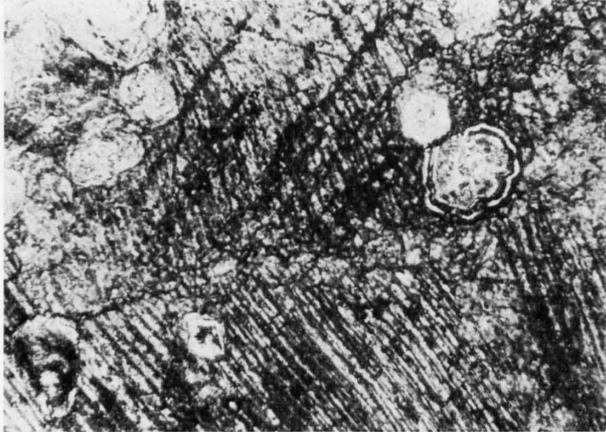


Fig. 36. In unmittelbarer Nähe von Klüften (siehe Fig. 35) finden sich in den Dolomitmarmoren feine Quarzaggregate mit Gelstrukturen. 125×, ohne Nicols, Handst. Sc. 36.

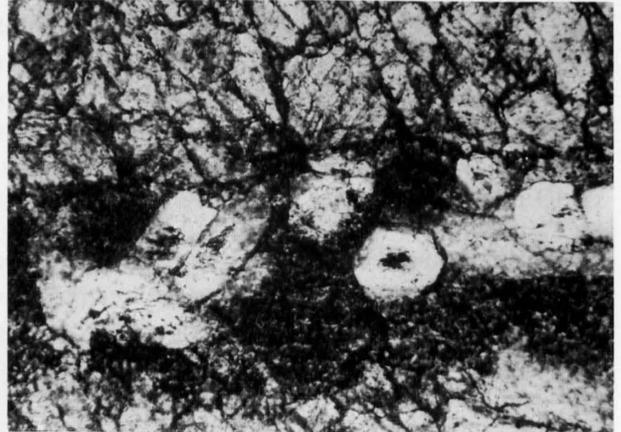


Fig. 37. Kluft im Dolomitmarmor ausgefüllt mit Kalkspat (schwärzlich) und kleinen idiomorphen Quarzen. 125×, ohne Nicols. Handst. Sc. 36.

Im Schliff (Fig. 38) erkennen wir große Büschel von Nephrit, die den blättrigen Talk aderartig durchsetzen. Dazwischen finden sich Partien von grobspätigem Kalkspat.

In dem kleinen Vorkommen bei Le Prese stecken Talklinsen in den Dolomitmarmoren. Rund um diese Schmitzen (1–10 cm Länge) als auch in ihnen verzahnt, finden sich Zonen mit teils grobspätigem, teils feinspätigem Kalkspat. Die Karbonatbestimmungen ergaben, wie die Beobachtung zeigt, sehr wechselhafte Dolomitgehalte (6 und 31%) sowie Kalkgehalte (26 und 36%). Quarz und Nephrit wurden nicht beobachtet. Figur 39 zeigt einen Kalkspatkristall in einem feinschuppigen Talkaggregat. Der Talk scheint den Kalkspatkristall (beziehungsweise den ehemaligen Dolomit) teilweise umgewandelt zu haben. Als Relikt bleibt eine unregelmäßig «angefressene» Form zurück.

Diese Beobachtungen im Nebengestein zeigen, daß außerhalb der eigentlichen Talk- und Nephritlagen Zirkulation und Stoffänderungen stattgefunden haben. Beteiligt waren vor allem H₂O, SiO₂, CO₂, Ca²⁺, Mg²⁺ und Na⁺. Im genetischen Teil werden wir näher darauf eingehen.



Fig. 38. Kontaktbereich Talk-Dolomitmarmor aus dem Bohrkern Sc. A₄ der nordwestlichen Linse A. Grobe Büschel von Nephrit bis Strahlstein durchsetzen aderartig den feinschuppigen Talk (rechts), links grobspätiger Kalkspat. 125×, mit x-Nicols.



Fig. 39. Kalkspatkristall in feinem Talkaggregat aus den Dolomitmarmoren der Schuppenzone bei Le Prese. 43×, mit x-Nicols. Handst. Pr. 29.

4. Die Mineralogie

In diesem Kapitel wollen wir speziell auf die Mineralien Grammatit- und Aktinolith-Nephrit sowie Talk eingehen. In den Tabellen 4 und 5 sind die Daten der untersuchten Proben von Scortaseo und aus dem Oberhalbstein, die zum Vergleich dienen, zusammengestellt.

a) Optische Untersuchungen

Über die Optik der Nephrite können wir sehr wenig aussagen, da der sehr feine Kristallfilz kaum eine Bestimmung ermöglicht. In der normalen Dünnschliffdicke von 20μ liegen zu viele Kristalle übereinander. Einige gröbere Nadeln (0,3–0,5 mm Länge), sowohl aus den Nephriten von Scortaseo als auch aus dem Oberhalbstein, lassen nur sehr ungenaue Bestimmungen zu. Im Schliff erscheinen diese Mineralien farblos. Ein Pleochroismus tritt nicht auf. Die Auslöschungsschiefe liegt zwischen $15\text{--}20^\circ$. Der optische Charakter ist negativ. Bedingt durch die hohe Ungenauigkeit solcher lichtmikroskopischer Untersuchungen an diesen feinen Kristallaggregaten verzichteten wir auf weitere Bestimmungen.

Der Talk von Scortaseo zeigt sich als ein feines schuppiges Aggregat. Die Farbe ist meist weiß. Auch er ist optisch negativ und besitzt einen kleinen Achsenwinkel. In feinfilzigen Gemischen von Talk und Nephrit kann man wegen geringer Differenzen der Lichtbrechung diese beiden Mineralien optisch kaum mehr voneinander unterscheiden. Deswegen wurde auch der Talk, der die einzelnen kleinen Nephritlinsen umgibt, erst röntgenographisch einwandfrei gefunden. STEMPLE und BRINDLEY (1960) konnten aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen nachweisen, daß der Talk nicht nur in kleinen Blättchen, sondern wie der Tremolit auch in feinen Röllchen ausgebildet ist.

Nach WRIGHT (1960).

Talk:

$$\begin{aligned}n_x &= 1,545 \pm 0,002 \\n_y &= 1,582 \pm 0,001 \\n_z &= 1,585 \pm 0,01 \\n_z - n_x &= 0,040\end{aligned}$$

Tremolit (entspricht dem Grammatit vom Campo Lungo, Tessin):

$$\begin{aligned}n_x &= 1,599 \pm 0,01 \\n_y &= 1,612 \pm 0,01 \\n_z &= 1,624 \pm 0,01 \\n_z - n_x &= 0,025\end{aligned}$$

b) Elektronenmikroskopische Untersuchungen

Herr Dr. H. Newesely von der Forschungsgruppe für Mikromorphologie an der Freien Universität Berlin präparierte uns freundlicherweise eine Probe lichtgrünen Nephrits von Scortaseo und machte einige Aufnahmen mit verschiedenen Vergrößerungen. Beim Aktinolith sind die Nadeln meist parallel zu c elongiert. Bei einigen größeren Nephritnadeln, die Längen zwischen 0,01–0,05 mm aufwiesen, konnte diese Ausbildung auch beobachtet werden. Somit dürften wir für die elektronenmikroskopisch betrachteten Nephritfasern eine Lage parallel zur c-Achse annehmen. Bei 10- bis 50000facher Vergrößerung (Fig. 40 u. 41) konnten keine Endbegrenzungen erkannt werden.

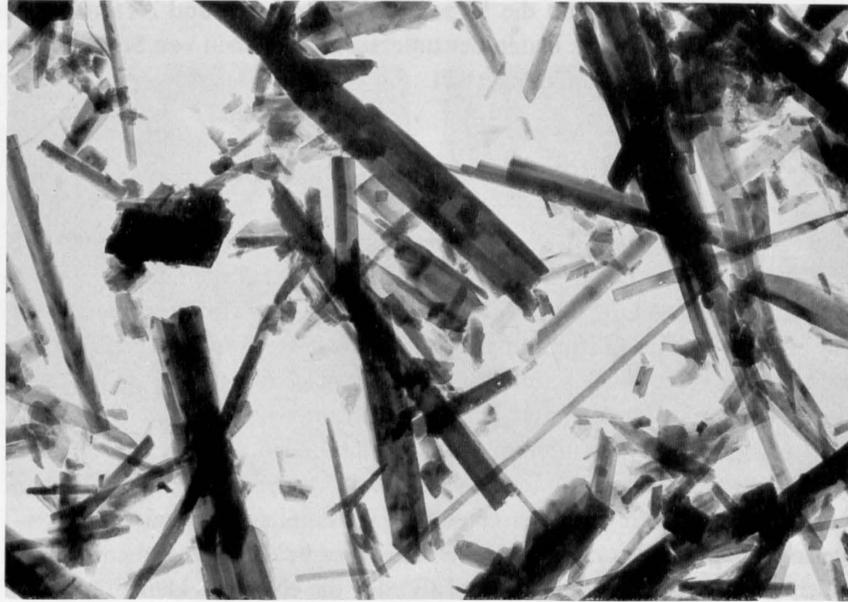


Fig. 40. Grammatit-Nephrit (Scortaseo Nr. 1, Linse B). Elektronenbild: 10000 \times , kV: 60.
Gesamtvergrößerung: 25000 \times . Die durchschnittliche Breite der Kristalle liegt zwischen
0,1–0,5 μ .



Fig. 41. Grammatit-Nephrit (Scortaseo Nr. 1, Linse B). Elektronenbild: 20000 \times , kV: 60.
Gesamtvergrößerung: 50000 \times .

c) Röntgenographische Untersuchungen

Die Talk- und Nephritproben von Scortaseo und aus dem Oberhalbstein wurden nach dem Guinier-Pulververfahren untersucht und mit gleichen Mineralien der ASTM-Kartei verglichen.

Zunächst wurden für rein diagnostische Zwecke Pulveraufnahmen mit der De-Wolff-Kamera (\varnothing 114,6 mm) vorgenommen. Zur genauen Auswertung der Diagramme verwendeten wir die Jagodzinski-Kamera (\varnothing 114,6 mm) mit $\text{FeK}_{\alpha 1}$ -Strahlung und Mn-Filter. Die in der Tabelle eingetragenen d-Werte wurden unter Berücksichtigung der Filmverkürzung und Aufnahmequalität mit Hilfe von Silizium-Eichlinien errechnet. Die Intensitäten der Reflexe ermittelten wir aus Diagrammen mit dem Philips-Diffraktometer ($\text{CuK}_{\alpha 1}$ -Strahlung und Ni-Filter, 4×10^3 Imp./sec, $\tau = 2$ sec).

Der Vergleich unserer Vorkommen mit dem Tremolit und Talk von STEMPLE und BRINDLEY (1960), die in der ASTM-Kartei 13-437 und 13-558 aufgeführt sind, erscheint uns gerade deswegen sehr vorteilhaft, da in dieser Arbeit rein kristallographisch die engen strukturellen Beziehungen zwischen Talk und Tremolit eingehend diskutiert werden. Das Vorkommen von Scortaseo liefert gerade ein Musterbeispiel aus der Natur für diese Untersuchungen. In der Tabelle 4 finden sich die Auswertungen des Nephrits von Scortaseo (Nr. 1) und zweier Nephrite (Nr. 11 und Nr. 14 von Fig. 44) aus dem Oberhalbstein. Vergleichen wir unsere Daten mit denen des Tremolits aus der ASTM-Kartei, so erkennen wir nur geringe Unterschiede in einigen Linienverschiebungen und Intensitäten. Bei unseren Aufnahmen kamen einige Linien mit schwachen Intensitäten hinzu, die bei dem ASTM-Tremolit nicht gemessen worden sind. Wie weiterhin zu ersehen ist, stimmen die Linien und Intensitäten der beiden Oberhalbsteiner Nephrite (siehe auch chem. Analyse) fast genau überein, währenddessen sie von dem fast Fe- und Al-freien Nephrit von Scortaseo kleine Unterschiede aufweisen. Es scheint, als daß dieser eher mit dem eisenfreien «Tremolit» (Grammatit) übereinstimmt, und man ihn als Grammatit-Nephrit bezeichnen sollte. Die eisenreicheren Nephrite aus den Serpentiniten des Oberhalbstein wären analog zu den chemischen Ergebnissen dann als Aktinolith-Nephrite zu benennen (Siehe Fig. 42).

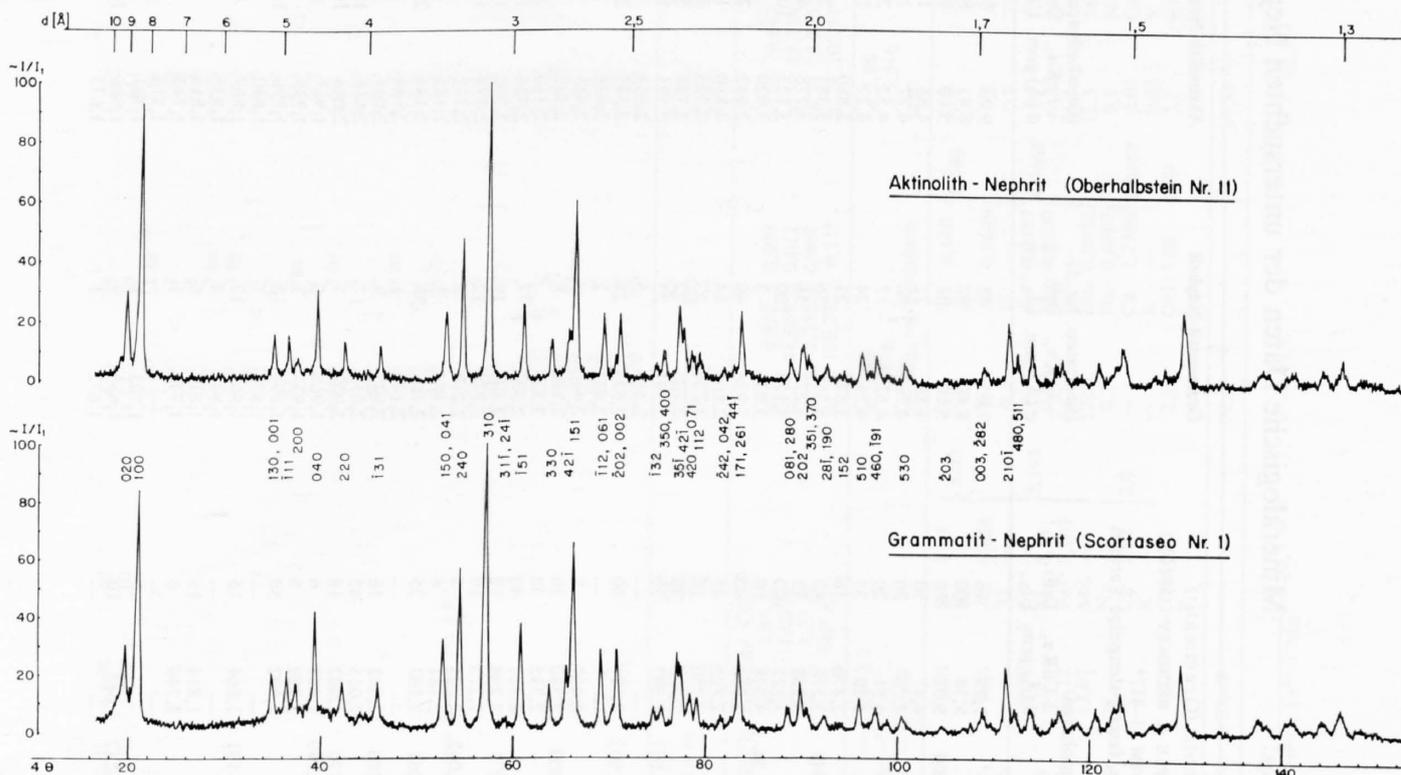


Fig. 42. Diffraktometerdiagramme der Nephritvarietäten von Scortaseo (Nr. 1) und aus dem Oberhalbstein (Nr. 11).

Mineralogische Daten der untersuchten Nephritproben von Scortaseo und aus dem Oberhalbstein

Tremolit (Grammatit)		Grammatit-Nephrit		Aktinolith-Nephrit		Aktinolith-Nephrit		Aktinolith	
STEMPLE & BRINDLEY (1960)		(Scortaseo, Nr. 1)		(Oberhalbstein, Nr. 11)		(Oberhalbstein, Nr. 14)		BIANCONI (unpubl.)	
= ASTM 13-437*		+ CuK α_1 , Diffr.		+ FeK α_1 , Diffr.		+ FeK α_1 , Diffr.		Vorkommen	
weiße, faserig-stengelige Varietät		d (Å) gem. I/I ₁		d (Å) gem. I/I ₁		d (Å) gem. I/I ₁		(EGLI, 1966)	
(Campolungo)		(Campolungo)		(Cima di Bresciano,		Tessin)		(Cima di Bresciano,	
+ CuK α_1 , Diffr.		+ CuK α_1 , Diffr.		+ CuK α_1 , Diffr.		+ CuK α_1 , Diffr.		+ CuK α_1 , Diffr.	
hkl		hkl		hkl		hkl		hkl	
020	8,98	16	9,05	31	9,04	27	9,05	020	8,980
110	8,38	100	8,40	81	8,43	85	8,43	110	8,381
130,001	5,07	16	5,10	15	5,10	15	5,10	130,001	5,058
-111	4,87	10	4,88	13	4,88	11	4,88	11-1	4,883
200	4,76	20	4,76	10	4,77	9	4,78	200	—
040	4,51	20	4,52	24	4,52	27	4,52	040	4,497
220	4,20	35	4,21	12	4,22	13	4,22	220	—
-131	3,870	16	3,879	9	3,880	13	3,882	—	—
150,041	3,376	40	3,384	23	3,383	22	3,386	13-1	3,875
240	3,268	75	3,277	45	3,278	40	3,278	150	3,379
310	3,121	100	3,128	100	3,127	100	3,129	240	3,266
31-1,24-1	3,028	10	3,030	< 1	3,020	< 1	3,016	310	3,120
-151	2,938	40	2,938	25	2,942	31	2,943	—	—
330	2,805	45	2,805	10	2,810	13	2,811	15-1	2,934
42-1	2,730	16	2,734	19	2,735	23	2,737	330	2,789
151	2,705	90	2,705	72	2,708	57	2,711	33-1	2,703
-112,061	2,592	30	2,591	18	2,595	21	2,592	151	2,589
—	—	—	2,553	4	2,553	3	2,555	241	—
-202,002	2,529	40	2,533	28	2,535	18	2,536	—	—
—	—	—	2,437	2	2,438	5	2,441	(002, 260)	2,543
-132	2,407	8	2,410	6	2,415	5	2,414	(22-2, 02-2)	—
350,400	2,380	30	2,384	9	2,387	12	2,386	(40-1, 26-1)	—
35-1	2,335	30	2,338	24	2,340	25	2,341	(350, 400)	—
42-1	2,321	40	2,323	17	2,326	18	2,326	35-1	2,338
420,071	2,298	12	2,301	11	2,302	9	2,303	42-1	2,319
112	2,273	16	2,276	10	2,278	9	2,279	(420, 17-1)	2,296
-242,042	2,206	6	2,210	3	2,212	1	2,212	2280	2,280
44-1	2,181	6	2,184	2	2,185	1	2,184	2,238	2,238
171,261	2,163	35	2,163	24	2,164	26	2,165	171	2,176
—	—	—	2,143	1	2,144	1	2,145	261	2,159
081,280	2,042	18	2,043	8	2,045	< 1	2,046	33-2	—
202	2,015	45	2,016	17	2,018	25	2,018	280	2,042
351,370	2,002	16	2,000	7	2,004	4	2,006	40-2	2,016
28-1,190	1,963	6	1,966	6	1,967	5	1,967	370	—
152	1,929	6	1,937	3	1,939	3	1,938	(401, 190)	—
510	1,892	50	1,894	12	1,896	12	1,896	(35-2, 26-2)	—
—	—	—	1,878	< 1	1,880	< 1	1,880	510	1,887
460,-191	1,864	16	1,863	12	1,867	12	1,867	46-1	—
—	—	—	1,842	4	1,845	5	1,848	(53-1, 19-1)	—
530	1,814	16	1,817	6	1,816	7	1,816	(17-2, 242, 44-2)	1,862
203	1,746	6	1,746	< 1	1,747	2	1,748	(530, 281)	1,818
—	—	—	—	—	1,715	1	1,715	(20-3, 51-2, 44-1)	1,802
—	—	—	—	—	1,703	1	1,703	37-2	—
—	—	—	1,703	1	1,703	1	1,703	(0101, 010-1)	—
003,-282	1,686	10	1,685	9	1,686	10	1,685	(082, 282)	1,686
—	—	—	1,672	< 1	1,673	< 1	1,674	13-3	1,676

2-10-1	1,649	40	1,652	25	1,652	31	1,650	1,645	(210-1, 461)
480.511	1,639	10	1,641	10	1,641	8	—	—	601
			1,619	13	1,619	20	1,620	1,614	(1110, 62-1)
			1,588	8	1,588	7	1,594	—	(40-3, 19-2)
			1,585	4	1,585	5	—	—	600
			1,577	7 br	1,578	9 br	—	1,580	55-2
			1,559	3 br	1,563	1	—	1,563	(2101, 111-1)
			1,555	1	1,556	1	—	1,559	2101
			1,534	12	1,535	9	—	1,532	(570, 60-2)
			1,515	9	1,515	7 br	—	1,513	(192, 62-2)
			1,504	21	1,507	17 br	—	1,505	(0120, 48-2)
			1,469	3 br	1,471	3 br	—	1,470	(210-2, 0102, 2102)
			1,456	4	1,460	4	—	1,454	(64-2, 3110, 442)
			1,452	1	1,453	1	—	1,451	(57-2, 311-1)
			1,438	36 br	1,440	37 br	—	1,438	(4100, 66-1, 2120)
			1,428	< 1	1,428	1	—	1,425	53-3
			1,365	16 br	1,366	10	—	1,365	66-2
			—	—	1,362	5	—	—	55-3
			1,340	4	1,342	—	—	—	60-3
			1,336	5	1,336	13 br	—	1,342	(311-2, 1112, 62-3)
			1,321	< 1	1,321	< 1	—	1,336	(59-2, 263)
			1,3125	—	1,313	—	—	1,322	19-3
			1,3065	9	1,314	—	—	1,316	48-3
			1,2950	18 br	1,308	9	—	—	(012-2, 680, 212-2)
			1,2815	3	1,297	15 br	—	1,297	661
			1,2755	4	1,281	2 br	—	1,293	(412-1, 482, 57-3)
			1,2670	10	1,276	5 br	—	—	353
			—	—	1,269	10 br	—	—	—
Die drei stärksten Linien	8,38 3,121 2,705	100 100 90	8,43 3,127 2,708	81 100 59	8,43 3,127 2,708	85 100 57	8,425 3,123 2,711	8,381 3,120 2,703	3. 1. 2.

9 weitere Linien bis 1,439

monoklin, Raumgr. C2/M

$a_0 = 9,84 \text{ \AA}$	$a^0 = 9,847 \pm 0,015$	$a^0 = 9,836 \pm 0,007$	$a^0 = 9,827 \pm 0,025 \text{ \AA}$
$b_0 = 18,02 \text{ \AA}$	$b^0 = 18,134 \pm 0,037$	$b^0 = 18,110 \pm 0,011$	$b^0 = 18,064 \pm 0,029 \text{ \AA}$
$c_0 = 5,27 \text{ \AA}$	$c^0 = 5,275 \pm 0,009$	$c^0 = 5,255 \pm 0,004$	$c^0 = 5,320 \pm 0,028 \text{ \AA}$
$\beta = 104^0 57'$	$\beta = 105,17^0 \pm 0,11^0$	$\beta = 104,96^0 \pm 0,05^0$	$\beta = 105,20^0 \pm 0,24^0$
D = 2,9-3,2	$\sim 2,96$	$\sim 3,03$	—
Härte = —	5,5-6	5,5-6	5,5-6
Farbe = weiß	milchig, weißgrünlich	grün	grün
SiO ₂	58,79	Si 8,140	Si 8,040
TiO ₂	—	Al 0,0649	Al 0,0810
Al ₂ O ₃	0,36	Ti —	Ti —
Fe ₂ O ₃	—	Fe ³⁺ 0,0487	Fe ³⁺ 0,0825
FeO	0,90	Mg 4,8500	Mg 4,4000
MnO	—	Fe ²⁺ —	Fe ²⁺ 0,4130
MgO	25,12	Mn 0,0032	Mn 0,0083
CaO	13,07	Na 0,0787	Na 0,0416
Na ₂ O	—	Ca 1,7380	Ca 1,8400
K ₂ O	—	K —	K 0,0133
P ₂ O ₅	—	OH 1,89	OH 2,01
H ₂ O	1,45	F —	F —
Summe	99,69	99,89	99,6

100 Mg	—	—	—
Mg + Fe ²⁺ + Fe ³⁺ + Mn	96,5 = V	96,5 = V	96,5 = V
	V = 97,7	V = 82,5	V = 81,2
			V = 84,5

Als weitere Vergleiche zogen wir zwei gut untersuchte Aktinolithe hinzu, deren noch unpublizierte Daten uns Herr Dr. F. Bianconi freundlicherweise zur Verfügung stellte. Der grüne stengelige Aktinolith von der «Cima di Bresciano» (geologisch aus der Adula-Decke) stammt aus einem Kontakt zwischen Amphibolit und Serpentin (siehe EGLI, 1966, Kap. II, A 8). Es zeigt sich, daß die Unterschiede im Diagramm zwischen den Aktinolith-Nephriten und jenem Aktinolith sehr gering sind. Der grüne Aktinolith vom Campolungo, der einen hohen Al-Gehalt aufweist und nicht an einen derartigen Serpentinkontakt gebunden ist, zeigt dagegen wesentlich größere Abweichungen. Eine eigene vergleichende chemische und röntgenographische Untersuchung auf die Fe-Gehalte innerhalb der Aktinolithreihe erschien uns für unsere Betrachtungen zu aufwendig.

Die Gitterkonstanten wurden nach der Verfeinerungsmethode aus Pulverdiagrammen mit dem IBM 7090 Computerprogramm (for Least-Squares Refinement of Crystallographic Lattice Constants) von Charles W. Burnham (1963) an der CDC 1604-A im Rechenzentrum der ETH errechnet. Dabei waren uns besonders Fräulein R. Grieb und Herr E. Hilti aus unserem Institut behilflich.

$$\begin{array}{l} \text{Nephrit Scortaseo (Nr. 1):} \\ a_0 = 9,857 \pm 0,009 \quad \text{\AA}; \beta = 105,25^\circ \pm 0,11^\circ \\ b_0 = 18,069 \pm 0,012 \quad \text{\AA} \\ c_0 = 5,255 \pm 0,007 \quad \text{\AA} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Nephrit (Nr. 11) Oberhalbstein:} \\ a_0 = 9,847 \pm 0,015 \quad \text{\AA}; \beta = 105,17^\circ \pm 0,10^\circ \\ b_0 = 18,134 \pm 0,037 \quad \text{\AA} \\ c_0 = 5,275 \pm 0,009 \quad \text{\AA} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Nephrit (Nr. 14) Oberhalbstein:} \\ a_0 = 9,847 \pm 0,018 \quad \text{\AA}; \beta = 105,20^\circ \pm 0,12^\circ \\ b_0 = 18,154 \pm 0,043 \quad \text{\AA} \\ c_0 = 5,276 \pm 0,011 \quad \text{\AA} \end{array}$$

Beim Talk verzichteten wir auf regionale Vergleiche unserer verschiedenen Vorkommen und untersuchten nur die Varietät von Scortaseo. Gegenüber dem Talk der ASTM-Kartei zeigten sich geringe Abweichungen, die wohl vor allem aus Textureffekten bei der Pulverpräparatherstellung herrühren. So erhielten wir Reflexe mit dem Diffraktometer, die bei dem Guinerverfahren nicht erschienen.

$$\begin{array}{l} \text{Als Gitterkonstanten ergaben sich:} \\ a_0 = 5,286 \pm 0,009 \quad \text{\AA}; \beta = 99,87^\circ \pm 0,12^\circ \\ b_0 = 9,162 \pm 0,010 \quad \text{\AA} \\ c_0 = 18,949 \pm 0,021 \quad \text{\AA} \end{array}$$

Tabelle 5

Mineralogische Daten der untersuchten Talkprobe von Scortaseo

Talk (STEMPLE und BRINDLEY 1960)			Talk (Scortaseo Nr. 1)	
ASTM 13-558,			Diffr.	
+ Cu K α_1 , Ni-Filter			+ Fe K α_1 , Mn-Filter	
hkl	d in Å	Diffr. I/I ₁	d in Å	CuK α_1 , Ni-Filter I/I ₁
002	9.34	100*)	9.4	100
004	4.66	90*)	4.67	15
020.11-1	4.55	30	4.57	26
11-4	3.510	4?	-	-
113	3.430	1 Cr	-	-
006	3.116	100*)	3.119	55
025	2.892	1 Cr	-	-
20-2	2.629	12	2.636	} 14
13-2	2.595	30	2.599	
132.20-4	2.476	65	2.486	28 br
008	2.335	16*)	2.29 Diffr.	< 1
134	2.212	20	2.219	} 16 br
20-6	2.196	10	2.194 Diffr.	
204	2.122	8	2.118 Diffr.	} 8 br
136	2.103	20	2.104	
136	1.930	6 br	-	-
0.0.10	1.870	40*)	-	-
24-2	1.725	-	1.732	6
24-4.138	1.682	20 br	1.682 Diffr.	} 13
0.0.12	1.557	20*)	1.663 Diffr.	
-	-	-	1.534 Diffr.?	3
060.33-2	1.527	40	1.525	9
330	1.509	10	1.508	2 br
1.3.10	1.460	8 br	-	-
2.0.10	1.406	16	1.403 Diffr.	} 19
1.3.-12	1.394	20	1.392 Diffr.	
0.0.14	1.336	16*)	1.335 Diffr.	1
260	1.318	10	1.318	5 br
26-4	1.297	10 br	1.293	2 br
3.3.-10	1.269	10	1.269	2

*) Verstärkung durch Orientierungseffekte
Cr beobachtet auf Film mit CrK α_1

3 stärksten Linien

9.34	100	9.4	100
3.12	100	3.119	55
4.66	90	2.486	28

monoklin

C⁶_{2h} — C 2/c

a₀ = 5.287 Å
b₀ = 9.158 Å
c₀ = 18.95 Å
β = 99° 30'

Härte = 1
Dichte = 2,7-2,8

monoklin

C⁶_{2h} — C 2/c

a₀ = 5,286 ± 0,009 Å
b₀ = 9,162 ± 0,010 Å
c₀ = 18,949 ± 0,021 Å
β = 99,87° ± 0,12°

Härte = 1
Dichte = 2.73

	Gew.-%	Formelzahlen
SiO ₂	69,5	Si = 4,47 — 4,47
TiO ₂	—	
Al ₂ O ₃	0,5	Al = 0,038
Fe ₂ O ₃	0,1	Fe = 0,005
FeO	—	} 2,687
MnO	—	
MgO	27,5	Mg = 2,630
CaO	0,2	Ca = 0,014
Na ₂ O	—	
K ₂ O	—	
H ₂ O	1,5?	OH = 0,645 — 0,645
Summe	99,3	

d) Chemismus

In den Tabellen 4 und 5 sind unter allen mineralogischen Daten auch die zugehörigen chemischen Analysen und Formelzahlen angegeben. Die chemische Formel für die Aktinolithreihe ist nach vielen Autoren X₂Y₅ [(OH, F)/Z₄O₁₁]₂, wobei

- X = Ca, Na, K und evtl. etwas Mg,
- Y = Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Al, Mn und Ti,
- Z = Si, Al evtl. P⁵⁺ und V⁵⁺ aufnehmen kann.

Aus den Formelzahlen können wir diese Werte entnehmen.

Das Verhältnis
$$V = \frac{100 \text{ Mg}}{\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}}$$

(DEER, HOWIE und ZUSSMAN, 1962) gibt uns über die relative Abgrenzung zwischen Grammatit und Aktinolith einen raschen Überblick, wobei Mineralien mit V = 90–100% als Grammatite und V < 90% als Aktinolithe bezeichnet werden können. Aus diesen Werten ersehen wir eindeutig die Unterschiede zwischen dem hellgrünen Nephrit von Scortaseo, der im wesentlichen das eisenfreie Endglied der Aktinolithreihe, also einen Grammatit darstellt, während die dunkelgrünen Nephrite von Cuolms (Nr. 11) und den Muntognas digls Lajets (Nr. 14) eisenreichere aktinolithische Mischglieder bilden. Dies geht auch aus dem Vergleich mit dem Aktinolith vom Campolungo (BIANCONI, 1968) hervor, der 4,7% FeO und 8,0% Al₂O₃ aufweist. Der weiße faserig-stengelige Grammatit vom Campolungo, dessen chemische Analyse einen Mittelwert aus sechs verschiedenen Analysen darstellt (NIGGLI, DE QUERVAIN und WINTERHALTER, 1930), entspricht genau derjenigen Varietät, an der STEMPLE und BRINDLEY (1960) kristallographische Untersuchungen ausführten. Dieser auch Al-freie Grammatit zeigt Umwandlungen zu Talk (BIANCONI, im Dr.), was aus den Formelzahlen deutlich (erhöhte Werte an Si = 8,05 und Mg = 5,11) hervorgeht. Gerade deswegen erscheint uns der Vergleich mit dem Grammatit-Nephrit von Scortaseo sehr zweckmäßig. In Anlehnung an TRÖGER (1967) verwenden auch wir für das reine Kalk-Magnesium-Silikat den Namen «Grammatit» (HAUY, 1801) und nicht den im englischen und amerikanischen Sprachgebrauch eingebürgerten Namen «Tremolit» (DE SAUSSURE, 1796), da dieses Mineral in der Val Tremola (am Gotthard-Paß) nicht vorkommt.

Der erhöhte Kieselsäuregehalt (Si = 8,14) beim Grammatit-Nephrit dürfte auf wenige Prozente feinverteilter Quarzaggregate zurückzuführen sein, die weder bei optischen noch bei röntgenographischen Untersuchungen feststellbar waren.

Ähnliches ergibt sich aus der chemischen Analyse für den weißen Talk (theoretisch Mg₃(OH)₂/Si₄O₁₀). Wir erhalten einen Überschub von Si = 0,47, was auch auf die Anwesenheit freier Kieselsäure schließen läßt. Ein weiteres Phänomen ist der geringe Wassergehalt (1,5% anstatt 4,5%). Die Probe wurde mit Salzsäure behandelt, um Karbonatgehalte herauszulösen, mit Wasser gewaschen und im Trockenschrank bei 70 °C getrocknet.

e) DTA-Untersuchungen

Die abgebildeten DTA-Kurven (Fig. 43) wurden für uns freundlicherweise von den Herren Dr. Tj. Peters und J. P. Jenni im Mineralogischen Institut der Universität Bern aufgenommen. Die Kurven beider Nephritvarietäten wurden mit halber Empfindlichkeit gefahren, da der O-Linie-Drift zu stark war. Dieser Drift wird vor allem durch die unterschiedlichen spezifischen Wärmen der Proben und der Vergleichssubstanz (Al_2O_3) verursacht.

Bis 920 °C verläuft die Reaktion gleichmäßig. Bei normalen Amphibolen hat man gewöhnlich eine kleine exotherme Reaktion um 830 °C, die durch eine Kontraktion in der c-Richtung verursacht wird. Die exotherme Reaktion bei 970 °C wird sehr wahrscheinlich durch die Umwandlung von Nephrit in Klinopyroxen hervorgerufen, da Röntgenaufnahmen vor diesem Peak noch Nephrit zeigen, nach diesem Peak eindeutig Klinopyroxen. Eine thermogravimetrische Untersuchung ergab, daß neben einer allmählichen OH-Abgabe der Hauptteil des OH zwischen 950 und 1000 °C abgegeben wird. Normalerweise wird diese OH-Abgabe bei Amphibolen in den DTA-Kurven als endotherme Reaktion deutlich. In unseren Proben ist sie aufgrund der gleichzeitigen exothermen Umwandlungsreaktion nicht sichtbar.

Die Kurve vom Talk ist identisch mit denjenigen von anderen Talken (siehe FAGNANI, 1958 und 1959). Es liegt eine starke endotherme Reaktion mit einem Peak-Minimum bei 950–960 °C vor.

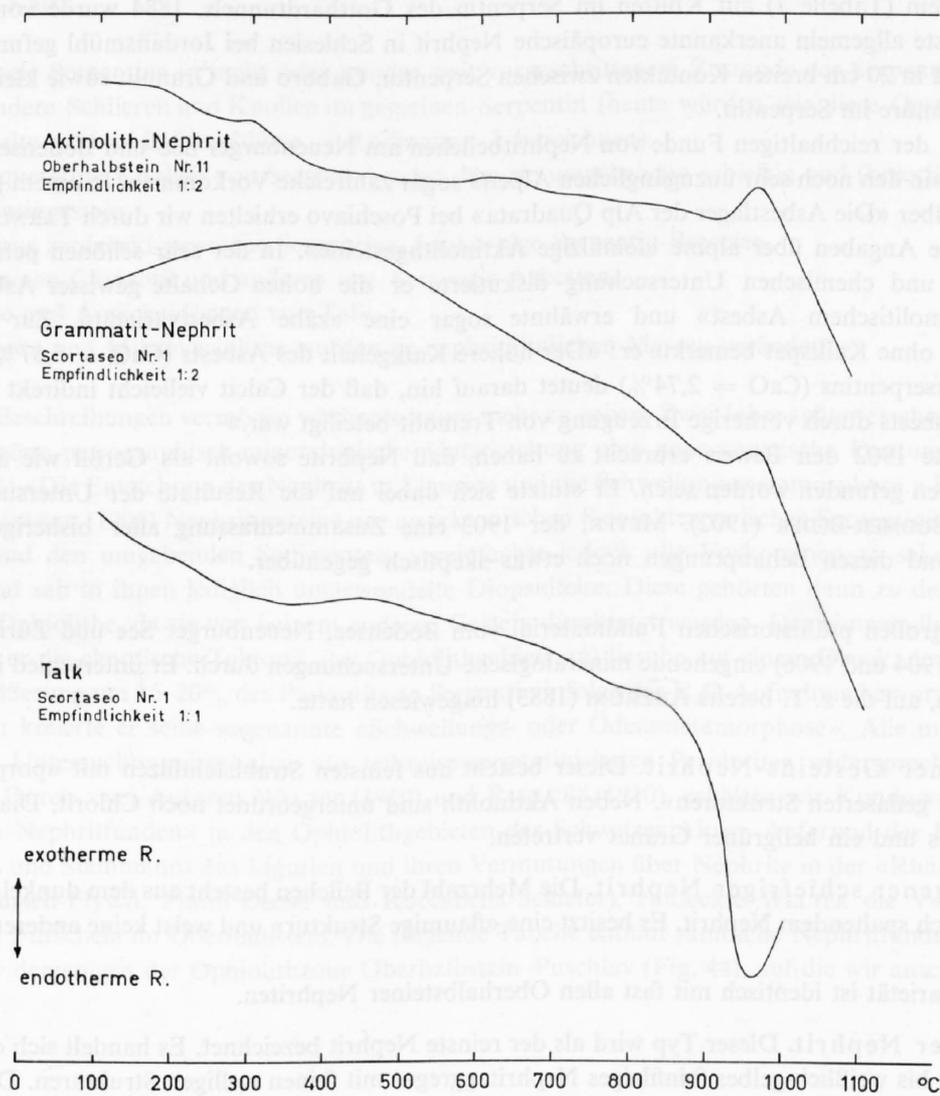


Fig. 43. DTA-Kurven von den Nephritvarietäten und Talk aufgeheizt in Luft mit 10 °C/min., Vergleichssubstanz Al_2O_3 .

Kapitel III

Die weiteren Nephritvorkommen der Schweizer Alpen

1. Die geschichtliche Übersicht der Nephritfunde

Im Jahre 1827 erwähnte der Arzt und Naturforscher K. F. LUSSEK in seiner «Geognostischen Erforschung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Arth am Zugersee» in einigen petrographischen Bemerkungen über den Gneis des Urserentales «Umänderungen dieses Gesteines, die Talkschiefer, Topfstein und Serpentin-Nephrit und Strahlstein führen». Diese Bemerkungen schienen jedoch unbeachtet geblieben zu sein. Erst der beim Bau der Gotthardbahn mit Aufnahmen betraute Geologe STAPFF (1880) beschrieb wiederum ein nephritähnliches Gestein (Tabelle 7) auf Klüften im Serpentin des Gotthardtunnels. 1884 wurde vom Geologen TRAUBE der erste allgemein anerkannte europäische Nephrit in Schlesien bei Jordansmühl gefunden. Er beschrieb Nephrit in 20 cm breiten Kontakten zwischen Serpentin, Gabbro und Granulit sowie kleine Knollen, Linsen und Schnüre im Serpentin.

Auf Grund der reichhaltigen Funde von Nephritbeilchen am Neuenburger See und Bodensee vermutete MEYER (1884) «in den noch sehr unzugänglichen Alpen» sogar zahlreiche Vorkommen. In einem petrographischen Beitrag über «Die Asbestlager der Alp Quadrata» bei Poschiavo erhielten wir durch TARNUZZER (1902) erstmals nähere Angaben über alpine «feinfilzige Aktinolithgesteine». In der sehr schönen petrographisch, mineralogisch und chemischen Untersuchung diskutierte er die hohen Gehalte gewisser Asbestvorkommen an «tremolitischem Asbest» und erwähnte sogar eine «zähe Asbestvarietät». Zur Entstehung einiger Proben ohne Kalkspat bemerkte er: «Der höhere Kalkgehalt des Asbests ($\text{CaO} = 5,67\%$) gegen den des Harzburgitserpentins ($\text{CaO} = 2,74\%$) deutet darauf hin, daß der Calcit vielleicht indirekt an der Entstehung des Asbests durch vorherige Erzeugung von Tremolit beteiligt war.»

HEIERLI glaubte 1902 den Beweis erbracht zu haben, daß Nephrite sowohl als Geröll wie anstehend in den Zentralalpen gefunden worden seien. Er stützte sich dabei auf die Resultate der Untersuchungen des Mineralogen BODMER-BEDER (1902). MEYER, der 1903 eine Zusammenfassung aller bisherigen Nephritfunde gab, stand diesen Behauptungen noch etwas skeptisch gegenüber.

An einem großen prähistorischen Fundmaterial vom Bodensee, Neuenburger See und Zürichsee führte KALKOWSKY (1904 und 1906) eingehende mineralogische Untersuchungen durch. Er unterschied im speziellen drei Varietäten, auf die z. T. bereits ARZRUNI (1883) hingewiesen hatte.

1. Gemeiner Gesteins-Nephrit. Dieser besteht aus feinsten Strahlsteinfilzen mit «porphyrisch, gefleckten, geflaserten Strukturen». Neben Aktinolith sind untergeordnet noch Chlorit, Diallag, Picotit, Eisenkies und ein hellgrüner Granat vertreten.
2. Homogener schiefriger Nephrit. Die Mehrzahl der Beilchen besteht aus dem dunkelgrünen, z. T. phyllitisch spaltendem Nephrit. Er besitzt eine «flaumige Struktur» und weist keine anderen Mineralien auf.
Diese Varietät ist identisch mit fast allen Oberhalbsteiner Nephriten.
3. Welliger Nephrit. Dieser Typ wird als der reinste Nephrit bezeichnet. Es handelt sich dabei um ein weißlich bis weißlich-gelbes feinfilziges Nephritaggregat mit feinen welligen Strukturen. Den Beschreibungen nach dürfte es sich nach unserem Urteil dabei ebenso um Diopsid-, Vesuvian- oder Pumpellyitfelse handeln.

Eine Durchsicht der steinzeitlichen Beilchen im thurgauischen historischen Museum in Frauenfeld bestätigte diese Annahme. Neben den typischen grünen Nephritbeilchen finden sich gelblichweiße Beilchen, die den im Oberhalbstein anstehenden Pumpellyit-, Diopsid- und Granat-Vesuvianfelsen (Rodingite s. l.) entsprechen.

1906 erschien von KALKOWSKY die auch für die Alpen wichtige umfassende Arbeit über die «Geologie des Nephrites im südlichen Ligurien», in welcher er das Material aus den Serpentiniten des Apennin (elf anstehende Nephritfunde) zusammen mit fast allen damals bekannten artefaktischen Funden an 570 Dünnschliffen untersuchte. Er entdeckte den mit den Serpentiniten leicht zu verwechselnden Nephrit, indem er systematisch die tektonischen Kontakte zwischen Flysch, Gabbro und Serpentin absuchte.

Durch seine sehr detaillierten geologischen Studien dieser Kontakte kam er zu der Auffassung: «Der Nephrit im südlichen Ligurien ist ein durch Dislokations-Metamorphismus aus dem Serpentin in der Zeit der Bildung des Apenninen-Gebirges entstandenes Gestein.» Eine schwarze Nephrit-Varietät diagnostizierte er als ein Gemisch aus Chlorit und Aktinolithfilz. Neben Eisensulfiden, Spinellen und Granat entdeckte er in einigen Proben Apatitkörner, die er als Relikte betrachtete. Dagegen kamen in seinen Paragenesen niemals Quarz und Feldspäte vor. Im ganzen konnte er 16 verschiedene Nephrittypen ausscheiden, die er sowohl mikroskopisch als auch chemisch gut untersuchte. Aus seinen Beschreibungen geht hervor, daß er gewisse Pumpellyitfelse und Diopsidfelse noch nicht richtig erkannte und sie aufgrund ihrer feinfilzigen Strukturen als Nephrite bezeichnete. Einige seiner genetischen Folgerungen wollen wir kurz schildern. «Nephritisiert wurden durch Zufuhr von Kalk:

1. Normale Serpentine in mehr oder minder weit vorgeschrittenem Zustande der Serpentinisierung.
2. Besondere Schlieren und Knollen im gemeinen Serpentin (heute würden wir diese Gesteine als umgewandelte gabbroide Einschlüsse = Rodingite s. l. bezeichnen).
3. Abgequetschte Knollen von Serpentin nebst dem sie umgebenden schiefrig und (brecciös) gewordenen Serpentinestein.
4. Zu Grus zerdrückt gewesene Serpentine, feinkörnige Serpentin-Breccien.
5. Adern von Chrysotil und anderen sog. Serpentin-Asbesten.
6. Gänge und Ausscheidungen von Talk.
7. Aphanite und Mikrovariolithe wurden zu nephritähnlichen Massen verändert.»

Bessere Beschreibungen vermögen wir heute kaum mehr zu geben. Zwei Jahre später erschien anschließend an diese schöne petrographisch-mineralogische Untersuchung eine neue genetische Deutung durch STEINMANN (1908): «Die Entstehung des Nephrits in Ligurien und die Schwellungsmetamorphose.» Er erkannte wie schon KALKOWSKY (1906) Nephritgesteine nur an tektonischen Kontakten zwischen Serpentiniten, gabbroiden Gesteinen und den umgebenden Sedimenten, vereinfachte jedoch alle Vorkommen zu sekundären Ganggesteinen und sah in ihnen lediglich umgewandelte Diopsidfelse. Diese gehörten dann zu den jüngsten Gesteinen der Ophiolithe, da sie von keinem anderen Gestein durchsetzt wurden. Der Umwandlungsprozeß (als Indiz führte er die chaotische Tektonik der Ophiolithgebiete an) beruhe auf einem Druck, der durch die Volumenvergrößerung um 15–20% des Peridotits zu Serpentin infolge der H₂O-Aufnahme hervorgerufen worden wäre. Damit kreierte er seine sogenannte «Schwellungs- oder Ödemmetamorphose». Alle modernen petrographischen Untersuchungsergebnisse aus teilweise serpentinisierten Peridotiten widersprechen solch einer Hypothese. Durch zwei Autoren, WELTER (1910) und PAULCKE (1910), erhalten wir Kunde von den «ersten anstehenden Nephritfunden» in den Ophiolithgebieten der Schweizer Alpen. Aufgrund der Beschreibungen Kalkowskys und Steinmanns aus Ligurien und ihren Vermutungen über Nephrite in der «Rhätischen Decke» (heute Arblatsch-Flysch, Platta Decke und Roccabella-Schiefer), entdeckte WELTER die Vorkommen von Mühlen und Furschela im Oberhalbstein. Die folgende Tabelle enthält sämtliche Nephritfunde der Schweizer Alpen außer denjenigen der Ophiolithzone Oberhalbstein-Puschlav (Fig. 44), auf die wir anschließend näher eingehen.

**Übersicht der Nephritvorkommen der Schweizer Alpen
ausserhalb der Ophiolithzone Oberhalbstein – Oberengadin – Val Malenco – Puschlav**

Lokalität, Autor	Auftreten	Bemerkungen zur Genese durch den Autor
Ursental LUSSEY (1827)	«Umänderungen des Gneises, die Talkschiefer, Topfsteine, Serpentin-Nephrit und Strahlstein führen.»	
Gotthardtunnel, ca. 5306 m Nord STAPFF (1881)	Ein aus dem Kontaktbereich des Serpentins gegen Gneis stammendes Gestein aus «pyroxenartigem Mineral» gibt Analyse (Cossa, 1880), die eindeutig auf Strahlstein weist. Von Stapff mit Nephritanalysen von Neuseeland verglichen. – Auch von andern Stellen der Serpentinzone erwähnt Stapff Gesteine, die an «Nephrit erinnern».	Der südliche Kontaktbereich des Serpentins wird als tektonisiert beschrieben.
Fimbetal, Alp Fid WELTER (1910)	Am Kontakt Gabbro-Serpentin.	Diskussion aller Varianten von KALKOWSKY (1906).
Flimsspitze, Grat zwischen Flimsspitze und Greit- spitz PAULCKE (1910)	«Jedenfalls ist der Serpentin auch an dieser Stelle in Berührung mit Gabbro, zum Teil von scharf abgegrenzten Gabbrogängen durchsetzt. Die Nephrit- und Nephritoidgänge, etwa 7–8, zeigen meist geringes Ausmaß. Starke Pressungserscheinungen weisen alle Gesteine und ebenso der Serpentin wie der Nephrit auf.»	Aus dem Serpentin, da es alle Übergänge zwischen Serpentin und Nephritgesteinen gibt.
Gigestaffel bei Andermatt, Gotthardmassiv SCHNEIDER (1912)	Kontakt von Peridotitstock mit Biotitgneis (Gurschengneis). Kleinere linsenförmige Einlagerungen in Strahlstein.	Nephritisierung des Strahlsteins unter gebirgsbildenden Druckwirkungen.
Tsofferay, Val de Bagnes TSCHOPP (1924)	Eine Serpentinlinse (mit Grünschiefer vergesellschaftet) führt randlich neben Asbest auch feinfizigen bis asbestisierten Nephrit.	Keine Deutung.
Grande Combe bei Les Haudères, Val d'Hérens PREISWERK (1926)	Chlorit- und Talkschiefer mit Ofensteinlinsen, übergehend in Talkschiefer mit Nephritknollen. Kontakt Grünschiefer-Kalkphyllit.	Stoffzufuhr aus Kalkphyllit unter Reaktion mit Talk, unter besonderem mechanischen Bedingungen (hoher wechselnder Druck, Stauchungen, Roll- und Wirbelbewegungen).
Zable bei Les Haudères, Val d'Hérens PREISWERK (1926)	Nephritknollen am Rande eines Talklagers, eingelagert zwischen Grünschiefern. Diese liegen innerhalb von Kalkphylliten.	Wie bei Grande Combe.
Zwischen Grande Chermontane und Col de Fé- nêtre, Val de Bagnes ARGAND, Spez.-Karte 93 (1934)	Zeichen auf der Karte liegt innerhalb der «Prasinites et amphibolites (p. p. schistes actinolithiques). Par places: serpentines, chloritoschistes». Keine Beschreibung.	Keine Deutung.
E Moirygletscher, Val de Moiry HÜG (1945)	Unregelmäßige knollige Einlagerungen in gefalteten Talkschiefern, innerhalb Giltsteinlager (eingelagert in Kalkphylliten).	Mylonitisierung von Strahlsteinschiefern (Auftreten im Wirkungsbereich einer ausgesprochenen Dislokationslinie).

Tabelle 7

Ältere Nephritanalysen aus den Schweizer Alpen und von prähistorischen Funden

Lokalität	Präffikersee Robenhausen	Gotthardtunnel	Gotthard	Andermatt 25	Haudères, Val d'Hérens	Bodensee, Maurach	Zugersee Vorstadt/Zug	Zugersee St. Andreas	Neuenburgersee	Neuenburgersee Font
Varietät		nicht genau erwähnt, evtl. gelblich-grün		Nephrit und Strahlstein, graugrün	Linsen, dicht, graugrün	Nephritbeilichen	Nephritbeilichen	Nephritbeilichen	Nephritgeröll, dunkelgrün- schwarz	Nephritbeilichen
Literatur	HEIERLI (1902)	SCHNEIDER (1912) HEIERLI (1902)	SCHNEIDER (1912) HEIERLI (1902)	SCHNEIDER (1912)	PREISWERK (1926)	HINTZE (1894)	NIGGLI, DE QUERVAIN, WINTER- HALTER (1930); BODMER-BEDER (1902) HEIERLI (1902)	MEYER (1884)	NIGGLI, DE QUER- VAIN, WINTER- HALTER (1930); BODMER-BEDER (1902)	
SiO ₂	56,87	51,73	57,27	52,24	56,02	54,94	53,21	57,37	56,34	58,37
TiO ₂	-	-	-	-	0,02	-	sp.	-	-	-
Al ₂ O ₃	1,50	8,71	1,10	2,43	1,15	9,10	2,49	0,85	1,20	0,50
Fe ₂ O ₃	-	-	-	2,72	1,66	-	4,98	0,16	?	1,40
FeO	6,33	-	1,68	1,87	3,69	-	1,02	5,65	0,18	1,38
MnO	-	-	-	-	0,26	-	-	-	0,18	-
MgO	21,06	24,60	25,66	25,52	23,54	21,20	23,51	22,37	21,24	23,28
CaO	13,45	11,75	13,83	10,80	11,64	12,66	11,09	11,72	13,18	13,32
Na ₂ O	-	-	-	-	0,29	-	sp.	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	0,34	-	0,76	-	-	-
H ₂ O+	0,63	2,35	-	4,38	0,05	2,42	2,81	1,98	2,39	2,02
H ₂ O-	-	-	-	0,18	1,43	-	0,71	0,25	-	0,20
Summe	99,84	99,21	99,54	100,14	100,07	100,32	100,58	100,35	99,56	100,10
Analytiker	Hallok	Cossa	V. Gohl	Schneider	Preiswerk	Hintze	Hezner	Hezner	Frenzel	Hezner
Dichte	3,015	-	-	2,93	2,95	-	2,98	3,08	3,01	3,00

Die Nephrit- und wichtigeren Talkvorkommen in der Ophiolithzone

Oberhalbstein - Engadin - Val Malenco - Puschlav

Tektonische Übersicht gezeichnet nach der "Tektonischen Karte der südlichen rhätischen Alpen" von R. Staub (1946)

1 : 250 000

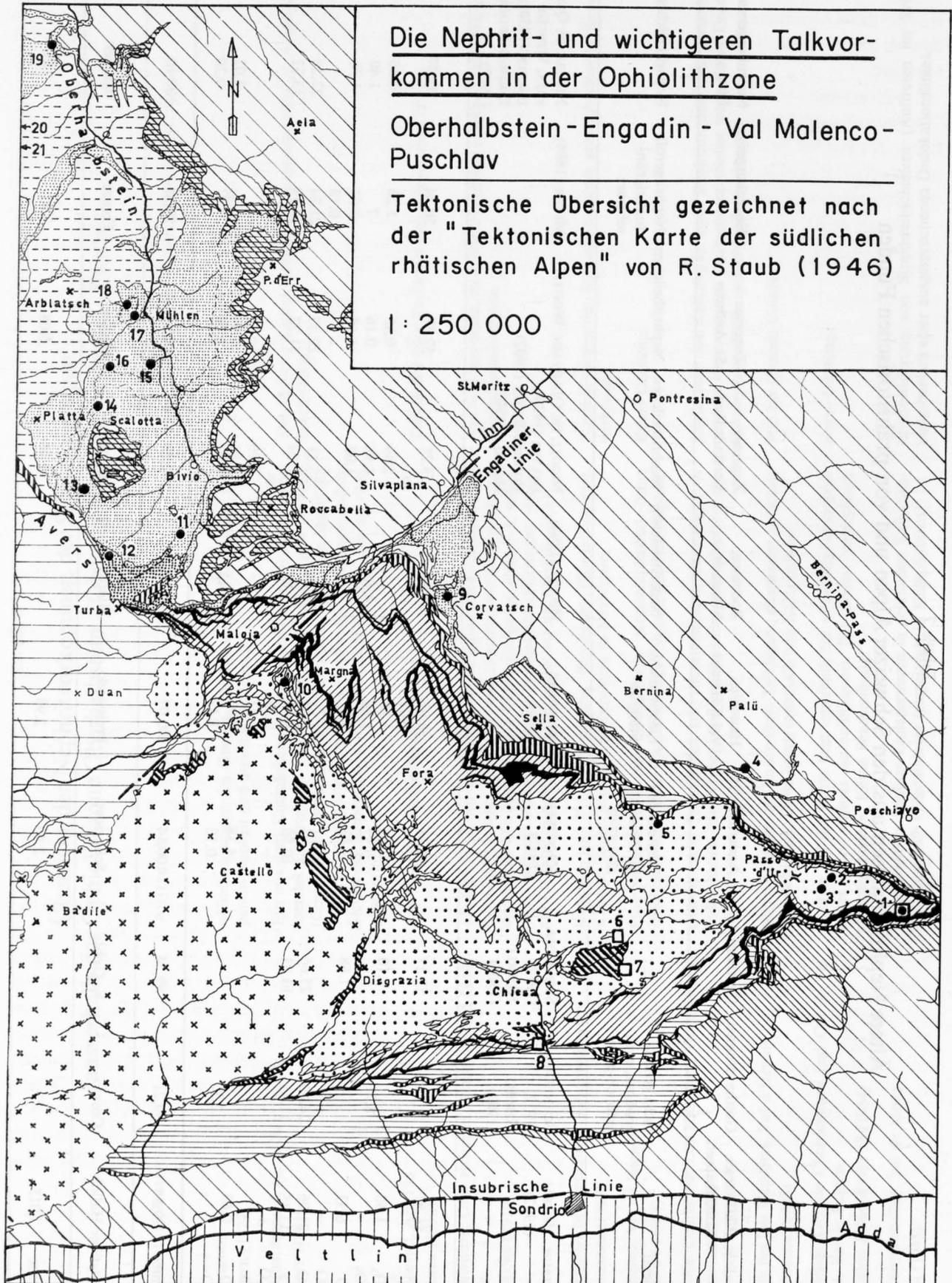
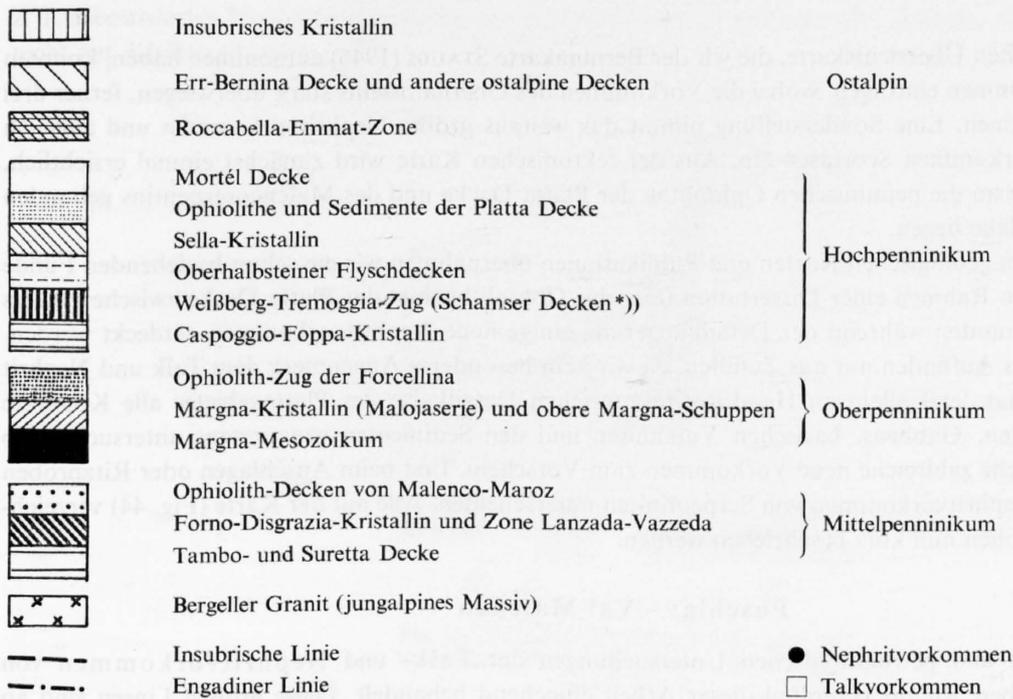


Fig. 44.

Legende (im wesentlichen nach R. STAUB)



Fundorte mit Koordinaten

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Nephrit und Talk, Scortaseo | (801.100/129.850) |
| 2. Nephrit, oberhalb Alpe d'Ur | (798.380/131.700) |
| 3. Nephrit, Piatte di Canciano | (798.370/131.410) |
| 4. Nephrit, westlich Cima Val Fontana | (794.620/135.560) |
| 5. Strahlsteinschiefer, Fuorcla Fellaria | (791.090/133.600) |
| 6. Talk, Bagnada | (788.500/128.000) |
| 7. Talk, Dos Sciaresa | (790.300/127.000) |
| 8. Talk, Torre S. Maria | (785.600/123.800) |
| 9. Nephrit, Furtschellas | (781.410/142.870) |
| 10. Nephrit, Lago di Cavlocc | (774.600/139.160) |
| 11. Nephrit, südlich Cuolms | (769.790/145.800) |
| 12. Nephrit, südlich Fuorcla da la Valletta | (766.350/144.190) |
| 13. Nephrit, Seefflue | (765.140/147.630) |
| 14. Nephrit, Muntognas digls Lajets | (765.680/150.530) |
| 15. Nephrit, Ruine Marmorera | (767.940/152.710) |
| 16. Nephrit, Furschela | (765.950/152.950) |
| 17. Nephrit, Mühlen | (767.070/154.810) |
| 18. Nephrit, Sblocs | (766.715/155.260) |
| 19. Nephrit, Salux | (Fundort nicht genau lokalisiert) |
| 20. Nephrit, Piz Martegnas | (760.000/160.590) |
| 21. Nephrit, Crap Farreras | (761.500/159.920) |

*) Die eigentlichen Schamser Decken erstrecken sich vom Avers gegen Nordwesten (außerhalb der Karte). Die Bezeichnung erfolgte nach der Talschaft Schams, von wo die Gliederung dieser Einheiten ausging.

2. Die Nephrit- und wichtigeren Talkvorkommen in der Ophiolithzone Oberhalbstein – Oberengadin – Val Malenco – Puschlav

Auf der tektonischen Übersichtskarte, die wir der Berninakarte STAUBS (1946) entnommen haben, konnten wir 17 Nephritvorkommen eintragen, wobei die Vorkommen des Oberhalbsteins stark überwiegen, ferner drei größere Talkvorkommen. Eine Sonderstellung nimmt das weitaus größte Nephritvorkommen und zugleich beträchtliche Talkvorkommen Scortaseo ein. Aus der tektonischen Karte wird zunächst einmal ersichtlich, daß alle Vorkommen an die penninischen Ophiolithe der Platta Decke und des Malencoserpentins gebunden sind oder in deren Nähe liegen.

Aus verschiedenen geologischen Karten und Publikationen übernahmen wir die schon bestehenden Funde und besuchten sie. Im Rahmen einer Dissertation über das Ophiolithgebiet der Platta Decke zwischen Avers und Oberhalbstein konnten während der Detailkartierung einige neue Nephritvorkommen entdeckt werden. Jedoch beruhte dieses Auffinden nur aus Zufällen, da wir kein besonderes Augenmerk dem Talk und Nephrit schenkten. Würde man jetzt allein an Hand der tektonischen Detailkarte des Plattagebietes alle Kontakte zwischen Serpentiniten, Gabbros, basischen Vulkaniten und den Sedimenten genauestens untersuchen, so kämen sicher noch sehr zahlreiche neue Vorkommen zum Vorschein. Erst beim Anschlagen oder Ritzproben kann man gewisse Nephritvorkommen von Serpentiniten unterscheiden. Alle auf der Karte (Fig. 44) verzeichneten Vorkommen sollen nun kurz beschrieben werden.

Puschlav – Val Malenco

Die geologischen und petrographischen Untersuchungen der Talk- und Nephritvorkommen von Scortaseo, **Nr. 1** haben wir im Hauptteil dieser Arbeit eingehend behandelt. Diese großen Linsen sind an Störungszonen zwischen der Malojaserie und den Dolomitmarmoren der Schuppenzone gebunden. Was diese Vorkommen von allen anderen Nephrit- und Talkfunden unterscheidet, sind einmal die großen Mächtigkeiten und zum anderen die karbonatischen Talk- und Nephritbildungen, wobei der Nephrit durch seine linsenartige Ausbildung besonders auffällt. Auf die Genese des Vorkommens gehen wir im folgenden Kapitel ein.

In ähnlicher geologischer Situation finden wir Talkvorkommen (aber ohne Nephrit) unter **Nr. 6** in der Val Lanterna (Bagnada) und **Nr. 8** in der Val Malenco (Torre S. Maria). Weiße karbonatreiche Talkschiefer liegen hier in Kontaktzonen zwischen Dolomitmarmoren und kristallinen Schiefen, im Gegensatz zur Scortaseo allerdings in unmittelbarer Nachbarschaft des Serpentinites. Bei Bagnada speziell handelt es sich um ein großes Vorkommen mit Jahresproduktionen bis über 14000 t Talkgestein. Die Vorkommen wurden von Fagnani (1958, 1959) beschrieben und analysiert (Tabelle 9). Er deutete sie als Umwandlung des Dolomites unter Kieselsäurezufuhr. Das Vorkommen Dos Sciaresa, **Nr. 7**, in der Val Lanterna liegt dagegen nach Fagnani auf Klüften und Taschen innerhalb des Serpentinites; es besteht aus einem grauweißen «Steatit-Talk», der neben Talk sehr viel Chlorit, Dolomit und Magnesit (Tabelle 9) aufweist. Nephrit liegt ebenfalls nicht vor.

Wir wenden uns nun den Nephritvorkommen zu, die in keinem Zusammenhang mit größeren Talkvorkommen stehen. Wir betrachten zunächst die Vorkommen oberhalb der Alpe Ur, **Nr. 2**, im Malencoserpentin. Auf der Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im August 1916 wurde dort der erste Brocken kompakten Nephrits von Frau S. Staub (STAUB, 1917) gefunden (siehe Tabelle 8). TARNUZZER (1902) hatte zwar schon in seiner Asbestexpertise diesen «zähen harten Asbeststein» gefunden, doch nicht weiter als Besonderheit beachtet. STAUB (1917) betrachtete dieses Vorkommen nebst dem randlich angetroffenen Kalkspat als sekundäre Bildung «irgendeiner pyroxenitischen Schliere» aus dem peridotitischen Magma. C. SCHMIDT (1917), der auch an derselben Exkursion teilgenommen hatte, veröffentlichte im gleichen Jahre einen Bericht über die zwischen den Jahren 1907 und 1911 abgebauten Asbestgruben: «Asbest und Nephrit von Poschiavo in Graubünden.» Auf der Fig. 45 sind die von ihm aufgenommenen geologischen Beziehungen zwischen Serpentin, Chrysotilasbest, Aktinolithfels, Nephrit und Tremolitasbest dargestellt. Dieses Vorkommen, **Nr. 3**, liegt unterhalb der Piatte di Canciano (2250 m).

Schmidt schrieb zu diesem Vorkommen: «Die bestehende Figur zeigt den Ausbiß, eine senkrecht zur Serpentin-schieferung, NNE-SSW verlaufende Kluft. Von oben nach unten erweitert sich diese Kluft. Die Wände derselben sind mit Asbestfilz (Chrysotil, b) bekleidet. Im unteren Teil der sich erweiternden Kluft steckt ein Block, bestehend aus feinfaseriger, grüner Hornblende (Aktinolith). Auch dieser Block ist mit Chrysotilasbest umkleidet. Die Kluft selbst ist erfüllt mit einem graugrünen, dünnplattigen, geschiefertem, z. T. asbestisierten Nephrit. Die Schieferung des Nephrits und die Fasern des Asbestes stehen annähernd senkrecht zur Kluftwandung.»

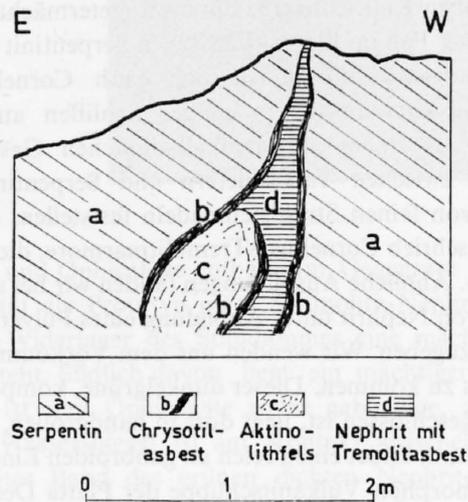


Fig. 45. Das Nephritvorkommen von Piatte di Canciano (2250 m) gezeichnet von SCHMIDT (1917), Nr. 3

F. Hinden analysierte für C. SCHMIDT fünf Proben dieser Vorkommen (Tabelle 8). Auf genetische Probleme wurde in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen. Zur obigen Figur sei nur noch hinzuweisen, daß der Serpentin sehr eng isoklinal gefältelt ist, was in der Darstellung nicht richtig zum Ausdruck kommt. Vom Nephritvorkommen, Nr. 4, 1 km westlich der Cima Val Fontana, gibt es keine Beschreibung. Aus der Berninakarte von STAUB (1946) entnehmen wir, daß es sich dort um einen tektonischen Kontakt zwischen Ophiolithresten der Platta Decke, Dolomitmarmoren und Malojakristallin handelt. Das Vorkommen von Strahlsteinschiefern, Nr. 5, an der Fuorcla Fellaria erscheint uns erwähnenswert, da es sich, von STAUB (1915 und 1916) eingehend beschrieben, am tektonischen Kontakt zwischen Malencoserpentin und Biotitgneisen der Margna Decke befindet (Beschreibung siehe S. 31). Ein anderes Strahlsteinvorkommen dieser Art wurde von ihm am Passo d'Ur erwähnt (S. 31). Ganz ähnliche Beobachtungen beschrieben wir auch in Scortaseo über das Auftreten von Nephrit in den Malojagneisen und Schiefern (S. 30).

Oberengadin

Das Nephritvorkommen, Nr. 9, dunkelgrüne, dichte Varietät (Tabelle 8) an den Furtschellas im Oberengadin publizierte STAUB (1915) in seinen «Petrographischen Untersuchungen im westlichen Berninagebirge». Über den Fundort teilte er uns folgendes mit: «Sie stammen von Linsen oder ausgequetschten Gängen (?) im Serpentin, welcher direkt unter der Überschiebung der Err-Decke liegt.» Staub vergleicht den Nephrit mit den Strahlsteinschiefern und diskutiert deren Genese.

Dies führte ihn zur Schlußfolgerung:

«Die Nephrite von Furtschellas sind mylonitisierte Strahlsteinschiefer, welche letztere sich entweder websteritischen Gängen oder Schlieren oder aber von einer Randfazies der jetzt serpentinierten peridotitischen Masse ableiten lassen.» Vom Nephrit, Nr. 10, am Lago di Cavlocc, kennen wir nur die Angabe in der Berninakarte. Aber auch dort kann man eine sehr komplizierte Tektonik zwischen Ophiolithen und Gneisen feststellen.

Oberhalbstein

Vom Engadin gehen wir nun zu den Nephriten des Oberhalbsteins über, die ausschließlich im Zusammenhang mit den Serpentiniten der Platta Decke stehen. In der sehr schönen petrographischen Untersuchung in der «Geologie der Err-Julier-Gruppe» beschrieb CORNELIUS (1935) aus den Ophiolithen der Platta Decke nur einige wenige Talkschiefer, Tremolitaggregate und Tremolitmarmore, jedoch keine echten Nephrite. Wir erwähnen diese Vorkommen kurz, ohne sie in unsere Karte eingetragen zu haben. Am unteren Teil des Piz Lunghin-Nordgrates (NW Maloja) erscheinen Talkschiefer als wenige Zentimeter mächtige Zwischenlage zwischen Serpentin und metamorphen Kalkschiefern. Ein etwa metermächtiger Talkzug befindet sich auf der SE-Seite des Crap blanc am Septimer Paß im Kontakt zwischen Serpentin und den darunter liegenden Gneisen der Margna Decke. Tremolitaggregate befinden sich nach Cornelius als Knollen und Linsen in Kalkschiefern. Diese Beobachtung konnten wir in einigen Schliften aus unserem Untersuchungsgebiet auch machen. In einem Schliff aus einem aptychenkalkähnlichen Gestein (oberer Malm?), das sich in einem tektonischen Horizont zwischen Talkschiefern und Serpentiniten befand, konnten wir eine fast richtungslose Kristallisation von feinen Strahlsteinnadeln feststellen, die spätere Knickungen und Biegungen erfahren hatten. Zuletzt beschrieb Cornelius «Tremolitmarmore, die den Kontaktrand von Kalkschiefern in und an Serpentin bilden». Ähnliche Ausbildungen fanden wir bei unseren Untersuchungen. MÜLLER (1959) erwähnte ein Vorkommen von Nephrit unter Abbildung eines Pulverdiagramms am Piz Lunghin, ohne jedoch einen genauen Fundort anzugeben. Wir wenden uns dem Vorkommen **Nr. 11**, zu, um auf die eigentlichen Nephrite des Oberhalbsteins zu kommen. Dieser dunkelgrüne, kompakte Nephrit, der im Bach südlich Cuolms auf der Höhe 2200 m aufgeschlossen ist, liegt dort in handgroßen, z. T. größeren Linsen im Serpentin eingequetscht vor. Der Serpentin bildet einen reich an gabbroiden Einschlüssen versehenen tektonischen Horizont zwischen einer epimetamorphen Vulkanitschuppe der Platta Decke im Hangenden und der etwas höher metamorphen Ophiolithschuppe der Forcellina im Liegenden.

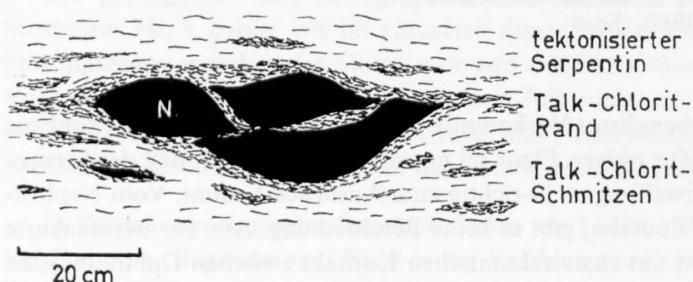


Fig. 46. Schematisierte Skizze des Nephritvorkommens von Cuolms, Oberhalbstein (**Nr. 11**).

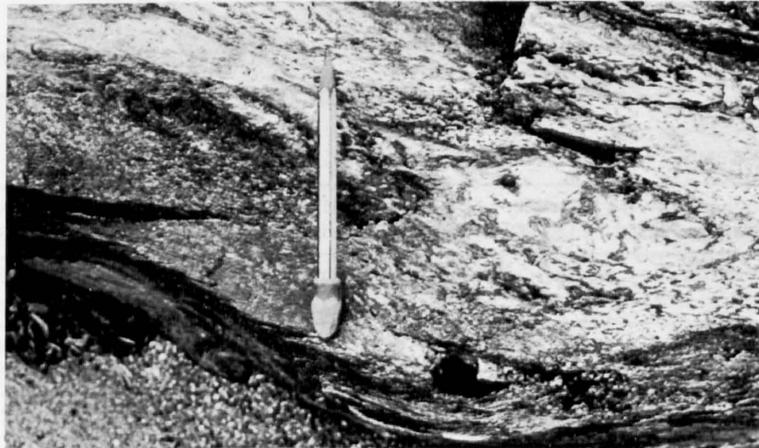
Die Figur stellt den Kontakt zwischen den Nephritlinsen und tektonisierten Serpentiniten dar, der aus teilweise grünen Talkschiefern besteht. Im Schliff erkennt man feinschuppigen grünen Talk, der viele Spinelle mit Reliktstrukturen enthält sowie Anhäufungen von Titanit. Im Nephrit selbst (Tabelle 8) erscheinen im Dünnschliff nur vereinzelte Magnetitkörner, gebunden an feine Klüfte. Kalkspat ist hier nicht vorhanden. Das Vorkommen **Nr. 12**, südlich der Fuorcla da la Valletta, das STAUB (1926) schon auf seiner «Geologischen Karte des Avers» angibt, ist nicht näher untersucht worden. Dort handelt es sich um einen tektonischen Kontakt des Serpentinits gegenüber Grünschiefern und Ophicalcitbildungen.

Ein weiteres Nephrit-Talkvorkommen wurde noch nach Abschluß der Arbeit aus dem gleichen tektonischen Niveau am Kontakt Serpentin-Grünschiefer nördlich unterhalb des Piz Forcellina gefunden, jedoch nicht näher mehr bearbeitet.

Vierhundert Meter südlich der Fuorcla da Faller liegen in großen Boudins grobkörnige Diallaggabbros, Fundort **Nr. 13**. Am liegenden tektonischen Kontakt dieser 10 m hohen Boudins tritt zusammen mit weiteren ausgequetschten Gabbrolinsen ein stark tektonisierter Horizont von 5–30 cm Mächtigkeit auf, der aus grauen Kalkphylliten, Talkschiefern und schwarz-grünlich anwitternden, verschieferten Nephritlagen besteht. Das Photo (Fig. 47) zeigt deutlich diese Situation, wobei die Spitze des Bleistiftes gegen den an der Basis des Boudins tektonisierten Gabbro weist, der Gummi dagegen auf den nephrithaltigen Horizont.

Das nächste Vorkommen, **Nr. 14**, aus der Fuorcla an der Muntognas digls Lajets (Tabelle 8) entnahmen wir der «Geologischen Karte des Avers» (STAUB, 1926), untersuchten es aber genauer. Wie bei Nr. 11 liegt dieser Nephrit in dunkelgrünen schmalen Bändern und Linsen in dem stark tektonisierten Serpentin, der

Fig. 47. Nephritvorkommen (Nr. 13) am tektonischen Kontakt zwischen mylonitisiertem Serpentinit und darüberliegenden Diabasgabbros. Die Bleistiftspitze zeigt gegen die Basis des tektonisierten Gabbro, der Gummi auf den nephrithaltigen Horizont.



dort viele gabbroide Einschlüsse und Ophicalcite enthält. Im Gegensatz zu den Grammatit-Nephriten von Scortaseo stellen wir diese Varietät als Prototyp eines Aktinolith-Nephrites dar. Am westlichen Ufer des Marmorera-Sees erhebt sich als Widerlager des Staudammes eine mächtige Grüngesteinsmasse, die zum größten Teil aus Pillowlaven besteht. Südlich davon liegt ein mächtiger Serpentinit, der gegen den steilstehenden Kontakt tektonisiert ist und Ophicalcite sowie gabbroide, z. T. vererzte Gänge enthält. Auf 1840 m Höhe, 160 m über dem Wasserspiegel, ist am Kontakt zwischen Pillowlaven und Serpentinit bis Talkschiefer ein 20–30 cm breites Band des grünen dichten Nephrites, **Nr. 15**, ausgebildet. Das von WELTER (1910) gefundene Nephritvorkommen, **Nr. 16**, aus den Serpentinitten westlich der Furschela in der Val Faller (Tabelle 8) haben wir nicht näher untersucht. In feinen Schuppen stecken dort nephritähnliche Aggregate zwischen faserigem Clinochrysozil eines verscherten Serpentinits am Kontakt zu Grünschiefern. Aus der Analyse geht kein eindeutiger aktinolithischer Chemismus hervor; sondern es zeigt sich, wie schon im Felde ersichtlich, ein Gemisch zwischen Chlorit und Aktinolith. Ganz ähnlich finden wir die großen Aufschlüsse von schiefrigem Nephrit, **Nr. 17**, an der ersten Kurve der Straße von Mühlen in die Val Faller (Tab. 8). An einem tektonischen Horizont zwischen Serpentinitten und Grünschiefern steckt eine äußerst verschieferte 5 m lange Linse, die vor allem aus einem dunkelgrünen Chlorit und grünlich-weißen Nephritschüppchen besteht. WELTER (1910) entdeckte mit diesem Vorkommen den damals für den ersten gehaltenen anstehenden Nephrit in den Alpen. Von ihm stammen auch die Funde aus Schuttkegeln oberhalb von Salux, **Nr. 19**. Sicher stehen diese Nephrite (Tabelle 8) auch in den nahegelegenen Serpentinittvorkommen an. Ein weiterer Fund eines sehr schiefrigen weißlich-grünen Nephrits, **Nr. 18**, wurde in den Serpentinitten am Weglein auf Sblocs oberhalb Mühlen entdeckt. Der umgebende Serpentin dürfte das gleiche tektonische Niveau haben wie im Vorkommen, **Nr. 17**, von Mühlen. Auf der «Geologischen Karte von Mittelländern» von FREI und OTT (1926) und auf der «Geologischen Karte der Landschaft Schams» vom WILHELM (1929) ist ein Nephritvorkommen im Serpentinitt am Piz Martegnas verzeichnet (**Nr. 20**). Aus dem gleichen Serpentin beschrieb STREIFF (1939) südlich unterhalb Crap Farreras (**Nr. 21**) einen Nephritfund. «Es liegt dort zwischen einem Diabaszug und dem zuletzt beschriebenen dünnen Serpentinband und mag ungefähr 20 cm erreichen.» Wieder handelt es sich um die dunkelgrüne, dichte Nephritvarietät, die im Kern vollkommen rein ist und nur gegen den Rand Chloritnester, etwas Karbonat und einige Spinellkörner enthält.

Erwähnenswert erscheinen uns neben vielen kleinen Talkschiefervorkommen, die wir im Gelände an tektonischen Serpentinkontakten beobachteten, noch fünf weitere Talklinsen (1–2 m mächtig), die beim Bau des Druckstollens vom Marmorera-See nach Savognin (ZIEGLER, 1952) durchfahren wurden. Auch dort fanden sich die Vorkommen an tektonischen Horizonten zwischen Serpentinitten, Grünschiefern und Kalkschiefern. Meist handelt es sich um Gemische von Talk mit Chlorit. Zwei Vorkommen, bei 8070 m und 7466 m vom Portal Marmorera gegen Norden, wurden von uns näher analysiert. Dabei ergaben sich bei der ersten Probe aus einer Kontaktzone zwischen stark zertrümmerten Serpentinitten und Kalkschiefern: Talk, Chlorit, Kalkspat, Spinellrelikte und frische idiomorphe Pyritkristalle; aus der zweiten Probe am tektonischen Kontakt zwischen Grünschiefern und Kalkmarmoren; Talk, sehr viel Dolomit (frische idiomorphe Kristalle), Chlorit, Titanit, Spinellreste und Pyrit.

Tabelle 8

Chemische Analysen von Nephritvorkommen der Ophiolithzone Oberhalbstein – Puschlav

(siehe Figur 44)

Lokalität Nr. von Fig. 44	Scortaseo 1 (Sc. 50)	Scortaseo 1 (Sc. 50)	Scortaseo 1 (Linse B)	Campo- lungo	Alpe d'Ur 3	Piatte di Canc. 3a	Piatte di Canc. 3b	Piatte di Canc. 3c	Piatte di Canc. 3d
Varietät	grün	schwarz	hellgrün,	Gramma- tit*)	dicht, grün	dicht, grün	grau, plattig	knollig	faserig
Literatur				NIGGLI, DE QUERVAIN, WINTER- HALTER (1930)	STAUB (1917)	SCHMIDT (1917)	SCHMIDT (1917)	SCHMIDT (1917)	SCHMIDT (1917)
SiO ₂	61,0	63,5	60,2	58,79	56,79	55,80	55,30	56,55	55,45
TiO ₂	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Al ₂ O ₃	0,4	0,5	0,4	0,36	1,16	–	0,20	1,03	0,06
Fe ₂ O ₃	–	–	0,5	–	–	0,88	0,72	–	0,64
FeO	0,3	0,7	–	0,90	5,24	4,97	5,04	4,75	5,76
MnO	0,04	0,05	0,03	–	0,24	–	–	–	–
MgO	23,7	21,0	24,1	25,12	20,75	22,14	22,62	22,14	22,82
CaO	12,0	11,2	12,0	13,07	14,25	13,05	13,00	12,90	12,60
Na ₂ O	0,3	0,3	0,3	–	–	–	–	–	–
K ₂ O	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–
H ₂ O+	} 1,9	} 2,4	} 2,1	} 1,45	} 2,51	} 3,45	} 3,74	} 3,13	} 3,34
H ₂ O–									
P ₂ O ₅	–	0,01	–	–	–	–	–	–	–
Summe	99,8	99,9	99,6	99,69	100,94	100,29	100,62	100,50	100,67
Analytiker	M. Weibel	M. Weibel	M. Weibel			F. Hinden	F. Hinden	F. Hinden	F. Hinden
Dichte	2,85	–	2,96	3,0	–	2,97	2,94	2,91	2,96

*) Mittel aus 6 Analysen aus dem Dolomit vom Campolungo. Dieser weiße, faserig-stengelige Grammatit entspricht dem «Tremolit», ASTM 13-437 (STEMPLE und BRINDLEY, 1960).

Lokalität	Piatte di Canc. 3e	Furt- schellas 9	Cuolms 11	Muntognas 14	Mühlen 17	Salux 19a	Salux 19b	Greiner, Tirol	Furschela 16
Varietät	asbest- artig	dicht, grün	dicht, grün	dicht, grün	verschie- fert	dicht, dun- kelgrün	dicht, dun- kelgrün	Aktinolith	Nephrit u. Chrysotil
Literatur	SCHMIDT (1917)	STAUB (1915)	–	–	WELTER (1911)	WELTER (1911)	WELTER (1911)	NIGGLI, DE QUERVAIN, WINTER- HALTER (1930)	WELTER (1911)
SiO ₂	58,85	55,30	58,5	58,0	56,1	57,1	57,1	56,25	47,85
TiO ₂	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
Al ₂ O ₃	1,19	4,08	0,5	1,3	6,4	2,3	1,1	1,24	4,65
Fe ₂ O ₃	2,48	1,64	0,8	0,6	2,1	4,0	5,0	0,78	1,28
FeO	2,23	2,06	3,6	3,9	?	?	?	5,50	2,02
MnO	–	0,26	0,12	0,09	?	?	?	0,48	0,15
MgO	20,70	21,80	21,5	19,9	20,2	21,2	23,0	21,19	26,98
CaO	12,95	12,08	12,5	13,4	13,7	13,4	12,4	12,08	9,95
Na ₂ O	–	0,21	0,1	0,15	–	–	–	0,19	sp.
K ₂ O	–	0,30	0,05	0,05	–	–	–	0,28	0,12
H ₂ O+	} 2,40	} 1,46	} 2,2	} 2,0	} 2,4	} 1,9	} ?	} 1,81	} 5,82
H ₂ O–									
P ₂ O ₅	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Summe	100,80	99,48	99,89	99,6	98,9	100,9	98,6	99,84	99,38
Analytiker	F. Hinden	R. Staub	M. Weibel	M. Weibel	W. Mau	F. Mathei	H. Ludwig		L. Hezner
Dichte	–	2,99	2,98	3,03	2,98	3,025	3,025	3,0	2,88

Tabelle 9

Chemische Analysen von wichtigeren Talkvorkommen der Ophiolithzone Oberhalbstein – Puschlav

(siehe Figur 44)

Lokalität . . .	Bagnada Val. Lant. 6	Dos Sciarena 7	Torre S. M. 8	Scortaseo 1	Zum Vergleich . . .	Disentis GR Mompe Medel	Talk theor.
Varietät . . .	weiß, karbonathaltig	grau-weiß, Steatit	weiß, karbonatnaltig	weiß, karbonatfrei		fast reiner Talk	
Literatur . . .	FAGNANI (1959)	FAGNANI (1958)	FAGNANI (1958)	–		NIGGLI, DE QUERVAIN, WINTERHALTER (1930)	
SiO ₂	51,67	35,31	35,92	69,5		61,46	63,52
TiO ₂	sp.	0,20	–	–		–	–
Al ₂ O ₃	1,70	10,53	1,03	0,5		0,60	–
Fe ₂ O ₃	–	0,50	0,13	0,1		–	–
FeO	0,15	3,85	0,70	–		–	–
MnO	sp.	0,99	–	–		2,18	–
MgO	26,71	27,21	16,80	27,5		31,49	31,72
CaO	8,33	2,80	23,53	0,2		–	–
Na ₂ O	0,13	0,06	0,61	–		–	–
K ₂ O	0,06	–	0,05	–		–	–
H ₂ O+	3,77	11,06	2,30	1,5		4,54	4,76
H ₂ O–	0,02	0,19	0,08	–		–	–
CO ₂	7,42	7,46	18,49	–		–	–
Summe	99,96	110,16	99,64	99,3		100,27	100,00
Analytiker . . .				M. Weibel			–
Dichte	–	–	–	2,73		2,6–2,8	2,6–2,8

Kalkulierte Mineralien in %-mol.	Talkgesteine						
				Sc. 45	Sc. 48	Musterprobe	
Talk	82	49,3	52,6	65,5*	82,5*	70,0*	*) Talk + SiO ₂
Kalkspat	10,5	–	34,3	31,5	14,5	23,5	
Dolomitspat	6,0	10,5	9,0	2,0	2,0	5,5	
Albit	1,0	–	4,1	1,0	1,0	1,0	
Chlorit	–	32,5	–	–	–	–	
Magnesit	–	7,4	–	–	–	–	
Magnetit	–	0,3	–	–	–	–	
	100,0	100,0	100,0	100	100	100	
				weiß	grau, schiefrig	Pulver- gemisch	

Kapitel IV

Zur Genese der Nephrit- und Talkvorkommen

1. Das Hauptvorkommen von Scortaseo

a) Die relative Altersfolge auf Grund der geologischen, petrographischen und mineralogischen Beobachtungen

Die in den vorhergehenden Kapiteln dargelegten Beobachtungen führen am ehesten zur untenstehenden Abfolge der tektonischen Phänomene und der Mineralbildungen des Vorkommens, wobei es bei den spärlichen Aufschlüssen, speziell der Kontaktzonen, nicht erstaunlich ist, daß manche Unsicherheiten bestehen bleiben:

1. Markanter Störungsbereich innerhalb der Schuppenzone, am ausgesprochensten zwischen Triasdolomitmarmor und Gneis.
2. Albitisierung der Gneise nahe der Störung¹⁾; am intensivsten unmittelbar am Triaskontakt.
3. Aktivierung der Störung unter Breccienbildung, speziell der massigen Albitfelsbreccien.
4. Nephrit- und Talkbildung in der Kontaktzone zwischen Gneis und Trias (Hauptstörung) unter andauernden Bewegungsvorgängen. Fortdauer der Albitbildung.
5. Hauptnephritbildung (durchgehende Lager bis Linsen) im oder am Dolomit bei schwächer werdender Bewegung.
6. Haupttalkbildung ohne Bewegungen (massige Talkgesteine) in den zwei wichtigsten Störungszonen, Talklinsen in Klüften des Dolomites, beginnende Talkisierung der Nephritlinsen.

b) Die Stellung des Vorkommens Scortaseo zum Malencoserpentin

Ein Nephrit-Talkvorkommen, wie das beschriebene von Scortaseo, gebunden an eine Tektonisierungszone am Kontakt von Triasdolomit mit einem Paragneis (also ohne unmittelbare Nachbarschaft von basischen Gesteinen), ist für die Alpen einmalig, aber auch allgemein nicht beobachtet worden. Es gibt in den Alpen unzählige tektonisierte Kontakte zwischen analogen Gesteinen unter den verschiedensten Metamorphosebedingungen, die keine Andeutung einer solchen Mineralisierung zeigen.

Die Genesedeutung wird erschwert durch den Umstand, daß eine moderne petrographische Bearbeitung des Gebietes fehlt. Im speziellen liegt die Charakterisierung der Gneise, in denen das Vorkommen sich befindet, über 50 Jahre zurück und sollte auch damals hauptsächlich zur Stützung der tektonischen Deutung dienen; es fehlen die heute im Vordergrund stehenden Gesichtspunkte, wie z. B. Gefügestudien. Auch für den ganzen Gebirgsbau muß man sich an die Konzeptionen Staubs halten, die seinerzeit für das große und schwer zugängliche Gebiet eine einmalige Leistung darstellten, heute aber sowohl in großen Zusammenhängen, wie in Detailfragen revisionsbedürftig sind.

Da alle bekannten Nephritvorkommen (siehe Kapitel III) in unmittelbarer Beziehung zu basischen oder ultrabasischen Eruptiva bzw. deren Umwandlungsprodukten stehen, ist es deshalb naheliegend, für Scortaseo Zusammenhänge mit dem an der heutigen Oberfläche bis 1 km an das Vorkommen heranreichenden Malencoserpentin zu vermuten²⁾. Diese Vermutung wird dadurch gestützt, daß zwei große Talkvorkommen des Val

¹⁾ Die im südlichen Alpengebiet stellenweise verbreitete Albitisierung in Bewegungshorizonten ist u. a. von BEARTH (1952) aus dem Monte Rosagebiet eingehend beschrieben und diskutiert worden.

²⁾ Es bestehen nach unserer Auffassung keine Gründe, die ein näheres Herantreten des Serpentinits an das Vorkommen in der Tiefe ausschließen.

Malenco (Nr. 6 und 8 der Übersichtskarte, Fig. 44) ebenfalls an Triasdolomite in allerdings unmittelbarer Serpentinnahe gebunden sind. Indessen fehlt diesen Vorkommen der Nephrit, weshalb sie weniger außergewöhnlich erscheinen. Vor der Genesediskussion sei deshalb der Malencoserpentin kurz charakterisiert.

Der Serpentin von Val Malenco

Der Malencoserpentin ist eine der größten Serpentinmassen der Alpen, auf etwa 100 km² Oberfläche aufgeschlossen. Nach Staub befindet sie sich in der «Muldenzone» zwischen der liegenden Surettadecke und der hangenden Margnadecke (siehe die Fig. 44 und die Ausführungen Seite 54).

Allgemein wird der Malencoserpentin heute, wie bereits Staub feststellte, als Glied der mesozoischen Ophiolite, das die umgebenden älteren Gesteine kontaktlich beeinflusste (S. 31), aufgefaßt. Seine heutige Stellung läßt ihn als passives Element des regionalen Deckenbaues erscheinen¹⁾.

Weder die Innentektonik noch die Petrographie der Malencomasse sind umfassender bekannt. Aus der Karte und aus Profilen Staubs geht deutlich eine intensive Verfaltung des Serpentinits mit den Nachbarschichten hervor. Viele Beobachtungen lassen auch auf eine stark gefaltete Innentektonik schließen. Folgendes läßt sich über die Petrographie allgemeiner aussagen: Das weit vorwiegende, vielleicht fast ausschließliche Serpentinmineral ist Antigorit in fein- bis grobschuppiger Form. An zahlreichen Stellen wurden Relikte von Diallag beobachtet, große Komplexe (meist die intensiv geschieferten) scheinen als Silikate nur Antigorit zu führen. Die Anwesenheit eines Orthopyroxens wurde von Bodmer-Beder (TARNUZZER, 1902) erwähnt, dieses Mineral wurde aber nicht allgemeiner festgestellt bzw. es wäre nicht mehr erhalten. Magnetit dürfte außergewöhnlich reichlich sein, andere Spinellminerale sind nur ganz sporadisch erwähnt. An verschiedenen Stellen häufen sich asbestführende Klüfte, die bis in die jüngste Zeit ausgebeutet wurden.

Petrographisch eingehender (an vielen Schlifften) wurde nur der östlichste Teil, der ins Puschlav reichende Lappen, untersucht. Das bearbeitete Areal – Region der Steinbrüche Selva und der Asbestvorkommen Quadrada – nimmt vielleicht 0,3% der ganzen Serpentinoberfläche ein. Zudem besitzt es eine etwas außergewöhnliche randliche Stellung. Die Ergebnisse der Untersuchungen (DE QUERVAIN, 1935, 1938, 1945, 1963), ergänzt durch einige neue Feststellungen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Mineralbestand: Antigorit 30 bis über 90% in bevorzugt grobschuppiger, untergeordnet auch feinschuppiger Form; Diallag nahe 0 bis 30% (oft umrandet von Diopsid); Olivin (0 bis 40%); weniger als 10% (in abnehmender Menge): Chlorit, Magnetit, Brucit, Ilmenit, Perowskit, ferner ganz akzessorisch eine Reihe von Ni- und Cu-Mineralien. Das Gefüge ist allgemein gerichtet, besonders charakteristisch sind die nach (100) zerrissenen Pyroxene, Mikrobrecienbildung von Olivin und teilweise Pyroxen, intensivste offenbar wirre Fältelung, abgebildet durch die großen Antigoritblätter. Sehr typisch ist ferner bei den untersuchten Proben der rasche Wechsel im Mengenverhältnis der Gemengteile und des Gefüges.

Für das Ostende des Serpentinits (sicher nicht für den Hauptteil) ist ferner kennzeichnend die intensive Durchaderung (millimeter- bis dezimeterbreit) durch pegmatoide Mineralmassen: Olivin in grobkörniger Form, ± Titanklinohumit und meist Diopsid, dazu relativ viel Apatit und Perowskit. Die mächtigen Gänge machen die Fältelung nicht mit, zeigen aber Kataklase; die dünnen sind dagegen mit dem umgebenden Gestein gefältelt.

Stellenweise (Quadrada) finden sich Areale voller asbestführender Klüfte (mit Chrysotil als Längs- oder Querfaser). Bereits außerhalb des eingehender untersuchten Gebietes tritt der auf S. 57 beschriebene knollen- bis gangartige Nephrit (Fig. 45) innerhalb des Serpentinits auf, im Zusammenhang mit Grammatit-Asbestvorkommen.

Eine Deutung der Altersfolge der erwähnten Phänomene ist schwierig, zudem nicht widerspruchsfrei. Im folgenden sei immerhin ein Versuch gemacht:

¹⁾ Es sei hier immerhin vermerkt, daß für die großen Serpentinmassen der südlichen Alpengebiete schon vormesozoisches Alter (Perm?) postuliert worden ist (HIESLEITNER, 1951).

Tabelle 10

Altersfolge der petrographischen Befunde im Serpentinareal Selva-Quadrada

Zustand vor der Tektonisierung	Diallagperidotit bis Lherzolith in nicht bekanntem Zustand der Serpentinisierung. Gestein starr.
Vorwiegende Tektonisierungsphase	Zerreißen der Diallage, Bildung von Mikrobrecien. Starke Durchklüftung, vermutlich auch Antigoritbildung.
Mineralbildungsphase ohne Bewegung	Ausscheidung der pegmatoiden Olivin-Titanklinohumitgänge, gefolgt von einer Diopsidbildung, evtl. auch Neubildung von Olivin im Gestein (PETERS, 1968).
Erneute Tektonisierung mit Hauptantigoritbildung	Intensivste Fältelung der Hauptmasse. Gleichzeitig Bildung der großen Antigoritblätter. Zertrümmerung in den Olivinängängen.
Kataklastische Phase mit Mineralisierung	Klüftung des Serpentinites (größenteils weitständig). Arealweise Ausscheidung des Chrysotilasbestes.

Diese komplexe Geschichte verlangt die Annahme von Lösungs- bzw. Schmelzewanderungen im Gestein, von denen man Einflüsse auch auf Gesteine außerhalb der basischen Masse postulieren darf. In welcher Art und in welchem Ausmaße die metamorphen Prozesse (regionale Thermo-Dynamometamorphosen) verliefen, ist aus unseren Beobachtungen schwer zu sagen. Es könnte sich sowohl nur um eine starke Metamorphose gehandelt haben, die den Antigoritserpentin aus einem ursprünglichen Lherzolith erzeugte, als auch um mehrere Metamorphosen, die sich gegenseitig schrittweise überprägten. Der Serpentin ist heute ein äußerst kompaktes Gestein mit einer Wasseraufnahme von fast null, was während den Umwandlungsphasen nicht der Fall sein konnte.

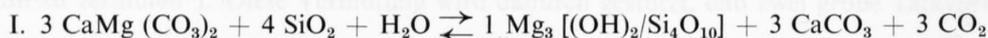
Es erscheint naheliegend, die Feinfältelung des Serpentinites mit der analogen Fältelungstextur der benachbarten Malojagneise in Beziehung zu bringen. Dem stehen aber die postulierten Zusammenhänge der Metamorphose der ultrabasischen Masse mit der Nephrit- und Talkbildung entgegen. Die Gneisfältelung ist offensichtlich älter als die nephritführenden Störungszonen, während die Fältelung des Serpentinites in die letzte Metamorphosephase gehört. Immerhin wäre es von Interesse, diese Frage durch Gefügestudien näher zu ergründen.

c) Allgemeine Betrachtungen zur Talk- und Nephritbildung in Karbonatgesteinen

Zunächst möchten wir das Hauptvorkommen von Scortaseo diskutieren. Die Paragenesen innerhalb der Sedimente, der Talk- und Nephritlinsen sowie der am Kontakt befindlichen Malojagneise geben uns einen Temperaturbereich für die Grünschieferfazies der regionalen Metamorphose oberhalb 400 °C an.

WINKLER (1967) erläuterte in seinem Kapitel über metamorphe Mineralreaktionen karbonatischer Gesteine zwei niedrigtemperierte Reaktionen, deren Ausgangsgestein ein kieseliges Dolomit und deren Endprodukte Talk und Grammatit darstellen.

In unserem Fall war das Ausgangsgestein ein Dolomitmarmor am tektonischen Kontakt zu den Malojagneisen. Auf die Dolomitisierung dieser Sedimente wollen wir nicht näher eingehen. Aus lithologischen und faziellen Vergleichen mit anderen triadischen Sedimenten können wir den Dolomit als frühere Bildung voraussetzen. Wie wir aus den Quarz-Salbändern der Talklinsen, aus den feinkristallinen Quarzaggregaten in den Klüften des Nebengesteins sowie in Nephrit- und Talkgesteinen selbst feststellen konnten, dürfen wir eine ehemalige Zufuhr von Kieselsäure annehmen. Außerdem haben wohl Wasser und weitere Ionen eine Rolle gespielt. Die erste Reaktion, die auf unseren Störungen verlaufen sein könnte, hätte etwa folgendermaßen ausgesehen:

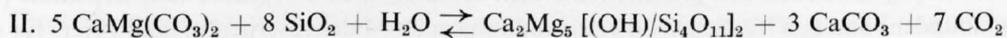


Nach experimentellen Daten beträgt für diese Reaktion unter isobaren Bedingungen von 2000 Bar Gasdruck und bei dem Molenbruch $X_{\text{CO}_2} = 0,3$ die Gleichgewichtstemperatur etwa 425 °C. Je nach dem Molenbruch von X_{CO_2} von 0,3 bis 0,78 kann sich die Temperatur bis auf 500 °C erhöhen.

WINKLER (1967) erklärt zusätzlich: «Da bei der Metamorphose nach obiger Reaktion mehr Mole an Gasphase erzeugt als verbraucht werden, wird sich in den Poren des Gesteins ein Gasdruck aufbauen, der größer als der Belastungsdruck ist; es ist anzunehmen, daß der Überdruck durch Kapillare und Risse in das Nebengestein abgelassen werden kann. Wie groß das X_{CO_2} ist, welches während der Zeit des größten Umsatzes der Reaktion wirksam war, kann man kaum abschätzen.»

Daß dies bei unserer Talkbildung eine Rolle gespielt haben könnte, beweisen die feinen Quarzaggregate von überschüssiger Kieselsäure auf feinen Rissen und Klüften im Nebengestein.

Als nächste Reaktion, die in der Natur erfolgt sein kann, aber noch nicht experimentell untersucht wurde, ist die Bildung von Grammatit + Calcit aus Dolomit, Quarz und Wasser nach folgender Gleichung:



Hierbei wird, bezogen auf die Quarzmenge, weniger Dolomit und nur die Hälfte an H_2O verbraucht als bei der Reaktion I. Die zweite Reaktion wird bei geringerer Wassermenge den Vorzug haben.

WINKLER vermutet, daß die isobare Gleichgewichtskurve ab mittleren Werten von X_{CO_2} bei niedrigeren Temperaturen verläuft und weniger abhängig von X_{CO_2} ist als diejenige der behandelten Talkbildung. Ob sich die beiden Prozesse nacheinander oder gleichzeitig metasomatisch abgespielt haben könnten, so wie es das Experiment angibt, bleibt offen. Es könnte auch nur ein Prozeß abgelaufen sein. In ihren kristallographischen Untersuchungen über Talk und Tremolit (Grammatit) wiesen STEMPLE und BRINDLEY (1960) auf die enge strukturelle Beziehung zwischen diesen Mineralien hin. Es könnte sich auch eine partielle Umwandlung von Grammatit zum Talk nach folgender Formel vollzogen haben:



wobei die strukturellen Beziehungen erhalten blieben. Das freiwerdende CaO wurde dann mit dem wahrscheinlich noch vorhandenen CO_2 als CaCO_3 ausgeschieden. Indizien für diese Variante könnten die Talkumhüllungen der Nephritlinsen sein. Der Talk liegt dabei wahrscheinlich in blättriger als auch faseriger Ausbildung vor.

Welcher Art die Ausgangsreaktion in Wirklichkeit war, so wurde doch nicht nur Kieselsäure, Magnesium (die Menge von zugeführtem Magnesium läßt sich nicht abschätzen) und Wasser zugeführt, sondern auch andere Ionen wie Natrium, Eisen, Sulfate, Phosphate, Sulfide, Titanate und Vanadate. Dies bezeugen einerseits die hohen Natriumgehalte und Apatitgehalte sowie Eisensulfide am Kontakt der Störungszone A gegen die Malojaserie.

Nach diesen Vergleichen mit den experimentellen Versuchen wäre eine metasomatische Entstehung der Nephrit- und Talklagerstätte von Scortaseo durchaus denkbar. Eine isochemisch verlaufene, rein metamorphe Reaktion wäre theoretisch zu erwägen, da wir z. B. in den Profilen am Pilinghell in den Dolomitmarmoren einige eingeschaltete Quarzitlagen vorfinden. Dort wurde jedoch kein Nephrit oder Talk gefunden. In Scortaseo gibt es zudem keinerlei Relikte ehemaliger Quarziteinlagerungen. Metamorphe Bildungen solcher Art wurden z. B. von BIANCONI (1968) von der Typuslokalität unseres Vergleichsmaterials am Campolungo beschrieben. Die Diskordanz unserer Nephrit- und Talklinsen widerspricht einer isochemisch verlaufenen Reaktion. Somit müssen wir eher eine Herkunft von Lösungen aus dem nahegelegenen Malencoserpentin diskutieren.

d) Mögliche Herkunft einer Stoffzufuhr aus dem Malencoserpentin

Zu Beginn unserer genetischen Ausführungen beschrieben wir die Stellung des Vorkommens von Scortaseo zum Malencoserpentin und faßten die wichtigsten petrographischen Merkmale dieses Serpentinits kurz zusammen.

Bei Serpentinisierungsvorgängen kann eine Bildung freien Eisens, Magnesiums und Kieselsäure theoretisch in den verschiedensten chemischen Reaktionsgleichungen (siehe TURNER und VERHOOGEN, 1960, und PETERS, 1963) nachgewiesen werden. Praktisch kann man über diese Reaktionen noch sehr wenig aussagen und für unsere Betrachtungen ableiten, da einerseits noch keine moderne chemisch-petrographische Untersuchung

des Malencoserpentins vorliegt, andererseits chemische Untersuchungen an Olivinen, Ortho- und Klinopyroxenen sowie Serpentinmineralien und deren metamorphe Neubildungen mit Hilfe der Röntgenanalyse und Elektronenmikrosonde erst am Anfang stehen. In metamorphen Serpentiniten scheinen vor allem relik-tische primär erhaltene Mineralien und deren sekundäre Neubildungen über ehemalige Stoffwanderungen bessere Auskünfte zu geben als die Pauschalchemismen der heutigen Gesteine. So erfuhren wir in einer neuen Arbeit von PAGE und COLEMAN (1967) einige detailliert untersuchte Chemismen von Serpentinmineralien. In einer Arbeit von PETERS (1968) wurden die von DE QUERVAIN (1963) für den Malencoserpentin optisch fest-gestellten Phänomene zwischen primären und sekundären Klinopyroxenen mit Hilfe der Elektronenmikro-sonde näher untersucht. Dabei ergaben die jüngeren umgewandelten Klinopyroxene wesentlich geringere Gehalte an Na_2O und Al_2O_3 . Zwischen den primären Olivinen des kaum metamorphen Totalserpentins (bei Davos, Kanton Graubünden) und den fraglichen Olivinneubildungen im Malencoserpentin fand Peters für die Hauptelemente keine entscheidenden quantitativen Unterschiede.

Aus solchen Arbeiten sehen wir jedoch eine gewisse Tendenz ehemaliger Stoffwanderungen während der Metamorphose. Weder aus unseren Untersuchungen noch aus den vorangegangenen Betrachtungen können und wollen wir über die komplizierten Serpentinisierungsvorgänge und der damit eventuell freiwerdenden Stoffe feste Aussagen machen. Eine Zufuhr einiger Stoffe aus dem Malencoserpentin während der alpinen Metamorphose, die zu der metasomatischen Talk- und Nephritbildung führten, erscheint uns denkbar. Etwas einfacher dürften die Vorgänge liegen, die zur Nephritbildung in den Kontaktzonen am bzw. innerhalb des Malencoserpentin liegen. (Nr. 2, 3, 4 und 5, Fig. 44). Bei diesen Vorkommen handelt es sich ja nicht um reine Grammatit-Nephrite, sondern um die eisenhaltigeren Aktinolith-Nephrite. Ihre Bildung steht wohl im direk-ten Zusammenhang mit den Serpentiniten. Ihre Entstehung dürfte ähnlich gewesen sein wie die der Oberhalb-steiner Nephrite, die im folgenden Abschnitt behandelt werden.

2. Die Oberhalbsteiner Nephritvorkommen

Alle Oberhalbsteiner Nephritvorkommen sind an tektonische Kontakte innerhalb oder randlich größerer Serpentinittvorkommen der oberpenninischen Platta Decke gebunden.

An dieser Stelle wollen wir zunächst auf einen anderen wichtigen Faktor, der die Nephritbildung förderte und bei allen makro- und mikroskopischen Genesedeutungen vieler Autoren (siehe Tab. 6) schon zum Aus-druck kam, eingehen. Für die Ausbildung einiger faseriger, feinstengeliger und schuppiger Mineralien sind nicht nur allseitige (hydrostatische) Drucke und Temperaturen maßgebend, sondern andauernde gerichtete Bewegungen innerhalb dieser Bedingungen. Entscheidend für diese Aussage sind alle Nephrit- und Talkvor-kommen, die im Zusammenhang mit alpinotypen Serpentiniten stehen. Die Störungszonen und tektonischen Horizonte sind natürliche Wege für die Zirkulation von Lösungen.

Die Oberhalbsteiner Serpentinite stellen ohne Zweifel die typisch wenig metamorphen Ophiolithserpen-tinite dar, die eng mit Gabbros und basischen Vulkaniten vergesellschaftet sind. Sie setzen sich vor allem aus einer Lizardit-Clinochrysozil-Paragenese zusammen, die neben teilweise umgewandelten Orthopyroxen, Klinopyroxenen (Diallag), Spinelle und Erz enthalten. Auf feinsten Klüften und Rissen im Serpentinitt sind fast immer Clinochrysozil, Aktinolith, Brucit, Kalkspat, Dolomit und Erze ausgebildet. Primärer Olivin existiert in diesen Serpentiniten nicht mehr. Bei einer ehemaligen Umwandlung von Olivin und Orthopyroxen zu Lizardit und Clinochrysozil dürfte etwas Kieselsäure, Magnesium und vor allem Eisen freigeworden sein. Es wäre möglich, daß diese Stoffe eine Bildung von Nephrit unter Zufuhr von Calcium bedingten.

In den Störungszonen finden wir neben Nephrit folgende Paragenese: Grammatit bis Aktinolith, Clino-chrysozil, Talk und Chlorit, d. h. sehr wasserhaltige Calcium- und Magnesiumsilikate. Die wahrscheinliche Entstehung der Oberhalbsteiner Aktinolith-Nephrite weicht als chemische Reaktion von denen in Scortaseo stark ab, da wir aufgrund von fehlenden Dolomitvorkommen keine Reaktionen zwischen Kieselsäure und Dolomit annehmen können. Dagegen liegen diese Fe- und Al-reicheren Aktinolith-Nephrite meist an tektoni-schen Kontakten zwischen Serpentiniten und kalkreichen gabbroiden Gesteinen, Diabasen und Kalkschiefern, deren Pauschalchemismus nur teilweise den ursprünglichen Kalkgehalt aufweist. So könnten neben Kalkspat,

basischen Plagioklasen auch Pyroxene den Kalk geliefert haben, d. h. die gabbroiden Einschlüsse im Serpentin könnten teilweise in feinfilzige Aktinolith umgewandelt worden sein.

Diese Annahmen belegen vor allem die akzessorischen Mineralien von Chlorit, Clinopyroxenen, Spinelle mit Reliktstrukturen und andere Eisenerze. TURNER (1932) faßte in einer vergleichenden Studie die schon von FINLAYSON (1909) gut bearbeiteten neuseeländischen Nephritfunde als Umwandlungsprodukte aus Pyroxeniten unter mehrphasigem «stress» auf. Diese Nephrite stimmen im mineralogischen Habitus mit den Oberhalbsteiner Funden gut überein.

Wichtig erscheint uns also, daß sowohl die Grammatit-Varietät von Scortaseo als auch die Aktinolith-Nephrite an Bewegungsflächen und Zonen gebunden sind, die sicher zu diesen feinfilzigen und faserigen Ausbildungen einen großen Beitrag lieferten.

Insofern dürfen wir bei der Bildung der Oberhalbsteiner Nephrite sowohl von einer metasomatischen Wirkung, eventuell eines leichten kontaktmetamorphen Einflusses als auch einer dislozierenden Wirkung reden. Wie weit die Reaktionen an den Kontakten iso- oder allochemisch verlaufen sein mögen, können wir nicht aussagen. Die petrographisch-mineralogischen Untersuchungen dieser Gesteine erlauben beide Deutungen.

Somit kann man wohl für diese Bildungen die schematisierten Begriffe von Metasomatose und Metamorphose eigentlich gar nicht recht gebrauchen.

Zum Schluß möchten wir nochmals auf die genetischen Ausführungen KALKOWSKYS (1906) über die Nephrite Liguriens und PREISWERKS (1926) über die Vorkommen im Val d'Hérens hinweisen, denen wir uns, wie die obigen Darlegungen zeigen, weitgehend anschließen können.

3. Das Alter der Nephrit- und Talkbildungen

a) Scortaseo

Die geologische Alterseinstufung einer Lösungszufuhr, die zur Nephrit- und Talkbildung führte, läßt sich nur bis zu einem gewissen Grade rekonstruieren. Vor den alpinen Faltungsphasen, d. h. etwa zu Beginn der Oberkreide, dürften diese Vorgänge nicht stattgefunden haben, da die Ausbildung verruschelter, teils diskordanter Störungszonen dagegen spricht. Die mit der Nephritbildung verbundene Albitisierung von Störungszonen und ihres Nebengesteins ist ein im südlichen Alpengebiet weitverbreitetes Phänomen, deren Ursprung noch nicht abgeklärt ist, aber deren zeitlicher Ablauf während der alpinen Orogenese einzustufen ist. Die obere zeitliche Grenze ist für das Vorkommen von Scortaseo sehr schwer abzuschätzen, da bis heute keinerlei Funde eines entsprechenden Nephritgesteins aus der südalpiner Molasse oder aus eiszeitlichen Ablagerungen bekannt wurden.

b) Oberhalbstein

Aufgrund der obigen Ausführungen (siehe S. 66) könnte man die zeitliche Entstehung der Oberhalbsteiner Nephrite in und an tektonischen Kontakten der Serpentinite als syngenetische Bildungen zu den alpinen Faltungsphasen (für die Platta Decke im Stil einer Gleitbrett-Tektonik) auffassen. Aus der nordalpiner Molasse fanden wir eine Nephritangabe (VON MOOS, 1935). In tortonischen Sandsteinen der ostschweizerischen Molasse zwischen Reuß und Rhein traten diese feinfilzigen Hornblenden neben Serpentinmineralien akzessorisch auf. Auch dürfte die «Ophiolith-Nagelfluh» (obere Süßwassermolasse = Torton bis Sarmat), die zweifelsohne die typischen Oberhalbsteiner Ophiolithe der höchsten Platta-Schuppen enthält, eine sichere obere Begrenzung darstellen.

Bessere Aussagen über das absolute Alter der mit der alpinen Orogenese verbundenen regionalen Thermodynamometamorphose dürften K-Ar-Altersbestimmungen an den Nephriten bringen. Wahrscheinlich eignen sich diese Amphibole gerade aufgrund ihrer Reinheit dazu sehr gut.

Kapitel V

Die Bedeutung und Anwendung des Nephrits

Von G. Groß

Auf Grund welcher Kennzeichen und vermöge welcher Begabung sich die Pfahlbauer unseres Landes das Rohmaterial für ihre Steinwerkzeuge aus einer Unmasse gleichförmigen Geschiebes auswählten, ist uns unbekannt. Fest steht, daß sie sich den bevorzugten Nephrit aneigneten und ihn mit ebenfalls dem Boden entnommenen Hilfsmitteln zu bearbeiten verstanden. Da sich Nephrit seiner Festigkeit und Zähigkeit wegen weder zuschlagen läßt wie Silex, noch klopfen wie beispielsweise Diorit oder Serpentin, so wurde er, wie Schnittspuren verraten, zersägt und dann auf Sandsteinflächen aufs Feinste zugeschliffen. Als Sägeblatt dienten dünne Steinplatten, denen beim Arbeiten, wie man annimmt, nasser Quarzsand zugeführt wurde.

Beinahe gleichzeitig und vermutlich mit denselben Mitteln ist der Nephrit auch in China verarbeitet worden. Während er jedoch in Europa als Rohstoff vom Metall verdrängt wurde und der Kenntnis seiner Bewohner vollständig entglitt, galt dem Chinesen bis in die neueste Zeit herein der Stein «Yü» als das kostbarste Material, ja als die edelste irdische Substanz¹⁾. Dieser Verehrung entsprachen die ungeheuren Preise, welche für Rohblöcke von gewisser Farbe bezahlt worden sind, entsprachen aber auch Kunstsinn, Einfühlungsvermögen und handwerkliches Können der chinesischen Jadeschneider, die sich einer rotierenden Spindel mit Fußantrieb bedienten (Fig. 48). Die für ihre Erzeugnisse gebräuchliche Bezeichnung Jadeschnitzerei ist irreführend, da



Fig. 48 Die Schleifbank des chinesischen Jeadarbeiters.
Ein primitiver Fußantrieb setzt eine rotierende Spindel mit auswechselbarem Instrument (Bohrer, Schleifscheibe, Polierscheibe) in Bewegung.
(Photo aus HANSFORD, 1950)

sich weder Nephrit noch Jadeit mit Messer oder Meißel bearbeiten lassen; die Arbeitsgänge bestehen in Sägen, Bohren, Schleifen und Polieren, wobei als Schleifmittel Quarz (Gelbschleifsand) und Granat (Rotschleifsand), als Poliermittel Harz verwendet wurden. In kindlichem Alter stehende Lehrlinge zertrennten die Rohsteine mittels einer riesigen Spannsäge, Sand und Wasser.

Durch Kleinkunstwerke in Form von Symbolen, Figuren und Gefäßen aus dem Fernen Osten, durch Schmuck und durch archäologische und ethnographische Gegenstände aus Mittelamerika und Neuseeland, welche in europäische Sammlungen gelangten, wurde das Abendland erneut mit dem Stoff Jade bekannt²⁾. Als nun in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Pfahlbauten entdeckt und sehr große Mengen von Beilchen und Meißeln, namentlich aus Nephrit (Fig. 49), geborgen wurden, stellte sich die Frage nach der Herkunft des Rohmaterials. Nephrit-Vorkommen in Europa schienen niemandem bekannt. Wenn daher als Ursprungsort das Kunlun-Gebirge im Süden von Ostturkestan (Sinkiang) genannt wurde, so war diese Annahme nicht unwahrscheinlich, denn der Hauptlieferant des klassischen chinesischen Nephrits, die Stadt Khotan mit ihren sekundären Lagerstätten, liegt nur knapp zweimal so weit vom Ufer des Bodensees entfernt als von Peking.

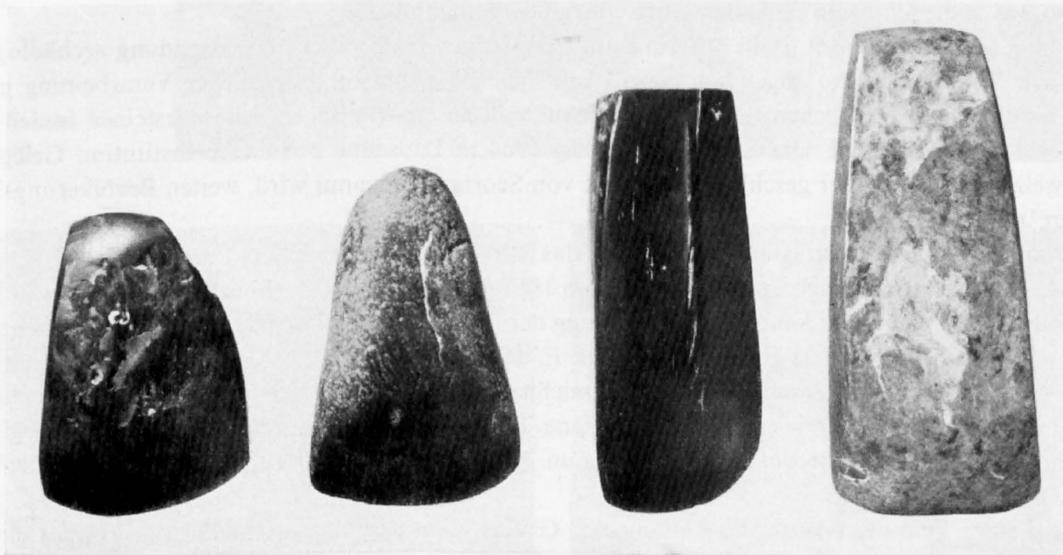


Fig. 49. Nephritbeilchen der Pfahlbauern vom Zürichsee, Fundorte der abgebildeten Beispiele von links nach rechts: Zürich-Bauschanze Zürich-Wollishofen Zürich-Rathaus Obermeilen ZH (Photo Schweiz. Landesmuseum)

R. L. v. FELLEBERG, welcher Steinbeile aus den verschiedenen Schweizer Seen, sowie die ersten von den Gebrüdern Schlagintweit aus Turkestan mitgebrachten anstehenden Nephrite analysierte, vertrat an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn 1869 den Standpunkt, er halte «alle in unsern Pfahlbauten gefundenen Nephrite und Jadeite, trotz gegenteiliger Ansichten verschiedener Gelehrter, welche sie für inländische Gesteine erklären, so lange für aus dem Orient importierte Ware, bis unsere Mineralogen und Geologen deren Vorhandensein, sei es in unsern Gebirgen anstehend, sei es in erraticem Terrain (auch die Nagelfluh inbegriffen) in nicht von Menschenhand bearbeitetem Zustande werden nachgewiesen haben»³⁾.

Dieser Nachweis gelang, wie in Kapitel III dargelegt ist, vierzig Jahre später. Zu den dort erwähnten frühen Hinweisen auf Nephrit am Gotthard kann auch die Tagebucheintragung Goethes gezählt werden, welcher am

1) Unter «Yü» versteht der Chinese den seit Urzeiten benützten Nephrit; unter «Fei-Tsui» den erst im 18. Jahrhundert bekannt gewordenen Jadeit.

2) «Jade» ist ein heute noch geltender Sammelbegriff für Nephrit und Jadeit, welche man erst spät mineralogisch voneinander trennte.

3) R. L. v. FELLEBERG schloß 1865 nicht aus, daß die in Graubünden und Wallis auftretenden Serpentin-, Talk- und Chlorit-schiefergebirge möglicherweise Ausscheidungen von Nephrit aufweisen können.

2. Oktober 1797 am Weg nach Hospental notiert: «Jade in einer Mauer». Goethe, der sich auf jener Schweizerreise «die genaue Betrachtung der Gegenden hinsichtlich auf Geognosie und der darauf gegründeten Kultur» vorgenommen hatte, blickte damals bereits auf 17 Jahre intensiver Beschäftigung mit Mineralogie zurück.

Die Frage, wo die eigentlichen Fundstellen des Steinzeitmenschen innerhalb eiszeitlicher Ablagerungen oder der tertiären bis quartären Flußalluvione von Rhein, Aare und Rhone liegen, bleibt ungelöst, da bis heute weder nephritführende Schotter und Nagelfluhen gefunden noch in rezenten Flußablagerungen danach gesucht wurde. KALKOWSKY (1906) zog als Möglichkeit große Moränenblöcke in Betracht, welche von den Pfahlbauern radikal aufgearbeitet wurden. Für seine Annahme sprach der Umstand, daß an den Nephritwerkzeugen keine Geröllformen zu beobachten waren. Er schätzte die im Bodensee gefundenen Nephritbeile auf 3000 Stück, die Gesamtmenge im Besitze der dort seßhaft gewesenen Uferbewohner auf das Zehnfache und berechnete das hierfür benötigte Rohmaterial auf bloß zwei Kubikmeter Rauminhalt. Was gegen die Annahme einzelner Nephritvorkommen in großen Moränenblöcken spricht, ist die Art der Lagerungsverhältnisse (siehe S. 56–59). Erstens sind die Mächtigkeiten der heute gefundenen Nephritvorkommen viel kleiner und zweitens weisen die tektonischen Kontakte, in denen Nephritlinsen stecken, keinerlei Festigkeit auf und zerfallen sehr rasch. Uns erscheint eine ehemalige Suche nach Nephritgeröllen in den ophiolithführenden Flüssen, so wie es die Chinesen noch heute betreiben, eher annehmbar.

Seit dem Ende der Steinzeit ist in unserm Lande, von einer gelegentlichen Verwendung archäologischen Materials für Schmuckzwecke abgesehen, gewiß kein Nephrit mehr zu gewerblicher Verarbeitung gelangt. Heute bildet er einen wesentlichen Bestandteil der Auswahl an einheimischen Schmucksteinen in den Läden des Schweizer Heimatwerkes. Die Landesausstellung 1964 in Lausanne bot dieser Institution Gelegenheit, den «Schweizer Jade», wie der geschliffene Nephrit von Scortaseo genannt wird, weiten Bevölkerungskreisen vorzulegen.¹⁾

Jahrelang hatte sich der Verfasser vergeblich für das Schweizer Heimatwerk im Puschlav und im Oberhalbstein nach verwertbarem Nephrit umgesehen, bis ihm 1958 durch Herrn O. Jochum in Poschiavo zwei Proben dieses Minerals übergeben wurden, welche zwar wenig der üblichen Vorstellung des Nephrits als eines dunkelgrasgrünen Gesteins entsprachen. Herr Professor Dr. F. de Quervain war in der Lage, den genauen Fundpunkt auf der Karte anzugeben. Ein erster Besuch der bezeichneten Stelle im Juli 1962 traf unerwartet günstige Verhältnisse an. Der kurz vorher wieder aufgenommene Talkabbau brachte es mit sich, daß der begleitende Nephrit notgedrungen mitgebrochen wurde und nun die Abraumhalde in Blöcken verschiedenster Größe bedeckte.²⁾

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte die Leitung der Grubenunternehmung «Mineraria» nicht an eine Verwertung dieses Abfallproduktes gedacht. Die Erfahrung lehrte dann allerdings, daß sich nur ein sehr kleiner Teil des zur Verfügung stehenden Gesteins zu Schleifzwecken eignet. Heute unterscheidet man im Heimatwerk bis zu sieben Sorten oder Varietäten, von denen einzelne am gleichen Block auftreten können. Für gewöhnlich aber liegen sie in getrennten Stücken kunterbunt auf der Halde, wo sie sich allein bei Regenwetter einigermaßen deutlich vom umgebenden Schutt abheben. Die am häufigsten vorkommenden Sorten sind für eine Bearbeitung zu brüchig oder sie zeigen eine unansehnliche graulichgrüne Steinfarbe. Marmorisierte Partien und Talkgehalt beeinträchtigen die bei hellen Farbtönen besonders hohe Lichtdurchlässigkeit und verhindern eine gute Politur.

Das Heimatwerk, welches die Edelsteine seiner Schmuckabteilung nach Möglichkeit im eigenen Lande schleifen läßt, sah sich beim Nephrit vorerst genötigt, die Hilfe deutscher Fachleute in Anspruch zu nehmen. Es darf sich dabei auf die sachkundige Beratung und Vermittlung von Herrn Dr. H. Bank in Idar-Oberstein stützen. Das Hauptgewicht legte es von Anfang an auf die Herstellung von Halsketten. (Fig. 50, 51 und 53). Hier zeigte sich, daß bei modernmaschinellem Arbeitsprozeß ein viel zu großer Anteil an Kugeln zerspringt, während ein altväterisch eingerichteter Familienbetrieb mit dem Schweizer Material rationeller arbeitet.

1) Nach ZAPPE (1804) wurde seinerzeit als «Schweizer Jade» der sogenannte «magere» Nephrit bezeichnet, der u. a. im Genfersee, angeblich auch im Lauterbrunnental gefunden wurde. Die angegebene Dichte von 3,320–3,380 weist auf Jadeit hin. Der «fette» Nephrit von der Dichte 2,894 werde, heißt es ebenda, u. a. in Deutschland in kleinen Partien im Serpentin, in Schottland nesterweise im Dolomit gefunden.

2) Der Talk wird mit Lastwagen nach Sondrio im Veltlin geführt und dort zusammen mit Material aus dem Val Malenco vermahlen; er findet Verwendung u. a. in der italienischen Papierindustrie. Eine gewisse Menge wird auch für Kunststeinsand gebraucht (Mitteilung von Herrn R. Hangartner, Hans Zimmerli, Mineralmahlwerk AG, Zürich).

Fig. 50. Die Entstehung einer Halskette aus Nephrit von Scortaseo. Die mit der Diamantsäge geschnittenen Würfel werden in den Rillen eines Sandsteinrades roh zugeschliffen (ebochiert), wobei der Schleifer auf einem Bock liegend sein ganzes Gewicht einsetzt.



(Photo-Reusse, Idar-Oberstein)



Fig. 51. Nach dem Feinschliff erfolgt das Polieren, wobei mehrere Kugeln zugleich, auf einem Brettchen rotierend, gegen eine Holzwalze gehalten werden.

(Photo-Reusse, Idar-Oberstein)



Fig. 52. Der Schalschleifer ist mit anderen Apparaturen eingerichtet als der Kugelschleifer. Man erkennt dasselbe Prinzip wie in China.

(Photo-Reusse, Idar-Oberstein)

Er lieferte dem Heimatwerk bis heute über 22000 Kugeln, was ungefähr 400 Halsketten entspricht. Demgegenüber fallen die übrigen Erzeugnisse wie Schälchen, Kassetten, Anschliffe für Sammler usw. weniger ins Gewicht. (Fig. 52 und 54). Cabochons für Gold- und Silberschmuck und für den Andenkenverkauf fertigt ein junger, in Idar ausgebildeter Edelsteinschleifer aus dem Zürcher Oberland an. Der vom Schweizer Heimatwerk anfänglich gehegte Plan, im Val Poschiavo eine Jadeschleiferei ansässig zu machen, ließ sich einstweilen nicht verwirklichen.

Der Nephrit von Scortaseo in Graubünden ist unseres Wissens der einzige in Europa, welcher zurzeit gewerblich genutzt wird. Vor dem Zweiten Weltkrieg betrieb die «Jordansmühler Nephrit-Gesellschaft» den Abbau des bekannten niederschlesischen, jetzt auf polnischem Boden liegenden Vorkommens von Jordanow Slaski (Jordansmühl). Die Ausbeutung wurde, gemäß freundlicher Mitteilung des Handelsbeauftragten der polnischen Botschaft in Bern, nach dem Kriege für längere Zeit wieder aufgenommen, wobei die Förderkapazität monatlich etwa 50 Kilo fertiger Schleifware betrug. Gegenwärtig steht das Werk still, was in Anbetracht des schönen, meist dunkelgrünen und lebhaft gemusterten Materials zu bedauern ist.

Vergleichen wir die Farben unseres Schweizer Jadeschmuckes (siehe Fig. 53) mit geschliffenem Material anderer Herkunft, so ergeben sich interessante Feststellungen. Fürs erste fehlt dem Nephrit von Scortaseo durchaus das saftige, oft ins Olivfarbene, oft ins Schwärzlichblaue ziehende Grün, welches fast alle übrigen im Handel befindlichen Nephrite kennzeichnet wie z. B. jene von Wyoming (USA) und Neuseeland. Desgleichen ist der von den Russen hochgeschätzte sibirische Nephrit «spinatgrün», wie der Chinese sich ausdrückt. Dessen Liebe galt keineswegs immer den starken Farben. Über lange Epochen hinweg bevorzugte er ein Weiß «wie Hammelfett», ein Gelb «wie Butter», Molkenfarbe und liches Grün. Suchen wir in der Literatur Beschreibungen entsprechenden Materials, so stoßen wir auf Khotan in Ostturkestan, in dessen Flüssen unter Aufsicht chinesischer Mandarine nach Nephritgeröllen solcher Art getaucht worden ist. Dieser hellen, durchscheinenden Qualität kommt offenbar der Nephrit von Scortaseo am nächsten, dessen Haupteindruck ein reines, schönes, oft ins Gelbliche ziehendes Lichtgrün ist. Es bewegt sich über Seladongrün gegen bläuliche Berylltöne und zu Perlgrau, seltener zu Schwarz.

Die Frage, ob es sich beim Khotan-Nephrit und den hellen Abarten vom Kunlun, welche H. FISCHER (1886) erwähnt, ebenfalls um einen eisenfreien Grammatit-Nephrit handle, wäre vielleicht der Prüfung wert. Gewiß ist, daß einzelne alte Stücke chinesischer Jadesammlungen mit unserm Nephrit in der Farbe beinahe übereinstimmen. Nirgends anzutreffen ist dagegen die bei letzterem auftretende, mehr oder weniger ausgeprägte Tüpfelung, welche einmal einem Netzwerk, ein andermal einem Schuppenmuster oder einer feinen Körnung gleicht. Durch den Farbgegensatz zur menschlichen Haut, die Harmonie zu fast allen Kleiderfarben und durch ihre Lichtaufnahme kommen die blassen Steine zu einer unerwartet kostbaren Wirkung.

Wie lange der Talkabbau auf Scortaseo vonstatten gehen wird und dadurch die Voraussetzung zur Beschaffung des Nephrits als Rohmaterial erhalten bleibt, ist ungewiß. Immerhin wäre es möglich, auf der Halde für viele Jahre, vielleicht Jahrzehnte brauchbares Material zu gewinnen. –

Es sind hier nur die beiden wichtigsten allgemeinen Anwendungen des Nephrits zur Sprache gekommen: erstens die prähistorische als «Beilstein», welche bei Zwergvölkern der Südsee ihre Fortsetzung bis in die Gegenwart gefunden hat und die besonders in der Schweiz und in Deutschland eine gewisse ethnographische Bedeutung erlangte; zweitens die kunstgewerbliche Anwendung, welche heute weltweite Verbreitung hat und deren Ursprung im Orient dem religiösen Kult verhaftet zu sein scheint.

Die bereits in der Antike vorhandene Bedeutung des Nephrits als eines magischen Heilmittels verschaffte dem Mineral dann schließlich seinen jetzigen Namen: νεφρος = Niere. Noch zu Linnés Lebzeiten gehörte das Mineral zum Arzneischatz unserer Apotheken. In der Wiener Ausgabe von Linnés Natursystem 1770 ist außer dem «äußerlich medizinischen» kein weiterer Gebrauch des Nephrits angeführt.

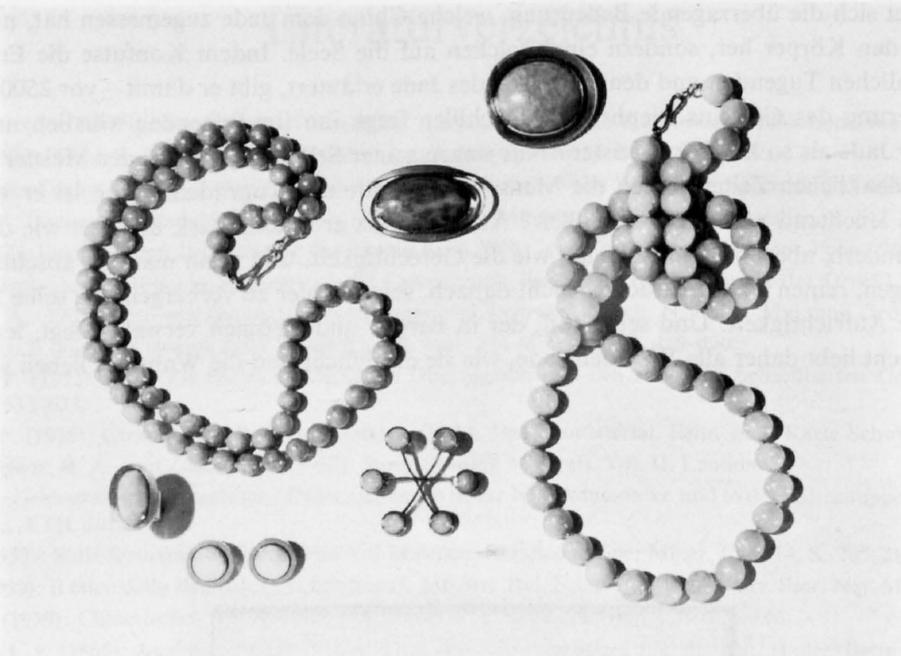


Fig. 53. Jadeschmuck des Schweizer Heimatwerkes Zürich aus lichten und dunklen Varietäten des Puschlaver Nephrits: Halsketten, Broschen, Ring und Manschetten-Knöpfe; in Gold und Silber gefaßt, (verkleinert). (Photo Schweizer Heimatwerk)



Fig. 54. Große Jadeschale von 19 cm Länge und kleines, kreisrundes Schälchen. Trotzdem der Nephrit im allgemeinen und derjenige von Scortaseo im besonderen nicht leicht zu bearbeiten ist, gehen aus der Hand des Schalschleifers immer wieder erstaunlich dünnwandige, lichtdurchlässige Gebilde hervor. (Photo Schweizer Heimatwerk)

Dagegen leitet sich die überragende Bedeutung, welche China dem Jade zugemessen hat, nicht von einer Einwirkung auf den Körper her, sondern einer solchen auf die Seele. Indem Konfutse die Entsprechungen zwischen menschlichen Tugenden und den Vorzügen des Jade erläutert, gibt er damit – vor 2500 Jahren – eine treffende Schilderung des Gesteins Nephrit. Der Schüler fragt ihn (im folgenden wörtlich nach PRODAN): «Warum gilt der Jade als so kostbar, Meister? Nur wegen seiner Seltenheit?» Und der Meister: «Nein, nicht deshalb. Seit undenklichen Zeiten finden die Menschen im Jade alle Tugenden. Denn ist er vielleicht nicht weich, sanft und leuchtend wie das Wohlwollen? Außerdem ist er schön, stark und fest wie die Intelligenz, scharf an den Rändern, aber nicht schneidend, wie die Gerechtigkeit, und wenn man ihn anschlägt, antwortet er mit einem langen, reinen Ton. Er trachtet nicht danach, seine Fehler zu verbergen, die seine Schönheit nur erhöhen, wie die Aufrichtigkeit. Und sein Stoff, der in Bergen und Strömen verwahrt liegt, leuchtet wie die Himmel. Mit Recht liebt daher alle Welt den Jade, wie sie die Pflicht und die Wahrheit lieben sollte.»



Fig. 55. Chinesischer Holzschnitt vom Jahre 1637: Im Grünjadefluß in Ostturkestan (Sinkiang) sammeln Frauen die vom Kunlun-Gebirge herabgeschwemmten Nephritgerölle. (Photo aus HANSFORD, 1950)

Literaturverzeichnis

- AMERICAN SOCIETY for Testing Materials (ASTM) (1964): Index (Inorganic) to the Powder Diffraction File. Philadelphia.
- ARZRUNI, A. (1883): Neue Beobachtungen am Nephrit und Jadeit. Zeitschr. f. Ethnologie, XV.
- BAUER, M. (1896): Edelsteinkunde, Leipzig, S. 514–523, (1932) bearbeitet von K. Schloßmacher, S. 640–646.
- BAUR, M. (1914): Nephrit und Jadeit. C. Doelter's Handbuch der Mineralchemie, 2. pt. I, Dresden, S. 649–704.
- BEARTH, P. (1952): Geologie und Petrographie des Monte Rosa. Beitr. geol. Karte Schweiz, Neue Folge, 96.
- BIANCONI, F.: Geologia e petrografia della regione del Campolungo, Beitr. geol. Karte Schweiz (im Druck).
- BODMER-BEDER, A. (1902): Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen. N. Jahrb. Min. und Geol., Beil. XVI.
- CONTI, U. (1956): Il talco e la steatite della Valmalenco. L'industria Mineraria, S. 459–470.
- CORNELIUS, H. P. (1912): Über die rhätische Decke im Oberengadin und den südlichen benachbarten Gebieten. Centralblatt Min. 20, S. 632–638.
- CORNELIUS, H. P. (1935): Geologie der Err-Julier-Gruppe. Teil I, Das Baumaterial. Beitr. geol. Karte Schweiz, Neue Folge, 70.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J. (1962): Rock-forming Minerals. Vol. II, London.
- EGLI, W. (1966): Geologisch-petrographische Untersuchungen in der NW-Aduladecke und in der Sojaschuppe. (Bleniotal, Kanton Tessin). Diss. ETH Zürich.
- FAGNANI, G. (1958): Sulle formazioni talcose della Val Malenco. Rendiconti Soc. Miner. Ital., 14, S. 205–214.
- FAGNANI, G. (1959): Il talco della Bagnada (Val Lanterna). Atti Soc. Ital. Sci. Nat. e Museo Civ. Stor. Nat. Milano 98/II, p. 1–11.
- FEDDERSEN, M. (1939): Chinesisches Kunstgewerbe. Klinkhardt & Biermann, Berlin, S. 134–146.
- FELLENBERG, R. L. v. (1865): Analysen einiger Nephrite aus den schweizerischen Pfahlbauten. Haller, Bern.
- FELLENBERG, R. L. v. (1869): Analysen einiger Nephrite und Jadeite. J. Gassmann Sohn, Solothurn.
- FINLAYSON, A. M. (1909): The Nephrite and Magnesian Rocks of the South Island of New Zealand. Quarterly Journal Geol. Soc. 65, p. 351–381.
- FISCHER, H. (1886): Begleitworte zu der Karte über die geographische Verbreitung der Beile aus Nephrit, Jadeit und Chloromelanit. Stuttgart.
- GERBER, R. (1965): Der Malencoserpentin östlich des Passo d'Ur. Diplomarbeit an der ETH, Abt. X. Nicht publiziert.
- GROSS, G. (1963): Jade, der neue Schmuckstein des Schweizer Heimatwerkes, Heimatwerk, Blätter für Volkskunst und Handwerk Nr. 4, XXVIII. Jahrgang, S. 129–148.
- HANSFORD, S. H. (1950): Chinese Jade carving. 2. impr., Lund Humphries & Co. London and Bradford.
- HARDINGE, CH. (1961): Jade, fact and fable. Lucz & Co. London.
- HAUG, E. (1925): Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. Bull. Soc. géol. France, 25/3, p. 97–243.
- HEIERLI, J. (1902): Die Nephritfrage mit spezieller Berücksichtigung der schweizerischen Funde. Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde, Nr. 1, S. 1–7.
- HIESSELEITNER, G. (1951/52): Serpentin- und Chromerz-Geologie der Balkanhalbinsel und eines Teiles von Kleinasien. Teil 2, Jahrbuch Geol. Bundesanstalt, Sonderband 1.
- HINTZE, L. (1894): Handbuch der Mineralogie, Nephrit: S. 1232, 1244–1249 und 1250–1253.
- HÜGI, TH. (1945): Beobachtungen an Steinwerkzeugen. Eclogae Geol. Helv. 38, S. 417–421.
- KÄLIN, M. (1967): Petrographische und strukturelle Studien im SE der Margna-Decke. Diplomarbeit an der ETH, Abt. X. Nicht publiziert.
- KALKOWSKY, E. (1904): Die Markasit-Patina der Pfahlbau-Nephrite. Abhandl. d. Naturwissenschaftl. Ges. «Isis» in Dresden. Heft 2, S. 51–60.
- KALKOWSKY, E. (1906): Der Nephrit des Bodensees. Abhandl. d. Naturwissenschaftl. Ges. «Isis» in Dresden. Heft 1, S. 28–44.
- KALKOWSKY, E. (1906): Geologie des Nephrites im südlichen Ligurien. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Heft 3, S. 3–74.
- KRUYSE, H. A. C. (1967): Geologie der Schamser Decken zwischen Avers und Oberhalbstein (Graubünden). Eclogae Geol. Helv. 60, S. 157–235.
- LUSSER, K. F. (1827): Geognostische Erforschung und Darstellung des Alpendurchschnitts vom St. Gotthard bis Arth am Zugersee. Denkschriften allg. Schweiz. Ges. gesamte Naturwissenschaften I, S. 144–172 (1829).
- MEYER, A. B. (1884): Ein weiterer Beitrag zur «Nephritfrage». Mitt. Anthropolog. Ges. Wien, XV, S. 1–12.
- MEYER, A. B. (1903): Zur Nephritfrage, (Neu Guinea, Jordansmühl, u. a., Alpen, Bibliographisches). Abh. u. Ber. des Königl. Zoolog. u. Anthropolog.-Ethnograph. Mus. zu Dresden, Bd. X, Nr. 4, S. 1–32.
- MOOS VON, A. (1935): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 15, S. 169–265.
- MÜLLER, P. (1959): Vesuvianführende Gesteine vom Piz Lunghin, Graubünden. Hamburger Beitr. angew. Miner., 2, S. 136–163.
- NIGGLI, P., DE QUERVAIN, F., WINTERHALTER, R. U. (1930): Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, 14.
- PAGE, J. P., and COLEMAN, R. G. (1967): Serpentine-mineral analyses and physical properties. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 575-B, p. B103–B107.
- PAULCKE, W. (1910): Alpiner Nephrit und die «Nephritfrage». Verhandl. Naturwissenschaftlicher Verein Karlsruhe, 23, S. 77–86.
- PETERS, T.J. (1963): Mineralogie und Petrographie des Totalserpentin bei Davos. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 43, S. 531–685.

- PETERS, T.J. (1968): Distribution of Mg, Fe, Al, Ca and Na in coexisting olivine, orthopyroxene and clinopyroxene in the Totalp serpentinite (Davos, Switzerland) and in the alpine metamorphosed Malenco serpentinite (N. Italy). *Contr. Mineral. and Petrology* 18, p. 65–75.
- PREISWERK, H. (1926): Nephrit von Haudères (Wallis). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 6, S. 267–277.
- PRODAN, M. (1958): *Chinesische Kunst*. Walter, Olten, S. 222–235.
- DE QUERVAIN, F. (1935): Serpentin als Dekorationsgestein von Poschiavo (Graubünden). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 15, S. 319–326.
- DE QUERVAIN, F. (1938): Zur Kenntnis des Titanklinohumites. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 18, S. 591–604.
- DE QUERVAIN, F. (1945): Awaruit und Pentlandit im Serpentin von Poschiavo. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 25, S. 305–310.
- DE QUERVAIN, F. (1963): Die Erzminerale des Serpentin von Selva-Quadrada (Puschlav). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 43, S. 295 bis 312.
- ROTHPLETZ, A. (1900 und 1905): *Geologische Alpenforschungen I und II*. Lindauersche Buchhandlung, München.
- SCHLOSSMACHER, K. (1962): *Edelsteine und Perlen*. 3. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart, S. 224–228.
- SCHMIDT, C. (1917): Asbest und Nephrit von Poschiavo in Graubünden. *Zeitschr. prakt. Geologie*, S. 77–81.
- SCHNEIDER, A. (1912): *Der Diallag-Peridotit und seine Umwandlungsprodukte auf Gigestaffel südlich Andermatt*. Diss. Univ. Zürich, S. 7–68.
- STAPFF, F. M. (1880): *Geolog. Profil des St. Gotthard in der Achse des großen Tunnels usw.*, S. 35.
- STAPFF, F. M. (1881): *Geologische Tabellen und Durchschnitte über den großen Gotthardtunnel*. Spezialbeilage, 7. Lief. Bern. S. 115–121.
- STAUB, R. (1914): Zur Tektonik des Berninagebirges. *Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich*, 58, S. 329–371.
- STAUB, R. (1915): Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge. *Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich*, 60, S. 55–336.
- STAUB, R. (1916): Tektonische Studien im östlichen Berninagebirge. *Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich*, 61, S. 324–407.
- STAUB, R. (1917): Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geologischen Gesellschaft. *Eclogae Geol. Helv.* 14, S. 509.
- STAUB, R. (1921): Zur Tektonik der penninischen Decken im Val Malenco. *Jahrb. Naturf. Ges. Graubünden*, 60. Jahrg., Chur.
- STAUB, R. (1925): Nephrit als Gang im Malencoserpentin. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 5, S. 435.
- STAUB, R. (1958): Klippendecke und Zentralalpenbau. Beziehungen und Probleme. *Beitr. Geol. Karte Schweiz*, Neue Folge 103, 184 Seiten.
- STEINMANN, G. (1908): Die Entstehung des Nephrits in Ligurien und die Schwellungsmetamorphose. *Sitzungsber. der Niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde zu Bonn*, S. 1–13.
- STEMPLE, I. S., and BRINDLEY, G. W. (1960): A Structural Study of Talc and Talc-Tremolite Relations. *J. Am. Ceram. Soc.*, 43, p. 34–42.
- STREIFF, V. (1939): *Geologische Untersuchungen im Ostschams*. Diss. Univ. Zürich.
- STREIFF, V. (1962): Zur östlichen Beheimatung der Klippendecken. *Eclogae Geol. Helv.* 55/1, S. 77–134.
- TARNUZZER, CHR. (1902): Die Asbestlager der Alp Quadrata bei Poschiavo. Mit einem petrographischen Beitrag von A. Bodmer-Beder. *XLV. Jahrb. Naturf. Ges. Graubündens*, S. 1–14.
- TERMIER, P. (1910): *La synthèse géologique des Alpes*. Liège 1906, Béranger, Paris 1910.
- THEOBALD, G. (1866): Die südöstlichen Gebirge von Graubünden und dem angrenzenden Veltlin. *Beitr. Geol. Karte Schweiz* 3.
- TRAUBE, H. (1885): Über den Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. *Neues Jahrb. Min., Beil. Bd.* 3, S. 412.
- TRÖGER, W. E. (1967): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 2, Textband, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TSCHOPP, H. (1923): Die Casannaschiefer des obern Val de Bagnes. *Eclogae Geol. Helv.* 18, S. 84.
- TSCHUMI, O. (1949): Urgeschichte der Schweiz. Huber & Co. Frauenfeld. Abschnitt «Steinbearbeitung» S. 605–611 mit einem Beitrag von TH. HÜGI: «Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse gesteinskundlicher Untersuchungen an Steinwerkzeugen schweizerischer Pfahlbauten».
- TURNER, F. J. (1935): Geological Investigations of the Nephrites, Serpentine, and Related «Greenstones» used by the Maoris of Otago and South Canterbury. *Trans. and Proc. Roy. Soc. New Zealand*, 65, p. 187–210.
- TURNER, F. J., and VERHOOGEN, J. (1960): *Igneous and Metamorphic Petrology*. Sec. Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- WELTER, O. A. (1910): Über anstehenden Nephrit in den Alpen. *Verhandl. Naturwissenschaftlicher Verein Karlsruhe*, 32, S. 3–5.
- WELTER, O. A. (1911): Bericht über neuere Nephritarbeiten. *Geol. Rundschau* 2, S. 75–87.
- WELTER, O. A. (1911): Ein Beitrag zur Geologie des Nephrits in den Alpen und im Frankenwald. *Neues Jahrb. Min.* 2, S. 86–106.
- WINKLER, H. G. F. (1967): *Die Genese der Metamorphen Gesteine*. 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin.
- WRIGHT, H. D. (1960): An optical study of talc-tremolite-relations. *J. Am. Ceram.*, Vol. 43, p. 42.
- ZAPPE, J. R. (1804): *Mineralogisches Handlexikon*. Wien, S. 333–335.

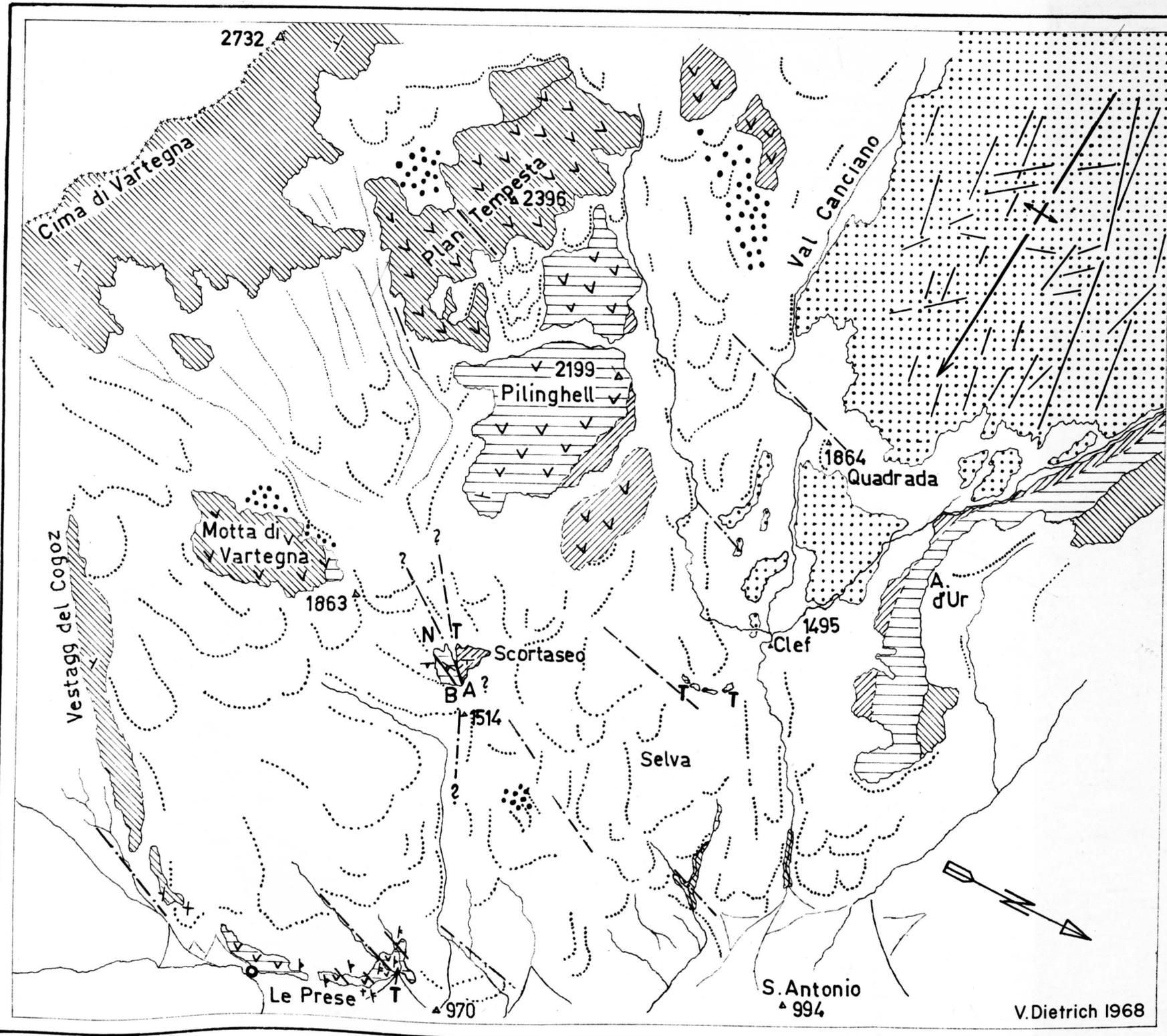
Geologische Karten

- ARGAND, E. (1934): Carte géologique de la région du Grand Combin. Carte spéciale No 93, Comm. Géol. Suisse.
- CORNELIUS, H. P. (1932): Geologische Karte der Err-Julier-Gruppe, West-Blatt, 1:25000, Schweiz. Geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 115A.
- FREI, F., und OTT, E. (1926): Geologische Karte von Mittelbünden, Blatt E (Piz Michel), 1:25000, Schweiz. Geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 94E.
- GEOLOGISCHE GENERALKARTE DER SCHWEIZ 1:200000, Blatt 8 (Engadin), Schweiz. Geol. Kommission, 1965.
- GEOTECHNISCHE KARTE DER SCHWEIZ 1:200000, Blatt 4 (Bellinzona – St. Moritz). Zweite Auflage 1967. Mit Erläuterungen.
- STAUB, R. (1921): Geologische Karte der Val Bregaglia (Bergell) 1:50000. Schweiz. Geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 90.
- STAUB, R. (1926): Geologische Karte des Avers (Piz Platta-Duan), 1:50000. Schweiz. Geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 97.
- STAUB, R. (1946): Geologische Karte der Berninagruppe und ihrer Umgebung im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Puschlav und Livigno, 1:50000, Spezialkarte Nr. 118. Schweiz. Geol. Kommission.
- THEOBALD, G. (1865): Geologische Karte der Schweiz 1:100000, Blatt XX (Sondrio-Bormio), Schweiz. Geol. Kommission.
- WILHELM, O. (1929): Geologische Karte der Landschaft Schams. 1:50000, Schweiz. Geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 114A.



Aufnahme der Eidg. Landestopographie

Tafel I. Luftaufnahme des Untersuchungsgebietes Cima di Vartegna - Passo Canciano (oberer Rand), Lago di Poschiavo - Le Prese (unterer Rand). Nephrit-Talklagerstätte von Scortaseo links unterhalb der Mitte.



LEGENDE:

-  Banatite und Casannaschiefer der Sella Decke
-  Schuppenzone (mesozoische Sediment- und Kristallinschuppen)
-  Margna - Kristallin (Malojaserie)
-  Malencoserpentin
-  versackte Gesteinsmassen
-  Bergsturz
-  Moränenwälle
-  Bachschuttkegel
-  Trockenschutt
-  Bäche
-  Nephrit- und Talkvorkommen
-  Sulfatquelle "Le Prese"
-  Landesgrenze
-  Störung
-  vermutete Störung
-  abtauchende Antiklinale des Malencoserpentin
-  Streichen und Fallen
-  0° - 4°
-  10° - 29°
-  30° - 49°
-  50° - 60°

0 500 1000m

~ 1 : 20 000 - 1 : 25 000
(stark verzerrt) (Rand)

V. Dietrich 1968