

Erfassung und Beurteilung von Natursteinen in Tirol

Von HELFRIED MOSTLER, unter Mitarbeit von VOLLMAR APOLLONER & BERNHARD DAVOGG*)

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Tirol
Nördliche Kalkalpen
Nördliche Grauwackenzone
Innsbrucker Quarzphyllit
Allkristallin
Tauernfenster
Prospektion
Diabas
Festigkeitskriterien

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 84–92, 113–123, 143–151, 170–176

Zusammenfassung

Vorliegende Studie befaßt sich zunächst mit den einzelnen Schritten der im Zuge des Projektes entwickelten Prospektionsstrategien zur Erfassung und Beurteilung von Natursteinen. Die daraus abgeleiteten Parameter ermöglichten eine erste grobe Abgrenzung der Prospektionsareale, die systematisch auf die einzelnen Großbauzonen wie z.B. Nördliche Kalkalpen etc. angewandt wurden, wodurch eine sehr gezielte Prospektionsphase auf ganz bestimmte Natursteinvorkommen durchgeführt werden konnte.

Aufgrund dieser angewandten Prospektionsstrategie gelang es, insgesamt 12 Großvorkommen und 5 mittelgroße Vorkommen (potentielle Natursteinlagertätten) zu erkunden, die sich für eine Dekorstein-, Bau- und Werksteingewinnung einerseits, Gleisbettungsschotter-, Edelsplitt-, hochwertige Straßenschotter-Gewinnung andererseits bestens eignen. Darüber hinaus wurden noch wirtschaftlich verwertbare Vorkommen zur Gewinnung von Silikasteinen und solche von hochreinen Kalken erkundet.

Summary

This study is dealing with the particular steps of the prospection strategies (for the classification of natural resources of hardrocks) which are developed in this project. The resultant parameters allowed a first delimitation of the prospection areas, which could be applied systematically to the particular nappes, as for instance to the Northern Limestone Alps, etc. By this a distinct prospection phase of special deposits could be carried out.

At the reason of this practical prospection strategy it was possible to investigate 12 large deposits and 5 of medium size which are qualified for building-stone, rubble dimension stone, crushed gravel and gravel for road construction uses. Besides that economically usable deposits for the exploitation of silica stone and such of high graded limestone had been explored.

1. Aufgabenstellung

Aufgabe des Projekts war es, die festen Massenrohstoffe bzw. Natursteine Tirols nicht nur zu erfassen, sondern Gebiete herauszuarbeiten, die verkehrsgeographisch so günstig liegen, daß sie nach positivem Untersuchungsergebnis über ihre Eignung auch einer wirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden können.

Die Arbeiten sollten so ausgeführt werden, daß die erste Phase der Prospektion, die sogenannte Suchphase, übergangen wird, was nur aufgrund von Vorinformationen des Projektwerbers möglich war.

Vertraglich festgelegt wurde eine gezielte Prospektion auf:

1. Dekorsteine
2. Bau- und Werksteine
3. Gleisbettungssstoffe
4. Edelsplitt
5. gemeine Splitt und Straßenschotter
6. Gesteinsmehle (für Füller und Düngemittel)
7. Rohstoffe für Baukeramik
8. Rohstoffe für Silikasteine und Ferrosiliziumproduktion
9. und schließlich sollten die Untersuchungen vor allem auf eine komplexe Nutzung aller in einer Natursteinlagerstätte anfallenden Gesteine ausgerichtet werden, d. h. die Rohstoffe einer rückstandslosen Verwendung zugeführt werden.

2. Prospektionsschritte, Prospektionsgebiete und Zusammenfassung der in vergangener Zeit betriebenen und zur Zeit in Betrieb befindlichen bzw. neu entdeckten Natursteinlagerstätten Nordtirols

1. Zusammenstellung aller in vergangener Zeit betriebenen Massenrohstofflagerstätten mit Ausnahme der Lokergesteine. Dieses Ziel konnte nur durch ein ausführliches Literaturstudium erreicht bzw. über das am Institut für Geologie und Paläontologie in den letzten 15 Jahren gesammelte Datenmaterial erfüllt werden.
2. Aufsuchen aller 165 in der Abb. 1 aufgeführten, ehemals betriebenen Massenrohstoffgewinnungsstätten. Daraus wurden die wichtigsten Parameter für die weitere Prospektionsstrategie erarbeitet.
3. Erfassung aller in Betrieb befindlichen Natursteinlagerstätten (72) und Aufsuchung dieser (siehe hiezu Abb. 1).
4. Die aus den ersten drei genannten Schritten gesammelten Erfahrungen flossen in das weitere Untersuchungsprogramm ein; dadurch konnte eine erste grobe Abgrenzung der Prospektionsgebiete erstellt werden, wobei zunächst die einzelnen geologischen Großbauzonen Nordtirols hinsichtlich der erstellten Parameter durchforstet wurden.

*) Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. HELFRIED MOSTLER, Dr. VOLLMAR APOLLONER, Dr. BERNHARD DAVOGG, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität, Universitätsstraße 4, A-6020 Innsbruck.

MASSENROHSTOFF – LAGERSTÄTTEN NORDTIROLS

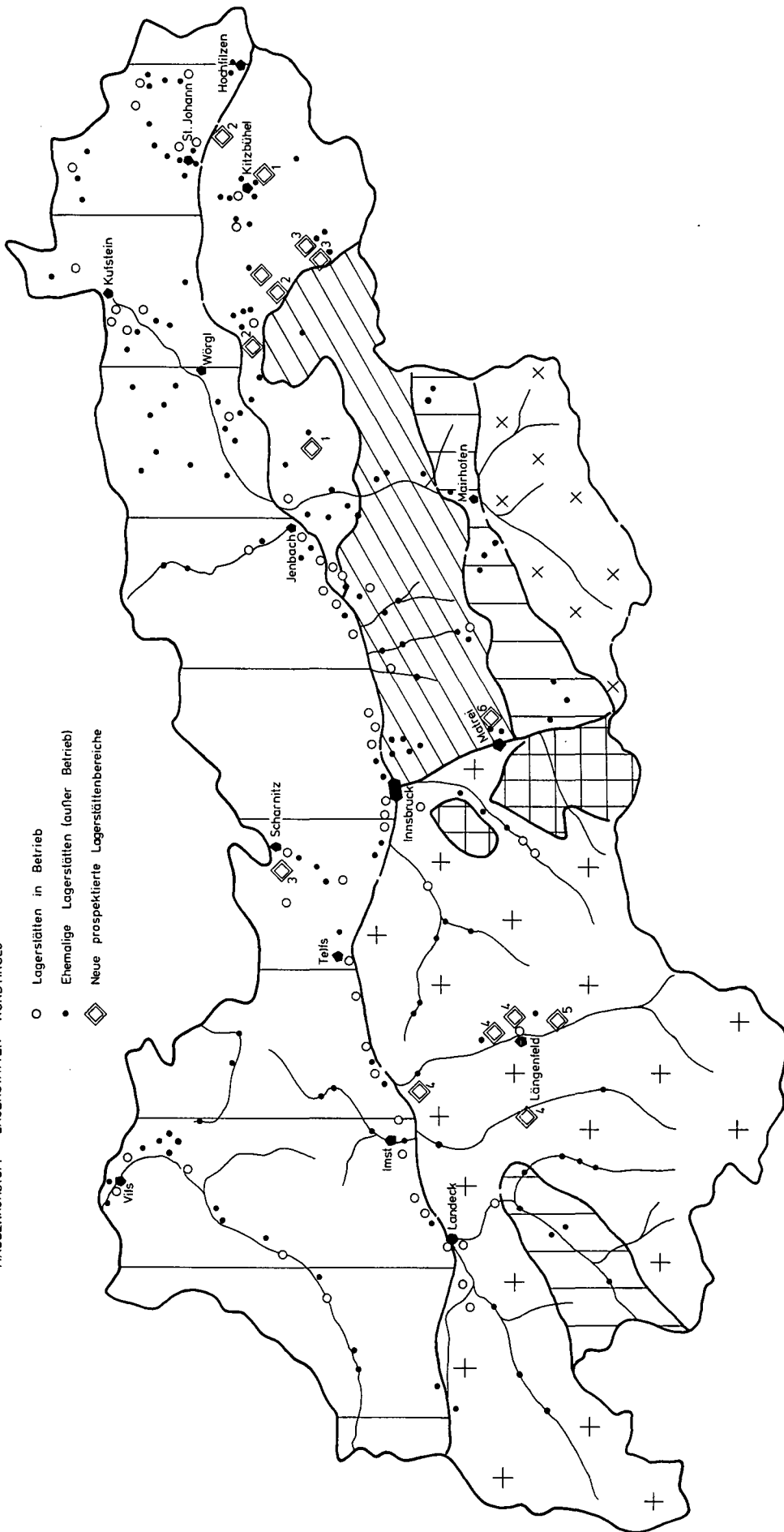


Abb. 1: Lagerstätten von Massenrohstoffen in Nordtirol; 1 = Dekorsteine, 2 = Edelsplitte, 3 = Hochreine Kalke, 4 = Bau-, Werksteine, 5 = Eklogite (Gleisbettungsschotter), 6 = Silikasteine.

Nördliche Kalkalpen

Die ersten Überlegungen gingen davon aus, in welchen Bereichen, vor allem verkehrsgeographisch günstig liegende, verwertbare Massenrohstoffe zu vermuten sind.

a) Wo sind dekorativ wirkende Karbonatgesteine zu prospektieren und um welche Gesteinsarten handelt es sich?

1) Permische Basalbreccien; weit verbreitet von Schwaz in Tirol bis zur tirolisch-salzburgischen Landesgrenze.

2) Dickbankige, rot-grüne Knollenkalke der Mitteltrias (sogenannter Schusterbergkalk); besonders im Inntal bei Thaur, Kranebitten, bei Silz und Mötz weit verbreitet.

3) Dickbankige Kalke von dunkelgrauer bis schwarzer Färbung mit weißen verheilten Rissen und Fossilquerschnitten des Mittleren Muschelkalks; besonders in der Umgebung von Reutte und Füssen verbreitet.

4) Dickbankige Kalke der tieferen Obertrias; es handelt sich hierbei um den dunklen Typ der Reiflinger Bankkalke, meist aber um die schwarzen Partnachkalke, die im Lechtal und bei Füssen verbreitet sind.

5) Schwarze Kalke, aus den Kössener Schichten stammend, mit weißen Fossilquerschnitten; Hauptverbreitung zwischen Hall und Innsbruck, bei Kramsach und Brandenberg.

6) Liaskalke und Liasbreccien bei Kramsach; am Achensee bzw. am Fuß des Rofans; es handelt sich um ein sehr dekoratives Gestein, besonders ist der Breccientyp auch recht farbenfroh entwickelt.

7) Weitere ähnliche Jurakalke, eher dem Adneter und Hierlatztypus entsprechend; Verbreitung im Lechtal (Holzgau, Häselgehr, Elmen, Stanzach, Höfen), bei Füssen, Bichlbach südlich von Reutte, Lermoos und im Raum zwischen Nassereith und Fernpaß sowie bei Landl und Thiersee.

8) Gosaukonglomerate und Breccien in der Flirscher Gegend (hauptsächlich Bergsturzmaterial), bei Kramsach und Füssen.

Hiezu sei gleich angeführt, daß dieses Projekt auf die Erkundung von Großlagerstätten ausgelegt wurde. Rohstoffe für Kleinbetriebe zu suchen, die spezifisch veredeltbar sind, wurde ausgeklammert, da hiezu die speziellen Voruntersuchungen fehlen.

b) In welchen Arealen sind Bau- und Werksteine herbeizugewinnen (d. h. nicht oder nur mäßig veredeltbare Festgesteine innerhalb der Nordtiroler Kalkalpen), wobei hiemit eine Rohblockgewinnung gemeint ist, mit einer Nachbearbeitung unmittelbar am Hereingewinnungsort, durch Schlitzen, Trennbohren oder Bearbeitung mit dem Bossierhammer etc. Zur Gewinnung eignen sich alle vorher aufgezählten, grobblockig anfallenden Karbonatgesteine, jedoch sind diese qualitativ zu hochwertig; man müßte auf jeden Fall trachten, daß man hochwertige Massenrohstoffe nicht vergeudet, sondern nur die notwendige Qualität verwendet. Wenn man die erstgenannten Gesteine aus diesen Gründen ausscheidet, so eignen sich für Bau- und Werksteine besonders die Wettersteinriffkalke. Sie sind im Inntal zwischen Innsbruck und Zirl, Haiming und Imst verbreitet, treten aber auch in wirtschaftlich interessanten Mengen zwischen Seefeld und Scharnitz und zwischen Jenbach und Pertisau auf.

c) Wo bestehen Hoffungsgebiete von reinen und hochreinen Kalken? Hiefür kommen in erster Linie

Wettersteinlagunenkalke in Betracht, in welchen „Mega-bänke“ (zwischen 15 und 30 m Mächtigkeit) auftreten. Es handelt sich hierbei um sehr reine Kalke, in welchen bis zu 75 % hochreine Kalke auftreten können. Das Prospektionsgebiet hat sich um das Gebiet von Scharnitz konzentriert.

Als sehr reine Kalke sind auch die oberrhätischen Riffkalke anzusehen, jedoch sind diese innerhalb Tirols nur im unwegsamen Gelände vertreten und wurden somit von einer weiteren Prospektion ausgenommen.

d) In welchen Gebieten sind hochwertige Dolomite für die Feuerfestindustrie zu erwarten? Zunächst ist damit der Hauptdolomit angesprochen; diesbezüglich gibt es jedoch hinsichtlich der Hereingewinnung Probleme (zu starker Wechsel im Mg-Gehalt, der nicht nur bankweise, sondern auch bankintern auftritt).

Weitaus günstiger, d. h. durch eine sehr homogene Mg-Führung ausgezeichnet, ist der Ramsaudolomit, ein spätdiagenetisch veränderter Wettersteinkalk, der besonders im Raum zwischen Brixlegg und Wörgl vertreten ist.

e) Weit verbreitet sind jene Vorkommen in den Nördlichen Kalkalpen, die als Zuschlagstoffe (Brechsande, Splitte, Zementrohstoffe, diverse Kalkmehle und solche zum Kalkbrennen) und Bettungstoffe, die vorwiegend als Straßenschotter genutzt werden.

Hiezu eignen sich die meisten Kalk- und Dolomitgesteine der Trias, während die des Juras meist der Qualität nach zu hochwertig sind, und, wie bereits erwähnt, als Bau- und Dekorsteine Verwendung finden sollten.

Was die Verwendbarkeit für die Zementindustrie betrifft, handelt es sich um Partnachschichten, Raibler Tonschiefer, Kössener Tonschiefer und vor allem Allgäuschichten, womit die potentiellen Zementrohstoffe der Nördlichen Kalkalpen aufgezählt sind.

Abschließend sei noch angeführt, daß zwar genug Vorkommen in den Nordtiroler Kalkalpen als Brechprodukte genutzt werden können, daß aber Probleme hinsichtlich der Umweltbeeinträchtigung von Städten und großen Siedlungsgebieten bestehen. Hierbei wäre zu überlegen, alle jene Massenrohstoffe, die in sehr standfestem Gebirge auftreten, untertage hereinzugewinnen, und zwar nach dem Muster des Dolomitsplittwerkes Schwaz in Tirol. Die Mehrkosten könnten mit der Erstellung von unterirdischen Lagerräumen kompensiert werden.

Das Dolomitsteinwerk Schwaz arbeitet auch ohne gezielte Schaffung von unterirdischen Lagerräumen sehr rentabel. Es ist auf die Dauer nicht möglich, in unmittelbarer Nachbarschaft eines Siedlungsraumes Großsteinbrüche für Brechprodukte zu betreiben; es ist aber auch nicht möglich, das Material über große Strecken zu verführen, da Brechgüter besonders frachtkostenempfindlich sind.

Nördliche Grauwackenzone

a) In welchen Gebieten, vor allem in welchen verkehrsgeographisch günstig gelegenen Bereichen treten dekorativ wirkende Karbonatgesteine auf? Wenn auch der Anteil an Karbonatgesteinen in der Grauwackenzone Tirols sehr hoch ist, so handelt es sich zu über 80 % um Dolomitgesteine, die meist kleinstückig zerbrechen, und daher für eine Dekorsteinnutzung ausscheiden. Die wenigen (Kalk-)Marmore, häufig sehr farbenfroh und mit reicher Zeichnung, sind in nicht oder kaum zugänglichen Regionen. Es blieb somit nur ein Raum, nämlich

der im Spertental, d. h. zwischen Aschau und Rettenstein, ein an sich recht großes Areal, das jedoch im Zuge unserer Detailprospektion stark eingeengt werden konnte.

- b) Welche Abschnitte bieten sich für die Hereingewinnung von silikatischen Dekorsteinen an? Generell müßte zunächst die Frage aufgeworfen werden, welche Gesteine der Grauwackenzone sich überhaupt für eine Dekorsteinsgewinnung eignen. Zunächst wurde an die roten und grünen metamorphosierten „Quarzporphyre“ gedacht, weiters an Serpentine und Gabbros, sowie an die sehr dekorativen Pillowlaven und Pillowbreccien.

Vorwegnehmend darf gleich erwähnt werden, daß die Quarzporphyre, was die Schleif- und Politurfähigkeit betraf, sich als sehr ungünstig herausstellten, während sich die Pillowlaven, und vor allem die Pillowbreccien, ganz hervorragend schleifen und polieren lassen. Ähnlich gute Erfolge erbrachten die Gabbros und die sehr grobkörnigen Diabase, die aus bis 60 m mächtigen Lagergängen stammen. Weniger gute Poliererfolge erbrachten die Serpentine, deren Politur nicht ganz ohne matte Flecken blieb.

Zugänglich sind diese eben erwähnten, oft sehr dekorativen Gesteine nur in wenigen Bereichen, und zwar zwischen Hopfgarten und Rettenbach, in der Kelchsau, in der Umgebung von Jochberg und im Schwarzachgraben, südlich von Hochfilzen hinein bis nach Suglach.

- c) Welche Gebiete kommen in die engere Wahl hinsichtlich der Edelsplittproduktion? Hierzu bieten sich alle basischen Massengesteine in der Grauwackenzone an, die nicht von der Schieferung erfaßt wurden. Es sind dies zum Großteil Diabase, die in Form von Lagergängen den Wildschönauer Schieferungen zwischengeschaltet sind, und nur zum geringen Teil Pillowlaven und Pillowbreccienkörper; letztere sind zwar im östlichen Anteil der Grauwackenzone auf Tiroler Boden weit verbreitet, aber in den meisten Fällen wurden sie einer starken Verschieferung unterworfen, wodurch sich im Zuge der Prospektion die einzelnen Hoffungsgebiete weit mehr als vermutet einengten.
- d) Welche Zielgebiete konnten hinsichtlich der Bausteingewinnung in der Grauwackenzone angepeilt werden? Die bereits erwähnten Quarzporphyre, Diabase und Serpentine sind meist in so kleine Körper zerlegt, daß selten 1 Kubikmeter große Blöcke anfallen. Schon aus diesem Grund besteht keine Möglichkeit für ein Hoffungsgebiet in Richtung Grobblockgewinnung. Hierzu müßte eine speziell ausgerichtete, sehr zeitaufwendige Suchphase angestellt werden, wovon wir aber Abstand genommen haben. Für die Bausteingewinnung würden sich bestimmte Partien der Gabbros eignen; diese könnten aber nur im Zuge einer integrierten Lagerstättennutzung mit hereingewonnen werden.
- e) In welchen Gebieten sind Großvorkommen für die Hereingewinnung von Straßenschottern, gemeinen Splitten und Gesteinsmehlen zu erkunden? Auch hier eignen sich Diabase, wobei man solche mit guter Qualität nur für die Edelsplittproduktion verwenden sollte, den Rest für Straßenschotter etc. Hiefür bieten sich besonders die Grüngesteinsareale in der Umgebung von Westendorf und Nachtsöllberg an, sowie Areale im Rettenbachtal, Teilbereiche im Schwarzautal und auch das Gebiet zwischen St. Johann und Fieberbrunn. Soweit diese Gesteine frei von Karbonat sind, eignen sie sich auch als Sonderbaustoffe für die Mineralwolleproduktion.

- f) Weiters muß noch die Frage nach hoffigen Gebieten für hochreine Kalke innerhalb der Grauwackenzone gestellt werden, wofür sich nur ein Raum, nämlich jener des Spertentals eignet.

- g) Randlich wurde auch die Frage nach Hoffungsgebieten hinsichtlich der Silikasteingewinnung und Ferrossiliziumproduktion aufgeworfen, wodurch sowohl die Kieselschiefer angesprochen werden, als auch die Quarzite. In beiden Fällen handelt es sich jedoch um geringmächtige Einschaltungen, so daß an eine wirtschaftliche Nutzung nicht zu denken ist.

- h) Weiters sollte auch noch die Verwertbarkeit von sehr feldspatreichen Massengesteinen für Baukeramik angezogen werden. Hierzu bieten sich die sogenannten Albitite der Grauwackenzone an, wobei sich ein Prospektionsgebiet in der Nähe des Paß Thurns herauskristallisierte.

- i) Im aufgelassenen Magnesitbergbau Ofenberg bei Hochfilzen fällt ein hoher Anteil an Haldenmaterial an, der nach unseren ersten Untersuchungsergebnissen ganz ausgezeichneten Schotter ergibt, zum anderen könnte man beispielsweise eine „Agglomarmor“-Produktion (Terrazzo) in Erwägung ziehen, da es sich beim Haldenmaterial um ein sehr farbenfrohes Spektrum von Gesteinen handelt.

Innsbrucker Quarzphyllit

Generell ist der Innsbrucker Quarzphyllit sehr arm an hereingewinnbaren festen Massenrohstoffen. Für die erste Prospektionsphase haben wir uns die im Quarzphyllit eingeschalteten Grüngesteine (Prasinite) vorgenommen, die jedoch wegen Geringmächtigkeit einerseits, wegen der Hochlage andererseits, für die Erschließung selbst von mittelgroßen Lagerstätten ausscheiden.

Die zwar harten Augengneiseinschaltungen würden gerade in der Umgebung von Innsbruck recht gute Hartsteine abgeben; auch die plattigen Typen, entsprechend dem Stainzer Plattengneis, würden eine gute Verwertung erlauben, doch sind diese Vorkommen nur in den steilen Einhängen der Sillschlucht erschlossen und somit nicht hereingewinnbar.

Der Schwazer Augengneis ist im Raum zwischen Weer und Schwaz in den Talregionen erschlossen, doch sind Areale mit kompaktem Gneis sehr spärlich.

Ötztal- und Silvretta-Altkristallin

Das Altkristallin ist mit seinem hohen Anteil an magmatischen Gesteinen eines der wichtigsten Prospektionsgebiete für die festen Massenrohstoffe, weshalb auch in erster Linie die Granitgneise und Metabasite in die engere Wahl der Prospektion gelangten. Den Marmoren und Quarziten kommt keine Bedeutung zu.

Hinsichtlich der Verwertung von basischen und sauren Massengesteinen haben wir folgende Überlegungen in unsere Prospektionsphase einfließen lassen:

- a) Welche Gebiete kommen hinsichtlich Dekorsteinen in die engere Wahl? Hier mußte zunächst die Frage abgeklärt werden, welche Gesteine sich überhaupt zum Verschleifen und Polieren eignen. Sehr gute Erfolge waren bei den Eklogiten, Eklogitamphiboliten und Granatamphiboliten zu verzeichnen. Relativ gut ließen sich auch die Granodiorite und ein Augengneistyp behandeln. Besonders dekorativ sind die Eklogite bis Granatamphibolite. Als erste grobe Prospektionsareale boten sich das Sellraintal, Ötztal, Pitztal sowie Kauner- und Paznauntal an. Nach Abschluß der ersten Phase verblieb nur

noch das Ötztal als ergiebigster Prospektionsbereich. Die in den anderen Talschaften auftretenden Eklogite und Eklogitamphibolite liegen in übersteilem Gelände oder sehr ungünstig hinsichtlich des Fremdenverkehrs, oder scheiden wegen zu großer Abgelegtheit aus.

- b) Welche Gebiete sind für die Hereingewinnung von Bau- und Werksteinen in die engere Wahl zu ziehen? Infolge der Grobblockigkeit (Rohblöcke von 2–8 m³) sind die Eklogite ganz ausgezeichnete Bausteine für den Hoch- und Tiefbau, doch sollte man ihnen wegen der hohen Qualität den Vorrang als Dekorsteine einräumen. Besonders geeignet sind auch die weniger dekorativ wirkenden Amphibolite und hierfür wurde das Gebiet des hinteren Pitztals bei Plangeroß erkundet.
- Weitaus das, auch von verkehrsgeographischer Lage, günstigste Gesteinsvorkommen ist der Granodiorit, der im vorderen Abschnitt des Ötztals bzw. in einem kleinen Seitental hereingewonnen werden könnte. Sehr gut für Bausteine eignen sich Granitgneise, wobei sich das Untersuchungsgebiet nach der ersten Prospektionsphase auf das mittlere Pitztal einerseits konzentrierte, andererseits das Ötztal (Eingang des Ötztals und das Gebiet um Längenfeld) miteinbezog.
- c) Ein besonders wichtiges Anliegen war es uns, hochwertigen Gleisbettungsschotter zu erkunden, bzw. ein hierfür geeignetes Prospektionsareal zu erarbeiten. Hiefür boten sich das Ötztal, Pitz- und Kaunertal an, wobei besonders das Ötztal die hochwertigsten Dekorsteine aufweist.
- d) Hinsichtlich der Bettungsstoffe, vor allem Straßenschotter etc., eignen sich alle bisher genannten Gesteine; man sollte hier jedoch nur die qualitativ schlechteren Gesteine auswählen bzw. im Zuge der integrierten Nutzung das nicht für Bau- und Dekorstein oder für Gleisbettungsschotter geeignete Material zu verwenden.
- e) Im Zuge unserer Prospektionsstrategie haben wir auf ein Programm, das speziell auf Gesteinsmehle für Füller und Düngemittel ausgerichtet ist, verzichtet, da wir der Meinung sind, daß über Abprodukte bei Hereingewinnung von hochwertigem Material genug Substanz anfällt, die als Gesteinsmehl weiterverarbeitet werden kann.

Zentralalpines Mesozoikum

Da das zentralalpine Mesozoikum von einer Metamorphose erfaßt wurde, und jene Karbonatgesteine, die im Zuge dieser keiner Dolomitierung zum Opfer fielen, marmorisiert wurden, wurde speziell an die Prospektion von Dekorsteinen einerseits und Dolomitsplittgewinnung andererseits gedacht. Obwohl das Gestein des sogenannten „metamorphen Kalkkomplexes“ ganz ausgezeichnete Dekorsteine ergeben würde, bestand infolge der extrem hohen Lage von wirtschaftlich interessanten Vorkommen wenig Chance, diese auch zu nutzen. Wir haben uns daher vor allem im Gschnitztal umgesehen, wo wir nördlich von Trins Hoffnungsgebiete aufgesucht haben, aber infolge der Steilheit der Bergflanken zuwenig Entwicklungsmöglichkeiten für einen Großsteinbruch vorfanden. Außerdem haben wir wegen der schlechten Erschließbarkeit von einer weiteren Prospektion in diesem Raum Abstand genommen. Für kleine und mittlere Steinbrüche gäbe es eine Reihe von Ansatzmöglichkeiten; hiefür müßte aber eine sehr gezielte Sucharbeit angesetzt werden.

Für die Dolomitsplittgewinnung bieten sich die vielen, aus Hauptdolomit aufgebauten Schutthalden an bzw. die mylonitisierten Hauptdolomitereiche zwischen Plon und Nöblacher Joch, die schon so zerbrochen sind, daß man sie direkt als Dolomitsplitt hereingewinnen kann.

Schieferhülle (Penninikum)

Die Schieferhüllgesteine sollen hier aus Gründen des Überblicks in einen Westteil (Unterengadiner Fenster) und Ostteil aufgegliedert werden.

Der Westteil ist auf Tiroler Boden hinsichtlich Prospektion fester Massenrohstoffe relativ unergiebig. Die sogenannten Bündner Schiefer eignen sich weder für Zuschlagstoffe, noch für Bettungs- und Dammbaustoffe. Vereinzelt sind Bereiche durch kalkführende Phyllite ein Hoffnungsgebiet für die Hereingewinnung von Platten, jedoch haben die ersten Prospektionsversuche hier ziemlich Schiffbruch erlitten, zumal zwischen den einigermaßen gut zu spaltenden Gesteinsbänken sehr viel nicht verwertbares Abraummaterial anfällt. Die an sich sehr gut geeigneten Grungesteine des Engadiner Fensters fehlen auf Tiroler Seite oder sind nur im Hochgebirge erschlossen, so daß auch hinsichtlich Bausteingewinnung und Edelsplittverwertung keine Chance besteht. So gesehen sind nur die im Fensterrahmen auftretenden Quarzite für eine weiterführende Prospektion interessant, die einerseits als Bausteine, andererseits für die Gewinnung von Silikasteinen und Ferrosiliziumherstellung geeignet sind.

Der Ostteil weist ein wesentlich breiter gefächertes Gesteinsspektrum auf. Neben den vorherrschenden Kalkphylliten sind es Kalkmarmore (Hochstegenmarmor), Quarzite, Arkosen, Prasinite, Serpentinite, Hornblendegarbenschiefer, metamorphe Radiolarite und sehr dekorative Jurabrecien. Der Ostteil ist jedoch nur über das Zillertal bzw. durch die Gerlos zugänglich, womit der Prospektionsbereich schon von Haus aus stark eingeengt war.

Angeboten hat sich eine Prospektion speziell auf die Kalk- und Dolomitmarmore vom Typ Hochstegen. Doch ist aufgrund der geringen räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten an die Anlage einer Großlagerstätte nicht zu denken, so daß höchstens mittelgroße Steinbrüche, in einigen Fällen kleinere Steinbrüche, in Frage kommen. Gerade im Anschluß an die alten Steinbrüche südlich von Mayrhofen, bei Hochstegen selbst, würde sich eine Wiederinbetriebnahme lohnen. Früher wurden diese Marmore bei Mayrhofen, Hochstegen und im Bereich des Tuxer Tals häufig gebrochen und zu Werksteinen (Pflastersteinen, Randsteinen, Grabsteinen, Altarsteinen etc.) verarbeitet. Zwischen Vorderlanersbach (am Tuxbach) und Brandstatt sind es vor allem Arkosen, die sich z. T. als Bausteine eignen, vielmehr sollten sie aber wegen des hohen Feldspatgehalts (es handelt sich ausschließlich um Kalinatronfeldspäte und Albite, also Feldspäte ohne Ca-Gehalt) auf ihre Eignung für die Baukeramik überprüft werden.

Die direkt daran anschließenden dunklen Kalke würden sich recht gut als Bausteine eignen, und zwar einerseits als Platten (dm-Bankung), andererseits als Sockelsteine (über 1 m mächtige Bänke; Rohblockgröße von 1–1,5 m³). Sie lassen sich auch sehr gut polieren, sind aber aufgrund ihrer dunkelgrauen bis schwarzen Färbung sehr eintönig. Im Zusammenhang mit den hellen und dunklen dünnbankigen Dolomiten wäre eine mittelgroße Lagerstätte mit einer Hereingewinnung von Bau- und Werksteinen in Verbindung mit Straßenschotter und Normalsplitten möglich. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob man nicht in diesem, vom Fremdenverkehr so stark frequentierten Tal doch zuerst die sich

am Talausgang in Bewegung befindlichen Halden des Magnesitbergbaus Lanersbach aufarbeiten sollte, indem man sie als Straßenschotter und Splitt nutzt. Im Zillertal herrscht generell ein großer Mangel an Schottern, den man dadurch wettmachen könnte, daß man das an sich umweltstörende Haldenmaterial, das außerdem immer einer strengen Überwachung wegen seiner Mobilität unterzogen werden muß, loswerden würde.

Zone der Zentralgneise

Hier kommen nur die Granite, Granodiorite und Tonalite hinsichtlich der Verwendung als Bausteine in Frage. Eine Schotterproduktion wäre völlig fehl am Platz, zumal das Schottergut viel zu frachtkostenempfindlich ist. Warum überhaupt das hintere Zillertal bzw. der Tuxbach in die Prospektionsgedanken miteinbezogen wurden, hängt mit der Verführung von Granitgesteinen, die im Ötztal bei Längenfeld gewonnen werden, zusammen, die bis in das Zillertal, ja bis in dessen hintersten Talbereich, verliehrt werden.

Als Uferbausteine lassen sich durchaus partienweise die am Eingang des Zillertals anstehenden groblockigen Innsbrucker Quarzphyllite verwenden. Ein relativ großer Steinbruch wurde noch vor 20 Jahren in der Nähe von Zell am Ziller betrieben. Zum Teil eignen sich auch Partien von Schwazer Augengneis im selben Bereich, und zur Zeit bestehen auch dort zwei zeitweilig betriebene Steinbrüche. Wenn also im Zillertal und dessen Einzugsgebiet, ausstrahlend bis in das Unterinntal, Bausteine mit geringem Veredelungsgrad benötigt werden, dann sollte man solche im hinteren Zillertal hereingewinnen. Zur Zeit besteht aber kein Bedarf, und daher wurde eine eingehende Prospektion auf Granit, Granodiorit, Migmatit und Tonalit nicht durchgeführt.

Abschließend sind die einzelnen neu entdeckten Vorkommen mit ihrer hereingewonnenen Menge nachstehend angeführt.

Nördliche Kalkalpen

Dekorsteine (Permische Basalbreccie)

Vorkommen Ehrenbach bei Kitzbühel (2 Vorkommen mit 3.2 Mio m³ bzw. mit 1.3 Mio m³)

Vorkommen Salvenmooser-Kogel bei Söll (4 Mio m³)

Vorkommen Höselalm-Thalerkogel bei Alpbach (5.8 Mio m³)

Reine und hochreine Kalke (Wettersteinlagunenalkalke)

Vorkommen Arntalköpfe bei Scharnitz (110 Mio m³)

Grauwackenzone

Dekorsteine, z. T. auch hochreine Kalke und Bausteine (obersilurische–unterdevonische Kalkmarmore)

4 Vorkommen südl. Aschau bei Kirchberg i. Tirol

Falkenstein (5 Mio m³)

Wirtsmittlerleger-Alm (8 Mio m³)

Tannalpe-Schöbpfalpen (40 Mio m³)

Untere Grundache, beidseits des Tals (1.2 Mio m³)

Edelsplitt, Bausteine, z. T. Dekorsteine (Serpentine, Gabbros, Diabase)

Kropfrader Joch bei Hopfgarten i. Tirol (Serpentine: 1.4 Mio m³; Gabbros: 13.5 Mio m³)

Trattenbach bei Fieberbrunn (Edelsplitt); (Diabase: 1.3 Mio m³)

Reichkendl im Grenzbereich Tirol/Salzburg (Saalachtal) (Diabase: 13.4 Mio m³)

Ötztal-Kristallin

Bausteine (Granite-Granodioritgneise)

Vorkommen Längenfeld-Oberried (2.5 Mio m³)

Vorkommen Habichen-Tumpen (12 Mio m³)

Vorkommen Pitztal-Wiese (15 Mio m³)

Dekorsteine, Bausteine, Gleisbettungsschotter (Eklogite, Eklogitamphibolite)

Vorkommen Aschbach-Hochwald (5.5 Mio m³)

Vorkommen in unterostalpinen Einheiten

Silikasteine bei Matrei am Brenner (3 Mio m³)

Vorkommen in penninischen Einheiten

Splitt (Serpentine)

Nickelalm bei Kals in Osttirol (4 Mio m³)

Bereich zwischen St. Johann und Fieberbrunn

(siehe Abb. 2)

Aufgabenstellung

Ziel der Arbeiten war es, die Diabasvorkommen in diesem Abschnitt auf ihre Verwertbarkeit als hochwertiger Splitt zu erkunden. Dies, um der in diesem Raum bereits ansässigen Natursteinindustrie (hauptsächlich das Hartsteinwerk Kitzbühel) den Weiterbestand aus der Sicht der Rohstoffbeschaffung zu sichern.

Bedeutung

Die Bedeutung der Diabase liegt in ihrer ausgezeichneten Eignung als Betonzuschlagstoff, Gleisbettungsschotter und als Splitt zur Herstellung bitumengebundener Decken. Der Diabas erfüllt die in ihn gesetzten Anforderungen wie hohe Schlagfestigkeit, gedrungene Kornform des gebrochenen Gutes, rauhe Bruchfläche und gute Bitumenhaftfestigkeit im allgemeinen in hohem Maß. Früher lag der Hauptverwendungszweck im Eisenbahnbau, wo die Diabassplitt als Gleisbettungsstoffe ihre Verwendung fanden. Die heutige Bedeutung erlangte dieser Rohstoff als Zuschlagstoff in Beton und Bitumen für Fahrdecken von Landesstraßen bis zu Autobahnen. Aufgrund der hohen dynamischen Festigkeit dieses Gesteins wird in Zukunft wahrscheinlich das Hauptverwendungsgebiet in der Verwendung als Gleisbettungsmaterial für geplante Hochgeschwindigkeitseisenbahnstrecken liegen (siehe auch Pläne zur „Brenner-Flachbahn“/Tiroler Umweltschutzkonzept). Nicht zuletzt auch deshalb, weil Diabassplitt als Zuschlagstoff für Fahrbahndecken (vorw. Autobahnen) aufgrund seines geringen Lichtreflexionsvermögens (sicherheitsgefährdend bei Nacht) stellenweise auf Ablehnung stößt.

Für die Untersuchungen wurde der kleine Raum der Südseite des Tals der Pillersee-Ache von Fieberbrunn bis St. Johann ausgewählt. Nach der Kartierung und unter Berücksichtigung der primären Voraussetzungen zur Errichtung eines Abbaus auf Natursteine, nämlich vertretbare günstige verkehrstechnische und abbautechnische Verhältnisse, blieb nur ein Vorkommen eines Diabaslagerganges übrig, das diese ersten Voraussetzungen erfüllte, und so weiteren Untersuchungen über Quantität und Qualität der Natursteinlagerstätte zugeführt werden konnte. Es handelt sich hier um den Diabaslagergang, der sich am Ausgang des Trattenbachtals befindet.

Geologische Situation

Der ganze Komplex liegt in einem Schichtpaket, das annähernd E–W streicht und nach S einfällt.

Es besteht aus einer Tuffabfolge, in welcher der Lagergang steckt, und aus sie überlagernden Tonschiefern mit Subgrauwacken (Abb. 2). Der Diabaslagergang selbst steckt tw. konkordant auflagernd, tw. diskordant durchschlagend, tw. von Störungen begrenzt in vorwiegend grünen Tuffen. Diese Störungen bewirken eine Zweiteilung

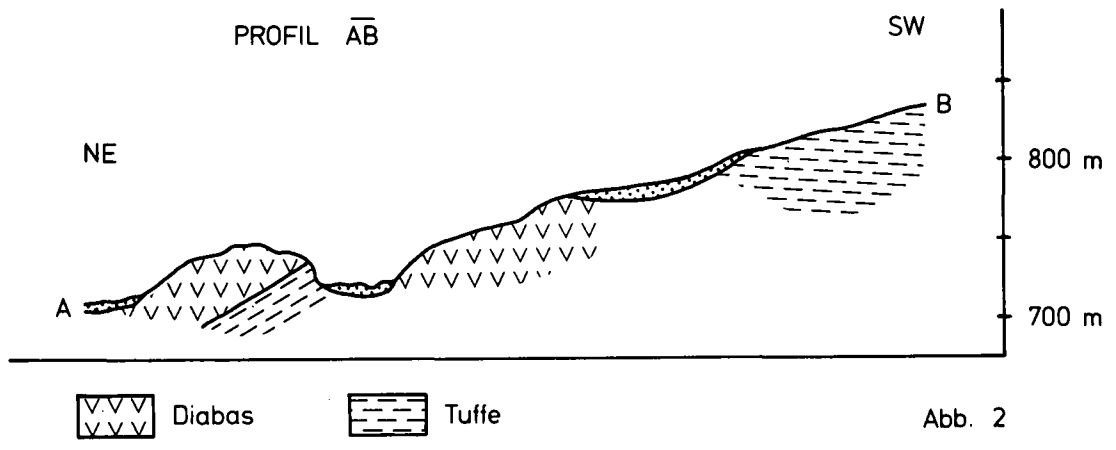


Abb. 2

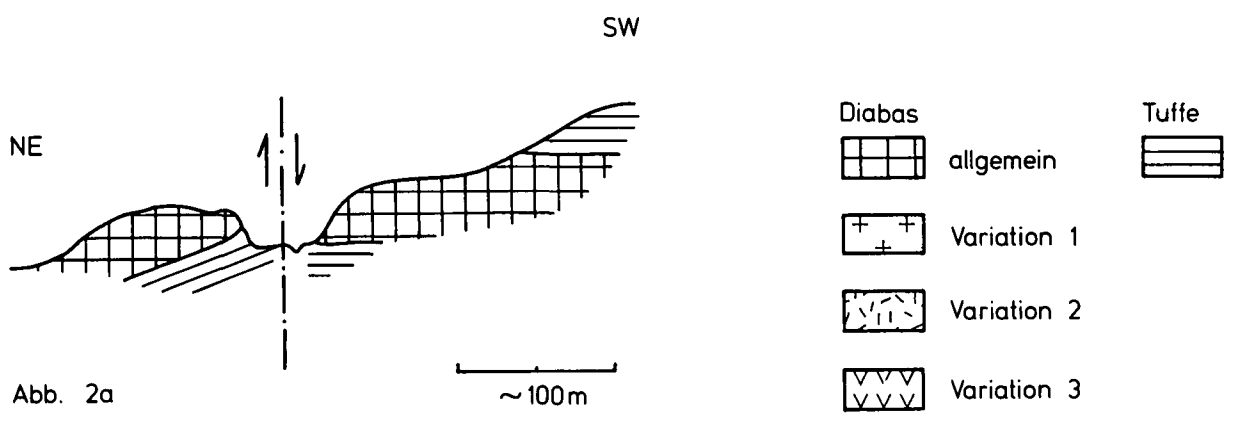


Abb. 2a

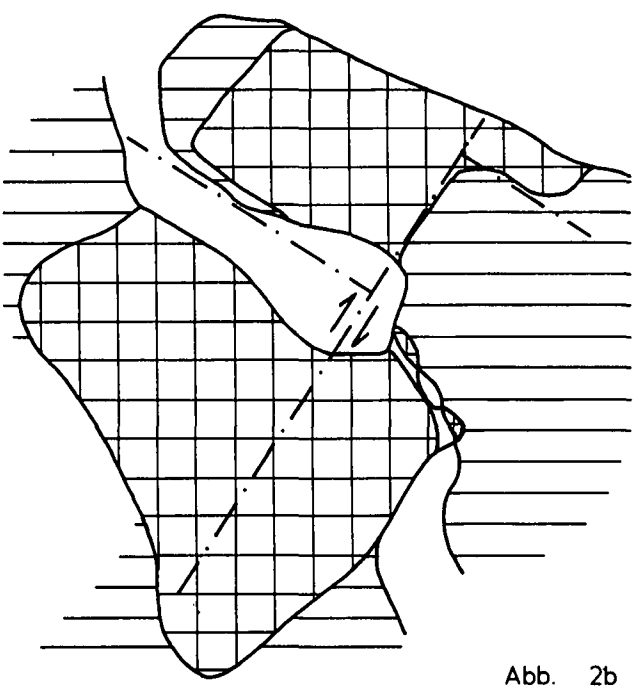


Abb. 2b

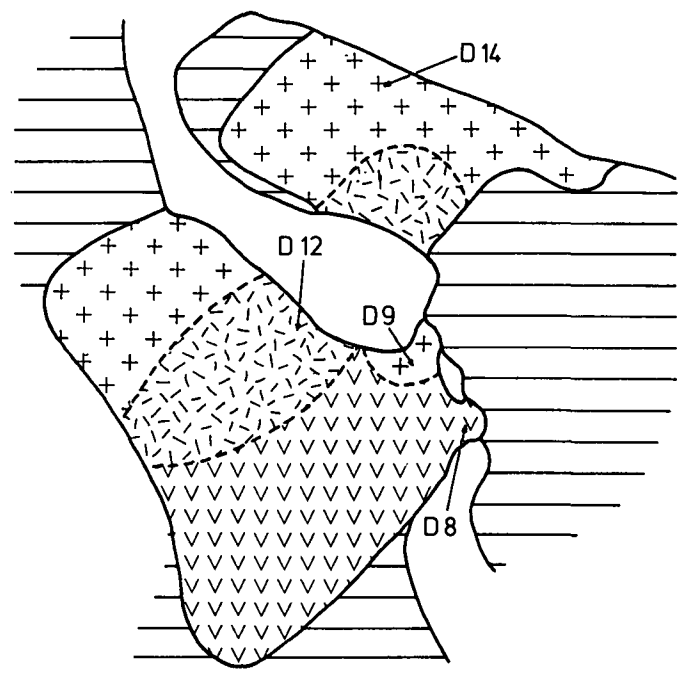


Abb. 2c

Abb. 2: Profil durch das Diabasvorkommen am Trattenbach bei Fieberbrunn; 2a und 2 b: Tektonische Situation; 2 c: Aufgliederung des Diabasvorkommens am Trattenbach nach der Qualität (Variation 1-3).

des Vorkommens, die durch Versetzung sowohl lateral als auch vertikal entstand. Die steilstehende Auf-Abschiebungsbahn verläuft parallel dem Trattenbachtal und bewirkte einen Versatz des Lagerganges um ca. 10 m (Abb. 2a). Diese Störung wird von einer nahezu senkrecht auf sie stehenden, fast saigern Blattverschiebungsbahn abgeschnitten. Diese wiederum versetzt zwei Teile des Magmatitkörpers in NE-SW-streichender Richtung um den Betrag von ca. 130 m (Abb. 2b). Ein weiterer Hinweis für die Versetzung bzw. deren Beträge ist die Position und das Auftreten der drei Varietäten des in sich leicht differenzierten Lagerganges (Abb. 2c).

Abbautechnische Verhältnisse

Durch die, auf dem Hangenden des Diabaslagerganges, in der Morphologie des Geländes deutlich hervortretende Verebnung wird der Abbau stark begünstigt, z. B. ist eine Vergrößerung des Abbauprofils ohne ein Mehr an Abraum und ohne steilere und höhere Böschungen am Lagerstättenrand möglich (Abb. 3, Profile 1-5). Da das Vorkommen bis zum Talboden herabstreicht, ist es auch verkehrsmäßig leicht erschließbar. Außerdem weist es außer der Vegetationsdecke und der auf den Nordostteil begrenzten geringmächtigen (maximal 1.5 m) Moränenbedeckung bzw. dem Hangschuttmaterial, keinerlei vor dem Diabasabbau zu entfernende Überlagerung auf.

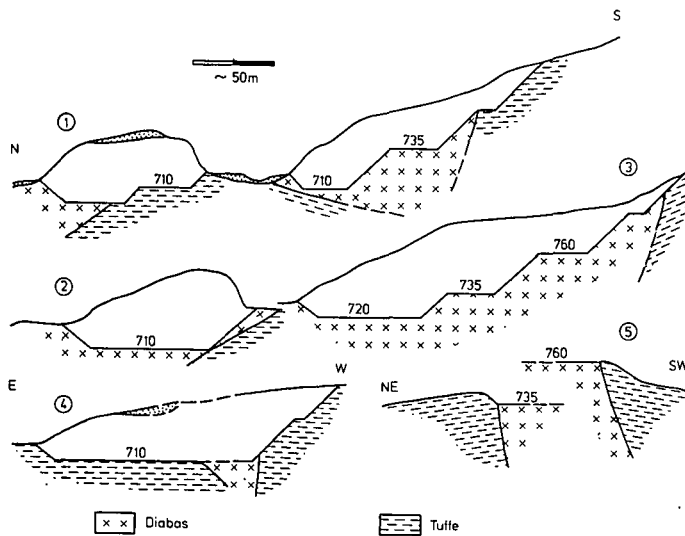


Abb. 3: Abbautechnische Situation des Diabasvorkommens vom Trattenbach bei Fieberbrunn.

Das aus den Profilen errechnete ungefähre Abbauvolumen an Diabas beträgt 1.3 Mio m³, was ca. 4 Mio t Gestein entspricht.

Ebenfalls keine Probleme wirft die Frage nach der Lage der Lagerstätte zu wichtigen Verkehrsträgern wie Bahn und Straße auf (Abb. 4). Sie liegt direkt an der Hauptstraße, die von St. Johann nach Saalfelden führt, sowie auch an der Westbahnstrecke, und ist somit an das überregionale Verkehrsnetz angeschlossen. Da auch das Hartsteinwerk Kitzbühel in km-mäßig geringer Entfernung liegt, ist das Problem langer kostengünstig verlaufender Transportwege nicht evident.

Wenig Bedenken gegen eine Errichtung des Abbaus dürfte es aus der Sicht des Umweltschutzes geben. Die Lagerstätte liegt am Ausgang in einem unzugänglichen Tal und ist von der Straße durch Ufervegetation und Wald verdeckt. Durch die geringe Größe des Vorkommens ist auch eine Rekultivierung des Areals leicht durchzuführen.

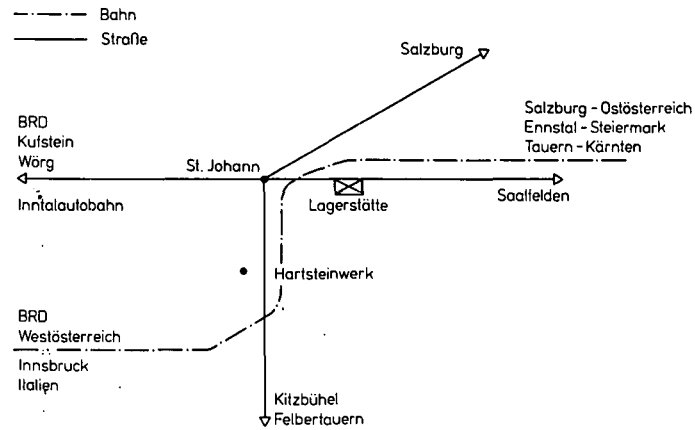


Abb. 4: Verkehrsgeographische Situation der Diabaslagerstätte am Trattenbach bei Fieberbrunn.

Qualitative Einstufung des Diabases

Die qualitative Einstufung des Diabaslagerganges erfolgte aufgrund seiner, an dem Verwendungszweck orientierten, Eigenschaften. Für die Erzeugung von hochwertigem Splitt gelten bei Diabasen folgende Eigenschaften als die ausschlaggebendsten Kriterien: a) das Bruchverhalten, b) das Festigkeitsverhalten.

Bruchverhalten: Der makroskopische Eindruck läßt auf einen wenig verwitterten, relativ frischen Diabas schließen. Dies konnte auch nach Betrachtung des Gesteins im Dünnschliff bestätigt werden. Die tektonische Beanspruchung erfolgte im Gegensatz zu den Tuffen vorwiegend rupturrell, wodurch es zu keiner die Bruchform schädlich beeinflussenden Verschiebung kam, und der Ergußgesteinscharakter des Gefüges gut erhalten blieb. Der Bruchkörper selbst ist ebenflächig begrenzt und Messungen an 30 Klüftkörpern verschiedener Größe ergaben ein durchschnittliches Länge : Breite-Verhältnis (L : d) von 2.18 : 1, was unter dem geforderten Wert von 3 : 1 liegt. Der ungefähre Anteil der sogenannten „Fische“ (L : d größer als 3 : 1) lag, bei nur 30 Messungen, unter 20 %. Die weiter durchgeführte Berechnung der Klüftigkeit des Gesteins ergab (aus 50 Messungen) einen durchschnittlichen Klüftabstand von 14.5 cm bzw. eine Klüftigkeitsziffer K (Klüfte/Meter) von 6.9.

Festigkeitsverhalten: Da die Festigkeitseigenschaften eines Gesteins zum Großteil eine Funktion seiner petrographischen Beschaffenheit sind, erfolgt die Beurteilung der Festigkeit bzw. Hinweise auf deren Größe durch die Beschreibung der kritischen Parameter (hauptsächlich Mineralbestand und Gefüge) unter dem Mikroskop, und durch Vergleich der Ergebnisse mit Daten von Diabasen tw. gleicher stratigraphischer Position und ähnlichen Gesteinen, von denen geotechnische Festigkeitswerte vorliegen; als Beispiel sei hier der Diabas von Saalfelden angeführt:

KIESLINGER, 1964:

- Druckfestigkeit (feink.) 2060 kp/cm²
- Druckfestigkeit (grobk.) 2240 kp/cm²

ZIRKL, 1968:

- Druckfestigkeit 1629-2210 kp/cm²
- Biegezugfestigkeit 244-256 kp/cm²
- Schleiffestigkeit 7.7-8.6 cm³/50 m²

Diabase (weltweit); aus PESCHEL: Natursteine:

- Druckfestigkeit 140-330 MN/m²
- Biegefestigkeit 27.5-72.5 MN/m²
- Schlagfestigkeit 8-22.5 MNm/m³
- Schleiffestigkeit (nach BÖHME) 0.13-0.28 cm³/cm²

Tabelle 1: Diabaslagergang Trattenbachtal; Festigkeitskriterien unter dem Mikroskop.

Beurteilungskategorien : + = positiv, × = durchschnittlich, - = negativ.

Kriterien	Bemerkungen
DRUCKFESTIGKEIT	
hoher Gehalt druckfester Minerale	+ mehr als 60% Plag., Cpx
wenige leicht spaltbare Minerale	× fortgeschrittene Chloritis.
Feinheit des Korns	+ Ø Korngröße 2 mm (Plag. max 3 mm)
Verfilzung durch Saussurit- sierung, Uralitisierung, Epi- dotisierung	+ durch Spilitisierung vorh.
geringe Serizitisierung	× unterschiedlich starke Plagioklaszersetzung
Innigkeit der Kornbindung (hoch)	+ vorw. dolerit.-ophit. Gefüge
keine Gefüge anisotropie	+ vorw. dolerit.-ophit. Gefüge
keine Sprünge, Risse, feine Klüfte	+ selten (mit Qu, Karb. verh.)
keine Poren, Hohlräume	+ keine feststellbar
ZUG-BIEGEFESTIGKEIT	
Feinkörnigkeit	+ s. o.
unmittelbare Kornbindung	+ s. o.
filzig verschränkter Verband	+ s. o.
wenige leicht spaltbare Minerale	+ s. o.
keine Hohlräume, Bindungslücken	+ s. o.
keine Gefügeanisotropie	+ s. o.
SCHERFESTIGKEIT	
Haftwiderstand (Kornform, -verteilung, orientierung)	+ ophitische Gefügeausbil- dung pos.
Gefügewiderstand (Verzah- nung, Verfilzung, kein -Gefüge)	+ s. o.
Reibungswiderstand (Mineral- bestand, Kornform, -größe, Porosität)	+ s. o.
SCHLAGFESTIGKEIT	
geschlossenes, feines Gefüge	+ s. o.
keine Haarrisse, Klüfte	+ s. o.
KANTENFESTIGKEIT	
sperriges Gefüge	+ ophitisches Gefüge ideal
intensive Kornverzahnung	+ s. o.
anisometrische Kornform	+ Plag. vorw. leistenförmig
Mittel- bis Grobkörnigkeit	× s. o.
kein monomineralischer Aufbau	+ siehe Mineralbestand
keine glasigen Substanzen	+ holokristallin
ABNUTZUNGSWIDERSTAND	
Härte, Spaltbarkeit, % der HGT	+ mehr als 60 % Plag., Cpx
keine Gefügeanisotropie	+ s. o.
intensive Kornbindung	+ s. o.
keine Klüftung, Absonderung	+ kompakter, unverschiefer- ter Magmatit
geringer Verwitterungsgrad	+ gering
VERWITTERUNGSBESTÄNDIGKEIT	
geringer Verwitterungsgrad	+ s. o.
geringe Verwitterungsanfälligkeit	+ günstiger Mineralbestand
Farbbeständigkeit (keine kohligen Substanzen, Rostbildner)	+ Erzminerale vorw. Tita- nomagnetit; Ilmenit, Pyrit, Kupferkies untergeordnet
kleine Korngröße	+ s. o.
geschlossenes Gefüge	+ s. o.
keine Gefügeanisotropie	+ s. o.
keine Poren, Hohlräume	+ s. o.

Zusammenfassendes Urteil

Die Diabase der Grauwackenzone werden in Tirol und Salzburg schon seit langem abgebaut und mit Erfolg als Zuschlagstoffe, Bettungsstoffe und Splittmaterial verwendet. Beispiele sind der Steinbruch des Hartsteinwerkes

Kitzbüchel sowie der Pibergsteinbruch bzw. der Hinterburgbruch bei Saalfelden. Wie Vergleiche gezeigt haben, weisen die petrographisch-mineralogischen Eigenschaften, also die Haupteinflussfaktoren der die Verwendung bestimmenden Kriterien, des Gesteins des Diabaslagergangs im Trattenbachtal wenig oder gar nicht von denen der bereits eingesetzten Gesteine ab. Ebenso zeigt die vorw. nach FREUND (1955) durchgeführte Beurteilung der Festigkeitseigenschaften unter dem Mikroskop festzustellender Mineral- und Gefügeeinheiten, daß vom Mineralbestand und vom Gefüge her keine gravierenden negativen Einflüsse auf die Festigkeitseigenschaften des Gesteins zu erwarten sind. Es ist daher auch für diesen Lagergang eine den Anforderungen entsprechende Qualität anzunehmen, und somit stünde einem Abbau aus dieser Warte nichts entgegen.

Ein weiterer Faktor ist jedoch die zu erreichende Wirtschaftlichkeit eines Abbaus. Da aber günstige abbautechnische und verkehrstechnische Verhältnisse vorliegen, und dazu noch das das Abbauprodukt verarbeitende Werk und sicher auch Abnehmer vorhanden sind, steht einer Rentabilität eventuell nur die geringe maximal zu erreichende Abbaumenge an verwertbarem Gestein von ca. 4 Mio t im Wege.

Eine Ausweitung des Abbauvolumens ließe sich nur mit Hilfe einer integrierten Nutzung des gesamten Lagerstättengebietes erzielen. Dies würde die Miteinbeziehung des für hochwertigen Splitt nicht brauchbaren Diabasabfalls und der den Diabas umgebenden Tuffe in die zum Verkauf (=Erlös) gelangenden Abbauprodukte erfordern. Der Diabasabfall könnte als minderwertigerer Zuschlagstoff oder Schotter seine Verwendung finden, während die Tuffe in größerem Maß – diese Möglichkeit besetzt hier im gesamten Tiroler Teil der Nördlichen Grauwackenzone – abgebaut werden könnten, und a) fein aufgemahlen als Gesteinsmehl, eventuell zusammen mit geeigneten Tonschiefern, die Rohstoffbasis für die Herstellung von Füllstoffen oder Bestreustoffen, b) geschmolzen und versponnen als Mineralwolle, Grundstoff zur Erzeugung von Isoliermaterialien bilden könnten. Eine überblicksmäßige Betrachtung der Tuffe aus petrographischer Sicht und ein Vergleich mit den für die Verwendungszwecke a) und b) gestellten mineralogisch-petrographischen Anforderungen (Tabelle) lassen diese Möglichkeiten einer Nutzung offen. Es müßten jedoch genaue technische Untersuchungen (Mahlen, Schmelzen, Spinnen) und eine wirtschaftliche Bedarfs- und Aufwandsabklärung einer Miteinbeziehung in die Planung vorausgehen.

Anforderungen an Tuffe

Proben D 13, D 16

- für Gesteinsmehle, silikatische Füllstoffe:
Brech- und Mahlverhalten bis auf 40 µm (Versuche)
Kiese, Sulfide, hoher Quarzgehalt unerwünscht (Mineralbestand)
- für Mineralwolle:
Schmelzpunkt und Viskositätsverhalten (Versuche)
Schmelzpunkt und Viskositätsverhalten (u.a. auch vom Chemismus abhängig: Vorteil: viel Al₂O₃, Nachteil: viel Alkalien, CaO, FeO)
Mineralbestand: Kristalltuffe mit sehr untergeordneten Gehalten an Quarz und Karbonat. Die Korngröße beträgt weniger als 0.3 mm. Erzminerale (?Sulfide) sind äußerst feinkörnig (unter 0.01 mm) und in Schnüren angeordnet.
Chemismus: Hier dienen zur Beurteilung die Werte von 13 auf ihr Schmelz- und Viskositätsverhalten unter-

suchten basischen Magmatite als Vergleich (ZAGAR & FÖRSTER, „Sprechsaal“ 7/1977).

Literatur

FREUND, H.: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. IV/1: Mikroskopie der Gesteine. – Frankfurt, 1955.

KIESLINGER, A.: Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. – 436 S., 127 Abb., Salzburg/Stuttgart, 1964.

PESCHEL, A.: Natursteine. – VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1977.

ZAGAR, L. & FÖRSTER, H.: Viskosität und elektrische Leitfähigkeit von Schmelzen von Basalten. – Sprechsaal, 7, Coburg 1977.

ZIRKL, E.: Brechgüter aus Diabas vom Hinterburgbruch bei Saalfelden. – Unveröff. Gutachten, 41 S., Graz, 18. 5. 1968.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 5. November 1981.