

Die römischen Marmorsteinbrüche in Kärnten

Von Harald W. MÜLLER und Bernd SCHWAIGHOFER

Einleitung

Die Identifizierung und Herkunft von antiken Marmorobjekten ist für die Archäologie seit vielen Jahren ein Problem, dennoch aber von großem Interesse. Aus diesem Grunde wurden seit den 70er Jahren in zahlreichen interdisziplinären Forschungsprojekten Methoden erarbeitet, um die verschiedenen Marmore zu charakterisieren und damit archäologische Fundobjekte einzelnen Gesteinsvorkommen zuordnen zu können (CRAIG 1957). Von speziellem Interesse sind dabei die klassischen Marmorsteinbrüche des mediterranen Raumes in Italien, Griechenland und Kleinasien. Von diesen Steinbrüchen liegt nun umfangreiches Datenmaterial vor, sodaß bei Bedarf darauf zurückgegriffen werden kann (CRAIG 1972, HERZ 1988, MOENS et al. 1992).

Marmor ist seit den Griechen in den Mittelmeerländern ein überaus begehrtes und beliebtes Material für die Herstellung von hochwertigen Skulpturen, Reliefs und bedeutenden Bauwerken. So war es nicht verwunderlich, daß auch die Römer in ihren Provinzen Marmor verwendet haben. Die Marmoruntersuchungen in der römischen Provinz Dakien, im heutigen Rumänien, haben gezeigt, daß einerseits lokale Marmorvorkommen genutzt wurden, andererseits auch Marmore beziehungsweise Marmorobjekte von weit her importiert wurden (MÜLLER et al. 1997).

Eine ähnliche Fragestellung ergab sich auch in Kärnten, im südlichen Bereich der Provinz Norikum, wo es eine Vielzahl von Marmorvorkommen gibt, die nachweislich bereits römerzeitlich abgebaut wurden (KIESLINGER 1956).

Demnach ist auch hier zu klären, aus welchem Marmor die archäologischen Objekte hergestellt sind und zu welcher Zeit die einzelnen Brüche tatsächlich in Betrieb waren. Da bisher über die Herkunft des bearbeiteten Materials nichts bekannt war, sollten mit Hilfe von petrographischen sowie geochemischen Analysen und der Bestimmung der stabilen Isotopen von Sauerstoff und Kohlenstoff die Marmore aus den Steinbrüchen charakterisiert werden und die Herkunft der zahlreichen Fundobjekte bestimmt werden.

Die hier vorgelegten Untersuchungen wurden im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes, welches vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P 10391-GEO) finanziert wurde, erarbeitet.

Zusammenfassung:

Für die Zuordnung von archäologischen Fundobjekten aus Marmor wurde eine Reihe von römerzeitlich betriebenen Steinbrüchen in Kärnten mit Hilfe von mineralogischen und geochemischen Untersuchungsmethoden sowie Isotopenbestimmungen charakterisiert. Aufgrund der Ergebnisse konnten die Gesteine der einzelnen Marmorbrüche differenziert werden.

Abstract:

Characterization of Roman marble quarries in Carinthia was carried out by means of mineralogical and geochemical analyses together with isotope determinations concerning the provenance of archaeological artefacts. The results document a clear and evident differentiation of the marble quarries.

METHODIK

Probenahme

In jedem Steinbruch wurden entsprechend der unterschiedlichen Ausbildung der Gesteine, wenn möglich im Bereich der alten Abbauwände, größere Handstücke entnommen, aus denen im Labor Bohrkern hergestellt wurden. In einigen Steinbrüchen konnten die Kerne direkt aus der Bruchwand erbohrt werden.

Lichtmikroskopische Untersuchungen an Gesteinsdünschliffen

Gesteinsdünschliffe wurden lichtmikroskopisch ausgewertet, wobei die Korngröße, die Korngrenzen und die Zwillingslamellierung sowie die Nebengemengteile bestimmt wurden.

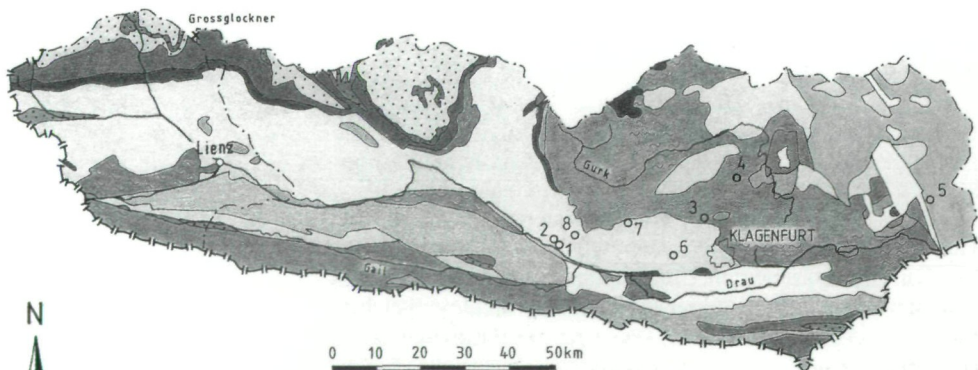
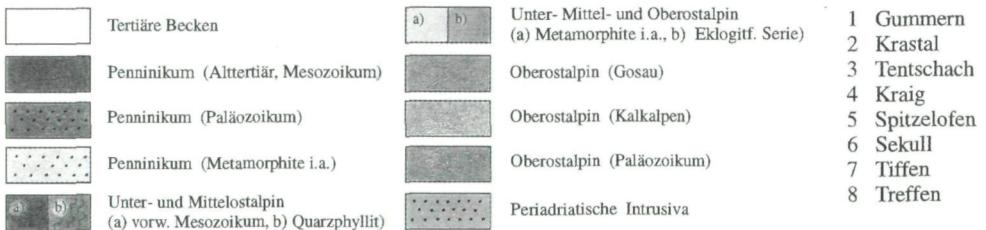
Analyse der stabilen Isotopen ^{18}O und ^{13}C

Für die Isotopenanalysen wurden die Marmorproben gepulvert. Die Analysen der Isotopenverhältnisse wurden mittels Massenspektroskopie am Geotechnischen Institut des Österr. Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal durchgeführt.

Chemische Analysen

Die mit verdünnter Salpetersäure gereinigten Proben wurden analysenfein gemahlen und 100 mg Marmorpulver mittels $\text{HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$ -Säuregemisch aufgeschlossen. Die Aufschlüssen wurden mittels ICP-MS analysiert.

Abb. 1:
Vereinfachte geologische
Karte von Kärnten



GEOLOGISCHER RAHMEN

Der geologische Aufbau Kärntens ist äußerst vielfältig und komplex, insgesamt dominieren aber die altkristallinen Gesteine der Zentralzone. In ihnen liegen auch sämtliche Marmorvorkommen, die im Rahmen dieser Studie untersucht wurden (Abb. 1).

Diese ausgedehnten Kristallinkomplexe liegen südlich und östlich des sog. Tauernfensters, wobei die Gesteinszusammensetzung eine bunte Vielfalt aufweist und vorwiegend durch eine mehrfache Metamorphose geprägt wurde. Dabei entstanden hauptsächlich Phyllite, Glimmerschiefer und Gneise, in die an vielen Stellen z. T. ausgedehnte Marmorlagen eingeschaltet sind.

Das Altkristallin des westlichen und südwestlichen Nockgebietes zieht von der Innerkrems über die Millstätter Alpe, das Mirnockmassiv und die Ossiacher Tauern bis in den Raum westlich von Klagenfurt (KAHLER 1962). Den südlichen Anteil bildet die sog. Millstätter Serie. Hier treten in Gneisen und Glimmerschiefern die besonders ausgedehnten Marmorzüge von Gummern, vom Krastal, Treffen und Tiffen auf (ANDERLE 1977). Ausläufer dieser Serie reichen bis in die Gegend von Klagenfurt und auch in ihnen finden sich in Phylliten und Glimmerschiefern mächtige Marmorlagen (Pörtschach, Töschling, Sekull, Tentschach).

Im Bereich des Ost- und Südostrandes der Gurktaler Decke (PISTOTNIK et al. 1992, TOLLMANN 1977) treten in Phylliten ebenfalls einige Marmorlinsen auf, z. B. am Kulmburg bei Kraig nördlich St. Veit a. d. Glan.

Besonders komplex zusammengesetzt sind im Osten die beiden N-S streichenden Gebirgszüge der Saualpe (WEISSENBACH 1978) und der Koralpe (BECK-MANNAGETTA 1980). Die wichtigsten Gesteinstypen sind verschiedene Arten von Glimmerschiefern und Gneisen sowie Amphibolite, Eklogite und Pegmatite. Dazu kommen wieder zahlreiche Einlagerungen von Marmorzügen (z. B. Spitzelofen).

ERGEBNISSE

Steinbrüche

Frühe Bearbeitungen der Marmorsteinbrüche in Kärnten gehen auf WOLF (1878), EGENTER (1909, 1910) und KIESLINGER (1956) zurück.

Gummern

Die wichtigsten Marmorbrüche für Mittel- und Oberkärnten finden sich im Gebiet von Gummern. Die ausgedehnte Bruchanlage liegt am SW-Abfall des Wollanigs gegen die Drau. Die Kalkmehlwerke der Firma OMIA haben das Steinbruchareal stark ausgeweitet, sodaß der alte Römerbruch im Jahre 1994 vollständig zerstört wurde. Ein Stück aus der Bruchwand mit den alten Schrämmpuren ist zur Erinnerung an die römische Vergangenheit vor dem



**Abb. 2: Reste einer römischen
Abbauwand mit gut erhaltenen
Schrämspuren**

Betriebsgebäude aufgestellt (Abb. 2). Das römische Bruchgelände muß aber schon sehr bedeutend gewesen sein. KIESLINGER (1956) berichtet von mindestens 5 nachweislich römischen Abbaustellen, die durch Schrämwände, Inschriften und andere Fundgegenstände belegt sind. Bereits 1863 fand man eine Felsinschrift, die vermutlich aus der Zeit um 200 n. Chr. stammt (JABORNEGG 1863). Eine weitere römische Inschrift wurde 1918 entdeckt (EGGER 1920). 1928 wurden bei Abräumarbeiten unter mächtiger Schuttbedeckung ausgedehnte antike Abbaue gefunden (JANTSCH 1929). Dabei konnten auch ein römischer Altaraufsatz mit Inschrift, Gefäßreste sowie vorzüglich erhaltene Steinbruchwerkzeuge freigelegt werden. Weitere Werkzeuge wurden 1954 geborgen (DOLENZ 1955).

Für die erforderlichen mineralogischen und geochemischen Untersuchungen wurden an nachweislich römischen Abbaustellen (Abb. 3) sowie an derzeitigen mehrere Proben entnommen.

Probeentnahmestellen

GU1, GU2: Südöstlich des heutigen Tagbaues im Bereich eines alten Steinbruches mit ausgeschrämtter Kaverne.

GU3: Etwa 100 m SW von GU 1, in einem Steinbruch mit römischen Abbauspuren.

GU4, GU5, GU6: An der Straße in den derzeitigen Bruch, etwa 200 m nach der Aufbereitungsanlage.

GU7: Direkt hinter der Aufbereitungsanlage.

GU8: Aus dem alten Römerbruch.

Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Weißer bis hellgrauer, mittel- bis grobkörniger Kalkmarmor, der in charakteristischer Weise von unterschiedlich mächtigen, dunkelgrünen Amphibolitlagen und -linsen sowie von Pegmetitgängen durchsetzt ist. Als häufige Nebengemengteile finden sich Glimmer, Chlorit und Hornblende.

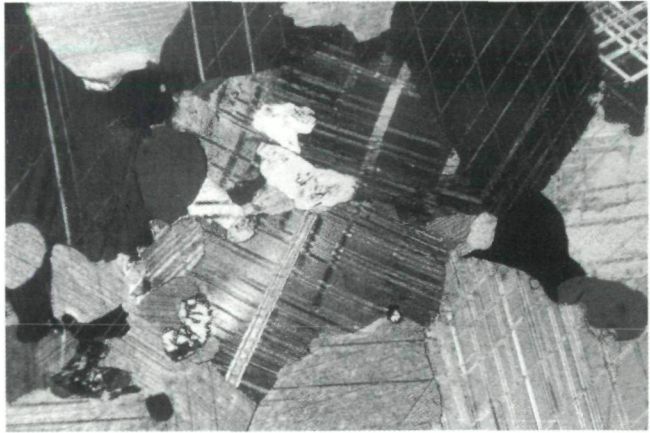
Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Korngröße der Kalzitkristalle liegt im Mittel bei 1,5 mm, im Maximum bei 2,5 bis 2,8 mm. Die Korngrenzen zeigen eine glatte bis verzahnte Ausbildung. Die Zwillinglamellierung ist gerade gestreckt bis schwach verbogen. Als Nebengemengteile treten meist gut gerundete Quarze, Glimmerplättchen, Hornblende und Feldspat auf.



Abb. 3:
Probeentnahmestelle aus dem
ehemaligen römischen Steinbruch

Abb. 4:
Mikroskopisches Bild des Gummerner Marmors (Vergr. 30 fach)



Selten findet sich an Korngrenzen sowie um Quarzkörner rekristallisierter Kalzit (Abb. 4).

Krystal

Die Marmorbrüche liegen in dem Taleinschnitt zwischen Puch im Drautal im SW und Winklern im Gegendtal im NE. Die großen Brüche der Fa. Lauster Ges.m.b.H. befinden sich in der nördlichen Talflanke, alte Bruchanla-

Abb. 5:
Römische Abbauwand



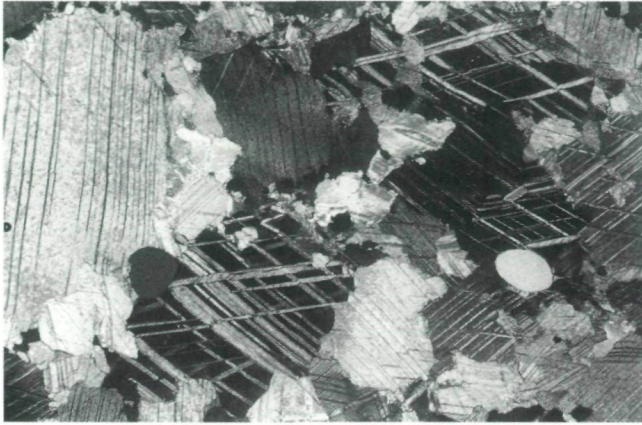


Abb. 6:
Mikroskopisches Bild des Krastaler
Marmors (Vergr. 30 fach)

gen und römische Abbaustellen liegen an der südlichen Tal-
seite (Abb. 5). Ob römischzeitlich auch im Bereich der heuti-
gen Brüche abgebaut wurde, ist nicht mehr nachweisbar.

Probeentnahmestellen

KT1, KT2, KT3, KT4, KT8: Neues Bruchgelände der
Fa. Lauster.

KT5, KT6, KT7: Römerbruch.

Makroskopische Gesteinsbeschreibung

Hellgrauer, geflasierter, mittel- bis grobkörniger Kalk-
marmor, als Nebengemengteile sind auf den Schieferungs-
flächen heller und dunkler Glimmer erkennbar.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung

Die Korngrößen der Kalzitkristalle liegen im Mittel um
0,5 mm, im Maximum bis über 4 mm. Die Korngrenzen
sind glatt bis schwach verzahnt. Bereichsweise finden sich
feinkörnige Kalzitrekristallisationen. Zwillingslamellen
sind gerade bis schwach gebogen. Als Nebengemengteile
treten meist sehr gut gerundete Quarzkörner und gerade
gestreckte Glimmerleisten auf (Abb. 6).

Tentschach

In der Gemeinde St. Peter am Bichl, etwa 500 m östlich
vom Schloß Tentschach, befindet sich ein Römerstein-
bruch. Der untere Teil des Bruches wurde zu Beginn dieses
Jahrhunderts für den Bau der Karawankenbahn abgebaut
und wird heute nicht mehr genutzt. In einem höheren
Bruchabschnitt, der stark verwachsen ist und vom Weg
nicht eingesehen werden kann, befinden sich noch gut
erhaltene römische Abbauwände mit deutlichen Schräg-
spuren und einer Inschrift (Abb. 7). Von römischer
Nutzung zeugen auch Funde von halbfertigen Werkstücken,
Werkzeuge, Münzen und Grabsteine (JANTSCH 1937). Wei-
ters wurden bearbeitete Marmorstücke, wie ein Steingesims
und der Kopf einer Statue gefunden. Aufgrund der Datie-
rung von über hundert Silbermünzen und einer Goldmünze

Abb. 7:
Römische Abbauwand des Steinbruchs
Tentschach



kommt eine römische Nutzung dieses Steinbruchs zwischen 89 v. Chr. und 254 n. Chr. in Betracht. Jantsch weist auch auf Spuren einer breiten Straße hin, die im Wald in Richtung gegen Stegendorf-Lind-Karnburg nach Virunum geführt haben dürfte.

Probeentnahmestellen:

TE1, TE2, TE3, TE6: Aus dem unteren Teil des alten Steinbruchs.

TE4, TE5: Aus dem darüber liegenden Römersteinbruch.

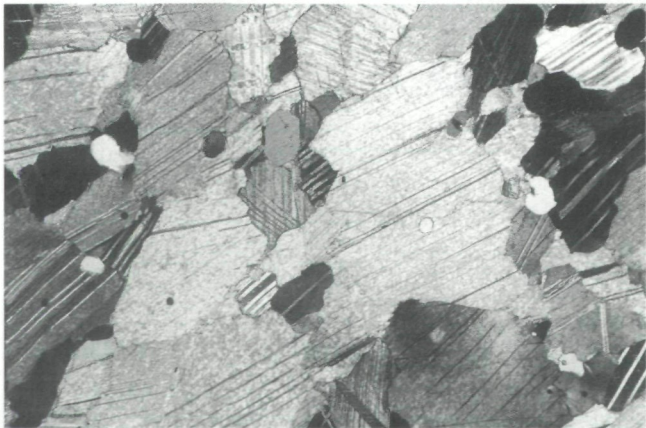
Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die kleine Marmorlinse ist in Glimmerschiefer eingelagert und entspricht dem Typus Pörschach. Der mittelkörnige Marmor zeigt eine rosa und grünliche Bänderung und ist stellenweise durch Eisenoxyde gelblich oder bräunlich verfärbt.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Kalzite weisen einen Durchmesser von 0,3 bis 1,7 mm auf, die Korngrenzen sind gelappt und verzahnt. Die Zwillingslamellen sind gerade bis schwach verbogen. An

Abb. 8:
Mikroskopisches Bild des
Tentschacher Marmors
(Vergr. 30 fach)



Nebengemengteilen erscheinen gerundete Quarzkörner mit glatter Auslöschung und gerade gestreckte Muskowitteilsten, untergeordnet treten kleine Quarzaggregate und Feldspäte auf (Abb. 8).

Kraig

Kraig - Kulmberg

Diese Vorkommen vom Typus Pörschacher Marmor sind am SE-Rande der Gurktaler Alpen gegen das Becken von St. Veit in einer Reihe von Brüchen aufgeschlossen. Die Vorkommen sind auch unter der Bezeichnung Kraiger- und Seebichlmarmor bekannt. Der Mögracher Bruch, der nachweislich auch römisch betrieben wurde, liegt am Südfuß des Kulmberges westl. des Gehöftes Pupitsch (Abb. 9). Den römischen Abbau bezeugen Reste von Werkstücken und eine Inschrift aus dem Jahre 60 n. Chr. (JANTSCH 1937) sowie ein Hammer.

Probeentnahmestellen:

KR1, KR2: Mögracher Bruch, oberer Bereich.

KR3, KR4, KR5: Mögracher Bruch, unterer Bereich.

KR8: Mögracher Bruch.

Abb. 9:

Abbauwand im Kraiger Steinbruch



Abb. 10:
Mikroskopisches Bild des Kraiger
Marmors (Vergr. 30 fach)



Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Der fein- bis mittelkörnige, glimmerreiche, rosa bis gelbliche Marmor ist in grauen, enggeschiefertten Phylliten eingelagert. Im oberen Bruchbereich ist der Marmor auch von gering mächtigen Quarz- und Phyllitlagen durchzogen. Auf den Hauptkluftflächen erscheinen intensive Lösungsercheinungen in Form von Ätzgruben sowie starke rostrote Eisenoxidanreicherungen. In Folge des als Nebengemengteil vorhandenen Pyrits macht sich beim Anschlagen des Gesteins ein Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerkbar (Stinkmarmor).

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Kalzitkörner haben eine mittlere Korngröße von 0,5 mm und erreichen maximal 1,5 bis 2,5 mm. Die Korn-
grenzen sind glatt mit vereinzelt Rekrystallisationser-
scheinungen, die Zwillingslamellen sind gerade gestreckt. Als Nebengemengteile erscheinen zahlreiche, meist gut gerundete Quarzkörner und Muskowitleisten sowie opake Pyritminerale. Auffallend sind in das Schieferungsgefüge eingeregelt Aggregate aus Quarz, Feldspat, Muskowit und nicht deformierten Biotitleisten (Abb. 10).

Kraig - Seebichl

Der Seebichlbruch befindet sich SW des Mögracher Bruches in einer langgestreckten etwa 30 Meter mächtigen Marmorlinse.

Probeentnahmestellen:

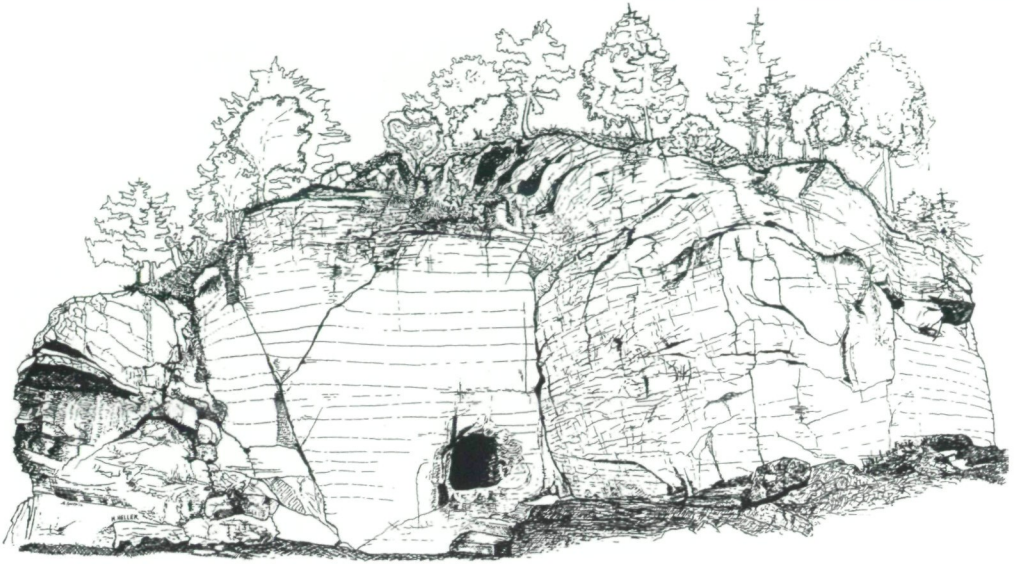
KR6, KR7: Steil nach E abfallender, alter Steinbruch (KIESLINGER 1956). Die Proben stammen aus dem Gipfelbereich.

Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Fein- mittelkörniger, sehr heller, gelblichweißer, dünn gebänderter Marmor.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Wie Kraig - Kulmberg



Spitzelofen

Am Westabfall der Koralpe liegt oberhalb des Kaltwinkelgrabens, bei Ragglbach im unteren Lavanttal, in etwa 1060 Meter Seehöhe ein alter Marmorsteinbruch (Abb. 11, 12). Er wird im Volksmund Spitzelofen genannt. Als Ofen

Abb. 11:
Ansichtsskizze der gesamten
Bruchwand

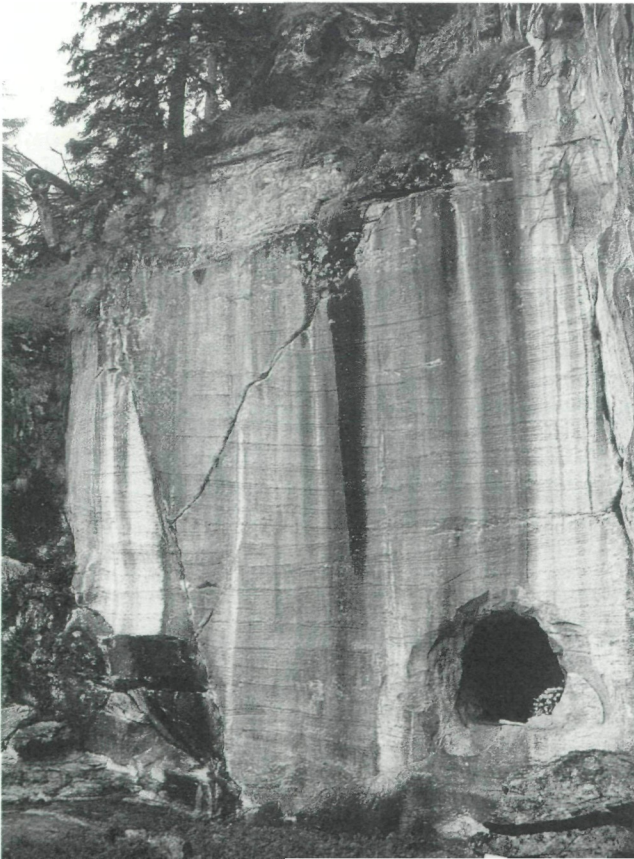
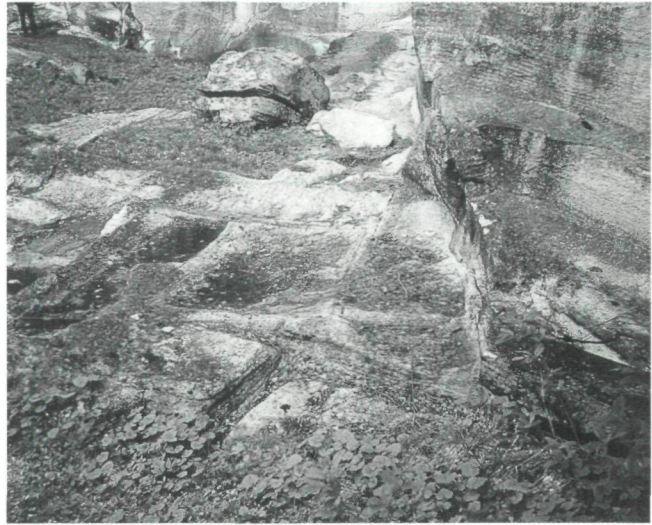


Abb. 12: Mittlerer Teil der alten
Abbauwand

Abb. 13:
Gesäuberte Bruchbasis
mit Schrämschlitten



werden weithin sichtbare Marmorblöcke und Wände im Bereich der Koralpe bezeichnet. Der im Besitz der Schütte'schen Forstverwaltung befindliche Bruch ist als Bodendenkmal geschützt. Er wurde 1995 ausgeholt und die Basis von Humus und Erdreich gesäubert, sodaß die Schrämschlitten der zuletzt gewonnenen Quader sichtbar wurden (Abb. 13). Die etwa 15 Meter hohe Bruchwand ist schon seit langer Zeit als römischer Steinbruch bekannt und wurde erstmals von EICHHORN (1817) in den Beiträgen zur Geschichte und Topographie des Herzogtums Kärnten erwähnt. Eine ausführlichere Bearbeitung erfolgte durch SCHÜTTE (1923). Neben einer Handskizze vom Steinbruch gibt er einen kurzen geschichtlichen Überblick, wobei er auch auf die im obersten Teil der Bruchwand enthaltene römische Weihinschrift eingeht, die aus dem 3. Jhd. n. Chr. stammen dürfte. Die große Kaverne im unteren Bereich der Bruchwand geht auf eine Schatzsuche aus dem 19. Jhd. zurück. Umfangreiche Grabungen und die Freilegung des Steinbruches bis zur Sohle sowie die gut erhaltenen Schrämspuren beweisen eindeutig die römische Nutzung (JANTSCH 1931). Ein späterer Abbau kommt nicht in Frage, da die römische Bruchwand sicherlich zerstört worden wäre. Messungen von Schrämspuren an den Abbauwänden ergaben Blockstärken von durchschnittlich 40 bis 45 cm (Abb. 14). Der Abtransport der vorgefertigten Werkstücke dürfte über eine Rampe und einen nach Westen führenden, noch erhaltenen Hohlweg, am Gehöft Radnigbauer vorbei, in Richtung Neuhäusel und in den Kaltwinkelgraben erfolgt sein. Schütte spricht von einer abgebauten Steinmasse von ungef. 3.000 m³. Auch KIESLINGER (1956) schließt aus den gewaltigen Spuren des Abbaues auf eine umfangreiche Steingewinnung. In Folge der schwach ausgeprägten Klüftung konnten 4 bis 5 m große Blöcke gewonnen werden.

Probeentnahmestellen:**SP1:** An der linken Bruchwand, Basis.**SP2:** An der Hauptabbauwand, links unten.**SP3:** An der rechten Abbauwand.**SP4:** Wie SP3, gebändert.**SP5, SP6:** Am Verschnitt der rechten Abbauwand mit der äußersten rechten Abbaufäche.**SP7:** Äußerstes rechtes Eck des Bruches.**SP8:** In der Kaverne, linke Seite.**SP9:** Von der isolierten obersten Abbaustelle direkt unterhalb des Forstweges (intensive Internverfaltungen; heller und sehr grobkörniger Marmor).**SP10:** Kaverneneingang rechts.**Makroskopische Gesteinsbeschreibung:**

Der teilweise dolomitische Kalkmarmor ist grobkörnig und weiß mit zarten grauen Bändern mit etwas Graphit, Pyrit und Hellglimmer. Beim Anschlagen macht sich ein starker H_2S -Geruch bemerkbar.

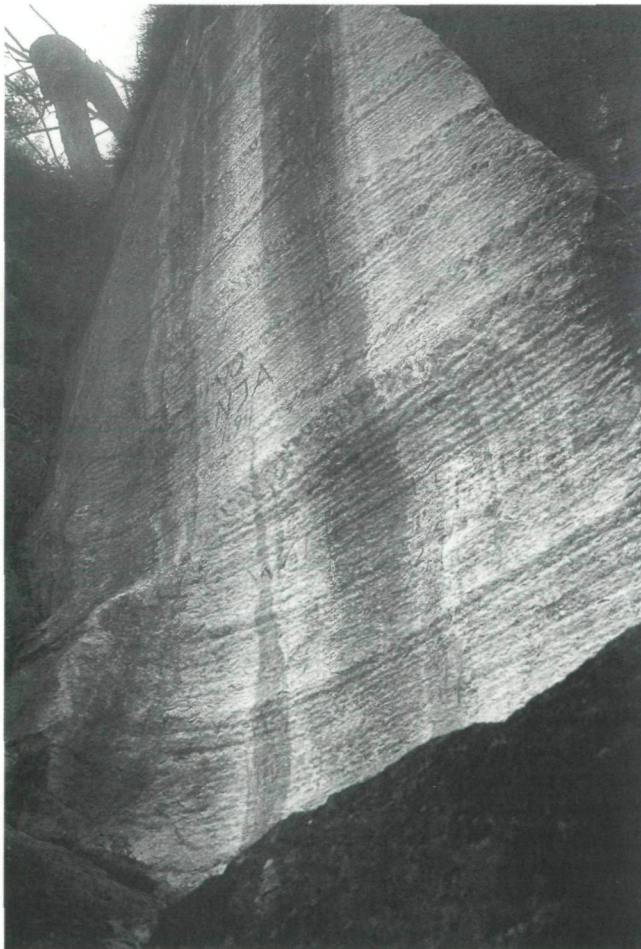
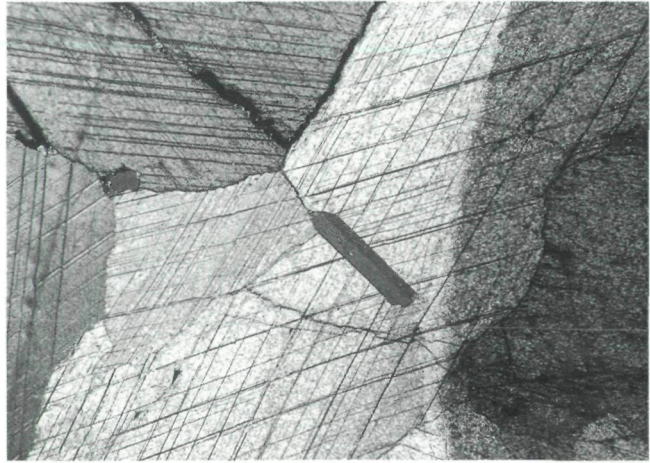


Abb. 14:
Schrämuren an der lotrechten
Abbauwand

Abb.15:
Mikroskopisches Bild des Spitzel-
ofenmarmors (Vergr. 30 fach)



Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Kalzitkörner besitzen eine mittlere Korngröße von etwa 1,5 mm und erreichen maximal über 5 mm. Die Korngrenzen sind glatt bis schwach verzahnt. Die Zwillingslamellierung ist teilweise gebogen. Als Nebengemengteile treten Quarz und Feldspat (gut gerundet), Glimmer und Erzminerale (Pyrit) auf (Abb. 15).

SEKULL

Der Marmor von Sekull gehört zum Typus Pörttschach und liegt einige km nördlich vom Nordufer des Wörther Sees in einer W-E ausgerichteten Marmorlinse. Auch hier waren früher römische Schrämmspuren vorhanden, von denen heute nichts mehr zu sehen ist (KIESLINGER 1956). Durch weitständige Klüftung war die Gewinnung von großen Blöcken möglich.

Probeentnahmestellen:

SE1, SE2: Gegenüber Haus Sekull 1, verfallener und verwachsener Bruch; kleine Aufschlüsse am Böschungsfuß.

SE3, SE4: Östlich von SE 1 größerer Steinbruch mit deutlich nach S einfallenden Schieferungsflächen.

Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Fein- bis mittelkörniger, weißer Kalkmarmor mit grünen und rötlichen Lagen. Durch geringmächtige phyllitische Glimmerschieferlagen ergibt sich eine Bankung im dm- bis m- Abstand. Auf den Schieferungsflächen erscheinen dünne Serizitbeläge.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Korngröße der Kalzitkörner liegt im Mittel bei 0,5 mm und erreicht maximal 1,5 mm. Die Korngrenzen zeigen z. T. intensive Verzahnung, die Zwillingslamellen sind gerade bis schwach verbogen. Auffallend ist die bereichsweise intensive Anreicherung von Nebengemengteilen aus gerundeten Quarzkörnern, verzwilligten Feldspäten und gerade gestreckten Glimmerleisten (Abb. 16).

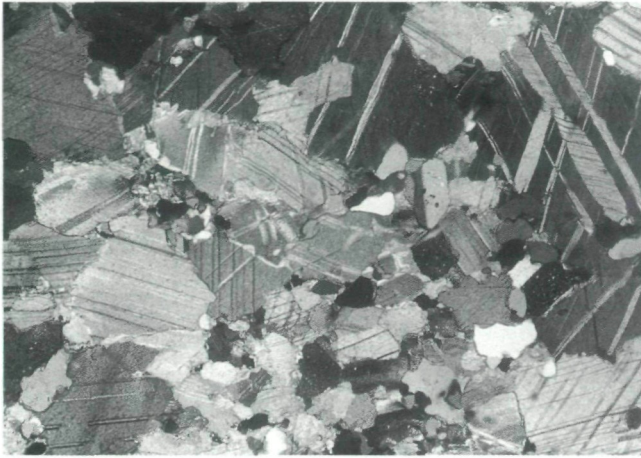


Abb. 16:
Mikroskopisches Bild des Marmors
von Sekull (Vergr. 30 fach)

TIFFEN

Im Bereich der Ortschaft Tiffen befindet sich der Kranabet-Büchel mit der Kote P. 594, der aus Phyllit mit einer Reihe von eingefalteten Marmorbändern besteht. Es sind mehrere aufgelassene Abbaue vorhanden (ehemaliger Schaukel- und Steinmetzbruch). Das Vorkommen wurde schon in der Römerzeit abgebaut. 1926 wurden ein Steinblock mit Inschriftresten und Großbronzen des 1. Jahrhunderts entdeckt (JANTSCH 1938).

Probeentnahmestellen:

TI1: Alter Steinbruch hinter dem Betriebsgebäude des Baustoffwerkes Bergmann.

TI2: Mittelsteil nach N einfallende Marmorlage in grauen Phylliten unterhalb des Werkes.

TI3: Alter Steinbruch am Gipfel des Hügels.

TI4: Im Liegenden von TI 1 und TI 2 heller, weißlich-gelber Marmor mit dm mächtigen Phylliteinschaltungen.

TI5: Alter Steinbruch hinter dem Betriebsgebäude.

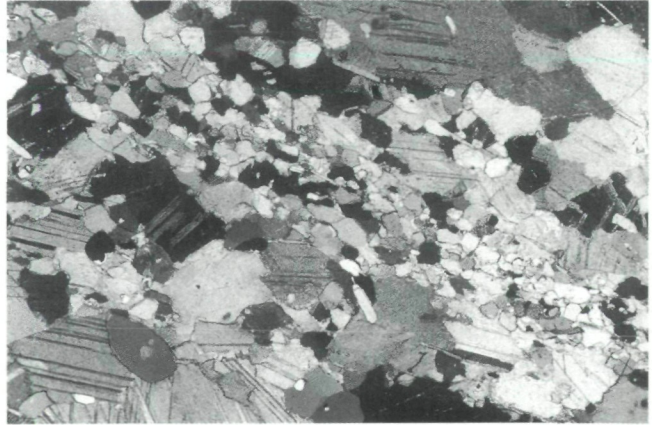
Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Der fein- bis mittelkörnige, mehrere Meter mächtige Kalkmarmor ist hell, gelblich-weiß, und weist eine deutliche rötlich-braune, 1 bis 2 cm dicke Bänderung auf, die auf Eisenoxidlagen zurückgeht. Auf den Schieferungsflächen treten Serizitüberzüge auf. Klufflächen zeigen rostige Verfärbungen. Bereichsweise finden sich graue, bis dm-mächtige Phylliteinschaltungen.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Korngröße der Kalzitkristalle liegt im Mittel bei 0,5 mm und erreicht maximal 1,5 mm. Die Korngrenzen sind vorwiegend verzahnt, die Zwillingslamellen meist gerade gestreckt. Als Nebengemengteile treten Quarz, Feldspat und Muskowitleisten auf. Die Schieferungstextur wird durch auffallend feinkörnige Lagen von Kalzit und eingeregelt Glimmerleisten deutlich nachgezeichnet (Abb. 17).

Abb. 17:
Mikroskopisches Bild des Marmors
von Tiffen (Vergr. 30 fach)



TREFFEN

Der Marmorsteinbruch, 1 km SE von Treffen, gehört zu den Marmorzügen des Wollanig und wurde in einem weithin sichtbaren Bruch ausgebeutet (Abb. 18). Es ist ein grobkristalliner Marmor ähnlich dem von Gummern.

Ein alter, vielleicht schon römisch betriebener Bruch, befindet sich beim sogenannten Heidentempel an der orographisch rechten Talflanke des Treffner Baches in einer der vielen Marmorzüge am Abhang der Gerlitze unterhalb von Pölling.

Abb. 18:
Steinbrucharanlage von Treffen





Abb. 19:
Mikroskopisches Bild des Tremfener
Marmors (Vergr. 30 fach)

Probeentnahmestellen:

TR1, TR2, TR3: Rechter Teil des Steinbruches.

TR4, TR5: Linker Teil des Steinbruches.

TR6: Heidentempel.

Makroskopische Gesteinsbeschreibung:

Grobkörniger, weißer Kalkmarmor; deutliche Bankung durch die Einschaltung von dünnen Glimmerlagen.

Mikroskopische Gesteinsbeschreibung:

Die Größe der Kalzitkristalle beträgt im Mittel etwa 1,5 mm und maximal 5 bis 6 mm. Die Korngrenzen sind buchtig und z. T. intensiv verzahnt; stellenweise finden sich Rekristallisationen. Die auffallend engen Zwillinglamellen sind gerade bis schwach verbogen. An Nebengemengteilen erscheinen nur vereinzelt Quarzkörner und Muskowit (Abb. 19).

Ein weiterer alter Marmorabbau befindet sich in der steil abfallenden, nordschauenden Felswand des sogenannten Jungfernsprunges bei Landskron. In der Wandmitte konnten deutliche Schrämspuren, die auf römischerzeitlichen Abbau hinweisen, festgestellt werden (Abb. 20). Aufgrund der extremen Position war eine nähere Begutachtung und Probeentnahme nicht möglich.

Abb. 20:
Jungfernsprung bei Landskron



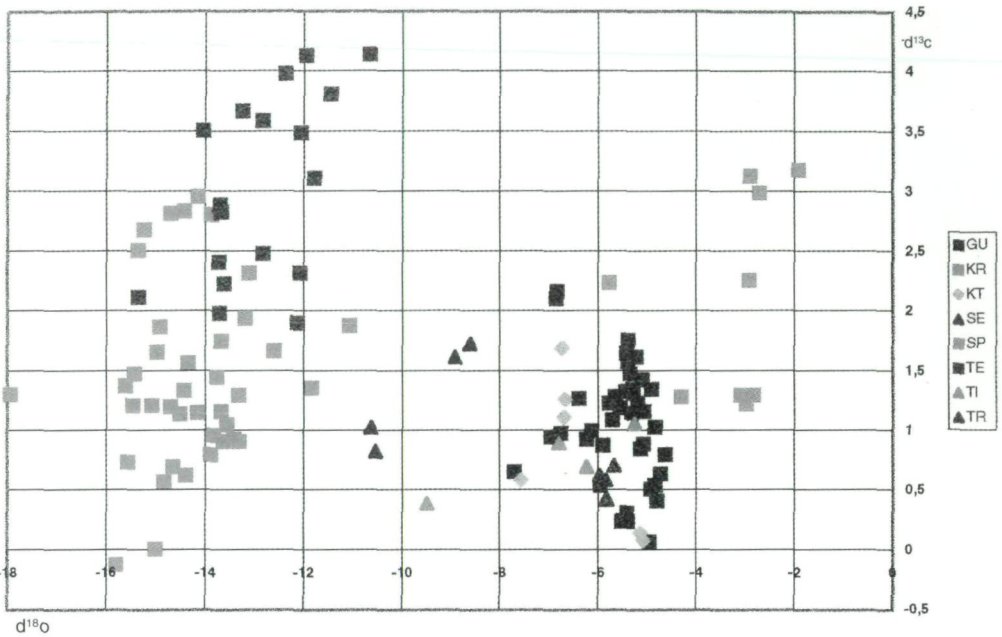


Abb. 21:
Sauerstoff- Kohlenstoffisotopenver-
teilung

ISOTOPENUNTERSUCHUNGEN

Von insgesamt 47 Gesteinsproben wurden Bestimmungen der stabilen Isotopen von Sauerstoff und Kohlenstoff durchgeführt, deren Ergebnisse in nachstehender Tabelle aufgelistet sind.

Tabelle 1: Isotopendaten der
Steinbruchproben

Probenbez.	d180‰	d13C‰	Probenbez.	d180‰	d13C‰
GU1	-6,85	2,11	SP1	-2,71	2,99
GU2	-6,83	2,17	SP2	-1,93	3,18
GU3	-7,7	0,66	SP3	-2,91	3,13
GU4	-5,4	0,24	SP4	-2,93	2,26
GU5	-5,52	0,24	SP5	-2,98	1,22
GU6	-5,42	0,31	SP6	-3,1	1,3
GU7	-5,71	1,09	SP7	-2,84	1,3
KR1	-13,82	0,96	SP8	-4,31	1,28
KR2	-13,89	0,8	SP9	-5,77	2,24
KR3	-14,39	0,63	TE1	-13,61	2,23
KR4	-14,83	0,57	TE2	-11,79	3,11
KR5	-13,31	0,91	TE3	-11,97	4,13
KR6	-15,46	1,21	TE4	-13,71	1,98
KR7	-15,42	1,48	TE5	-11,46	3,81
KT1	-7,57	0,59	TI1	-5,26	1,06
KT2	-6,73	1,69	TI2	-9,49	0,39
KT3	-6,7	1,11	TI3	-6,23	0,7
KT4	-6,67	1,26	TI4	-6,79	0,9
KT5	-5,08	0,08	TR1	-5,85	0,42
KT6	-5,13	0,14	TR2	-5,83	0,42
SE1	-10,64	1,03	TR3	-5,68	0,71
SE2	-10,54	0,83	TR4	-5,85	0,59
SE3	-8,91	1,62	TR5	-5,97	0,63
SE4	-8,6	1,73			

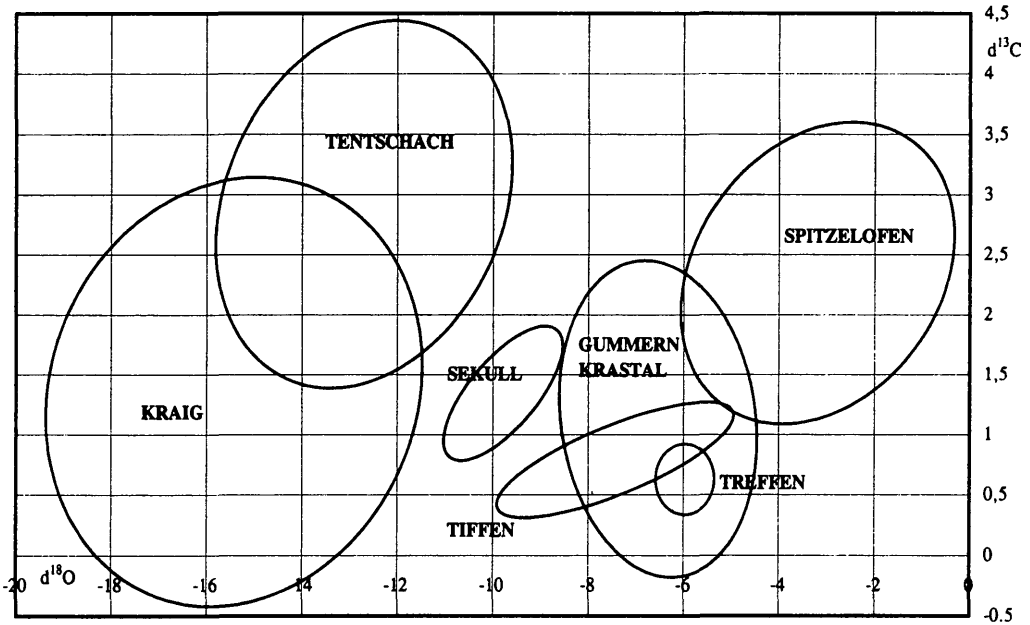


Abb. 22:
Isotopenfelder der untersuchten
Steinbrüche

Im Diagramm der Abbildung 21 sind die Isotopendaten der Steinbruchproben graphisch dargestellt. Die Isotopenfelder der einzelnen Steinbrüche (Abb. 22) ergeben zum Teil gut abgrenzbare Bereiche mit Überlappungen. Dies gilt vor allem für die Marmore von Kraig und Tentschach sowie für Spitzelofen und Sekull. Die Marmore von Gummern, Kratal und Tiffen können dagegen isotopenmäßig nicht differenziert werden. Für die Unterscheidung dieser Proben müssen die Ergebnisse der chemischen Analysen sowie der Dünnschliffuntersuchungen herangezogen werden. Dennoch bleibt die Differenzierung zwischen Gummern und Kratal problematisch, was auch aufgrund der geologischen Zusammengehörigkeit der Marmoreinschaltungen im Kristallzug des Wollanig erklärbar ist.

CHEMISCHE ANALYSEN

Aufgrund der Ergebnisse der chemischen Analysen können Marmore, die im Überschneidungsbereich der Isotopen zwischen Tentschach und Kraig liegen, sehr gut auseinandergehalten werden. Für die Differenzierung können folgende Elemente herangezogen werden: Mn, Rb, Y, Ba, La, Ce, Eu, Hf, Th und U.

KORNGRÖSSENANALYSEN

In den Dünnschliffen, die aus den Bohrkernen angefertigt wurden, wurden jeweils 150 Kalzitkristalle größtmäßig vermessen. Aus den Ergebnissen wurden der minimale, der mittlere und der maximale Korndurchmesser errechnet und graphisch dargestellt (Abb. 23). Diese Unter-

Probenbez/ Steinbruch	Na ppm	Mg %	Al ppm	K ppm	Sc ppm	V ppm	Cr ppm	Fe %	Mn ppm	Co ppm	Cu ppm
Gummern											
GU1	72	12,45	580	261	0,1	5	1	0,125	61	0,4	1,9
GU2	178	12,16	590	291	0,1	5	0,8	0,115	49	0,4	0,8
GU3	834	0,67	2300	689	0,6	5	0,3	0,144	72	0,8	1,6
GU4	79	0,85	640	82	0,2	4	0,8	0,056	31	0,4	0,5
GU5	88	0,64	590	106	0,2	5	1,7	0,061	29	0,4	1
GU6	366	2,74	1070	81	0,3	5	0,6	0,106	37	0,6	1
GU7	70	0,13	170	128	0,2	4	0,3	0,033	27	0,3	0,6
Kraig											
KR1	107	0,17	2400	1016	0,6	5	2,2	0,133	688	0,6	0,8
KR2	126	0,16	2450	1411	0,7	6	2,9	0,186	679	0,6	0,5
KR3	366	0,2	2440	9686	3	20	5	0,817	603	1,5	0,5
KR4	363	0,2	2410	7994	2,9	17	11,3	0,901	636	1,6	0,6
KR5	128	0,17	2420	2441	1	7	6,1	0,199	650	1	3,2
KR6	204	0,2	2460	3265	1,5	9	2,3	0,63	683	0,6	0,5
KR7	326	0,21	2460	6487	2,3	14	6,5	0,797	625	2,9	0,6
Krystal											
KT1	10	12,64	120	29	0,1	6	0,1	0,106	64	0,4	0,5
KT2	36	12,63	400	176	0,1	6	1,3	0,077	38	0,4	0,6
KT3	10	11,16	120	22	0,1	8	0,7	0,108	105	0,5	0,7
KT4	10	10,1	110	39	0,1	9	0,1	0,103	108	0,5	0,5
KT5	10	0,24	330	245	0,2	4	0,1	0,036	14	0,4	0,5
KT6	10	0,23	410	360	0,2	4	0,3	0,036	13	0,4	0,5
Sekull											
SE1	32	0,35	2650	3001	1	10	4,2	0,366	680	1,4	0,5
SE2	112	0,37	2720	1636	0,7	6	1	0,226	684	0,9	0,5
SE3	10	0,46	2730	1706	0,6	6	2,2	0,156	102	0,7	0,5
SE4	10	0,39	2040	1746	0,6	6	1	0,147	86	0,7	0,5
Spitzelofen											
SP1	549	0,41	2820	1740	1,6	11	0,7	0,223	432	4,2	4,1
SP2	10	0,23	140	75	0,3	7	0,3	0,009	65	0,4	0,7
SP3	262	0,35	2100	1190	1,6	12	2,4	0,203	468	7,2	2,7
SP4	198	0,33	2870	1074	1	14	3,7	0,14	219	1,6	0,8
SP5	153	0,48	1820	1628	0,5	9	3,7	0,116	46	0,6	0,8
SP6	106	0,43	910	684	0,4	8	0,7	0,053	42	0,4	0,5
SP7	147	0,2	2050	712	0,6	16	1	0,056	34	0,4	0,5
SP8	64	0,2	430	243	0,2	15	7	0,068	43	0,6	1,5
SP9	22	0,46	50	70	0,3	6	1,5	0,01	43	0,5	0,5
Tentschach											
TE1	417	0,21	1160	708	0,6	6	1,3	0,113	230	0,7	0,5
TE2	363	0,22	1040	686	0,6	6	1,1	0,12	189	0,7	0,5
TE3	68	0,26	3210	1702	0,8	7	3	0,183	155	0,9	0,6
TE4	526	0,18	1000	479	0,5	5	0,2	0,118	216	0,7	0,5
TE5	66	0,18	580	427	0,4	5	0,7	0,089	160	0,5	0,5
Tiffen											
Ti1	47	0,38	440	419	0,3	6	0,6	0,03	18	0,5	0,5
Ti2	86	0,63	1110	903	0,5	6	1,1	0,074	27	0,6	0,8
Ti3	54	0,62	1360	1463	0,6	7	1,3	0,116	38	0,7	0,5
Ti4	94	2,38	1330	1458	0,6	7	1,8	0,115	62	0,7	1,4
Treffen											
TR1	80	1,14	360	298	0,3	7	0,9	0,027	13	0,5	0,5
TR2	90	1,03	370	316	0,3	6	0,3	0,027	14	0,5	0,5
TR3	61	0,44	200	178	0,3	6	0,6	0,017	16	0,5	0,5
TR4	88	0,43	630	350	0,3	8	1,4	0,034	11	0,5	0,5
TR5	88	0,42	380	308	0,3	6	1,1	0,031	11	0,5	0,6

Tabelle 2:
Chemische Analysen
der Steinbruchproben

Sr	Y	Cd	Ba	La	Ce	Eu	Hf	Th	U
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
259	0,2	0,2	6	0,41	0,73	0,01	0,05	0,13	0,08
263	0,3	0,2	7	0,43	0,77	0,01	0,05	0,14	0,1
227	2	0,1	20	1,64	3,22	0,08	0,05	0,27	0,06
203	0,4	0,1	4	0,4	0,61	0,01	0,05	0,11	0,09
203	0,4	0,1	4	0,57	0,94	0,01	0,05	0,2	0,09
186	0,5	0,1	4	0,46	0,73	0,02	0,05	0,15	0,12
1152	0,6	0,6	2	0,29	0,46	0,01	0,05	0,05	0,41
336	2,2	0,2	33	2,31	4,01	0,09	0,05	0,42	0,14
328	3,2	0,2	48	2,32	4,2	0,12	0,06	0,66	0,14
348	12,3	0,1	645	15,9	30,36	0,66	0,33	4,25	0,33
357	12,9	0,3	448	13,06	24,6	0,56	0,26	3,41	0,27
311	4	0,2	127	3,06	5,82	0,19	0,05	1,08	0,1
386	8	0,2	318	5,37	11,32	0,46	0,11	1,96	0,16
350	11	0,3	520	10,01	22,17	0,53	0,05	2,57	0,24
246	0,1	0,1	3	0,2	0,28	0,01	0,05	0,05	0,5
277	0,1	0,1	10	0,21	0,4	0,01	0,05	0,08	0,31
236	0,2	0,1	1	0,27	0,63	0,01	0,05	0,08	0,81
264	0,3	0,1	2	0,5	0,77	0,02	0,05	0,03	1,03
259	0,7	0,1	9	0,34	0,54	0,02	0,05	0,09	0,03
258	0,7	0,1	7	0,36	0,56	0,02	0,05	0,1	0,04
259	3,7	0,1	49	3,61	7,76	0,18	0,05	0,77	0,12
277	2	0,1	32	2,96	6,82	0,14	0,05	0,43	0,06
263	2,3	0,1	25	1,53	3,74	0,09	0,05	0,39	0,06
252	1,9	0,1	21	1,61	3,81	0,08	0,05	0,29	0,04
339	11,4	0,6	54	6,74	10,76	0,31	0,05	1,05	0,37
255	3,6	0,2	8	1,63	1,04	0,06	0,05	0,09	1,95
293	12,2	0,5	23	7,56	13,27	0,34	0,05	0,88	1,08
314	9,6	0,2	36	6,06	8,27	0,28	0,05	0,61	1,64
436	1,7	0,1	23	1,06	1,68	0,06	0,05	0,16	0,82
430	1,7	0,1	15	1,12	1,72	0,04	0,05	0,1	0,38
280	1,6	0,1	11	1,19	2,21	0,04	0,05	0,43	0,98
286	2,1	0,1	10	1,02	1,09	0,04	0,05	0,1	5,8
312	2,8	0,2	2	1,48	1,37	0,04	0,05	0,05	0,05
394	3,1	0,1	21	2,42	3,93	0,12	0,05	0,37	0,06
559	2,6	0,1	18	2,63	3,98	0,12	0,05	0,37	0,06
441	3,3	0,1	43	4,48	6,62	0,16	0,05	0,79	0,09
388	2,9	0,1	11	2,04	3,58	0,13	0,05	0,29	0,05
391	1,9	0,1	8	1,51	2,58	0,1	0,05	0,13	0,04
271	0,7	0,1	2	0,46	0,66	0,02	0,05	0,11	0,05
338	1,1	0,1	15	0,91	1,65	0,04	0,05	0,18	0,08
237	1,7	0,2	29	1,3	2,8	0,06	0,05	0,29	0,03
241	1,4	0,1	17	1,39	3,1	0,06	0,05	0,24	0,05
834	1,3	0,1	3	0,75	1,34	0,03	0,05	0,09	0,38
795	1,3	0,1	2	0,79	1,32	0,03	0,05	0,08	0,36
246	0,6	0,1	1	0,4	0,53	0,01	0,05	0,05	0,04
261	0,7	0,1	2	0,6	0,92	0,02	0,05	0,28	0,08
259	0,7	0,1	4	0,62	1,01	0,02	0,05	0,08	0,04

STEINBRUCH GEMENGTEILE	max. KG	mittl. KG (mm)	(mm)	ZWILLINGS- KORNGRENZEN	NEBEN- LAMELLIERUNG
GUMMERN	2,74	1,47	verzahnt-gelappt	gerade-schwach verbogen	Quarz, Glimmer, Feldspat, teilw. Hornblende
KRASTAL spat	2,59	0,69	glatt-verzahnt	gerade-schwach verbogen	Quarz, Glimmer, Feldspat
TREFFEN	4,55	1,41	stark verzahnt bis ausgefranst	gerade-schwach verbogen	Quarz, Glimmer, vereinzelt Feldspat
TIFFEN spat	1,61	0,63	stark verzahnt	gerade	Quarz, Glimmer, Feldspat
SEKULL	1,52	0,54	stark verzahnt	gerade	häufig Quarz und Feldspat, Glimmer
TENTSCHACH	1,57	0,60	verzahnt-gelappt	gerade-schwach gebogen	gerundete Quarze, Feldspat, Glimmer
KRAIG	1,37	0,52	vorwiegend gerade, teilweise gelappt		gerade häufig gerundete Quarze, Quarz- Feldspat-Glimmer-

Tabelle 3:
Zusammenstellung der
wichtigsten mikroskopischen
Untersuchungsergebnisse

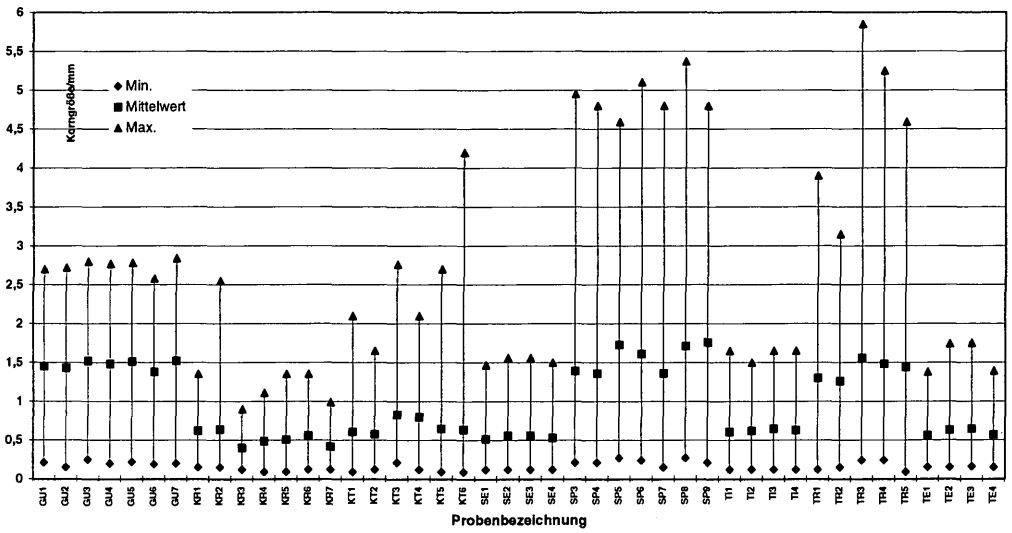
suchungen können als zusätzliches Unterscheidungskriterium der Marmore herangezogen werden.

Die mikroskopischen Untersuchungsergebnisse, die für eine weitere Differenzierung der Marmore relevant sind, wurden in Tabelle 3 zusammengefaßt.

DISKUSSION

Neben der Untersuchung der Marmorsteinbrüche erfolgte gleichzeitig eine Beprobung und analytische Bearbeitung zahlreicher archäologischer Objekte aus dem gesamten Kärntner Raum, die überwiegend in den Museen am Magdalensberg, in Klagenfurt, in Villach und in Teurnia ausgestellt sind.

Aufgrund der Kombination unterschiedlicher Analysemethoden war es möglich, die einzelnen Marmorsteinbrüche klar zu differenzieren. Bei der Untersuchung der archäologischen Objektproben kamen die selben Methoden zur Anwendung. Diese Ergebnisse, die in einer folgenden, ausführlichen Arbeit dokumentiert werden, zeigten, daß eine Zuordnung zu entsprechenden Steinbrüchen in den meisten Fällen gegeben war. Außerdem ergab sich, daß bestimmte Marmorbrüche bevorzugt abgebaut wurden, die einerseits nahe der römischen Siedlungsgebiete situiert waren, andererseits eine günstige verkehrstechnische Lage aufwiesen. Besonders trifft dies auf die Brüche von Kraig und Tentschach zu, die sich im Nahbereich von Virunum am Zollfeld bzw. des Magdalensberges befinden, sowie auch auf die großen Bruchanlagen von Gummern und Krastal mit ihrer unmittelbaren Nähe zum wichtigen Transportweg Drau. Im speziellen gilt dies für den Siedlungsraum



Villach und Teurnia. In einigen Fällen konnte nachgewiesen werden, daß für bedeutende römische Skulpturen auch Marmor importiert wurde, vor allem aus dem mediterranen Raum.

Abb. 23:
Korngrößenverteilung

Literatur

- ANDERLE, N. (1977): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 200, Arnoldstein (mit Erläuterungen), Wien.
- ANDERLE, N. (1977): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 201, Villach-Assling (mit Erläuterungen), Wien.
- BECK-MANAGETA, P. (1980): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 188, Wolfsberg, Wien.
- CRAIG, H. (1957): Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide, *Geochim. Cosmochim. Acta* 12, 133-149, Oxford.
- CRAIG, H. & V. CRAIG, (1972): Greek marbles: determination of provenance by isotopic analysis, *Science* 176, 401-403, Washington.
- EGENTER, P. (1909): *Marmorlagerstätten in Kärnten*, Diss. Univ. München, Univ. Druckerei Berlin.
- EGENTER, P. (1910): *Marmorlagerstätten in Kärnten*, *Der öst.-ung. Steinbildhauer*, 26. Jahrg., Nr. 3, 4, München.
- EGGER, R. (1920): Neu aufgefundener Römerstein in Gummern. *Car. I.*, 110, Klagenfurt.
- HERZ, N. (1988): Carbon and oxygen isotopic ratios: a data base for classical Greek and Roman marble, *Archaeometry* 29/1, 35-43, Oxford.
- JABORNEGG-ALTENFELS, N. J. (1863): *Geschichtliche Miscellen*. *Archiv f. vaterl. Gesch. u. Topogr.* 8, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1929): *Der Römersteinbruch in Gummern*, *Carinthia I*, 119, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1931): *Antike Bodenforschung in Kärnten*, *Carinthia I*, 121, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1937): *Archäologische Mitt. aus Kärnten. Der römische Steinbruch in Tentschach bei Klagenfurt*, *Carinthia I*, 127, Klagenfurt.

- KAHLER, F. (1962): Geologische Karte der Umgebung von Klagenfurt, Blatt 202-203, 1:50.000.
- KIESLINGER, A. (1956): Die nutzbaren Gesteine Kärntens, Carinthia II, Sonderheft 17, Klagenfurt.
- MOENS, L., P. DE PAEPE & M. WAELKENS (1992): Multidisciplinary research and Cooperation: keys to a succesful provenance determination of white marble, Acta Archaeologica Lovaniensia, Monographiae, 4, 247-252.
- MÜLLER, H. W., B. SCHWAIGHOFER, M. BENEÄ, I. PISO, A. DIACONESCU (1997): Provenance of marble objects from the Roman province of Dacia, Jahresh.d.Österr.Archäol.Inst., Bd. 66, 430-454, Wien.
- SCHÜTTE, G. (1923): Der Römersteinbruch am Spitzelofen, Jahresber. d. Stiftsgymn. St. Paul, St. Paul.
- PISTOTNIK, J., F. H. UČIK & K. KRAINER (1992): Zur Geologie des Nockgebietes. Nationalpark Nockberge, Klagenfurt.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich Bd. 1, F. Deuticke Verlag, Wien.
- WEISSENBACH, N. (1978): Geologische Karte der Saualpe, 1:25.000 (2 Blätter).
- WINTER, A. (1931): Die österreichischen Marmore und Serpentine, Architektur u. Bautechnik, 15 u. 16, 225-259, Wien.
- WOLF, H. (1878): Die Kärntner Marmore und die Bausteine aus dem Leithakalke. Wochenschrift d. österr. Ing.u. Architekten Ver. III, Nr.16 und 17, Wien.

Anschrift der Verfasser:

A. o. Univ.Prof. Dipl. Ing.
Dr. Harald W. Müller,
Univ. Prof. Dr. Bernd Schwaighofer,
Institut für Angewandte Geologie,
Universität für Bodenkultur Wien,
Peter Jordan Straße 70, A-1190
Wien.