

Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.	ISSN 0253-097X	Band 3	S. 23–30	Wien, August 1983
--------------------------------------	----------------	--------	----------	-------------------

## Die Splitteignung der Gesteine im Klostertal, Montafon und Walgau (Vorarlberg)

Von KURT A. CZURDA\*)

Mit 5 Abbildungen

Vorarlberg  
Klostertal  
Montafon  
Walgau  
Straßenbaurohstoffe  
Splitt  
Edelsplitt  
Sedimentpetrographie  
Gesteinsphysikalische Parameter  
Frostbeständigkeit

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 141, 142, 143, 169, 170

### Inhalt

Zusammenfassung, Summary	23
1. Vorwort	24
2. Geologischer Überblick	24
2.1. Geologie des Klostertales	24
2.2. Geologie des Montafons	25
2.3. Geologie des Walgauer	25
3. Gesteinsanalyse	26
3.1. Petrographie	26
3.2. Geochemie	26
3.3. Gesteinsphysikalische Parameter	26
3.3.1. Los Angeles-Werte	27
3.3.2. Schlagzertrümmerungswerte	27
3.3.3. Druckfestigkeitswerte	27
3.3.4. Frost-Tau-Beständigkeit	27
3.3.5. Griffigkeitswerte nach Pendelversuch	28
3.3.6. Griffigkeitswerte nach Polierversuch	28
4. Regionale Bewertung	29
4.1. Klostertal	29
4.2. Montafon	30
4.3. Walgau	30
Zitierte Normen, Literatur	30

### Zusammenfassung

Die die Talflanken der drei untersuchten Talschaften hauptsächlich aufbauenden Gesteine – sie gehören vorwiegend dem Kalkalpin bzw. Silvretta Altkristallin an – wurden zunächst petrographisch und geochemisch semiquantitativ analysiert und geologisch 1:20 000 auskartiert. Die Prüfung der Splitt- bzw. Edelsplitt eignung wurde mit Hilfe folgender Test-Methoden durchgeführt: Los-Angeles-, Schlagzertrümmerungs-, Würfeldrucktest, Frost-Tau-Zyklus sowie Abrieb- und Polierverhalten.

Abgesehen von den für alle Gesteinstypen ungünstig ausgefallenen Frost-Tests, zeigen die anderen Prüfmethode einen einheitlichen Trend, wonach nur zwei Gesteinstypen bestenfalls zur Edelsplittverarbeitung in Frage kommen: Hornblendeschiefer und Amphibolite. Sie bilden zusammen mit Biotitfleckengneis die beiden Talflanken der Innerfratte ab Mauren bzw. Frattner Tobel bis zum Talschluß bei Partenen. Alle anderen Gesteinstypen, sowohl die übrigen Kristallgesteinsvarietäten wie die Karbonate des Kalkalpines, also Muschelkalk, Arlbergkalk, Raibler Dolomit und Hauptdolomit, sind lediglich zur Splittverwendung in Tragschichten geeignet. Die Schieferterien des Kalkalpines, also Partnach- und Raibler Schieferter-

ne sind natürlich auch für den Tragschichteneinbau indiskutabel. Dasselbe gilt für die Phyllitgneise der Silvrettadecke der SE-Hälfte der Klostertalbegrenzung und zwischen Bartholomäberg und Tschagguns im Montafon.

- Klostertal: Im Klostertal kann an einigen Stellen eine steinbruchmäßige Gewinnung von Kalken (Muschel- bzw. Arlbergkalk) vom geologischen Standpunkt aus ins Auge gefaßt werden: bei Stuben, Langen, Klösterle, Danöfen, Dalaas und Bings. Die Steilheit der Nordflanke des Davennastockes verbietet eine Steinbrucharanlage a priori. Die Gewinnung des Hauptdolomites kann sich jedoch auf den Schuttmantel verlegen.
- Montafon: In der Innerfratte ab Stiefentobel bis Partenen sind es an beiden Talflanken die Hornblendegesteine (Hornblendeschiefer und Amphibolite mit allen petrographischen Übergängen), die als einzige Gesteine des Untersuchungsgebietes für eine Edelsplittverwendung in Frage kommen. Die übrigen Kristallingesteine und das Kalkalpin der Außerfratte kommt im Montafon kaum für einen steinbruchmäßigen Abbau in Frage, wenn man von einer entfernten Möglichkeit zum Abbau des Hauptdolomites bei Lorüns und Vandans absieht.
- Walgau: Vom geologischen Standpunkt und vom Standpunkt der Gesteinseigenschaften kommen im Walgau 4 Stellen für eine steinbruchmäßige Gewinnung von Karbonaten für eine Splittweiterverarbeitung in Frage: der Muschel-

\*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. DDr. KURT A. CZURDA, Geologisches Institut der Universität Innsbruck, Universitätsstraße 4, A-6020 Innsbruck.

kalk bei Bürs, der Arlbergkalk am Ausgang des Schesatobel, der Hauptdolomit des Hangenden Steins bei Nüziders und der helvetische Schrattenkalk in der Felsenau bei Feldkirch.

Der Steinbruch Bürs ist – eingeschränkt – in Betrieb und liefert bereits Splittmaterial. Der Arlbergkalk am Schesatobel ist nur bedingt geeignet, da Tonschieferzwischenlagen häufig sind und der Abraum sehr hoch sein würde. Am Hangenden Stein wird von den Lorünser Zementwerken bereits Hauptdolomit als Zementzuschlagsstoff gewonnen. Die Felsenau kann wohl aus verkehrstechnischen Gründen von jeder weiteren Überlegung ausgeschlossen werden, obwohl der Schrattenkalk hohe Festigkeitseigenschaften aufweist.

Der rohstoffmäßige Schwerpunkt im Walgau liegt auf der Gewinnung der quartären Lockermassen (Verbauungsschotter und Terrassensedimente) und der Talalluvionen, nicht auf dem Abbau anstehenden Gesteins (Flysch) und nicht auf Mur- oder Hangschuttlockergesteinen oder dem Anstehenden.

### Summary

The rocks which build the surrounding mountains of the three investigated valleys, belong mainly to the Northern Limestone Alps resp. to the Silvretta crystalline shists. The valley sides were mapped geologically, scale 1 : 20.000, and rock samples were petrographically and geochemically semiquantitatively analyzed. The testing for crushed stone and roadcover gravel suitability was performed by means of the following testing procedures: Los-Angeles-, percussion-, crushing-, compressive strength-, frost-dew-resistivity- as well as abrasion- and polishing behaviour tests.

Apart from the unfavourable results of the frost-dew-testing series for all of the rocks tested, the other methods show an integrated trend, whereupon only two rock types, if at all, are suitable for road cover gravel processing: amphibole shists and amphibolites. Together with biotite gneisses they form both valley sides of the inner Montafon. All the other rock types, the crystalline shists as well as the carbonates, therefore Muschelkalk, Arlbergkalk, Raibl dolomite and Hauptdolomite, are merely suitable for crushed stone processing for road dams. The shale formations of the Limestone Alps – Partnach- and Raibl shale – are of course useless even for this purpose. The same is to be said for the phyllitic gneisses of the Silvretta nappe, which makes up the SE part of the Klostertal mountain range and the mountains between Bartholomäberg and Tschagguns in the Montafon.

- Klostertal: Some localities are suitable for gaining limestone in quarries for the purpose of road dam crushed stones: Muschel- and Arlbergkalk at Stuben, Langen, Klösterle, Dalaas and Bings. The steepness of the Davenna-range north side prohibits a quarry installation. For gaining Hauptdolomite the rock debris cover below the steep rock walls is suitable.
- Montafon: In the inner part of the Montafon between Stiefen gorge and Partenen the characteristic amphibolitic shists (amphibole shist and amphibolite) are the rock material which could be crushed for road cover gravel. The other crystalline shists and the carbonates of the outer Montafon are hardly to be gained in quarries with the exception of the possible working of the Hauptdolomite near Lorüns resp. Vandans.
- Walgau: From the geological and petrographical point of view 4 localities are suitable for quarries within carbonates: the Muschelkalk at Bürs, the Arlbergkalk at the outlet of the Schesa gorge near Bludenz, the Hauptdolomite at the Hangenden Stein near Nüziders and the helvetic Schrattenkalk at the Felsenau gorge near Feldkirch.

The Nüziders and Bürs localities are used already, the Ill gorge (Felsenau) cannot be used because of the traffic lines. The point of main effort with respect to raw material utilization in the Walgau has to be stressed on the gaining of gravel of alluvial resp. quaternary origin and certainly not on mud-rock-flow-or rockfall debris.

## 1. Vorwort

Splitt bzw. Edelsplitt findet im Straßenbau als Zuschlag zum Einbaumaterial in die Tragschichten des Oberbaues bzw. als Zuschlag zu Verschleißlagen von Betonstraßen oder Schwarzdecken, Verwendung. Der beschleunigte Ausbau von Bundes- und Landesstraßen, z. B. der Rheintal- und Walgauautobahn oder der Arlbergschnellstraße in Verbindung mit langen Tunnelstrecken, in den letzten 10 Jahren, hat den Bedarf an Splitten und Edelsplitten gewaltig steigen lassen und die Kapazität der im Land vorhandenen Steinbrüche weit überschritten. Insbesondere der weitaus höhere Festigkeitswerte erfordernde Edelsplitt kann unter immer schwierigeren Umständen und ökonomisch schwer tragbaren Aufwendungen beschafft werden. Nichts lag daher für das Land Vorarlberg näher, als im Rahmen der bundesweit durchgeführten Rohstofferkundung, die Gesteine im Lande auf ihre Splitteignung hin zu überprüfen und ihre Vorkommen zu lokalisieren.

Das gegenständliche Projekt dient der regionalen Erfassung und entsprechenden Prüfung der anstehenden Gesteine der Talschaften: Klostertal, Montafon und Walgau hinsichtlich ihrer Eignung zur Splitt- und insbesondere Edelsplittzeugung.

Unter der Bezeichnung VA 2 wurde das Projekt im Jahre 1979 begonnen und 1981 abgeschlossen. Die vorliegende Arbeit ist eine Kurzfassung der Ergebnisse, die in 4 Teilberichten (K. CZURDA, 1980a, 1980b, 1981 und 1982a) den Auftraggebern, nämlich dem Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie, dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und dem Amt der Vorarlberger Landesregierung, im Detail und mit entsprechenden Kartenunterlagen ausgestattet, dargelegt worden sind. Es wird auch auf die Berichte, Kartenbeilagen und die Publikation (K. CZURDA, 1982b) des Parallelprojektes VA 3: Lockergesteine aus Mur- und Hangschutt im Klostertal, Montafon und Walgau hingewiesen. VA 2 und VA 3 decken sich regional und überlappen sich inhaltlich.

Dem Charakter einer Kurzfassung Rechnung tragend, wurde am Schluß dieser Arbeit eine Auswahl der wichtigsten mitverwendeten Literatur – meist Übersichtswerke in denen weitere Literatur zum Thema enthalten ist – angeführt.

## 2. Geologischer Überblick

Gerade die Prüfung anstehenden Gesteins hinsichtlich der Eignung als Splittrohstoff, erfordert eine Kenntnis der Geologie des Gebietes. Stratigraphie und Tektonik ermöglichen regionale Rückschlüsse auf das Vorkommen eventuell geeigneter Gesteine.

### 2.1. Geologie des Klostertales

Die Geologie des Klostertales wird durch zwei geologische Großeinheiten geprägt, die an entsprechenden tektonischen Trennflächen aneinander stoßen: Nördliche Kalkalpen und Silvretta-Altkrystallin.

Das Kalkalpin baut zwischen Stuben und Dalaas den Nordteil und ab Dalaas beide Talflanken des Klostertales auf. Diesselben Einheiten streichen nach SW von Dalaas weg über den Kristbergsattel ins äußere Montafon hinüber und bilden dort bis etwa Schruns die Gesteine beider Talseiten.

Die kalkalpine Schichtfolge beginnt im Permoskyth mit dem Buntsandstein. Er ist nur am S-Rand der

Kalkalpen im Klostertal, und zwar als schmaler Streifen bei Dalaas, vorhanden. Er tritt hier im Kern eines E–W streichenden Gewölbes zutage. Für die Frage der Rohstoffei­gung hat er keine Bedeutung.

Der alpine Muschelkalk des Anis folgt normalstratigraphisch darüber. Es handelt sich um einen Komplex sehr verschiedenartig ausgebildeter Karbonatgesteine, für die eigene Bezeichnungen gängig sind. Für die Rohstoffverwendung ist der Muschelkalk geeignet und wurde entsprechend untersucht. Allmählich aus den Muschelkal­ken übergehend entwickelt sich die Partnach-Schichtfolge, die vorwiegend der Zeitstufe des Ladin zuzuordnen ist. In eine Folge von Kalkbänken schalten sich Schiefertone bis Mergel ein, die mehr und mehr an Mächtigkeit zunehmen. Der Arlberg-Kalk, ebenfalls Ladin, löst nach einem allmählichen Übergang die Tonserie ab. Die Partnach Schiefertone sind vorwiegend für die Zementindustrie interessant, die Arlberg-Kalke jedoch für den Straßenbau. Im Karn folgen darüber die Raibler Schichten, ein sehr heterogen zusammengesetzter Schichtkomplex: sandige Dolomite, Dolomite, Schiefertone, Gips und Breccien. Die Heterogenität dieser Serie – obwohl Schiefertone für die Zementindustrie und Dolomite für den Straßenbau geeignet – macht die rohstoffmäßige Verwertung kaum möglich. Die Gipse erlangen keine bauwürdigen Mächtigkeiten. Der norische Hauptdolomit darüber ist wohl der augenfälligste Felsbildner im Klostertal. Mit ihm ist die kalkalpine Schichtfolge des Klostertales abgeschlossen. Seine gesteinsphysikalischen Eigenschaften machen ihn als Straßenbaurohstoff interessant.

Zwischen Dalaas und Arlberg begrenzen das Tal im S die Gesteine des Silvretta-Alt­kristallins. Nach dem Grad bzw. der Art der Metamorphose sind zwei tektonische Einheiten zu unterscheiden: die Phyllitgneisdecke liegend und die Silvrettadecke s. str. darüber. Der eigentliche Talrand wird überwiegend aus Phyllitgneisen gebildet. Sie sind als Straßenbaurohstoff kaum zu gebrauchen und liegen als Lockerprodukt auch nicht in bauwürdiger Kubatur vor.

Das Klostertal folgt einer tektonischen Linie, der Kalkalpen-Südrandstörung vom Arlberg-Paß herabsteichend bis Danöfen, dann streicht der Kalkalpensüdrand über den Kristberg-Sattel ins Montafon hinüber während die Klostertal Störung zwei kalkalpine Einheiten voneinander trennt: die Klostertaler Alpen im N vom Davenna Stock im S.

## 2.2. Geologie des Montafon

Wie im Klostertal so dominieren auch hier ein kalkalpiner Anteil (Oberostalpin) im äußeren Montafon (Außerfratte) und Altkristallingesteine (Mittelostalpin) im inneren (Innerfratte). Die Grenze wird durch eine Zone von Grauwackengesteinen gebildet. Sie streicht über den Kristberg-Sattel ins Montafon herüber, biegt nördlich Bartholomäberg nach W um und erreicht den Talboden bei Vandans.

Der kalkalpine Anteil erstreckt sich als triadischer Gesteinszug, mit Schichtgliedern zwischen Buntsandstein und Hauptdolomit, zwischen der Talmündung bei Lorüns bis nach Vandans beidseitig des Tales. Zu erwähnen ist die Jungschichten-Mulde bei Lorüns im Zwickel zwischen Montafon und Klostertal, die von den Zalumähdern im W über den Taleingang herüberstreichen.

Zwischen Lorüns und St. Anton dominiert der Hauptdolomit des Davenna Stockes bzw. der Vandanser

Steinwand, dann sind es bis Vandans die älteren Einheiten: Raibler Schichten (mit bauwürdiger Gipsführung), Arlbergkalk, Partnach Schiefertone und Muschelkalk.

Das Altkristallin setzt zwischen Bartholomäberg und Tschagguns ein und zwar zunächst mit Phyllitgneisen der nach ihnen benannten Decke. Die Silvretta Decke s. str. erstreckt sich dann taleinwärts mit vorwiegend Muskovitgranitgneisen und feinkörnigen Biotitschiefern zwischen Schruns und dem Stiefentobel. Dann beherrschen beidseitig Biotitfleckengneise und Amphibolite bzw. Hornblendeschiefer bis zum Talschluß bei Partenen die Talflanke.

Die Gesteinszüge der Nördlichen Kalkalpen setzen ungestört über das äußere Montafon hinweg und zerfallen in zwei Schollen. Im Silvretta-Kristallin, einschließlich der Phyllitgneiszone herrscht im großen und ganzen gleiches Streichen wie in den Kalkalpen, d. h. W–E. Die Züge der Ortho- und Paragneise stehen steil s-fallend. Zahlreiche tektonische Bewegungsflächen, zum Teil mit Überschiebungscharakter, durchziehen das Gebiet.

## 2.3. Geologie des Walgauer

Die Geologie des Walgauer und seiner Begrenzung ist bestimmt durch mächtige, weit ausgedehnte Quartärbedeckte Areale, vom Vorarlberger Flysch und dem Kalkalpin des Rätikon.

Das sanfte Hügelland der südwestlichen Talseite ist von Grundmoränen überlagertes Flyschgebiet, das zum Steilanstieg der nördlichsten Rätikon-Berge führt. Der Flysch ist entlang der Bacheinschnitte von Meng, Galina und Samina unter dem Quartär sichtbar. Weitere Quartärbedeckte Areale sind auf der Nordostseite des Lutz-Mündungskegels bis zum Vermöla-Bach bei Schlins. Auch zwischen Satteins–Göfis–Feldkirch ist der Flysch überwiegend von Moränen bedeckt.

Der penninische Vorarlberger Flysch, abgelagert während der Kreide-Zeit, zeichnet sich durch mächtige Sand-Ton-Serien aus, die als gewaltige Kubaturen von Schüttungen aus einem Altkristallin-Gebiet angesehen werden müssen.

Ein schmaler Streifen helvetischer Gesteine der Säntis-Decke berührt das Untersuchungsgebiet noch an seinem westlichsten Rand, der Illschlucht bei Feldkirch.

Sie ist in Drusbergschichten und Schrat­tenkalk eingeschnitten, die beide für die Rohstoffbewertung von Bedeutung sind. Die Drusbergschichten, Ablagerungen aus dem Barreme und der sie überlagernde bzw. vertretende Schrat­tenkalk, ebenfalls von Barreme-Alter (Unter-Kreide), treten dort bis knapp an die Ill heran. Sie bauen auch den Schattenburg-Felsen auf.

Der W–E-streichende Zug der nördlichen Rhätikon-Begrenzung erreicht zwischen Schesatobel und Lutz-Einmündung den Talrand. Es handelt sich um Muschelkalk, Partnach-Schiefer und Arlbergkalk. Der hochwertige Muschelkalk wird bereits in Bürs steinbruchmäßig gewonnen.

Die talferne Bergkulisse im S erhebt sich über den Flysch-Vorbergen und wird bestimmt durch Hauptdolomit-Gipfel.

Das weite Tal mit den sanft ansteigenden Hügeln ist beherrscht vom SW–NE verlaufenden Vorarlberger Flyschzug, der im E und S an einer Überschiebungsfläche an das Kalkalpin des Rhätikon, genauer an die Drei-Schwestern-Fundelkopf-Scholle, grenzt.

Im E übergreifen die kalkalpinen Gesteine das Haupttal und setzen sich im Montafon bzw. im Klostertal fort. Der Flysch stößt im NW an das Helvetikum, das der Säntis-Decke angehört, die sich dann vor allem beidseitig des Rheintales in auffallenden Sattel- und Muldenzügen ausbreitet.

### 3. Gesteinsanalyse

Um die Eignung der anstehenden Gesteine der Talflanke der untersuchten drei Täler hinsichtlich ihrer eventuellen Splittverwendung beurteilen zu können, sind neben den gesteinsphysikalischen Tests (siehe nachfolgendes Kapitel) selbstverständlich auch die petrographischen und geochemischen Werte maßgeblich. Insbesondere läßt die Petrographie schon weitgehende Schlüsse auf das Festigkeitsverhalten zu (NAGEL, J., 1969).

Das Analysenflußdiagramm (Abb. 1) zeigt das Bearbeitungsschema von der geologischen Kartierung bis zur testmäßig begründeten technologischen Beurteilung.

#### 3.1. Petrographie

Der Mineralbestand der Kristallingesteine wurde qualitativ, der der kalkalpinen Karbonate (Klostertal, Außerfratte und Muschelkalk von Bürs) und des helvetischen Schrättkalkes, quantitativ erarbeitet. Die klastischen Gesteine des Vorarlberger Flysch (vor allem Schiefertone und Sandstein) im Walgau wurden nicht analysiert. Sie kommen zur Splittverwertung nicht in Frage.

Auf die Darlegung der detaillierten Petrographie wird in dieser Kurzfassung verzichtet, da sie für die Fragestellung nicht von erstrangiger Bedeutung ist.

#### 3.2. Geochemie

Die wichtigsten Gesteinstypen die eventuell für eine Splitt- oder Edelsplittverarbeitung in Frage kommen, nämlich der Rätalk, Plattenkalk, Hauptdolomit, Raibler Dolomit, Arlbergkalk und Muschelkalk aus dem Kalkalpin des Klostertal und Montafon (bzw. der Muschelkalk auch aus dem Walgau: Steinbruch Bürs), die Silvretta-kristallintypen Muskovitgranitgneis, Biotit-Plagioklasgneis, Hornblendeschiefer und Amphibolit aus der Innerfratte sowie der helvetische Schrättkalk der Illschlucht bei Feldkirch (Felsenau) wurden mit wenigen Analysen gemäß ihrer Hauptmolekülgruppen analysiert.

Der Chemismus – abgesehen von leicht löslichen Komponenten wie Chloride und Sulfate – ist für die Splittbeurteilung von untergeordneter Bedeutung, weswegen die Daten aus relativ wenigen Analysen resultieren, die hier nicht im einzelnen aufgeführt werden. Wie im Falle der Petrographie konnte auch geochemisch eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den entsprechenden Werten aus den Lockermassenproben erzielt werden. Dies spricht für gültige Durchschnittswerte, da an sich ein Bachschutt- oder Murschuttkegel nicht nur Material der Talflanken, sondern auch des Einzugsgebietes führt.

#### 3.3. Gesteinsphysikalische Parameter

Die für die Prüfung von Gesteinssplitten erforderlichen Materialkenndaten resultieren prinzipiell aus drei Belastungsarten: Druck, Schlag, Abrieb und aus Kombinationen. Darüber hinaus wurde die Frostbeständigkeit an Frost-Tau-Zyklen getestet, ferner die Oberflächenbeschaffenheit auf Grund zweier unterschiedlicher Griffigkeitstests. Die Aussage aus den kombinierten Tester-

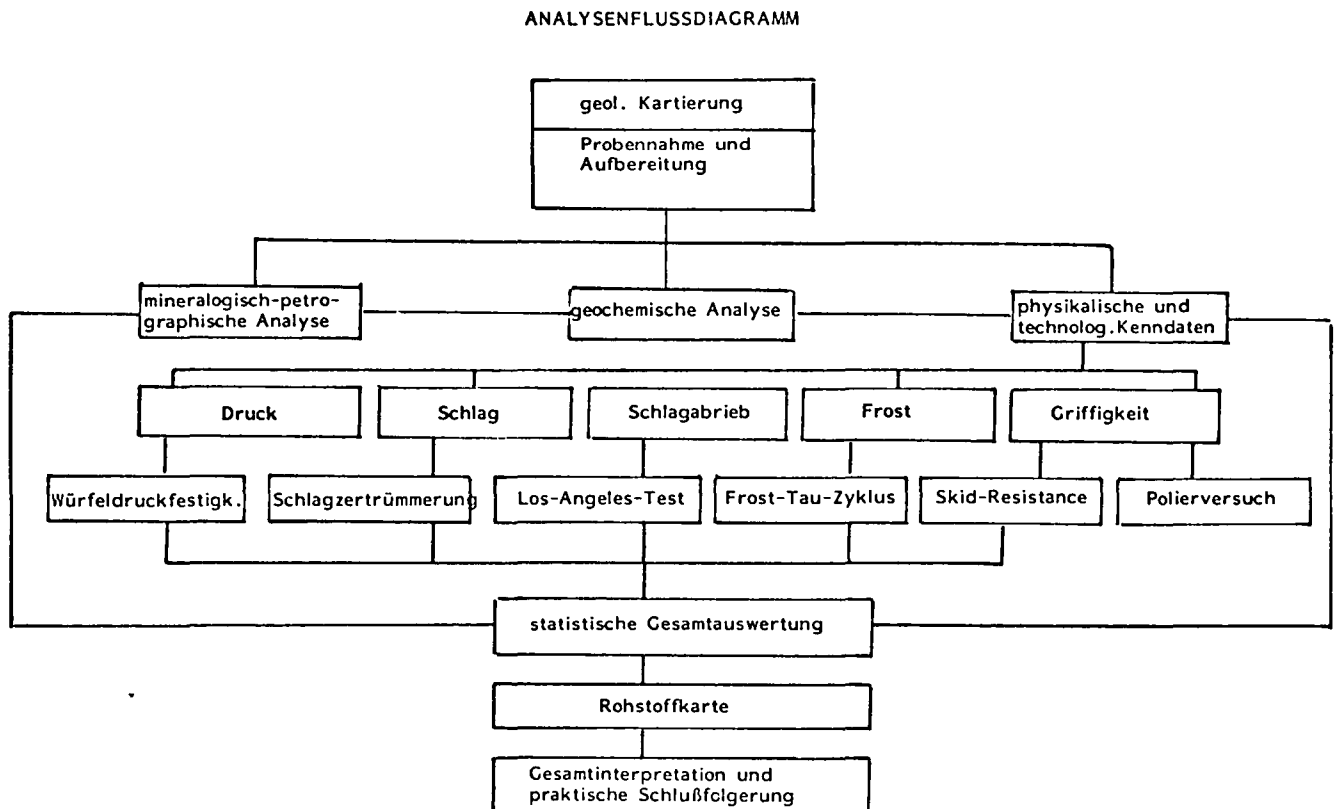


Abb. 1: Analysenflußdiagramm. Ablauf der mineralogisch-petrographischen, der geochemischen und technologischen Analysen. Umfang der technologischen Tests.

gebnissen läßt jedenfalls eine begründete Beurteilung der Gesteinseignung zu (WIEDEN, P., 1965; BERTHA, S., 1979).

### 3.3.1. Los Angeles Werte

Das Los Angeles Verfahren stellt eine kombinierte Schlagabriebbeanspruchung dar und wird zur Festigkeitsprüfung von Zuschlagstoffen für den Korngrößenbereich 2–7,5 mm angewendet. Entsprechend der zu prüfenden Korngrößenklassen unterscheiden sich die Testbedingungen hinsichtlich Einwaage, Anzahl und Gewicht der Prüfkugel sowie der Anzahl der Umdrehungen der Los Angeles Trommel.

Getestet wurde mit einem in den USA nach ASTM C 131–66 (1) entwickelten Gerät, das nach ÖNORM B 3128 in Angleichung an europäische Verhältnisse etwas modifiziert wurde. Die Testauswertung erfolgte nach der Formel:

$$LA = \frac{E-R}{E} \cdot 100$$

LA = Los Angeles Wert

E = Masse der Einwaage 5–8 mm Ø

R = Masse des Restrückstandes >1,6 mm, durch Trockensiebung

Die LA-Werte wurden für alle Gesteine der Talflanken, also für kalkalpine- und Kristallingesteine sowie den helvetischen Schraffenkalk erarbeitet. Die Daten sind zusammengefaßt graphisch in Abb. 2 und 3 dargestellt.

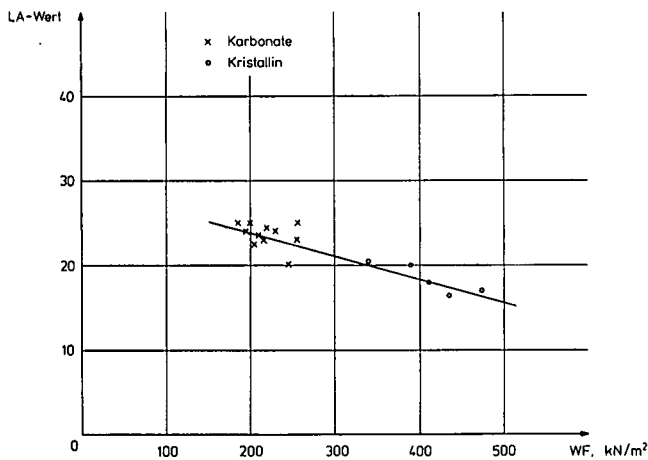


Abb. 2: Lineare Abhängigkeit der Los Angeles-Werte. (LA =  $\frac{E-R}{E} \cdot 100$ ; E = Masse der Einwaage; R = Masse des Restrückstandes >1,6 mm, durch Trockensiebung).

Die Schlußauswertung ergibt: auf Grund der LA-Werte kommen lediglich die Amphibolite und Hornblendeschiefer der Innerfratte für eine Edelsplittverwertung in Frage. Alle anderen Gesteinstypen, sowohl des Silvretakristallins wie auch des Kalkalpines desgleichen der Schraffenkalk, sind nur als Splitt für die Tragschicht verwertbar.

### 3.3.2. Schlagzertrümmerungswerte

Der Schlagversuch an Splitt wird in Österreich mit einem Schlaggerät nach DIN 52109 durchgeführt. (EPPENSTEINER et al., 1978).

$$Z_{sp} = \frac{\sum D}{5} (\text{Gew.-%})$$

Z<sub>sp</sub> = Schlagzertrümmerungswert

D = Gew.-% der Siebdurchgänge

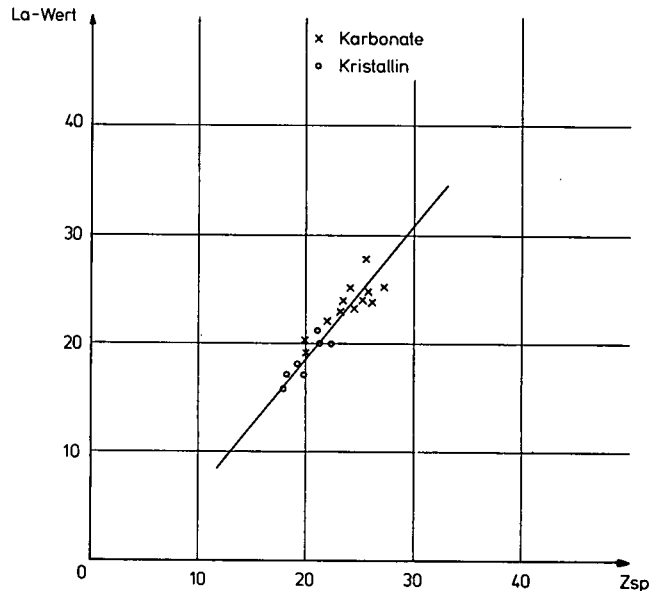


Abb. 3: Lineare Abhängigkeit der Los Angeles-Werte (LA; Erläuterungen siehe Abb. 2) von den Schlagzertrümmerungswerten (Z =  $\frac{\sum D}{5}$  [Gew.-%]; D = Gew.-% der Siebdurchgänge).

Die für die häufigsten anstehenden Gesteine der 3 Täler gewonnenen Z<sub>sp</sub>-Werte sind in der Übersicht der Abb. 4 wiedergegeben. Im Diagramm der Abb. 3 sind sie gegen die LA-Werte aufgetragen.

Die Auswertung der Z<sub>sp</sub>-Werte ergibt eine gute Korrelation mit den Ergebnissen der LA-Werte, so daß auch auf Grund der reinen Schlagbeanspruchung folgende Beurteilung des Anstehenden gemacht werden kann: die kalkalpinen Karbonate ebenso wie der helvetische Schraffenkalk eignen sich nicht als Edelsplitt, jedoch kommt die Splittverarbeitung für die Tragschicht durchaus in Frage. Als Edelsplitt sind lediglich die Hornblendegesteine der Innerfratte geeignet (GRAGGER, F. et al., 1970).

### 3.3.3. Druckfestigkeitswerte

Wie alle anderen Daten, sind auch die Würfeldruckfestigkeiten (Kantenlänge 5 cm) in der Abb. 4 zusammengefaßt dargestellt. Die Proben wurden nicht dem Anstehenden, sondern großen Gesteinsblöcken aus Murbzw. Bachschuttmassen entnommen. Es fällt auf, daß die auf Grund der LA- und Z<sub>sp</sub>-Werte als Edelsplitt geeignet erscheinenden Hornblendeschiefer und Amphibolite sehr unterschiedliche Werte für die Würfeldruckfestigkeit erbringen. Dies beruht nur teilweise auf dem Gefügeeffekt. Z. T. ist sicher ein unterschiedlicher Verwitterungsgrad dafür verantwortlich zu machen.

Auch die Muskovitgranitgneise erreichen z. T. sehr hohe Festigkeitswerte, die im allgemeinen jedoch unter denen der Hornblendegesteine liegen. Die niedrigsten – schlechtesten – Werte liefern Biotitplagioklasgneise oder glimmerschieferähnliche Gesteine.

### 3.3.4. Frost-Tau-Beständigkeit

Die Beurteilung der Frostbeständigkeit eines Gesteins ist eine der grundlegenden Voraussetzungen der Prüfung für die Splitt- oder Edelsplittleistung. Da die ÖNORM B 3123 („Prüfung von Naturstein Frostbeständigkeit“) für die Prüfung von Splitten nur bedingt geeignet erscheint, wurde auch das „Vorläufige Merkblatt für die Prüfung des Frostbeständigkeitsgrades von Kiessplitt“ der deutschen Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V. zur Beurteilung herangezogen.

Gesteinsart	Vorkommen	LA-Werte	Zsp-Werte	WF-Werte	Frost-Tau Gew. Verl. %	SRT-Werte	Polierbark. Verschl. Beiw. %
Muschelkalk	Walgau Klostertal						
Arlbergkalk	Klostertal						
Raibler Dolomit	Klostertal Montafon						
Hauptdolomit	Klostertal Montafon						
Schrattenkalk	Montafon						
Muskovitgranitgneis	Montafon						
Biotitplagioklasgneis	Montafon						
Gneisglimmerschiefer	Montafon						
Hornblendeschiefer	Montafon						
Amphibolit	Montafon						

Abb. 4: Vergleich der gesteinsphysikalischen Testergebnisse an Gesteinen aus allen drei Talschaften mit Kennzeichnung des Edelsplittbereiches (nach Erfahrungswerten und div. Literaturangaben).



Feld der Edelsplittwerte.

Die Frosttests können entweder durch Prüfung der Körnung, d. h. Feststellen der Absplitterung und fallweise der Änderung der Festigkeitswerte vor und nach der Befrostung oder durch Los Angeles Testung vor und nach Befrostung vollzogen werden. Eine andere Methode der Frosttestung verwendet Prüfkörper und vergleicht die E-Moduli, Formänderung, Volumensänderung, Gefügeauflockerung etc. (EPPENSTEINER et al., 1978).

An ausgewählten Proben der untersuchten Täler wurden folgende Frosttests ausgeführt:  $3 \times 3000$  g der Körnung 5/8 mm wurden drei Frost-Tau-Zyklen unterzogen und als Gewichtsverlust die Auswaage der Körnung <1,6 mm in % angegeben.

In Abb. 4 sind die Gewichtsverlust-% nach 3 Zyklen wiedergegeben. Die Werte für das Anstehende liegen durchwegs über denen der Lockergesteine, sind somit qualitativ schlechter einzustufen. Dies wird auf eine Härteselektion beim Lockermassentransport zurückgeführt. Weicheres, ev. tonigeres oder stärker geschichtetes oder geschiefertes Material wird beim aus dem Anstehenden gewonnenen Gestein mitgetestet, während es in den Lockermassen bereits zerkleinert und abgeführt wurde.

Alle Gesteine, auch die Amphibolite und Hornblendeschiefer, weisen ungünstige Werte auf und kommen, lediglich aus der Sicht des Frostverhaltens, für Edelsplittverarbeitung nicht in Frage. Die Frosttestung müßte allerdings an allen Gesteinen noch ausführlicher, insbesondere auch mit einer größeren Zahl von Frost-Tau-Zyklen, betrieben werden.

### 3.3.5. Griffigkeitswerte nach Pendelversuch

Die in Abb. 4 gemachten Angaben resultieren aus Versuchen an der gesiebten Körnung 8/10 mm. Die annähernd kubischen Splittkörner werden dicht nebeneinander in eine Form eingebettet, wobei die dem Gummirad zugewandte Seite eine möglichst ebene, geschlossene Oberfläche aufweisen muß. Der Skid Resistance Tester (SRT) ist ein Pendelgerät, bei dem der erwähnte Gummigleitkörper an einem Pendel aus einer festgelegten Höhe über eine konstante Länge der angenähten

Probe schleift, wobei die nachfolgende Steighöhe des Pendels, welche ein Maß für die Griffigkeit des Belages darstellt, mit einem Schleppzeiger gemessen wird. Die Meßvorschriften der Schweizer Norm SNV 640.510 wurden dabei angewandt.

Nach dem oben zitierten Schweizer Normblatt dürfen Edelsplitt einen Richtwert von  $SRT = 0,55$  nicht unterschreiten. Bei Werten darunter besteht akute Gleitgefahr. Wie aus der Tabelle (Abb. 4) hervorgeht, weisen die grobkörnigen Karbonate vielfach bessere (höhere) SRT Werte auf als die Kristallingesteine. Allerdings ist kaum ein Trend abzulesen, was auf der zu geringen Testzahl beruhen dürfte. Dennoch sollte die relativ hohe Griffigkeit (Mikrorauheit) der kalkalpinen Karbonate insbesondere des Haupt- und Raibler Dolomites besonders vermerkt werden. Allerdings kommt wegen der ungünstigen Schlag-, Druck- und Abriebwerte eine Edelsplittverwertung absolut nicht in Betracht.

### 3.3.6. Griffigkeitswerte nach Polierversuch

Durch den Verkehr werden die an der Oberfläche der Verschleißschicht liegenden Splittkörper stark poliert, wodurch die Griffigkeit der Straßenoberfläche mehr oder minder stark herabgesetzt wird. Die in Großbritannien vom Road Laboratory entwickelte Poliermaschine ermöglicht es, den Poliereffekt des Verkehrs auf das in der Verschleißschicht verwendete Gesteinsmaterial zu untersuchen (WIEDEN, P. et al., 1965). Nach einem genormten, mehrfachen Poliervorgang erhält man den Endpolierwert SRP oder „Reibungswert nach dem Polieren“. Die Reibungsbeiwerte vor und nach dem Polieren werden nun nebeneinander gestellt und die Differenz der Reibungsbeiwerte berechnet. Die prozentuell ausgedrückten Verschlechterungs-Reibungsbeiwerte ergeben den endgültigen Polierwert!

Auch der Reibungsbeiwert nach dem Poliertest bzw. der Differenzwert vor und nach dem Versuch ergibt relativ gute Werte für die Karbonate und ein uneinheitliches Bild bei den Kristallingesteinen. Textur und Korngröße neben Mineralbestand und Korngröße spielen hier eine ausschlaggebende Rolle. Auch diese Testse-

rie würde Karbonatgesteinstypen wie Muschelkalk und Schrattenkalk auf Grund des Polierverhaltens als Verschleißdeckenzuschlag zulassen.

#### 4. Regionale Bewertung

Aus einer Reihe von unterschiedlichen Testserien, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurden, geht hervor, daß die in den fraglichen Tal-schaften anstehenden Gesteine zu unterschiedlichen Straßenbauzwecken geeignet sind. Eine vereinfachte, zusammenfassende Wertung der wichtigsten Gesteinstypen auf Grund der 6 angewandten Test-Methoden ist in Abb. 5 gegeben. Daraus geht hervor, daß lediglich die Hornblendegesteine (Amphibolite und Hornblendeschiefer) der Innerfratte auf Grund der LA-,  $Z_{sp}$ -, WF- und Polier-Beiwerte zur Weiterverarbeitung (d. h. Fraktionierung auf die Verschleißdeckenzuschlag-Korngröße) zu Edelsplitt geeignet ist. Alle anderen Gesteine, sowohl die Karbonate wie auch die restlichen Kristallingesteinstypen, sind nur zum Einbau in die Tragschichten oder in den Schüttdamm geeignet.

Die Ergebnisse der Frostversuche sind für alle Gesteinstypen so ungünstig ausgefallen, daß unter diesem Aspekt selbst die Hornblendegesteine als Edelsplitt nicht in Frage kommen. Die Ursache hierfür ist in der Inhomogenität dieser Hornblendeschiefer und Amphibolite zu sehen, da ein komponentenreiches Gestein entlang seiner Korngrenzen stets Schwachstellen aufweist, die mehr oder minder gute Wasserwegigkeit und den Gefrierprozeß ermöglichen. Es muß auch erwähnt werden, daß die Frost-Tau-Prüfung noch eine weitaus umfangreichere Testung als sie im Rahmen dieses Pro-

jektes möglich war, erforderlich macht und die vorliegenden Ergebnisse daher nicht als schlüssig, sondern lediglich als Trend anzusehen sind.

Ist in der Tabelle der Abb. 5 eine zusammenfassende Wertung der Gesteinstypen vorgenommen worden, so soll nachfolgend das regionale Vorkommen dieser Gesteine und ihre mögliche Straßenbauverwendung dargestellt werden.

##### 4.1. Kloistertal

Eine qualifiziertere Verwendung der Kristallingesteine (im Kloistertal vorwiegend Phyllitgneise zwischen Stuben und Dalaas) als für den Schüttdamm, kommt nicht in Frage. Splitte für die Tragschichte können bestenfalls aus den Karbonatgesteinen des Kalkalpins (Tal-nordseite und Hauptdolomit des Davenna-Stockes zwischen Dalaas und Bings auf der Talsüdseite) gewonnen werden.

Allerdings ist das Tal eng und durch Ansiedlungen und Verkehrsbauwerke dicht belegt. Der Schwerpunkt einer Straßenbaurohstoffnutzung wird wohl auf dem Abbau einiger weniger Mur- und Hangschuttkegel liegen (CZURDA, 1982b), da ein größerer Steinbruch im Kloistertal aus Gründen der Verkehrs- und Siedlungsdichte, des Landschaftsschutzes und der Umweltbelastung ohnedies nicht in Frage kommt.

Abgesehen von den erwähnten Einwänden kann vom geologischen Standpunkt eine steinbruchmäßige Gewinnung von Karbonatgesteinen, die durchwegs als Splitt geeignet sind, an folgenden Lokalitäten in Betracht gezogen werden:

a) Nördlich Stuben, am Südhang (Fuß) des Roten Turmes steht über einem mächtigen Schuttmantel –

Gesteinstype	LA - Wert		$Z_{sp}$ - Wert		WF - Wert		Frost/Tau		SRT - Wert		Verschl. Beiwert	
	Splitt	Edel-splitt	Splitt	Edel-splitt	Splitt	Edel-splitt	Splitt	Edel-splitt	Splitt	Edel-splitt	Splitt	Edel-splitt
Muschelkalk	x		x		x		x			x		x
Arlbergkalk	x		x		x		x			x	x	
Raibler Dolomit	x		x		x		x			x	x	
Hauptdolomit	x		x		x		x			x	x	
Schrattenkalk	x		x		x		x		x			x
Muskowitgranitgneis	x		x			x	x		x		x	
Biotitplagioklasgneis	x		x		x		x		x		x	
Gneisglimmerschiefer	x		x		x		x		x		x	
Hornblendeschiefer		x		x		x	x		x			x
Amphibolit		x		x		x	x			x		x

Abb. 5: Überblick der Testergebnisse der wichtigsten Gesteinstypen aus Kloistertal, Montafon und Walgau nach Splitt- bzw. Edelsplittteignung. LA (Los Angeles-Wert) =  $E-R/E \cdot 100$ ;  $Z_{sp}$  (Schlagzertrümmerungswert) =  $\sum D_j/5$ ; WF = Würfeldruckfestigkeit (Würfelkantenlänge 5 cm) in kN/m<sup>2</sup>; Frost/Tau = Gewichtsverlust nach 3 Frost/Tau-Zyklen; SRT = Skid Resistance Test-Wert (Steighöhe des Pendels); Verschleiß Beiwert = Differenz der Reibungsbeiwerte vor und nach dem Polieren.

dessen Abbau im Zuge des Projektes VA 3 empfohlen wurde – Arlbergkalk an.

- b) Nördlich Langen am Arlberg wird der Langener Wald aus Arlbergkalk aufgebaut.
- c) Nördlich Klösterle kann im Gebiet des „Wäldle“ Muschelkalk gewonnen werden.
- d) Nördlich Danöfen, am Südfuß des Batzigg, steht Muschelkalk an.
- e) In Dalaas zwischen der Parzelle Sonnehalm und dem Bahnhof steht ebenfalls Muschelkalk an.
- f) In Dalaas westlich des Schmiedetobels bis etwa Bahnhof Hintergasse streicht ein Arlberg-Zug E–W, doch ist hier auf störende Tonschieferzwischenlagen der Partnach-Fazies besonders Rücksicht zu nehmen.
- g) Nördlich Bings in der Parzelle Gasünd stehen die Gesteine des Südflügels der Gasünd-Mulde an: Muschelkalk, Partnach Schichten und Arlbergkalk. Der Abbau aller drei Einheiten bietet sich an: die beiden Karbonatserien für die Splitterzeugung, die Partnach Schiefertone als Zementzuschlagsstoff.
- h) Der Hauptdolomit des Davenna-Stockes kommt für eine steinbruchmäßige Gewinnung wegen der Steilheit der Bergflanke nicht in Betracht. Der Abbau des Hangschuttmaterials und der Murschuttkegel ist jedoch für Splittzwecke möglich (CZURDA, 1982b).

#### 4.2. Montafon

Das hintere Montafon (Innerfratte) ist das einzige Gebiet im gesamten Projektbereich, wo Gesteine mit Edelsplittzeugung anstehen. Die Amphibolite bzw. Hornblendeschiefer (eine genaue Abgrenzung ist wegen der petrographischen Übergänge kaum möglich) des Frattner Tobels, Tramosa Baches, Mottner Tobels und nördlich Partenen auf der NE-Talseite und die des Maurenwaldes, bei St. Gallenkirch, Schattenort und Gaschurn auf der SW-Seite sind vom geologischen und vom gesteinsgeologischen Standpunkt für einen Abbau geeignet.

Die übrigen Kristallingesteine, wie die Biotitplagioklasgneise bei Badmunt und Kreuzgasse, oder die Gneisglimmerschiefer bei Böldmen–Biezel wären als Splittmaterial geeignet und an den erwähnten Lokalitäten abbauwürdig.

Von den Karbonaten des Außermontafons wäre bestenfalls ein Abbau des Hauptdolomites an ausgewählten Stellen beider Talseiten zwischen Lorüns und St. Anton in Erwägung zu ziehen.

#### 4.3. Walgau

Der Walgau hat geologisch gesehen Anteil am Kalkalpin, dem Vorarlberger Flysch und dem Helevtikum. Im Kalkalpin westlich Bludenz ist auf der Tal N-Seite seit langem schon der Hauptdolomit-Steinbruch am Hangenden Stein bei Nüziders in Betrieb. Er versorgt die Vorarlberger Zementwerke mit Zuschlagsstoff. Ein weiterer Steinbruch wird fallweise zur Splittgewinnung in Betrieb genommen, und zwar im Muschelkalk in Bürs. Arlbergkalk könnte – allerdings mit Einschränkungen wegen der Schiefertone-Zwischenschaltungen – am NW-Ende des Schesatobel Schuttkegels abgebaut werden.

Der Hauptteil des Tales wird vom Flysch eingenommen und ist randlich weitgehend Quartär-bedeckt. D. h. Terrassenschotter und die typischen Verbauungsschotter an den Seitentaleinmündungen prägen das geologi-

sche Bild und sind Hauptquelle der Rohstoffinteressen.

Auch die Talalluvionen stellen eine beachtliche Quelle zur Schottergewinnung dar. Die Flyschgesteine selbst, ihre Aufschlußverhältnisse und die Entfernung vom Haupttal, schließen eine Splittverwendung aus. Ebenso wie die Phyllitgneise wurden sie keinerlei Tests oder Analysen unterzogen.

Das Westende des Walgauer bei Feldkirch ist geprägt durch helvetische Gesteine der Säntisdecke: Schrattenkalk und Drusberg-Schiefertone. Obwohl der Schrattenkalk der Felsenau gute Splittzeugung in fast allen Test-Serien bewiesen hat, kommt ein Abbau aus verkehrstechnischen Gründen in der engen Felsenau sicher nicht in Frage.

#### Zitierte Normen

- ASTM C 131–66 (1): Standard Method of Test for Resistance to Abrasion of Small Size Coarse Aggregates by Use of the Los-Angeles-Machine.
- DIN 52 109: Prüfung von Naturstein. – Schlagversuch an Schotter und Splitt. 1964.
- ÖNORM B 3123: Prüfung von Naturstein. – Frostbeständigkeit. 1952.
- ÖNORM B 3124: Prüfung von Naturstein und von anorganischen Baustoffen: Prüfung von Körnungen und Korngemischen in der Los-Angeles-Trommelmühle.
- SNV 640 511: Griffigkeit, Anforderungen SRT. Schweizerische Normenvereinigung. 1970.

#### Literatur

- BERTHA, S.: Rohstoffkartierung und Gefahrenzonenplanung im Außermontafon und Silbertal (Vbg.). – Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1979.
- CZURDA, K. A.: VA 2: Aufsuchung von Rohmaterial für die Erzeugung von Splitten im Montafon, Klostertal und Walgau. – Unveröff. Zwischenbericht, Innsbruck 1980a.
- CZURDA, K. A.: VA 2: Aufsuchung von Rohmaterial für die Erzeugung von Splitten im Montafon, Klostertal und Walgau. – Unveröff. Endbericht 1. Projektsjahr, Innsbruck 1980b.
- CZURDA, K. A.: VA 2: Erfassung und Beprobung von Edelsplitten im Klostertal, Montafon und Walgau. – Unveröff. 2. Zwischenbericht, Innsbruck 1981.
- CZURDA, K. A.: VA 2: Erfassung und Beprobung von Edelsplitten im Klostertal, Montafon und Walgau zum Zwecke der Splittzeugungsprüfung. – Unveröff. Endbericht 2. Projektsjahr (Projektendebericht), Innsbruck 1982a.
- CZURDA, K. A.: Die rohstoffmäßige Verwertbarkeit der Mur- und Hangschuttmassen im Klostertal, Montafon und Walgau (Vbg.). – Archiv für Lagerstättenforschung, Geol. B.-A., 2, Wien 1982b.
- EPPENSTEINER, W. & KRZEMIEN, R.: Der Ringversuch, Österreichische Straßenbaugesteine im Labor. – Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung, H. 10, Wien 1978.
- GRAGGER, F. & FEY, K.: Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung des Zertrümmerungswertes von Splitt. – Straßen- und Tiefbau, 24, H. 3, Wien 1970.
- LEINS, W., KOHLER, G. & NAGEL, J.: Vergleichende Untersuchungen mit den internationalen Festigkeitsprüfverfahren für Gesteinssplitt. – Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2290, Opladen 1972.
- LEINS, W., KOHLER, G., MEYER, G. & BERG, P. v.: Beanspruchung und Prüfung von Gesteinssplitten. – Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, H. 156, 1974.
- MACHO, H. & KNOFLACHER, H.: Griffigkeit von Fahrbahnbelägen. – Straßenforschung, H. 39, Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien 1975.
- NAGEL, J.: Beanspruchung und Prüfung von Gesteinssplitten. – Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, H. 93, 1969.
- WIEDEN, P. & KAPPEL, F.: Untersuchungen an Gesteinsmaterialien hinsichtlich Abriebverhalten und Widerstandsfähigkeit gegen Polieren. – Straßenforschung, H. 2, Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien 1965.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 21. Juni 1982.