

# Baugeologische Untersuchungen im Raume Dalaas (Klostertal, Vorarlberg)

## 1. Teil: Regionalgeologische Ergebnisse

von M. Köhler<sup>+</sup>)

### Zusammenfassung

Für die baugeologische Prognose eines Straßentunnels, der im Zuge des Ausbaues der Arlberg-Schnellstraße S 16 nördlich von Dalaas errichtet wird, wurde auf der Grundlage bestehender geologischer Karten eine Neukartierung des Dalaaser Raumes durchgeführt.

Sie wurde deshalb notwendig, da eine geologische Analyse des engeren Tunnelbereiches allein nicht ausgereicht hätte, die auftauchenden Fragen zu klären. Obwohl die Kartierung immer im Hinblick auf eine baugeologische Aussage erfolgte, ergaben sich auch einige neue Aspekte in regionalgeologischer Hinsicht.

Der Tunnel verläuft in den Klostertaler Alpen nahe am Kontakt zur Silvrettamasse. Es konnte gezeigt werden, daß die südliche Davennaschuppe die Alfenz nach Norden überschreitet und längs einer markanten Störungsfläche am Klostertaler Sattel angrenzt. Diese Davennaschuppe besitzt inverse Lagerung, wobei das Kristallin mit deutlichem Südfallen auf den Kalkalpen liegt. Möglicherweise ist diese Schuppe noch in sich verfaultet. Die Störungsfläche zwischen Davennaschuppe und Klostertaler Sattel ist wahrscheinlich die direkte Fortsetzung der bekannten Davennastörung.

Das von AMPFERER vermutete Vorkommen von Arosazone stellte sich an einer Stelle als Buntsandstein heraus. Der Faltenbau des Klostertaler Sattels konnte genauer erkannt werden, wobei die

---

<sup>+</sup>) Anschrift des Verfassers: Dr. Manfred Köhler, Ingenieur-gemeinschaft Lässer-Feizlmayr, Framsweg 16, A-6020 Innsbruck

Verfaltung Richtung Norden abnimmt.

Auch im Gebiet westlich von Dalaas ergaben sich einige neue Kartierungsergebnisse. Störungen im Gebiet von Mason trennen Alpinen Muschelkalk von Partnach-Schichten des Klostertaler Sattels.

Der Alpine Muschelkalk könnte hier im stratigraphischen Verband zur Schichtfolge südlich der Alfenz stehen. Ob sich damit ein etwas engerer Zusammenhang zwischen Nördlicher Davennaschuppe und Klostertaler Sattel andeutet, kann nur vom Dalaaser Raum her nicht entschieden werden.

Das Verfolgen des Kalkalpensüdrandes bei Dalaas ergab die Vermutung, daß die Silvrettamasse zwischen Dalaas und St. Anton in nordwestlicher Richtung den Kalkalpensüdrand überfahren und niedergedrückt hat, wodurch die B-Achsen niedergebogen wurden. Die geologischen Verhältnisse ähneln somit jenen am Nordrand der Öztaler Masse zwischen Telfs und Zirl.

Die Auswertung eines geologischen Stollenbandes des ca. 9 km langen Alfenzstollens, das teilweise noch von O. REITHOFER angelegt wurde, ergab wichtige baueologische Hinweise auf die Schwierigkeiten bei Hohlraumbauten im Grenzbereich von Kristallin zu Kalkalpen. Der Alfenzstollen im südlichen Hang des Klostertales brachte einen durchgehenden Aufschluß von Kristallin über Buntsandstein zu Hauptdolomit.

#### Summary

Using existing geologic maps, a new map was plotted of the Dalaas area for use in drawing up an engineering geologic forecast for a road tunnel to be built in the course of the construction of the Arlberg Expressway S 16 north of Dalaas. This new map was necessary, since a geologic analysis of the actual tunnel area alone would not have been sufficient to answer the questions raised. Although the map was made with a view to engineering geology, several new insights into the regional geology were made.

The tunnel is located in the Klostertal Alps nearly touching the Silvretta mass. It was shown, that the southern Davenna wedge crosses the Alfenz to the north and borders on a marked fault in the Klostertal anticlinale. This Davenna wedge lies inversely, whereby the crystalline lies on the Northern Calcareous Alps with an obvious southern inclination. This wedge could possibly still be folded inside itself.

The fault between the Davenna wedge and the Klostertal anticlinale is probably the direct continuation of the known Davenna fault.

The occurrence of Arosa zone presumed by AMPFERER proved to be Buntsandstein in one place. The folding of the Klostertal anticlinale was more exactly recognizable, whereby the folding diminishes to the north.

In the area west of Dalaas the map-plotting also had some new results. Faults in the Mason area separate Alpine Muschelkalk from Partnach schists of the Klostertal anticlinale.

The Alpine Muschelkalk here could be stratigraphically connected to the strata sequence south of the Alfenz.

From the Dalaas area alone it cannot be determined whether or not a somewhat closer connection between the northern Davenna wedge and the Klostertal anticlinale is indicated.

After following the southern edge of the Northern Calcareous Alps near Dalaas, it was presumed that the Silvretta mass between Dalaas and St. Anton had crossed the southern edge of the Northern Calcareous Alps, whereby the B-axes were bent downward. The geologic relationships are therefore similar to those on the northern edge of the Ötztal mass between Telfs and Zirl.

The evaluation of geologic records from the approximately 9 km long Alfenz tunnel, which was partially performed by O. REITHOFER, provided important engineering geologic information on the problems of tunnelling on the borderline from crystalline to Northern Calcareous Alps. The Alfenz tunnel in the south slope of the Kloster valley provided a continuous description of the geologic conditions from crystalline to Buntsandstein to Hauptdolomit.

## Inhalt

1. Einleitung
  2. Schichtfolge
  3. Geologische Kartierung
    - 3.1. Übersicht
    - 3.2. Ergebnisse
  4. Tektonischer Bau
    - 4.1. Klostertaler Sattel
    - 4.2. Davennagruppe
  5. Geologische Kurzbeschreibung des Alfenzstollens
  6. Weitere Untersuchungen
- Literatur

## 1. Einleitung

Im Zuge des Ausbaues der Arlberg-Schnellstraße S 16 durch das Klostertal wird zur Umfahrung der Gemeinde Dalaas ein voraussichtlich 1600 m langer Tunnel zwischen Hölltobel und Sonnenhalb notwendig. Vom Amt der Vorarlberger Landesregierung - Abteilung Straßenbau, erhielt die Ingenieurgesellschaft Lässer-Feizlmayr den Auftrag, die Gesamtplanung dieses Tunnelbauwerkes durchzuführen, wobei die baugelogische Bearbeitung durch den Verfasser erfolgte.

In der vorliegenden Arbeit werden nur die allgemeinen regional-geologischen Erkenntnisse beschrieben, die sich aus der baugelogischen Aufnahme des Dalaaser Raumes ergaben. Eine ausführliche Darstellung der baugelogischen Verhältnisse findet sich im Originalgutachten des Generellen Tunnelprojektes 1977, Variante 2, Einlage Nr. 2: Geologie und Gebirgsmechanik, welches an das Amt der Vorarlberger Landesregierung - Abteilung Straßenbau, erstattet wurde.

Für die Genehmigung zur Publikation sei an dieser Stelle Herrn Hofrat GEHRER gedankt.

Mein Dank gilt ebenso Herrn Univ.-Prof. Dr. HEISSEL, der mir die Einrichtungen des Geologischen Institutes in Innsbruck zur Anfertigung und Auswertung von Dünnschliffen zur Verfügung stellte.

Weiters sei für die Möglichkeit der fachlichen Aussprache Herrn ANGERER, Herrn Dr. RESCH und Herrn Univ.-Prof. Dr. MOSTLER vom Geologischen Institut Innsbruck, Herrn Dr. KAISER von der Arlberg-Straßentunnel AG., Herrn Dr. HARSCH vom Geotechnischen Institut in Bern und Herrn Dipl.Ing. KELLER (ÖBB-Kraftwerksausbau) für die Überlassung eines Stollenbandes vom Alfenz-Stollen gedankt.

## 2. Schichtfolge

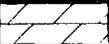
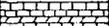
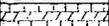
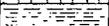
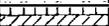
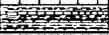
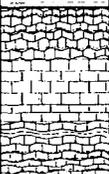
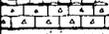
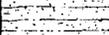
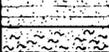
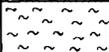
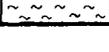
Die Schichtfolge mußte gemäß den Erfordernissen einer baugelogischen Prognose in einigen Fällen vereinfacht werden, sodaß wissenschaftliche Neuergebnisse nur teilweise berücksichtigt werden konnten. Das trifft insbesondere die Stratigraphie des Alpenen Muschelkalkes und den Übergangsbereich von Partnach-Schichten zu Arlberg-Schichten. Details einer Stratigraphie wurden nur dann übernommen, wenn sie auch in geotechnischer Hinsicht wichtig erschienen.

In Tab. 1 wurde in einem Säulenprofil die Schichtfolge schematisch dargestellt. Die baugelogischen Gesteinstypen 1-5 sind im Anschluß daran in Tab. 2 beschrieben, wobei die Unterteilung auf die Baupraxis ausgerichtet ist. Es gilt zu beachten, daß die Gesteinstypen in keinem Fall mit Gebirgsgüteklassen verwechselt werden dürfen. Sowohl Stratigraphie, als auch baugelogische Typisierung gelten nur für den engeren Tunnelbereich.

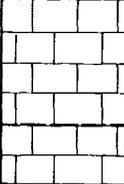
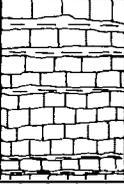
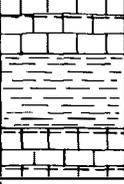
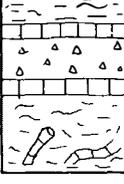
### 2.1. Gesteine der Silvrettamasse

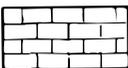
Die ältesten Ablagerungen sind Gesteine der Silvrettamasse (Glimmerschiefer, Phyllit, Muskovitgranitgneis) und des Paläozoikums (Tonschiefer, Sandstein, Mergel), die jedoch nur südlich der Alfenz verbreitet sind und daher vom Tunnel nicht berührt

# SCHICHTFOLGE IM RAUM DALAAS

| Mächtigkeit (geschätzt) | Symbol  | Geologische Bezeichnung    | Gesteine   | Baugeologische Gesteinstypen |
|-------------------------|---|----------------------------|--|------------------------------|
|                         |    | Hauptdolomit               | grobbankige Dolomite   |                              |
|                         |    |                            |  |                              |
| 90 m                    |    | 2 c                        | Rauhdecken und Gips  | 5                            |
| 20 m                    |    | 2 c                        | Kalk, Dolomit  |                              |
| 20 m                    |    | 2 b                        | Tonschiefer, Mergel  |                              |
| 20 m                    |    | 2 a                        | Dolomite, Kalke  |                              |
| 10 m                    |    | 1 c                        | Tonschiefer und Sandsteine   |                              |
| 30 m                    |    | 1 b                        | Kalke, Dolomite, Rauhdecken  |                              |
| 20 m                    |    | 1 a                        | Tonschiefer und Sandsteine   |                              |
| max. 300 m              |    | Obere Arlberg-Schichten    | Gebankte Dolomite, Kalke mit Rauhdeckenlagen, im Hangenden Mergellagen                       | 2+1                          |
| 20-70 m                 |    | Mittlere Arlberg-Schichten | Kalk, wenig Dolomit, selten Tonlagen   | 1                            |
|                         |    | Untere Arlberg-Schichten   | Wechselagerung Kalk/Schiefer   | 3+2                          |
| 100-200 m               |   | Partnach-Schichten         | im Hangenden 3 - 4 Kalk-horizonte;<br>Tonschiefer, Mergel<br>vereinzelt dünne Kalk-bänkchen; | 1+4<br><br>4                 |
| 50-150 m                |  | Obere Gesteinsserie        | Kalke, Dolomite mit Mergellagen; "Knollenkalk", "Hornsteinkalk"; Pietra Verde                | 2                            |
|                         |  | Mittlere Gesteinsserie     | Kalke, Dolomite  | 2+1                          |
|                         |  | Untere Gesteinsserie       | Kalke, Dolomite mit dünnen Mergellagen, "Wurstel"-Kalk                                       | 2                            |
| 10 - 20 m               |  | Punt la Drossa Schichten   | Rauhdecken, Mergelkalk, Gips   | 5                            |
| 100-150 m               |  | Buntsandstein + Verrucano  | Quarzsandsteine, Konglomerate Quarzite   |                              |
| max. 200 m              |  | Paläozoikum                | Sandsteine, Tonschiefer, Konglomerate, Kalke, Mergel   |                              |
|                         |  | Kristallin                 | Glimmerschiefer, Phyllitgneise, Muskovitgranitgneis  | TAB. 1                       |

# GESTEINSTYPEN

| SYMBOL  | BAUGEOLOGISCHER GESTEINSTYP | HAUPTGESTEINE   |
|---|-----------------------------|---|
|    | 1                           | Kalk, Dolomit,<br>selten dünne Tonlagen                                       |
|    | 2                           | Kalk mit<br>Tonmergelzwischenlagen  |
|    | 3                           | Kalk und Tonschiefer<br>in Wechsellagerung                                    |
|   | 4                           | Tonschiefer mit<br>dünnen Kalkbänkchen  |
|  | 5                           | Tektonisch überprägte Gesteine;<br>z.B. Gips, Rauhwacken<br>Breccien, Mylonit |



KALK, DOLOMIT



TONSCHIEFER, MERGEL

M - 1: 200

TAB. 2

werden. In der geologischen Karte wurde aus diesem Grunde diese Serie nicht unterteilt.

## 2.2. Buntsandstein (+ Verrucano)

Er umfaßt rote oder grüne, glimmerreiche Quarzsandsteine, Quarz-konglomerate oder Tonschiefer; im Hangenden werden grobbankige Quarzite häufig. Die Schichtung ist meist deutlich ausgebildet. Die Gesteine sind in der Regel sehr stark zerklüftet. Die Mächtigkeit kann über 100 m betragen.

Alter: Permoskyth

## 2.3. Alpiner Muschelkalk

Die Unterteilung des Alpiner Muschelkalkes wird in der geologischen Literatur verschieden gehandhabt. Die folgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung von einigen Einteilungsmöglichkeiten.

Im baueologischen Gutachten wurde die Gliederung ungefähr im Sinne von FRISCH übernommen, da sie mikrofazielle Bezeichnungen oder Lokalnamen vermeidet, die unter Bauingenieuren nur Verwirrung stiften.

| Frisch (1968, 1975)       | Kubanek (1969)             | Hirsch (1966)<br>Kobel (1969)   | Mostler und<br>Bechstädt (1974) |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Obere<br>Gesteinsserie    | Knollenkalk-<br>serie      | Reiflinger<br>Schichten         | Reiflinger<br>Kalk              |
| Mittlere<br>Gesteinsserie | Massenkalk-<br>serie       | Gutensteiner                    | "Steinalmkalk"                  |
| Untere<br>Gesteinsserie   | "Wurstl"-<br>Bankkalkserie | Kalk                            | Virgloriakalk                   |
|                           |                            | Punt la<br>Drossa-<br>Schichten |                                 |

Tab. 3: Einteilungsmöglichkeiten des Alpiner Muschelkalkes

Bei guten Aufschlußverhältnissen wurde der Alpine Muschelkalk in drei Serien gegliedert:

### a) Untere Gesteinsserie

Sie besteht an der Basis aus gelben Rauhwacken, Breccien, Karbonaten und Mergeln, die meist als "Punt la Drossa-Schichten" bezeichnet werden. Fallweise tritt in der Schichtfolge auch etwas Gips auf.

Bei tektonischen Bewegungen werden diese Schichten häufig abgeschert. Die Mächtigkeit schwankt daher stark, sie dürfte 10-20 m betragen. Darüber folgen dünn- bis mittelbankige Kalke oder Dolomite, die häufig wellige Schichtflächen mit Mergelbelägen zeigen. In den Karbonaten treten die sogenannten "Wurstl-Kalke" auf. Die Schichtung ist ganz allgemein ein auffallendes Merkmal dieser Gesteinsserie. Sie reicht vom Zentimeter- bis Meterbereich und kann ebenflächig oder wellig sein. In den Schichtfugen finden sich oft dünne Mergellagen, die als gute Trennflächen wirken.

#### b) Mittlere Gesteinsserie

Sie besteht aus etwas dickerbankigen Kalken, seltener Dolomiten mit ebenen Schichtflächen.

Einschaltungen von Wurstlkalken oder Mergellagen sind selten.

#### c) Obere Gesteinsserie

Sie baut sich aus dünn-schichtigen bis mittelbankigen Kalken und Dolomiten mit welligen bis knolligen, tonigen Schichtflächen auf. Sehr häufig tritt eine starke Hornsteinführung auf: sie äußert sich in einem lagenweisen oder isolierten Auftreten von feinkörnigem Quarz, wobei diese Einlagerungen bis Faustgröße erreichen können. In der höheren Schichtfolge können sich grünliche schieferige Tuffe und Tuffitlagen vulkanischen Ursprungs einschalten ("Pietra verde"). An der Oberfläche sind diese Schieferlagen meist zersetzt und verlehmt.

Die Gesteine des Alpenen Muschelkalkes sind in bestimmten Horizonten fossilführend (Crinoiden), wobei diese Biogenreste derart angereichert sein können, daß das Gestein größere Härte bekommt. Die Mächtigkeit des gesamten Alpenen Muschelkalkes beträgt etwa 50-150 m.

Alter: Anis - tieferes Ladin

#### 2.4. Partnach-Schichten

Diese Schichtfolge besteht in der Hauptsache aus dunklen, feinschichtigen Tonschiefern und Mergeln mit großer Mächtigkeit. Kalke oder Dolomite sind am Übergang zum Alpenen Muschelkalk oder Arlberg-Schichten häufig. Die Partnach-Schiefer sind feinkörnige, klastische Ton- und Mergelgesteine, deren Härte, Verwitterungsresistenz und Wasserempfindlichkeit vom Karbonatgehalt abhängig ist. Er nimmt im allgemeinen in der Schichtfolge von unten nach oben zu. Die tieferen Partnach-Schichten haben im Durchschnitt Karbonatgehalte von 0-5% und sind als siltige Tonschiefer anzusprechen, während die höheren bis zu 40% Karbonat in Form von Calcit und Dolomit aufweisen können. Innerhalb der Partnach-Schiefer treten dünne Zentimeter- bis Dezimeter-mächtige Kalkmergelbänkchen mit charakteristischer gelber Verwitterungsfarbe auf. Erst in den höheren Partnach-Schichten finden sich 3-4 Kalkhorizonte, die jeweils einige Meter mächtig sein können und morphologisch bei entsprechenden Aufschlüssen sehr deutlich als Rippen hervortreten.

Am Übergang zu den Arlberg-Schichten ist eine intensive Wechselagerung von Schiefern und Kalken ausgebildet, deren stratigraphische Zuordnung zu Partnach-Schichten oder Arlberg-Schichten unklar ist.

Diese Kalke der Partnach-Schichten sind sowohl den Karbonatgesteinen des Muschelkalkes, als auch jenen der tieferen Arlberg-Schichten ähnlich. Sehr häufig treten im Dezimeter- bis Halbmeterbereich gebankte Kalke, seltener Dolomite mit knolligen Schichtoberflächen auf.

Die Hornsteinführung ist gering.

Die gesamte Mächtigkeit der Partnach-Schichten beträgt 100-200 m, wobei tektonische Reduzierungen auftreten können.

Alter: Ladin

### 2.5. Arlberg-Schichten

Die Unterteilung der Arlberg-Schichten wurde von den geologischen Bearbeitern verschieden vorgenommen. Die nachstehende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der verschiedenen Bezeichnungen:

| Kobel (1969)               | Hirsch (1966)                                      |
|----------------------------|--|
| Obere Arlberg-Schichten    | Couches d'Arlberg supérieures<br>Dolomie d'Arlberg |
| Mittlere Arlberg-Schichten | Calcaire d'Arlberg                                 |
| Untere Arlberg-Schichten   | -----  |

#### a) Untere Arlberg-Schichten

Sie bezeichnen die deutliche Wechsellagerung von mächtigen Tonschiefern und Kalken am Übergang von Partnach-Schichten zu Arlberg-Schichten, sodaß keine klare lithostratigraphische Grenze ausgebildet ist (KOBEL, 1969).

Baugeologisch leitet diese Schichtgruppe von den tonschieferreichen, eher nachbrüchigen Partnach-Schichten zu den standfesten Kalken der Arlberg-Schichten über.

#### b) Mittlere Arlberg-Schichten

Sie sind durch das Auftreten von hellen bis dunkelgrauen, im frischen Bruch dunklen Kalken gekennzeichnet, die sehr mächtig werden können. Die Mittleren Arlberg-Schichten treten als geschlossene Karbonatfolge über den tonschieferreichen Partnach-Schichten auf und bilden auffallende Felsstufen.

Die Schichtfolge ist ziemlich monoton ohne besonders korrelierbare Horizonte.

In den Schichtflächen treten nur vereinzelt dünne Mergellagen auf. Die Dolomitisierung ist gering. Eine Verkieselung kann in Form von schnurförmigen cm- bis dm-langen Hornsteinknauern erfolgen.

Vereinzelt treten auch in den Arlberg-Schichten "Wurstlkalke" auf, die makroskopisch jenen des Alpenen Muschelkalkes ähnlich

werden.

Die Schichtung ist unterschiedlich. Der Großteil der Kalke ist grobbankig bis massig; feinbankige, dünn-schichtige und laminierte Kalke sind hingegen selten. Die Schichtflächen sind überwiegend eben.

Die Mächtigkeit beträgt ca. 20-70 m.

Alter: Ladin

### c) Obere Arlberg-Schichten

Sie bestehen aus zuckerkörnigen, löchrigen, rauhwackenartigen Kalken und Dolomiten, teilweise mit Feinschichtung, Trümmer-rauwacken und verschiedenen Breccien. Im oberen Teil der Schichtfolge können sich auch noch kalkige oder dolomitische Mergel einschalten. Die Kalke sind häufig bituminös.

Die Schichtfolge ist somit sehr verschiedenartig zusammengesetzt, wobei zusätzlich noch Gesteinstypen ineinander übergehen können. Die Gesteine sind meist deutlich gebankt, selten massig.

Die ebenen Schichtflächen sind häufig von dünnen Tonhäuten überzogen.

Die maximale Mächtigkeit beträgt ca. 200-300 m.

Alter: Ladin

### 2.6. Raibler Schichten

Sie stellen die heterogenste Schichtfolge im Tunnelbereich dar und bestehen aus Sandsteinen, Tonschiefern, Kalken, Dolomiten, Rauhwacken und mächtigen Gipsen, die bei Dalaas früher abgebaut wurden.

Es lassen sich drei Tonschieferhorizonte unterscheiden, in denen dünne Sandsteinbänke auftreten. Ihre Lage ist aus dem Säulenprofil zu entnehmen. Die Dolomite und Kalke sind dünn- bis mittelbankig, teilweise mit welligen Schichtflächen, vor allem am Kontakt zu den Tonschiefern.

Sehr häufig finden sich gelbliche Rauhwacken.

Den Abschluß der Schichtfolge bildet meist ein mächtiges Gips-lager. Der rötlich-weiße, feingeschichtete Gips dürfte durch Wasseraufnahme und Volumsvergrößerung aus Anhydrid entstanden sein. Möglicherweise ist daher im Berginnern noch quellfähiger Anhydrid vorhanden.

Der Gips ist sehr stark plastisch verfaltet. Bergwasser, das von ihm beeinflußt ist, zeigt einen hohen Sulfatgehalt.

Die Mächtigkeit der Raibler Schichten ist regional sehr unterschiedlich. Im Raume nördlich von Dalaas können sie in der sogenannten "Westfazies" nach HARSCH (1968) bis zu 200 m mächtig werden, während sie nach SW in der Davennagruppe (Rotrüfetobel) auf ca. 40-60 m abnehmen ("Südfazies").

Alter: Karn

### 2.7. Hauptdolomit

Er steht im unmittelbaren Tunnelbereich nicht an und wurde daher nur bei den Übersichtsbegehungen im Süden an der Fallbachwand angetroffen.

### 2.8. Lockermaterial

Im Westabschnitt der Tunnelstrecke von Variante 2 tritt im Schuttkegel von Dalaas mächtiges Lockermaterial auf, dessen

baugeologische Erkundung auf indirektem Weg durch Aufschließungsarbeiten erfolgen mußte. Kleine, natürliche Aufschlüsse, die das Material im ungestörten Zustand zeigen, finden sich nur an der Mündung des Mutten- und Hölltobels in die Alfenz.

Für die Beurteilung des Lockermaterials standen die Aufschlußbohrungen 6, 7, 8 und seismische Untersuchungen von Dr. SCHUCH zur Verfügung.

Das Lockermaterial setzt sich im wesentlichen aus drei Schicht-horizonten zusammen:

Der tiefste Horizont, der von der Bohrung 8 noch erreicht wurde, besteht aus gleichmäßig aufgebauten, sandig-schluffigen Kiesen mit stärker schluffigen Lagen. Einlagerungen von Steinen oder Blockwerk sind selten. Der Entstehung nach dürfte es sich um fluviatil antransportierten Gehängeschutt handeln. Das Material ist besonders an den schluffigen Lagen durchnäßt.

Der mittlere Horizont setzt sich aus sandigen Kiesen und Steinen mit viel Blockwerklagen zusammen, wobei der Schluffanteil stark abnimmt. In diesem Material treten auch große Findlinge bis ca. 5 m Durchmesser auf, die im Bereich der Bohrung 8 angetroffen wurden. Dieses Material könnte durch das Eis antransportiert worden sein (Moräne). Am Rande des Dalaaser Schuttkegels finden sich obertags Reste von Seitenmoränen, die vermutlich aus diesem Material bestehen.

Die Mächtigkeit beträgt im Osten rund 20 m, sie nimmt gegen Westen im Bereich der Bohrung 7 auf ca. 10 m ab; zwischen Bohrung 6 und 7 dürfte dieser Horizont auskeilen.

Wasserführende Horizonte wurden an feinteilreichen Lagen und an der Oberseite des mittleren Horizontes in Bohrung 8 angefahren. Der obere Horizont baut sich aus schluffig-sandigen Kiesen mit Steinen und kleinem Blockwerk auf. Der Schluffanteil ist in einzelnen Schichten stärker angereichert. Die Zusammensetzung ist inhomogen. Dieser Horizont wurde vermutlich durch Muren gebildet, die auch die älteren Moränen umgelagert haben. Die Mächtigkeit beträgt 15-20 m, wobei zwischen Bohrung 6 und 7 der obere Horizont sofort über dem unteren Horizont folgen dürfte. In den Bohrungen erwies sich dieser Horizont als trocken.

Das Lockermaterial besteht fast nur aus kalkalpinem Gehängeschutt oder Moränenmaterial. Die vorherrschenden Gesteinsbruchstücke sind Kalke, seltener Tonschiefer und Quarzite. Die Kornform der Kalke ist meist kugelig oder kubisch, während Tonschiefer überwiegend flach oder plattig ausgebildet sind. Steine und Blöcke, die größer als 10 cm sind, wurden von den Bohrungen auf ungefähr 10-15% der Bohrstrecke durchörtert. Die durchschnittliche Länge der Blöcke liegt zwischen 10 und 30 cm; in bestimmten Horizonten wird sie aber bedeutend größer, wobei einzelne Blöcke bis 5 m Länge erreichen können. Die Häufigkeit und Größe von Steinen und Blöcken nimmt gegen Osten zur Felslinie zu.

Die Schichtung des Lockermaterials ist undeutlich, sie wird durch die Einregelung von plattigen Geröllen angedeutet. Sie fällt mit ungefähr 7-8° nach Süden ein. Der Schichtaufbau erfolgte in der Regel konkordant, sodaß die heutige Oberflächenform die Untergrundverhältnisse abbildet.

Obertags austretendes Hangwasser zeigt einen Sulfatgehalt von 350-370 mg/l, der von gipsführenden Raibler Rauhdecken herrühren dürfte.

Das Lockermaterial stammt zum überwiegenden Teil aus dem Gebiet des Höll-, Sand- und Muttentobels. Mengenmäßig kaum bedeutend sind ortsfremde Gesteine, wie z.B. rote Liaskalke, die aber beweisen, daß Seitengletscher vom Norden her bis zum Klostertal vorstießen. (Bemerkenswert ist das Vorkommen von roten, ammonitenführenden Kalken als Blockwerk direkt am Gipfel des Heuberges in 1620 m Seehöhe).

Reste dieser Seitengletscher sind noch als Seitenmoränen unterhalb der Kirche von Dalaas vorhanden. Im allgemeinen findet man auf der nördlichen Talflanke des Klostertales im Raum von Dalaas nur sehr selten Kristallinmaterial, während es auf der Südseite, z.B. unterhalb der Fallbachwand, sehr reichlich abgelagert wurde. Es wäre denkbar, daß die Seitengletscher der Kalkalpen den Talgletscher im Klostertal nach Süden gedrängt haben.

### 3. Geologische Kartierung

#### 3.1. Übersicht

Die geologische Kartierung erfolgte im Sommer und Herbst 1976. Der Kartierungsmaßstab betrug im engeren Tunnelbereich 1:1000 und 1:2000, für die Übersichtsbegehungen 1:10.000.

An geologischen Karten standen zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung: AMPFERER, O.: Geologische Karte der Lechtaler Alpen; M = 1:25.000, Blatt Klostertaler Alpen, 1932.

HELMCKE, D. & J. THIERBACH: Die Tektonik des Südrandes der Klostertaler Alpen (Vorarlberg); M = 1:25.000, 1972.

HELMCKE, D.: Geologie der südlichen Klostertaler Alpen (Vorarlberg/Österreich); M = 1:25.000, 1974.

HEISSEL, W.; OBERHAUSER, R.; REITHOFER, O & O. SCHMIDEGG: Geologische Karte des Rätikon; M = 1:25.000, 1965.

Die Karte von AMPFERER war die erste geschlossene Kartierung dieses Raumes und konnte den generellen großtektonischen Bauplan der Klostertaler Alpen klären. Detaillierte Angaben für die Tunnelprognose konnten daraus naturgemäß noch nicht gezogen werden.

Die geologischen Karten von HELMCKE und Mitarbeitern sind bereits wesentlich exakter und geben viele Einzelheiten des Kalkalpensüdrandes wieder. Außerdem beinhalten sie eine Detailskizze des Dalaaser Raumes, der vom geplanten Tunnel durchörtert wird. Damit stellte sie eine wesentliche Hilfe bei der baugeologischen Aufnahme dar. Um eine befriedigende Prognose für die Tunneltrasse erstellen zu können, mußten allerdings weitere geologische Untersuchungen ausgeführt werden, die teilweise ein etwas abweichenderes Bild des geologischen Aufbaues im Gebiet von Dalaas ergaben.

Die geologische Karte des Rätikons reicht nicht bis Dalaas, sie wurde aber für geologische Vergleiche in der Davennagruppe herangezogen.

Die baugewissenschaftliche Kartierung erfolgte in drei Phasen. Zuerst wurde versucht, die geologischen Verhältnisse im eigentlichen Tunnelbereich zu erkunden. Wegen der schlechten Aufschlußverhältnisse (Vegetationsbedeckung, Schutthalden vom Eisenbahnbau, Lockermaterial etc.) konnte zunächst der geologische Aufbau nicht klar erkannt werden. Eine besondere Schwierigkeit bereitete dabei die oft sehr ähnliche Gesteinsbeschaffenheit im Handstückbereich.

In der zweiten Phase wurde daher der regionale Gebirgsbau untersucht, um vom übergeordneten Bauprinzip auf die Detailverhältnisse im Tunnelbereich schließen zu können. Die geologischen Aufnahmen wurden nach Norden bis zur Fallwand, nach Süden bis zum Christbergsattel und in Übersichtsbegehungen auch bis zum Itonskopf ausgedehnt. Die westliche Grenze bildete ungefähr der Schmiedtobel, die östliche der Radonatobel. Dieses weite Ausholen war notwendig, da unserer Meinung nach zuerst der regionale Gebirgsbau mit seiner Tektonik sehr detailliert untersucht gehört, bevor eine baugewissenschaftliche Prognose sinnvoll erstellt werden kann. Ein Beschränken der geologischen Aufnahme nur auf den engeren Tunnelbereich ist zwar weniger aufwendig, aber gerade an der Grenzfläche von Kristallin zu Kalkalpen, wo komplizierte tektonische Verhältnisse vorliegen, nicht zu vertreten.

In der dritten Phase wurden die regionalen Erkenntnisse bei der abschließenden Detailkartierung des Tunnelbereichs berücksichtigt. Die in den Übersichtsbegehungen gewonnenen Ergebnisse konnten nun für die baugewissenschaftliche Prognose voll verwendet werden. Damit wurden viele, in Phase 1 noch offene Fragen geklärt.

### 3.2. Ergebnisse

Die Kartierung wurde durch die große Ähnlichkeit verschiedener geologischer Formationen erschwert. In der folgenden Tabelle 4 ist das Auftreten einzelner Gesteinstypen in den wichtigsten Formationen dargestellt. Die Tabelle ist auf die Erfordernisse und Möglichkeiten der Kartierung im Gelände ausgerichtet. Die Unterscheidung der Formationen durch mikrofazielle Methoden in kritischen Bereichen wäre sicher der verlässlichste Weg, der im Rahmen der vorliegenden baugewissenschaftlichen Kartierung durch Zeitmangel nur in Ausnahmefällen beschränkt werden konnte.

Diese Aufstellung zeigt, daß fast jeder Gesteinstyp in mehreren Formationen auftreten kann. Auf die große Ähnlichkeit der Mitteltrias haben die geologischen Bearbeiter auch immer wieder hingewiesen, z.B. KOBEL (1969), HIRSCH (1966), HELMCKE (1974). Für die Deutung des tektonischen Aufbaus entlang der Tunneltrasse ist aber eine exakte Einstufung auch kleiner Gesteinsaufschlüsse notwendig. Im folgenden werden gut aufgeschlossene Profile beschrieben, wo die Gesteinstypen studiert werden können.

Die Nummern in der geologischen Karte bezeichnen die entsprechenden Geländebucheintragungen. Aus der Häufung der Nummern ist die Verlässlichkeit der Kartierung ersichtlich. Spätere Bearbeiter können daraus abschätzen, wo die geologische Karte auf Beobachtung oder Deutung beruht.

| Gesteine  | Alpiner<br>Muschelkalk | Partnach-<br>Schichten | Arlberg-<br>Schichten | Raibler<br>Schichten |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Reine Kalke   | +                      | o                      | +                     | +                    |
| Mergelige<br>Kalke  | +                      | +                      | +                     | +                    |
| Crinoiden-<br>kalk  | +                      | -                      | -                     | -                    |
| Biogen-<br>kalk   | +                      | +                      | +                     | +                    |
| Knollen-<br>kalk  | ++                     | +                      | ∞                     | ∞                    |
| Wurstl-<br>kalk   | ++                     | +                      | o                     | -                    |
| Dolomit   | +                      | +                      | ++                    | ++                   |
| Mergel +<br>Tonschiefer                                   | +                      | ++                     | +                     | +                    |
| Fossilführen-<br>de Tonschie-<br>fer (Pflanzen-<br>reste) | -                      | -                      | -                     | +                    |
| Glimmer-<br>reiche Ton-<br>schiefer                       | -                      | o                      | -                     | +                    |
| Sandsteine  | +                      | -                      | -                     | +                    |
| Gelbe Rauh-<br>wacken<br>(Punt la Drossa)                 | +                      | -                      | ∞                     | +                    |
| Graue Rauh-<br>wacken                                     | ∞                      | -                      | +                     | +                    |
| Gips  | o                      | -                      | -                     | ++                   |
| Hornstein-<br>kalke                                       | ++                     | +                      | o                     | +                    |

++ sehr häufig  
 + häufig  
 o selten  
 ∞ sehr selten  
 - fehlend

Tab. 4: Auftreten der Gesteinstypen im Tunnelbereich.

Alpiner Buntsandstein + Alpiner Verrucano: Die Untergliederung dieser Abfolge in einen permischen oder skythischen Anteil wurde nicht durchgeführt, da die Vorkommen alle außerhalb der Tunneltrasse liegen. Ein wichtiges Hilfsmittel bei der tektonischen Aufnahme ist das Auftreten von gelblichen Quarziten im Hangenden des Buntsandsteins.

Eine genaue stratigraphische Analyse des Permoskyths südlich von Dalaas wird zur Zeit im Rahmen einer Dissertation von ANGERER am Geologischen Institut der Universität Innsbruck durchgeführt. Die gesamte Schichtfolge ist im Gelände leicht anzusprechen und nicht zu verwechseln.

Die besten Aufschlüsse liegen zwischen Muttentobel und Westl. Sandtobel, wo der Buntsandstein in Form einer Falte aufgeschlossen ist. In Erweiterung von AMPFERER und HELMCKE konnte auch am Südflügel der Kontakt zu Punt la Drossa-Schichten (580) und Unterem Muschelkalk gefunden werden.

Ein neues und für die Tektonik wichtiges Vorkommen befindet sich knapp oberhalb der Eisenbahnlinie (678).

Südlich von Dalaas ist der Buntsandstein an der Grenze zum Kristallin sehr mächtig entwickelt. Gute Aufschlüsse finden sich z.B. zwischen 63 und 66. Die streichende Fortsetzung dieses Buntsandsteinzuges nach NE wird durch den Aufschluß 675 m Bachbett der Alfenz und 692 im Klemmtobel belegt. In konsequenter Weiterverfolgung dieser Streichrichtung befinden sich die Aufschlüsse 127 = 549, und 671-673 direkt oberhalb der Eisenbahnlinie westlich des Radonatobels. Bei diesem Vorkommen könnte es sich laut Beschreibung von AMPFERER (1936) um die von ihm vermutete Arosazone handeln. Aus der lithologischen Beschaffenheit und der tektonischen Stellung geht aber einwandfrei hervor, daß hier Buntsandstein vorliegt. Der Aufschluß 692 im Klemmtobel beweist, daß der Buntsandstein südlich der Alfenz von einer mächtigen Rutschmasse aus Kristallingesteinen überdeckt ist. Diese Massenbewegungen gehen auch in die Tiefe, da im Alfenzstollen schwere Druckscheinungen in diesem Bereich auftreten.

#### Alpiner Muschelkalk:

Punt la Drossa-Schichten sind am besten im Westlichen Sandtobel zwischen 1170 und 1190 m SH aufgeschlossen. Das Profil zeigt die Schichtentwicklung zwischen Buntsandstein und Mittlerem Muschelkalk. Besser zugänglich, aber weniger instruktiv sind die Aufschlüsse 653-654 im Hölltobel. Die Schichten sind hier tektonisch stärker überprägt. Im Schmiedtobel (616) steht eine Schichtfolge an, die aufgrund von quarzitischen Sandsteinen und Konglomeraten ebenfalls zu den Punt la Drossa-Schichten gestellt werden muß. Kleine Aufschlüsse von vermutlichen Punt la Drossa-Schichten finden sich auch südlich von Dalaas zwischen Aufschluß 74 und 75.

Kennzeichnend für diese Schichten ist das gemeinsame Auftreten von gelben Rauhacken, Tonschiefern, Mergeln, stark durchbewegten Kalken oder Dolomiten und oft vergrusteten Quarzlagen. Sie markieren häufig tektonische Bewegungsflächen. Die Schichtfolge kann lithologisch Raibler Schichten sehr ähnlich werden, besonders den gelben Rauhacken.

Mittlerer und Oberer Muschelkalk: Gute Aufschlüsse finden sich an der Alfenz beim Ostportal (20-28), südlich von Dalaas (170, 541) und zwischen Hölltobel und Schmiedtobel entlang der Eisenbahn. Charakteristisch ist das gemeinsame Auftreten von stark knolligen Kalken und Hornsteinwucherungen bzw. Wurstkalken. Teilweise typisch ist die regelmäßige Bankung und die starke Verfaltung an Störungsflächen, die durch die hohe Teilbeweglichkeit ermöglicht wird (siehe 653 und 617).

Crinoidenkalke und Pietra verde-Lagen sind sehr typisch, aber selten aufgeschlossen. Für die Tektonik wichtige Aufschlüsse sind die Punkte 543 und 544 unterhalb des östlichen Gipsbruches an der ÖBB, wo der Übergang von Partnach-Schichten zu Alpinem Muschelkalk beobachtet werden kann.

Daneben gibt es zahlreiche Kalk- und Dolomittypen, die von Partnach-Kalken oder Arlberg-Schichten im Handstück nicht zu trennen sind.

Partnach-Schichten: Diese Schichtfolge ist auch in kleinen Aufschlüssen relativ leicht zu erkennen, wenn sie als Tonschiefer oder Mergel vorliegt. Die Abtrennung zu Tonschiefern der Raibler Schichten kann fallweise schwierig werden, vor allem in Bohrkernen. Für Partnach-Schiefer spricht die etwas größere Gesteins-härte, splittrige Verwitterung, Einlagerung von gelbbraunen Mergelkalken und das Fehlen von Sandsteinen oder sandigen Kalken. Die in den Partnach-Schichten eingelagerten Karbonatgesteine lassen sich im Handstück oft schwer von Gesteinen des Alpinen Muschelkalkes oder der Arlberg-Schichten unterscheiden. Eine Zuordnung ist hier meist nur aus der stratigraphischen Stellung möglich.

Die Einordnung der hornsteinführenden Kalke zwischen den Aufschlüssen 200-206 an der Bahnlinie ist schwierig. HELMCKE gibt dafür Muschelkalk an. Wegen der stratigraphischen Position wurden diese Kalke aber in den Übergangsbereich von Partnach-Schichten zu Arlberg-Schichten gestellt. Auf die große Ähnlichkeit dieser Schichten mit Muschelkalk hat z.B. KOBEL (1969; S. 83) hingewiesen.

Die besten Aufschlüsse der Partnach-Schichten finden sich in den Felswänden südlich der Fallwand, die aber kaum zu begehen sind. Eine Ausnahme bilden die Aufschlüsse 586 und 222 im obersten Muttentobel.

Arlberg-Schichten: Die Unterteilung in Untere, Mittlere und Obere Arlberg-Schichten ist nicht überall durchzuführen, weil durch tektonische Reduzierungen meist kein geschlossenes Profil vorliegt.

Ein guter Aufschluß ist der Radonätobel (112-122 und 660, 661), in dem der Kern des sogenannten Radonagewölbes ausgezeichnet aufgeschlossen ist (AMPFERER, 1932). Allerdings wird durch tektonische Wiederholung eine größere Schichtmächtigkeit vorge-täuscht.

Sehr gute Aufschlüsse finden sich entlang des Heuberg-Profiles (149-153, 560-567) und im Heubergtobel (625-631). Im Heuberg-Profil sind vor allem Mittlere und Obere Arlberg-Schichten aufgeschlossen, im Heubergtobel hauptsächlich Untere Arlberg-Schichten.

Das Erkennen von Arlberg-Schichten in kleinen Aufschlüssen oder im Handstück kann schwierig werden. Als Merkmale dienen hier die häufig kavernös-löchrige Ausbildung, vereinzelt Schalenreste oder Lumachellenlagen in bestimmten Horizonten, die größere Ebenflächigkeit und Dickbankigkeit gegenüber dem Alpenen Muschelkalk sowie Laminierung und Dolomitisierung in den Oberen Arlberg-Schichten.

Südlich der Kirche von Dalaas stehen Arlberg-Schichten an, die entlang der Alfenz gut aufgeschlossen sind (1-10). Von 532-540 dürfte eine Wechsellagerung von Kalken und Tonschiefern bestehen (= Untere Arlberg-Schichten). Bei 540 könnte der Übergang zu Partnach-Schichten erfolgen, die nach Westen nicht mehr weiter aufgeschlossen sind.

Ein wichtiger Aufschluß (207) befindet sich direkt unterhalb der Bahnlinie bei Km 120,46. Hier ist der Kontakt zwischen Arlberg-Schichten und Partnach-Schichten zu beobachten.

Punkt 201 liegt bei Bahnkilometer 120,0 mit einer kurzen Überführung. Auch diese Kalke werden als Arlberg-Schichten gedeutet, weil sie zwischen Partnach-Schichten und Raibler Schichten liegen. Von hier ziehen die Arlberg-Schichten über 197 nach 156 und 156a. Die Mächtigkeit dieses Kalkzuges ist gering, da sehr wahrscheinlich ungefähr E-W streichende Störungen die Schichtfolge zerschuppt haben. Die Abnahme der Schichtmächtigkeit nach Süden könnte aber auch fazielle Ursachen haben. Die gesamte triadische Schichtfolge im Rotrüfetobel südlich der Alfenz ist geringmächtiger, als im Gebiet der Klostertaler Alpen, wobei eine tektonische Reduzierung allein keine ausreichende Erklärung für diese Erscheinung ist.

Raibler Schichten: Sie sind durch HARSCH (1968, 1970) detailliert beschrieben worden. Die besten Aufschlüsse finden sich im Radonabetobel (122-122a), aus dem HARSCH das Profil 21 dargestellt hat. Die Raibler Schichten lassen sich auch in kleinen Aufschlüssen meist gut erkennen. Tonschiefer können allerdings mit Partnach-Schichten verwechselt werden, Sandsteine oder Sandkalke mit Punt la Drossa-Schichten. Gipsvorkommen finden sich ebenfalls in den Punt la Drossa-Schichten, jedoch sind sie wesentlich geringmächtiger. An einer Stelle im Hölltobel (652a) wurden auch in den Arlberg-Schichten kleine fragliche Gipsausblühungen beobachtet. Für den tektonischen Aufbau sind die Raibler Schichten ein wichtiger Leithorizont.

#### 4. Tektonischer Bau

Die Kartierung erbrachte den Beweis, daß im Raume Dalaas die Baueinheiten der Davennagruppe über die Alfenz nach NE übergreifen und entlang einer markanten Störungsbahn an den Klostertaler Sattel direkt angrenzen. Diese Vermutung sprachén bereits HELMCKE & THIERBACH (1972) aus, ohne noch ausreichende Beweise vorlegen zu können.

##### 4.1. Klostertaler Sattel (Profil Heuberg)

Dieses Bauelement wurde von AMPFERER schon 1932 im Prinzip richtig beschrieben. Es besteht aus einem großräumigen, ca. E-W streichenden Faltegewölbe, in dessen Kern Buntsandstein

steckt. Die B-Achse taucht vom Heuberg mit ca. 25-30° nach E ab. Das Gewölbe wird von den Arlberg-Schichten sehr deutlich abgebildet (besonders im Radonatobel).

Über diesen Arlberg-Schichten folgen im Norden und im Süden Raibler Schichten mit mächtigen Gipslagern. Der südliche Zug der Raibler Schichten bildet eine Mulde, an deren Südrand wieder Arlberg-Schichten auftauchen. Die Muldenform läßt sich durch Gefügemessungen belegen. Damit bietet sich eine Erklärung an für die große Ausstrichbreite der Raibler Schichten.

Im Liegenden der Arlberg-Schichten, die bei Km 120,0 die ÖBB queren, entwickeln sich Partnach-Schichten, die sich über einen Sattel von Buntsandstein und Muschelkalk legen. Auch in dieser Falte taucht die B-Achse nach E unter, sodaß im Bereich oberhalb der Bahnlinie ein umlaufendes Streichen zu beobachten ist. Daraus resultiert ein Pendeln der Schichtflächen, das in der ersten Phase der Kartierung noch nicht zu deuten war. Erst aus einer regionalgeologischen Betrachtung ließ sich dieses Phänomen erklären.

Der Südschenkel des Sattels wird vermutlich von Partnach-Schichten und Arlberg-Schichten gebildet. Der stratigraphische Kontakt müßte ca. bei der Kirche von Dalaas verlaufen, er ist aber von Lockermaterial verdeckt.

Die Verfallung des Klostertaler Sattels nimmt somit nach Süden zum Klostertal zu, während sie nach Norden gegen den Hauptdolomit abnimmt.

Westlich des Heuberges ist noch eine tiefere Schichtfolge in Form einer Antiklinale aus Buntsandstein aufgeschlossen. Aus dem Kartenbild könnte normaler Schichtverband mit Muschelkalk und Partnach-Schichten vermutet werden. Der Buntsandstein schneidet aber zwischen Westlichem Sandtobel und Muttentobel den Muschelkalk schräg ab. Bei 575 ist noch ein komplettes Muschelkalkprofil vorhanden, während bei 586 nur mehr wenige Meter vorhanden sind. Die östliche Umrahmung des Buntsandsteines durch Muschelkalk und Partnach-Schichten ist sehr schlecht aufgeschlossen und daher tektonisch schwer zu deuten. Es wäre möglich, daß ungefähr N-S verlaufende Störungen den Buntsandstein begrenzen. An der Südgrenze des Buntsandsteines taucht wieder Muschelkalk auf, wobei im östlichen Sandtobel bei 580 vermutlich noch Punt la Drossa-Schichten aufgeschlossen sind. Das Kartenbild gibt klare Hinweise für eine starke Verschuppung dieser Südgrenze. Bei 579 ist z.B. eine schwere Zerrüttung an der Grenze von Buntsandstein zu Muschelkalk ersichtlich.

Auf der Westseite grenzt der Buntsandstein tektonisch an Arlberg-Schichten. Die Grenzfläche ist knapp westlich des Westlichen Sandtobels zu beobachten.

Im Hölltobel ist eine verschuppte Schichtfolge zu beobachten. AMPFERER hat auf seiner geologischen Karte für diesen Bereich bereits tektonische Komplikationen angedeutet. Zwischen 517 und 518 ist die stratigraphische Grenze von Partnach-Schichten im Liegenden zu Arlberg-Schichten im Hangenden aufgeschlossen. Durch das flache Nordfallen wirken die Partnach-Schichten als Wasserstauer. Von 518 bis 653 sind dann N-fallende Arlberg-Schichten zu beobachten. Bei 653 tritt dann ein markanter

Wechsel von Schichtlagerung und Gesteinszusammensetzung auf. Grünliche, quarzitische Tonschiefer, dünnbankige, stark gestörte Kalke und Lagen von vergrustem Quarzsand sind stark verfaultet und markieren eine Störungslinie zwischen Arlberg-Schichten und Muschelkalk. Über diesen Punt la Drossa-Schichten folgen dann nach Norden dünnbankige, auffällig verfaultete Kalke des Unteren Muschelkalkes.

Im Gebiet von Mason ist eine weitere Schubbahn zu erkennen. AMPFERER hat für dieses Gebiet normalen stratigraphischen Verband zwischen Muschelkalk und Partnach-Schichten angenommen. Die Kartierung hat aber ergeben, daß dieser Muschelkalkzug zwischen Hölltobel und Schmiedtobel von den Partnach-Schichten tektonisch getrennt ist. An der Fahrstraße nach Mason ist in der Kehre bei 590 tieferer Muschelkalk aufgeschlossen (geflamte Dolomite!). Bei normalem stratigraphischem Verband zu Partnach-Schichten müßten hier jedoch Knollenkalke und Hornsteinlagen auftreten. Nach Norden hört der Muschelkalk bei 591 mit scharfer Grenze auf, es folgen dann in der Senke Tonschiefer und sehr viel Sandsteine (=Punt la Drossa-Schichten). Dieses Niveau ist sehr gut im Schmiedtobel zwischen 617 und 616 auf der östlichen Bachseite aufgeschlossen. Zwischen Alfenz und 617 steht im Schmiedtobel südfallender Muschelkalk an, der nach Norden bei Annäherung an die Störungslinie stärker verfaultet wird. Die Knollenkalke bei 610 markieren deutlich das Hangende des Muschelkalkes. Bei 617 beginnt eine tektonische Quetschzone, in der Tonschiefer, Quarzite, arenitische Kalke, Kalksandsteine und Sandsteine mit Quarzgeröllen stecken. Diese Schichtfolge kann daher keinesfalls zu den Partnach-Schichten gestellt werden, sondern entspricht den Punt la Drossa-Schichten.

Die Fortsetzung dieser Störungsbahn ist vermutlich in der Einsattelung von Gavar-Maisäss zu suchen. Die Störung verläuft parallel zum Klostertal zwischen Dalaas und Innerbraz und dürfte eine Schubbahn im Zusammenhang mit dem Klostertal sein.

Beim Tönnner (619-620) südlich der Alfenz ergab die Kartierung im Gegensatz zu AMPFERER eine Schichtfolge von südfallenden Partnach-Schichten und Arlberg-Schichten, die das Hangende des großen Muschelkalkzuges vom Schmiedtobel bilden könnten. Südlich von 620 finden sich in der Senke nur Moränenmaterial und Hauptdolomitblöcke von der Fallbachwand. Aus dem Kartenbild drängt sich die Überlegung auf, daß in dieser Senke Raibler Schichten stecken und unter dem Hauptdolomit der Fallbachwand mit jenen des Rotrütetobels zusammenhängen könnten. Bei dieser geologischen Deutung würde die Davennagruppe in viel engerem Verband zum Klostertaler Sattel stehen, sodaß die von RICHTER (1956, S. 201) vermutete Störung im Klostertal mit einer Heraushebung des nördlichen Teiles um mehr als 1000 m um vieles verringert werden könnte. Für diese Hypothese ist jedoch der Nachweis von Raibler Schichten nördlich der Fallbachwand notwendig, der bis jetzt nicht gelang.

Für den Ostteil der Fallbachwand erscheint inverse Lagerung unwahrscheinlich. Gefügemessungen belegen hier einwandfrei ein flaches (10-30°) Einfallen der Dolomitbänke nach Süden.

Die bisherigen Ergebnisse sprechen eher gegen diese Hypothese. Die auf der Rätikonkarte von HEISSEL et al. (1965) dargestellten Vorkommen von roten Liaskalken und Kössener Schichten süd-

östlich von Innerbraz wurden in Übersichtsbegehungen gefunden und bestätigt. Eine tektonische Neuaufnahme dieser wichtigen Vorkommen wäre wertvoll.

TOLLMANN (1976) weist darauf hin, daß Wirksamkeit, Ursache und Sinn der Klostertal-Störung bis jetzt noch keine passende Deutung gefunden haben.

Mit den vorliegenden Beobachtungen wäre es aber möglich, den Mechanismus der Klostertal-Störung wesentlich einfacher zu erklären, als es z.B. RICHTER (1956) versuchte. Die Hauptbewegungsbahn dürfte gar nicht in der Talachse selber verlaufen, sondern knapp nördlich davon in Form einer Aufschiebungsfläche. Diese Hypothese müßte zwischen Braz und Dalaas überprüft werden, wozu der Verfasser keine Gelegenheit hatte.

#### 4.2. Davennagruppe

Als Davennagruppe werden die Kalkalpen zwischen Klostertal im Norden und Kristallin im Süden bezeichnet. Sie sind durch die Davennastörung in eine nördliche und südliche Schuppe getrennt. Die südliche Schuppe greift bei Dalaas auf die nördliche Talseite über und läßt sich zwischen Dalaas und Radonatobel gut verfolgen. Diese südliche Davennaschuppe ist durch inverse Schichtlagerung gekennzeichnet und umfaßt im untersuchten Gebiet Buntsandstein bis Raibler Schichten. Die schwer zugänglichen Obertagsaufschlüsse im Rotrüfetobel konnten durch die Untertageaufschlüsse des Alfenzstollens bestätigt und erweitert werden.

Das Heranstreichen der südlichen Davennaschuppe an den Klostertaler Sattel läßt sich am Muschelkalkzug von Dalaas am besten verfolgen. Er überquert die Alfenz ohne besondere Querverschiebung und ist zwischen 28 und 20 sehr gut aufgeschlossen. Die weitere Fortsetzung befindet sich bei 676 und schließlich nach einer längeren Aufschlußlücke bei 543-548. Hier grenzt der Muschelkalk an gipsführende Raibler Schichten.

Südlich des Muschelkalkes verläuft, ebenfalls südfallend, Buntsandstein, der über die Aufschlüsse 675 (Alfenz) und 692 (Klemmtobel) zu den Punkten 673, 674 und 127 an der Eisenbahnlinie zu verfolgen ist, wo er direkt an Arlberg-Schichten grenzt.

Die Partnach-Schichten der Davennaschuppe sind naturgemäß weniger gut aufgeschlossen, doch auch für sie läßt sich ein Heranstreichen an den Klostertaler Sattel belegen. Wichtige Aufschlüsse sind 74 südwestlich von Dalaas, 541 in Dalaas und 543 unterhalb des östlichen Gipsbruches, wo der Übergang zu Muschelkalk ausgebildet ist. Eventuell sind sie auch noch bei 101 knapp östlich des Schwimmbades von Dalaas aufgeschlossen, wo an Störungen ein Kontakt von Arlberg-Schichten zu Mergeln besteht.

Die Arlberg-Schichten und Raibler Schichten der südlichen Davennaschuppe sind nur im Gebiet des Rotrüfetobels aufgeschlossen. In der streichenden Fortsetzung nach NE befinden sich die Arlberg-Schichten südlich der Kirche von Dalaas. Es besteht somit theoretisch die Möglichkeit, daß diese Schichten noch zur Davennaschuppe gehören und die Aufschlüsse 534-540 den schlecht ersichtlichen Übergang zu Raibler Schichten darstellen. Damit würde aber die Hauptstörung zwischen Klostertaler Sattel und Davennaschuppe unterhalb der Kirche von Dalaas zu liegen kommen. Zur Klärung dieser entscheidenden Frage wurden unter anderem

auch mikrofazielle Untersuchungen durchgeführt, um zu erkunden, ob die Arlberg-Schichten südlich der Kirche invers liegen oder nicht. Es ließ sich jedoch kein eindeutiges Ergebnis finden.

Die Darstellung auf der geologischen Karte geht aufgrund morphologischer Überlegungen von der Annahme aus, daß die Davennastörung südlich der Arlberg-Schichten (1-10) durchstreicht, ohne jedoch dafür sichere Belege vorweisen zu können.

An der Davennastörung zwischen Dalaas und dem Radonatobel dürfte es zu bedeutenden Scherbewegungen gekommen sein, wobei die hochteilbeweglichen Raibler Schichten, vor allem Gips, als Gleitmittel fungierten. Die Bedeutung dieser Störungsbahn hat AMPFERER (1936) bereits erkannt, als er an ihr vermeintliche Arosazone aus dem Untergrund auftauchen ließ.

Die Störungsfläche fällt meist sehr steil nach Norden ein, Südfallen ist selten.

Über die Fortsetzung der Davennastörung nach E können hier mangels Kenntnis der geologischen Verhältnisse nur Vermutungen angestellt werden. Auffallend an der Kartendarstellung von HELMCKE & THIERBACH (1972) ist jedenfalls das Auftreten von Buntsandstein zwischen Stelzistobel und Glongtobel, welches ungefähr in der streichenden Verlängerung der Davennastörung liegt. Von hier könnte theoretisch eine Fortsetzung in den oberen Spreubach und weiter in das Gips Täle bestehen. Südlich dieser hypothetischen Linie tritt im Schnauzberg inverse Lagerung auf, wie sie aus der südlichen Davennaschuppe bekannt ist.

Das isolierte Muschelkalkvorkommen in der Ortschaft Außerwald könnte bei diesem Konzept unter Umständen als südöstlicher Schenkel eines Sattels aufgefaßt werden, in dessen Kern der Buntsandstein der Aufschlüsse 673 und 127 steckt. Damit wäre auch in der südlichen Davennaschuppe eine Verfaltung belegt. Die Überprüfung dieser Hypothesen muß kommenden Untersuchungen überlassen bleiben.

Parallel zur Davennastörung dürften im Klostertaler Sattel zahlreiche Schuppungsbahnen angelegt worden sein, die in der geologischen Karte meist nur schematisch wiedergegeben sind. Die Ausbildung von Schuppen ist im Profil Heuberg ersichtlich. Zwischen dem Heuberg und der Fallwand sind durchgehend N-fallende Arlberg-Schichten aufgeschlossen, die bei ungestörten Lagerungsverhältnissen eine Mächtigkeit von ca. 700 m erreichen würden. Da die wahre Mächtigkeit in diesem Gebiet aber höchstens 300 m betragen kann, müssen tektonische Wiederholungen vorliegen. Der Ausstrich der Bewegungsbahnen bildet sich in der Morphologie deutlich ab. Die genaue Fortsetzung dieser Bahnen vom Heuberg nach W ist wegen der schwierigen Zugänglichkeit unklar. Weitere bedeutende Schuppungslinien liegen knapp nördlich der Davennastörung. Im Radonatobel sind Störungsbahnen zwischen 660 und 665 erkenntlich, an denen es zu engständiger Zerklüftung kommt.

Das Kristallin der Silvrettamasse legt sich deutlich südfallend auf Buntsandstein bzw. Karbon (Klemmtobel) der Nördlichen Kalkalpen. Die tektonische Grenze verläuft nahezu schichtparallel. Das Kristallin wird von zahlreichen Mylonitbahnen durchschnitten,

die im Alfenzstollen laufend Schwierigkeiten bereiten. Es scheint, daß beim Anpressen der Silvrettamasse an die Nördlichen Kalkalpen, die Phyllite und Glimmerschiefer der "Phyllitgneisdecke" den größten Druck und die stärksten Verformungen mitgemacht haben, sodaß die gesamte Schichtfolge überprägt wurde.

Die Nördlichen Kalkalpen zeigen hingegen einen anderen Verformungsstil. Sie bestehen aus starren, steifen Kalkkörpern und plastischen, sehr teilbeweglichen Schieferkomplexen. Bei Druckbeanspruchung hatten die Kalkalpen die Möglichkeit, entlang von Schwächezonen (z.B. Raibler Schichten, Punt la Drossa-Schichten) zu zerscheren und Schuppen zu bilden. Die tektonische Beanspruchung konzentriert sich daher mehr lokal auf große Bewegungsbahnen und erfaßte nicht gleichmäßig das ganze Gebirge.

Die Ausbildung des Störungsnetzes in den Nördlichen Kalkalpen ist sehr eng mit der Tektonik des Kristallins zu sehen. Das Anpressen des Kristallins mit Überkipfung des Kalkalpensüdrandes (OBERHAUSER, 1970) ist vermutlich sehr jung. Das Silvrettakristallin dürfte in NNW-Richtung die Kalkalpen beansprucht haben. Bemerkenswert erscheint dabei, daß die Grenze Kristallin zu Kalkalpen im Klostertal und Stanzertal zwei auffallende Ablenkungen zeigt: im Westen bei Dalaas, im Osten bei St. Anton. Sowohl westlich von Dalaas, als auch östlich von St. Anton bis in das Flexenpaßgebiet ist Buntsandstein sehr mächtig entwickelt, während er dazwischen fast gänzlich fehlt. Diese Tatsache könnte man mit einem Überfahren der Nördlichen Kalkalpen durch das Kristallin deuten. Das Kristallin wurde dabei den Strukturen der Nördlichen Kalkalpen aufgelagert, wobei der Kalkalpensüdrand unter das Kristallin gelangte. Durch die Kristallinmassen sind die Kalkalpen zwischen Dalaas und Stuben axial niedergebogen, was am Verlauf der B-Achsen deutlich wird. Bei Dalaas treten B-Achsen auf, die mit 25-30° nach E abtauchen (Radonatobel), während im Gebiet Langen-Klösterle W-fallende Achsen (HELMCKE & THIERBACH, 1972) verbreitet sind.

Durch das Niederpressen der Arlberg-Schichten greift der Hauptdolomit bei Innerwald sehr weit nach Süden vor und gibt der Spullerseeemulde Platz.

Damit deuten sich für die Grenze Kristallin/Kalkalpen zwischen Dalaas und Flexenpaß ähnliche Verhältnisse an, wie im Inntal bei Telfs, wo ebenfalls das Kristallin die Nördlichen Kalkalpen in noch größerem Rahmen überfahren hat.

Von BASTL (1929) liegt die Beschreibung eines Feinnivellements zwischen dem Bayerischen Alpenvorland und dem Flexenpaßgebiet vor. Die relativen Senkungsbeträge nehmen von N nach S zu und erreichen im Gebiet von Klösterle das Maximum mit ca. 50 mm, gemessen zwischen 1926 und 1927. Das Feinnivellement schließt das Kristallin nicht mehr mit ein.

Leider liegen aus späterer Zeit keine Wiederholungsmessungen mehr vor.

Sollten die gemessenen Werte repräsentativ für einen längeren Zeitraum sein, so müßten auch heute noch kräftige tektonische Spannungen in diesem Raum auftreten.

## 5. Geologische Kurzbeschreibung des Alfenzstollens

Zwischen Klösterle und Innerbraz verläuft in der orographisch linken Talflanke des Kloostertales der ca. 9 km lange Alfenzstollen mit einem maximalen Ausbruchsquerschnitt von ca. 10 m<sup>2</sup>, der von 1948-1951 errichtet wurde. Die Aufzeichnungen in Form eines geologischen Stollenbandes, das teilweise noch von REITHOFER bearbeitet wurde, sind uns durch das Entgegenkommen von Dipl.-Ing. KELLER (ÖBB Innsbruck) zugänglich gemacht worden.

Stollenkilometrierung: Winkelpunkt W 2-3 = Km 4,790  
Fensterstollen W 3 = Km 6,008  
Fensterstollen W 4 = Km 6,898

Vom Ostportal bis ca. Km 5,190 verläuft der Stollen im Kristallin der Phyllitgneisdecke. In den Glimmerschiefern und Phylliten treten zahlreiche Mylonitbahnen auf, die beim Vortrieb große Schwierigkeiten bereiteten. An ihnen erfolgten Wassereintritte bis 18 l/sec.

Von Km 3,90 bis Km 4,550 durchörterte der Stollen eine Druckstrecke, in der es zu Verbrüchen kam. Die Druckercheinungen halten bis heute an und machen trotz schwerer Ausbaumaßnahmen eine neuerliche Sanierung notwendig. Diese Stollenstrecke verläuft unterhalb eines großen Rutschhanges. Die Stollenwässer sind sulfathaltig.

Ab Km 4,550 verbleibt der Stollen bis zur Grenze zu Buntsandstein bei Km 5,190 in Gneisen, die wesentlich besser standfest waren.

50 m vor Erreichen des Buntsandsteines erfolgte ein Wassereinbruch. Die Durchörterung der Grenze Kristallin zu Kalkalpen verlief im Vergleich zu den Erschwernissen in den Phylliten und Glimmerschiefern ohne größere Schwierigkeiten. Die Grenzfläche selber wird von einigen geringmächtigen Myloniten markiert.

Von Km 5,190 bis Km 6,148 verläuft der Stollen im Buntsandstein, der fallweise stärker nachbrüchig war. Die lokalen Wassereintritte waren geringer als 1,0 l/sec. 120 m vor Erreichen des Unteren Muschelkalkes verstärkten sie sich allerdings und erreichten vereinzelt 10 l/sec.

Von Km 6,148 bis Km 6,200 durchörterte der Stollen den Unteren Muschelkalk (Punt la Drossa-Schichten), der im Stollenband als Mylonit eingetragen ist, und eine Verpfählung notwendig machte.

Zwischen Km 6,200 und Km 6,260 folgten standfeste Dolomite, die zum Muschelkalk gehören dürften. An einer Stelle erfolgte ein Wasserzutritt von 10 l/sec.

Von Km 6,260 bis Km 6,488 folgen Mergelschiefer mit vier Karbonathorizonten. Diese Schichtfolge wird als Partnach-Schichten gedeutet. Sie erweisen sich als standfest, nur an zwei Stellen mußte ein Kopfschutz eingebaut werden. Die Gesteine waren trocken bis feucht, nur vereinzelt trat Tropfwasser auf.

Zwischen Km 6,488 und 6,698 traten graue Kalke mit einzelnen stark gestörten Mergellagen auf (=Arlberg-Schichten).

Auch diese Strecke war standfest und erforderte nur lokal Kopfschutz. Die Gesteine waren feucht, bei Annäherung an die Raibler Schichten auch etwas tropfend.

Von Km 6,698 bis Km 6,993 verblieb der Stollen in feuchten Dolomiten mit einzelnen Mergel- und Rauhbackenlagen der Raibler Schichten. Die Gesteine waren stark gestört mit lehmigen Klüften, trotzdem war nur örtlicher Kopfschutz notwendig. Der Rotrütobel wurde sehr tagnah unterfahren, wobei Lockermaterial angefahren wurde, für welches ein Sonderprofil Verwendung fand.

Zwischen Km 6,693 und Km 6,743 durchörterte der Stollen auf 50m eine Störungsbahn (=Davennastörung), die aus Mylonit, Dolomit der Raibler Schichten und verlehnten Scherflächen bestand. In der Störungszone trat Tropfwasser auf. Im Stollen wurde eine Verpfählung notwendig.

Von Km 6,743 bis zum Westportal verblieb der Stollen im Hauptdolomit, der ausgezeichnet standfest war und keine Sicherungen erforderte. Die Strecke war trocken bis bergfeucht, lokal traten kleine Quellen mit 0,1 l/sec auf. Gegen Westen wurden die Gesteine stärker feucht und an einigen Stellen erfolgten Wasserzutritte von max. 2,5 l/sec.

## 6. Weitere Untersuchungen

Da die geologische Kartierung immer in Hinblick auf eine baugelogische Aussage ausgeführt wurde, hatte der Verfasser keine Gelegenheit, weiterführende Probleme zu verfolgen.

Folgende geologische Fragen sind noch offen:

- a) Verlauf der Klostertal-Störung im Raume Braz.
- b) Tektonische Analyse der Fallbachwand vom untersuchten Raum nach Westen, insbesondere Klärung, ob inverse Schichtlagerung auftritt oder nicht.
- c) Beziehung zwischen Klostertal-Störung und Davenna-Störung.
- d) Abgrenzung der Buntsandstein-Antiklinale östlich des Muttentobels.
- e) Bau des Radonagewölbes aus Arlberg-Schichten zwischen Heuberg und Radonatobel, besonders, was den Verlauf der B-Achse betrifft.
- f) Verlauf der Schubbahnen unterhalb der Fallwand.
- g) Fortsetzung der Davenna-Störung östlich des Radonatobels.
- h) Bau der Partnach-Schichten im Gebiet von Mason.

## Literatur

- AMPFERER, O. (1930): Über den Südrand der Lechtaler Alpen zwischen Arlberg und Ötztal. - Jb.Geol.B.A., Bd. 80, H. 3-4, Wien.
- AMPFERER, O. (1932): Geologische Karte der Lechtaler Alpen, M = 1:25.000: Klostertaler Alpen. - Geol.B.A., Wien.
- AMPFERER, O. (1932): Erläuterungen zu den geologischen Karten der Lechtaler Alpen. - Geol.B.A., Wien.
- AMPFERER, O. (1932): Zur Großtektonik von Vorarlberg. - Jb.Geol. B.A., Bd. 82, Wien.
- AMPFERER, O. (1936): Über die Auffindung von Arosazone im Klostertal. - Sitzber.Akad.Wiss., Wien, math.-naturw.Kl., Abt. I, 145, H. 1-2, Wien.
- AMPFERER, O. & H. ASCHER (1925): Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullerseewerkes. - Jb.Geol.B.A., Bd. 75, Wien.
- ANONYMUS: Geologisches Stollenband, Alfenzkraftwerk-Hauptstollen, M = 1:2500, ÖBB Innsbruck, Kraftwerksbau (Dipl.-Ing. KELLER).
- BASTL, F. (1929): Feststellung von Erdkrustenbewegungen im oberen Lechtale und Flexengebiete. - Geol. u.Bauw., Wien.
- BECHSTÄDT, T. & H. MOSTLER (1974): Mikrofazies und Mikrofauna mitteltriadischer Beckensedimente der Nördlichen Kalkalpen Tirols. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, Bd. 4, 5/6, Innsbruck.
- BECHSTÄDT, T. & H. MOSTLER (1976): Riff-Becken-Entwicklung in der Mitteltrias der westlichen Nördlichen Kalkalpen. - Z. dt.geol.Ges., Bd. 127, Hannover.
- BERTLE, H. (1970): Kurze Mitteilung über ein NNE-SSW-streichendes Lineament zwischen Lechtal und Klosters. - Verh.Geol.B.A., H. 3, Wien.
- FELLERER, R. (1964): Zur Geologie des Südrandes der nördlichen Kalkalpen zwischen Schnann und Arlberg (Lechtaler Alpen). - Z. dt.Geol.Ges., Bd. 116, Hannover.
- FRISCH, J. (1968): Sedimentologische, lithofazielle und paläogeographische Untersuchungen in den Reichenhaller Schichten und im Alpenen Muschelkalk der Nördlichen Kalkalpen zwischen Lech und Isar. - Unveröff.Diss., TH München.
- HARSCH, W. 1968): Lithofazielle, sedimentologische und paläogeographische Untersuchungen in den Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen zwischen Fernpaß und Rhein sowie verschiedener Vorkommen in Graubünden. - Diss., TH München.
- HARSCH, W. (1970): Zur Sedimentologie und Paläogeographie der Raibler Schichten (Ober-Trias) im Westteil der Nördlichen Kalkalpen. - Z.d.Geol.Ges., Bd. 121, Hannover.
- HEISSEL, W. (1957): Zur Tektonik der Nördlichen Kalkalpen. - Mitt.Geol.Ges., Bd. 50, Wien.
- HEISSEL, W.; OBERHAUSER, R.; REITHOFER, O. & O. SCHMIDEGG (1965): Geologische Karte des Rätikon. - Geol.B.A., Wien.
- HELMCKE, D. & J. THIERBACH (1972): Die Tektonik des Südrandes der Klostertaler Alpen (Vorarlberg). - Jb.Geol.B.A., Bd. 115, Wien.
- HELMCKE, D. (1974): Geologie der südlichen Klostertaler Alpen (Vorarlberg/Österreich).-Erläuterungen zur geologischen Karte der südlichen Klostertaler Alpen, M = 1:25.000. Mit

- Beiträgen von M. DOERT, J. KRANZ, O. OTTE und J. THIERBACH. -  
Geologica et Palaeontologica, 8, Marburg.
- HIRSCH, F. (1966): Étude stratigraphique du Trias moyen de la  
région de l'Arlberg (Alpes du Lechtal, Autriche). - Mitt.Geol.  
Inst., ETH-Zürich, N.F. 80, Zürich.
- KOBEL, M. (1969): Lithostratigraphische und sedimentologische  
Untersuchungen in der kalkalpinen Mitteltrias (Anisian und  
Ladinian) des Rätikon (Österreich und Fürstentum Liechten-  
stein). - Mitt.Geol.Inst., ETH-Zürich, N.F. 118, Zürich.
- KÖHLER, M. (1977): Geologie und Gebirgsmechanik. Arlberg  
Schnellstraße S 16, Dalaaser Tunnel, Variante 2. Generelles  
Tunnelprojekt 1977. - Unveröff.Gutachten, S. 1-76, Amt der  
Vorarlberger Landesregierung, Abt. Straßenbau.
- KUBANEK, F. (1969): Sedimentologie des Alpinen Muschelkalkes  
(Mitteltrias) am Kalkalpensüdrand zwischen Kufstein (Tirol)  
und Saalfelden (Salzburg). - Diss., TU Berlin.
- OBERHAUSER, R. (1970): Die Überkipplungs-Erscheinungen des Kalk-  
alpen-Südrandes im Rätikon und im Arlberg-Gebiet. - Verh.Geol.  
B.A., H. 3, Wien.
- REITHOFER, O. (1935): Beiträge zur Geologie der Ferwallgruppe  
II. - Jb.Geol.B.A., Wien.
- RICHTER, M. (1956): Über den Bau der Vorarlberger Alpen zwischen  
Oberem Lech, Flexenpaß und Ill. Geotekton.Symposium H. STILLE,  
Stuttgart.
- RICHTER, M. (1969): Vorarlberger Alpen. - Sammlung geol.Führer,  
Gebr.Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1963): Ostalpen-Synthese. - Franz Deuticke Wien.
- TOLLMANN, A. (1970): Tektonische Karte der Nördlichen Kalk-  
alpen, 3. Teil. Der Westabschnitt. - Mitt.Geol.Ges., Bd. 62,  
Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. -  
Franz Deuticke Wien.

# GEOLOGISCHES PROFIL 1 (HEUBERG)

NORDEN

SÜDEN

2000 m

1500 m

1000 m

VE = 700 m

SALADINASPITZ  
2238 m

FALLHÖHE  
2021 m

HEUBERG

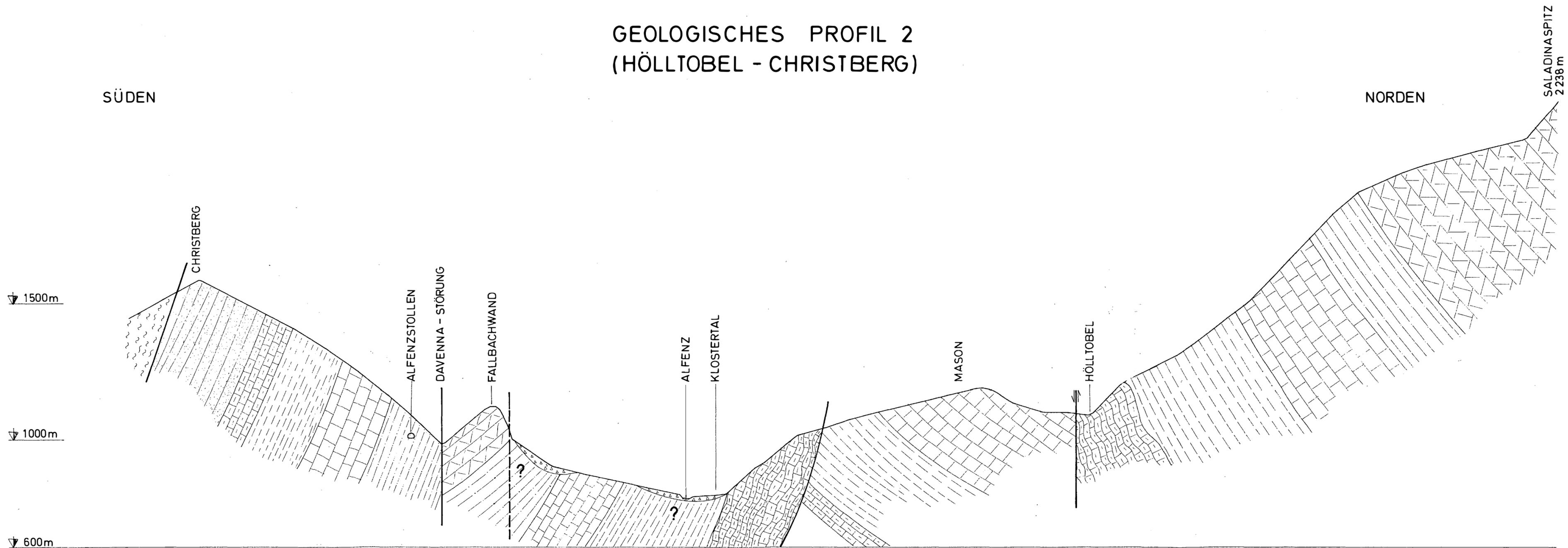
## LEGENDE :

-  LOCKERMATERIAL
-  HAUPTDOLOMIT
-  RAIBLER-SCHICHTEN
-  ARLBERG-SCHICHTEN
-  PARTNACH-SCHICHTEN
-  ALPNER MUSCHELKALK
-  PERMOSKYTH (einschließl. KARBON)
-  KRISTALLIN
-  STÖRUNG
-  RUTSCHUNG



1 : 10000

# GEOLOGISCHES PROFIL 2 (HÖLLTOBEL - CHRISTBERG)

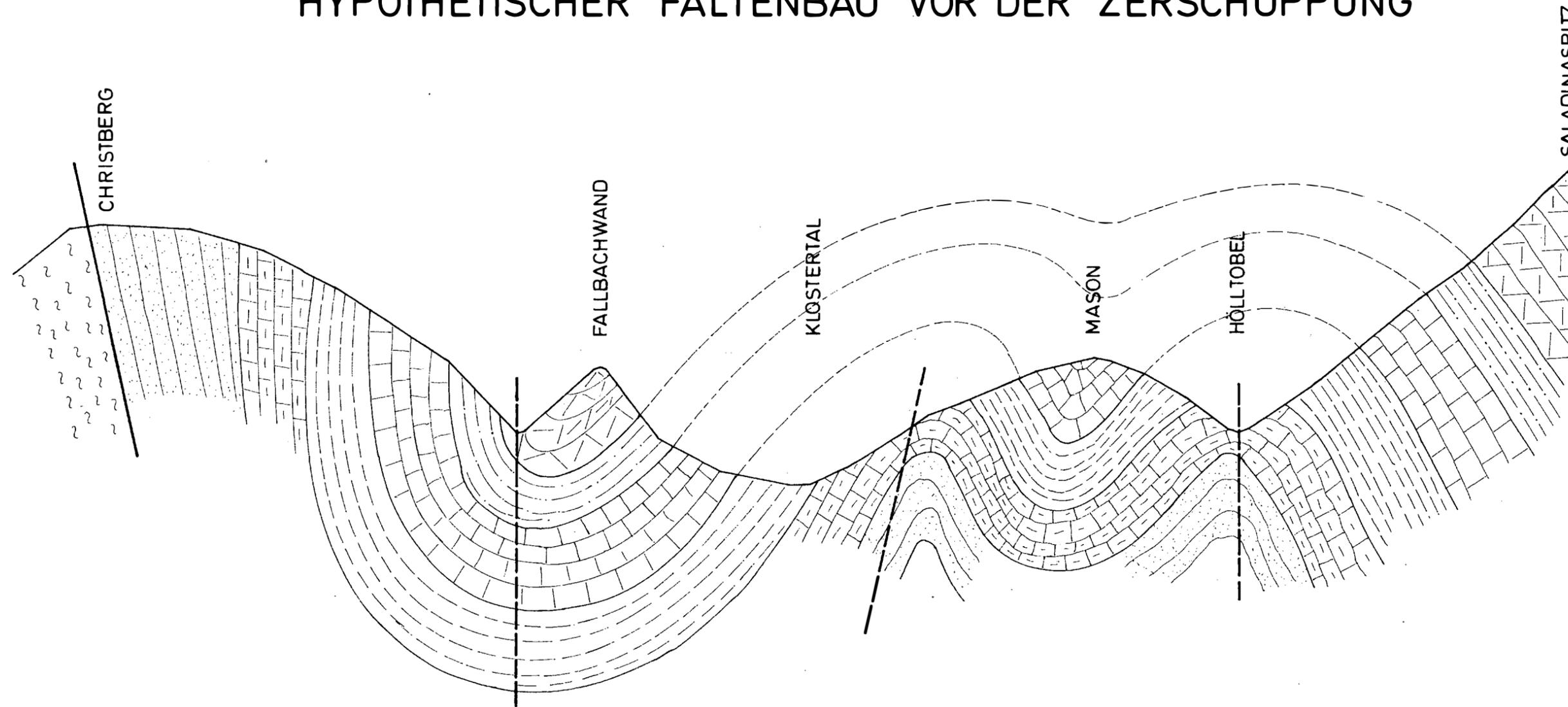


# TEKTONISCHE SKIZZE (NICHT MASZSTÄBLICH)

## HYPOTHETISCHER FALTENBAU VOR DER ZERSCHUPPUNG

SÜDEN

NORDEN



1 : 10000

### LEGENDE :

-  LOCKERMATERIAL
-  HAUPTDOLOMIT
-  RAIBLER-SCHICHTEN
-  ARLBERG-SCHICHTEN
-  PARTNACH-SCHICHTEN
-  ALPNER MUSCHELKALK
-  PERMOSKYTH (einschließl. KARBON)
-  KRISTALLIN
-  STÖRUNG

# GEOLOGISCHE KARTE

DER UMGEBUNG VON

## DALAAS

M = 1 : 10.000

BEARBEITET: M. KÖHLER

ILF INGENIEURGEMEINSCHAFT  
LÄSSER - FEIZLMAYR

### LEGENDE :

-  LOCKERMATERIAL
-  HAUPTDOLOMIT
-  RAIBLER - SCHICHTEN
-  ARLBERG - SCHICHTEN
-  PARTNACH - SCHICHTEN
-  ALPINE MUSCHELKALK
-  PUNT LA DROSSA - SCHICHTEN
-  ALPINE BUNTSANDSTEIN (VERRUCANO)
-  KRISTALLIN
-  STÖRUNG (BEOBACHTET, VERMUTET)
-  RUTSCHUNG
-  SCHICHTFLÄCHEN MIT FALLWINKEL
-  AUFSCHLUSNUMMER

