

10.6.1983

96-493



P r o j e k t . P 50

Frostbeständigkeit steirischer Gesteine.

Projektleiter: o.Univ.Prof. Dr.phil.F.Trojer

=====

Im Rahmen des Projektes P 50 - Frostbeständigkeit steirischer Gesteine, wurden Gesteinsproben folgender industriell genutzter Vorkommen untersucht:

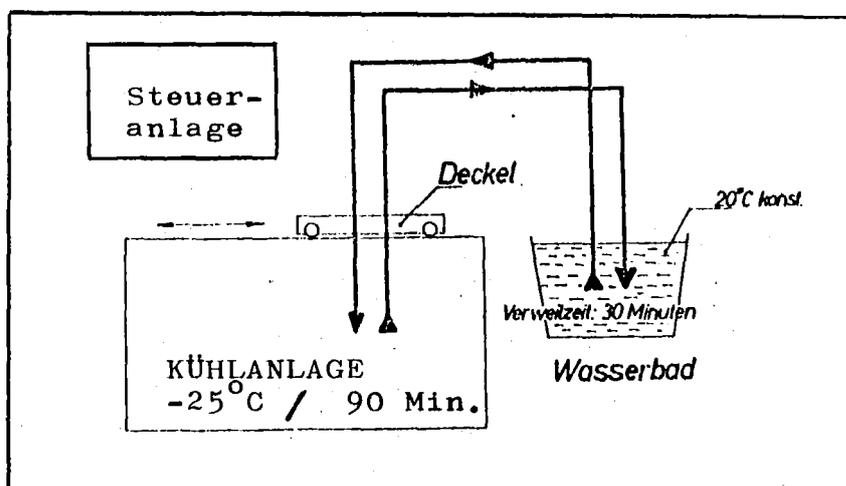
S	Serpentin/Bronzit u.ä.	Preg/St.Lorenzen
M	Marmor	Sölk - Stein a.d. Enns
GG	Plattengneis	Gams
GW	Plattengneis	Weststeirische Plattensteinbrüche
B	Basalt	Feldbach

Da andere steirische Dekorgesteine, wie etwa das "Hieflauer Konglomerat", nach Auskunft diverser Dekorgestein-Verarbeiter in der Steiermark zur Zeit der Versuchsprogrammerstellung nicht in industriell-gewerblichen Umfang verarbeitet wurden, mußten importierte "Terrazzo"-Proben zum Frostbeständigkeitsvergleich herangezogen werden.

1. Die Frostbeständigkeitsmethode

Die Frostbeständigkeitsprüfungen erfolgten nach der FROST-TAUWECHSEL-METHODE (FTW) nach Trojer/Breslmair am Institut für Gesteinshüttenkunde und feuerfeste Baustoffe der Montanuniversität Leoben. Dabei wird zylinderförmiges Probengut (50 mm \varnothing , Höhe je nach Probenmaterial) oder stückiges Probengut der Kornklasse 50-70 mm in FTW-Zyklen von 90 Minuten Frostung bei -20°C und 30 Minuten Tauzeit im Wasser bei $+20^{\circ}\text{C}$, über einen automatisch ablaufenden Tag- und Nachtbetrieb, auf Frost-Tauwechselbeständigkeit beansprucht.

Abb. 1 zeigt das Bewegungsschema der FTW-Anlage



Die Beurteilung des Zerfrostungsgrades erfolgt über die Ermittlung des Gewichtsverlustes (Absplittern, Absanden von Probenmaterial).

1.1 Probenvorbereitung

Das Probenmaterial wurde im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, der Trocknungsverlust festgehalten.

Nach Beendigung der Trocknung erfolgte die 48-stündige Wasserlagerung/Wassersättigung bei 20° Wassertemperatur und 200 mm Wassersäule über dem Probenmaterial. Die Überführung der Proben in den ersten Frost/Tau-Zyklus fand im tropfnassen Zustand statt.

2. Das Probenmaterial

Das eingeholte Probenmaterial, welches die jeweiligen Gewinnungsbetriebe zur Verfügung stellten, wurde fallweise durch eigene Sammelproben sowie durch Material, welches von Verbrauchern (z.V ÖBB) stammte, ergänzt. Röntgendiffraktometer-Untersuchungen ergaben einen Überblick über das Probenmaterial.

2.1 Serpentinegesteine S - Preg/St.Lorenzen

Die derzeit im Abbau befindlichen Serpentinegesteins-Vorkommen des Gebietes Preg/St.Lorenzen - St.Stefan (irrigerweise meist Serpentin von Kraubath genannt) können lokal begrenzt oder auch über die gesamte Lagerstätte verbreitet, äußerst formenreich sein. Meist liegen Magnesiumsilikate, Magnesium-Eisensilikate bzw deren Hydrosilikate, vor. Im vorwiegend dunklen Gestein sind häufig helle Adern zu erkennen, bei denen es sich um Mg-reiche Magnesiumhydrosilikate handelt. Adern mit größerer Mächtigkeit (Zentimeter- bis Meter-Bereiche) können auch hochreinen kryptokristallinen Magnesit führen.

Besonders in oberflächennahen, im fortgeschrittenen Umwandlungsstadium stehenden Gesteinsbereichen, konnte eine große Zahl verschiedenst gefärbter, oft zonar gebauter und von hellen bis schwarzen Netzwerk durchzogenen Gesteinsformen festgestellt werden.

Für die vorliegenden "Frostfestigkeitsuntersuchungen" schien es daher sinnvoll, auf die jeweils exakte Mineralbezeichnung bzw. auf das jeweilige

Mischkristallglied zu verzichten und zum besseren Überblick in Gesteinsgruppen wie "Serpentingestein, Magnesit, Bronzit" usw. zusammenzufassen. Grundsätzlich bestand das Probenmaterial aus folgenden Mineralen bzw. Mineralgemengen:

Serpentin - $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Olivin - $(\text{MgO}, \text{FeO})_2 \cdot \text{SiO}_2$
Forsterit - $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$
Bronzit - $(\text{MgO}, \text{FeO})_2 \cdot 2\text{SiO}_2$, (5-15 % FeO)
Enstatit - $(\text{MgO}, \text{FeO})_2 \cdot 2\text{SiO}_2$ (0-5 % FeO)
Magnesit (kryprokristallin) - MgCO_3
Chlorite - meist in Spalten

In einigen Fällen war auch Chromit nachweisbar. Im Gegensatz zum übrigen Probenmaterial, wird für das Probenmaterial ^{PREG} eine Vielzahl von Mineralen angeführt, da mineralbestandsabhängig, wesentliche Unterschiede im FTW-Verhalten auftreten.

2.2 Marmor - Stein a.d. Enns

Der meist sehr reine Marmor war nur örtlich von Quarzkörnchen sowie Chlorit- und Glimmerschüppchen durchsetzt.

2.3. Plattengneis GG

2.4 Plattengneis GW

Alle Gneismuster hatten Quarz und Feldspäte als Hauptbestandteile, daneben Glimmer, Granate und Turmalin als wesentliche Nebenminerale. Entsprechend der Metamorphose-Bedingungen waren sehr unterschiedliche Kristallgrößen, vor allem der Feldspäte, Granate und Turmaline, festzustellen.

2.5 Basalt - Feldbach B

Alle vom Verbraucher zur Verfügung gestellten Basaltmuster waren Pyroxen/Feldspat-Basalte mit z.T. beträchtlichen Nephelinanteilen. Die feinkristalline Matrix zeigte dichtes bis hochporöses Gefüge.

3. Untersuchungsergebnisse

In Diagramm 1 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt. Als Bezugswert für den Zerfrostungsbeginn zählte ein Probekörper - Gewichtsverlust von 5 % Masse. Für Proben, deren Zerfrostungs-Anfangswerte stark vom jeweiligen Mittelwert abwichen, standen Ersatzproben zur Verfügung.

Zeichenerklärung:



= FTW ohne erkennbaren Frostschaden

= FTW mit leichten Frostschäden

= FTW mit starken Frostschäden

- S 1 = "Serpentin" dicht, grün-schwarze Färbung
- S 2 = "Serpentin" dicht, bräunliche Färbung, verwittert
- S 3 = "Serpentin" mit hellen Adern, z.T. magnesithaltig, z.T. mit Chloritschichten
- S 4 = dichter Magnesit mit eingeschlossenen Serpentinmineralen
- S 5 = Bronzit
- GG = Gneis aus dem Raum Gams; grobes Gefüge, bräunlich
- GW = Gneis aus dem Raum Frauental/Gams; feines Gefüge, helle Färbung
- B 1 = Basalt dicht
- B 2 = Basalt porös
- M = Marmor (aus Marmorplatten)
- Ter = Terrazzo
- B 300 = Normenbeton B 300
- B 300 LP = Normenbeton B 300 mit Luftporenbildner

3.1 "Serpentin" S 1

Das dichte, grün-schwarze Serpentinestein ließ bis zum Abbruch der Untersuchung bei 1500 FTW, keine FTW-Schäden erkennen.

Bild 1 - 4 zeigt REM-Aufnahmen von Bruchflächen des gefrosteten Probengutes.

Bild 1: REM 100x

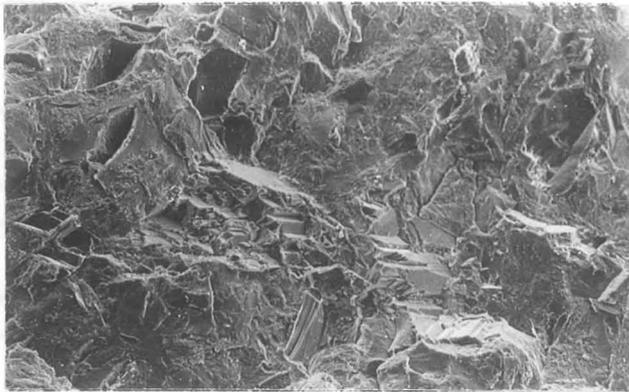


Bild 2: REM 500x

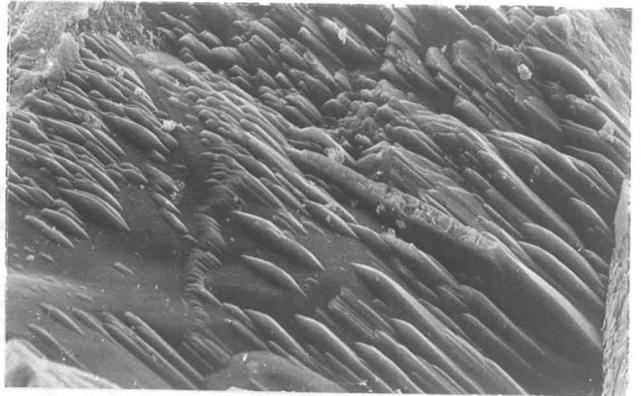


Bild 3: REM 2000x

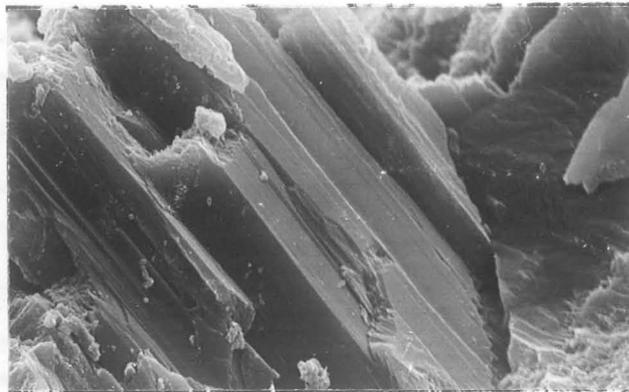
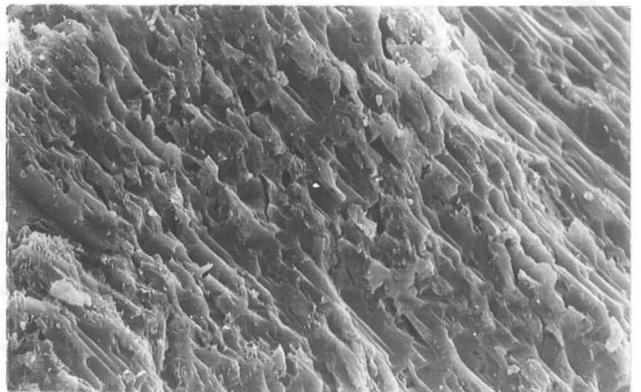


Bild 4: REM 1000x



Im Bild 5 ist das Mg/Si/Fe-Verhältnis dieses frostfesten Serpentine-
steines wiedergegeben.

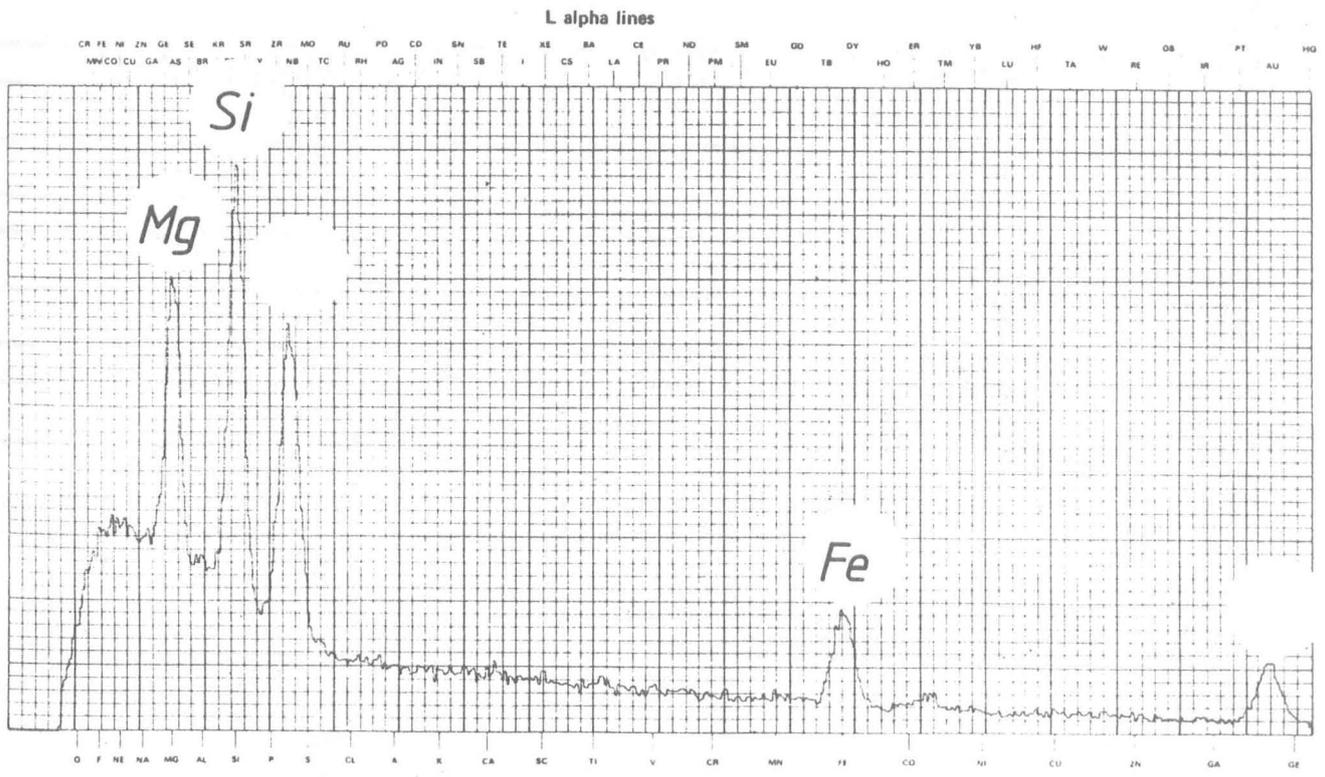
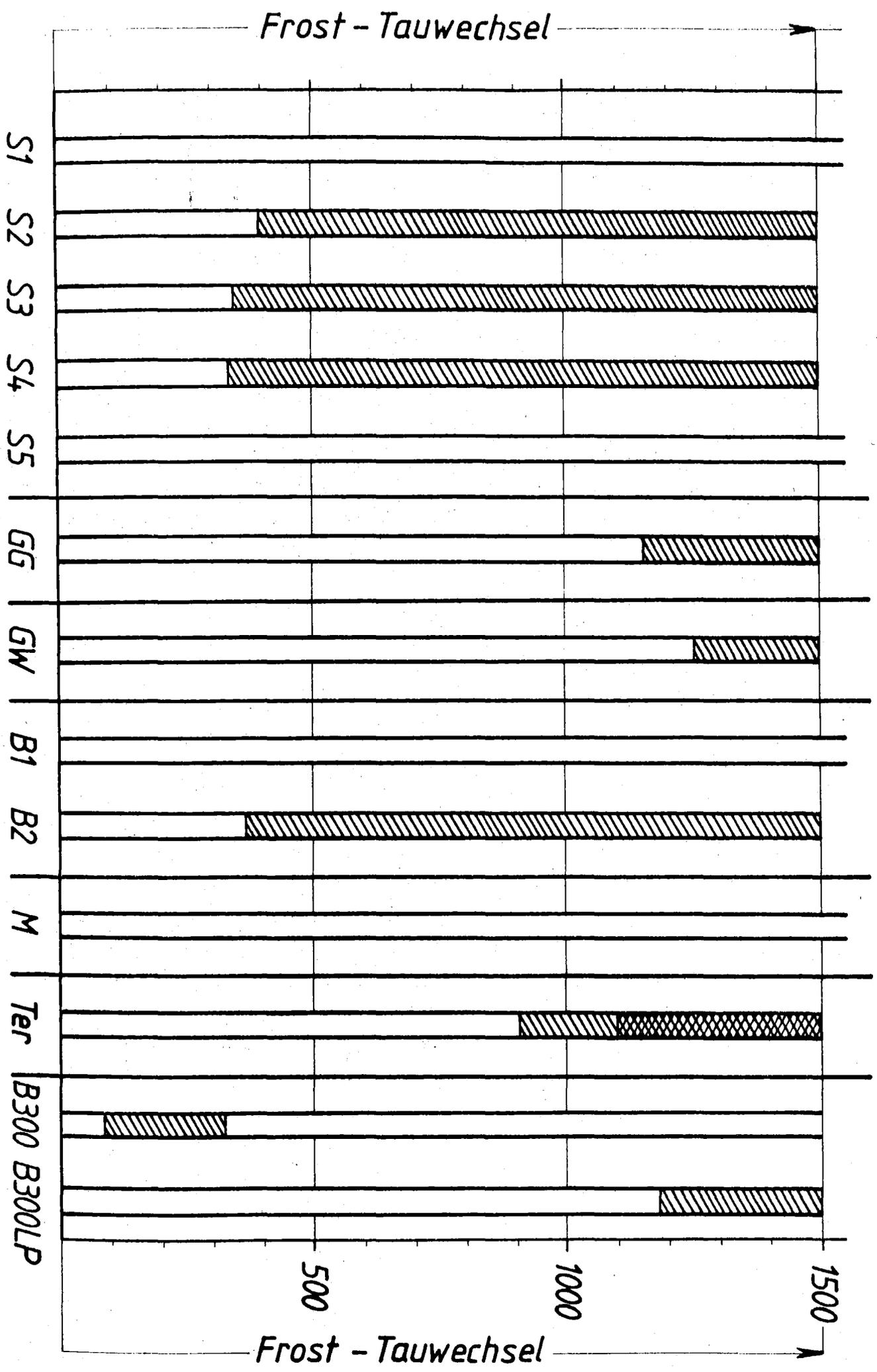


Diagramm 1 - Frostfestigkeitsübersicht



3.1.1 Serpentinegestein S 2, braun

Im Gegensatz zum Serpentin S 1, zeigte das Probenmaterial S 2 wesentlich höhere Wasseraufnahmewerte. Die braune Oberflächenfärbung (verwitterte bzw. oxidierte Zone) reichte bis zu 50 mm in das Gestein. Eingebettet in diesen z.T. umgewandelten Gesteinsschichten waren Chromit, Chlorite und Kämmererit zu finden.

Erste Frostschäden traten bei ~ 400 FTW auf. Nach dem Auftreten der ersten Frostschäden erfolgte, von der Oberfläche ausgehend, ein langsames Absanden der Probekörper. Aus den Bildern 6 - 7 geht die Frostwirkung, welche vornehmlich die Korngrenzen beispielsweise von Chromitkörnern (Bild 7) oder die serpentinisierte Zone um Olivinkörner angreift, deutlich hervor.

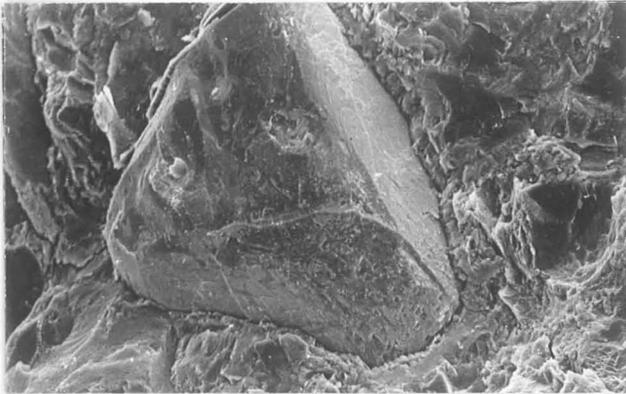


Bild 6: REM 200x

Chromit-Korn, infolge von 1500 FTW nur mehr lose im langsam zerfallenden braunen Serpentinegestein

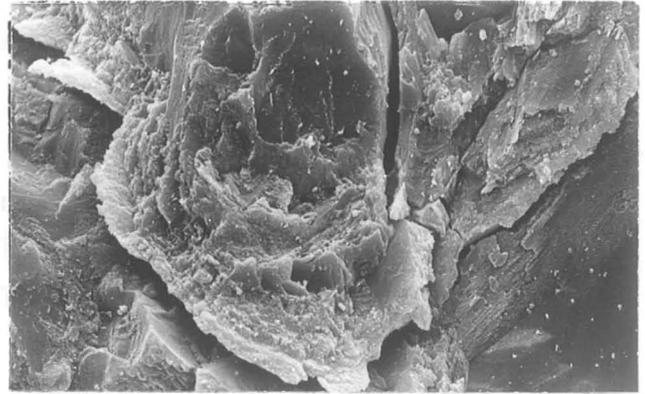


Bild 7: REM 1000x

Frostschäden in der Zersetzungszone um ein Olivinkorn

3.1.2 Magnesit mit stückigem Serpentinegestein S 3

Ein nicht unwesentlicher Teil des (1982) im Handel befindlichen Materiales der Lagerstätte Preg/St. Lorenzen bestand aus kryptokristallinen Magnesit, durchsetzt mit feinst verteilten Chloriten, "Serpentin" usw.

Eingeschlossen in dieser Matrix lagen Serpentinegesteinsreste mit meist geradlinigen Kanten, oft sogar mit prismatischen Formen.

Die Frostfestigkeit dieses Kornanteiles war ebenfalls relativ gering, da die Zerfrostung sowohl im "Magnesit" (Sondenanalyse Bild 8/9) als auch an den Grenzen Serpentinegestein/"Magnesit" einsetzte.

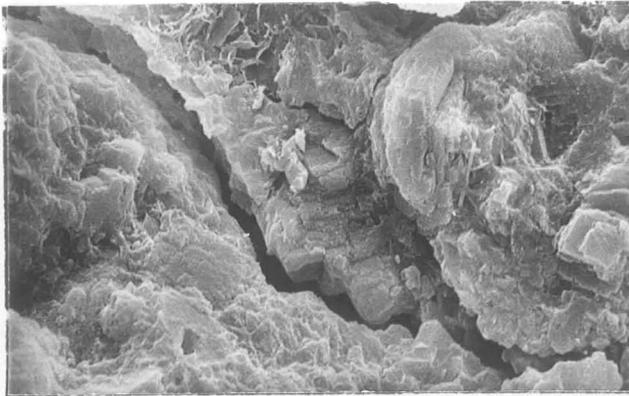


Bild 10: REM 2000x

Zerfrostung, durch den "Magnesit" gehend.

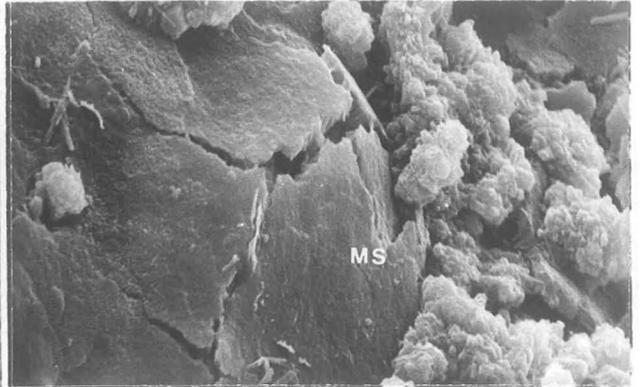


Bild 11: REM 2000x

Zerfrostung eines Magnesiumsilikat-Kornes MS (nahezu frei von Fe!). Frostschäden sind auch am umhüllenden Mineralgemenge zu erkennen.

3.1.3 Serpentinestein mit "Magnesitadern" S 4

Dieses an sich äußerst frostfeste Material neigt dazu, durch Frostsprengungen entlang der meist hellen Adern, in relativ große Stücke zu zerfallen.

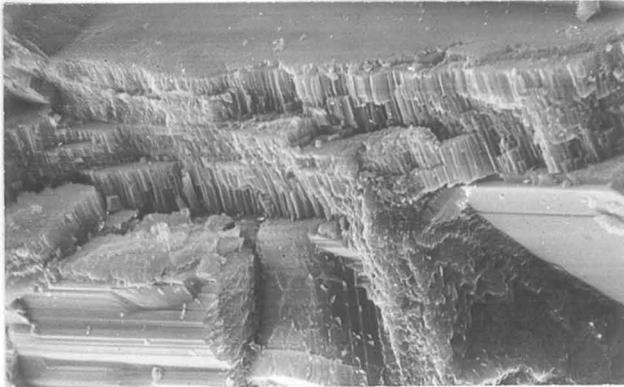


Bild 12: REM 2000x

Die faserige-stengelige Struktur dieser Mg-reichen Hydrosilikate scheint besonders frostempfindlich zu sein.

Bild 13/14 ermöglicht einen Vergleich über die Elementverteilung (Mg-Si-Fe-Cr) im Serpentinestein sowie in Spaltfüllungen entsprechend Bild 12.

Bild 13: Mikrosondenanalyse - Serpentinegestein/Übersicht

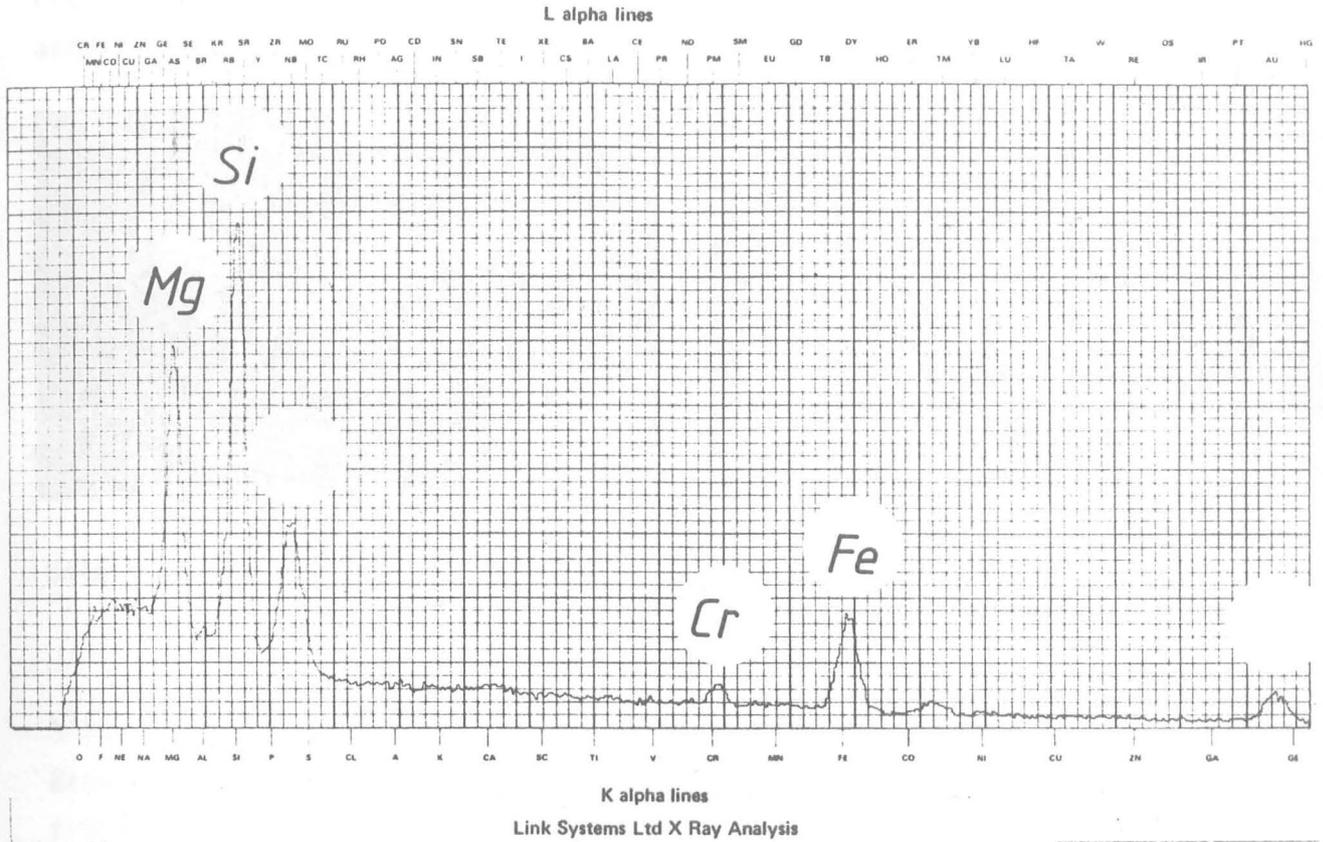
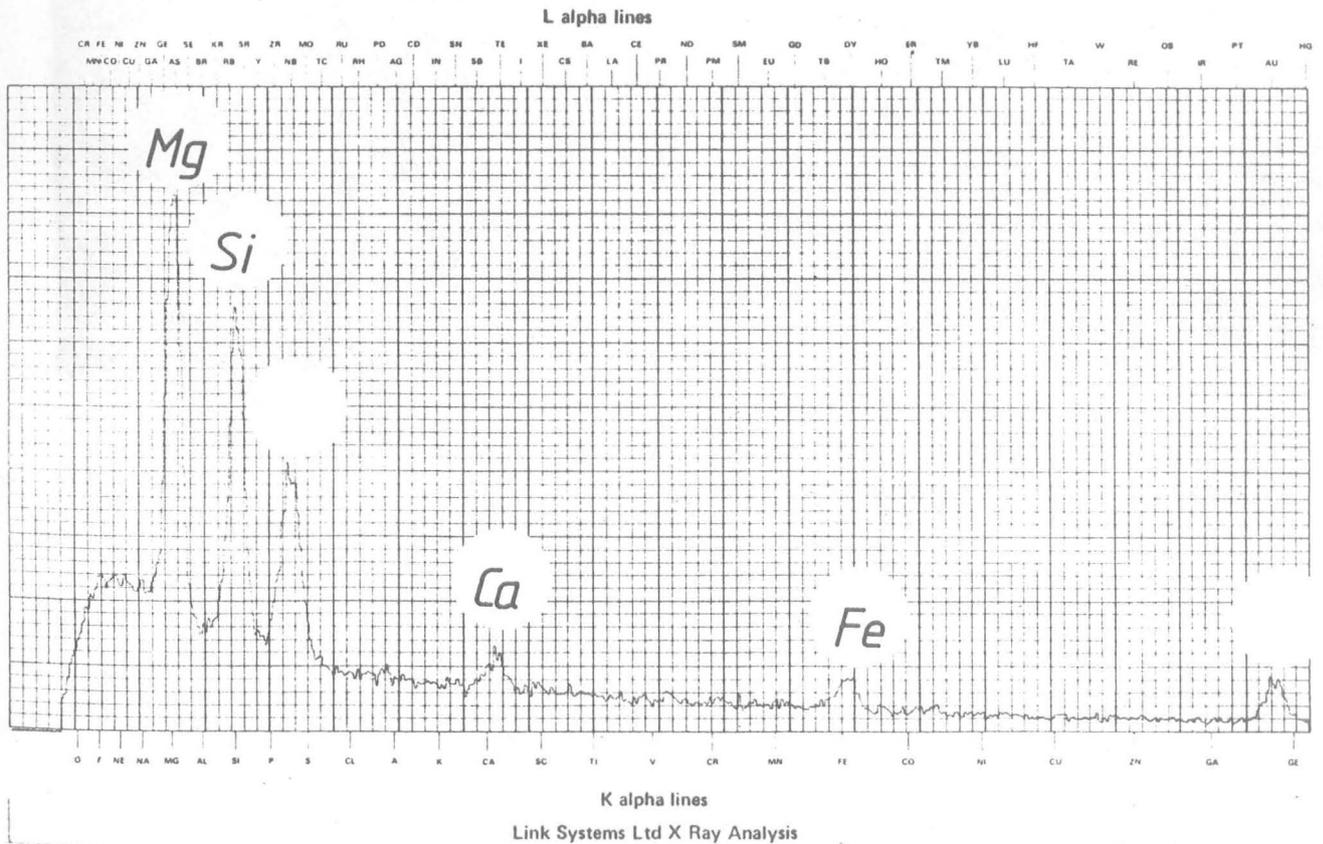


Bild 14: Mikrosondenanalyse - Spaltfüllung Mg-reich



Frostempfindliche Spaltfüllungen können, wie die Bilder 15/16 zeigen, auch Nadel-Struktur aufweisen.

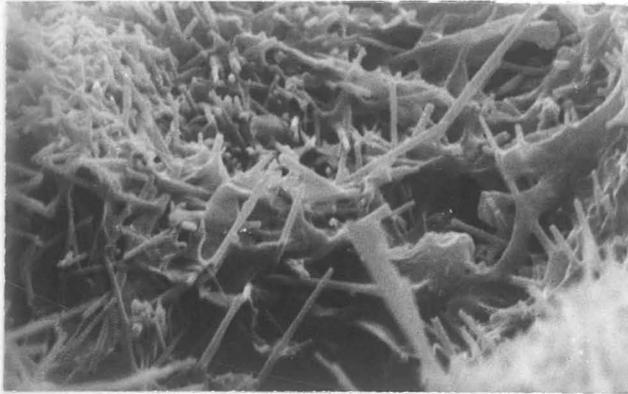


Bild 15: REM 5000x

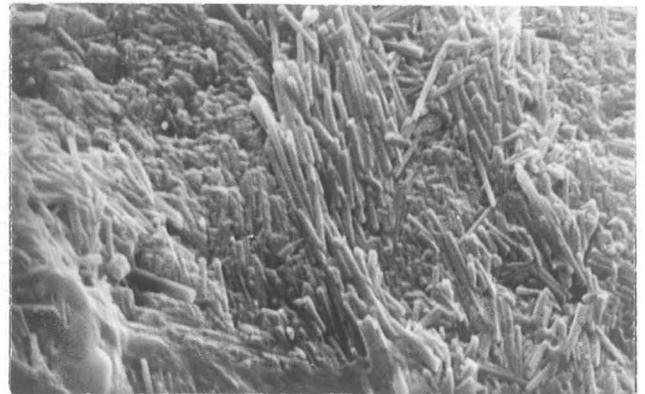


Bild 16: REM 500x

3.1.4 Bronzit S 5

Bronzit kann, wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, als äußerst frostfestes Serpentin-Begleitmineral angesehen werden. Infolge der dicht-verzahnten Struktur (Bild 17) scheinen 1500 FTW-Zyklen, selbst an Mg-reichen Spaltenfüllungen, keine Frostschäden hervorzurufen.

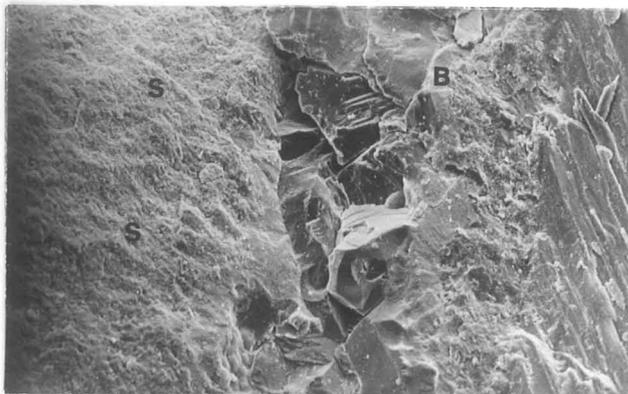


Bild 17: REM 100x

Bronzit - B - und "Serpentingestein"
- S - nach 1500 FTW.

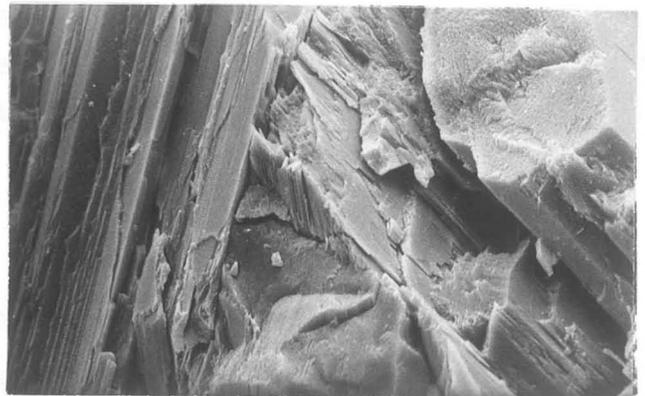


Bild 18: REM 500x

Bild 18 zeigt das innig verzahnte
Gefüge von Bronzit.

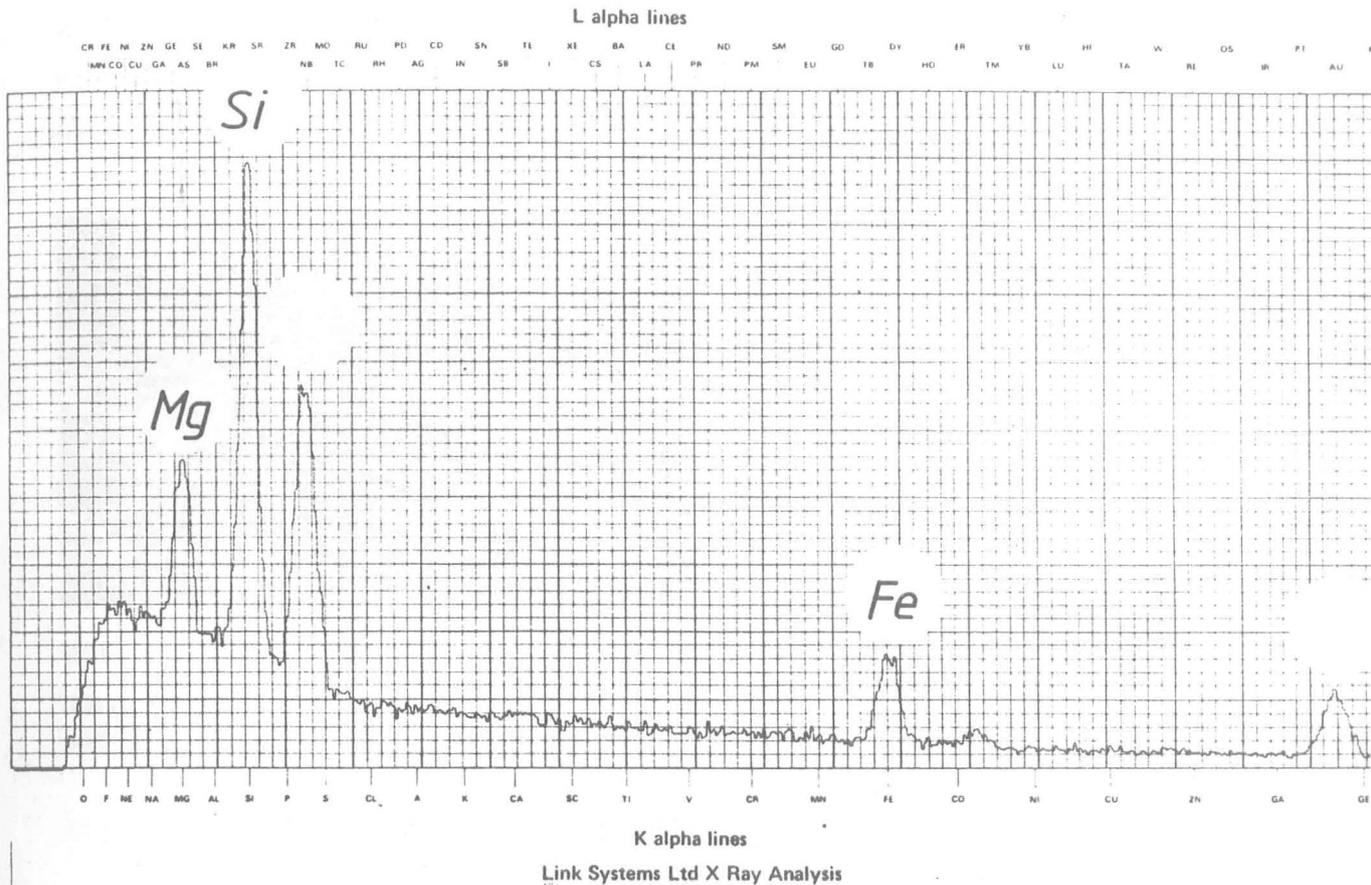


Bild 19:

Qualitative Mikrosondenanalyse einer Bronzitprobe analog Bild 18. Deutlich ist der vergleichsweise niedrige Mg-Anteil neben dem hohen Fe-Gehalt zu erkennen. Der Ca-Anteil aller dargestellten FTW-Proben stammt aus Anlagerungen während der jeweils rund 6 Monate laufenden FTW-Zyklen.

3.2 Frostfestigkeit von Plattengneisproben aus dem Raum Gams/Frauental
Wie aus Diagramm 1 zu ersehen ist, war die Frostfestigkeit der Plattengneisproben sehr hoch. Dies trifft sowohl für offenbar ausgesuchte, von Betrieben zur Verfügung gestellten Muster, als auch für selbst gezogene Proben zu.

3.2.1 Plattengneis GG

Dieser recht grobkörnige, von großen "Feldspatäugen" gekennzeichnete

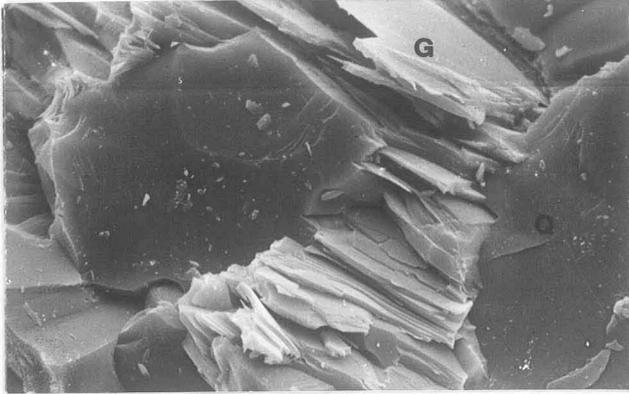
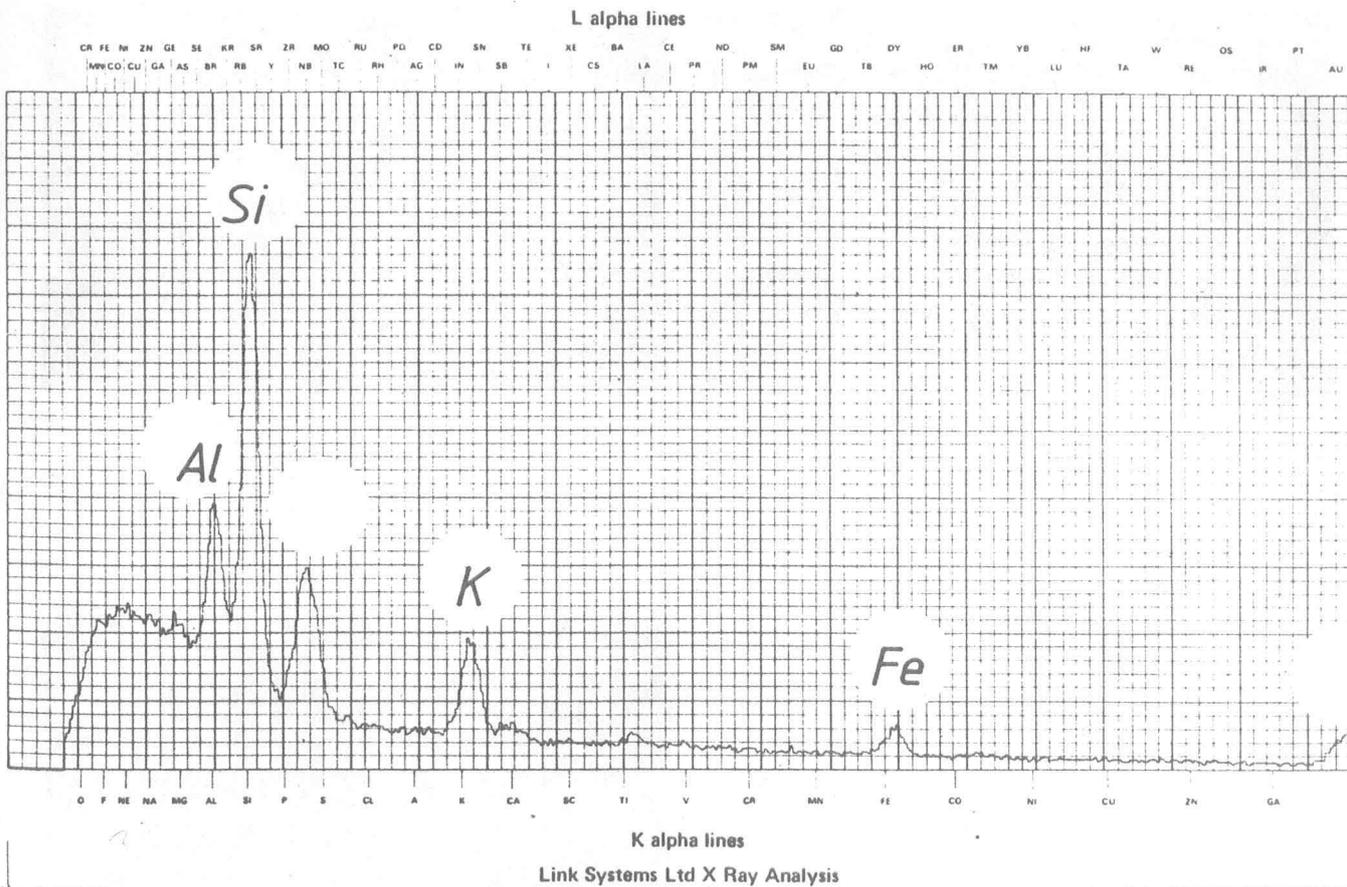


Bild 22: REM 1000x

Zwei Quarzkörner - Q - mit zerfrostedem Glimmer in deutlich sichtbarer Verzahnung.

Die im Bild 22 ersichtlichen Glimmerpakete liefern im Zuge ihres Zerfalles auch jene Eisenhydroxid-Verbindungen, welche die Gesteinsoberfläche lagenorientiert braun färben.

Bild 23: Sondenanalyse eines Glimmerplättchens aus Bild 22



3.2.2 Plattengneis GW

Im Vergleich zu Plattengneis GG, war Plattengneis GW deutlich feinkörniger und wies überdies einen relativ hohen Granatanteil auf. Die ersten Frostschäden in Form geringfügiger Abblätterungen, traten bei rund 1250 FTW auf.

Auch nach 1500 FTW war keinerlei Verfärbung der Probenoberfläche feststellbar.

3.3 Basalt

Die Frostbeständigkeit der Basaltproben, die aus einer ÖBB-Gleisschotterlieferung stammten, war sehr unterschiedlich.

Während der dichte Basalt B 1 höchste FTW-Werte erwarten läßt, zeigten die porösen Basaltmuster je nach Porigkeit, Porengrößen und Porengrößenverteilung, schon ab 400 FTW deutliche Frostabsprengungen.

Erwähnenswert scheint auch, daß ein geringerer Anteil der aus der Waggonladung entnommenen Gesteinsmuster, kein Basalt, sondern ein dem Basalt in Korngröße und Kornfarbe ähnlicher Kalkstein war.

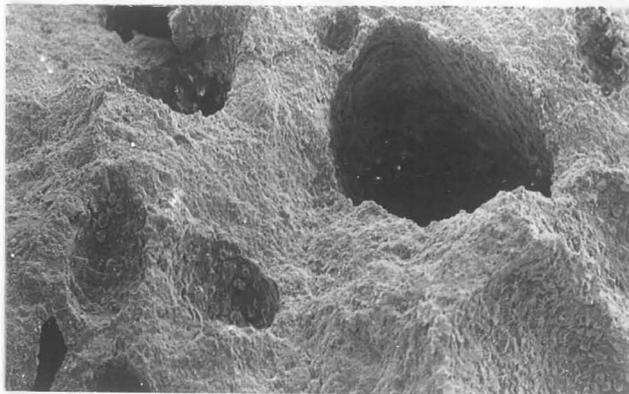


Bild 24: REM 20x
Grobporiger Basalt - B 2 - bei
20-facher Vergrößerung.

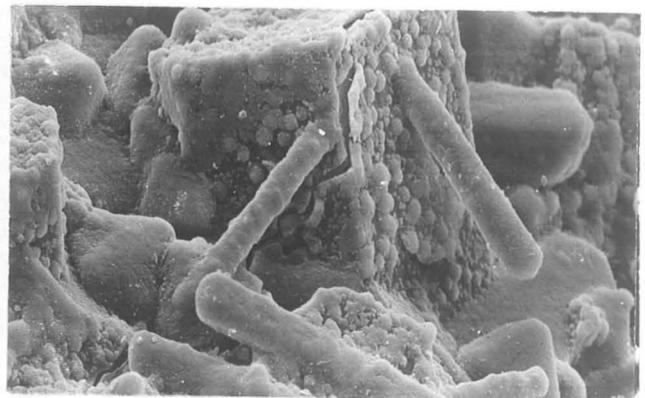


Bild 25: REM 500x
Basalt - B 2 - Hohlraumkristallisation in Basaltporen.

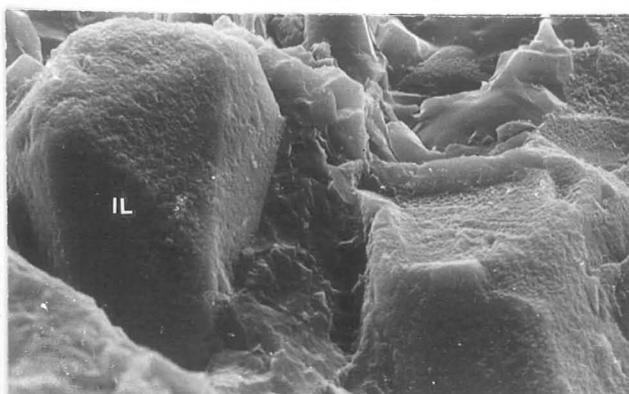


Bild 26: REM 2000x
Basalt - B 1 - Ilmenitkorn - Il -
im dichten Basalt.

3.4 Marmor M

Die aus Marmorplatten gewonnenen Proben ließen nach 1500 FTW keine Frostschäden erkennen.

In den Bildern 27 - 29 ist die Marmorstruktur bei 100 - 1000-facher Vergrößerung dargestellt.

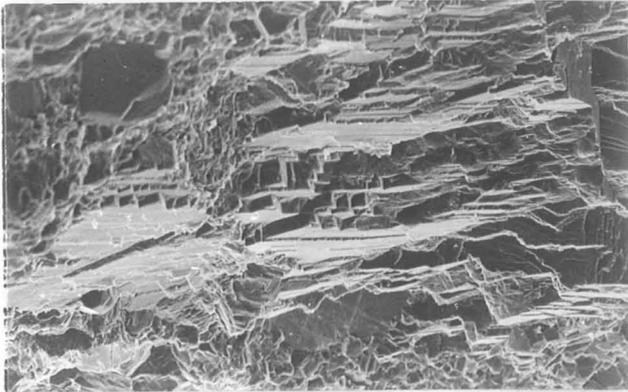


Bild 27: REM 100x
Marmor - M -

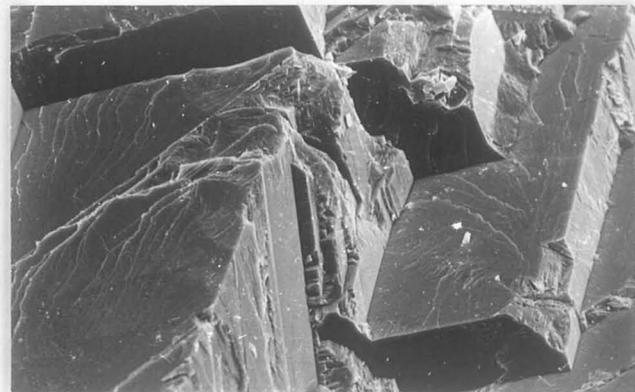


Bild 28: REM 500x
Marmor - M -

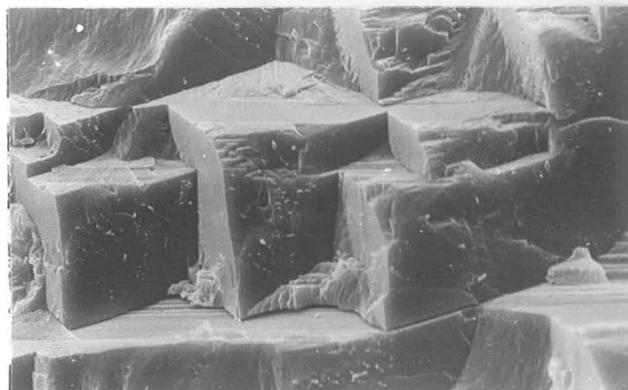


Bild 29: REM 1000x
Marmor - M

4. Frostfestigkeitsvergleiche

Um Frostfestigkeitsvergleiche zu ermöglichen, wurden "Terrazzo"-Proben aus einseitig geschliffenen Fußbodenplatten (Innenausbau) gleichzeitig mit dem anderen Probenmaterial gefrostet. Die Zement-Gips-gebundenen Platten zeigten nach 900 FTW leichte und nach 1100 FTW schwere Zer-

frostungsschäden. Besonders stark traten die Zerfrostungsschäden am schwarzen Kalkstein-Zuschlag auf. Der ebenfalls im Grobkornsplitt befindliche helle Dolomit wurde hingegen wenig angegriffen (Bilder 30/31).

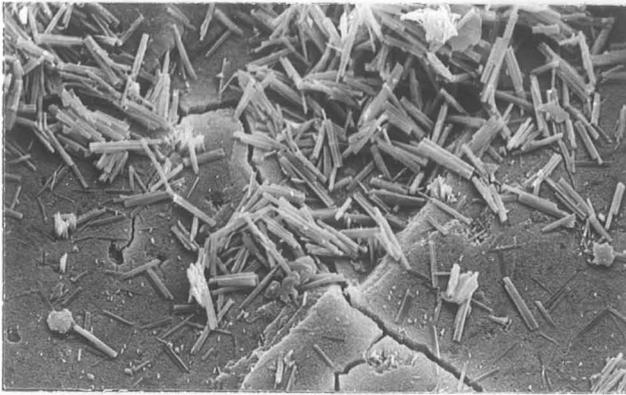


Bild 30: REM 1000x

CaCO₃-Korn nach 1000 FTW zersprengt. An der Kornoberfläche Gips- und CSH-Phasen.

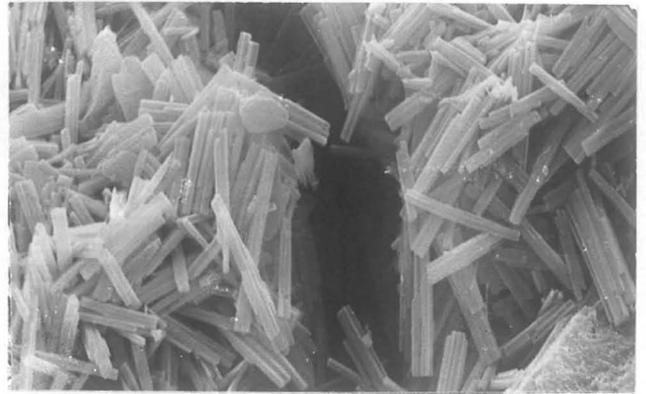


Bild 31: REM 2000x

Vornehmlich Gipskristalle des Primär-Bindemittels.

4.1 Frostfestigkeitsvergleich mit Normenbeton

Im Diagramm 1 sind den gefundenen Gesteins-Frostfestigkeitswerten, auch die FTW-Werte von Normenbeton B 300 mit und ohne Luftporenbildner, gegenübergestellt. Man kann daraus ersehen, daß nur der mit Luftporenbildner versetzte B 300 LP, den untersuchten Gesteinen gleichzusetzen ist.

Zusammenfassung

Die beiden in der Steiermark großtechnisch genutzten Schottertypen BASALT/Feldbach und SERPENTINGESTEIN/Preg können, sofern diese dicht und unverwittert sind, als FROSTFEST angesehen werden.

Poröser Basalt und bräunlich verwittertes Serpentinegestein, sowie Serpentinegesteine mit Magnesit oder Mg-reichen Kluftfüllungen, zeigen wesentlich geringere FTW-Werte und dürften eine über Jahrzehnte reichende natürliche Bewitterung nicht ohne Zerfrostung überdauern.

An Marmorplatten konnten keine Frostschäden festgestellt werden.

Plattengneisproben zeigten leichtes dünnschichtiges Abfrosten, die grobkörnige, gelblich-bräunliche Art neigte infolge Zersetzung der Glimminerale, zur Oberflächenverfärbung.

Insgesamt können derartige Plattengneise im Sinne einer vieljährigen Naturwitterung als FROSTFEST angesehen werden.

Mayer