

Die rohstoffmäßige Verwertbarkeit der Mur- und Hangschuttmassen im Klostertal, Montafon und Walgau (Vorarlberg)

Von KURT A. CZURDA*)

Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen

Vorarlberg
Klostertal
Montafon
Walgau
Straßenbaurohstoffe
Lockermassen
Gesteinsphysikalische Parameter

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 141, 142, 143

Inhalt

Zusammenfassung, Summary	23
Vorwort	24
1. Geologischer Überblick	24
1.1. Geologie des Klostertales	24
1.2. Geologie des Montafons	25
1.3. Geologie des Walgauer	25
2. Gesteinsanalyse	25
2.1. Petrographie	25
2.2. Geochemie	25
2.3. Gesteinsphysikalische Parameter	26
2.3.1. Los Angeles-Werte	26
2.3.2. Schlagzertrümmerungswerte	27
2.3.3. Druckfestigkeitswerte	27
3. Regionale Bewertung	28
3.1. Klostertal	28
3.2. Montafon	29
3.3. Walgau	29
Literatur	29

Zusammenfassung

Die Lockermassen der drei untersuchten Talschaften setzen sich nur zum Teil aus den Hangschuttmassen und dem Material der Mur- und Bachschuttkegel zusammen. Die Alluvionen der Haupttäler sowie die quartären Moränen und fluvioglazialen Ablagerungen zählen ebenso zum rohstoffrelevanten Lockermassenbestand, waren jedoch nicht Ziel dieses Projektes. Dennoch wurden die Illschotter des Montafon stichprobenhaft untersucht und bewertet.

Klostertal. Die Geologie der Talflanken wird bestimmt durch zwei unterschiedliche Gesteinseinheiten: das Kalkalpin und das Silvretta-Altkristallin. Letzteres ist durch die Phyllitgneise vertreten und bildet den südlichen Talrand zwischen Arlberg und Dalaas. Das Kalkalpin mit vorwiegend Karbonatgesteinen und Schiefertonen baut die Nordbegrenzung und den Südrand von Dalaas bis Bludenz auf. Die Phyllitgneise sind für den Straßenbau lediglich als Dammschüttmaterial geeignet. Hauptdolomit, Muschel- und Arlbergkalk eignen sich zum Einbau in die Tragschichten und sind in wirtschaftlich vertretbaren Kubaturen in folgenden Bachschuttkegeln und Hangschutthalde vorhanden: Arlberg (Enge-Pleisen), Stuben „Auf der Höhe“, Stubiger Rufe, Passürtobel, Spreubach, Mason-Schmiedetobel, Masonbach-Lötsch, Raum nördlich Außerbratz, Radin-Garnila Wald, Braz-Mühleplatz und Fallbachwand. Von einer rohstoffmäßigen Verwendung ausgeschlossen sind je-

denfalls die Schuttmassen des Rotrufe-, Glong- und Stelzistobels wegen der Gipsgehalte, Groß- und Radontobel wegen der Verbauung bzw. Nähe zu den Verkehrsanlagen.

Montafon. Im äußersten Montafon herrschen die kalkalpinen Gesteine vor. Vor allem ist es der Hauptdolomit, der hier in größeren Kubaturen als Mur- und Hangschutt anfällt. Allerdings ist fast immer Raibler Gips an der Schuttbildung beteiligt, sodaß eine Verwendung im Straßenbau nicht in Frage kommt.

Quer über die Innerfratte streichen die Gesteine des Silvretta Altkristallins. Die Verwendbarkeit für Tragschichten ist für fast alle Gesteinstypen gegeben, sodaß auch zahlreiche Schuttkegel der Seitenbäche für einen Abbau in Frage kommen: Gaschurn-Rifa, Stiefentobel, Balottatobel und Valschaviel-Bach. Einige Gesteine, insbesondere Hornblendeschiefer und Amphibolite eignen sich auch als Edelsplitt für die Verschleißdecke. Frattner Tobel und Tschambreu Bach fördern vorwiegend Hornblendegesteine und Gneise von hoher Festigkeit. Die betreffenden Schuttkegel – allerdings mit kaum wirtschaftlichen Kubaturen – kommen auch für eine Edelsplittverarbeitung in Frage. Der Maurentobel liefert Schutt minderer Qualität, geeignet nur für Dammschütt-Zwecke. Die Auslese, die der Fluß trifft, läßt im Bett der Ill oberhalb Schruns größere Kubaturen an hochwertigem Schotter erwarten. Stichprobenhafte Testung hat dies bestätigt.

Walgau. Lockermassen sind in großen Kubaturen in Form von quartären Randterrassen und unterhalb des Talboden vorhanden. Die benachbarten Schuttkegel des Böschis- und Vernetobels bei Nenzing bestehen vorwiegend aus Arlberg- und Muschelkalk. Sie sind als Tragschichtenmaterial bauwürdig. Allerdings gesellt sich – wenn auch nur bis etwa 10 % – ein Gipsgehalt aus den Raibler Schichten dazu, der störend wirkt. Hingewiesen sei noch

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

auf das Bergsturzmaterial zwischen den beiden Schuttkegeln, das aus Muschelkalk besteht und gemäß den physikalischen Eigenschaften dieses Gesteins als Tragschichten-Splitt geeignet ist. Der außerdem untersuchte Leuetobel bei Bürs ist sowohl von der Kubatur wie auch vom Material her (Schieferstone, Mergel) nicht als Straßenbaurohstoff einsetzbar.

Summary

The loose sediment masses of the three analyzed valleys are only partly composed of rock fall debris and the debris of mudflows and creeks. The alluvial fans of the main valleys as well as the quarternary moraines and the fluvio-glacial deposits, too, belong to the loose masses possibly usable for raw materials, but they are not within the goal of this project. Nevertheless the gravel of the River Ill in the Montafon valley has been analyzed by random samples and evaluated.

Klostertal. The geology of the valley sides is characterized by carbonates and shales of the upper eastalpine unit and the crystalline schists of the middle eastalpine unit. The limestones and dolomites of the Triassic (Muschelkalk, Arlbergkalk, Hauptdolomit) are useful as road dam material but not for road cover gravel. Many of the rivulet gravel cones and rock fall debris masses are possible raw material resources. Some of them are useless for this purpose because of a high gypsum content. The phyllitic gneisses of the crystalline schist zone are useless for road construction material processing.

Montafon. The outer Montafon is dominated by carbonate rocks. Especially the triassic Hauptdolomit forms all of the big alluvial fans and mudflow debris masses. Nevertheless gypsum of the Raibl formation partly makes up the debris masses and therefore road construction material and cement raw material processing is excluded.

The inner Montafon is built on both sides by crystalline schists of the Silvretta unit. The suitability for construction material processing for the upper road dam gravel is possible for most of the rock types present in rivulet fans, rock fall masses and debris flow masses. Some of the rock types, e. g. amphibole schists and amphibolites are suitable even for road cover gravel. Of high quality are the fluvial gravels of the main river Ill.

Walgau. Large masses of gravel are to be found as quarternary terraces and as alluvial filling of the wide and certainly deep valley between Bludenz and the Ill gorge near Feldkirch. Some river gravel bodies of the side valleys have been tested and were found suitable for road dam construction material but not for road cover gravel. Some content of Raibl gypsum has to be taken into account. The rockfall blocks between Böschi- and Verneza debris fan is as well suitable for road dam gravel processing. Quarternary terrace sediments and the alluvial gravel of the main valley have not been checked.

Vorwort

Aus der Notwendigkeit heraus, für den Straßenbau immer mehr Rohmaterial für Dammschüttungen und Straßendecken aber auch für die Zementindustrie die erforderlichen Tongesteine und Kalke aufbringen zu müssen, ist der Gedanke entstanden, die diesbezügliche Verwertbarkeit der zahlreich vorhandenen Murschuttkegel und Hangschuttmassen in Vorarlberg zu prüfen.

Unter der Bezeichnung VA 3 wurde schließlich ein Projekt vergeben, das die Mur- und Hangschuttmassen des Klostertales, des Montafon und Walgauer in Vorarlberg auf ihre rohstoffmäßige Eignung hin prüfen soll. Das Projekt wurde vom handels- und Wissenschaftsministerium sowie vom Amt der Vorarlberger Landesregierung finanziell getragen und vom Autor und seinen Mitarbeitern ausgeführt. Mit den ersten Gländbegehungen und geologischen Aufnahmen wurden die Projektarbeiten im Herbst 1979 begonnen und nach zweijähriger Bearbeitungsdauer im Herbst 1981 beendet.

Die vorliegende Arbeit ist eine Kurzfassung der Ergebnisse, die in 4 Teilberichten (K. CZURDA, 1980/1, 1980/2,

1981/1, 1981/2) dem Auftraggeber, im Detail und mit entsprechenden Kartenunterlagen ausgestattet, dargelegt worden sind.

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

1. Geologischer Überblick

1.1. Geologie des Klostertales

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

Das Kalkalpin baut zwischen Stuben und Dalaas den Nordteil und ab Dalaas beide Talflanken des Klostertales auf. Dieselben 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. Der tritt hier im Kern eines E–W-streichenden Gewölbes zutage. Für die Frage der Rohstoffeignung 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 Muschelkalen übergehend entwickelt sich die Partnach-Schichtfolge, die vorwiegend der Zeitstufe des Ladin zuzuordnen ist. In eine Folge von Kalkbänken schalten sich Schieferstone 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 Schieferstone 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, Schieferstone, Gips und Breccien. Die Heterogenität dieser Serie – obwohl Schieferstone 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-Alt-kristallins. 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 Lockerprodukte auch nicht in bauwürdiger Kubatur vor.

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

1.2. 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 Bundsandstein 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 Zalum-Mähdern im W über den Taleingang herüberstreichen.

Zwischen Lorüns und St. Anton dominiert der Hauptdolomit des Davenna Strockes 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 Muskowitgranitgneisen und feinkörnigen Biotitschiefern zwischen Schruns und dem Stiefentobel. Dann beherrschen beidseitig Biotitfleckengneise und Amphibolite bzw. Hornblende-schiefer bis zum Talschluß bei Partenen die Talflanken.

Die Gesteinszüge der Nördlichen Kalkalpen setzen ungestört über das äußerste 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. Zahlreich tektonische Bewegungsflächen, zum Teil mit Überschiebungscharakter, durchziehen das Gebiet.

1.3. Geologie des Walgtaus

Die Geologie des Walgtaus 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 Vermüla-Bach bei Schlins. Auch zwischen Sattens-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 Schratzenkalk eingeschnitten, die beide für die Rohstoffbewertung von Bedeutung sind. Die Drusbergschichten, Ablagerungen aus dem Barrême und der sie überlagernde bzw. vertretende Schratzenkalk, ebenfalls von Barrême 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 Rätikon-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 Rätikon, 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.

2. Gesteinsanalyse

Um die Eignung der die Murschuttkegel und Hangschutt-schwarten aufbauenden Gesteine – sie entstammen natürlich dem im Vorhergehenden beschriebenen Anstehenden – für Straßenbau bzw. Zementerzeugung nachweisen zu können, bedarf es dreierlei Analysengänge: petrographische, geochemische und gesteinsphysikalische Analysen. In einem Analysenflußdiagramm (siehe Abb. 1) ist das Untersuchungsschema in seiner logischen Abfolge dargestellt. Nachfolgend werden die Methoden erläutert und begründet. Mittelwerte der gewonnenen geochemischen und gesteinsphysikalischen Daten werden für die wichtigsten Gesteinstypen tabellarisch dargestellt, um die regionale Bewertung und Schlußfolgerung entsprechend zu untermauern. Auf die Darlegung der detaillierten Petrographie wird in dieser Kurzfassung verzichtet, da sie für die Fragestellung nicht von erstrangiger Bedeutung ist.

2.1. Petrographie

Sie wurde, soweit methodisch möglich, quantitativ bis semiquantitativ durchgeführt. Die gewonnenen Daten beruhen auf licht- und röntgenoptischen sowie Mikrosonden-Analysen. Bearbeitet wurden lediglich die kalkalpinen und altkristallinen Gesteine. Flysch- und helvetische Gesteine spielen als Rohstoff aus Schuttmassen keine Rolle (HENNINGSEN, 1977).

In manchen Schuttkegeln der Kalkalpen sowohl im Klostertal wie auch im Montafon sind beträchtliche Gipsgehalte – aus den Raibler-Schichten – enthalten. Solche Lokermassen scheidet a priori von einer Straßenbau- oder Zementrohstoffnutzung aus. Aus Gründen der besseren Übersicht und Beurteilungsmöglichkeit wird darauf erst bei der regionalen Betrachtung der einzelnen Schuttkegel eingegangen.

2.2. Geochemie

Abgesehen vom Gipsgehalt spielt der Chemismus gegenüber den gesteinsphysikalischen Parametern eine untergeordnete Rolle. Dennoch wurden geochemische Teilanalysen sowohl von kalkalpinen wie auch Altkristallingesteinen gemacht, um gewisse Parameterabhängigkeiten verdeutlichen zu können. Da am Rande vorliegenden Projektes neben der Straßenbaurohstoff- auch die Zementrohstoffeignung zumindest angedeutet werden soll, werden in Tab. 1 Durchschnittswerte geochemischer Analysen der wichtigsten Schuttbildner aus Klostertal und Montafon wie-

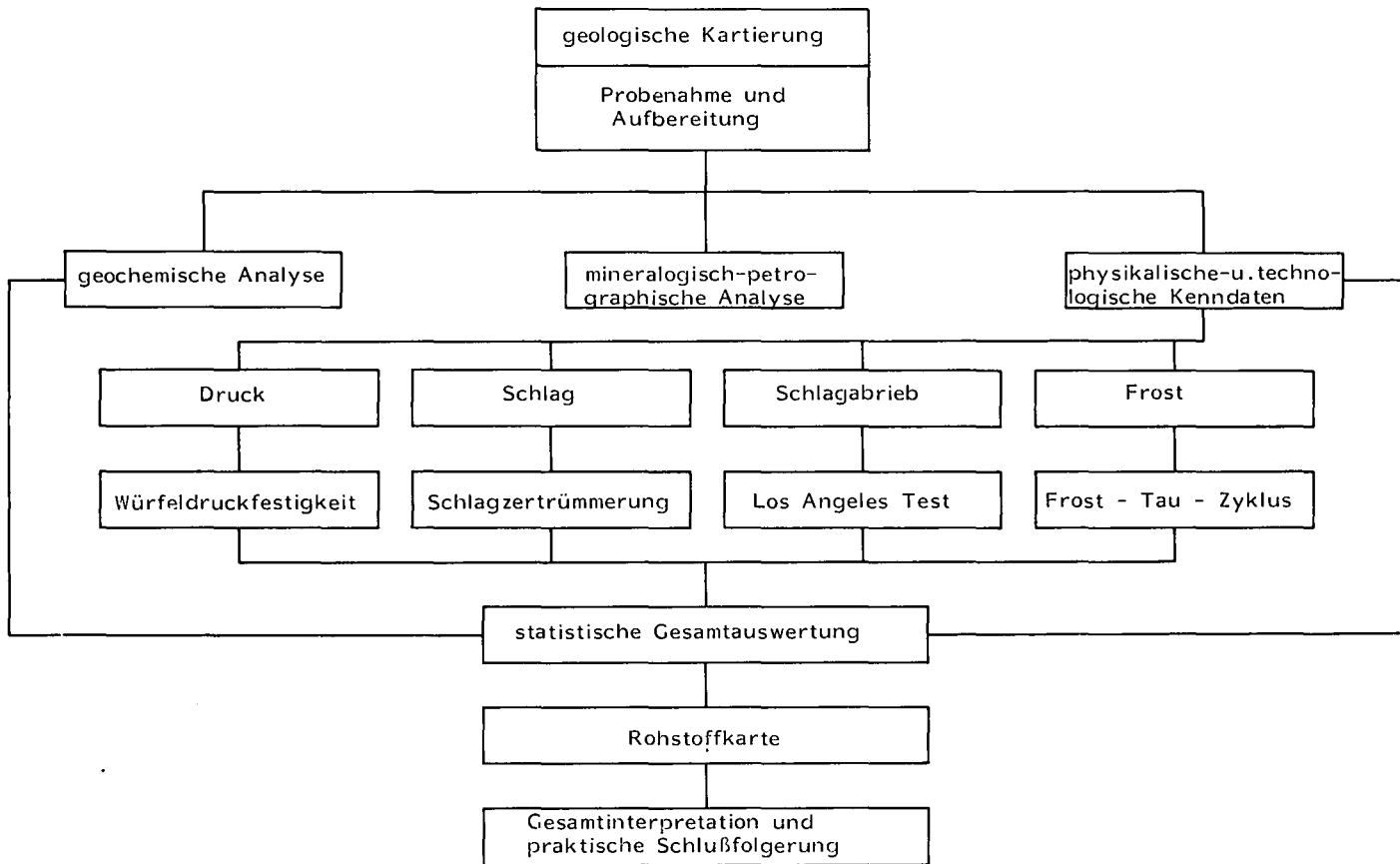


Abb. 1: Analysenflußdiagramm.

dergegeben. Ein Zementzuschlagstoff erfordert zu seiner Beurteilung bestimmte geochemische Parameter und demgemäß wurden nur einige, jedoch relevante, Molekülgruppen analysiert.

Sowohl die Schiefertone (Partnach- und Raibler Schiefertone) wie auch die Karbonate (Muschelkalk, Arlbergkalk, Raibler Dolomite und Hauptdolomit) eignen sich als Gemengteil der Zementroh Mischung, wobei die Dolomite wegen der hohen MgO-Gehalte wohl nur in Verbindung mit reinen Kalken verwendbar sind.

Tabelle 1: Chemismus der wichtigsten Molekülgruppen für die kalpinen Gesteine des Kloostertales und Montafon.

Gesteinsart	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe O	Mg O	Ca O	Anzahl der analysierten Proben
Muschelkalk	1,2	2,9	0,9	2,0	58,0	10
Partnach Mergel	32,8	13,3	6,0	5,9	7,8	26
Arlbergkalk	6,0	6,3	3,2	15,4	36,7	12
Raibler Dolomit				21,3	23,3	3
Raibler Schiefertone	60,3	18,0	2,2	2,2	0,3	3
Hauptdolomit				22,3	27,3	32

2.3. Gesteinsphysikalische Parameter

Die gesteinsphysikalischen Eigenschaften eines Gesteins, insbesondere die Festigkeitseigenschaften, wurden für die in Frage kommenden Gesteinstypen im Zuge des parallel bearbeiteten Projektes VA 2, Erfassung und Be-

probung von Edelsplitten im Kloostertal, Montafon und Walgau, erarbeitet.

Die Festigkeit ist die Fähigkeit, Kräfte aufzunehmen, wobei drei Beanspruchungsarten die erforderlichen Beurteilungskriterien liefern: Druck, Schlag und Schlagabrieb. Jede Testart wurde an den die Lockermassen aufbauenden Gesteinen durchgeführt. Die Ergebnisse werden hier in zusammengefaßter Form an Hand von Durchschnittswerten aufgeführt.

Keiner der Schuttkegel kann in der natürlich vorliegenden Korngrößenverteilung verwendet werden: weder für den Straßenbau noch für die Zementindustrie. Aus diesem Grund muß im Zuge dieses Projektes auch auf die Korngrößenverteilung – so gut sie eben aus einem Schuttkegel bestimmt werden kann – eingegangen werden. Zerkleinerung und Siebung sind in allen Fällen unabdingbar.

2.3.1. Los Angeles-Werte

Der Los Angeles-Test stellt eine kombinierte Schlag-Abrieb-Beanspruchung dar und wird zur Festigkeitsprüfung von Zuschlagstoffen angewendet.

Getestet wurde mit einem in den USA nach ASTM/131-69 (1) entwickelten Gerät, das nach ÖNORM B 3128 in Angleichung an europäische Verhältnisse etwas modifiziert wurde. Das Gerät besteht aus einer rotierenden Stahltrommel, in die das zu prüfende Gesteinsmaterial der abgesiebten Prüfkorngröße 5-8 mm zusammen mit Stahlkugeln eingefüllt ist. Nach 500 Umdrehungen ist der Test beendet. Das so bearbeitete Prüfgut wird erneut gesiebt und der Anteil im 1,6 mm-Sieb bzw. im 3,1 mm-Sieb bestimmt. Mit Hilfe der Formel

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

wird der LA-Wert in % ausgedrückt. (E = Masse der Einwaage, R = Masse des Rückstandes, 1,6 mm und 3,1 mm). Von jeder Probe wurden 3 Versuche durchgeführt und der Mittelwert bestimmt.

In Tab. 2 werden die LA-Werte der Gesteinstypen der untersuchten Talschaften solchen aus der Literatur gegenübergestellt und die Verwendungsmöglichkeit im Straßenbau angegeben. Dies ermöglicht eine Beurteilung der Straßenbaurohstoffeignung zunächst nur auf Grund der LA-Werte.

Die Versuche wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Die gerade für die Tragschichte und Verschleißdecke wichtige Frosteignung wird in einem Parallelprojekt untersucht (BRAND, W. et al., 1966).

Tabelle 2: LA-Werte (Los Angeles) div. Gesteinstypen aus Kloster- tal, Montafon und Walgau mit Vergleichswerten und Einstufung der Verwendbarkeit.

LA-Wert	Verwendbarkeit im Strassenbau	Gesteinstype	Vorkommen
	Edelsplitt (Verschleißdecke und Gleisbettung)		
8,8		Basalt	Eifel
9,4		Diabas	Ebriach, Ktn.
13,4		Basalt	Mühldorf, Stmk.
13,4		Diabas	Saalfelden, Sbg.
14,8		Amphibolit	Rifa-Stausee
17,4		Amphibolit	Gortipohl
	Splitt (Tragschichte)		
18,0		Granit	Bayer. Wald
21,3		Basalt	Pauliberg, Bgld.
21,5		Marmor	Trixen, Ktn.
20,4		Biotitplagioklas- gneis	Badmunt
21,7		Muskowitgranit- gneis	Stiefentobel
24,7		Muskowitgranit- gneis	Bödmern
23,2		Illschotter	Gufelgut
23,1		Bachschart	Tschambreu Bach
21,7		Bachschart	Maurentobel
21,8		Bachschart	Gweilbach
22,6		Muschelkalk	Klostertal
23,2		Arlbergkalk	Klostertal
22,7		Raibler Dolomit	Klostertal
22,6		Hauptdolomit	Klostertal
	Schuttmaterial (Unterbau)		
> 25			

2.3.2. Schlagzertrümmerungswerte

Das Festigkeitsverhalten hinsichtlich Schlagbeanspruchung wurde mit einem Gerät bestehend aus Fallwerk, Stempel und Mörser gemäß DIN 52 109 bestimmt. Das Prüfgut setzt sich zu 50 % aus der Körnung 8/10 mm und zu 50 % aus 10/12 mm zusammen. Mit 10 Schlägen aus 50 cm Fallhöhe wird ein Wert ermittelt:

$$Z_{sp} = \frac{\epsilon D}{5}$$

ϵD = Siebdurchgang durch 5 Prüfsiebe: 8, 5, 2, 0,63 und 0,2 mm. Für jedes der 5 Prüfsiebe wird der Siebrückstand in Gewichts-% umgerechnet und hieraus der Siebdurchgang ermittelt.

In gleicher Weise wie für den Schlagabriebtest (Los Angeles) sollen auch die Z_{sp} -Werte der Gesteine im Arbeitsgebiet nach ihrer Qualität gereiht und mit anderen Gesteinen verglichen werden. Siehe dazu Tab. 3 (LEINS, W. et al., 1972 und 1974).

Tabelle 3: Z_{sp} -Werte (Schlagzertrümmerung) div. Gesteinstypen aus Kloster- tal, Montafon und Walgau mit Vergleichswerten und Einstufung der Verwendbarkeit.

Z_{sp} -Wert	Verwendbarkeit im Strassenbau	Gesteinstype	Vorkommen
	Edelsplitt (Verschleißdecke u. Gleisbettung)		
8,8		Basalt	Eifel
11,0		Quarzporphyr	Hunsrück
20,1		Basalt	Weitendorf, Stmk.
19,7		Hornblendeschiefer	Maurenwald
19,9		Amphibolit	Gortipohl
20,1		Illschotter	Gortniel
	Splitt (Tragschichte)		
22,5		Hauptdolomit	Klostertal
22,8		Raibler Dolomit	Klostertal
24,2		Muschelkalk	Klostertal
24,6		Arlbergkalk	Klostertal
21,2		Bachschart	Valschaviel Bach
22,0		Bachschart	Tschambreu Bach
22,1		Illschotter	Gufelgut
22,1		Amphibolit	Rifa
22,7		Illschotter	Außergant
23,2		Bachschart	Gweilbach
23,3		Murschart	Rifa
25,0		Muskowitgranitgneis	Stiefentobel
26,8		Murschart	Maurentobel
27,4		Biotitplagioklasgneis	Badmunt

Die Z_{sp} -Werte korrelieren gut mit den LA-Werten, sodaß auf Grund dieser beiden Testserien im Montafon Edelsplittmaterial im Talbereich vorhanden ist: Hornblendeschiefer bzw. Amphibolite bei Gortipohl, Maurenwald und Rifa, an gewissen Stellen auch der Illschotter, z.B. bei Gortniel.

2.3.3. Druckfestigkeitswerte

Die Prüfung der Gesteineignung hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit im Straßenbau wird nur in seltenen Fällen auch auf die Druckfestigkeit erstreckt. Die Werte für sich allein sind für diesen Zweck nicht brauchbar. In Verbindung mit anderen Festigkeitswerten wie Los Angeles- und Schlagzertrümmerungswerten – wie sie im vorliegenden Material festgestellt wurden – sind Würfeldruckfestigkeiten jedoch ein aufschlußreicher zusätzlicher Parameter.

Tabelle 4: Würfeldruckfestigkeit (Wp) div. Gesteinstypen aus dem Kristallin des Montafon (x = Durchschnittswerte aus 3 Versuchen).

Gesteinstype	Probe Nr.:	Würfeldruckfestigkeiten in kN/m ² x)		
		$\sigma_{\perp s}$	$\sigma_{\parallel s}$	σ
Hornblendeschiefer	811	369	140	255
	818	499	437	468
	823	399		399
	824	414		414
	819	367		367
	821		371	371
	826		303	303
	Amphibolit	816	303	185
820			316	316
822		371		371
Muskowitgranitgneis	812	415	419	417
	813	335	289	312
	814	378		378
	815	418		418
	825		321	321
	827		257	257
Biotitplagioklasgneis	817	254	144	199
	813	335	289	312

Da nur für einige Gesteinstypen aus dem Kristallin eine Verwendbarkeit als Edelsplitt in Frage kommt und die Einstufung der minderen Qualitäten der kalkalpinen Gesteine schon aus den LA- und Z_{sp} -Werten ablesbar ist, sind nur die kristallinen Gesteine hinsichtlich Druckfestigkeit getestet worden.

Die Versuche wurden nach ÖNORM B 3124 an Würfeln von 5 cm Kantenlänge durchgeführt, wobei die gefügebedingten Ebenen: s-Flächen und Ebenen senkrecht dazu hinsichtlich der Druckrichtung berücksichtigt wurden. In Tab. 4 sind die Druckfestigkeitswerte wiedergegeben. Es fällt auf, daß die auf Grund der LA- und Z_{sp} -Werte als Edelsplitt geeignet erscheinenden Hornblendeschiefer und Amphibolite sehr unterschiedliche Werte für die Würfeldruckfestigkeit erbringen. Dies beruht nur teilweise auf dem Gefügeeekt. Zum Teil ist sicher ein unterschiedlicher Verwitterungsgrad dafür verantwortlich zu machen.

Auch die Muskowitgranitgneise haben zum Teil sehr hohe Festigkeitswerte, die im allgemeinen jedoch unter denen der Hornblendegesteine liegen. Die niedrigsten – schlechtesten – Werte liefern Biotitplagioklasgneise oder glimmerschieferähnliche Gesteine (EPPENSTEINER, W. & KRZEMIEN, R., 1978; HALLER, P., 1959).

3. Regionale Bewertung

Auf Grund der petrographischen, geochemischen und gesteinsphysikalischen Daten kann nun, unter dem Aspekt der Geländeerkundung, Vermessung und Kubaturberechnung der einzelnen Schuttkegel und Hangschuttmassen, eine Bewertung der Verwendbarkeit vorgenommen werden. Die gesteinsphysikalischen Parameter, nämlich Los Angeles-Wert, Schlagzertrümmerungswert und Druckfestigkeit sind für die Beurteilung zunächst ausreichend, wenn auch

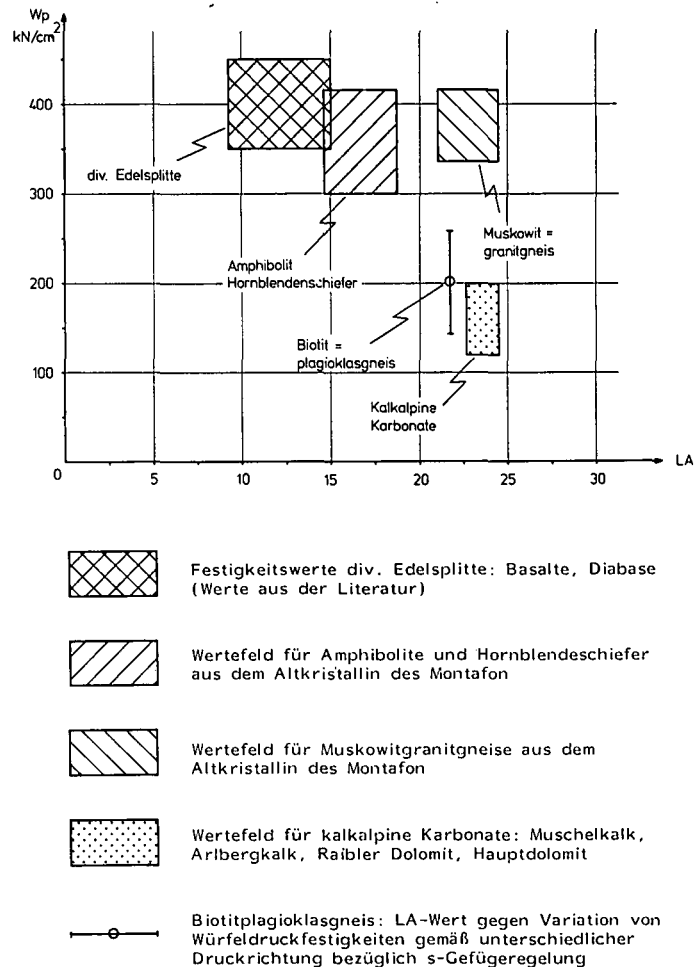


Abb. 2: Zusammenhänge zwischen Würfeldruckfestigkeit (Wp) und Los Angeles-Werten (LA).

weitere Werte wie Griffigkeit und Frostverhalten ein genaueres Bild und bessere Begründung ergeben. Diese Werte sind jedoch der Splittprüfung eines eigenen Projektes vorbehalten. Die Zusammenhänge zwischen Würfeldruckfestigkeit (Wp) und LA- bzw. Z_{sp} -Werten ist in zwei Diagrammen verdeutlicht: Abb. 2 und Abb. 3. Aus beiden Darstellungen geht hervor, daß die Amphibolite und Hornblendeschiefer dem Wertebereich von Edelsplitten sehr nahe kommen. Die Granitgneise weisen Edelsplitt-adequate Druckfestigkeiten auf, jedoch sind sowohl die LA- wie auch die Z_{sp} -Werte für Edelsplittfordernisse zu hoch. Dies ist auf das häufig ausgebildete s-Gefüge zurückzuführen, wodurch bei Schlagabrieb- und Schlagzertrümmerungsbeanspruchung ein hoher Grad an Kornzerkleinerung erreicht wird.

3.1. Klostertal

Die prinzipielle Eignung verschiedener Gesteinstypen des Klostertales zur Erzeugung von Splitt geht aus den vorangegangenen Kapiteln hervor: die Phyllitgneise sind ungeeignet, die Karbonate der kalkalpinen Gesteine, nämlich Muschelkalk, Arlbergkalk, Raibler Dolomit und Hauptdolomit sind bedingt als Splitt geeignet, da ihnen eine „mittlere Qualität“ zukommt. Sie sind nicht geeignet als Edelsplitt, da es ihnen an Härte fehlt, wenn auch die aus dem Brecher gewonnene Kornform (mehr oder weniger kubisch) geeignet wäre. Wenn somit die Verwendung dieser Gesteine für die Gleisbettungen und als Zuschlag zu den Decken des Oberbaues sowohl von Straßen mit Zementbe-

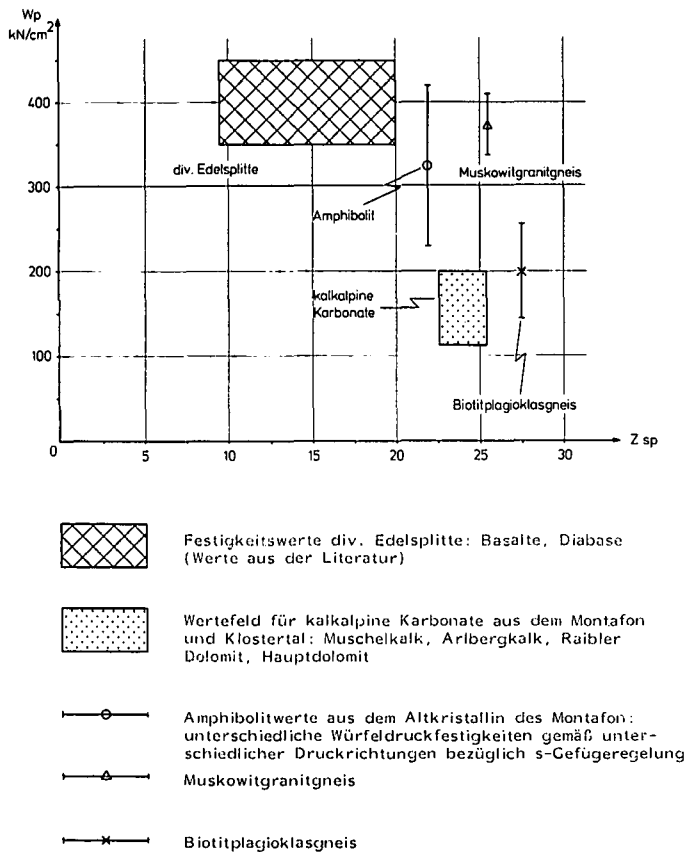


Abb. 3: Zusammenhänge zwischen Würfeldruckfestigkeit (Wp) und Schlagzertrümmungswerten (Z_{sp}).

ton- wie auch bituminöse Bauweise nicht möglich ist, so eignen sie sich zumindest für den Einbau in die Tragschichten bzw. in den Unterbau.

Der prinzipiellen Eignungsuntersuchung folgte die Erkundung einzelner Lokalitäten, die im Projektendbericht beschrieben und kartenmäßig dargestellt sind (K. CZURDA, 1981/2).

3.2. Montafon

Da die Gesteine des vorderen Montafon (Außerfratte) vor allem aus kalkalpinem Material und die der Innerfratte aus Kristallin aufgebaut werden, ergibt sich daraus schon die Verwendbarkeit, wie sie zum Teil für das Klostertal vorgeschlagen wurde.

Der Hauptdolomit, der in großen Kubaturen z.B. im Gipsbach-Schuttkegel oder in den Schuttkegeln der Vandanser Steinwand anfällt, ist dort stets mit Gipsen aus den Raibler Schichten vermergt, sodaß eine Verwendung im Straßenbau – wegen der leichten Löslichkeit – jedenfalls ausgeschlossen werden muß. Ein kleiner, mengenmäßig unergiebiges Hauptdolomit-Kegel ist Gips-frei, erbringt jedoch nicht wirtschaftlich interessante Kubaturen.

Einer genaueren Analyse wurden folgende Tobel unterzogen: Gipsbach, Venser Tobel, Mustergiel Bach und Rellsbach. Ihr Schutt enthält stets mehr oder weniger Gips.

Die Verwendbarkeit der Lockermassen im äußeren Montafon ist – wenn man von den Illschottern bei Vandans absieht – jedenfalls für den Straßenbau und auch für die Zementindustrie nicht gegeben.

Ein Teil der Kristallingesteine, nämlich die Hornblende-schiefer und Amphibolite, u.U. auch einige Biotitgranitgneistypen sind als Edelsplitte geeignet, alle anderen Kristallin-

gesteine jedenfalls zum Einbau in die Tragschichte. Die schiefrigen Gesteine, z.B. einige Gneise oder Glimmerschiefer eignen sich selbst für die Tragschichte nicht, da sie zu leicht verwittern und kaum Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung besitzen.

Auch für das Innermontafon sind zahlreiche Lokalitäten im Detail im Projektendbericht (K. CZURDA, 1981/2) beschrieben.

3.3. Walgau

Weit weniger als das Klostertal und das Montafon ist der Walgau an seinen Flanken von Bach- und Murschuttkegeln geprägt. Dies hängt mit der Art der Gesteine, der Morphologie und der geologischen Entwicklung während des Quartärs zusammen. Größtenteils wird der Walgau durch die leicht verwitternden Flyschgesteine geprägt. Sie bestimmen natürlich die sanfte, vorberghafte Morphologie der Talflanken. Während der Eiszeit sind mächtige Schottermassen vom Tal- und seinen Nebengletschern ab- und wieder umgelagert worden. Diese Schotter, zum Teil sogenannte „Verbauungsschotter“ prägen die mächtigen Lockermassenablagerungen an den Talflanken. Auf diesen Lockermassen, vor allem an der Südseite, und auf der mächtigen Talverfüllung durch Illschotter liegt zweifelsfrei der Schwerpunkt einer eventuellen Ausbeutung für eine Straßenbau-Rohstoffnutzung.

Die Fluß- und quartären Schotter sind nicht Gegenstand des vorliegenden Projektes. Von den wenigen Mur- und Bachschuttkegeln wurden drei untersucht: Verneza-, Böschis- und Leuetobel. Das Material von Verneza- und Böschistobel ist für den Einbau in den Schüttdamm bestenfalls zu gebrauchen, der Leuetobel ist vom Gestein her (Schiefertone) wie auch von der Kubatur her (unter 1 Mill. m³) wirtschaftlich nicht nutzbar.

Literatur

- BRAND, W., VOSS, R. & ZICHNER, G.: Über die Festigkeitsprüfung von Gesteinssplitten. – Straße und Autobahn, **17**, H. 2, 50–57, 1966.
- CZURDA, K.: VA 3, Lockergesteine aus Mur- und Hangschutt im Klostertal, Montafon und Walgau. – Zwischenbericht 1. Projektjahr, 1980/1, 5 S., 3 Karten, Innsbruck 1980.
- CZURDA, K.: VA 3, Lockergesteine aus Mur- und Hangschutt im Klostertal, Montafon und Walgau. – Endbericht 1. Projektjahr, 1980/2, 25 S., 3 Karten, Innsbruck 1980.
- CZURDA, K.: VA 3, Lockergesteine aus Mur- und Hangschutt im Klostertal, Montafon und Walgau. – Zwischenbericht 2. Projektjahr, 1981/1, 9 S., Innsbruck 1981.
- CZURDA, K.: VA 3, Lockergesteine aus Mur- und Hangschutt im Klostertal, Montafon und Walgau. – Endbericht 2. Projektjahr (Projektendbericht), 1981/2, 52 S., 2 Karten, Innsbruck 1981.
- EPPENSTEINER, W. & KRZEMIEN, R.: Der Ringversuch, Österreichische Straßenbaugesteine im Labor. – Straßenforschung, H. **10**, 1–28, Wien (Bundesministerium für Bauten und Technik) 1978.
- HALLER, P.: Die Prüfung der Festigkeitseigenschaften von Splitt und Schotter. – Straße und Verkehr, **45**, H. 9, S. 401, 1959.
- HENNINGSSEN, D.: Petrographische Untersuchungen als Hilfsmittel zur Beurteilung des Verschleißverhaltens von Straßenbaumaterial. – Giessener Geol. Schr., **12**, S. 112, Festschrift Richard Weyl, Giessen 1977.
- LEINS, W. et al.: Vergleichende Untersuchungen mit den internationalen Festigkeitsprüfverfahren für Gesteinssplitte. – Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2290, S. 102, Aachen 1972.
- LEINS, W. et al.: Beanspruchung und Prüfung von Gesteinssplitten. – Forschungsberichte, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, H. **156**, S. 29, Bonn 1974.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 10. November 1981.