



**Autonome Provinz  
Bozen/Südtirol**

Assessorat für Personal,  
Tourismus und Mobilität



**Bau-, Verkehrs- und Forst-  
departement Graubünden**

Fachstelle öffentlicher Verkehr  
Servizio trasporti pubblici  
Servetsch per il traffic public

Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement Graubünden, Fachstelle öffentlicher Verkehr,  
Departement des Innern und der Volkswirtschaft, Amt für Wirtschaft und Tourismus

Autonome Provinz Bozen/Südtirol, Assessorat für Personal, Tourismus und Mobilität

Mitarbeit von Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

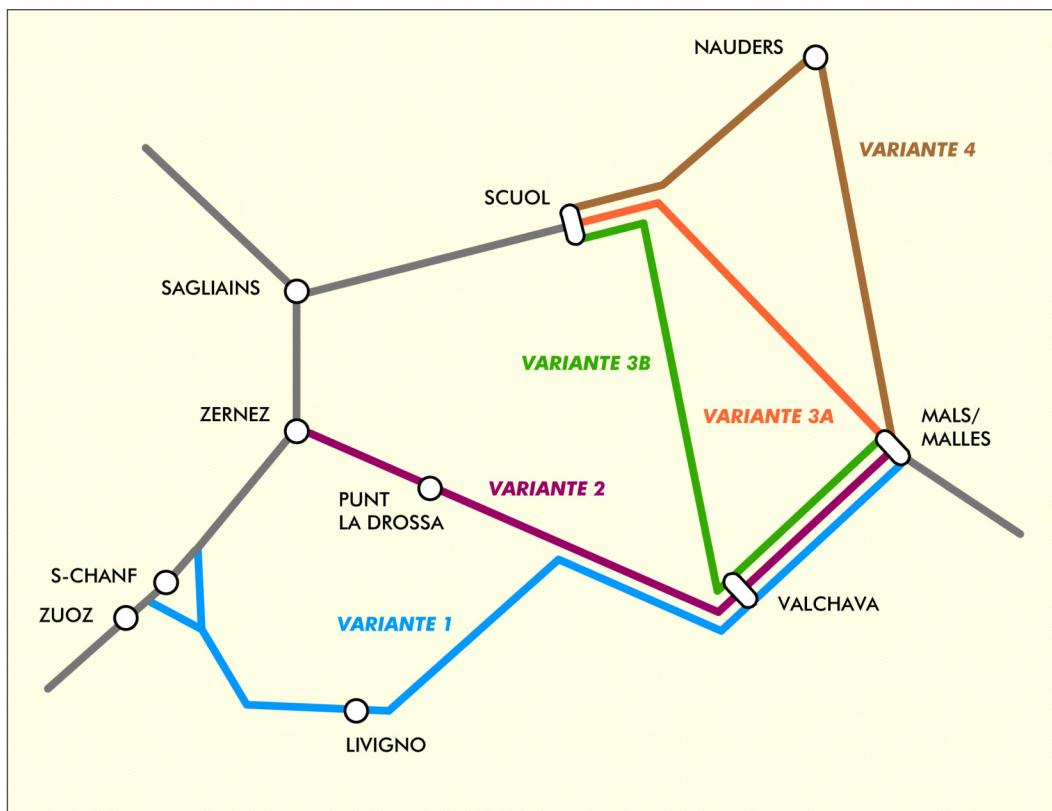
**INTERREG-III-A-Projekt „Öffentlicher Verkehr im Dreiländereck  
(Rätisches Dreieck)“**

Modul D:

## **Bahnverbindung Unterengadin – Obervinschgau**

(Arbeitsgruppe „Strecken- und Netzergänzungen“)

Hauptbericht



Zürich, den 01. Dezember 2006

Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement Graubünden, Fachstelle öffentlicher Verkehr,  
Departement des Innern und der Volkswirtschaft, Amt für Wirtschaft und Tourismus  
Autonome Provinz Bozen/Südtirol, Assessorat für Personal, Tourismus und Mobilität  
Mitarbeit von Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

**INTERREG-III-A-Projekt „Öffentlicher Verkehr im Dreiländereck  
(Rätisches Dreieck)“**

Modul D:

**Bahnverbindung Unterengadin – Obervinschgau**

(Arbeitsgruppe „Strecken- und Netzergänzungen“)

**Hauptbericht**

Willi Hüsler, Projektkoordination, Ingrid Schmid, Luca Urbani, Daniel Stäubli

IBV, W. Hüsler AG

Olgastrasse 4

CH 8001 Zürich

Peter Hartmann

Hartmann & Sauter

Postfach

CH 7002 Chur

Willy Altermatt

Dipl. Bauing. ETH

Ruchenbergstrasse 43

CH 7000 Chur

Peider Könz

Dipl. Bauing. ETH

Haldensteig 15

CH 8708 Männedorf

Dr. M. Kobel + Partner AG

Büro für Technische Geologie

Grossfeldstrasse 74

CH 7320 Sargans

Projektleitung:

Paul Stopper

Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement Graubünden

Fachstelle öffentlicher Verkehr

Stadtgartenweg 11

CH 7000 Chur

Mitarbeit/Koordination :

Roald Hofmann

Rhätische Bahn AG

Bahnhofstr. 25

CH 7000 Chur

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Ausgangslage und Auftrag .....</b>	<b>6</b>
1.1 Auftrag .....	6
1.2 Projektorganisation .....	8
<b>2. Geografische Abgrenzung .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Geologische Rahmenbedingungen .....</b>	<b>10</b>
3.1 Zur Prognostizierbarkeit.....	10
3.2 Geologie im Planungsgebiet .....	11
3.3 Geologie im Planungsgebiet .....	11
<b>4. Generelle Linienführungen .....</b>	<b>19</b>
4.1 Variante 1: S-chanf - Livigno - Valchava - Mals/Malles.....	20
4.2 Variante 2: Zernez - Punt la Drossa - Valchava - Mals/Malles .....	23
4.3 Variante 3A: Scuol - Mals/Malles .....	25
4.4 Variante 3B: Scuol - Valchava - Mals/Malles .....	27
4.5 Variante 4: Scuol - Nauders - Reschen/Resia - Mals/Malles .....	29
<b>5. Tunnelbau .....</b>	<b>31</b>
5.1 Allgemeines zum Tunnelbau im Studiengebiet.....	31
5.2 Charakterisierung des Gebirges .....	33
5.3 Das Tunnelprojekt .....	35
5.4 Vortriebsleistungen und Bauprogramm .....	40
5.5 Tunnelbaukosten.....	47
<b>6. Raumplanerische Aspekte .....</b>	<b>50</b>
6.1 Raumtypen .....	50
6.2 Verkehrsbeziehungen .....	54
6.3 Erste Schlussfolgerungen.....	56
<b>7. Umweltaspekte .....</b>	<b>60</b>
7.1 Landschaft .....	60
7.2 Eisenbahnlärm .....	74
7.3 Deponien.....	74
<b>8. Verkehrserhebung (Ist-Zustand).....</b>	<b>78</b>

8.1	Verkehrserhebung Ofenpass .....	78
8.2	Verkehrserhebung Reschenpass.....	83
8.3	Nachfrageschätzung für den Ofenpass .....	87
<b>9.</b>	<b>Nachfrageabschätzung .....</b>	<b>89</b>
9.1	Vorgehen .....	89
9.2	Verkehr auf ausgewählten Vergleichs-Bahnstrecken.....	92
9.3	Nachfrageabschätzung .....	94
<b>10.</b>	<b>Mögliche Betriebsformen.....</b>	<b>97</b>
10.1	Systemschnittstelle und Ausstattung Neubauabschnitte .....	97
10.2	Rahmenbedingungen für das Betriebskonzept.....	97
10.3	Systemzeiten für den Netzschluss.....	99
10.4	Denkbare Zugläufe für die Netzverknüpfung .....	100
10.5	Grobe Mengengerüste für die Betriebskonzepte .....	103
<b>11.</b>	<b>Kostenschätzungen.....</b>	<b>109</b>
11.1	Infrastruktur .....	109
11.2	Rollmaterial.....	110
11.3	Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	110
11.4	Schlussfolgerungen zu den Kostenschätzungen.....	112
<b>12.</b>	<b>Gegenüberstellung der Varianten .....</b>	<b>113</b>

Anhang (separate Mappe)

Anhang zu Kapitel 3, Geologischer Bericht

Anhang zu Kapitel 5, Tunnelbau

Anhang zu Kapitel 8, Verkehrserhebung (Ist-Zustand)

Anhang zu Kapiel 10, Mögliche Betriebsformen

Anhang zu Kapitel 11, Kostenschätzungen

## 1. Ausgangslage und Auftrag

### 1.1 Auftrag

Das Projekt „neue Bahnverbindung Unterengadin - Vinschgau“ steht im Zusammenhang mit der Vorstudie „Strecken und Netzergänzungen RhB“, die im Jahre 2004 im Auftrag der Fachstelle Öffentlicher Verkehr Kanton Graubünden, der Rhätischen Bahn und dem Amt für Raumplanung Graubünden von den Firmen Hartmann & Sauter und IBV erstellt wurde (25. Mai 2004) und ist das Modul D des INTERREG-III-A-Projektes „Öffentlicher Verkehr im Dreiländereck (Rätisches Dreieck)“. Die Federführung liegt bei der Fachstelle öffentlicher Verkehr Graubünden und die „erweiterte Projektleitung“ wird von der kantonalen Fachstelle und der RhB wahrgenommen. Das gesamte INTERREG-III-A-Projekt wird finanziert von der Schweiz, von der autonomen Provinz Bozen/Südtirol und der EU.

Für die neue Bahnverbindung wurden 5 Varianten untersucht:

- Variante 1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles
- Variante 2: Zernez – Punt la Drossa - Valchava – Mals/Malles
- Variante 3A: Scuol – Mals/Malles
- Variante 3B: Scuol – Valchava – Mals/Malles
- Variante 4: Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles

Untersuchungs- und Arbeitsschwerpunkte:

- Geografische Abgrenzung
- Geologische Rahmenbedingungen
- Generelle Linienführungen
- Tunnelbau
- Raumplanerische Aspekte
- Umweltaspekte
- Verkehrserhebung Ist-Zustand
- Nachfrageabschätzung
- Mögliche Betriebsformen
- Kostenschätzungen
- Gegenüberstellung der Varianten

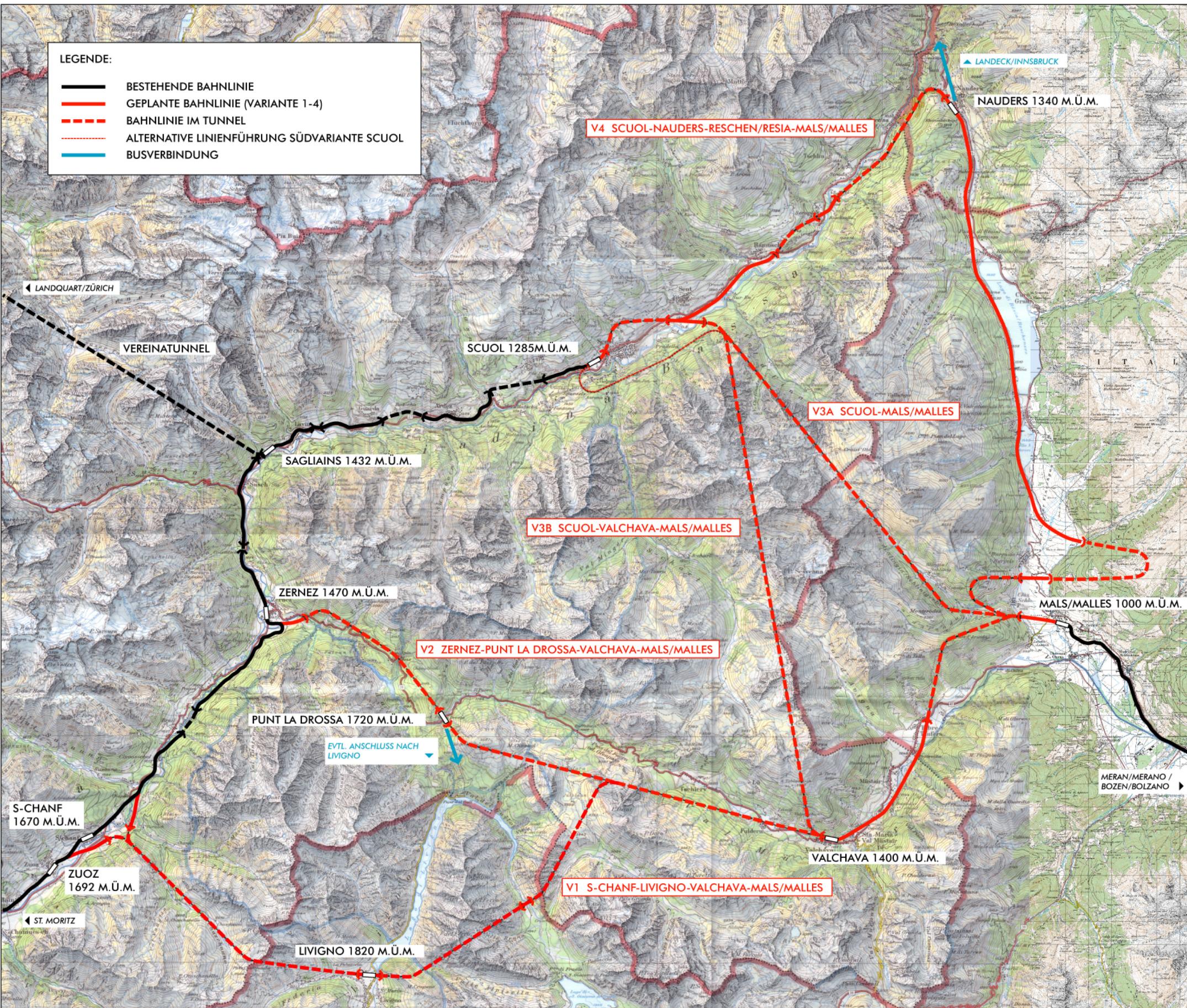


Abbildung 1: Linienführung der fünf Varianten, Übersichtskarte 1:100'000 (verkleinert)

## 1.2 Projektorganisation

Die Projektorganisation ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

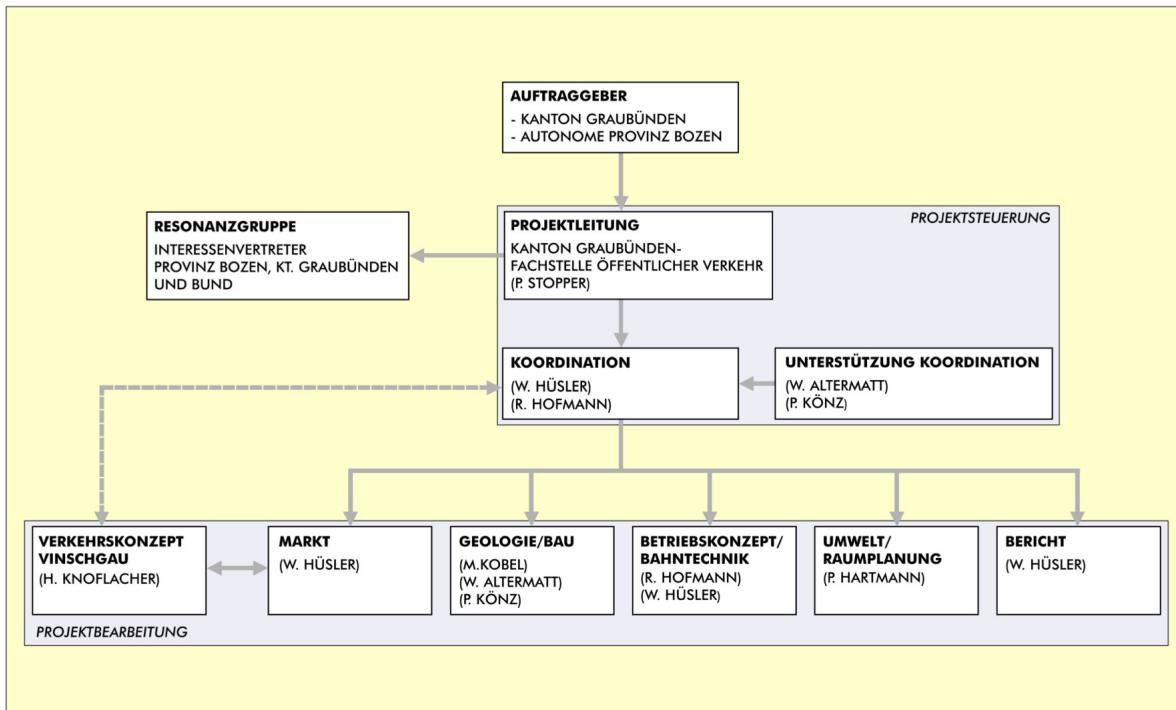


Abbildung 2: Projektorganisation

## 2. Geografische Abgrenzung

Mit Bezug auf die neue Bahnverbindung im Rätischen Dreieck ist zwischen unterschiedlichen Einzugsgebieten mit unterschiedlichen Merkmalen und Auswirkungen zu unterscheiden. Das unmittelbare Einzugsgebiet der neuen Bahnverbindung, d.h. der Raum durch den sie führt und der mittels zusätzlichen Bahnstationen direkt erschlossen wird, hängt von der gewählten Variante ab. Je nach Variante wird das unmittelbare Einzugsgebiet durch das östliche Oberengadin, das Unterengadin, das Münstertal, das Valle di Livigno sowie den Obervinschgau gebildet.

Zum erweiterten Einzugsgebiet, d.h. zum Gebiet mit mittelbaren Auswirkungen der neuen Bahnverbindung auf die Nutzung des Raums und auf das Verkehrsaufkommen, gehören zusätzlich zu obigem unmittelbaren Einzugsgebiet (und wiederum abhängig von der gewählten Variante) das restliche Oberengadin, der Raum Klosters/Davos, der Samnaun, der Untervinschgau sowie das obere Veltlin.

An das erweiterte Einzugsgebiet schliessen weitere inneralpine Räume an, welche direkt von der verbesserten Erschliessung im Rätischen Dreieck profitieren. Es sind dies insbesondere Nord- und Mittelbünden, das Fürstentum Liechtenstein, der Raum beidseits des Arlbergs, das obere Inntal, der Untervinschgau und das Burggrafenamt, die Talschaften Bregaglia und Valle di Poschiavo, das untere Veltlin sowie der Raum Chiavenna und Umgebung.

Ausserhalb des eigentlichen Alpenraums dient die neue Bahnverbindung, zumindest indirekt, auch noch einer Reihe alpennaher Ballungszentren. Es sind dies vor allem der Raum Zürich/Mittelland, der Bodensee und seine Umgebung, Bozen/Bolzano und Gardasee, München, Innsbruck/Salzburg sowie Milano.

In den Kapiteln 6 und 9 finden sich die wichtigsten Angaben zur Struktur der verschiedenen Raumtypen sowie zur erwarteten Verkehrsnachfrage im direkten und indirekten Einzugsgebiet der neuen Bahnverbindung.

## 3. Geologische Rahmenbedingungen

### 3.1 Zur Prognostizierbarkeit

Gemäss Ausführungen im Generellen geologischen Bericht<sup>1</sup> (siehe Anhang) wird bei allen tiefliegenden Tunnels grundsätzlich Neuland betreten, indem die Beurteilung des Gebirgsverhaltens anhand der vorliegenden Kenntnisse über das geotechnische Verhalten der Gesteinseinheiten und der tektonischen Störungen sowie anhand des geologischen Horizontalschnittes auf dem Niveau dieser Varianten nur in den Grundzügen möglich ist. Es bezieht sich dies sowohl auf das Zutreffen der zu durchhörternden Formationen als auch auf das Verhalten derselben unter der z.T. sehr grossen Überlagerung und die Auswirkungen derselben bezüglich Standfestigkeit, Gebirgswasserdruck und Wasseranfall. Aus den Kenntnissen, u.a. beim Bau der Stollen der Engadiner Kraftwerke, können aber immerhin wesentliche Schlüsse gezogen werden, welche Zonen nach Möglichkeit zu meiden sind resp. wo aus derzeitiger Sicht mit besonderen Erschwernissen zu rechnen wäre.

Das folgende Kapitel enthält die Beurteilung der 5 Trassevarianten (Auszug aus dem Generellen geologischen Bericht).

---

<sup>1</sup> Genereller geologischer Bericht, Dr. M. Kobel + Partner AG, Büro für technische Geologie, Sargans, Bericht Nr. 5056-1, 21.12.2005)

## 3.2 Geologie im Planungsgebiet

### 3.3 Geologie im Planungsgebiet

*Bei den nachfolgenden Angaben handelt es sich um Originaltexte aus dem generellen geologischen Bericht von Dr. M. Kobel + Partner. Die in diesen Textteilen enthaltenen Querverweise (wie z.B. Kapitel, Abbildungen) beziehen sich alle auf den generellen geologischen Bericht, welcher im Anhang enthalten ist. Allfällige Anmerkungen zu diesen Originaltexten sind durch Kursivschrift kenntlich gemacht.*

#### 3.3.1 S-chanf – Livigno – Sta. Maria/Müstair – Mals/Malles (Variante 1)

Anmerkung: Die schlussendlich gewählte Variante entspricht beim ersten Tunnel S-chanf – Livigno vollständig der im geologischen Bericht festgehaltenen Beschreibung. Der Tunnel Livigno – Val del Gallo folgt der im generellen geologischen Bericht dargestellten Linienführung. Für den Tunnel Val del Gallo - Sta. Maria/Müstair können die Empfehlungen des Geologen teilweise berücksichtigt werden. Die Tunnelaxe verläuft im letzten Abschnitt in der Axe der Variante 2. Der Tunnel führt neu nicht bis Müstair, sondern endet in Valchava.

**Tunnel S-chanf – Livigno:** Vom Portal im Gebiet Varusch quert der Tunnel das Unterostalpin des Murtiröl-Halbfensters und gelangt anschliessend bis zum Portal nordwestlich von Livigno ins Languard-Campo-Kristallin. Je nach Portallage rechts des Inn würde das Portal im God Drosa-Flysch oder in der Chazfora-Fuorn-Formation liegen. Im letzteren Falle müsste kurz nach dem Portal die Zebru-Überschiebung gequert werden, bevor der God Drosa-Flysch erreicht würde. Im Bestreben tektonischen Störungszonen nach Möglichkeit auszuweichen, ist eine Portallage direkt im God Drosa-Flysch zu empfehlen.

Um der dem Languard-Kristallin aufliegenden, zwischen diesem, der Zebru-Überschiebung und der Trupchun-Mezzaun-Abschiebung verquetschten Trias-Abfolge auszuweichen, wird eine Ausschwenkung nach Süden bevorzugt. Der Tunnel hätte aber in jedem Fall die unterostalpine Trias mit Hauptdolomit und wahrscheinlich auch Rauhwachen der Raibler Formation sowie Jura-Kreide-Gesteinen zu durchröhren, bevor er entweder direkt das Vaüglia-Kristallin erreichen oder vorerst nochmals den God Drosa-Flysch durchqueren würde. Das Trasse sollte so gewählt werden, dass vom Vaüglia-Kristallin direkt das Languard-Kristallin erreicht würde, welches an der Trupchun-Mezzaun-Abschiebung an das Erstere stösst. Anschliessend würde der Tunnel bis zum West-Portal von Livigno im Languard-Kristallin liegen.

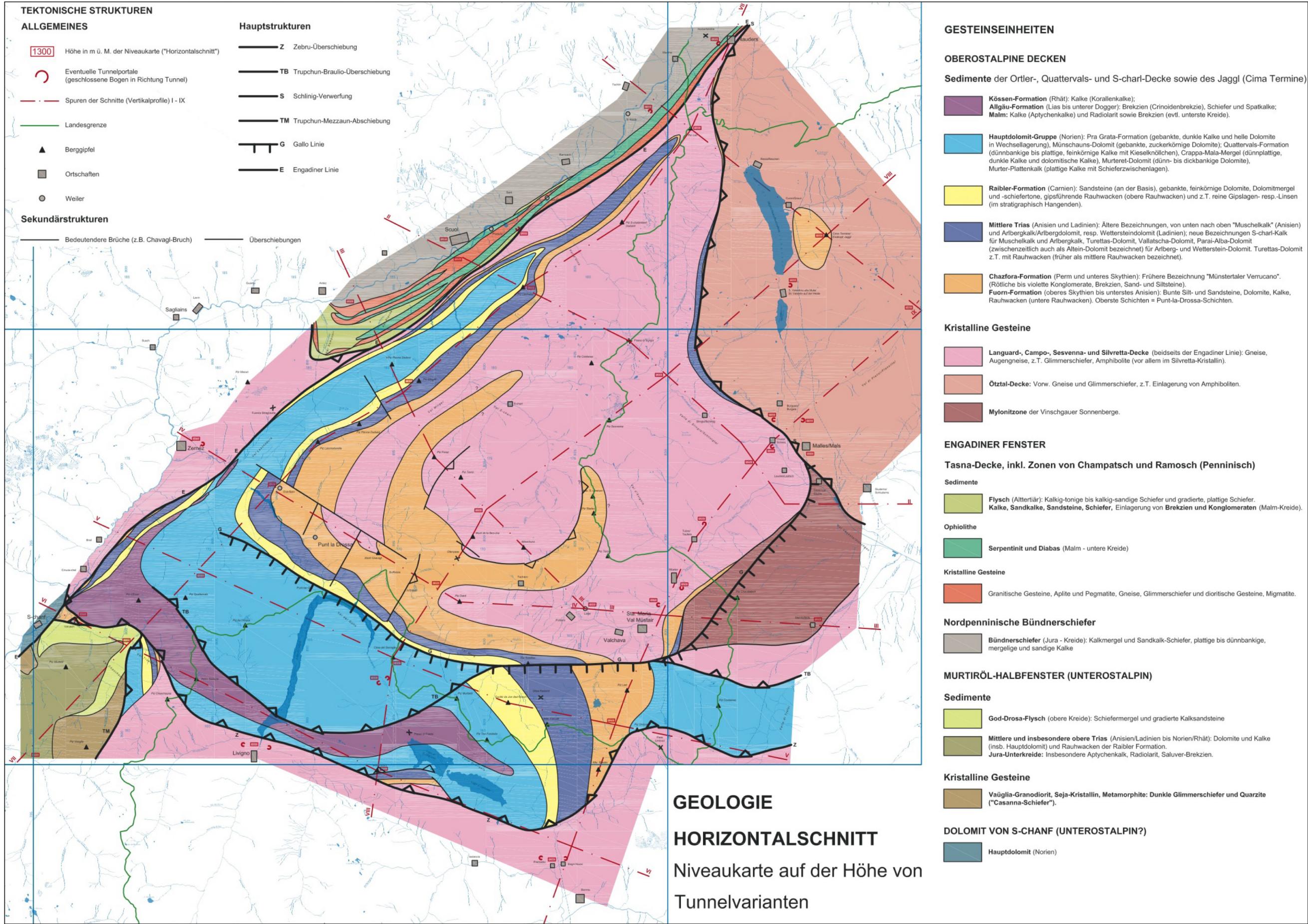


Abbildung 3: Geologische Übersicht (Horizontalschnitt, Niveaukarte auf der Höhe von Tunnelvarianten 1:75'000 (verkleinert)  
Der Plan 1:75'000 ist im Anhang enthalten.

**Tunnels Livigno – Sta. Maria/Müstair:** Ein erster Tunnel würde nach der kurzen offenen Strecke mit dem Bahnhof in der Ebene nördlich Livigno ins Val del Gallo führen, wo eine kurze offene Strecke mit einem Zwischenangriff vorgesehen ist. Das Portal bei Livigno liegt im Languard-Campo-Kristallin. In nördlicher Richtung würde der Tunnel die Zeburu-Überschiebung queren, anschliessend Hauptdolomit und Kössen-Formation, Allgäu-Formation und eventuell noch Malm der Ortler-Decke, die Trupchun-Braulio-Überschiebung durchstossen und bis zur Val del Gallo in der Hauptdolomit-Gruppe der Quattervals-Decke verlaufen. Nicht bekannt ist, ob längs der Zeburu-Überschiebung eventuell noch etwas Trias vorliegt (im Horizontalschnitt hier nicht eingetragen). In der Hauptdolomit-Gruppe (vorw. dolomitisch) der Ortler-Decke sind Wasserandrang unter Druck sowie leichte Verkarstung nicht auszuschliessen, was auch für die Hauptdolomit-Gruppe (mit vermehrt Kalk) der Quattervals-Decke gilt.

Der **zweite Tunnel** würde nach dem Zwischenangriff in der Val del Gallo nach Osten abbiegen und bis zur Querung der Trupchun-Braulio-Überschiebung weiterhin in der Hauptdolomit-Gruppe der Quattervals-Decke liegen. Anschliessend müsste er die Trias der Ortler-Decke (Hauptdolomit-Gruppe, Raibler Formation, mittlere Trias und untere Trias: Chazfora- und Fuorn-Formation, queren und im Bereich unter dem Piz Lad nach Norden abdrehen. Er gelangte dann nach Querung der Gallo-Linie direkt ins Sesvenna-Kristallin und in diesem bis zum Portal auf der rechten Seite des Münstertals, südwestlich von Müstair. Die geologischen Verhältnisse sind allerdings in diesem Abschnitt unsicher, indem möglicherweise vor der Gallo-Linie nochmals Hauptdolomit und anschliessend untere Trias der Chazfora-Fuorn-Formation angefahren würden.

Um den erläuterten, aus derzeitiger Sicht eher ungünstigen und auch unsicheren geologischen Verhältnissen mit Raibler Formation und mittlerer Trias auf längeren Strecken auszuweichen, sollte ab dem Zwischenangriff in der Val del Gallo auch die folgende Trassierung geprüft werden. Abdrehen statt nach Osten nach Norden, Querung der Gallo-Linie, der anschliessenden Raibler Formation und der mittleren Trias möglichst rechtwinklig und rasches Erreichen der Chazfora-Fuorn-Formation westlich vom Piz Daint und anschliessend des Sesvenna-Kristallins. Wie grosse Streckenanteile dabei noch in der unteren Trias liegen würden, hängt von der Höhenlage des Tunnels ab (vgl. Profile III, IV und VIII im Anhang). Das Trasse müsste in jedem Fall Tschierv deutlich westwärts umfahren und erst im Bereich unter dem Munschuns nach Osten abbiegen in Richtung des Portals auf der linken Seite des Münstertals zwischen Sta. Maria und Müstair. Die letzten ca. 4 km würden mit Sicherheit im Sesvenna-Kristallin liegen mit günstigen Ausbruchbedingungen. Aber auch in der Chazfora-Fuorn-Formation werden keine ausserordentlichen Vortriebserschwernisse und ein geringer Wasseranfall, ev. mit Ausnahme in den Punt la Drossa-Schichten, zu erwarten sein.

**Tunnel Taufers/Tubre – Schleis/Clusio:** Der Tunnel liegt auf seiner ganzen Länge im Sesvenna-Kristallin (vgl. Profil IX im Anhang). Es ergeben sich keine besonderen Vortriebserschwernisse. Die Überdeckung beträgt im Maximum nur etwa 500 m.

Die offene Linienführung zwischen dem Tunnelportal bis zum Portal nördlich Tiefencastel bietet topographisch keine besonderen Schwierigkeiten. Dasselbe trifft auf die offene Schlussstrecke bis Mals zu.

### **3.3.2 Zernez – Sta. Maria/Müstair – Mals/Malles (Variante 2)**

*Anmerkung : Der Tunnel wird nur bis Valchava geführt. Die vom Geologen empfohlenen Anpassungen der Linienführung können nicht voll berücksichtigt werden. Die entsprechenden Änderungen in der Gebirgsklassierung und bei den Sicherungsaufwendungen sind berücksichtigt.*

Das Westportal bei Zernez liegt im Silvretta-Kristallin. Nach ca. 1.5 km im Kristallin wäre die Engadiner Linie zu durchfahren. Diese ist nicht nur eine bedeutende und relativ junge tektonische Störung, sondern trennt auch das schlecht wasser-durchlässige Kristallin von den durchlässigen oberostalpinen Triassedimenten, welche eine tiefgreifende asymmetrische Synklinale mit Hauptdolomit-Gruppe, Raibler Formation und mittlerer Trias bilden (vgl. Profil IV im Anhang). In diesen Sedimenten ist nebst den wenig günstigen geotechnischen Eigenschaften des Tunnelgebirges auch mit viel Wasser zu rechnen, das z.T. unter erheblichem Überdruck gegenüber dem Tunnelniveau stehen wird. Dies insbesondere dann, wenn das Tunneltrasse entfernt von tiefen Taleinschnitten verläuft, welche als Vorflutniveau für das Felsgrundwasser wirken können. Das Tunneltrasse sollte deshalb möglichst nahe am Spöltal liegen, indem dieses als Vorflutbasis für die Sedimentmulde wirken dürfte. Der Wasserdruck von Kluft- und Karstwässern, die besonders in den karbonatischen Schichten: Hauptdolomit-Gruppe und mittlere Trias, sowie in den evaporitischen Gesteinen (Raibler Formation) anzunehmen sind, wird dann auf das Niveau des Spöllaufs ausgerichtet sein. Bei geringerem Wasserdruck nehmen nicht nur der Wasseranfall, sondern vor allem die damit verbundenen Materialausschwemmungen ab, wie sie beim Bau des Stollens der Engadiner Kraftwerke, der längs in dieser Sedimentmulde verläuft, des öfteren auftraten.

Ab etwa Ova Spin bis zum Ofenpass dürfte der Tunnel in der Chazfora-Fuorn-Formation verlaufen und eventuell z.T. schon das Sesvenna-Kristallin tangieren. Bei der Trassefestlegung ist darauf zu achten, dass der Tunnel nicht zu weit südwärts zur Mittelrias und der Raibler Formation hin, aber wegen des Chavagl-Bruchs auch nicht zu weit nordwärts verläuft. Im Bereich des Ofenpasses wird eine Auslenkung in Richtung Munt da la Bes-cha und Minschuns empfohlen. Tschierv ist wegen der dort anstehenden Raibler Formation mit zahlreichen Gips-trichern in grösserer Abstand west- und nordwärts zu umfahren. Anschliessend würde der Tunnel dieselbe Linienführung erhalten wie die bei Variante 1 beschriebene Nordvariante des Tunnels Val del Gallo – Sta. Maria/Müstair.

Ab dem Portal im Münstertal wäre die Trassierung identisch mit derjenigen der Varianten 1 und 3B.

### **3.3.3 Scuol – Schleis/Clusio – Mals/Malles (Variante 3A)**

*Anmerkung: Die Empfehlungen des Geologen betreffend die Linienführung und betreffend der Höhe des Tunnel-Nordportals können berücksichtigt werden.*

Diese Linienführung ist die kürzeste Verbindung vom Unterengadin in den oberen Vinschgau mit einem knapp 20 km langen Tunnel von einem Portal am rechten Talhang etwa südlich von Sent resp. östlich Pradella auf ca. 1220 m ü.M. Es könnte vermutlich direkt im Silvretta-Kristallin, d.h. südöstlich der Engadiner Linie angesetzt werden. Die im vorangehenden Abschnitt 5.3. beschriebene Synklinale muss zwar anschliessend auch mit dieser Variante durchörtert werden. Sie enthält aber auf Tunnelniveau sehr wahrscheinlich keinen Hauptdolomit und keine Raibler Sedimente mit gipsführenden Rauhwacken mehr sondern nur noch Karbonate der mittleren Trias, beidseits begleitet von Sedimenten der Chazfora-Fuorn-Formation. Die durchlässigen und zu Verkarstung neigenden Sedimente der mittleren Trias dürften aber auch hier Druckwasser enthalten. Deshalb sollte gemäss den Ausführungen zu Variante 2 das Tunneltrasse möglichst nahe an die als Vorfluter und damit druckmindernde Val d’Uina gelegt werden. Auch wäre es von Vorteil, die Portalhöhe möglichst hoch ansetzen zu können. Nach der Querung der beschriebenen Sedimentmulde wird die ganze Tunnelstrecke bis zum Portal von Clusio im Sesvenna-Kristallin liegen. Die Schlinig-Überschiebung wird auf Höhe des Tunnelniveaus nicht tangiert (vgl. Profil II, das ab dem Schlinigpass/Passo di Slingia etwa im Verlauf des Tunneltrasses liegt, siehe Anhang). Das Schlinigtal sollte im Bereich unterhalb des Zusammenflusses des Rio Melz mit dem Rio Arunda noch mit ausreichender Felsüberdeckung unterfahren werden können.

Der Anschluss der offenen Strecke ab dem Portal Clusio nach Mals ist identisch mit allen übrigen Trassevarianten.

Die Trasseentwicklung im Raum Scuol-Tarasp, ausgehend vom bestehenden Kopfbahnhof Scuol ist mit verschiedenen Varianten vorgesehen. Besonders zu beachten sind dabei nebst den geologischen Gegebenheiten die Mineralquellen von Scuol-Tarasp wie auch die mit diesen zusammenhängenden Mofetten.

Bei der Umgestaltung des Kopfbahnhofs in einen Durchgangsbahnhof mit Streckenfortsetzung in einem ca. 3.5 km langen Tunnel in den Bündnerschiefern des linken Talhanges oberhalb Scuol Richtung Sent würden die dortigen z.T. für das Bogn Engiadina gefassten Mineralquellen mit den Mofetten unterfahren, was eingehendere Abklärungen erforderte (vgl. Abschnitt 2.3.2 des Berichtes im Anhang). Über eine grössere Brücke wäre die Verbindung zur rechten Talseite und zum Portal des Tunnels nach Clusio zu erstellen.

Bei einer Beibehaltung des Kopfbahnhofs Scuol mit einer Trasseentwicklung nach rückwärts in einem Bogen über den Inn nach Tarasp und einem anschliessenden ca. 6 km langen Tunnel auf der rechten Talseite resultierten ebenfalls Probleme bezüglich der hier entspringenden Quellen und zudem käme das Westportal dieses Tunnels mit dessen Zufahrt in die touristisch empfindliche Zone von Tarasp-Vulpera zu liegen. Aus geologischer Sicht wäre der Tunnel so zu legen, dass er die Engadiner Linie nicht schneidet und keinesfalls schleifend dieser entlang führt.

Eine weitere Problematik ist die Querung der tief eingeschnittenen Clemgia-Schlucht am Ausgang der Val S-charl. Zu durchörtern wären ab dem Portal Tarasp-Vulpera zuerst die Bündnerschiefer und anschliessend die Gesteine der

Tasna-Decke mit wechselnder Abfolge unterschiedlicher Sedimente, des Tasna-Kristallins und der Ophiolite.

Über eine kurze offene Strecke am rechten Talhang wäre anschliessend die Verbindung zum Portal des Tunnels nach Clusio zu erstellen oder der vorstehend beschriebene Tunnel allenfalls direkt mit dem Tunnel nach Clusio zu verbinden.

### **3.3.4 Scuol – Sta. Maria/Müstair – Schleis/Clusio – Mals/Malles (Variante 3B)**

*Anmerkung: Die gewählte Linienführung führt neu nach Valchava statt nach Müstair. Die Tunnelaxe ist weiter nach Westen verlegt und der Tunnel liegt dadurch zwischen dem Mte. S. Lorenzo und dem Piz Terza in der im Bericht aufgeführten „Sedimentszunge“. Die entsprechenden Änderungen in der Gebirgsklassierung und bei den Sicherungsaufwendungen sind berücksichtigt.*

Diese Variante bezweckt die Anbindung von Sta. Maria und Müstair an eine Bahnentwicklung ab dem heutigen Bahnhof Scuol. Alle im vorangehenden Abschnitt erläuterten Trassierungen im Raum Scuol – Tarasp/Vulpera gelten auch für diese Variante und das Portal des Tunnels nach Sta. Maria/Müstair wäre identisch mit dem Portal des Tunnels direkt nach Clusio. Letzteres deshalb, damit die Sedimentmulde in ihrem schmalen nordöstlichen Teil gequert werden kann. Anschliessend wird der Tunnel nach Süden zum Portal auf der linken Seite des Münstertals zwischen Sta. Maria und Müstair führen, wo auch die Tunnel gemäss Variante 1, Nordvariante, und gemäss Variante 2 ausmünden würden. Die ganze Strecke liegt im Sesvenna-Kristallin, ausgenommen allenfalls ein kurzer Abschnitt in der Chazfora-Fuorn-Formation im Bereich zwischen Mte. S. Lorenzo und Piz Terza, wobei das Vorkommen dieser „Sedimentzunge“ im Kristallin unsicher ist.

Ab dem Tunnelportal im Münstertal zwischen Sta. Maria und Müstair ist das Trasse bis Clusio – Mals identisch mit den Varianten 1 und 2.

### **3.3.5 Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Schleis/Clusio – Mals/Malles (Variante 4)**

*Anmerkung: Die gewählte Trassierung entspricht derjenigen des geologischen Berichts.*

Diese Linie würde im Bahnhof Scuol bei einer Umgestaltung zum Durchgangsbahnhof durch den im Abschnitt 5.5. erläuterten Tunnel in der linken Talflanke von Scuol führen, dann in offener Linienführung weiter am linken Talhang bis Ramosch und etwa hier mit einer Brücke auf ca. Kote 1150 m den Inn überqueren. Der linksseitige Brückenkopf würde vermutlich im Tasna-Kristallin des Felskopfs „God da Spadazun“ liegen. Auf der rechten Innseite besteht im Silvretta-Kristallin in der genannten Höhenlage eine durchgehende Hangschuttbedeckung unbekannter Mächtigkeit. Erst weiter flussabwärts liegt auf ca. Kote 1150 m anstehendes Silvretta-Kristallin vor. Für die günstigste Brückenposition wären deshalb genauere Abklärungen mit Sondierungen notwendig. Zwischen beiden Talflanken verläuft die Engadiner Linie. Rezente Bewegungen an dieser Linie sind nicht bekannt, doch müsste dies noch abgeklärt werden. Eine weitere Brücke

ckenposition ergäbe sich flussaufwärts, wo auf der rechten Talseite das Silvretta-Kristallin mit Gneis und Amphibolit bis zum Inn reicht und auf der linken Talseite die Bündnerschiefer ebenfalls bis fast zum Talgrund (Schotter) aufgeschlossen sind. Anschliessend an diese Talquerung ergäbe sich wahrscheinlich rechtsseitig ein Hangtunnel im Amphibolit der Silvretta-Decke.

Das offene Trasse entlang dem linken Talhang zwischen dem Nordostportal des Tunnels von Scuol und der Brücke über den Inn verläuft über Bündnerschiefern, die grösstenteils von Moränenmaterial überdeckt und vernässt sind, wobei in Vernässungen z.T. Quelltuff vorliegt. Der Hang wäre bezüglich seiner Oberflächenstabilität zu überprüfen.

Sollte im erläuterten Talabschnitt ab dem Bahnhof Scuol als Kopfbahnhof direkt eine rechtsseitige Linienführung vorgesehen werden, gelten bis in den Bereich des Tunnelportals der Varianten 5.4. und 5.5. die dortigen Ausführungen. Anschliessend würde das Trasse dem z.T. felsigen, teils von Moräne und Schutt bedeckten Hang folgen, wobei vermutlich kürzere Lehnentunnels vorzusehen wären. Erschwerend kommt bei dieser Trassierung die Querung der Val d’Uina mit einer grösseren Brücke sowie von Bachrunsen mit kleineren Brücken hinzu.

Der weitere Verlauf der Strecke am rechtsseitigen Talhang führt bis zum Tunnel unter der Norbertshöhe (Länge ca. 7.5 km) durch zunehmend steileres Hanggelände mit z.T. unsicherer Stabilität.

Der Tunnel unter der Norbertshöhe nach Nauders würde zum grössten Teil in die Bündnerschiefer zu liegen kommen und hätte anschliessend noch die Tasna-Decke mit Ophiolithen und Gneis, die Engadiner Linie und Silvretta-Kristallin zu durchörtern. Der Bahnhof Nauders käme dann südlich des Dorfes resp. vom Schloss Nauders zu liegen.

Ab dem Bahnhof Nauders würde das Trasse offen über den flachen Reschenpass nach Reschen und dem westlichen Seeufer entlang nach St. Valentin führen. Inwiefern dem See entlang kürzere Hangtunnels notwendig wären, müsste die genauere Projektierung ergeben, sollte es zu dieser Linienführung kommen. Nördlich des Dorfes St. Valentin bzw. südlich unterhalb der Staumauer des Reschensee würde das Tal gequert. Dann folgte ein 13 – 14 km langer 180° Kehrtunnel mit einem Südportal talwärts von Burgisio/Burgeis. Dieser Tunnel liegt zur Gänze im Kristallin der Ötztal-Decke. Grössere Störungen sind nicht anzunehmen, so dass mit generell günstigen Ausbruchverhältnissen gerechnet werden kann.

Südlich Burgisio würde erneut das Tal in offener Linienführung gequert und anschliessend ist ein weiterer 180° Kehrtunnel in der westlichen Talflanke vorgesehen. Sein Nordportal liegt noch im Ötztal-Kristallin, doch schneidet der Tunnel anschliessend die Schlinig-Überschiebung. An der Überschiebung kann untere Trias (Chazfora- und Fuorn-Formation) sowie mittlere karbonatische Trias zwischen Ötztal- und Sesvenna-Kristallin eingequetscht sein, auch wenn solches erst weiter nördlich verzeichnet ist. Das Südportal bei Clusio ist identisch mit dem Tunnelportal aller von Taufers her kommenden Varianten sowie mit dem Tunnelportal der direkten Verbindung Scuol – Clusio – Mals. Es liegt im Sesvenna-Kristallin. Wenn an der Schlinig-Linie keine eingeqetschten Triassedimente vor-

kommen, kann mit generell günstigem Tunnelausbruch gerechnet werden. Ansonsten im Bereich der Sedimentzone mit Erschwernissen zu rechnen. Die offene Talquerung zum Bahnhof Mals ist dieselbe wie bei allen anderen Varianten.

Bei der Beurteilung der aus verkehrspolitischen und touristischen Erwägungen entstandenen Trassevarianten können derzeit erst die geologischen Rahmenbedingungen und ihre Folgerungen für den Tunnel- und Streckenbau dargelegt werden. Es resultieren daraus aber bereits die grundsätzlichen positiven und negativen Aspekte der verschiedenen Trassevarianten, was bei deren weiteren Planungsevaluation berücksichtigt werden sollte.

## 4. Generelle Linienführungen

In der nachfolgenden Übersichtskarte ist die generelle Linienführung der fünf Varianten dargestellt.

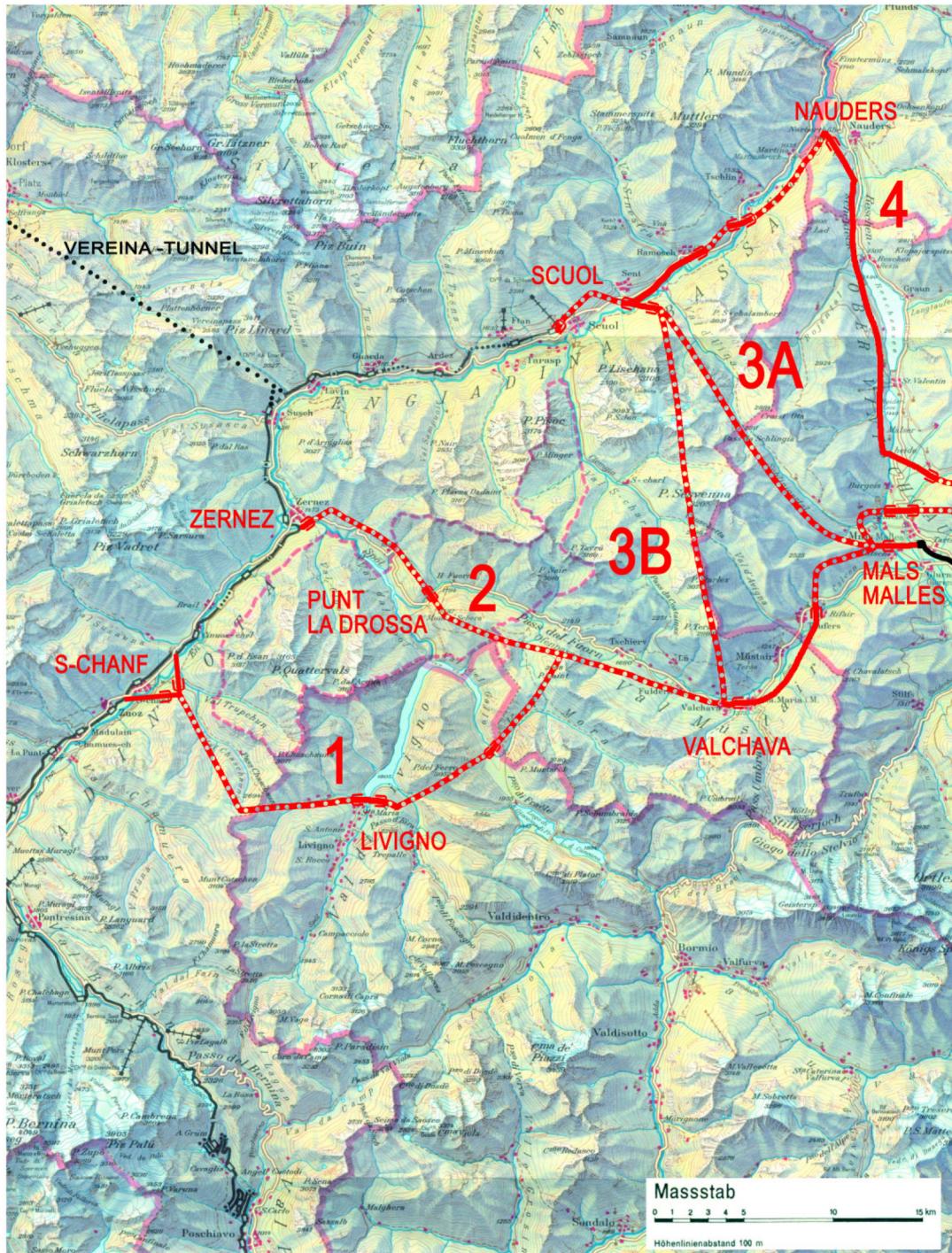


Abbildung 4: Generelle Linienführung der fünf Varianten, Schulkarte von R. Hofmann (verkleinert)

Die neuen Bahnverbindungen weisen Streckenlängen zwischen 27 und 57 km auf. Der Anteil Tunnelstrecken liegt zwischen 44 und 85%. Die Variante mit der kürzesten Streckenlänge ist die Variante 3A Scuol – Mals/Malles (via Schleis/Clusio) mit ca. 27 km, die Variante 4 Scuol – Reschen/Resia – Mals/Malles weist mit 59 km eine mehr als doppelte so lange Streckenlänge auf, ebenso die Variante 1 mit 57 km.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die gesamte Streckenlänge mit Länge der Tunnel und offenen Strecken, sowie der bestehenden Strecke bis Sagliains für die 5 Varianten.

Neubaustrecken Varianten 1-4 und bestehende Strecken bis Sagliains					
Varianten Strecken	Länge Neu-baubrücke	Länge Tunnel-strecke	Länge offene Strecke	Anteil Tunnel-strecken	Best. Strecke bis Sagliains
<b>Variante 1</b> S'chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles	57 km	43 km (4 Abschnitte)	14 km (5 Abschnitte)	75%	ca. 23 km
<b>Variante 2</b> Zernez – Punt La Drossa - Valchava – Mals/Malles	45 km	33 km (3 Abschnitte)	12 km (4 Abschnitte)	73%	ca. 9 km
<b>Variante 3A</b> Scuol – Mals/Malles	27 km	23 km (2 Abschnitte)	4 km (3 Abschnitte)	85%	ca. 18 km
<b>Variante 3B</b> Scuol – Valchava – Mals/Malles	46 km	34 km (3 Abschnitte)	12 km (4 Abschnitte)	74%	ca. 18 km
<b>Variante 4</b> Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles	59 km	26 km (5 Abschnitte)	33 km (6 Abschnitte)	44%	ca. 18 km

## 4.1 Variante 1: S-chanf - Livigno - Valchava - Mals/Malles

Die neue Linie wird sowohl aus Richtung Oberengadin und als auch aus Richtung Unterengadin an die bestehende RhB-Strecke angeschlossen. Von Zuoz her überquert die neue Trasse den Inn im freien Feld im Raum S-chanf, um rechtsufrig das westliche Tunnelportal zu erreichen.

Aus Richtung Cinuos-chel-Brail muss die neue Linie den tiefen Inn-Einschnitt überqueren, um über eine teils bewaldete Gegend zum östlichen Tunnelportal im Raum S-chanf zu gelangen. Die beiden Teilstrecken werden erst im Tunnel zusammengeführt. Der erste Tunnel mit einer Länge von 13 km endet auf dem Talboden von Livigno, wo eine Bahnstation erstellt wird. Unmittelbar nach der Stati-

onsanlage verschwindet die Linie im zweiten, 7 km langen Tunnel, der Richtung Norden abdreht und im Val del Gallo endet. Hier erreicht diese Linie mit 1'910 m ü.M. den Kulminationspunkt. Auf einer kurzen Strecke überquert das Gleis dieses Tal, um dann im dritten Tunnel mit einer Länge von 16 km fortgesetzt zu werden. In diesem Tunnel wird in der Mitte eine Kreuzungs- und Dienststation errichtet. Der Tunnel endet in unmittelbarer Nähe von Valchava. Die anschliessende offene Linienführung in der Val Müstair erhält zwischen Valchava und Sta. Maria Val Müstair eine Haltestelle, in der Nähe von Müstair eine Station und bei Tiefers/Tubre einen weiteren Haltepunkt. Die Gefällsstufe im Tal unterhalb Tiefers/Tubre wird in einem weiteren, 7 km langen Tunnel umfahren, um bei Schleis/Clusio das Gelände westlich Mals/Malles zu erreichen. Mit der anschliessenden offenen Strecke wird der Anschluss an den Bahnhof Mals/Malles bewerkstelligt.

Gesamte Streckenlänge dieser Variante: 57 km

Totallänge der Tunnels: 43 km

Prozentualer Anteil Tunnellänge: 75 %

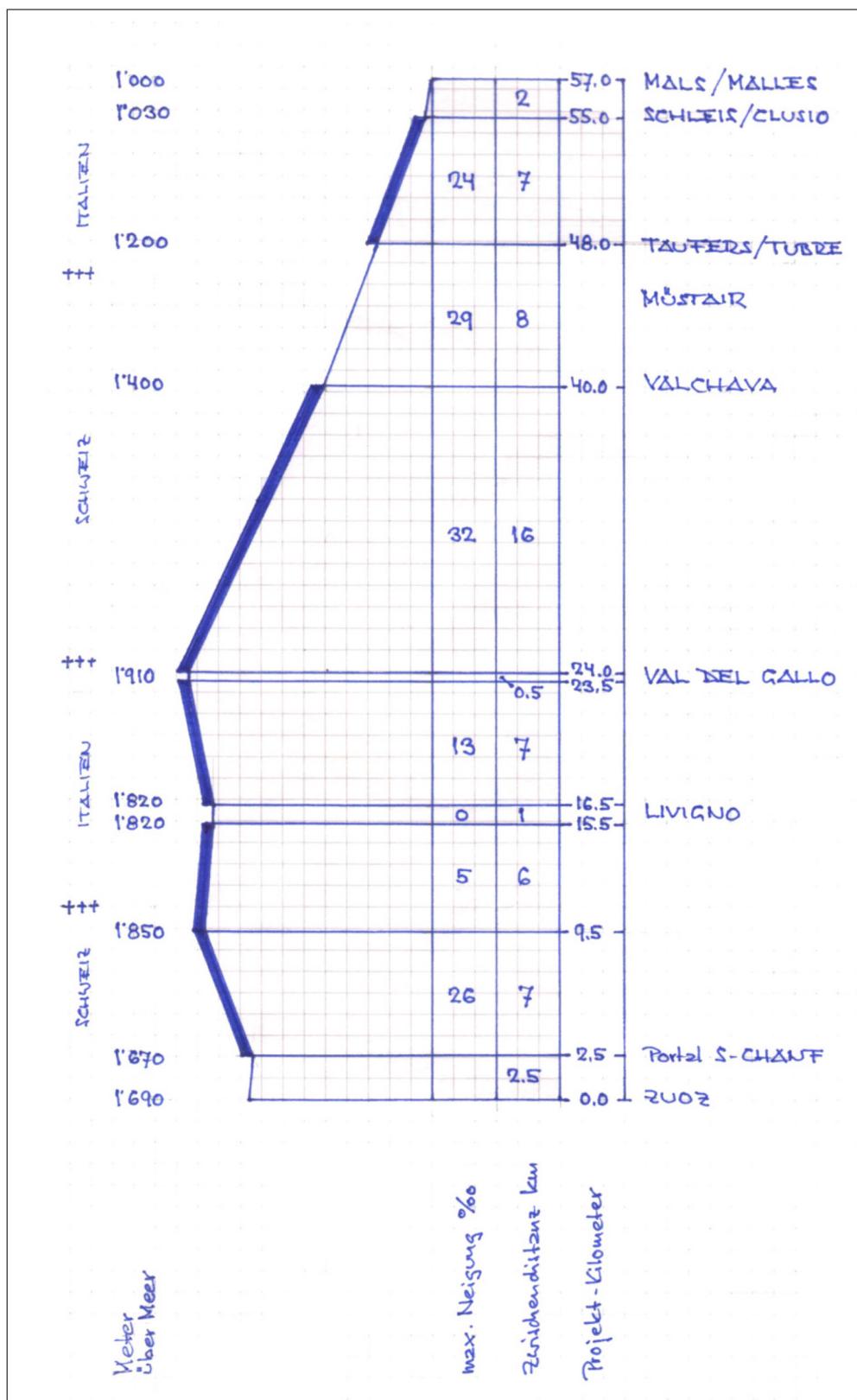


Abbildung 5: Generelles Streckenprofil Variante 1 S-chanf - Livigno - Valchava - Mals/Malles

## **4.2 Variante 2: Zernez - Punt la Drossa - Valchava - Mals/Malles**

Die neue Linie zweigt aus Richtung Zernez auf offener RhB-Strecke zwischen Zernez und Carolina ab. Im gleichen Geländeabschnitt wäre eine zusätzliche Abzweigung aus Richtung Oberengadin möglich. Noch außerhalb des Nationalparkareals verschwindet das Gleis im ersten, 8.5 km langen Tunnel, der im Tal der Ova dal Fuorn bei Punt la Drossa endet. Die Bahnlinie erreicht hier den Kulminationspunkt mit 1'720 m ü.M., wo ein Haltepunkt zum Umsteigen Richtung Livigno gebaut wird. Unmittelbar nach Überqueren der Ova dal Fuorn beginnt der zweite, 17.5 km lange Tunnel. In Tunnelmitte wird eine Kreuzungs- und Dienststation erstellt. Der Tunnel endet in der Nähe von Valchava. Die anschliessende offene Linienführung in der Val Müstair erhält zwischen Valchava und Sta. Maria Val Müstair eine Haltestelle, in der Nähe von Müstair eine Station und bei Tiefers/Tubre einen weitern Haltepunkt. Die Gefällsstufe im Tal unterhalb Tiefers/Tubre wird in einem weitern, 7 km langen Tunnel umfahren, um bei Schleis/Clusio das Gelände westlich Mals/Malles zu erreichen. Mit der anschliessenden offenen Strecke wird der Anschluss an den Bahnhof Mals/Malles bewerkstelligt.

Gesamte Streckenlänge dieser Variante: 45 km

Totallänge der Tunnels: 33 km

Prozentualer Anteil Tunnellänge: 73 %

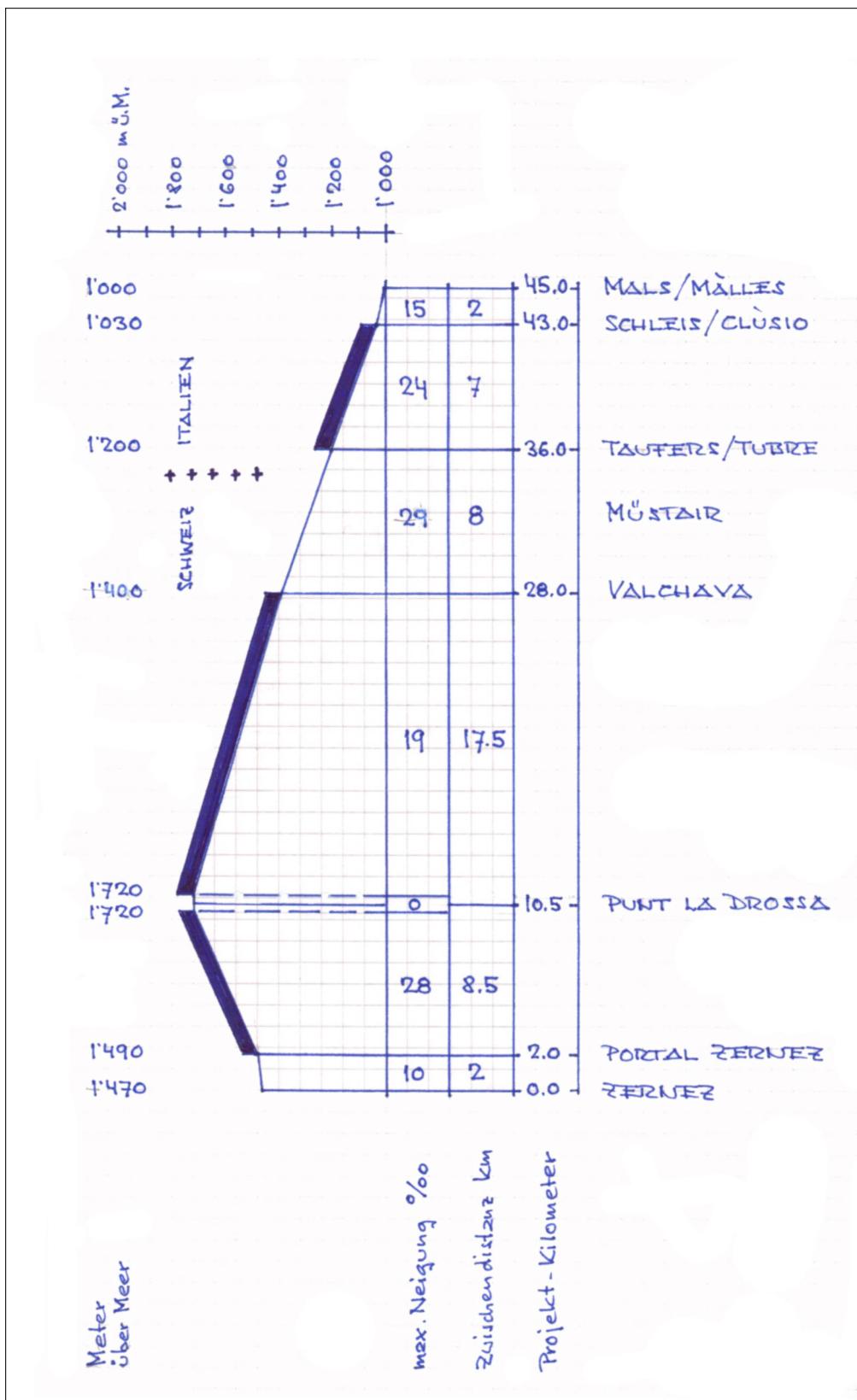


Abbildung 6: Generelles Streckenprofil Variante 2 Zernez - Punt la Drossa - Valchava - Mals/Malles

### 4.3 Variante 3A: Scuol - Mals/Malles

Die neue Linie beginnt auf dem Bahnhof Scuol, wo sich auch der höchste Punkt mit 1'285 m ü.M. befindet. Anschliessend werden Dorf und Umfahrungsstrasse in einem 3.5 km langen Tunnel nördlich umfahren. Mit diesem Tunnel sollen auch die Quellgebiete geschont werden. Östlich von Scuol wird das Inntal überquert und die neue Bahnlinie wird in einem 19.5 km langen Tunnel Richtung Vinschgau geführt. In Tunnelmitte wird eine Kreuzungs- und Dienststation erstellt. Das östliche Tunnelportal kommt im Vinschgau in der Nähe der Ortschaft Schleis/Clusio zu stehen. Mit der anschliessenden offenen Strecke wird der Anschluss an den Bahnhof Mals/Malles bewerkstelligt.

Gesamte Streckenlänge dieser Variante: 27 km

Totallänge der Tunnels: 23 km

Prozentualer Anteil Tunnellänge: 85 %

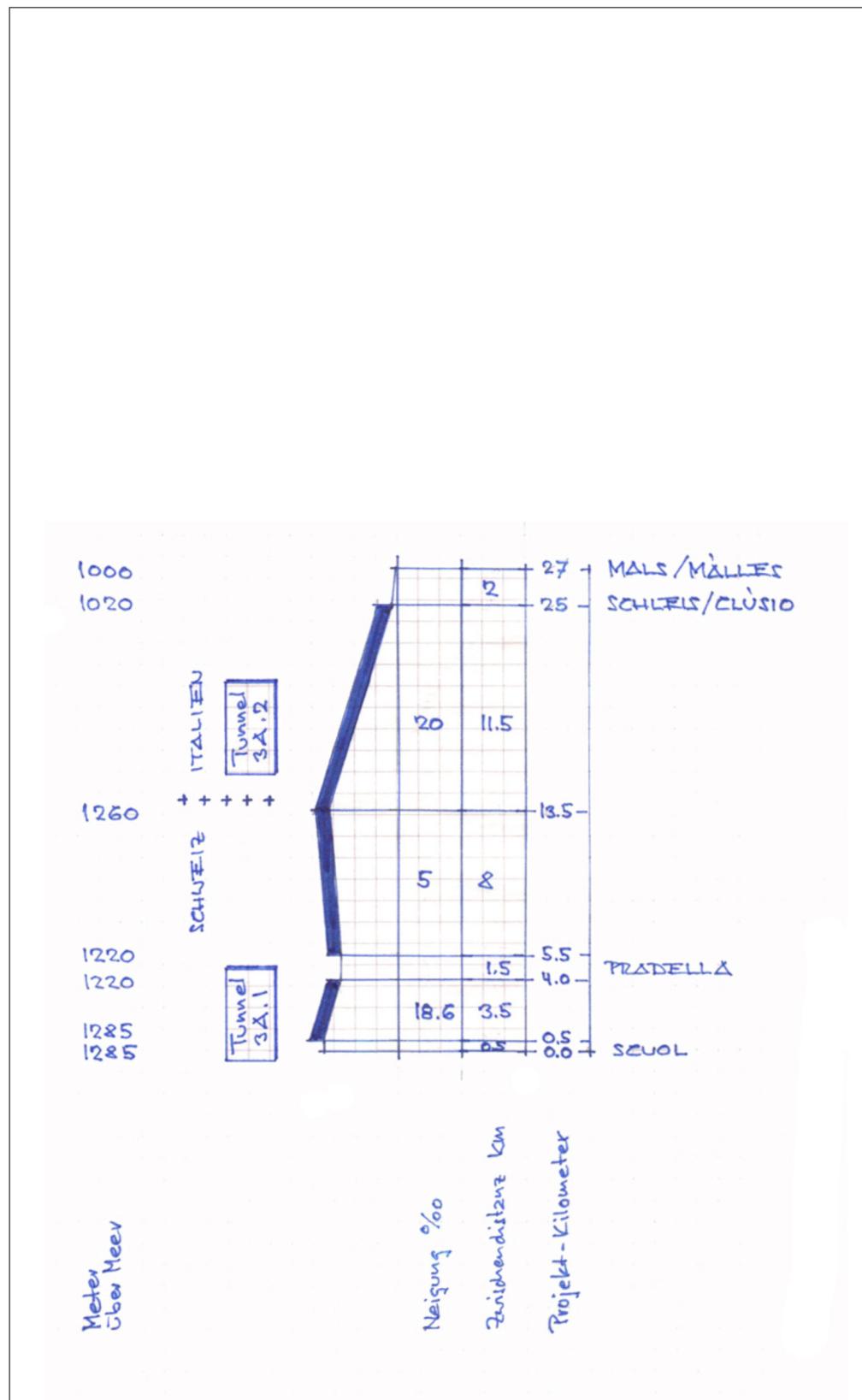


Abbildung 7: Generelles Streckenprofil Variante 3A Scuol - Mals/Malles

#### **4.4 Variante 3B: Scuol - Valchava - Mals/Malles**

Die neue Linie beginnt auf dem Bahnhof Scuol und umfährt Dorf und Umfahrungsstrasse in einem 3.5 km langen Tunnel. Mit diesem Tunnel sollen auch die Quellgebiete nördlich Scuol schonend umfahren werden. Östlich von Scuol wird das Inntal überquert und die neue Bahnlinie wird in einem 23.5 km langen Tunnel Richtung Val Müstair geführt. Im Tunnel befindet sich mit 1'450 m ü.M. der Kulminationspunkt der Strecke. Dieser Tunnel erhält in der Mitte eine Kreuzungs- und Dienststation. Der Tunnel endet in der Nähe von Valchava. Die anschliessende offene Linienführung in der Val Müstair erhält zwischen Valchava und Sta. Maria Val Müstair eine Haltestelle, in der Nähe von Müstair eine Station und bei Taufers/Tubre einen weiteren Haltepunkt. Die Gefällsstufe im Tal unterhalb Taufers/Tubre wird in einem weiteren, 7 km langen Tunnel umfahren, um bei Schleis/Clusio das Gelände westlich Mals/Malles zu erreichen. Mit der anschliessenden offenen Strecke wird der Anschluss an den Bahnhof Mals/Malles bewerkstelligt.

Gesamte Streckenlänge dieser Variante: 46 km

Totallänge der Tunnels: 34 km

Prozentualer Anteil Tunnellänge: 74 %

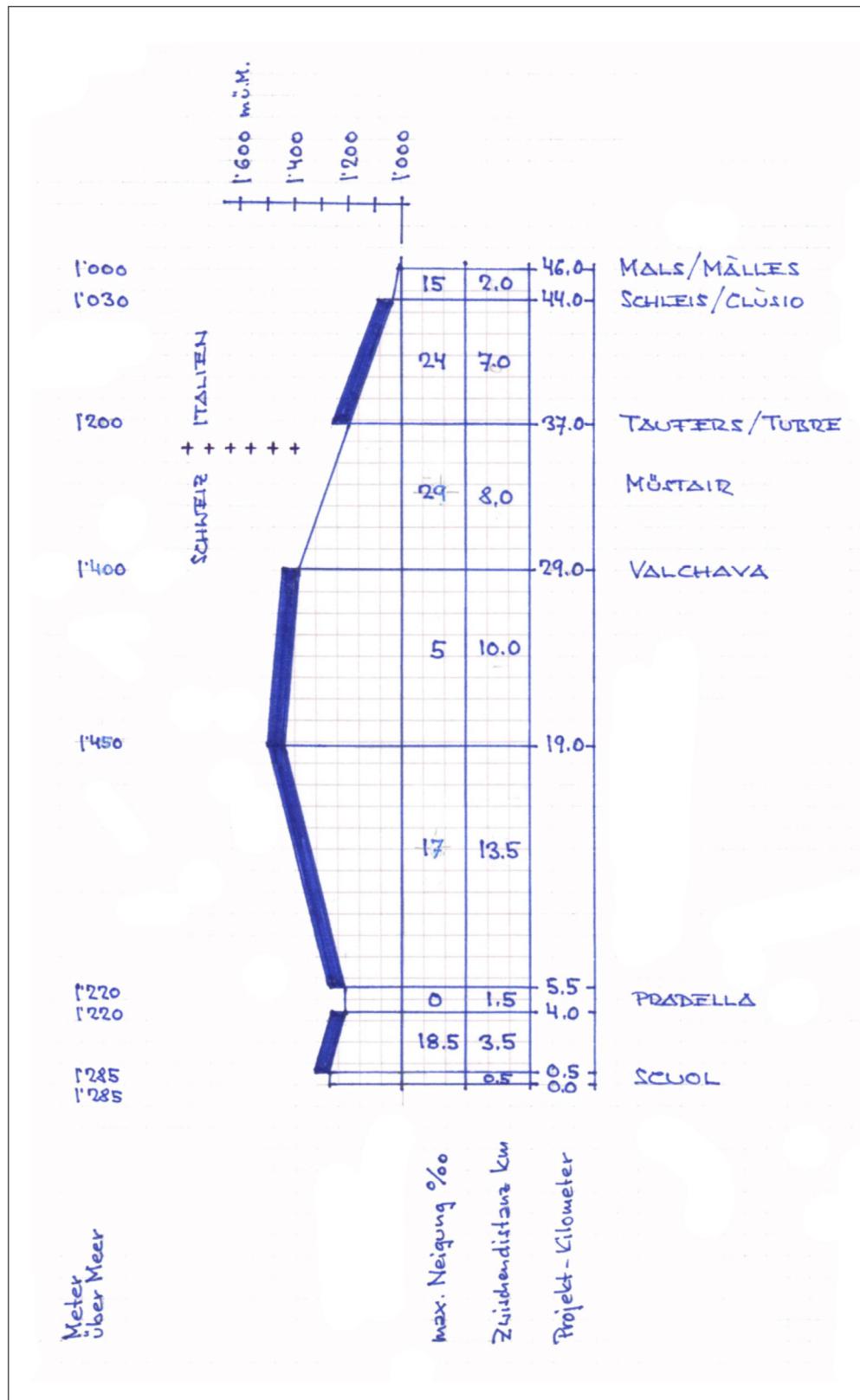


Abbildung 8: Generelles Streckenprofil Variante 3B Scuol - Valchava - Mals/Malles

## **4.5 Variante 4: Scuol - Nauders - Reschen/Resia - Mals/Malles**

Die neue Linie beginnt auf dem Bahnhof Scuol und umfährt Dorf und Umfahrungsstrasse in einem 3.5 km langen Tunnel. Mit diesem Tunnel sollen auch die Quellgebiete nördlich Scuol schonend umfahren werden. Östlich von Scuol verläuft die Bahnlinie in Hanglage auf der linken Talseite. In der Nähe von Ramosch zwingen die Geländeeverhältnisse die neue Linie in einen 2.5 km langen Tunnel, der bei Serapiana endet. Im spitzen Winkel führt die Bahnlinie über das Inntal, um bei S.Nicla im 7.5 km langen Tunnel Richtung Nauders zu verschwinden. In Nauders beginnt die offene Linienführung über den Reschenpass, wobei entlang des Reschensees das westliche Ufer beansprucht und die Kulminationshöhe von 1'510 m ü.M. erreicht werden. Am südlichen See-Ende beginnt der Abstieg, der nur mit zwei Kehrtunnels zu bewältigen ist. Ein erster 8 km langer Tunnel verläuft nach Überquerung des Tales im östlichen Gebirge und nach einer weiteren Überquerung des Tales in westlicher Richtung verschwindet die Bahnlinie bei Burgeis/Burgusio im zweiten, 4.5 km langen Kehrtunnel. Bei Schleis/Clusio steht das untere Tunnelportal, wo das Gelände westlich Mals/Malles erreicht wird. Mit der anschliessenden offenen Strecke erfolgt der Anschluss an den Bahnhof Mals/Malles.

Gesamte Streckenlänge dieser Variante: 59 km

Totallänge der Tunnels: 26 km

Prozentualer Anteil Tunnellänge: 44 %

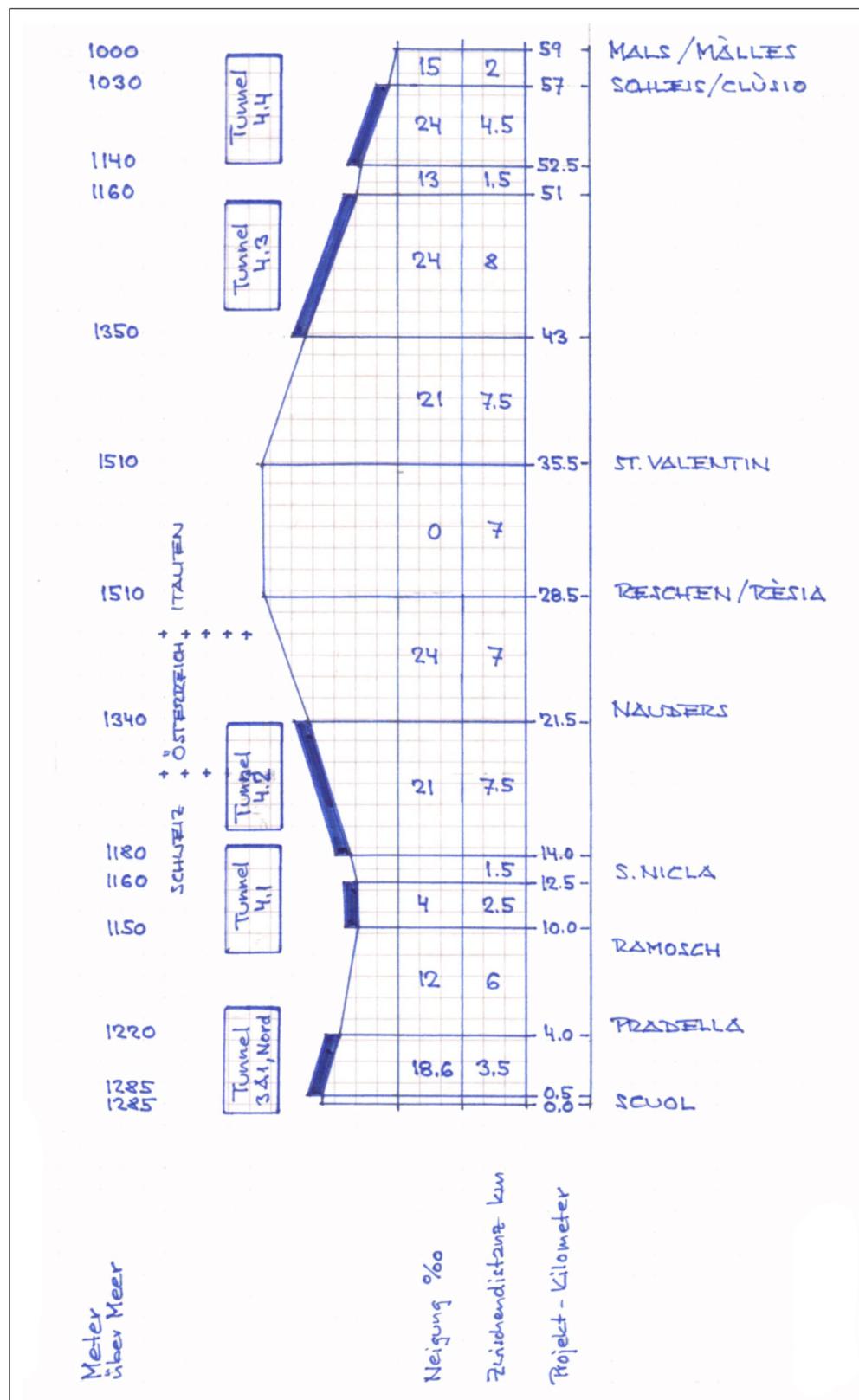


Abbildung 9: Generelles Streckenprofil Variante 4 Scuol - Nauders - Reschen/Resia - Mals/Malles

## 5. Tunnelbau

### 5.1 Allgemeines zum Tunnelbau im Studiengebiet

Bei allen im Kapitel 1.1 definieren Varianten, ist der Bau der langen Tunnel sowohl aus finanzieller Sicht als auch was die Bauzeit anbelangt von massgebender Bedeutung. Die grössten Unsicherheiten bei der Bestimmung der Baukosten und auch bei der Beurteilung des Bauprogrammes werden vom Ausmass der zu durchquerenden geologisch ungünstigen Formationen hervorgerufen, deren Beschaffenheit im Projektgebiet je nach Variante grössere Unsicherheiten bereitet. Durch den zum Teil flachen und komplizierten Aufbau der geologischen Strukturen im Studiengebiet, können sich mögliche Fehleinschätzungen in der Höhenlage der für den Tunnelbau massgeblichen schwierigen geologischen Formationen stark auswirken.

Aus dem oben beschriebenen Grunde interessiert, welche Tunnelbauten bis heute im Studiengebiet bereits ausgeführt wurden, welche Schwierigkeiten diese zu überwinden hatten und mit welchem Ergebnis dies möglich war.

#### 5.1.1 Tunnel der Engadiner Kraftwerke S-chanf – Pradella und Livigno – Ova Spin

Die Tunnelbauten von S-chanf bis Pradella wurden so angelegt, dass sie auf der grössten Strecke im Bereich des Hauptdolomites zu liegen kamen. In dieser geologischen Formation war der fast durchgehend grosse bis sehr grosse Wasserandrang für den Tunnelbau hindernd. Zudem zeigten sich in tektonisch besonders gestörten Zonen Brüche mit kakiritisiertem Material und sehr grossem Wasserandrang. Für die Durchörterung dieser Zonen mussten z. T. chemische Injektionen angewandt werden.

Im oberen Teil des Tunnels, von Val Tantermozza bis Val Torta, traf der Tunnel auf seiner ursprünglichen Linienführung auf stark wasserführende Raiblerformationen. Der sehr hohe Wasserdruck, die grosse Wassermenge von bis zu 1 m<sup>3</sup>/sec und der sehr ungünstige Fels, zwangen nach einem grösseren Einbruch den Tunnelvortrieb aufzugeben. Eine neue Linienführung, welche die Engadiner-Linie querte und in standfesten Silvrettakristallin führte, erlaubte den Tunnel ohne grössere Schwierigkeiten zu Ende zu führen. Die Querung der Engadiner-Linie verursachte dank des niedrigen Wasserdruckes nahe der Geländeoberfläche, trotz dem Vorliegen von Raiblerformationen, keine besonderen Schwierigkeiten.

Im Raum des Wasserschlusses Pradella mussten die Formationen des Raiblers und der Mittleren Trias, allerdings querend aber bei grösserer Überlagerung, durchfahren werden. Auch hier traten Schwierigkeiten beim Tunnelausbruch auf.

Der Tunnel Punt dal Gall bis Ova Spin lag auf der ganzen Länge im Hauptdolomit. Der Tunnelausbruch zeigte keine besonderen Schwierigkeiten. Die gute Ge-

birgsentwässerung durch das tief eingeschnittene Spöltal hat sich günstig auf den Tunnelbau ausgewirkt.

Der Strassentunnel von Punt la Drossa nach Punt dal Gall liegt vor allem in der Chaz Forà Formation. Der Vortrieb verlangte auf einer grösseren Strecke Einbau.

### **5.1.2 Tunnel der Engadiner Kraftwerke Pradella – Martina**

Dieser Tunnel folgt dem Tallauf mit kleiner Überlagerung. Einzig die Querung der Ophiolitformation bei Pradella wies grössere Schwierigkeiten auf.

### **5.1.3 Vereinatunnel**

Dieser Tunnel liegt nördlich des Engadins und nicht direkt im Studiengebiet. Das aber hier auf mehr als 15 km Länge durchfahrene Silvrettakristallin ist dem in fast allen Projektvarianten angetroffenen Sesvennakristallin sehr ähnlich. Auch die im Vereinaprojekt angetroffenen Überlagerungen können mit denjenigen des Rhätischen Dreieckes verglichen werden. Das Silvrettakristallin hat sich sowohl bei der Durchfahrung mit einer Tunnelbohrmaschine wie beim konventionellen Sprengvortrieb als gutes Tunnelgebirge erwiesen. Aus diesem Grunde können die entsprechenden Erfahrungswerte des Vereinatunnels ohne weiteres für das vorliegende Projekt übernommen werden.

### **5.1.4 Tunnel der Rhätischen Bahn**

Diese können als Beispiele für das vorliegende Projekt nicht herangezogen werden. Sie sind nahe der Oberfläche angelegt und durchfahren in den bekannten schwierigen Strecken Rutschgebiete, die im Projekt nicht vorkommen.

## 5.2 Charakterisierung des Gebirges

Umsetzung der geologischen und geotechnischen Ergebnisse des geologischen Berichtes in tunnelbautechnische Größen. Die geologische Übersicht (Horizontalschnitt, Niveaulkarte auf der Höhe von Tunnelvarianten 1:75'000, verkleinert) ist im Kapitel 3.2 Geologie im Planungsgebiet enthalten.

### 5.2.1 Definition von kombinierten Ausbruch- / Sicherungsklassen und Bestimmung von Homogenbereichen für die Tunnel aller Trassevarianten

Im geologischen Bericht, Kapitel 3, sind für jede Trassevariante die Tektonik in einem Längsschnitt sowie in einem Grundriss über das gesamte Studiengebiet dargestellt. Im Bericht sind im weiteren die geotechnischen Eigenschaften der zu durchhörternden Gesteinseinheiten beschrieben. Es sind die zu erwartenden tektonischen Störungen sowie die beim Vortrieb anfallenden Wassermengen genannt. Speziell wird das Quellgebiet von Scuol behandelt.

Diese Angaben dienen als Grundlage für die Beurteilung der technischen Machbarkeit der verschiedenen Tunnel.

Um dies in übersichtlicher und nachvollziehbarer Art und Weise vornehmen zu können, sind für jeden Tunnel die geologisch- / geotechnischen Angaben in tunnelbautechnisch definierte Größen umzusetzen. Dafür werden aufgrund der geotechnischen Eigenschaften des zu durchhörternden Gebirges einheitlich definierte kombinierte Ausbruch- / Sicherungsklassen bestimmt.

Aus der Erfahrung beim Bau der Stollen der Engadiner Kraftwerke sowie des Vereinatunnels in ähnlichen Gesteinsformationen werden drei Ausbruch- / Sicherungsklassen bestimmt. Für speziell zu erwartende singuläre Vorkommnisse in den verschiedenen Lithologien werden zusätzlich zu den Klassen Zuschläge vorgesehen. Es wird für jeden Tunnelabschnitt zudem das mögliche Auftreten von tektonischen Störungen und der voraussichtliche Wasserandrang angegeben.

*Der Anhang zum Kapitel 5.2 enthält die detaillierte Aufzeichnung dieser wichtigen Charakterisierung aller Tunnel.*

Aufgrund dieses Vorgehens können die Tunnel der verschiedenen Trassevarianten in nachvollziehbarer Weise charakterisiert und verglichen werden.

Die erarbeiteten Grundlagen erlauben schlussendlich für jeden Tunnel ein mögliches Vorgehen festzulegen. Ein generelles Bauprogramm kann erstellt sowie die Baukosten geschätzt werden.

## **5.2.2 Definition der vorgesehenen kombinierten Ausbruch-/ Sicherungsklassen**

### **Klasse 1**

Tunnelgebirge : Standfest, z.T. leicht nachbrüchig

Vortriebssicherung: Diese besteht aus einzelnen Ankern sowie aus örtlich aufgebrachtem Spritzbeton.

### **Klasse 2**

Tunnelgebirge: Überwiegend nachbrüchig

Vortriebssicherung: Diese besteht aus

- Ankerung als Systemsicherung
- Spritzbeton, z.T. mit Armierungsnetz
- Einzelne kürzere Strecken mit Stahleinbau

### **Klasse 3**

Tunnelgebirge: Überwiegend gebräch, z.T. druckhaft und quellend

Vortriebssicherung: Systematisch Stahleinbau und Spritzbeton, z.T. Sohl gewölbe.

### **Spezielle Zuschläge zu den definierten Klassen**

1. Zur Ermöglichung des Vortriebes sind je nach den vorkommenden Erschwerissen eine der folgenden Massnahmen erforderlich:

- Horizontale Injektionspfähle
- Rohrschirmdecke
- Injektionen
- Entwässerungsbohrungen

2. Vorausbohrungen zur Erkundung des vorliegenden Gebirges

## 5.3 Das Tunnelprojekt

### 5.3.1 TUNNELPROFILE

#### Übersicht (für jede Klasse gewählter Tunneltyp und Vergleich mit den entsprechenden Tunnelprofilen der Vereinalinie)

Die Tunnel der Eisenbahnverbindungen im Rätischen Dreieck werden als einspurige Tunnel vorgesehen. Für den Baubetrieb langer Tunnel ist aber eine 2-spurige Gleisanlage erforderlich. Die daraus entstehende Breite der Tunnelsohle erlaubt ohne weiteres einen 1- Spurbetrieb sowohl einer Schmalspurbahn (1000 mm) als auch einer Normalspurbahn (1435 mm). Die Querschnittsausbildung entspricht derjenigen des Vereinatunnels. Die Höhe des Profils gestattet einen Autotransport mit Lastwagen von 4.00 m Höhe. Sie gestattet demnach auch den Transport aller Normalspureisenbahnwagen. Aufgrund dieser Feststellungen können die Tunnelprofile des Vereinatunnels mit elektrischer Traktion ohne Anpassungen auch für die Tunnel der Eisenbahnverbindungen im Rhätischen Dreieck verwendet werden.

Erweiterte Ausbruchquerschnitte für Kreuzungsstationen und grössere Nischen als Fluchtorte werden bei den Kostenangaben als pauschale Positionen berücksichtigt.

#### Ausbruch mit Tunnelbohrmaschine (TBM)

Die Tunnelbohrmaschinen, die in den Tunnel des Rätischen Dreiecks zum Einsatz kommen werden, entsprechen derjenigen des Vereinatunnels und weisen einen **Durchmesser von 7.64 m** und eine **Querschnittsfläche von ca. 46 m<sup>2</sup>** auf. Die Maschine quert mit gleichem Durchmesser alle geologischen Formationen. Aus diesem Grunde variiert je nach der angetroffenen tunnelbautechnischen Qualität des Gebirges nicht der Querschnitt, sondern der vorzusehende Einbau an Stahlbögen oder Ankern und die Stärke der Spritzbetonverkleidung. Dieser Unterschied wird in den Kostenangaben berücksichtigt.

Ausbruch mit konventionellen Mitteln				
Ausbruch und Sicherungsklasse	Geologische Formation	Vergleichbare Angaben des Vereinatunnels		Tunnelquerschnitt Rät. Dreieck
		Geol. Form.	Ausbruchsfäche m <sup>2</sup>	Ausbruchsfäche m <sup>2</sup>
1	Alle Kristalline	Silvrettakrist. (Vereina S T5)	39-42	39 – 42
2	Hauptdolomit	Nicht vorhanden		39 – 42
3	Hauptdolomit Rät – Lias Chazforà mit Injektionen	Zugwaldtunnel Felsvortrieb dito	52.6	52.6 52.6
3	Ophiolite/Serpentinite	dito		52.6
3	Raibler / Mittl. Trias	Lockermaterial Zugwaldtunnel	54	54
Kreuzungsstation			68 – 88	68 – 88
2 - Spurstrecke			70 – 86	70 – 86

### Der Ausbau der Tunnel

Wie beim Vereinatunnel besteht der Ausbau der Tunnel in den standfesten Zonen und in Zonen mit leichtem Einbau aus Spritzbeton. In den Zonen der Klasse 3 mit schwererem Ausbau wird eine geschalte Betonverkleidung, wenn erforderlich mit Isolation vorgesehen. Je nachdem, ob aus dem anfallenden Ausbruchmaterial Schotter aufbereitet werden kann oder nicht, wird das Gleis mit einem Schotterbett oder einer betonierten Platte vorgesehen.

Auf der folgenden Seite werden zwei typische Tunnelprofile der Vereinalinie dargestellt.

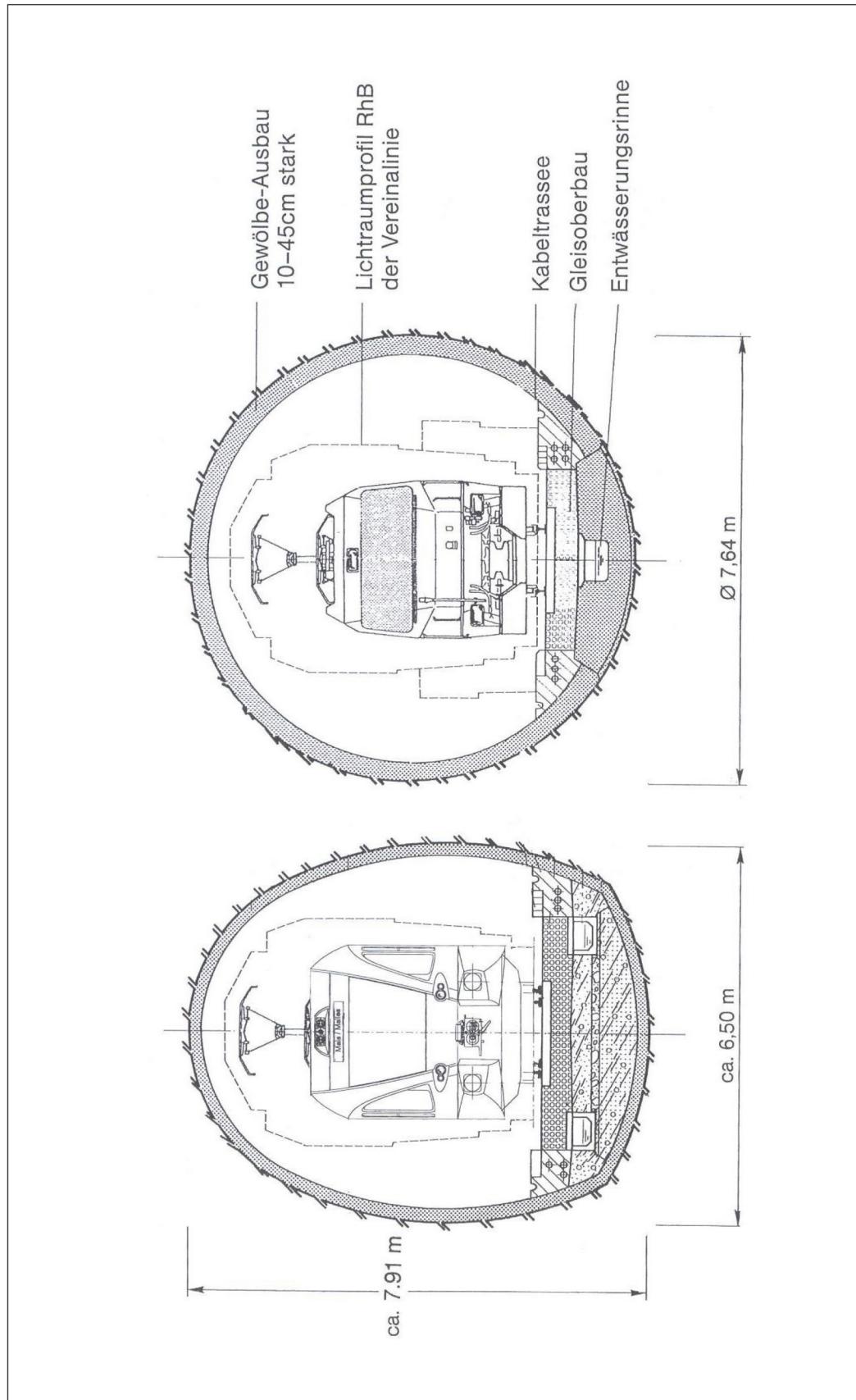


Abbildung 10: Profil Einspurtunnel geeignet für Meterspur- und Normalspur-Variante

### 5.3.2 Kommentar zu den Vortrieben der Trassevarianten

#### Variante 1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles

S-chanf – Livigno

Es wurde angenommen, dass beide Vortriebe mit einer Tunnelbohrmaschine ausgeführt werden können. Sollten genauere Studien schwierigere Verhältnisse mit mehreren Injektionen aufweisen, so müsste der Vortrieb ab S-chanf konventionell ausgeführt werden. Auf die Programmgestaltung der ganzen Variante hätte dies keinen Einfluss. In den Kosten wurden Injektionen vorgesehen.

Livigno – Valchava

Aus Gründen der schlechten Zugänglichkeit des Val del Gallo, werden die Vortriebe einzig von Livigno und von Valchava aus vorgetrieben. Dies geschieht von Livigno aus konventionell. Beim Erreichen des Val del Gallo wird der Vortrieb, nach Erstellen eines provisorischen Überganges zum Portal des Tunnelabschnittes Richtung Valchava, weitergeführt bis zum Durchschlag. Der Vortrieb von Valchava aus wird mit einer Tunnelbohrmaschine begonnen. Diese wird nach ca. 12.3 km bei Erreichen der Raiblerschichten ausgebaut und kann für den Vortrieb von Schleis/Clusio aus eingesetzt werden. Der Vortrieb von Valchava aus muss nach Ausbau der TBM konventionell durch die tunnelbautechnisch ungünstige Zone des Raibler und der Mittleren Trias weitergeführt werden.

Taufers/Tubre - Schleis/Clusio

Der Tunnelausbruch zwischen Taufers/Tubre und Schleis/Clusio wird mit einer TBM von Schleis/Clusio aus ausgebrochen werden.

#### Variante 2: Zernez- Punt la Drossa – Valchava –Mals/Malles

Die Ausführung der Tunnel dieser Trassevariante wird in zwei Abschnitte geteilt :

- Zernez – Valchava

Die Einrichtung einer grossen Baustelle im Schweizerischen Nationalpark bei Punt la Drossa ist nicht denkbar. Aus diesem Grunde wird der Tunnelabschnitt einzig von Zernez und Valchava aus vorgetrieben. Von Zernez aus geschieht dies im konventionellen Sprengvortrieb. Von Valchava aus beginnt der Vortrieb mit einer TBM. Im Sesvennakristallin wird dies ohne weitere Schwierigkeiten möglich sein. In der folgenden Chazforà Formation ist der Vortrieb mit TBM fraglich. Sehr wahrscheinlich muss die TBM vor dem Eintritt in diese Formation ausgebaut werden. Der Vortrieb wird dann konventionell weitergeführt werden.

Im angegebenen Bauprogramm sind für die Strecke von 8.6 km Chazforà Formation nach Punt la Drossa zwei Varianten aufgezeigt. Die eine zeigt einen TBM Vortrieb auf der ganzen Strecke, die andere zeigt einen konventionellen Vortrieb in ungünstigen Verhältnissen. Für die Kostenangaben wurde für diese Strecke die folgende Annahme getroffen: 85 % TBM-Vortrieb und 15 % konv. Vortrieb.

- Schleis/Clusio - Taufers/Tubre

Der Vortrieb des Tunnelabschnittes zwischen Schleis/Clusio und Taufers/Tubre wird mit einer TBM ausgeführt werden. Hier kann die im Vortrieb von Valchava ausgebauten TBM eingesetzt werden.

Zum Vortrieb des Tunnelabschnittes zwischen Zernez und Valchava ist ein spezieller Kommentar anzubringen:

Die Linie der Variante 2 führt von Zernez nach La Drossa und nach Valchava parallel und nahe an der vom Geologen festgestellten Grenzlinie zwischen Raibler/Mittlerer Trias und der Chazforà Formation. Diese Situation ist ersichtlich im geologischen Grundriss, der auf Kote 1470 – 1540 erstellt wurde, entsprechend der ursprünglich gedachten Linie direkt nach Müstair und nicht über La Drossa. Die neue Linie über La Drossa liegt westlicher und höher bis auf Kote 1720 m, was die Situation in erheblichem Masse erschwert. Die vom Geologen angegebene Grenzlinie im komplizierten, sehr flachen Deckenaufbau zeigt einen möglichen Bau des Gebirges in diesem Gebiet aufgrund von Aufnahmen an der Oberfläche. Sie weisen aber niemals den erforderlichen Genauigkeitsgrad auf, um in dieser heiklen Situation Angaben machen zu können, die auch nur den Bedürfnissen einer Machbarkeitsstudie mit genügender Sicherheit genügen können. Dies im Gegensatz zu den übrigen festgelegten Linien der anderen Varianten, die solche heiklen Stellen fast senkrecht queren und nicht auf grössere Distanzen parallel verfolgen. Es besteht die grosse Gefahr, dass die festgelegte Linie der Variante 2 auf grösserer Länge von der geotechnisch mittelmässigen Chazforà Formation in die viel ungünstigere Formation des Raibler und der Mittleren Trias wechselt, mit gravierenden Folgen für das Projekt. Nur durch bedeutend detailliertere geologische Untersuchungen und Tiefbohrungen kann das heute bestehende grosse Risiko verkleinert werden.

### **Variante 3A: Scuol – Mals/Malles**

Die Tunnel dieser Variante werden in zwei Abschnitte geteilt.

- Scuol – Pradella

In diesem Abschnitt werden verschiedene Quellen unterfahren. Es ist vorgesehen, diese Vortriebsarbeiten mit grösster Vorsicht und besonderen Massnahmen auszuführen, um die Quellen nicht abzuleiten. Dafür sind im Projektstadium ausführliche Grundlagen zu schaffen und die anzuwendende Methoden genau zu definieren. Im Machbarkeitsbericht sind entsprechende Aufwendungen vorgesehen. Ebenfalls ist die Bauzeit mit genügenden Reserven angenommen worden.

- Pradella – Schleis/Clusio.

Der Vortrieb von Pradella aus wird konventionell ausgeführt. Zuerst werden die Schichten der Ophiolite, des Tasna Kristallins bis zur Engadiner Linie durchfahren, anschliessend die Chazforà Formation und das Sesvennakristallin.

Von Schleis/Clusio aus wird der Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine im Sesvennakristallin begonnen und bis zum Durchschlag mit dem Vortrieb von Pradella aus im gleichen Gestein ausgeführt.

### **Variante 3B: Scuol – Valchava – Mals/Malles**

Die Tunnelarbeiten dieser Variante werden in drei Abschnitte geteilt :

- Scuol – Pradella
- Pradella – Valchava

Es werden von Pradella aus die gleichen Formationen durchfahren wie bei der Var. 3A. Der Vortrieb von Valchava aus erfolgt mit einer TBM im Sesvennakristallin.

- Taufers/Tubre - Schleis/Clusio

Der Tunnel von Taufers/Tubre bis Schleis/Clusio wird von Schleis/Clusio aus mit einer TBM ausgebrochen.

### **Variante 4: Scuol – Nauders - Reschen/Resia – Mals/Malles**

Die Ausführung dieser Tunnel gibt zu keinen besonderen Bemerkungen Anlass.

## **5.4 Vortriebsleistungen und Bauprogramm**

### **Allgemeines**

Wie für die Bestimmung der Tunnelbaukosten stehen auch für die Angaben der Vortriebsleistungen für die meisten geologischen Formationen sehr gut vergleichbare Angaben aus dem Schlussbericht des Vereinatunnels zur Verfügung. Zuverlässige Daten sind vor allem diejenigen aus den langen Vortrieben im Silvrettkristallin von Süden in konventioneller Vortriebsart und von Norden mit der Tunnelbohrmaschine. Für kürzere Vortriebe und vor allem für Vortriebe in geologisch ungünstige Formationen werden der Vortrieb des Zugwaldtunnels mit horizontalen Bohrpfählen herangezogen und Erfahrungen aus Vortrieben im Dolomit der Engadiner Kraftwerke mittels Injektionen berücksichtigt.

### **Vortriebsleistungen bei Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine**

*Siehe Tabelle im Anhang zu Kap. 5.5*

In der Annahme einer technischen Verbesserung der Technik der TBM bis zum Jahre der Ausführung der Tunnel des Rät. Dreieckes, wurden für diese etwas höhere Vortriebsleistungen als im Vereinatunnel erreicht angenommen.

### **Vortriebsleistungen bei konventionellem Vortrieb**

*Siehe Tabelle im Anhang zu Kap. 5.5*

Für die in den Tunneln des Rät. Dreieckes zu durchörternden verschiedenen Kristalline ( Sesvenna, Silvretta, Ötztal, Tasna, Vaüglia, Laret/Campo) kann der

Vereinavortrieb im Silvrettakristallin als Vergleich dienen. Aber wegen der bedeutend kürzeren Abschnitte in dieser günstigen geologischen Formation im Vergleich zum Vereinatunnel, wurden die zu erwartenden tägl. Vortriebsleistungen von im Mittel 8.75 m auf 6.50 m reduziert. Bei geologisch ungünstigeren Verhältnissen wurden die verminderten Leistungen aufgrund von Erfahrungen reduziert.

Für die Durchörterung der schwierigen Partien mittels Injektionen und besonderen Massnahmen kann der Vortrieb des Zugwaldtunnels im Lockermaterial als Vergleich angesehen werden. Ähnliche Leistungen wurden in den Vortrieben der Engadiner Kraftwerke bei Verwendung von Injektionen erreicht.

### **Gestaltung der Bauprogramme**

(Siehe die nachfolgenden Längenprofile mit Bauprogrammen)

Bei der Gestaltung der Bauprogramme wurde von einer durchgehenden Arbeitsweise ausgegangen (Organisation nach Dekaden, 300 Arbeitstage pro Jahr)

Bei allen für das Programm massgebenden Vortrieben wurde eine gleichzeitige Ausführung des Vortriebes und des Ausbaues angenommen.

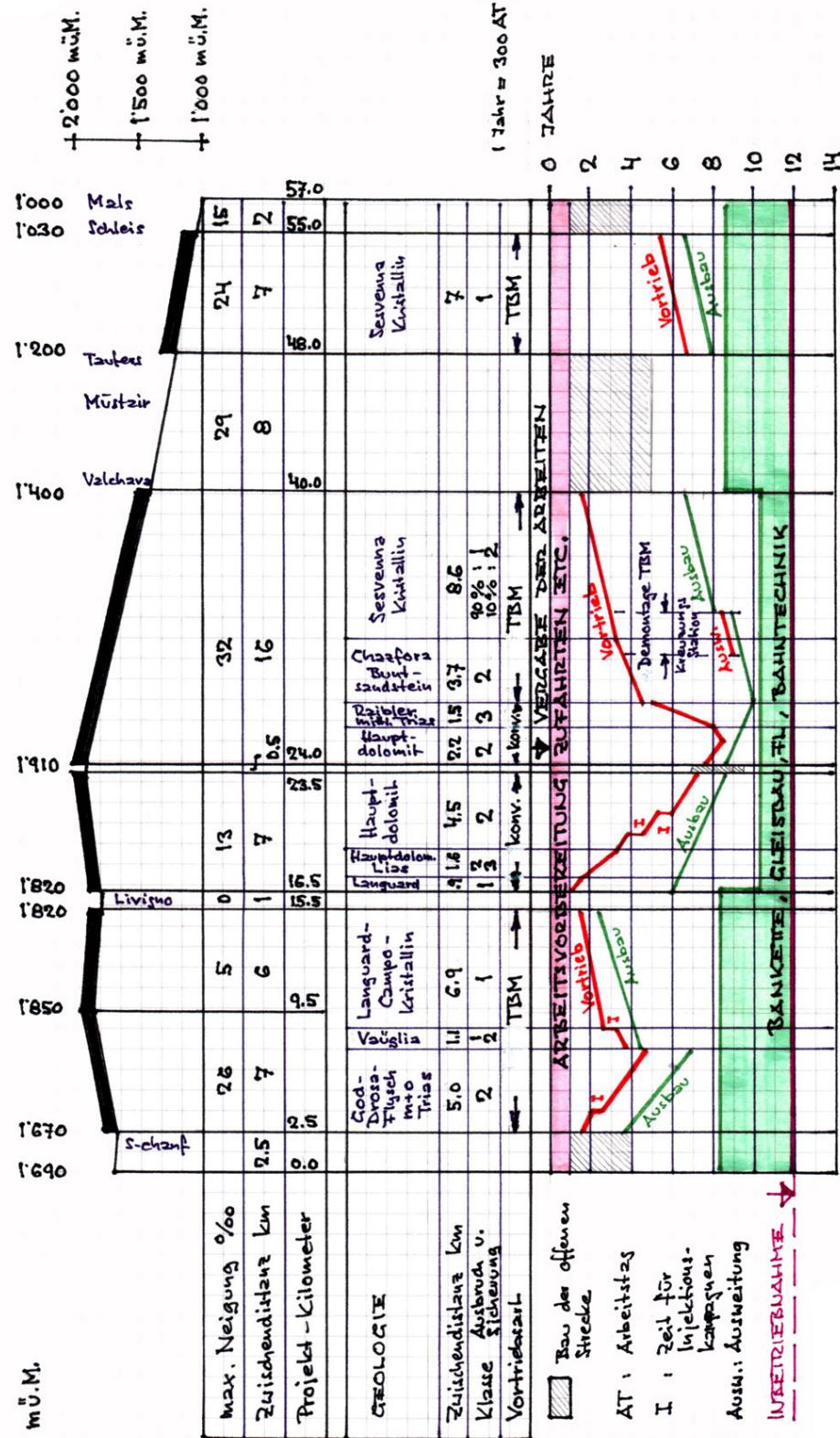


Abbildung 11: Bauprogramm Variante 1 (S-chanf- Livigno – Valchava – Müstair – Mals/Malles)

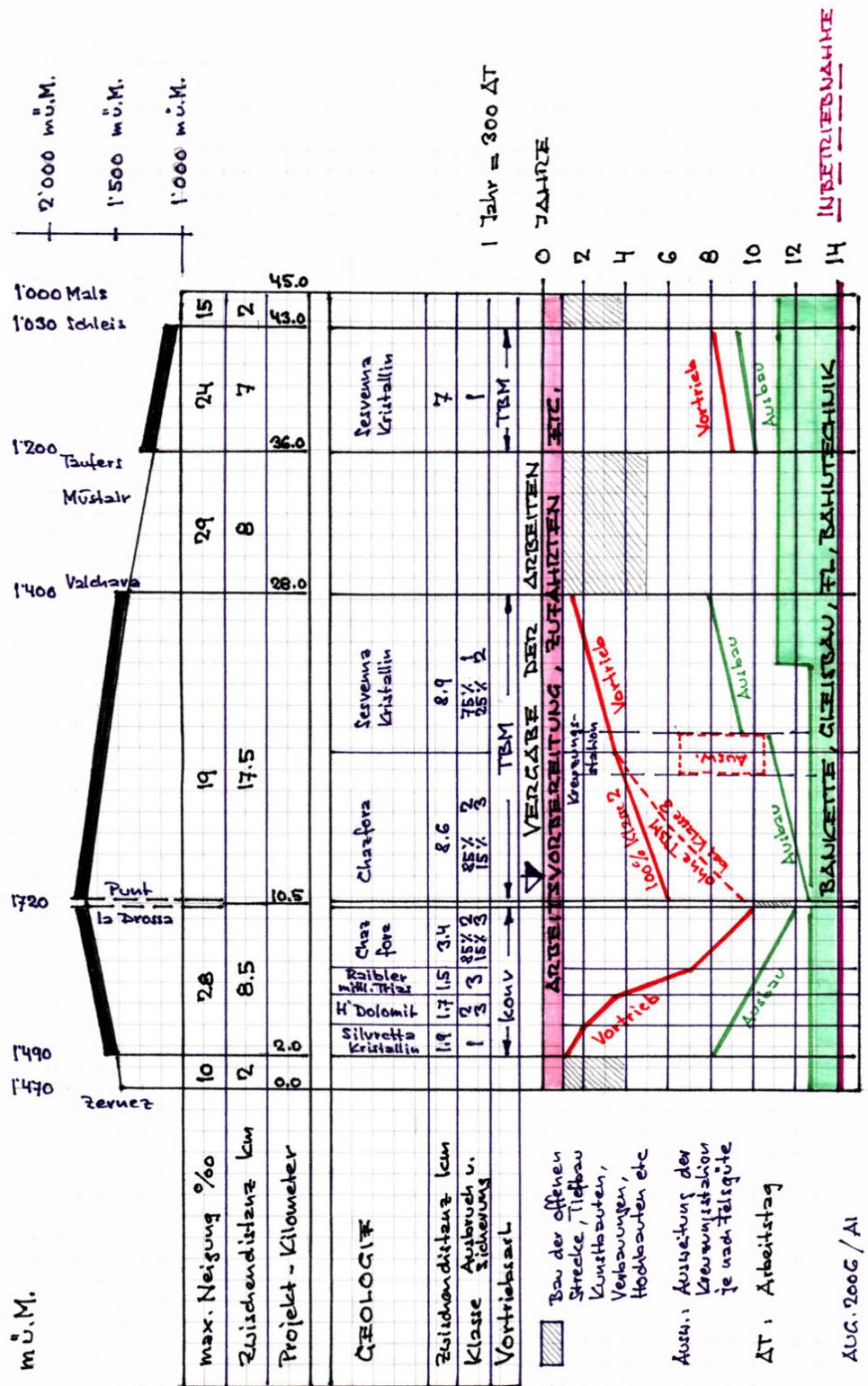


Abbildung 12: Bauprogramm Variante 2 (Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles

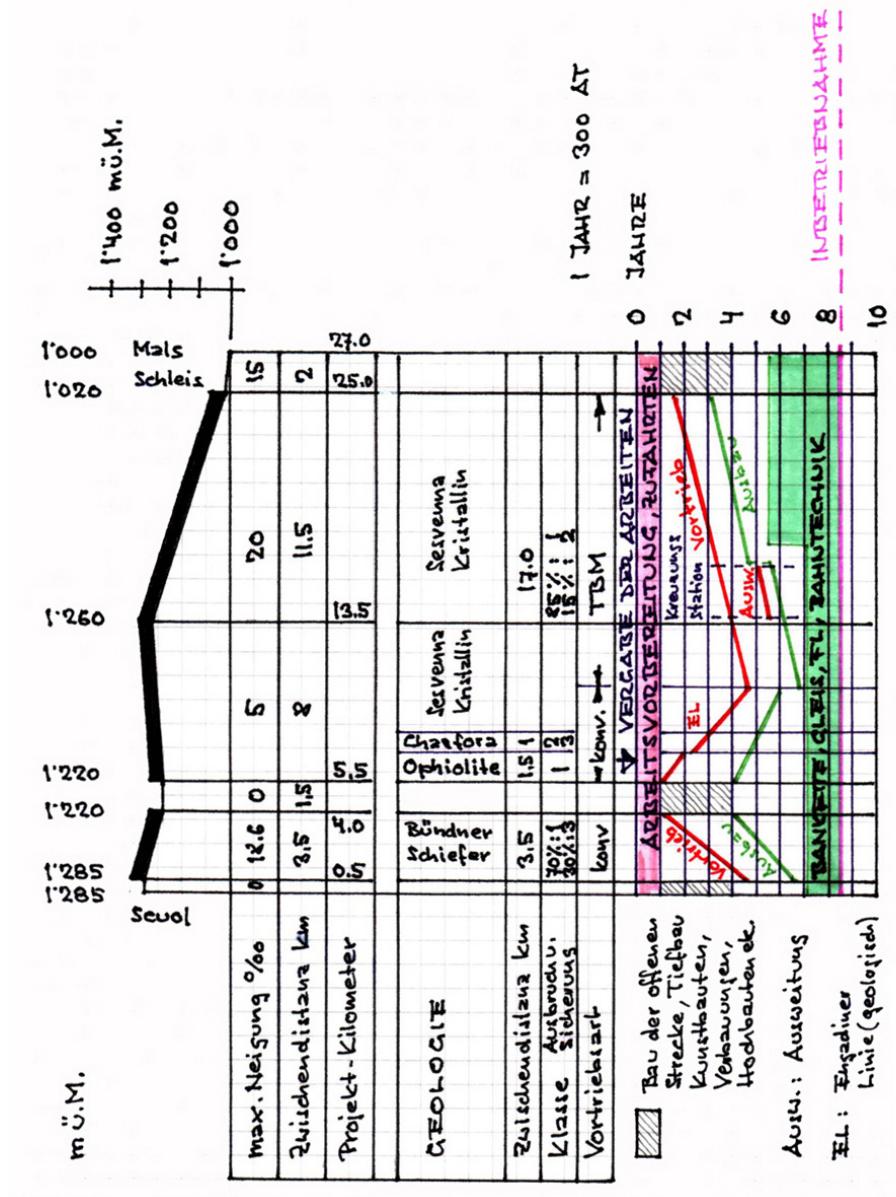


Abbildung 13: Bauprogramm Variante 3A (Scuol – Mals/Malles)

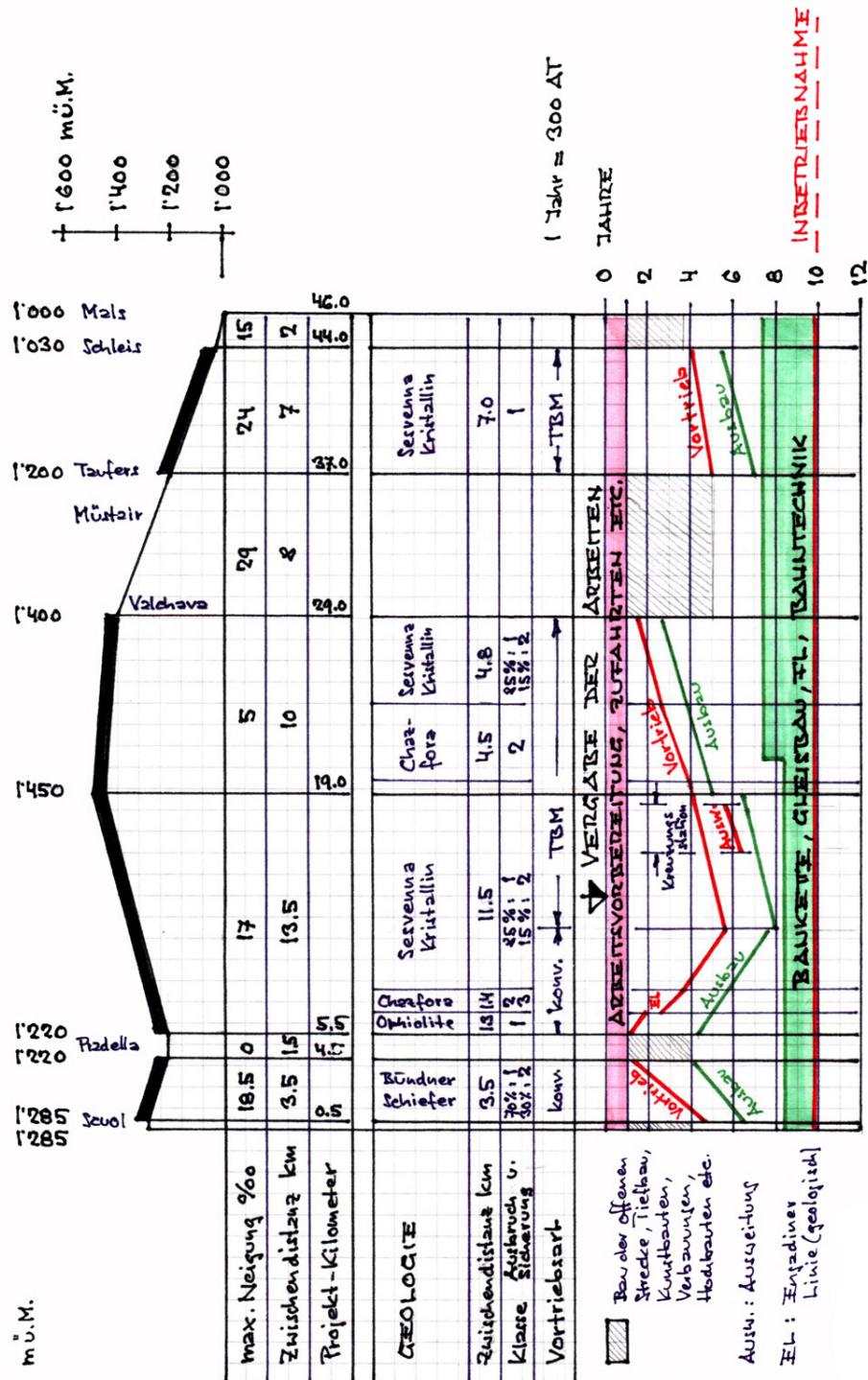


Abbildung 14: Bauprogramm Variante 3B (Scuol - Valchava - Mals/Malles)

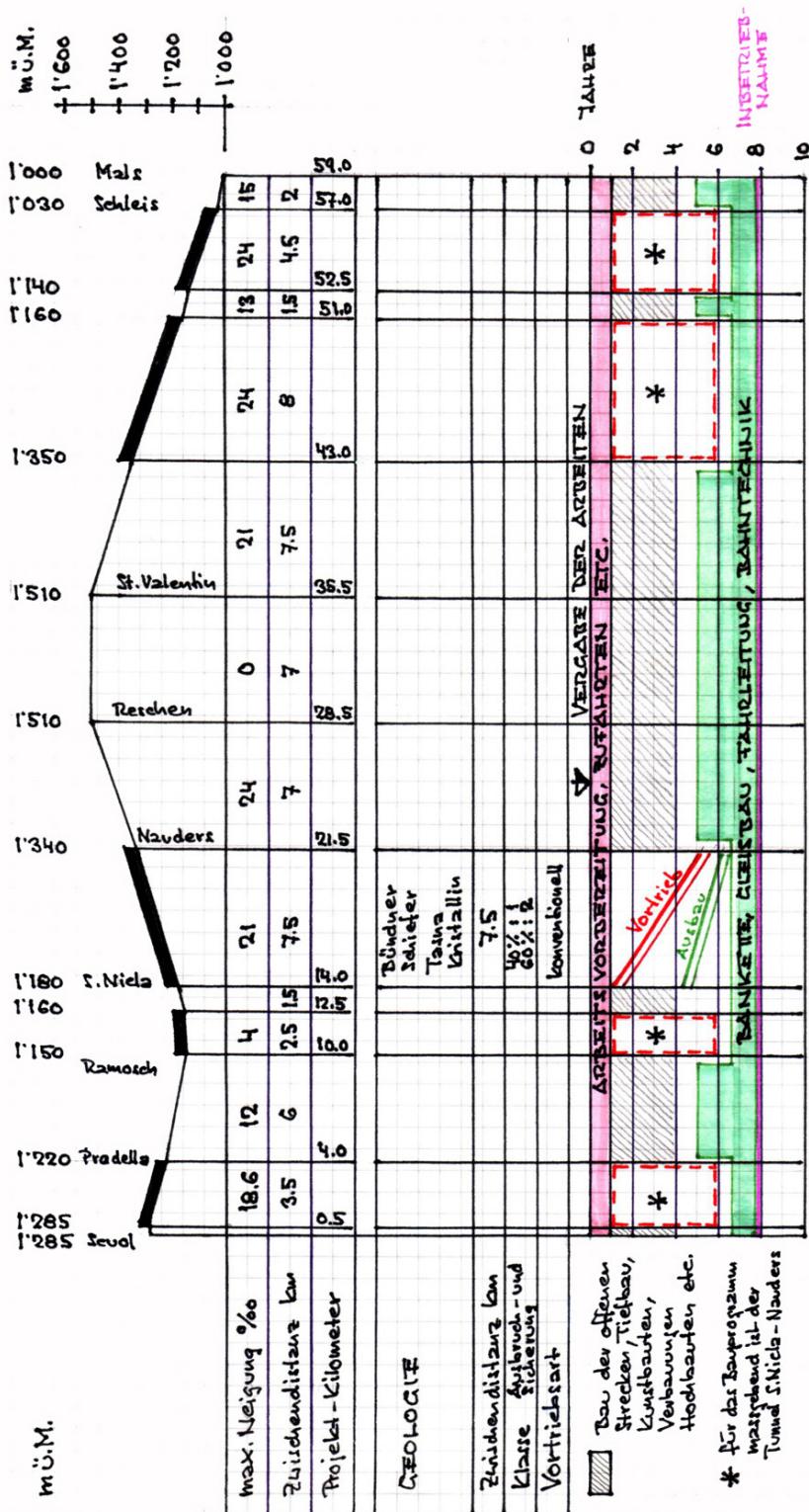


Abbildung 15: Bauprogramm Variante 4 (Scuol – Nauders-Reschen/Resia – Mals/Malles)

### Bauprogramm der Variante 4 Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles

Massgebend für die Bestimmung der Bauzeit der Variante 4 ist die erforderliche Zeit zur Erstellung des Tunnels von San Niclà nach Nauders.

Bauprogramm der Variante 4		
Arbeiten	Arbeitstage (AT)	Jahre
Vorbereitungszeit		1
Zeit für den Vortrieb des Tunnels : Der Tunnel wird konventionell, einseitig vorgetrieben ab Martina mit 21 %o Gefälle in Bündnerschiefer und Tasna Kristallin		
- Klasse 1 3'000 m mit 6.50 m/AT	462	
- Klasse 2 4'500 m mit 4.80 m/AT	938	
- Total	1'400	5
Der Ausbau erfolgt gleichzeitig mit dem Vortrieb und wird beendet nach dem Vortrieb		1
Die Bahntechnik wird vom Portal Nauders aus ausgeführt z.T. gleichzeitig mit dem Ausbau		1
Totale Bauzeit für die fertige Tunnelstrecke		8 Jahre

Während dieser Zeitperiode können auch alle anderen Bauwerke der Variante 4 ausgeführt werden.

## 5.5 Tunnelbaukosten

### Allgemeines

Für die Bestimmung der Tunnelbaukosten stehen die Angaben aus dem Schlussbericht des Vereinatunnels zur Verfügung. Zuverlässige Daten sind vor allem diejenigen aus den langen Vortrieben vom Süden in konventioneller Bauweise und vom Norden mit der Tunnelbohrmaschine. Tunnelbaukosten aus kurzen Abschnitten im Vereinatunnel können nicht ohne weiteres für längere Vortriebe in vergleichbaren geologischen Formationen des Rätischen Dreiecks herangezogen werden. Aber auch für die langen Vortriebe sind Unterschiede zu beachten, welche durch Korrekturfaktoren auszugleichen sind. Solche sind vorzusehen für:

- Grössere Unterschiede der Vortriebslängen
- Unterschiede in den geschätzten möglichen Vortriebsleistungen

- Zur Berücksichtigung der Teuerung ( Vergabe Vereina 1988/1990, Grundlage der Machbarkeitsstudie 2006)
- Für Unterschiede in der Querschnittsgröße sind keine Korrekturen erforderlich, da die Querschnitte gleich sind.

Bei allen Kostenangaben handelt es sich in Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie um Kostenschätzungen mit einer Genauigkeit von +/- 25%.

### **5.5.1 Kosten der Tunnelvortriebe mit einer Tunnelbohrmaschine**

Siehe Tabellen im Anhang zu Kap. 5.5

Das in den Tunnels des Rät. Dreieckes mit der TBM zu durchörternde Sesvennakristallin kann sehr gut mit dem im Vereinatunnel angetroffenen Silvrettakristallins verglichen werden. Ebenso kann das Tasnakristallin und das Sesvennakristallin in der etwas gestörten Zone der Schliniger Verwerfung mit dem TBM-Vortrieb im Zugwaldtunnel verglichen werden. In der gleichen Gruppe können auch die Verhältnisse im Buntsandstein und im steigenden Vortrieb in der Chazforà Formation eingeordnet werden. Für den fallenden Vortrieb in der Chazforà Formation (Var. 2) wurden höhere Kosten angenommen.

#### **Für die TBM-Vortriebe vorzusehende Korrekturfaktoren**

1. Unterschiede in den Vortriebslängen Vereina – Rät. Dreieck

Vortriebslänge TBM Vereina                            11.6 km

Vortriebslänge TBM Rät. Dreieck        ca. 15 – 17.5 km

Unter der Annahme, dass der Anteil der Transportleistungen an den Vortriebskosten ca. 20 % beträgt, wird ein Korrekturfaktor ermittelt von im Mittel 1.05.

2. Berücksichtigung der Teuerung zwischen 1990 und 2006

Dafür ist ein Korrekturfaktor von 1.5 ermittelt worden.

### **5.5.2 Kosten für die Vortriebe mit konventionellen Mitteln**

Siehe Tabellen im Anhang zu Kap. 5.5

Für die in den Tunnels des Rät. Dreieckes zu durchörternden verschiedenen Kristalline (Sesvenna, Silvretta, Ötztal, Tasna, Vauglia, Laret/Campo) kann der Vereinavortrieb im Silvrettakristallin als Vergleich dienen. Für spezielle schwierige Zonen im Kristallin (Abschiebung in der Campo Decke, wo evtl. Injektionen erforderlich sind und für die Querung der Engadinerlinie, wurden aufgrund von entsprechenden Erfahrungen höhere Kosten geschätzt ähnlich wie bei diversen anderen schwierigen Zonen der Klasse 3.

Für den konventionellen Vortrieb durch die verschiedenen geol. Formationen der Klasse 2 konnten keine Vergleiche mit den Vortrieben des Vereinatunnels gefunden werden. Für diese Formationen wurde eine reduzierte Vortriebsleistung geschätzt und die Kosten dieser angepasst.

Für die Durchörterung der Schichten des Raibler und der Mittleren Trias, bei welchen der Einsatz von Injektionen zu erwarten ist und Tagesleistungen von höchstens 1.00 m/AT zu erwarten sind, kann ein Vergleich mit der Durchörterung der Lockermaterialzone im Zugwaldtunnel dienen, bei welchem horizontale Injektionspfähle eingesetzt wurden und Tagesleistungen zwischen 0.65 und 0.73 m erreicht wurden. Für die übrigen geol. schwierigen Zonen der Klasse 3 wurden Kosten aufgrund von Erfahrungen geschätzt.

#### **Für den konventionellen Vortrieb vorzusehende Korrekturfaktoren**

Es sind einzige die Faktoren von 1.5 für die Berücksichtigung der Teuerung vorzusehen und zwei Korrekturen in den Klassen 1 und 2 für verminderte Vortriebsleistungen (siehe Übersichtstabelle).

Da die Vortriebslängen der konventionellen Vortriebe im Vereinatunnel den Tunneln des Rät. Dreiecks vergleichbar sind, sind keine Korrekturen erforderlich.

#### **5.5.3 Übersicht der Tunnelkosten und der erforderlichen Baujahre für die Erstellung der verschiedenen Varianten**

Tunnelkosten und erforderliche Baujahre für die Erstellung der Varianten 1 bis 4				
Variante	Totale Tunnellänge km	Tunnelkosten Mio CHF	Mio CHF pro km Tunnel	Baujahre (gesamte Neubaustrecke)
<b>Variante 1</b> S-chanf-Livigno-Valchava-Mals/Malles	43	1077	25.0	12
<b>Variante 2</b> Zernez-Punt la Drossa-Valchava-Mals/Malles	33	900	27.3	14
<b>Variante 3A</b> Scuol-Mals/Malles	23	591	25.7	8.5
<b>Variante 3B</b> Scuol-Valchava-Mals/Malles	34	860	25.3	10
<b>Variante 4</b> Scuol-Nauders-Reschen/Resia-Mals/Malles	26	618	23.8	8

Die in der Tabelle angegebenen Baujahre umfassen gemäss den vorgängig erwähnten Bauprogrammen die gesamte Neubaustrecke (Tunnel, offene Strecken und technische Ausrüstung bis zur Inbetriebnahme).

## 6. Raumplanerische Aspekte

Massgebend für eine Beurteilung unterschiedlicher Varianten für eine neue Bahnverbindung im Rätischen Dreieck aus raumplanerischer Sicht sind die zu erwartenden kurz- und langfristigen Erschliessungs- und Verbindungsaufgaben des Projekts innerhalb seines engeren Einzugsgebiets sowie in einem erweiterten, auch die inneralpinen und benachbarten alpennahen Ballungsräume umfassenden, Raum. Die folgenden Angaben stellen eine erste grobe Beurteilung der definierten Varianten dar, welche allenfalls den Ausschluss von aus raumplanerischer Sicht wenig zweckmässigen Varianten ermöglicht. Ein vertiefter Vergleich verbleibender Varianten bedingt ergänzende Abklärungen.

### 6.1 Raumtypen

Innerhalb des massgebenden Raums kann hinsichtlich den Erschliessungsaufgaben des Projekts grob zwischen fünf Raumtypen unterschieden werden. Sie unterscheiden sich vor allem hinsichtlich den drei Merkmalen: ortsansässige Bevölkerung, Arbeitsplätze (Landwirtschaft, Industrie- und Gewerbe, Dienstleistungen), Tourismus (Gästebetten, Logiernächte).

#### 6.1.1 Gebiete mit intensivem Tourismus

In diesen Gebieten stellen der intensive Winter- und Sommertourismus und die ihm dienenden Dienstleistungsbetriebe den weitaus wichtigsten Wirtschaftszweig dar. Daneben gibt es vor allem noch Gewerbe, während die Landwirtschaft von untergeordneter Bedeutung ist. Die Einwohnerdichte ist, besonders im Vergleich mit den umliegenden Räumen, gross. Die Gebiete mit intensivem Tourismus sind das Oberengadin, der Raum Klosters/Davos sowie das Livigno.

#### 6.1.2 Gebiete mit einzelnen Tourismusorten

In diesen Gebieten sind vor allem das Gewerbe und die Landwirtschaft von besonderer Bedeutung. Die Bevölkerungsdichte ist eher klein. Innerhalb der Gebiete finden sich vereinzelte auf intensiven Tourismus ausgerichtete Tourismusorte. Zu diesen Gebieten zählen: das Unterengadin mit den Tourismuszentren Scuol und Samnaun, das obere Veltlin mit Bormio als grösster touristischer Ort, das obere Inntal mit Kaunertal, Nauders und Serfaus sowie der Raum Arlberg mit den wichtigen Tourismuszentren St. Anton, Lech/Zürs, Schruns/Tschagguns und Ischgl.

#### 6.1.3 Ländliche Gebiete

In den ländlichen Gebieten herrschen Landwirtschaft und Gewerbe als wichtigste Wirtschaftszweige vor. Tourismus ist teilweise ebenfalls verbreitert, aber meistens als „sanfter“ vor allem auf die Sommersaison ausgerichteter Tourismus. Die

Bevölkerungsdichte ist meist klein bis sehr klein. Die ländlichen Gebiete sind das Münstertal, der obere Vinschgau, das Bergell und das Puschlav.

#### **6.1.4 Angrenzende Mischgebiete**

An den engeren Erschliessungsraum einer neuen Bahnverbindung im Rätischen Dreieck grenzen Gebiete an, die sich durch eine weitgehend ausgeglichene Wirtschaftsstruktur auszeichnen. Neben dem wichtigen Dienstleistungssektor gibt es viel Gewerbe und etwas Industrie, und auch die Landwirtschaft ist von Bedeutung. Im Weiteren sind diese Räume von einem starken Zentrum geprägt. Die vielen Bewohner stellen ein grosses Gästepotenzial insbesondere für Tagesausflüge in die Tourismuszentren und für Rundreisen im inneralpinen Raum dar. Die Mischgebiete sind der Raum Nord- und Mittelbünden mit dem Hauptzentrum Chur, der untere Vinschgau und das Burggrafenamt mit Meran, das untere Veltlin mit Sondrio sowie der Raum Chiavenna und Umgebung.

#### **6.1.5 Innenalpine und alpennahe Ballungsräume**

Die grossen inneralpinen und alpennahen Ballungsräume und Wirtschaftszentren, welche für eine Bahnverbindung im Rätischen Dreieck von besonderer Bedeutung sind, sind der Raum Zürich/Mittelland, der Raum Bodensee und Umgebung (St. Gallen, Rheintal, Bodensee) sowie der Raum Bozen/Bolzano und Gardasee. Indirekt von Bedeutung sind im Weiteren die Ballungsräume Milano, Innsbruck/Salzburg und München. Die bevölkerungsreichen inneralpinen und alpennahen Ballungsräume stellen für den inneralpinen Raum das grösste Gästepotenzial für Ferien in den Tourismuszentren und für (mehr tägige) Rundreisen dar.

#### **6.1.6 Wichtige Kennwerte**

In den im direkten Einzugsgebiet einer Bahnverbindung im Rätischen Dreieck liegenden Räumen leben heute ca. 310'000 Einwohner, arbeiten ca. 150'000 Beschäftigte und gibt es ca. 250'000 Gästebetten. Die Aufteilung dieser Strukturdaten auf die einzelnen Teilläume zeigt folgende Tabelle:

Strukturdaten im direkten Einzugsgebiet der Bahnverbindung							
Gebiet / Raum	Anzahl Einwohner	Einwohner-dichte in E / km2	Anzahl Beschäftigte	Sektor I	Sektor II	Sektor III	Gäste-betten
Nord- u. Mittelbünden	114'000	56	60'000	5'500	15'500	39'000	48'500
Untervinschgau/ Burggrafenamt	113'000	57	43'200	200	12'000	31'000	49'095
Oberengadin	17'300	24	12'400	300	2'500	9'600	38'000
Klosters/Davos	15'500	35	9'700	500	1'700	7'500	24'700
Livigno	5'300	18	2'350	50	500	1'800	23'000
Unterengadin	7'300	7	4'900	600	900	3'400	15'600
Valtellina alta	19'500	19	7'400	200	2'500	4'700	27'000
Münstertal	1'600	8	1'000	200	200	600	2'400
Obervinschgau	9'200	17	6'100	20	1'900	4'200	11'700
Puschlav	4'500	19	2'500	450	650	1'400	4'200
Bergell	1'500	6	900	100	300	500	3'700

In den betrachteten Räumen ausserhalb des direkten Einzugsgebiets der Bahnverbindung leben heute insgesamt ca. 16 Mio Menschen, die sich folgendermassen auf die einzelnen Räume verteilen:

Einwohner im indirekten Einzugsgebiet der Bahnverbindung	
	Einwohner
Fürstentum Liechtenstein	35'000
Oberes Inntal	28'000
Raum Chiavenna	15'000
Raum Arlberg / Feldkirch	170'000
Valtellina bassa	75'000
Grossraum Zürich	ca. 2 Mio
Innsbruck / Salzburg	ca. 1 Mio
Grossraum Milano	ca. 6 Mio
Bodensee und Umgebung	ca. 1 Mio
Grossraum München	ca. 4 Mio
Bozen/Bolzano, Trento, Raum Garda	ca. 1 Mio

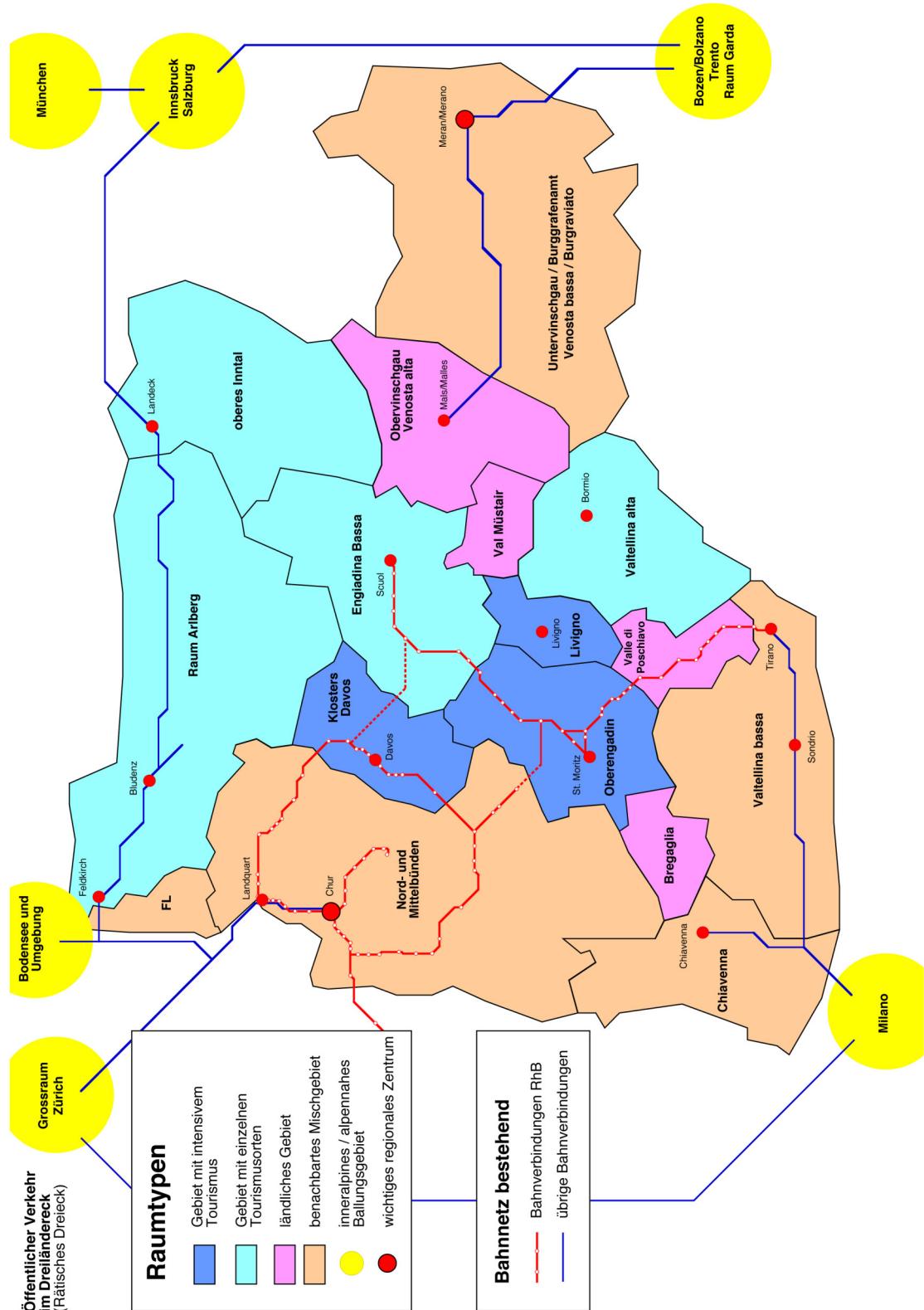


Abbildung 16: Darstellung Raumtypen und Bahnnetz bestehend

## **6.2 Verkehrsbeziehungen**

Zwischen den verschiedenen Räumen bestehen stark unterschiedliche Verkehrsbeziehungen, für die eine neue Bahnverbindung im Rätischen Dreieck eine gute Voraussetzung darstellt. Soweit es sich dabei um Tourismus- und Freizeitverkehr handelt, zeichnen sich dieser durch ihre typische Verteilung über die Zeit mit den ausgeprägten saisonalen Schwankungen sowie dem überragenden Wochenendverkehr mit seinen morgendlichen und spätnachmittäglichen Verkehrsspitzen aus. Die wichtigsten heutigen und zukünftigen Verkehrsbeziehungen sind die Folgenden.

### **6.2.1 Tourismusgebiete < > Tourismusgebiete**

Zwischen den Tourismusgebieten im Allgemeinen und zwischen den Gebieten mit intensivem Tourismus im Besonderen sind heute die Verkehrsbeziehungen nicht allzu ausgeprägt. Die Wohnbevölkerung hat wenige Bedürfnisse, zu deren Befriedigung sie in benachbarte, ähnlich bis gleich strukturierte Regionen fahren muss, und Feriengäste verlassen die eigene Feriendestination während ihres Aufenthalts nicht sehr oft. In touristischen Kreisen wird allerdings davon ausgegangen, dass der zukünftige Gast während seines Aufenthalts vermehrt auch Orte ausserhalb der eigenen Feriendestination aufsuchen wird, und er daher auf eine bessere Vernetzung der touristischen Räumen untereinander angewiesen ist. Das Potenzial an zusätzlichen Fahrten zwischen den Tourismusgebieten ist daher beträchtlich.

### **6.2.2 Ländliche Gebiete < > Tourismusgebiete**

Die Verkehrsbeziehungen zwischen den ländlichen Gebieten und den Tourismusgebieten sind heute wenig bedeutend aber deshalb nicht unwichtig. Zwar ist einerseits die Wohnbevölkerung in den ländlichen Gebieten zu klein für ein nennenswertes Verkehrsaufkommen und haben anderseits die Wohnbevölkerung und die Feriengäste in den Tourismusgebieten wenige Bedürfnisse nach Fahrten in die ländlichen Gebiete. Nicht unwichtig sind die Verkehrsbeziehungen aber vor allem deshalb, weil einerseits die Tourismuszentren auf ein bevölkertes Umland angewiesen sind und anderseits eine gute Vernetzung dieser Räume zur Aufrechterhaltung der Besiedlung in den ländlichen Gebieten beiträgt. Die wichtigsten Zwecke für Fahrten zwischen ländlichen Gebieten und benachbarten Tourismusgebieten sind das Arbeiten (Pendler inkl. Grenzgänger), das Einkaufen sowie Ausflüge.

### **6.2.3 Mischgebiete < > Tourismusgebiete**

Die Verkehrsbeziehungen zwischen diesen Gebieten sind beträchtlich bis gross, und ihre Bedeutung wird in Zukunft noch zunehmen. Die meisten Fahrten dienen insbesondere geschäftlichen Tätigkeiten und Ausflügen seitens der Wohnbevölkerung der Mischgebiete, geschäftlichen Tätigkeiten und dem Einkaufen seitens der Wohnbevölkerung der Tourismusgebiete sowie Ausflügen der sich in den Tourismusgebieten aufhaltenden Feriengäste (z.B. bei schlechtem Wetter).

#### **6.2.4 Mischgebiete < > ländliche Gebiete**

Es bestehen beträchtliche Verkehrsbeziehungen insbesondere nach und von den ländlichen Gebieten des eigenen Landes. Ähnlich den Tourismusgebieten sind auch die Mischgebiete auf ein bevölkertes Umland und damit auch auf eine gute Vernetzung mit den umliegenden ländlichen Gebieten angewiesen. Vorherrschende Fahrtzwecke sind geschäftliche Tätigkeiten, Ausflüge seitens der Wohnbevölkerung der Mischgebiete sowie das Einkaufen seitens der Wohnbevölkerung der ländlichen Gebiete.

#### **6.2.5 Mischgebiete < > Mischgebiete**

Es bestehen beträchtliche Verkehrsbeziehungen zwischen den nördlichen und südlichen Mischgebieten, die insbesondere den folgenden Fahrtzwecken dienen: geschäftliche Tätigkeiten, Ausflüge und Kurzferien (Rundreisen) sowie Ferien in weiter entfernt liegenden Feriendestinationen (Durchreise). Das Potenzial an zusätzlichen Verkehrsbeziehungen zwischen den Mischgebieten ist gross und bedingt entsprechende Verkehrsangebote.

#### **6.2.6 Ballungsgebiete < > Tourismusgebiete**

Die Verkehrsbeziehungen zwischen den inneralpinen und alpennahen Ballungsgebieten einerseits und den Tourismusgebieten anderseits sind sehr gross, und ihre Bedeutung wird in Anbetracht der zunehmenden Wichtigkeit aktiver Freizeitgestaltung in Zukunft noch stark zunehmen. Die Beziehungen setzen sich insbesondere aus Ferienfahrten, mehrtägigen Rundreisen und Tagesausflügen der Wohnbevölkerung der Ballungsgebiete zusammen.

#### **6.2.7 Ballungsgebiete < > Ballungsgebiete**

Die Verkehrsbeziehungen zwischen den nördlichen und südlichen Ballungsgebieten sind schon heute beträchtlich, und ihre Wichtigkeit wird in Anbetracht der zunehmenden weltweiten wirtschaftlichen Vernetzung noch stark zunehmen. Die wichtigsten Fahrtzwecke sind geschäftliche Tätigkeiten, Kurzferien (Rundreisen) und Ferien in weiter entfernt liegenden Feriendestinationen (Durchreise).

#### **6.2.8 Raumordnungspolitische Bedeutung**

Aus übergeordneter europäischer Sicht ist der „Verkehrsraum“ im Rätischen Dreieck auch deshalb von grosser raumordnungspolitischer Bedeutung, weil sich hier die beiden wichtigen Verkehrsachsen Mailand – Innsbruck/Salzburg und Zürich – Bozen/Gardasee kreuzen.

#### **6.2.9 Regionalwirtschaftliche Bedeutung**

Dass eine verbesserte Erschliessung des inneralpinen Raums von grosser regionalwirtschaftlicher Bedeutung ist, zeigen die beiden erfolgreichen Beispiele der

Vereinalinie und der Vinschgauerbahn. Wie eine entsprechende Auswirkungsstudie vom Juli 2005 zeigt, hat im Unterengadin/Samnaun insbesondere der Tourismus (Tages- und Übernachtungstourismus) von der verbesserten Erreichbarkeit durch die Vereinalinie profitiert mit den entsprechenden positiven Beschäftigungseffekten. Innerhalb der autonomen Provinz Bozen/Südtirol hat sich der Vinschgau in jüngster Zeit wirtschaftlich überdurchschnittlich entwickelt, was grossteils auf die verbesserte Verkehrserschliessung durch die Vinschgauerbahn zurückzuführen ist.

## 6.3 Erste Schlussfolgerungen

Die Erkenntnisse zu den Raumtypen und zu den wichtigsten Verkehrsnachfragen zwischen den unterschiedlich strukturierten Gebieten lassen folgende erste Schlussfolgerungen zu. Eine neue Bahnverbindung im Rätischen Dreieck ist aus raumplanerischer Sicht umso zweckdienlicher je besser sie

- die Tourismusgebiete im Allgemeinen und die intensiven Tourismusgebiete im Besonderen direkt mit den für sie wichtigen Mischgebieten sowie inneralpinen und alpennahen Ballungsgebieten verbindet. Das Potenzial für zusätzliche Fahrten ist sehr gross (Priorität 1).
- mithilft, die Ballungsgebiete Zürich/Mittelland und Bodensee/Umgebung im Norden der Alpen mit den Ballungsgebieten Bozen/Bolzano und Gardasee südlich der Alpen mit möglichst kurzen Gesamtreisezeiten zu verbinden. Das Potenzial für zusätzliche Fahrten ist sehr gross (Priorität 1).
- langfristig eine bessere Vernetzung inneralpiner Räume, angrenzender Mischgebiete sowie inneralpiner und alpennaher Ballungsgebiete mittels zeitlich möglichst kurzen und kostengünstigen Verbindungen zulässt. Das Potenzial für zusätzliche Fahrten ist beträchtlich und die Bedeutung für den Alpenraum ist gross (Priorität 2).
- die ländlichen Gebiete mit den benachbarten Tourismusgebieten einerseits und mit den nahen Mischgebieten sowie inneralpinen und alpennahen Ballungsgebieten anderseits direkt verbindet. Die Bedeutung für den Alpenraum ist gross (Priorität 3).

Es stehen fünf denkbare Verbindungsvarianten in vier Korridoren zur Diskussion:

- V1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles
- V2: Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles
- V3A: Scuol – Mals/Malles
- V3B: Scuol – Valchava – Mals/Malles
- V4: Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles

Die fünf Varianten weisen hinsichtlich obigen Anforderungen folgende Merkmale auf.

### **6.3.1 Variante 1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles**

Eine Bahnverbindung zwischen dem Oberengadin und Mals/Malles über das Livigno und das untere Münstertal verbindet einerseits die intensiven Tourismusgebiete Oberengadin und Livigno optimal mit einem Teil ihrer wichtigen südlichen Einzugsgebiete. Anderseits stellt diese Verbindung für den grossräumigen Verkehr zwischen Landquart und Meran/Merano bzw. zwischen den nördlichen und südlichen Ballungsgebieten nicht die kürzeste Variante dar. Für Fahrten zwischen Mals/Malles und Landeck bedeutet sie überdies einen grossen Umweg. Im Weiteren müsste eine Verbindung S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles möglichst in einem Zuge realisiert werden, denn eine für sich allein als erste Etappe realisierte Verbindung der zwei Räume Oberengadin und Livigno wäre von zu beschränktem Nutzen.

### **6.3.2 Variante 2: Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles**

Eine direkte Bahnverbindung zwischen Zernez und Mals/Malles über das untere Münstertal verkürzt im Vergleich zur Variante S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles die Fahrt zwischen Landquart und Meran/Merano, ohne dass dabei das Oberengadin schlechter mit den südlichen Räumen verbunden wird. Zusätzlich erhält auch das Münstertal direkte Verbindungen nach und von nördlichen und südlichen Destinationen. Mit einer Haltestelle Punt la Drossa kann zudem auch das Livigno (z.B. mit einer Busverbindung) angebunden werden. Im Weiteren hat eine Anbindung an die RhB in Zernez den Vorteil, dass neben der Vereinalinie auch die Albula/Albulalinie eine akzeptable Option für den grossräumigen Verkehr darstellt und so eine grössere Betriebsflexibilität resultiert. Für Fahrten zwischen Mals/Malles und Landeck bedeutet die Verbindung einen beträchtlichen Umweg.

### **6.3.3 Varianten 3A und 3B: Scuol – Mals/Malles direkt bzw. über Valchava**

Eine direkte Bahnverbindung zwischen Scuol und Mals/Malles ermöglicht ähnlich kurze Fahrten zwischen Landquart und Meran/Merano wie eine Verbindung zwischen Zernez und Mals/Malles. Wird die Verbindung über Valchava geführt, kann (bei unwesentlich längerer Fahrtzeit) zudem noch das untere Münstertal angebunden werden. Landeck, und damit auch die Ballungsgebiete Innsbruck/Salzburg und München, lassen sich mit dieser Verbindung gut mit den südlichen Räumen verbinden. Weniger gut wird dafür das Oberengadin erschlossen, und das obere Münstertal sowie das Livigno profitieren wenig bis kaum vom neuen Angebot.

### **6.3.4 Variante 4: Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles**

Wird die neue Bahnverbindung zwischen Scuol und Mals/Malles über den Reschenpass geführt, resultieren deutlich längere Reisezeiten zwischen Landquart und Mals/Malles bzw. zwischen den nördlichen Ballungsgebieten Zürich/Mittelland und Bodensee und Umgebung einerseits und Bozen/Bolzano und

Gardasee anderseits als bei einer direkten Verbindung Scuol – Mals/Malles bzw. Zernez – Mals/Malles. Zusätzlich werden auch das Oberengadin und das Livigno nochmals deutlich schlechter an die südlichen Ballungsräume angebunden. Von Vorteil ist diese Verbindung für den Raum Reschenpass, der so bahnseitig neu erschlossen wird. Für Fahrten zwischen Mals/Malles und Landeck ergeben sich ebenfalls Vorteile, sofern ergänzend eine Bahnverbindung Nauders – Landeck realisiert wird.

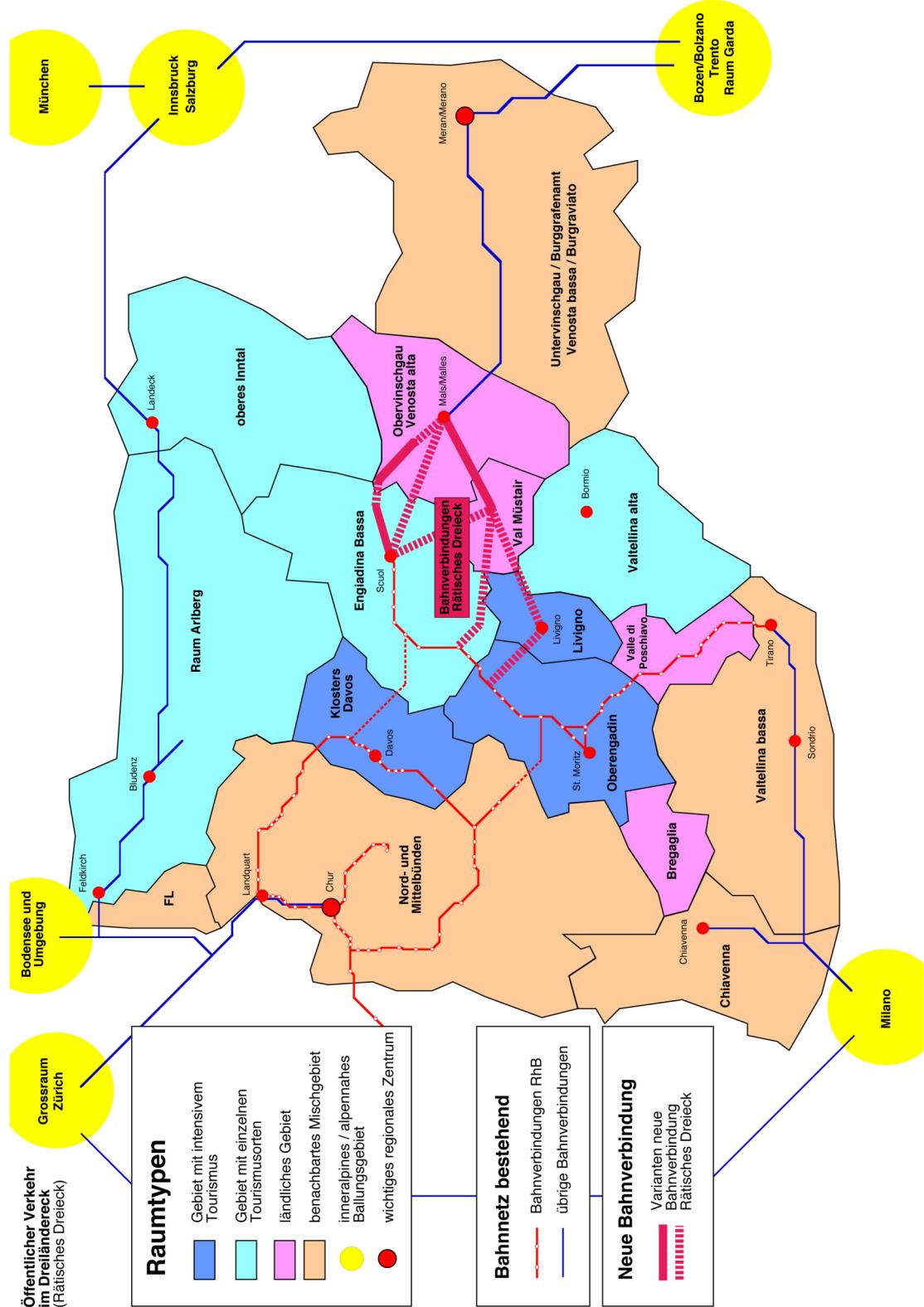


Abbildung 11: Darstellung Raumtypen, bestehende und neue Bahnverbindungen

## 7. Umweltaspekte

Bei der folgenden Gegenüberstellung der betrachteten Varianten für eine neue Bahnverbindung im Rätischen Dreieck aus Sicht der Umwelt stehen deren Auswirkungen auf das Landschafts- und Ortsbild, auf die Belastung von Siedlungen durch Bahnlärm sowie bezüglich dem Deponieren von Ausbruchsmaterial der Bahntunnels im Vordergrund.

### 7.1 Landschaft

Wichtige Aspekte bei der Beurteilung der Auswirkungen der Varianten auf die Landschaft sind vorhandene Vorbelastungen der betroffenen Landschaftsräume durch Siedlungen und Infrastrukturbauten, Trassierungen in noch wenig belasteten Landschaftskammern sowie Eingriffe ins Landschaftsbild mittels besonders grossen Bauwerken. Die folgende Beurteilung basiert auf einer Begehung der betroffenen Räume und einer rudimentären Visualisierung der wichtigsten Eingriffe. Dabei ist zu beachten, dass die in den Fotomontagen dargestellten Bahntrassen den groben Stand einer Machbarkeitsstudie wiedergeben.

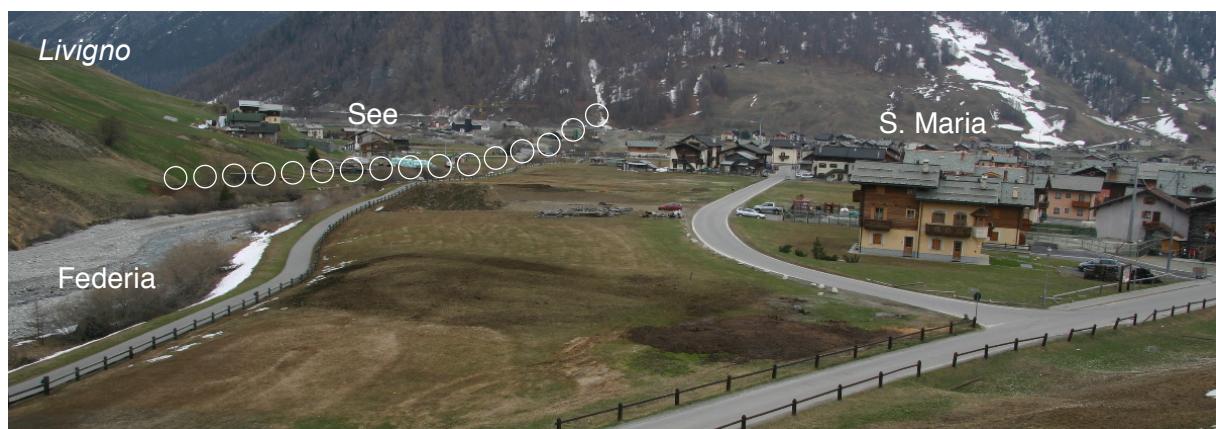
#### 7.1.1 Variante 1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles

Westlich von S-chanf, im Raum Livigno, im Münstertal und bei Mals/Malles führt die Bahntrasse durch Landschaftsräume, die mit Siedlungen und Strassenbauten teilweise stark vorbelastet sind. Östlich von S-chanf und im Val del Gallo werden über kurze Strecken von zusammen weniger als 2 km wenig bis kaum berührte Landschaften durchquert. Es werden insgesamt 6-8 grössere Bauwerke in Form von Brücken oder Unterführungen benötigt.

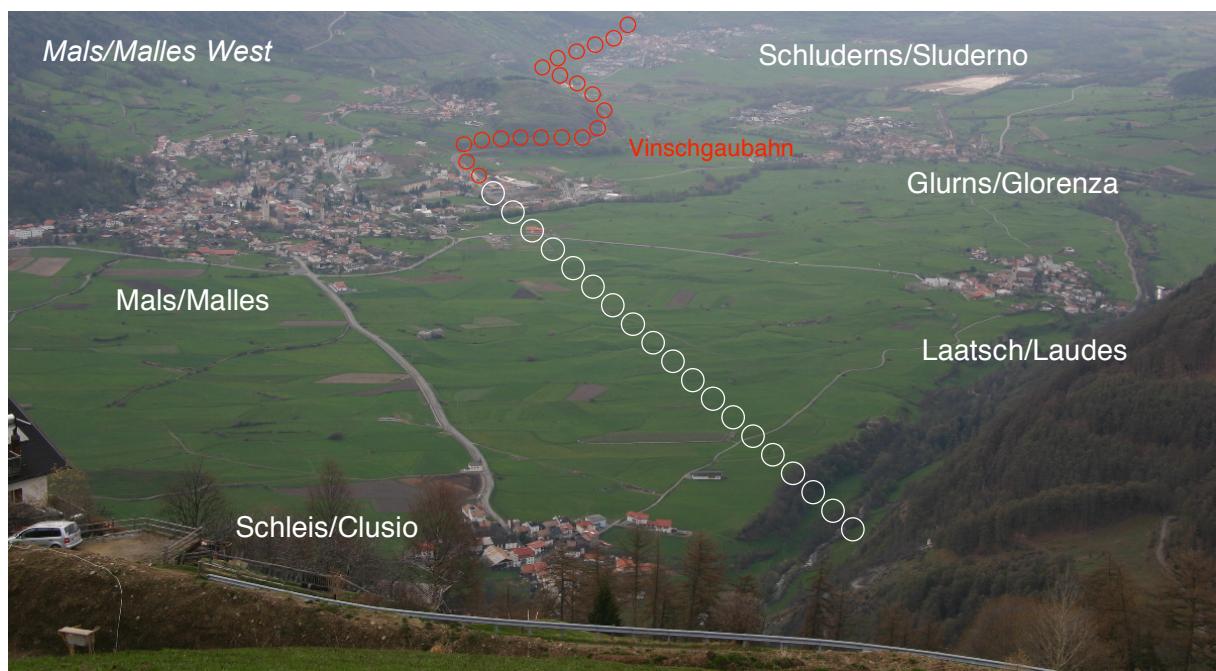
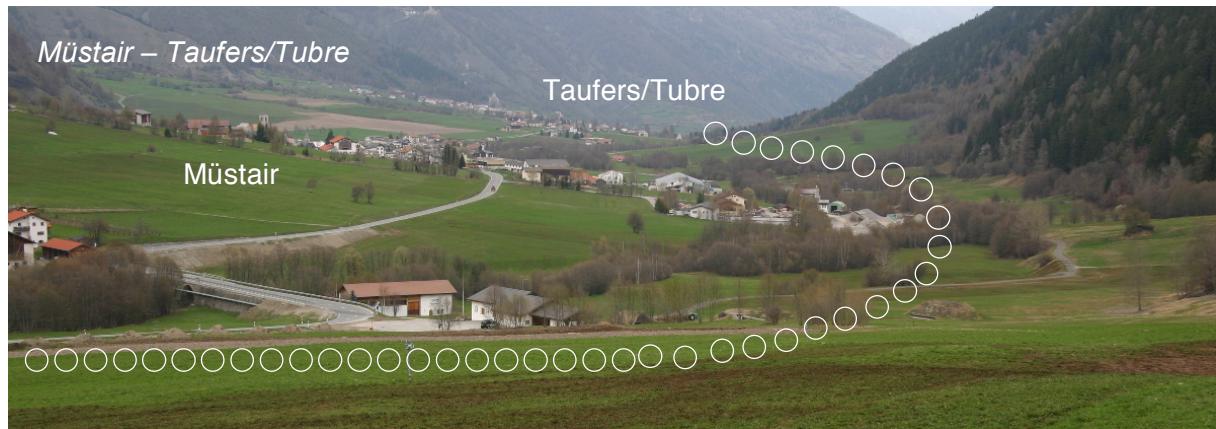
Landschaftsaspekte Variante 1				
Offene Strecke	ca. Länge (in m)	Vorbelastung Landschaft	Trassierung in wenig belaste- tem Raum	Grosse Bauwerke
<b>1.1 S-chanf West</b>	2'000	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querung Inn / Strasse
<b>1.2 S-chanf Ost</b>	1'500	klein (Wege)	ja	Querung Inn
<b>1.3 Livigno</b>	1'000	gross (Siedlung / Strassen)	nein	Querung Spöl / Strassen
<b>1.4 Val del Gallo</b>	500	nein (Naturlandschaft)	ja	keine
<b>1.5 Münstertal CH+I</b>	7'500	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Rombach
<b>1.6 Mals/Malles West</b>	1'700	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Etsch / Strasse
<b>Total offene Strecken</b>	14'200	grossteils mittel bis gross	wenig	6-8 grosse Bauwerke

Die folgenden Fotomontagen zeigen die wichtigsten offenen Streckenabschnitte der Variante 1.







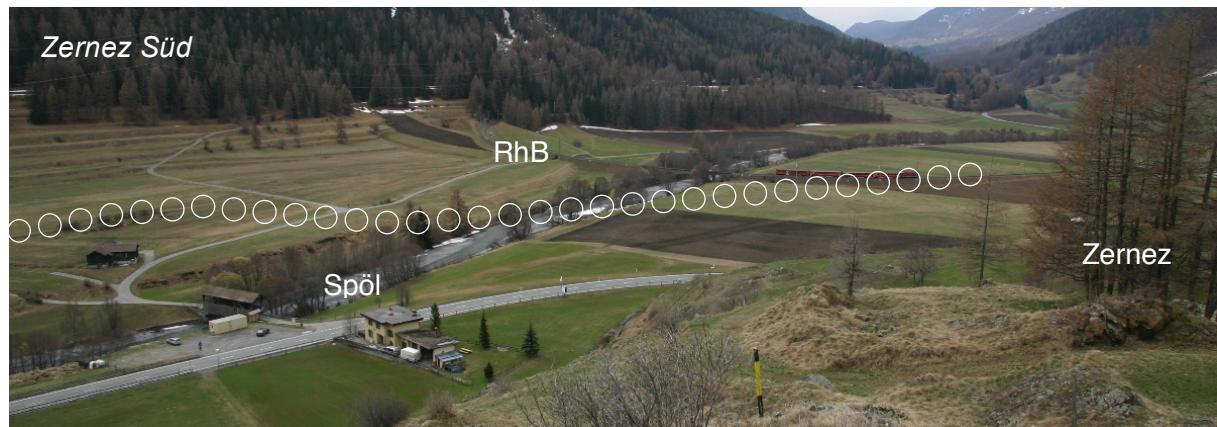


### 7.1.2 Variante 2: Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles

Mit Ausnahme der teils noch naturnahen Talseite gegenüber Müstair sind alle tangierten Landschaftsräume mit Siedlungen sowie Strassen und Wege stark vorbelastet. Die Haltestelle Punt la Drossa kann entweder an einem kurzen offenen Streckenabschnitt zwischen den Tunnels Zernez – Punt la Drossa und Punt la Drossa – Valchava eingerichtet werden oder unterirdisch mit einem Personenzugang ab der Strasse gebaut werden. Diese Haltestelle liegt innerhalb des Nationalparks. Die offenen Teilstrecken bedingen den Bau von 4-5 grösseren Bauwerken.

Landschaftsaspekte Variante 2				
Offene Strecke	ca. Länge (in m)	Vorbelastung Landschaft	Trassierung in wenig belaste- tem Raum	Grosse Bauwerke
<b>2.1 Zernez Süd</b>	1'000	gross (Siedlung / Strasse)	nein	2 Querungen Spöl
<b>2.2 Münstertal CH+I</b>	7'500	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Rom- bach
<b>2.3 Mals/Malles West</b>	1'700	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Etsch / Strasse
<b>Total offene Strecken</b>	10'200	grossteils mittel bis gross	wenig	4-5 grosse Bau- werke

Die folgenden Fotomontagen zeigen den offenen Streckenabschnitt der Variante 2 im Raum Zernez. Die Abschnitte Müstair – Taufers/Tubre und Schleis/Clusio – Mals/Malles entsprechen der Variante 1.



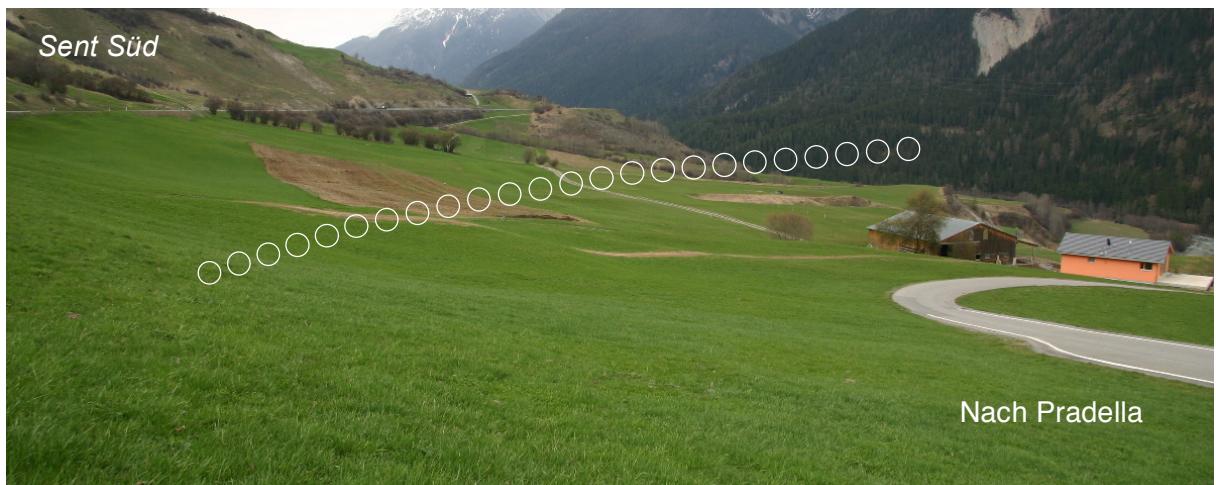


### 7.1.3 Varianten 3A und 3B: Scuol – Mals/Malles direkt bzw. über Valchava

Bei der (direkten) Variante 3A über das Val d'Uina ist lediglich der Raum unterhalb von Sent, wo das Bahntrasse den Talboden mit dem Inn und zwei ihm zufließenden Bächen quert, weitgehend frei von Infrastrukturen. Insgesamt werden 2-3 grössere Bauwerke benötigt.

Landschaftsaspekte Variante 3A				
Offene Strecke	ca. Länge (in m)	Vorbelastung Landschaft	Trassierung in wenig belaste- tem Raum	Grosse Bauwerke
<b>3.1 Scuol Nord</b>	300	gross (Siedlung / Strasse)	nein	nein
<b>3.2 Sent Süd</b>	1'500	klein (Strasse)	ja	Querung Inn
<b>3.3 Mals/Malles West</b>	1'700	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Etsch / Strasse
<b>Total offene Strecken</b>	3'500	teils grossteils klein	teilweise	2-3 grosse Bauwerke

Die folgenden Fotomontagen zeigen die offenen Streckenabschnitte der Variante 3A im Unterengadin. Der Abschnitt Schleis/Clusio – Mals/Malles entspricht den Varianten 1 und 2.



Falls im Raum Scuol die dargestellte Linienführung, z.B. wegen der Gefährdung von Quellen, nicht in Frage kommt, muss Scuol entweder südlich umfahren werden oder es muss eine andere Lösung gefunden werden. Bei einer Südumfahrung von Scuol durch- bzw. überquert das Bahntrasse zwischen dem Bahnhof Scuol und dem Tunnelportal auf der gegenüberliegenden Talseite einen mit Infrastrukturen (Siedlung /Strassen) stark vorbelasteten Raum.



Bei der Variante 3B über Valchava und das untere Münstertal führt die Bahntrasse, mit Ausnahme der Teilstrecken durch die wenig vorbelasteten Talböden unterhalb von Sent und gegenüber Müstair, ausschliesslich durch Landschaftsräume, die durch Siedlungen und Strassenbauten stark vorbelastet sind. Es werden 4-5 grössere Brücken benötigt.

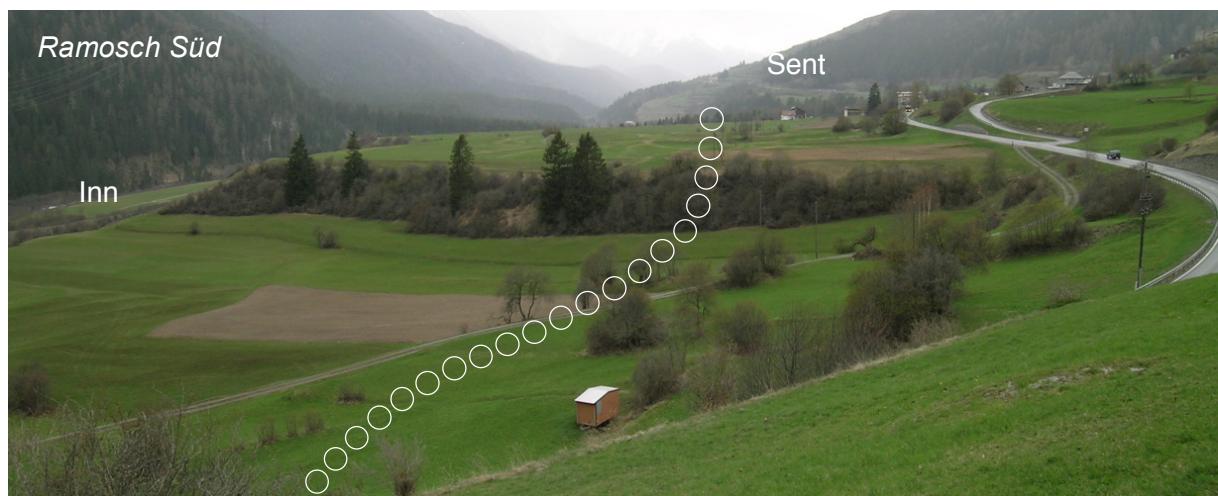
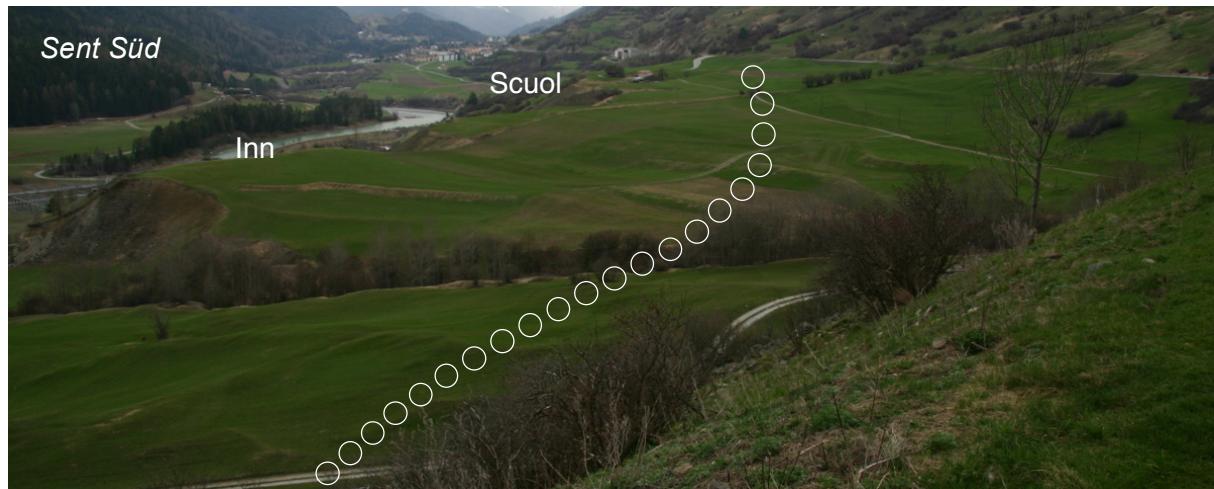
Landschaftsaspekte Variante 3B				
Offene Strecke	ca. Länge (in m)	Vorbelastung Landschaft	Trassierung in wenig belastetem Raum	Grosse Bauwerke
<b>3.1 Scuol Nord</b>	300	gross (Siedlung / Strasse)	nein	nein
<b>3.2 Sent Süd</b>	1`500	klein (Strasse)	ja	Querung Inn
<b>3.3 Münstertal CH+I</b>	7`500	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Rom- bach
<b>3.4 Mals/Malles West</b>	1`700	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Etsch / Strasse
<b>Total offene Strecken</b>	11`000	weitgehend gross	teilweise	4-5 grosse Bau- werke

Die offenen Strecken in Scuol und unterhalb von Sent entsprechen der Variante 3A und der Streckenabschnitt Valchava – Mals/Malles den Varianten 1 und 2 (siehe Fotomontagen Varianten 1 und 3A). Bezüglich der Trassierung im Raum Scuol gelten die gleichen Vorbehalte wie bei Variante 3A.

#### 7.1.4 Variante 4: Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles

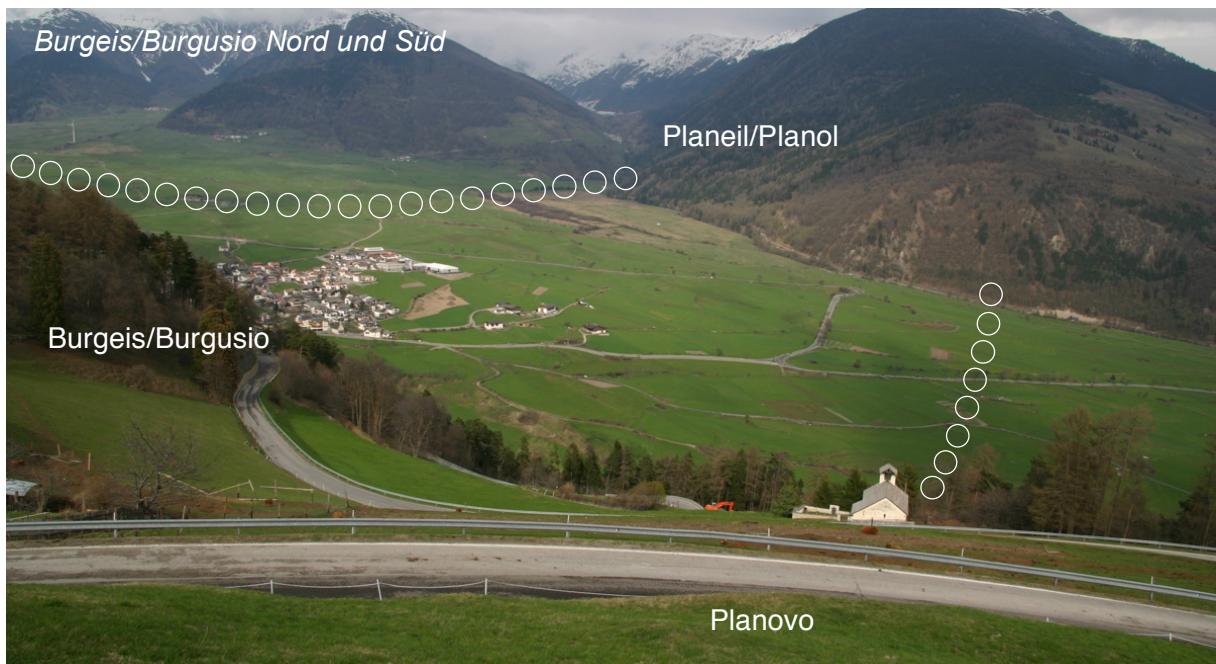
Abgesehen von den Streckenabschnitten in Siedlungsnahe und parallel zur Hauptstrasse (insbesondere Nauders – Reschen/Resia) sowie den Strassenquerungen oberhalb von Mals/Malles tangiert die Bahntrasse über weite Strecken wenig bis kaum belastete Landschaftsräume. Neben grösseren Stützmauern längs des Reschensees und des Haidersees werden noch 5-6 weitere grosse Bauwerke benötigt.

Landschaftsaspekte Variante 4				
Offene Strecke	ca. Länge (in m)	Vorbelastung Landschaft	Trassierung in wenig belastetem Raum	Grosse Bauwerke
<b>4.1 Scuol Nord</b>	300	gross (Siedlung / Strasse)	nein	nein
<b>4.2 Sent - Ramosch</b>	6'000	klein (parallele Strasse)	ja	Querung Brancia
<b>4.3 S. Niclà Süd</b>	1'500	teils (Strasse)	teils	Querungen Inn / Strasse
<b>4.4 Nauders - Re- schen</b>	7'000	gross (Siedlung / Strasse)	teils (I)	nein
<b>4.5 Reschensee</b>	5'000	klein (Strassen / Wege)	ja	Stützbauwerke
<b>4.6 St. Valentin - Pla- neil</b>	6'000	klein (Strasse)	ja	Querung Strassen
<b>4.7 Burgeis Süd</b>	1'500	teils (Strassen)	teils	Querung Strassen
<b>4.8 Mals/Malles West</b>	1'700	teils (Siedlung / Strasse)	teils	Querungen Etsch /Strasse
<b>Total alle Strecken</b>	29'000	weitgehend klein	grossteils	8 – 10 grosse Bauwerke









Der Streckenabschnitt Schleis/Clusio – Mals/Malles entspricht den Varianten 1-3 (siehe Fotomontage Variante 1). Bezuglich der Trassierung im Raum Scuol gelten die gleichen Vorbehalte wie bei Variante 3A.

### 7.1.5 Zusammenfassende Beurteilung

Auf die Landschaft wirkt sich die direkte Variante 3A Scuol – Mals/Malles am wenigsten nachteilig aus. Sie weist die kürzeste Gesamtstrecke mit offener Linienführung auf und trassiert nur unterhalb von Sent einen wenig belasteten Landschaftsraum über eine kurze Strecke von ca. 1.5 km.

Mit grösseren Eingriffen in die Landschaft verbunden sind die Varianten 2 Zernez – Punt la Drossa - Valchava – Mals/Malles sowie 3b Scuol – Valchava – Mals/Malles. Neben vergleichbaren Eingriffen auf der Seite des Engadins be-

lasten sie in gleichem erheblichem Masse auch das untere Münstertal im Raum Valchava / Müstair / Taufers und den Raum westlich von Mals/Malles.

Mit noch etwas grösseren Landschaftseingriffen ist Variante 1 S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles verbunden. Dies vor allem infolge der beiden Anschlüsse an das Stammgleis der RhB westlich und östlich von S-chanf, wo teilweise kaum belastete Landschaftsräume tangiert bzw. durchquert werden. Bei Livigno ist der betroffene Raum schon stark vorbelastet, und im unteren Münstertal entsprechen die Eingriffe den Varianten 2 und 3B.

Die Variante 4 Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles beeinträchtigt die Landschaft weitaus am meisten. Mit fast 30 km ist die offen geführte Strecke mehr als dreimal länger als bei allen anderen Varianten. Kommt hinzu, dass weit über die Hälfte der offenen Strecke durch kaum bis nur wenig vorbelastete Landschaftsräume führt.

## 7.2 Eisenbahnlärm

Im Zusammenhang mit einer neuen Bahnverbindung im Rätischen Dreieck stellt der Eisenbahnlärm kein massgebendes Problem dar. Bei einem Stundentakt tagsüber mit einigen zusätzlichen Extra- und Güterzügen ergibt sich ein durchschnittliches Verkehrsaufkommen von ca. 30-35 Zügen pro Tag in beiden Richtungen bzw. von etwas mehr als zwei Zügen pro Stunde Betriebszeit.

Ohne Berücksichtigung von lärmämpfenden Hindernissen und Reflexionen werden (gemäss schweizerischer Umweltschutzgesetzgebung bzw. der einschlägigen Lärmschutzverordnung) bei Beachtung der Empfindlichkeitsstufe II für Wohngebiete innerhalb von ca. 5 m ab Bahntrasse lediglich die Planungswerte tagsüber knapp überschritten. Ausserhalb dieses Perimeters bleiben sämtliche Grenzwerte (Planungswerte, Immissionsgrenzwerte, Alarmwerte) deutlich unterschritten.

## 7.3 Deponien

Die folgenden Angaben zu den Deponieproblemen bzw. zu den bei den jeweiligen Tunnelportalen anfallenden und zu deponierenden Materialmengen basieren auf der Annahme, dass von sämtlichem wiederverwendbarem Ausbruchmaterial, das nicht direkt im Projekt wieder verwendet werden kann, die Hälfte verkauft wird und die Hälfte (zusammen mit dem nicht weiterverwendbaren Material) zu deponieren ist. Sämtliche Angaben entsprechen der Ausbruchmenge „fest“ x 1.4 und entsprechen damit der Materialmenge, die verdichtet deponiert wird.

### 7.3.1 Variante 1: S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles

Die grösste Gesamtlänge an Tunnels hat zur Folge, dass mit über 3 Mio. m<sup>3</sup> weitaus am meisten Ausbruchsmaterial aller Varianten anfällt, von dem fast 2 Mio. m<sup>3</sup> deponiert werden müssen. Knapp 20% des Deponiematerials fällt in S-

chanf an, etwas über 30% im Livigno und im Val del Gallo, fast 40% im unteren Münstertal und ca. 10% im Obervinschgau.

Deponien Variante 1						
Tunnelstrecken	Länge Tunnel (m)	Aushub Tunnel (1000 m <sup>3</sup> )	Verwertbar im Projekt (1000 m <sup>3</sup> )	Annahme Verkauf (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Norden (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Süden (1000 m <sup>3</sup> )
<b>1.1 S-chanf – Livigno</b>	13`000	920	90	210	420	200
<b>1.2 Livigno – Val del Gallo</b>	7`000	660	50	190	310	110
<b>1.3 Val del Gallo – Valchava</b>	16`000	1`230	100	430	-	700
<b>1.4 Taufers – Schleis</b>	7`000	450	50	200	-	200
<b>Total alle Tunnels</b>	43`000	3`260	290	1`030	730	1`210

### 7.3.2 Variante 2: Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles

Von den ca. 2 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchsmaterial sind ca. 1.2 Mio. m<sup>3</sup> zu deponieren. Etwas über 20% des Deponiematerials fällt in Zernez an, ca. 60% im unteren Münstertal und fast 20% im Obervinschgau.

Deponien Variante 2						
Tunnelstrecken	Länge Tunnel (m)	Aushub Tunnel (1000 m <sup>3</sup> )	Verwertbar im Projekt (1000 m <sup>3</sup> )	Annahme Verkauf (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Norden (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Süden (1000 m <sup>3</sup> )
<b>2.1 Zernez – Valchava</b>	26`000	1`560	180	360	280	740
<b>2.2 Taufers – Schleis</b>	7`000	450	50	200	-	200
<b>Total alle Tunnels</b>	33`000	2`010	230	560	280	940

### 7.3.3 Varianten 3A und 3B Scuol – Mals/Malles direkt bzw. über Valchava

In der Variante 3A fallen ca. 1.5 Mio. m<sup>3</sup> und in der Variante 3B ca. 2.5 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchsmaterial an. Zu deponieren sind in der Variante 3A ca. 0.8 Mio. m<sup>3</sup> und in der Variante 3B ca. 1.4 Mio. m<sup>3</sup>. Während in der Variante 3A je die Hälfte des zu deponierenden Materials im Unterengadin bzw. im Obervinschgau zu Tage gefördert wird, sind es in der Variante 3B ebenfalls etwa die Hälfte im Unterengadin, deutlich über 30% im unteren Münstertal und knapp 15% im Obervinschgau.

Deponien Variante 3A						
Tunnelstrecken	Länge Tunnel (m)	Aushub Tunnel (1000 m <sup>3</sup> )	Verwertbar im Projekt (1000 m <sup>3</sup> )	Annahme Verkauf (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Norden (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Süden (1000 m <sup>3</sup> )
<b>3.1 Scuol – Pradella</b>	3`500	220	20	-	-	200
<b>3.2 Pradella – Schleis</b>	19`500	1`250	120	500	210	420
<b>Total alle Tunnels</b>	23`000	1`470	140	500	210	620

Deponien Variante 3B						
Tunnelstrecken	Länge Tunnel (m)	Aushub Tunnel (1000 m <sup>3</sup> )	Verwertbar im Projekt (1000 m <sup>3</sup> )	Annahme Verkauf (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Norden (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Süden (1000 m <sup>3</sup> )
<b>3.1 Scuol – Pradella</b>	3`500	220	20	-	-	200
<b>3.2 Pradella – Valchava</b>	23`500	1`760	160	580	530	490
<b>3.3 Taufers – Schleis</b>	7`000	450	50	200	-	200
<b>Total alle Tunnels</b>	34`000	2`430	230	780	530	890

### 7.3.4 Variante 4: Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles

Der gesamte Tunnelausbruch beläuft sich auf ca. 1.7 Mio. m<sup>3</sup>, wovon ca. 1.1 Mio. m<sup>3</sup> deponiert werden müssen. Etwa zwei Drittel von sämtlichem zu deponierendem Material fallen im Unterengadin und ca. ein Drittel im Obervinschgau an.

Deponien Variante 4						
Tunnelstrecken	Länge Tunnel (m)	Aushub Tunnel (1000 m <sup>3</sup> )	Verwertbar im Projekt (1000 m <sup>3</sup> )	Annahme Verkauf (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Norden (1000 m <sup>3</sup> )	Deponie Süden (1000 m <sup>3</sup> )
<b>4.1 Scuol – Pradella</b>	3`500	220	20	-	-	200
<b>4.2 Ramosch – S. Nicla</b>	2`500	180	20	80	-	80
<b>4.3 S. Nicla – Nauders</b>	7`500	490	20	-	470	-
<b>4.4 Planeil– Burgeis</b>	8`000	530	50	240	-	240
<b>4.5 Burgeis – Schleis/Clusio</b>	4`500	290	30	130	-	130
<b>Total alle Tunnels</b>	26`000	1`710	140	450	470	650

### 7.3.5 Zusammenfassende Beurteilung

Mit deutlich weniger als 1 Mio. m<sup>3</sup> bzw. knapp über 1 Mio. m<sup>3</sup> zu deponierendem Ausbruchsmaterial schneiden die beiden Varianten 3A Scuol – Mals/Malles und 4 Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles am besten ab. Mit einem fast doppelt so grossen Deponievolumen (knapp 2 Mio. m<sup>3</sup>) weist die Variante 1 Schanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles hinsichtlich der Deponieproblematik die grössten Nachteile auf. Die beiden Varianten 2 Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles und 3B Scuol – Valchava – Mals/Malles liegen in etwa in der Mitte dieser Bandbreite.

Unabhängig von den einzelnen Varianten kann festgehalten werden, dass das Deponieren von insgesamt 1-2 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchsmaterial (1 Mio. m<sup>3</sup> entspricht einem Würfel von 100 m Seitenlänge) verteilt auf die verschiedenen betroffenen Talschaften kein grösseres Problem darstellt und keine der vier Varianten grundsätzlich in Frage stellt. Da alle betroffenen Talschaften über eine gute Verkehrserschliessung verfügen, kommen bei Notwendigkeit auch weiter entfernt liegende Deponiestandorte in Frage.

## 8. Verkehrserhebung (Ist-Zustand)

Um das Verkehrsgeschehen besser einschätzen zu können, wurde am Ofenpass (Ova Spin) und am Reschenpass (oberhalb Mals) je eine Verkehrserhebung durchgeführt. Erhoben wurden die Verkehrsströme an beiden Orten und gleichzeitig wurde eine Befragung durchgeführt. Ein Team von 9 Personen hat zusammen mit italienischen Lokalpolizisten und Schweizer Verkehrskadetten am Donnerstag, 1. September 2005, von 7.00 bis 19.00 Uhr ca. 7500 Fahrzeuge gezählt und mehr als 1500 Personen in ca. 800 Fahrzeugen und 24 Linienbussen befragt.

Die Verkehrsströme wurden nach Fahrzeugtypen im Zeitraster von 15 Minuten gezählt (Personenwagen, Lieferwagen, Lastwagen, Car/Bus). Die Personen in den aufgehaltenen Fahrzeugen wurden befragt nach Startort, Zielort und Motiv der Fahrt (Arbeitsweg, im Dienst, Tagesausflug, Ferienreise, Einkauf, spezielle Aktivität).

### 8.1 Verkehrserhebung Ofenpass

#### 8.1.1 Erhebungsdaten

Zusammenfassung der Resultate der Erhebung der Verkehrsströme und Personenbefragung in den angehaltenen Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) am Ofenpass, Donnerstag, 1.9.2005, 07.00-19.00 Uhr (Erhebungs- und Befragungsort Ova Spin). Der Lokalverkehr vom/zum Nationalpark wurde in der Auswertung nicht weiter berücksichtigt.

- Gezählte Fahrzeuge total (MIV und ÖV): 1798
- Angehaltene Fahrzeuge (MIV) 187 (10% aller Fahrzeuge)

Befragte Personen, Anteil Durchgangs- und Lokalverkehr Verkehrserhebung Ofenpass, 1.9.2005					
	Durchgangsverkehr	%	Lokalverkehr	%	Total
Befragte Personen MIV	342	90	37	10	379
Befragte Bus-passagiere (ÖV)	97	34	187	66	284
Total	439		224		663

### 8.1.2 Fahrziele

Die Fahrziele der Personen, die am 1. September 2005 über den Ofenpass in Richtung Italien/Österreich reisten, lassen sich folgendermassen zusammenfassen (Anteil Personen in %):

- 30% Livigno
- 19% Meran
- 14% Bozen
- 18% Val Müstair
- 9% Vinschgau
- 9% übriges Italien
- 2% Österreich

Die Fahrziele der Personen, die am 1. September 2005 über den Ofenpass in Richtung Schweiz fuhren, lassen sich folgendermassen zusammenfassen (Anteil Personen in %):

- 43% Kanton Graubünden
- 22% Zürich
- 16% Mittelland
- 7% übrige Schweiz
- 12% Gebiete ausserhalb der Schweiz (Frankreich, Deutschland, Österreich, Italien und Benelux-Länder).

Die Verkehrsströme über den Ofenpass (Richtung Italien/Österreich resp. Richtung Schweiz) sind in den nachfolgenden 2 Abbildungen dargestellt.

## OPENPASS - RICHTUNG ITALIEN

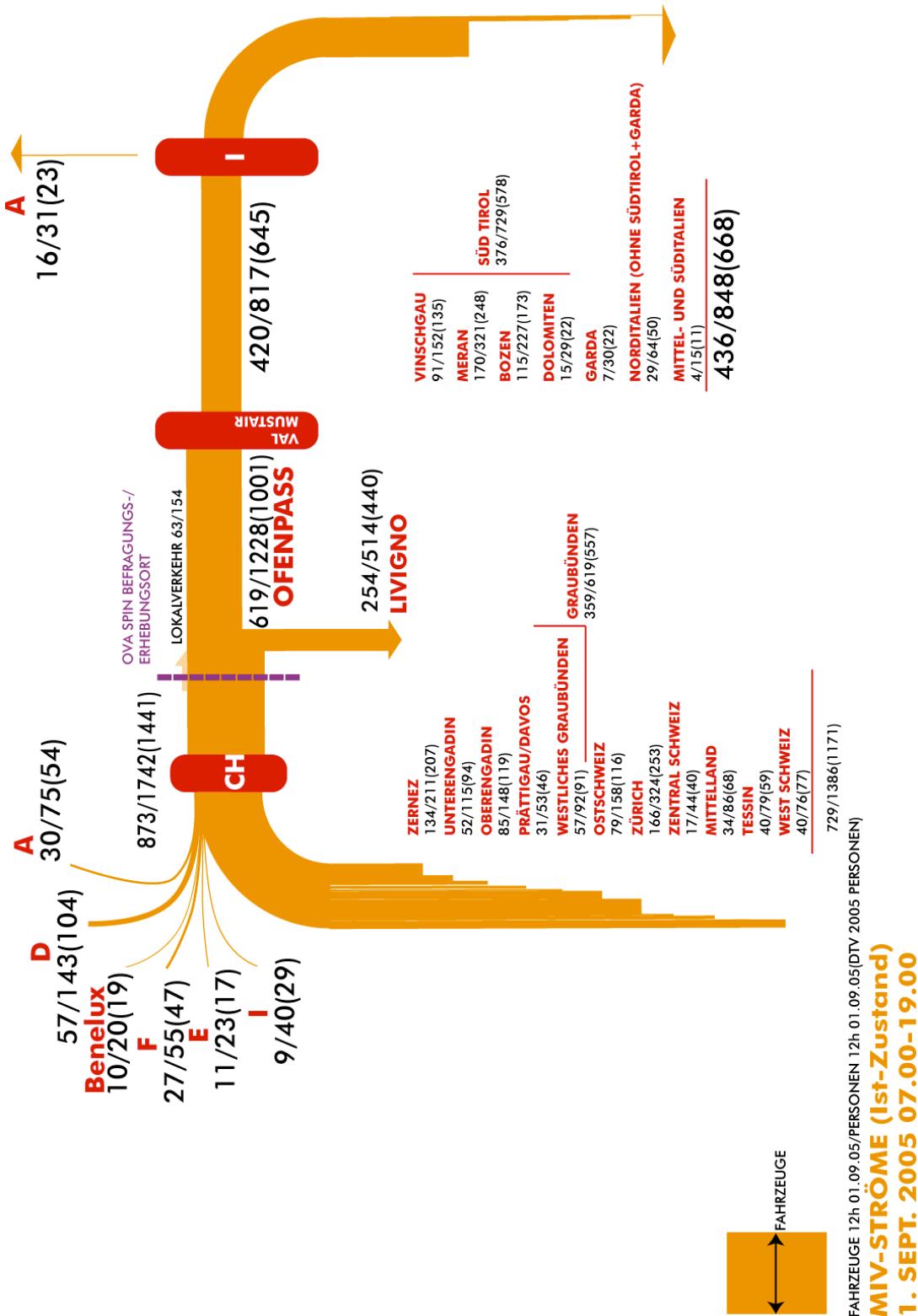


Abbildung 18: Verkehrserhebung Ofenpass, MIV Verkehr Richtung Italien/Österreich

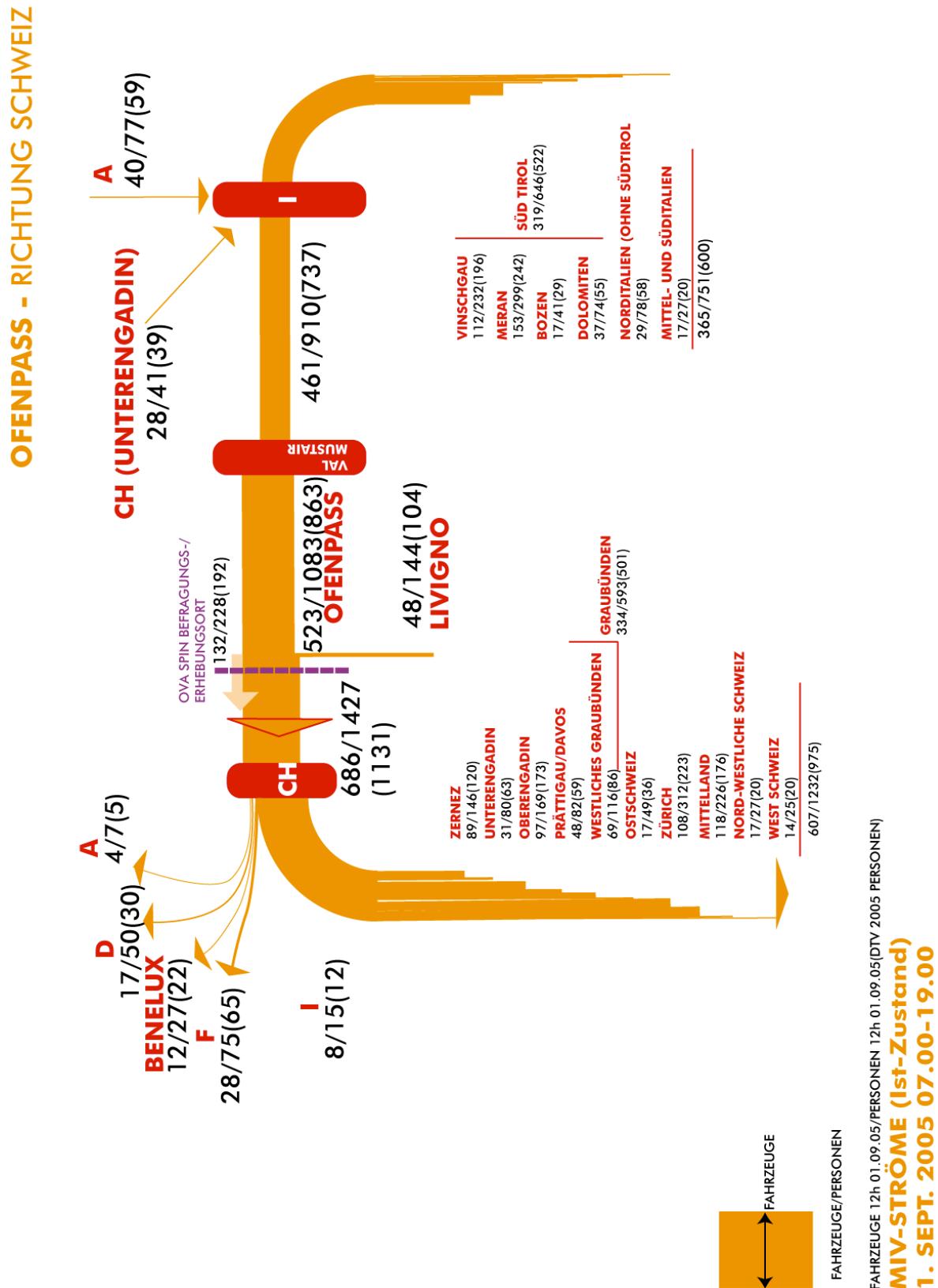
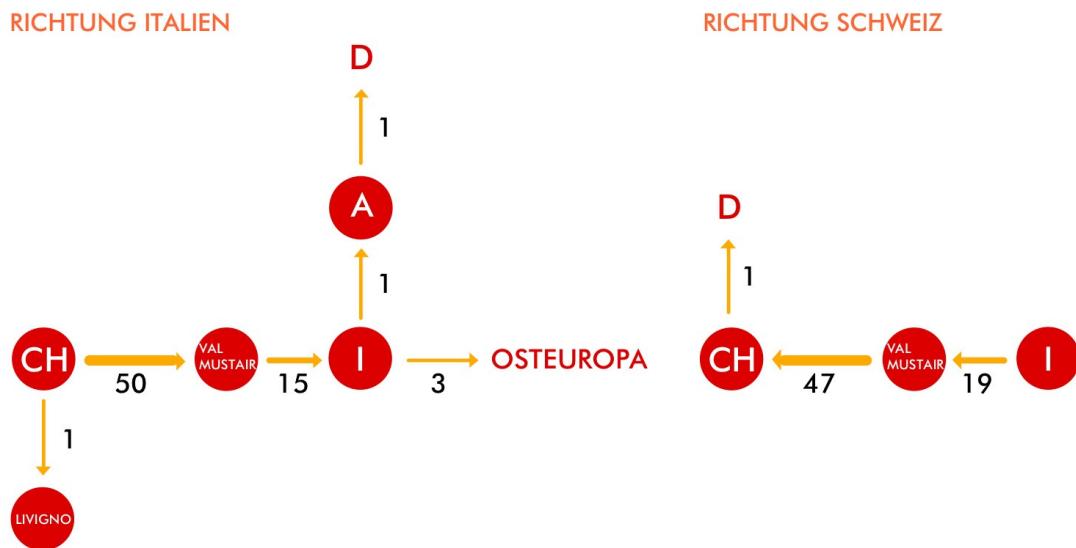


Abbildung 19: Verkehrserhebung Ofenpass, MIV Verkehr Richtung Schweiz

OFENPASS



**25'000 PERSONEN SIND IN DEN ERSTEN SECHS  
MONATEN DIESES JAHRES NACH MALS GEREIST**

## **OEV GRAFIK STRÖME (PERSONEN)**

Abbildung 20: Verkehrserhebung Ofenpass, ÖV Verkehr Richtung Italien und Schweiz

### 8.1.3 Fahrzwecke

Bei den Personen, die über den Ofenpass fuhren (beide Richtungen, MIV und ÖV), waren die Fahrzwecke wie folgt verteilt (Anteil in Prozent ca.):

- 55% Ferienreise
- 26% Tagesausflug
- 6% Arbeitsweg
- 6% Dienstweg
- 6% andere Aktivitäten

Weitere Abbildungen zu der Verkehrserhebung Ofenpass befinden sich im Anhang.

## 8.2 Verkehrserhebung Reschenpass

Erhebung der Verkehrsströme und Personenbefragung in den angehaltenen Fahrzeugen resp. in den öffentlichen Busfahrzeugen am Reschenpass, Donnerstag, 1.9.2005, 07.00-19.00 Uhr (Erhebungs- und Befragungsort oberhalb Mals/Malles).

### 8.2.1 Erhebungsdaten

- Gezählte Fahrzeuge (MIV und ÖV): 5631
- Angehaltene Fahrzeuge (MIV) 384 (7% aller Fahrzeuge)

Befragte Personen, Anteil Durchgangs- und Lokalverkehr Verkehrserhebung Reschenpass, 1.9.2005					
	Durchgangs- verkehr	%	Lokalverkehr	%	Total
Befragte Personen MIV	729	67	351	33	1080
Befragte Bus- passagiere (ÖV)	6	5	117	95	123
Total	735		468		1203

## 8.2.2 Fahrziele

Die Fahrziele der Personen, die am 1. September 2005 über den Reschenpass in Richtung Süden reisten, lassen sich folgendermassen zusammenfassen (Anteil Personen in %):

- 54% Vinschgau
- 16% Meran
- 9% Bozen
- 4% Livigno und Ofenpass
- 17% übriges Italien

Die Fahrziele der Personen, die am 1 September 2005 über den Reschenpass in Richtung Norden fuhren, lassen sich folgendermassen zusammenfassen (Anteil Personen in %):

- 39% Österreich
- 37% Baden Württemberg und Bayern
- 7% Kanton Graubünden
- 7% übrige Schweiz
- 10% übriges Deutschland und Benelux-Länder

Die Verkehrsströme über den Reschenpass (Richtung Italien resp. Richtung Österreich) sind in den nachfolgenden 2 Abbildungen dargestellt.

INTERREG III-A PROJEKT

## **RESCHENPASS RICHTUNG ITALIEN**

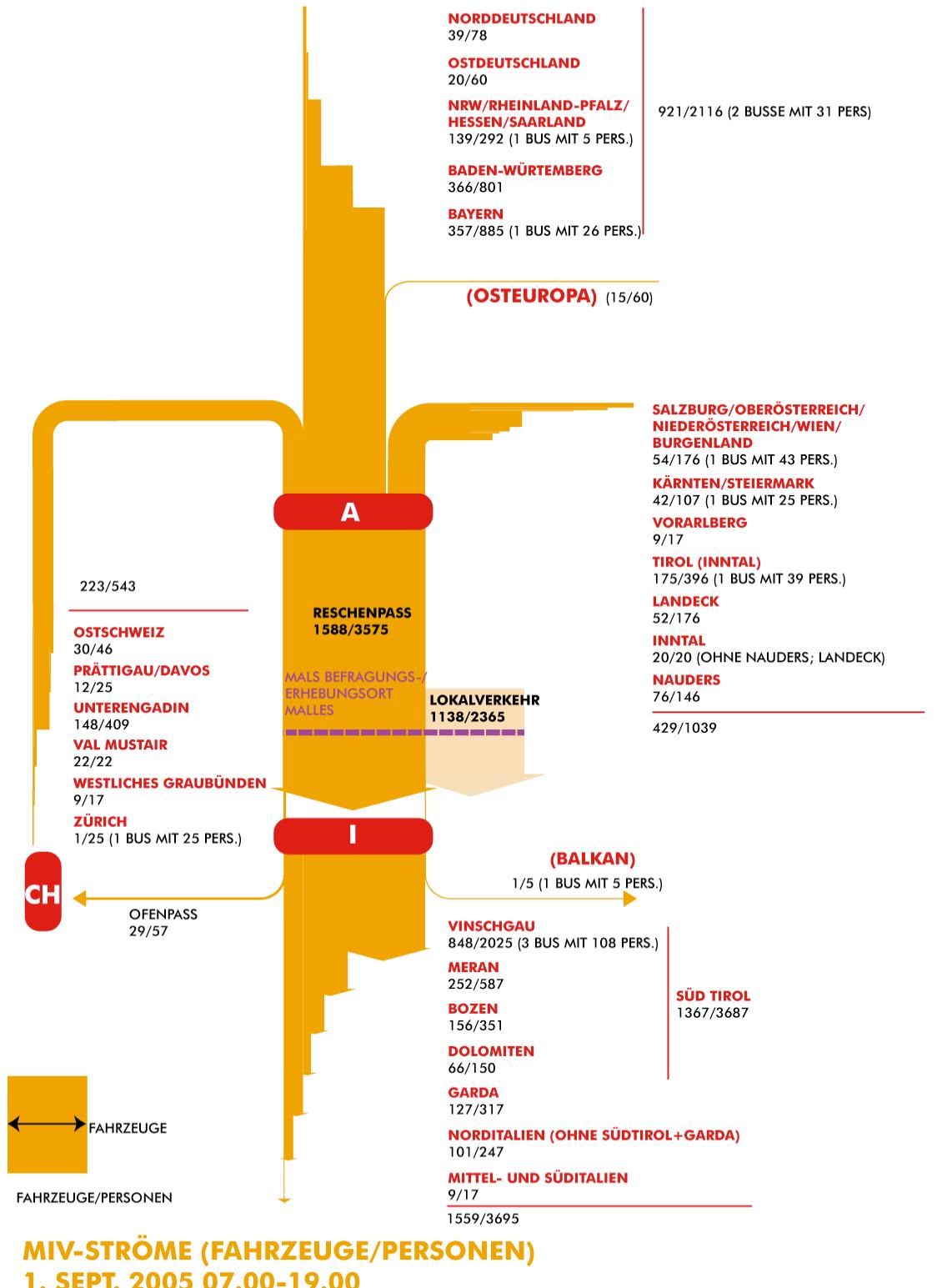


Abbildung 21: Verkehrserhebung Reschenpass, Verkehr Richtung Italien

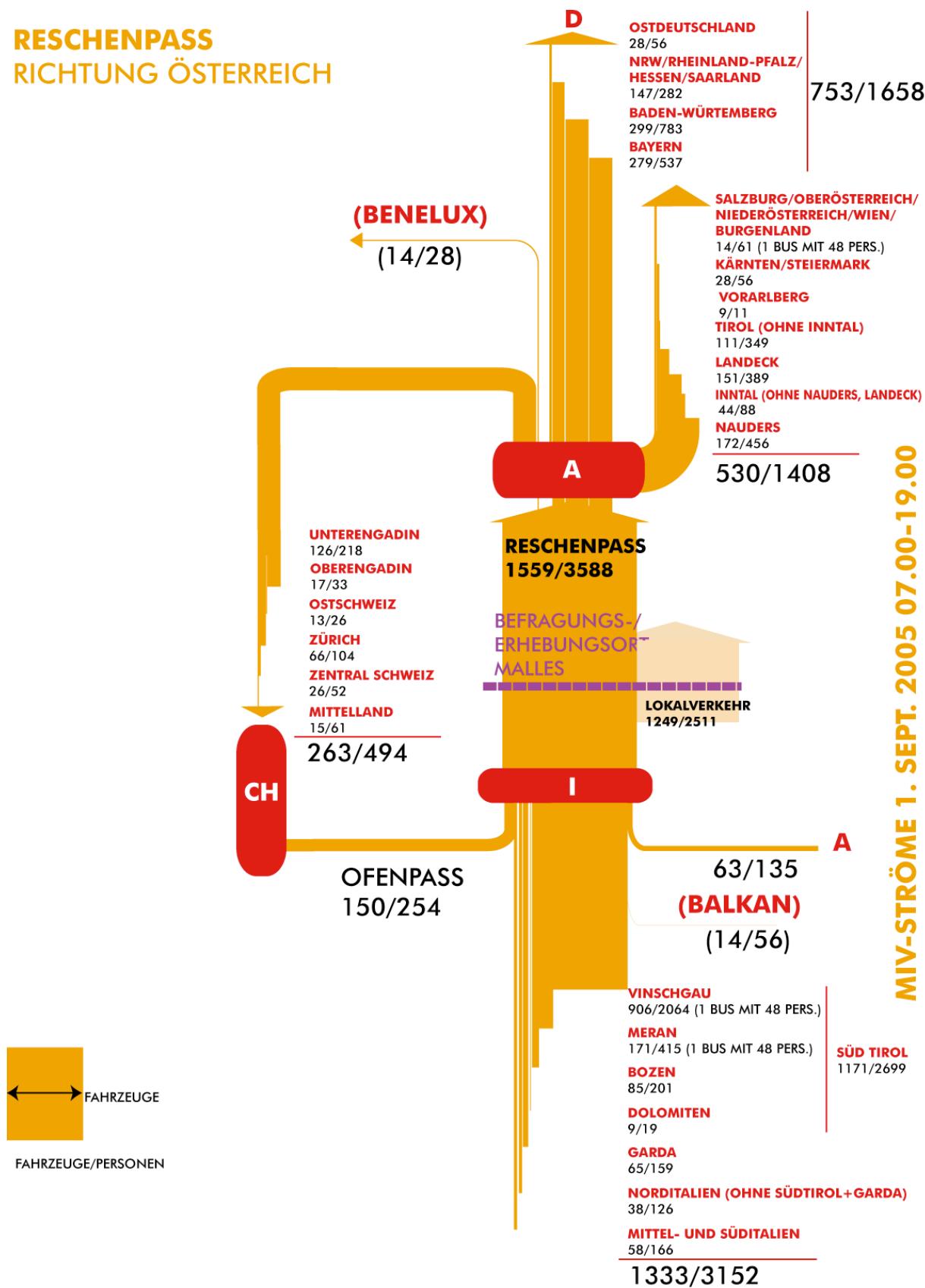


Abbildung 22: Verkehrserhebung Reschenpass, Verkehr Richtung Österreich

### 8.2.3 Fahrzwecke

Bei den Personen, die über den Ofenpass fuhren (beide Richtungen, MIV und ÖV), waren die Fahrzwecke wie folgt verteilt (Prozent ca.):

- 70% Ferienreise
- 15% Tagesausflug
- 2% Arbeitsweg
- 5% Dienstweg
- 5% Einkauf
- 4% andere Aktivitäten

Weitere Abbildungen zu der Verkehrserhebung Reschenpass befinden sich im Anhang.

### 8.3 Nachfrageschätzung für den Ofenpass

Da für den Reschenpass keine Jahresverkehrszahlen vorhanden sind, war eine Schätzung des DTV auf Grund der Zählung vom 1.9.2005 nicht möglich.

Für den Ofenpass liegen Jahresverkehrszahlen für frühere Jahre und pro Monat vor, was die Schätzung des DTV zulässt. Aus diesen Jahreserhebungen und den Daten der Verkehrserhebung auf dem Ofenpass vom 1.9.2005 wurde der DTV folgendermassen geschätzt:

- Der Anteil gestoppter Personen (Befragung) ist für jede Stunde berechnet worden (1 pro Richtung), damit sind anschliessend die Hochrechnungs-Koeffizienten errechnet worden.
  - Hochrechnungs-Koeffizienten x befragte Personen = 1.9.2005 Ströme (Startort/Zielort und Motiv)
  - Die Verkehrsströme für Arbeitsweg, Dienst und andere Aktivitäten bleiben während des Jahres mehr oder weniger konstant. Ferien- und Tagesausflugsverkehr sind von den Jahreszeiten abhängig.
  - Verkehrsdaten von der permanenten Zählstelle Buffalora (2004) sind als wöchentliche und jährliche Modelle benutzt worden, unter Berücksichtigung von 5 Perioden:
    1. Periode Januar, Februar, März
    2. Periode April
    3. Periode Mai, Juni, Oktober
    4. Periode Juli, August, September
    5. Periode November, Dezember
- Bei jeder Periode und jedem Wochentag ist die Verteilung nach Fahrzweck/Motiv berechnet worden.

- Tagesvergleich: Am 2. Sept. 2004 wurden 1847 Fahrzeuge/24h gezählt, die Erhebung am 1. Sept. 2005 ergab 1704 Fahrzeuge/12h (07.00-19.00 Uhr).
- Jahresvergleich: Die Verkehrsdaten der letzten 4 Jahre (2001-2004) zeigen ein Tagesmittel von rund 1300 Fahrzeugen, der errechnete DTV für das Jahr 2005 liegt mit 1296 Fahrzeugen in der gleichen Höhe (siehe nachfolgende Tabelle: „Abschätzung DTV 2005 für den MIV über den Ofenpass“).
- Folgende Hochrechnungs-Koeffizienten (DTV / Verkehr 01.09.05) wurden berechnet (MIV):
  - o Arbeitsweg 1.14
  - o Dienstfahrt 1.32
  - o Tagesausflug 0.69
  - o Ferienreise 0.75
  - o andere Aktivitäten 1.01

<b>Abschätzung DTV 2005 für den MIV über den Ofenpass</b> Grundlage Verkehrserhebung Reschenpass 1.9.2005 und Daten Zählstelle Buffalora 2004						
Monate Fahrzeuge MIV	Jan/ Feb/März	April	Mai/ Juni/Okt	Juli/ Aug/Sep	Nov/Dez	<b>DTV 2005</b>
Ferienreise	156	373	620	1'245	173	567
Tagesausflug	152	302	464	696	128	375
Arbeit/Dienst	378	363	366	311	354	353
<b>Total Fahrzeuge</b>	<b>686</b>	<b>1'038</b>	<b>1'450</b>	<b>2'252</b>	<b>655</b>	<b>1'295</b>

Der DTV 2005 für den ÖV wurde aus den Daten der Postautodienste mit 115 Personen ermittelt.

Der DTV 2005 lautet somit für den Ofenpass (Personen):

MIV	2590 Personen (1296 Fahrzeuge x 2)
ÖV	115 Personen
<b>total</b>	<b>2700 Personen (DTV 2005)</b>

Erste Beurteilung

- 60% des MIV liegt im Korridor Zürich/Mittelland – Prättigau – Ofenpass – Vinschgau – Bozen/Bolzano/Trento/Raum Garda

## 9. Nachfrageabschätzung

### 9.1 Vorgehen

Ausgangspunkt bildete der abgeschätzte DTV (2005) auf der Grundlage der Erhebung vom 1.9.2005 für den Ofenpass und den Daten der Zählstelle Buffalora von 2004 (siehe Kapitel Verkehrserhebung Ist-Zustand). Die Abschätzung ergab für den Ofenpass rund 2600 Personen beim MIV, ca. 120 Personen beim öV, sowie rund 680 Personen, die über den Reschenpass von/in Richtung Schweiz reisen. Dies ergibt einen Gesamtverkehr von rund 3400 Personen pro Tag (DTV 2005).

Eine Abschätzung des DTV für den Reschenpass war auf Grund fehlender Datengrundlagen nicht möglich (keine vergleichbaren Zählungen für das ganze Jahr vorhanden).

Für die Abschätzung der Nachfrage für den Verkehr mit einer neuen Bahnverbindung sind für alle Varianten die Einzugsbereiche in 4 unterschiedliche Kategorien eingeteilt worden (siehe auch nachfolgende Abbildung):

Kategorie A: Nahbereich	18'000 Einwohner
Kategorie B: Erweiterter Einzugsbereich	162'000 Einwohner
Kategorie C: Grosser Einzugsbereich	3'100'000 Einwohner
Kategorie D: Übriger Einzugsbereich	

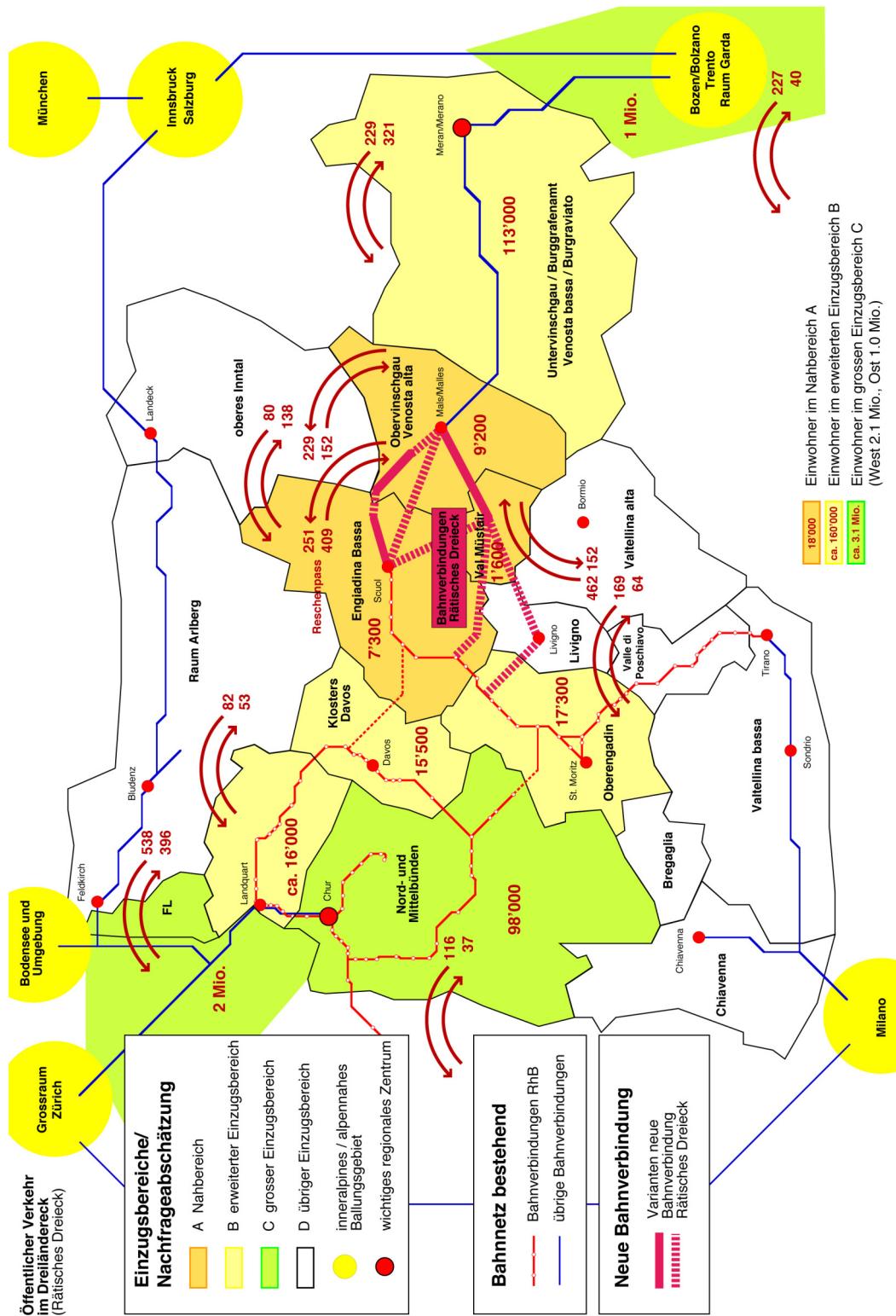


Abbildung 12: Einzugsbereiche für die Nachfrageabschätzung, Kategorien A,B,C,D

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Einzugsbereiche A-D mit den entsprechenden Einwohnerzahlen.

Einzugsbereiche A bis D, Gebiete und Einwohner (2005)		
	Gebiete	Einwohner ca.
<b>A Nahbereich</b>	Unterengadin	7'300
	Obervinschgau	9'200
	Münstertal	1'600
	<b>Total ca.</b>	<b>18'000</b>
<b>B Erweiterter Einzugsbereich</b>	Oberengadin	17'300
	Prättigau	16'000
	Klosters - Davos	15'500
	Untervinschgau und Burggrafenamt	113'000
<b>Total ca.</b>		<b>162'000</b>
<b>C Grosser Einzugsbereich</b>	Nord- und Mittelbünden ohne Prättigau	98'000
	Grossraum Zürich	2 Mio.
	Bozen/Bolzano -Trentino	1 Mio.
<b>Total ca.</b>		<b>3.1</b>
<b>D Übriger Einzugsbereich</b>		

Der Verkehr wurde bezüglich der nachfolgenden Fahrzwecke untersucht und das Potential für die Nachfrage pro Fahrzweck abgeschätzt:

- Arbeit
- Dienst
- Tagesausflug
- Ferienreise
- andere Aktivitäten

## 9.2 Verkehr auf ausgewählten Vergleichs-Bahnstrecken

Als weitere Grundlage für die Nachfrageabschätzung diente der Vergleich mit dem Personenverkehr auf den bestehenden Bahnstrecken Vereina, Furka, Centovalli und Bernina und dem MIV auf den entsprechenden Passstrassen.

### 9.2.1 Furka-Tunnel und Furkapass (DTV 2004)

- Bahnpassagiere 1044
- Passagiere auf dem Autoverlad 1062
- Personen mit MIV (nur Sommer), ca. 844 (Sommer 2000)
- **Total Personen Bahn und MIV 2950**
- Anteil Bahnpassagiere (nur Sommer) 55%

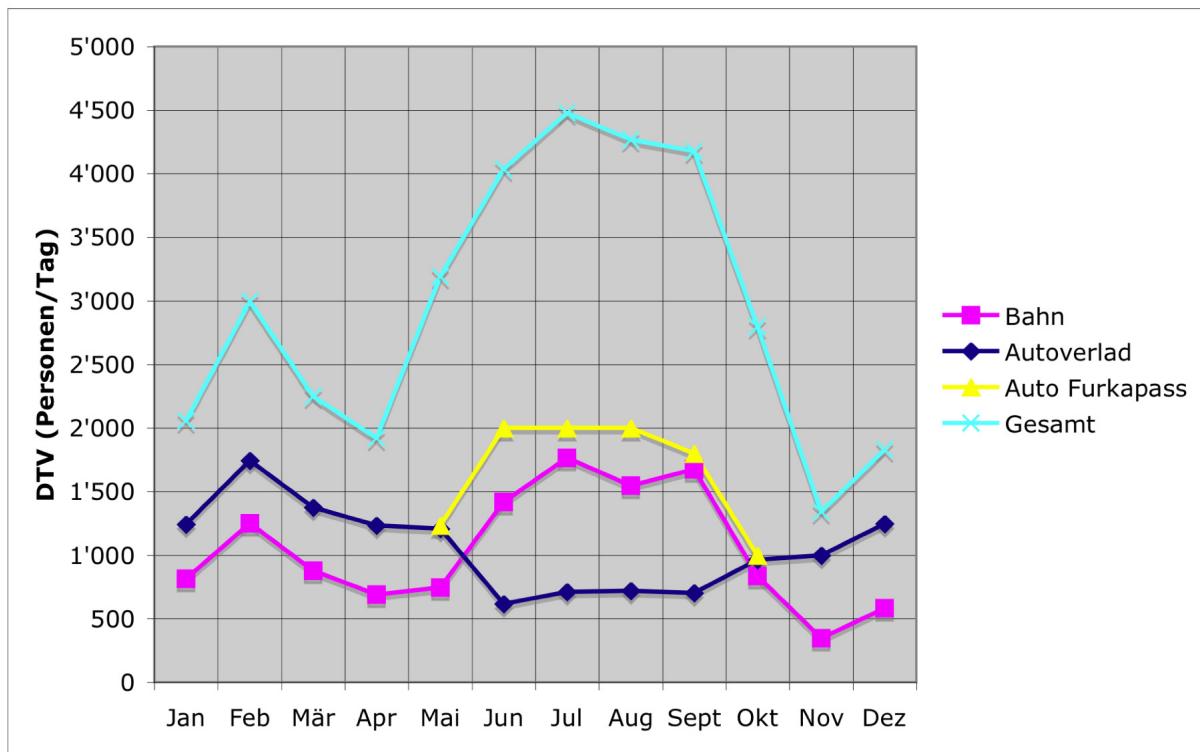


Abbildung 24: Beispielhafte Jahresganglinie Furkatunnel und Furkapass

- Generell Glacier Express 2005: 280'000 Fahrgäste/Jahr

### 9.2.2 Vereina-Tunnel und Flüelapass (DTV 2001)

- Bahnpassagiere 1200
- Passagiere auf dem Autoverlad 1600
- Personen mit MIV 2400
- **Total Personen Bahn und MIV 5200**
- Anteil Bahnpassagiere 54%

### 9.2.3 Berninabahn und Berninapass (DTV 2001)

- Bahnpassagiere 1600
- Personen mit MIV 3000
- **Total Personen Bahn und MIV 4600**
- Anteil Bahnpassagiere 34%
- Berninaexpress 2005 685

### 9.2.4 Ferrovia Centovalli Locarno – Domodossola (DTV 2004)

- Bahnpassagiere (alle Einsteiger) 2440
- Bahnpassagiere über die Grenze 750

### 9.2.5 Zusammenstellung Anteil Bahn- resp. Buspassagiere/Tag der auf den ausgewählten Vergleichs-Bahnstrecken:

- Bahn Furkatunnel 1040 (DTV 2004) ohne Autoverlad
- Bahn Vereinatunnel 1200 (DTV 2001) ohne Autoverlad
- Berninabahn 1600 (DTV 2001)
- Centovallibahn 750 (grenzüberschreitend)
- Bus Ofenpass 120 (DTV 2005)

## 9.3 Nachfrageabschätzung

### 9.3.1 Bestehendes Nachfragepotential

Auf den vorangehenden Grundlagen wurde für die Varianten 1-4 eine Nachfrageabschätzung gemacht.

Das Potential wurde für die 5 Verkehrszwecke Arbeit (Pendler), Dienst (Geschäftsverkehr), Tagesausflug (Einkauf/Freizeit), Dienstleistungen und Ferienreise abgeschätzt.

Grundlage bildete die Erhebung der Personenströme über den Ofenpass vom 1.9.2005 (Gesamtverkehr beide Richtungen ca. 3170 Personen), der folgende Aufteilung auf die Verkehrszwecke ergab:

- Pendler ca. 8%
- Geschäftsverkehr ca. 7%
- Ausflug / Einkauf ca. 25% (nur Tagesausflug)
- Dienstleistungen (Spital etc.) ca. 10% (andere Aktivitäten)
- Ferienreise ca. 50%

Die Umrechnung für den Jahresverkehr (Tagesdurchschnitt ca. 1300 Personen, Jahresmenge ca. 474'000 Personen) ergibt folgende Aufteilung der Verkehrszwecke:

- Pendler ca. 9%
- Geschäftsverkehr ca. 9%
- Ausflug / Einkauf ca. 29% (nur Tagesausflug)
- Dienstleistungen (Spital etc.) ca. 9% (andere Aktivitäten)
- Ferienreisen ca. 44%

Bestehendes Nachfragepotential Varianten 1 bis 4 (Personen/Tag)					
Varianten	Ofenpass	Reschen-pass	Livigno	Engadin-Venedig Express	DTV
V1	515	15	160	160	850
V2	565	50	20	160	795
V3A	470	145	0	160	775
V3B	520	145	0	160	825
V4	385	215	0	160	760

Eine tendenzielle Überprüfung konnte an Hand des erfreulichen Passagierzuwachses auf der neuen Postauto-Linie Zernez - Mals vorgenommen werden.

Die saisonalen Schwankungen haben sich als sehr gross erwiesen. Im bisherigen Spitzemonat Oktober 05 wurden 7800 Fahrgäste über die Grenze befördert (Summe beider Fahrrichtungen) und es musste täglich ein Beiwagen gestellt werden. In den bisher schwachen Monaten ist die Nachfrage wesentlich tiefer (z.B. im November 2005 1500 Fahrgäste). Die im ersten Kalenderjahr erreichten DTV-Werte von ca. 120 Fahrgästen dürften sich im 2. Kalenderjahr um ca. 50% erhöhen, ohne dass sich ein Ende der Wachstumsphase abzeichnet. Insbesondere ist es noch nicht gelungen, den italienischen Markt als Ausgangspunkt für Reisen in die Schweiz zu aktivieren. Bezuglich der Quell- und Zielgebiete scheinen sich die Abschätzungen zu bestätigen. Es gibt kaum Fernreisende: Mindestens Ziel oder Quelle liegt meist im Vinschgau oder im Unterengadin. Die erweiterten Einzugsbereiche sind einerseits Mittelbünden und darüber hinaus bis ins schweizerische Mittelland (insbesondere Raum Zürich), sowie andererseits Meran und vereinzelt Bozen.

### 9.3.2 Zusätzliche Nachfragepotentiale

#### „Engadin-Venedig Express“

Zusätzlich zu diesen „hochgerechneten“ Verkehrsströmen<sup>2</sup> wird davon ausgegangen, dass ein neues „Tourismusprodukt“ unter dem Arbeitstitel „Engadin-Venedig Express“ ein völlig neues Nachfragesegment anspricht, das hier mit 1-2 Zugpaaren eingesetzt worden ist. Dieser „Engadin-Venedig Express“ müsste als Produkt und bezüglich der (weltweiten) Vermarktungsstrategie erst noch geschaffen werden. Die heutigen Träger des „Glacier Express“ St. Moritz – Zermatt und die Interessenvertreter des Tourismus des Oberengadin<sup>3</sup> sind daran hochgradig interessiert. Der „Glacierexpress“ hatte im Jahr 2005 einen DTV von 777 (inkl. Teilstreckenfahrten) und der Berninaexpress kommt im Jahresmittel auf 685 Fahrten pro Tag. Wir schätzen das Potential des neuen Produktes Engadin-Venedig Express auf 160-320 Fahrten pro Tag.

#### Forcierte Regionalentwicklung

Darüber hinaus gehen wir davon aus, dass eine konsequente gemeinsam betriebene Regionalentwicklung der Talschaften Oberer Vinschgau und Unterengadin (inklusive Nauders und Münstertal)<sup>4</sup> zu einer starken Zunahme der verkehrlichen Verflechtungen führen könnte. Eine solche grenzübergreifende Regionalentwicklung müsste die Bereiche:

- Wirtschaft (Wirtschaftsförderung)
- Kultur (ev. auch Ausbildung)
- Gesundheitspolitik
- Tourismus

<sup>2</sup> siehe Tabelle Nachfrageabschätzung, Kolonne Ofenpass, Reschenpass und Livigno

<sup>3</sup> gemäss Direktor Danuser

<sup>4</sup> je nach Variante ist auch Livigno oder das Tiroler Inntal einzubeziehen

umfassen und bestehende nationale Tabus brechen - und das über den Bereich Tourismus und Verkehr hinaus.

Ein solcher grenzüberschreitender Wirtschaftsraum würde im engeren Raum etwa 18'000 Einwohner umfassen und im erweiterten Raum ca. 25'000. Wenn wir davon ausgehen, dass auf Grund einer konsequent gemeinsam betriebenen Regionalentwicklung künftig 1% der Bevölkerung des engeren Bereiches pro Tag zusätzlich einen Anlass hat, um mit der Bahn in die andere Talschaft zu gelangen. Das entspricht einer zusätzlichen Nachfrage von 300 Personenfahrten durch die neue Tunnelverbindung im Nahverkehr.

Es kann somit von einem Nachfragepotential in der Größenordnung von 800-1200 DTV ausgegangen werden.

Bestehendes und zusätzliches Nachfragepotential Varianten 1 bis 4 (Personen/Tag)						
Varianten	Ofenpass	Reschen-pass	Livigno	Zusatz-potential im Nahverkehr	Engadin-Venedig Express	DTV
V1	515	15	160	0-300	160-320	850-1310
V2	565	50	20	0-300	160-320	795-1255
V3A	470	145	0	0-300	160-320	775-1235
V3B	520	145	0	0-300	160-320	825-1285
V4	385	215	0	0-300	160-320	760-1220

## 10. Mögliche Betriebsformen

### 10.1 Systemschnittstelle und Ausstattung Neubauabschnitte

#### Zur Lage der Systemschnittstelle und der technischen Ausstattung des Neubauabschnittes

Aus Sicherheitsgründen muss die Dieseltraktion in längeren Tunnels ausgeschlossen werden. Das Abgasproblem ist mit technischen Hilfsmitteln zwar lösbar, das Befahren längerer Tunnels mit Personenzügen in Dieseltraktion wird wegen des in Tanks mitgeführten Treibstoffes (mehrere 1000 Liter) aus Sicherheitsgründen jedoch ausgeschlossen. Das hat zur Folge, dass die Varianten mit langen Tunnels von der Vinschgaubahn nur dann (sinnvoll) befahren werden können, wenn diese elektrifiziert wird. Der gewählte Tunnelquerschnitt lässt sowohl die Meterspur (RhB) als auch die Normalspur (Vinschgaubahn) zu. Eine Ausstattung mit beiden Spurweiten (3 oder 4 Schienen) ist nicht auszuschließen, allerdings sollte aus verschiedenen Gründen nicht erwogen werden, die elektrische Ausrüstung des Tunnels auf 2 verschiedene Systeme (Wechselstrom RhB / Gleichstrom Trenitalia) auszurichten.

Trotzdem wird für den Fall von Sonderangeboten (ev. „Engadin-Venedig Express“) der Einsatz von besonderem Rollmaterial (umspurbar) nicht zum vornherein ausgeschlossen.

### 10.2 Rahmenbedingungen für das Betriebskonzept

Die Fahrplansysteme der bestehenden Bahnen im „Rätischen Dreieck“ sind in die übergeordneten Fahrplankonzepte der umliegenden Bahnen eingebunden.

Dabei sind die folgenden Knoten und Systemzeiten (' = Min.) massgebend:

**Brennerlinie / Mals/Malles:** Der Knoten Bozen/Bolzano hat zur Zeit die Symmetrizeit 30' für IC-, EC-, IR- und zum Teil R-Zugläufe<sup>5</sup>. Nebensymmetrie für Regionalsysteme mit 0' -Symmetrie im Aufbau.

Zur Zeit wird ein Schieben der Symmetrizeit in München angestrebt, das würde die Knotenlage von Bozen um 30' schieben.

Für den Zustand mit Brennerbasistunnel sind noch keine Betriebskonzepte vorhanden. Es ist jedoch weiterhin von einer Knotenlage 0'/30' in Bozen für

---

<sup>5</sup> IC = Intercity, EC = Eurocity, IR = Interregio, R = Regio

den Regional- und Interregionalverkehr auszugehen.

Die Systemzeit von Bozen bis Mals/Malles beträgt heute 120'.

**Zürich/Unterengadin:** Der Knoten Zürich ist gemäss Bahn 2000 auf die Knotenzeiten 0'/30' ausgerichtet.

Auf Grund der 150' Systemzeit zwischen Zürich und Sagliains ergibt das für Sagliains wiederum ein Knotensystem mit den Symmetrizeiten 0'/30'. Für Scuol ebenfalls 0'/30' und für Zernez 15'/45'.

**Arlberglinie/Landeck:** Der Knoten Landeck wird zur Zeit als „richtungsalternierender“ 30' Knoten betrieben. Er könnte künftig (mit den Knoten Bozen und Innsbruck um 30' geschoben werden.

Grundsätzlich kann angenommen werden, dass die Knoten Mals/Malles und Sagliains weiterhin in einem 0'/30'-Fahrplangefüge liegen und dass die Systemzeiten auf der Netzkarte Sagliains-Mals/Malles ein Vielfaches von 30 Min. betragen müssen.

## 10.3 Systemzeiten für den Netzschluss

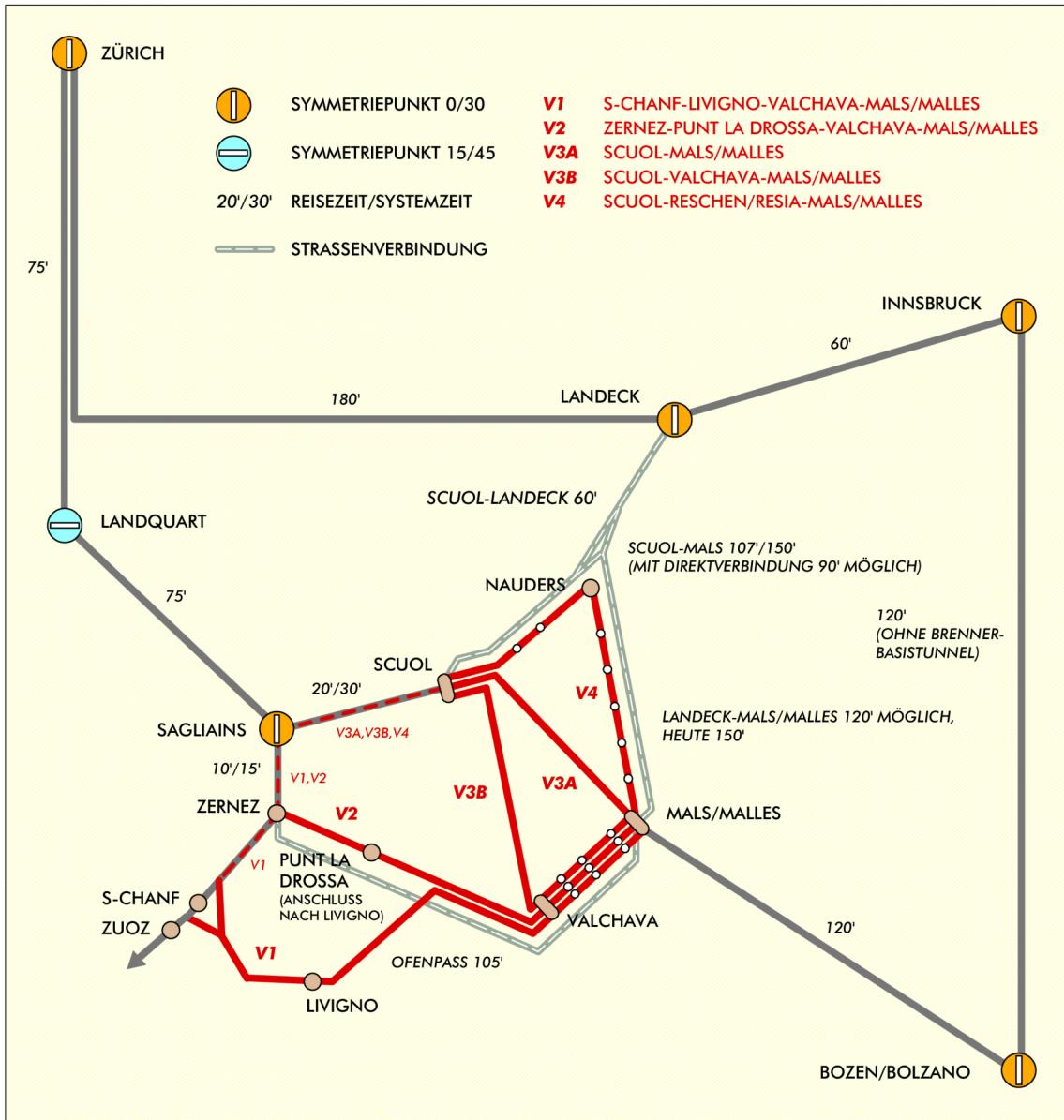


Abbildung 25: Überblick Systemzeiten heute mit neuen Bahnverbindungen (rot)

## 10.4 Denkbare Zugläufe für die Netzverknüpfung

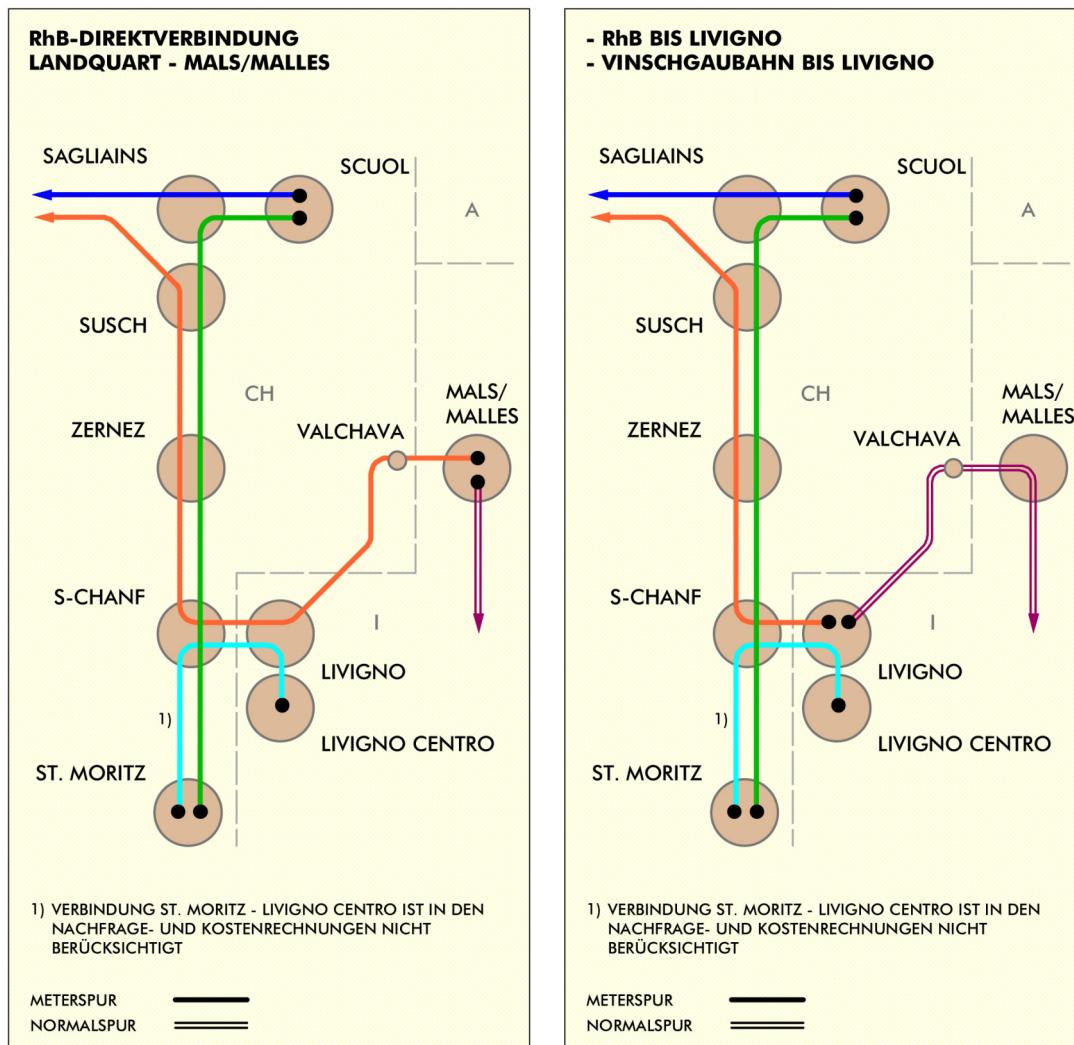


Abbildung 26: Variante 1 S-chanf - Livigno - Valchava - Mals/Malles

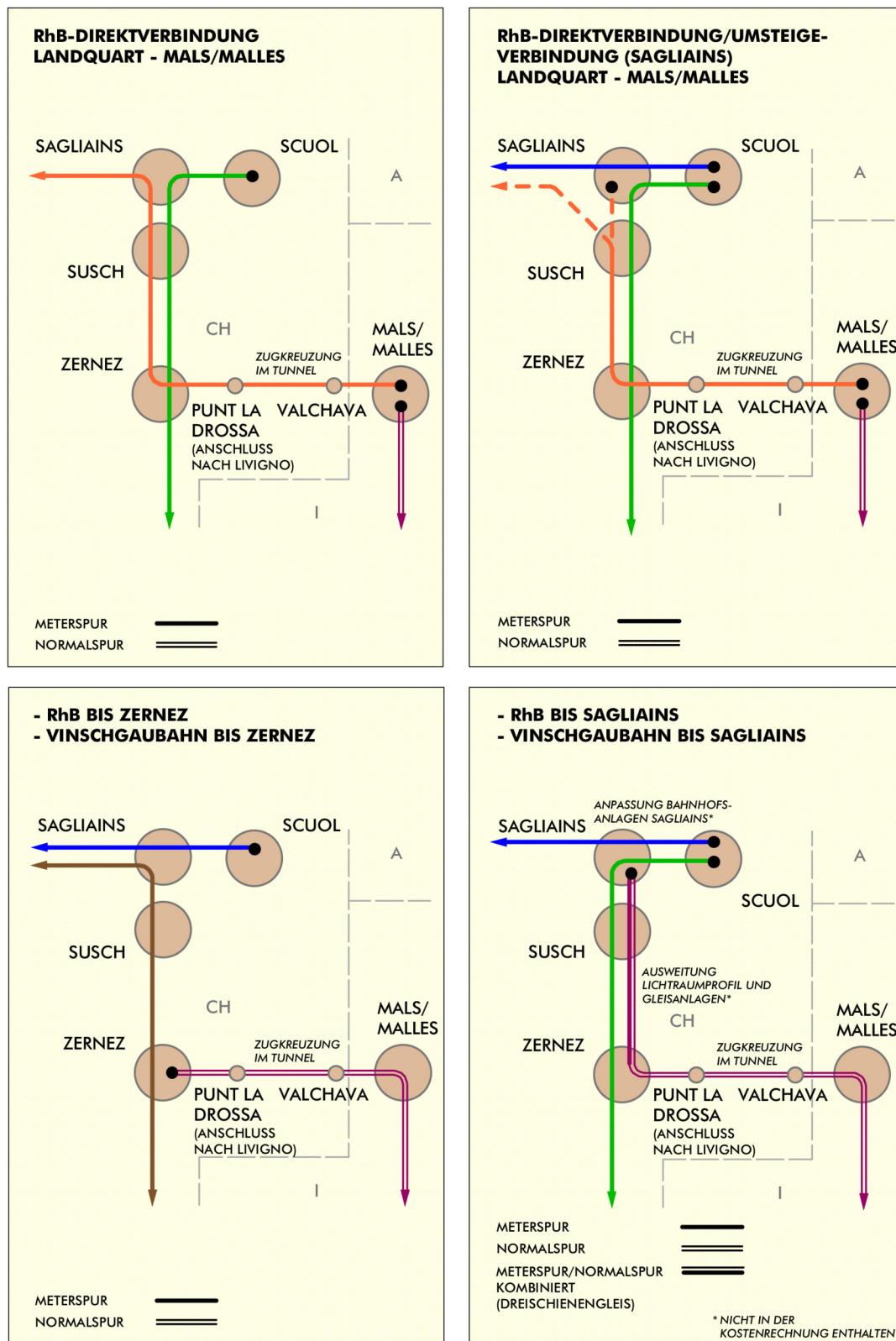


Abbildung 27: Variante 2 Zernez – Punt la Drossa - Valchava - Mals/Malles

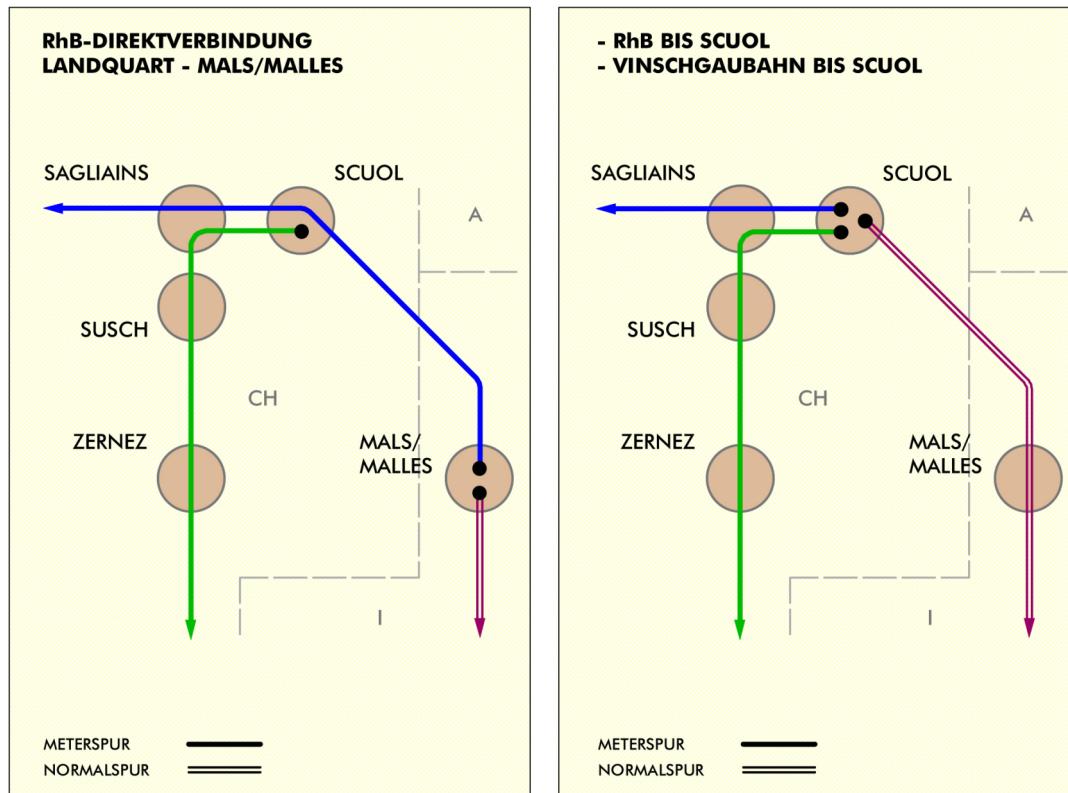


Abbildung 28: Variante 3A Scuol - Mals/Malles

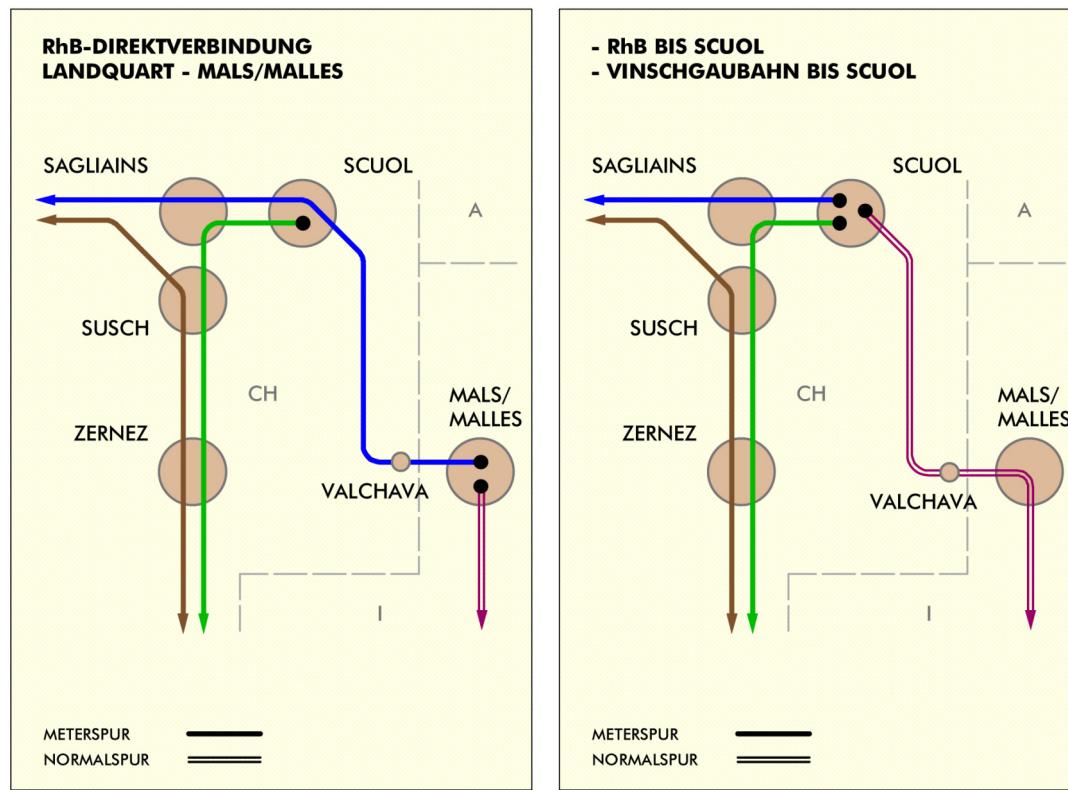


Abbildung 29: Variante 3B Scuol - Valchava - Mals/Malles

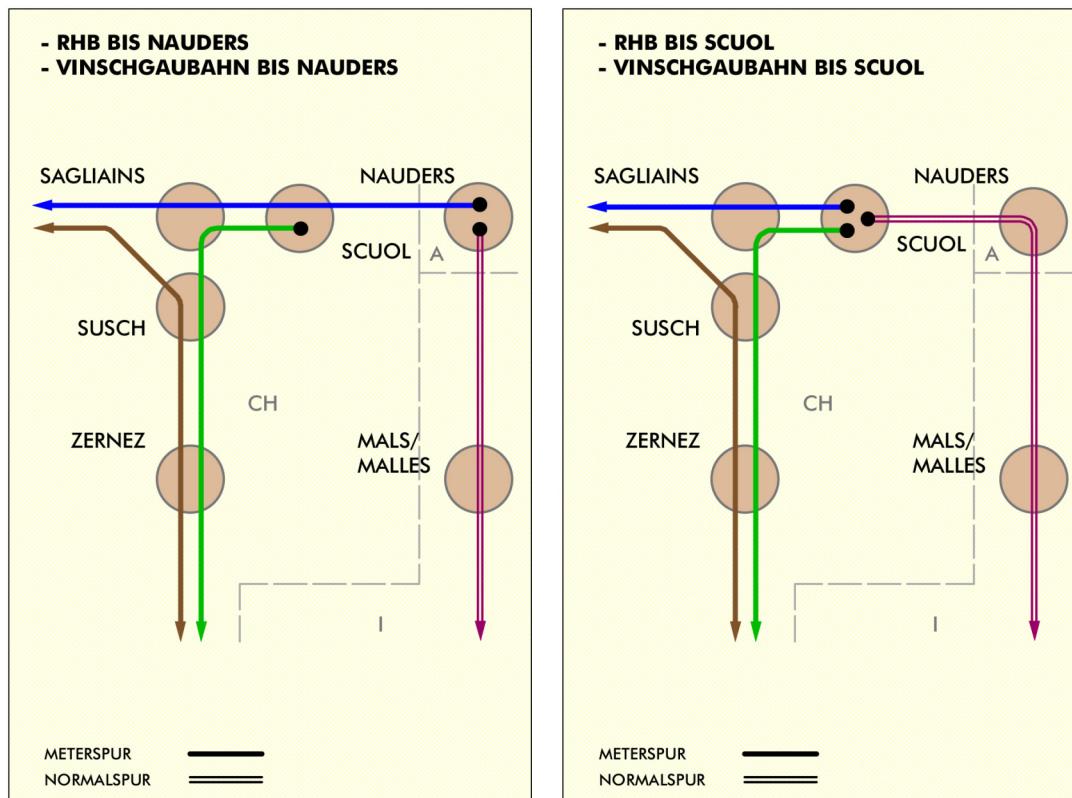


Abbildung 30: Variante 4 Scuol - Nauders - Reschen/Resia - Mals/Malles

## 10.5 Grobe Mengengerüste für die Betriebskonzepte

### 10.5.1 Annahmen:

Als Berechnungsbasis wurde angenommen, dass

- 1 eine Direktverbindung Vereina – Unterengadin bestehen bleibt.
- 2 die Engadinerlinie (Scuol – Pontresina) bestehen bleibt.
- 3 die Vereinalinie und die Vinschgaulinie durch nur einen Umsteigevor-gang miteinander verbunden sind.
- 4 nicht festgelegt ist, wo der Umsteigepunkt liegt und welche Bahn „ver-längert“ wird.
- 5 eine zusätzliche Verbindung ins Oberengadin nicht einbezogen ist. Somit ist die bei Variante 1, in der Vorstudie „Strecken und Netzer-gänzungen RhB“, Mai 2004, angedachte umsteigefreie Verbindung Livigno-Oberengadin hier nicht berücksichtigt.

Diese Annahmen und die Überlegungen von Kap. 10.4 führen dazu dass:

- die Varianten über Scuol (V3A, V3B und V4) als Verlängerung des Zuglaufs Landquart - Scuol geführt werden können und somit lediglich der Neubauabschnitt Scuol-Mals/Malles betrieblich kostenwirksam wird.
- die Varianten 1 (über S-chanf) und 2 (über Zernez) zu einem überlagerten Angebot auf den Streckenabschnitten zwischen Sagliains und Zernez (V2) bzw. S-chanf (V1) führen. Will man einen solchen Zustand vermeiden, müssten bei den Zugläufen Landquart – Sagliains / Sagliains – Pontresina weitergehende Änderungen vorgenommen werden.

In dieser Machbarkeitsstudie wurde für die Varianten V1 und V2 lediglich das gegenüber heute zusätzliche Fahrplanangebot zwischen Sagliains und Mals/Malles berücksichtigt.

### **10.5.2 Fahrzeiten auf den Neubaustrecken**

Annahmen

Die Fahrzeitberechnungen beruhen auf einer Ausbaugeschwindigkeit der Neubaustrecken von 100 km/h und generellen Fahrzeitzuschlägen von 11 %. Bei Abschnitten mit über 20 % Gefälle wurde die Mantelgeschwindigkeit talwärts auf 80 km/h reduziert. Die Zuschläge für Haltestellen variieren nach der Wichtigkeit (Haltezeit 30 sec bis 2 Min.) und nach den Geschwindigkeiten und Steigungen auf den angrenzenden Streckenabschnitten. Als Wendezzeit (inklusive gewisser Reserven) wurden 10 Min. eingesetzt und als Knotenzuschlag 3 Min.

Es wurden keine Kreuzungszuschläge eingesetzt, da von grosszügigen Kreuzungsanlagen (2,5 km) ausgegangen wird und die Fahrzeitasymmetrien zum Kreuzen ausgenutzt werden können (die Fahrzeiten beruhen auf der langsameren Fahrrichtung und sind immer aufgerundet).

#### **Fahrzeiten auf den Neubaustrecken Varianten V1 bis V4**

V1 S-chanf → Mals/Malles 51 Min.

Mals/Malles → S-chanf 49 Min.

inkl. 4 Halte: Taufers/Tubre, Müstair, St. Maria – Valchava, Livigno  
(Total 6,5 Min. Zeitzuschlag)

V2 Zernez → Mals/Malles 41 Min.

Mals/Malles → Zernez 41 Min.

inkl. 4 Halte: Taufers/Tubre, Müstair, St. Maria – Valchava, Punt la Drossa  
(Total 6,5 Min. Zeitzuschlag)

V3A Scuol → Mals/Malles 20 Min.

Mals/Malles → Scuol 20 Min.

V3B Scuol → Mals/Malles 40 Min.

Mals/Malles → Scuol 38 Min.

inkl. 3 Halte: Taufers/Tubre, Müstair, St. Maria – Valchava

(Total 4,5 Min. Zeitzuschlag)

V4 Scuol → Mals/Malles 59 Min.

Mals → Scuol 58 Min.

inkl. 7 Halte: Burgeis, St. Valentin, Reschen/Resia, Nauders Süd (Ski-bahnen), Nauders, Ramosch, Sur En oder S. Nicla

(Total 15,5 Min. Zeitzuschlag)



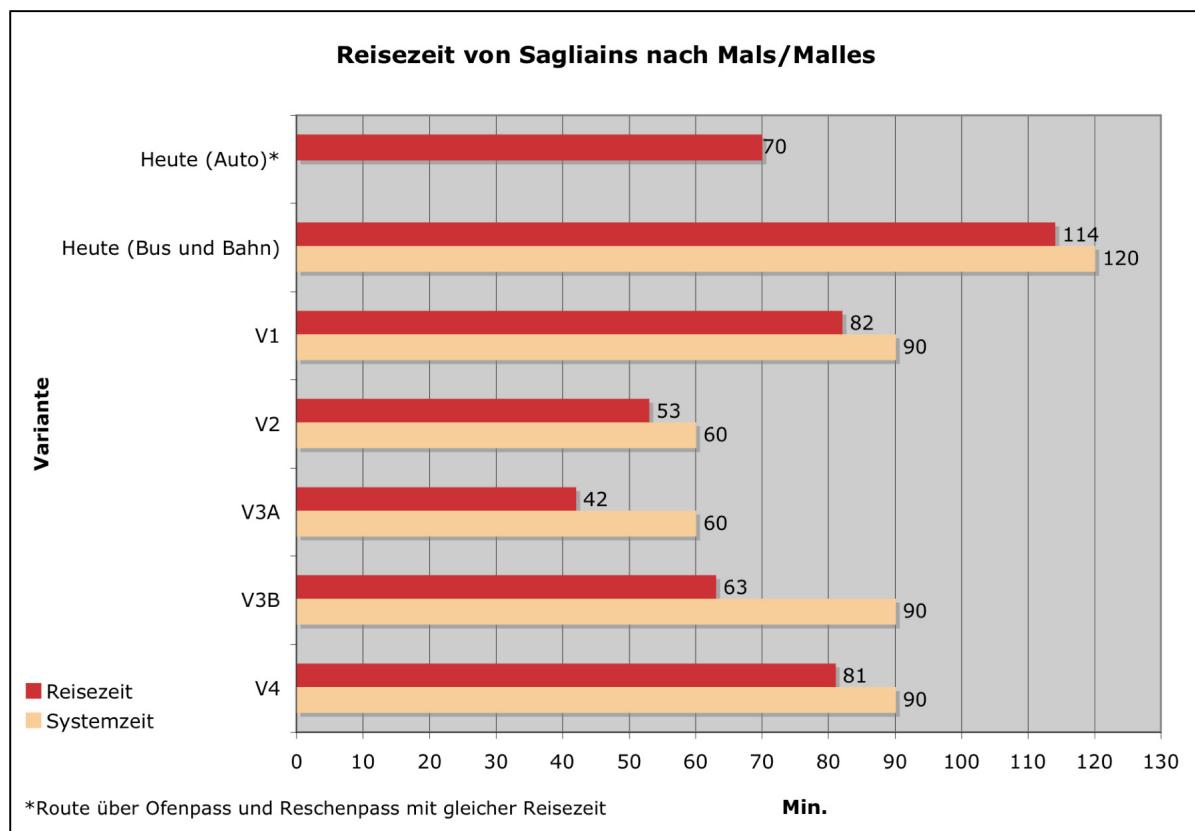
Abbildung 31: Fahrzeiten auf Neubaustrecken und bestehenden Netzteilen Varianten V1 bis V4

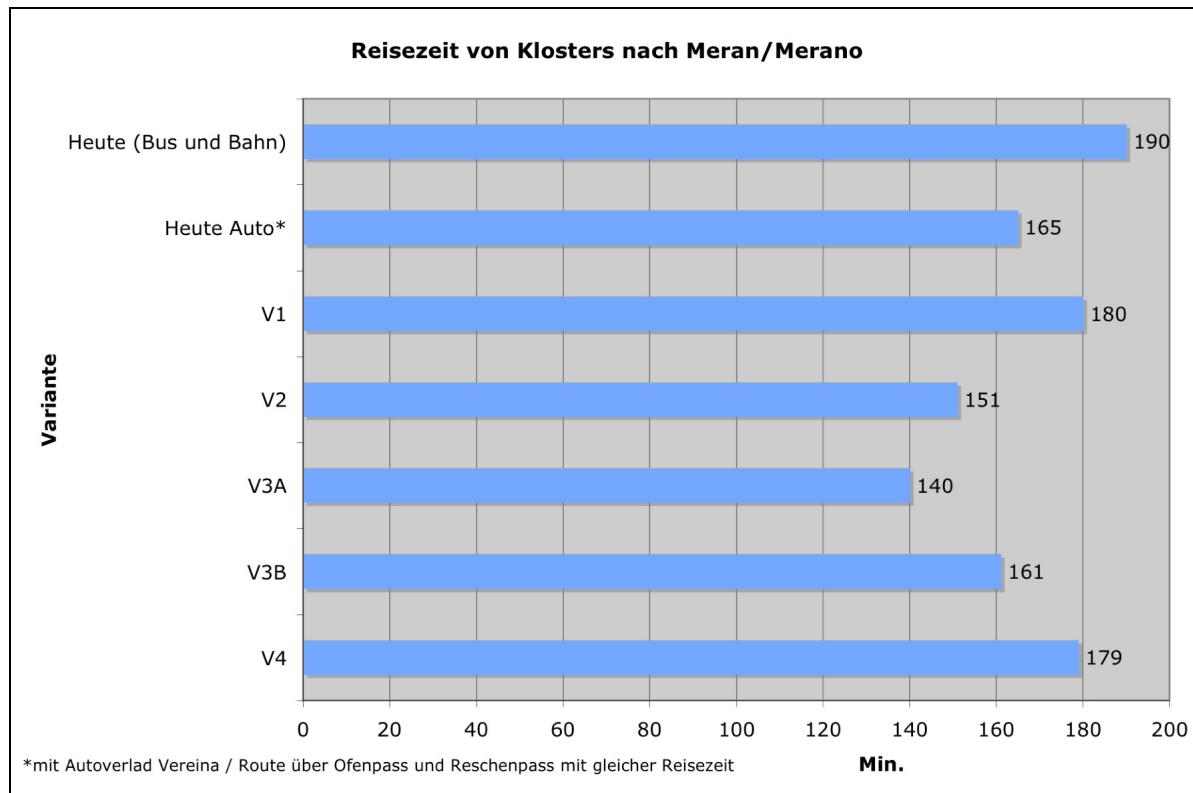
## Die Reisezeiten für die Fahrgäste

Wer von Sagliains nach Mals/Malles Bahnhof fährt muss mit den folgenden Reisezeiten (ab bis an) rechnen.

Reisezeit von Sagliains nach Mals/Malles (und Systemzeit) Varianten V1 bis V4 und heute							
Variante	heute		mit Netzanschluss				
	mit Auto	mit Bus und Bahn	V1	V2	V3A	V3B	V4
<b>Reisezeit ab bis an in Min. (Systemzeiten)</b>	70 ev. mehr (120)	114	82 (90)	53 (60)	42 (60)	63 (90)	81 (90)

Die Systemzeiten (in der Tabelle eingeklammert) sind für diejenigen Fahrgäste wirksam, die auf beiden Seiten über die Strecke Sagliains-Mals/Malles hinausfahren (so z.B. für Reisen von Klosters nach Meran/Merano).





Aus Kundensicht sind sowohl die Reisezeit als auch die Systemzeit wichtig. Die beiden Varianten V2 und V3A erweisen sich als klar kundenfreundlicher als die andern, da sie zu den deutlich höheren Zeiteinsparungen führen. Gegenüber heute werden die ÖV-Reisezeiten bei den Varianten V2 und V3A für alle durchlaufenden Fahrten (etwa Zürich - Meran, etc.) um 60 Min. verkürzt (genau wie im Fall von Klosters - Meran).

Bei den Varianten V1, V3B und V4 beträgt die Reisezeitverkürzung lediglich 30 Min.

Ebenso von Bedeutung ist, dass mit den Reisezeiten von V2 und V3A die heutige Reisezeit mit dem Auto deutlich unterboten werden kann. Gemeinsam mit der Vereinastrecke entstünde somit ein Korridor mit sehr guten Marktvaussetzungen für die Bahn.

### 10.5.3 Betriebskilometer und Anzahl Zuggarnituren

Aus der Sicht der Betriebskosten spielt die Anzahl der (gegenüber heute) zusätzlich angebotenen Zugkilometer und der zusätzlich notwendigen Zuggarnituren eine wesentliche Rolle. Bei diesen beiden Kostenmerkmalen ist die Variante 3A (als kürzester Netzschluss) gegenüber allen anderen Varianten deutlich die Vor teilhafteste, da sie als Einzige mit nur einer zusätzlichen Zuggarnitur (gegenüber heute) betrieben werden kann und auch bei den Zugkilometern den klar tiefsten Aufwand ausweist. Die gegenüber heute zusätzlichen Zugkilometer sind bei gleicher Fahrplandichte bei V2 doppelt so hoch wie bei V3A.

Daten zum groben Betriebskonzept der Varianten V1 bis V4					
	V1	V2	V3A	V3B	V4
<b>Zusätzliche Betriebslänge gegenüber heute Sagliains-Mals/Malles (km)</b>	77	54	27	46	59
<b>12 Kurspaare pro Tag (km)</b>	1'848	1'296	648	1'104	1'416
<b>360 Tage/Jahr (km)</b>	665'280	466'560	233'280	397'440	509'760
<b>Anzahl Züge</b>	3	2	1	2	3

Die Varianten V1, V3B und V4 sind bezüglich des Kilometeraufwandes und bezüglich des Bedarfs von zusätzlichen Zuggarnituren (was auch zusätzliches Personal bedeutet) klar ungünstiger als der kürzeste Netzschluss (Var. 3A). Weitere Unterlagen dazu befinden sich im Anhang zu Kap. 10.

Zusatzzangebote unter dem Titel „Engadin-Venedig Express“ sind hier nicht eingerechnet. Diese können sowohl als selbständig verkehrende Züge als auch angekoppelt an den fahrplanmässigen Zügen über die Neubaustrecke geführt werden.

## 11. Kostenschätzungen

Zu den Kostenschätzungen siehe auch die Tabelle im Anhang<sup>6</sup>.

### 11.1 Infrastruktur

Die Kostenschätzung für die Projektvarianten basiert auf den Kostenschätzungen für die Tunnelbauten gemäss Kapitel 5.

Für die anderen Streckenteile ist von den Kostensätzen wie in der 2004 verfassten Studie „Strecken- und Netzergänzungen RhB“ ausgegangen worden<sup>7</sup>.

Kostenschätzung für gesamte Investitionen Infrastruktur Varianten 1-4					
	V1	V2	V3A	V3B	V4
Gesamte Investitionskosten Infrastruktur, Mio. CHF (inkl. Rettungskonzept)	1730	1420	930	1380	1150
Anteil à fond perdu (in % der Rohbaukosten)	75 %	75 %	75 %	75 %	50 %

Für den Betrieb der Bahn kommt bei allen Varianten wegen der langen Tunnelstrecken aus Sicherheitsgründen nur die elektrische Zugförderung in Frage. Aus Gründen der Versorgungssicherheit muss wegen der langen Tunnelstrecken eine beidseitige Traktionsstrom einspeisung sichergestellt werden können. Das hat zur Folge, dass bei allen Varianten im Raum Mals/Malles ein Unterwerk vorgesehen werden muss. Hierfür sind Investitionen von 10 Mio. CHF in die Berechnungen eingesetzt worden.

Wegen der Länge der Tunnels sind bei allen Varianten die Aspekte der Tunnelsicherheit berücksichtigt worden. In Analogie zum Rettungskonzept bei der RhB<sup>8</sup> sind die Investitionen in das Rettungskonzept bei der Infrastruktur mitberücksichtigt worden. Grundsätzlich ist dabei davon auszugehen, dass bei allen Varianten in Mals/Malles ein schwerer Rettungszug stationiert werden muss. Je nach Länge und Lage der Tunnels resp. der Portale wird für die Erstintervention eine unterschiedliche Anzahl Zweiwegfahrzeuge benötigt.

<sup>6</sup> Tabelle „Interreg III-A – Betriebskonzepte“

<sup>7</sup> Vorstudie „Strecken- und Netzergänzungen RhB“; die wichtigsten Kalkulationsparameter sind: Gleisanlage Strecke 1-spurig, offene Strecke, einfache Verhältnisse 5 Mio CHF / km; dito für schwierige Verhältnisse 10 Mio CHF / km; Bahnhof (exkl längenanteiliges Streckengleis) 10 Mio CHF; Brücken 25 Mio CHF pro Brückenkm.

<sup>8</sup> Vgl Bericht „Rettungskonzept RhB, ganzes Netz“, 20.04.05

Ein separater Fluchtstollen ist aufgrund der geringen Zugsdichte und heute ausstehender Vorschriften nicht vorgesehen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fluchtstollen als notwendig erachtet werden, so müssen deren Kosten ermittelt werden.

## 11.2 Rollmaterial

Die Investitionen für die Beschaffung des Rollmaterials sind nicht in die Investitionssumme eingeflossen. Es wird davon ausgegangen, dass der Betreiber der Linie das Rollmaterial zur Verfügung stellt, d.h. selber beschafft und hierfür im Rahmen der Angebots- und Leistungsvereinbarung über den Betrieb der Linie entschädigt wird.

Bei der Ermittlung der jährlichen Betriebskosten sind die Kosten des Rollmaterials jedoch berücksichtigt worden.

## 11.3 Wirtschaftlichkeitsrechnung

### 11.3.1 Betriebs- und Kapitalfolgekosten

Bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind auf der Basis der errechneten Distanzen und Fahrzeiten die Personalkosten und die Betriebskosten des Rollmaterials errechnet worden. Die Abschreibungswerte basieren auf den bisherigen Abschreibungssätzen der RhB (d.h. für die Infrastruktur 3 % und für das Rollmaterial 4 %).

Beim Rollmaterial ist zudem von einer Kapitalverzinsung in der Höhe von 4 % ausgegangen worden.

Für die Ermittlung der technischen Unterhaltskosten für das Rollmaterial ist – auf der Basis von heutigen Ansätzen bei der RhB – von einem Satz von CHF 2.40 pro Zugskilometer ausgegangen worden.

Für den Unterhalt der Infrastruktur ist von einem Satz von 1.5 % der gesamten Investitionssumme ausgegangen worden.

<b>Kostenschätzung für Investitionen, Rollmaterial und Betrieb pro Jahr, Varianten 1 bis 4 (in Mio. CHF)</b>					
	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3A</b>	<b>V3B</b>	<b>V4</b>
Personalkosten Zugförderung	2.75	1.78	1.41	2.08	2.72
Gesamtkosten Infrastruktur	13.96	11.48	7.76	11.26	9.51
Rollmaterialkosten	6.51	4.42	2.21	4.17	5.94
<b>Gesamtkosten pa</b>	<b>23.23</b>	<b>17.68</b>	<b>11.38</b>	<b>17.51</b>	<b>18.17</b>
<b>Einnahmen pa</b> untere Bandbreite der Nachfrageschätzung <sup>9</sup>	<b>6.45</b>	<b>6.34</b>	<b>4.43</b>	<b>6.03</b>	<b>6.78</b>
<b>Einnahmen pa</b> obere Bandbreite der Nachfrageschätzung	<b>7.93</b>	<b>7.34</b>	<b>5.31</b>	<b>7.26</b>	<b>8.26</b>
<b>Gesamtresultat pa</b> untere Bandbreite der Nachfrageschätzung	<b>- 16.78</b>	<b>- 11.35</b>	<b>- 9.65</b>	<b>- 11.48</b>	<b>- 11.39</b>
<b>Gesamtresultat pa</b> obere Bandbreite der Nachfrageschätzung	<b>- 15.30</b>	<b>- 10.34</b>	<b>- 6.07</b>	<b>- 10.25</b>	<b>- 9.91</b>
Kostendeckungsgrad untere Bandbreite der Nachfrageschätzung	27.8%	35.8%	38.9%	34.5%	37.3%
Kostendeckungsgrad obere Bandbreite der Nachfrageschätzung	34.1%	41.5%	46.7%	41.5%	43.5%

Für die Kosten der elektrischen Energie ist auf einem Verbrauch von 1 Rappen pro Bruttotonnenkilometer abgestützt worden.

Bei der Infrastruktur ist – in Anlehnung an die Grossprojekte Vereina, Bahn 2000 und AlpTransit – davon ausgegangen worden, dass der Anteil an Untertagebauten à-fonds-perdu finanziert wird und auf diesen Anteil auch keine Abschreibungen anfallen<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Siehe Kapitel 9.3

<sup>10</sup> Der angenommene Anteil der à-fonds-perdu-Finanzierung ist in der Tabelle „Interreg-III-A – Betriebskonzepte“ im Anhang zu Kapitel 11 aufgeführt.

### 11.3.2 Einnahmen

Bei den Einnahmen ist anhand der Frequenzprognosen auf der Basis des bei der RhB pro Personenkilometer (pkm) erzielten durchschnittlichen Erlössatzes aus gegangen worden. Dieser Wert (CHF 0.23 / pkm) darf als zurückhaltend realistisch beurteilt werden<sup>11</sup>.

## 11.4 Schlussfolgerungen zu den Kostenschätzungen

Die Kalkulationen zeigen, dass die Kostendeckungsgrade bei den Varianten 2 und 3A die höchsten Werte erreichen. Das röhrt daher, dass Variante 3A als die kürzeste Variante mit lediglich einer (zusätzlichen) Zugskomposition betrieben werden kann. Die Kostendeckung bei Variante 2 ist deshalb fast annähernd gleich hoch wie bei der neubaustreckenkürzesten Variante 3A, weil der Anteil der Transit-Passagiere „Engadin – Vinschgau“ gegenüber Variante 3A einen wesentlich längern Weg zurücklegt und dadurch mehr Einnahmen generiert.

Vergleicht man wiederum die beiden Varianten 3A und 3B (Scuol – Mals/Malles (ohne / mit Anschluss des Münstertals)), so zeigt sich, dass die durch den Anschluss des Münstertals entstehenden zusätzlichen Kosten nicht durch die Mehreinnahmen der von / nach dieser Region reisenden Passagiere aufgefangen werden können.

Variante 4 schneidet in der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu den anderen Varianten am ungünstigsten ab, weil einerseits 3 Zugskompositionen eingesetzt werden müssen und andererseits das zusätzlich durch die Fahrten von / nach Nauders generierte Passagieraufkommen im Vergleich zu den zusätzlichen Infrastrukturfolgekosten keine aequivalenten Mehreinnahmen generiert.

Allein aus der Sicht von Kosteneffizienzüberlegungen steht Variante 3A im Vordergrund.

Diese Einschätzung deckt sich mit den eindeutigen Vorteilen dieser Variante bei der isolierten Betrachtung auf die aufzubringenden Investitionsmittel sowie auf die Bauzeit und die Umweltaspekte.

Diese Beurteilung deckt sich tendenziell auch weitgehend mit approximativ angestellten Überlegungen für die Bewertung der volkswirtschaftlichen Nutzen der Varianten. Dort wird neben den schwieriger quantifizierbaren umweltbezogenen und regionalwirtschaftlichen Aspekten – ausgehend von dem für alle Varianten in etwa vergleichbaren verkehrlichen Nutzen – primär auf die Investitions- und Betriebskosten sowie die erzielbaren Reisezeitgewinne abgestützt.

---

<sup>11</sup> Diese Aussage stützt sich auf den Sachverhalt, dass bei der vorliegenden Frequenzprognose der Anteil der im preisstarken Segment „Expresszüge“ verkehrenden Reisenden mit rund 10 – 15 % deutlich höher als der entsprechende Anteil im heutigen Gesamtsatz der RhB ist.

## 12. Gegenüberstellung der Varianten

Gegenüberstellung der Varianten 1 bis 4					
Aspekte	Variante 1	Variante 2	Variante 3A	Variante 3B	Variante 4
	S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles	Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Mals/Malles (direkt)	Scuol – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles
Streckenlänge insgesamt (davon offene Strecke insgesamt)	57 km (14 km)	45 km (12 km)	27 km (4 km)	46 km (12 km)	59 km (33 km)
Tunnellänge insgesamt	43 km	33 km	23 km	34 km	26 km
Tunnelgebirge und zusätzliches, heute noch nicht erfassbares Risiko	Mittelgrosses zusätzliches Risiko	Grosses zusätzliches Risiko	Kleines zusätzliches Risiko	Kleines zusätzliches Risiko	Kleines zusätzliches Risiko
Raumplanung	Gute Verbindung intensiver Tourismusgebiete (Oberengadin, Müstertal und Livigno) mit Südtirol  Für Unterengadin kaum akzeptable Anbindung an Südtirol	Münstertal erhält direkte Verbindungen nach Südtirol und Engadin  Busverbindung nach Livigno möglich (ab Haltestelle Punt La Drossa)	Verbindung Oberengadin - Vinschgau mit Umweg über Scuol  Unterengadin und Vinschgau werden optimal verbunden	Münstertal erhält Direktverbindung nach Unterengadin und Südtirol  Oberengadin von Südtirol mit grossem Umweg erschlossen	Für Oberengadin und Livigno kaum akzeptable Anbindung an Südtirol  Neuerschließung des Raums Reschenpass
Verkehr	Für grossräumigen Verkehr Landquart – Meran/Merano erhebliche Umwege  Neue ÖV-Erschliessung (Livigno), kontrastiert mit geringer Reisezeitverkürzung Sagliains – Mals/Malles	Kurze Verbindung Landquart – Meran/ Merano  Vorteil der Anbindung von Albula/Albulalinie und Vereinalinie bei Zernez  Gute Anbindung des Müstertal	Kürzeste Verbindung Landquart - Meran/ Merano  Unteres Müstertal mit kleinem Zeitvorteil über Mals/Malles bzw. Schleis/Clusio mit dem Engadin verbunden.	Kurze Verbindung Landquart – Meran/ Merano  Gute Anbindung des Müstertal	Deutlich längere Reisezeiten zwischen Landquart und Mals/Malles

Gegenüberstellung der Varianten 1 bis 4					
Aspekte	Variante 1	Variante 2	Variante 3A	Variante 3B	Variante 4
	S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles	Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Mals/Malles (direkt)	Scuol – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles
Verkehr	Reisezeitver- kürzung Sagliains – Mals/Malles ca. 30 Min. (lang- samer als Auto)	Reisezeitver- kürzung Sagliains - Mals/Malles und umgekehrt ca. 60 Min. (schneller als Auto)	Reisezeitver- kürzung Sagliains - Mals/Malles und umgekehrt ca. 70 Min.	Reisezeitver- kürzung Sagliains - Mals/Malles und umgekehrt ca. 50 Min. (zum Teil schneller als Auto)	Reisezeitver- kürzung Sagliains - Mals/Malles und umgekehrt ca. 30 Min. (langsamer als Auto)
Umwelt (Landschaft, Lärm, Deponien)	Grössere Beein- trächtigung wenig berührter Landschaften (Räume bei S-chanf und im unteren Müns- tertal)	Mittlere Beein- trächtigung wenig berührter Landschaften (Räume bei Zernez und im unteren Müns- tertal)	Kleinere Beein- trächtigung wenig berührter Landschaften (Raum unter- halb Sent)	Mittlere Beein- trächtigung wenig berührter Landschaften (Räume unter- halb Sent und im unteren Münstertal)	Sehr grosse Beeinträchtigung von wenig berührten Landschaften (Räume im Unterengadin, auf dem Reschenpass und im Ober- vinschgau)
	Kein Lärm- problem  Grösstes De- ponievolumen (ca. 2 Mio. m <sup>3</sup> ), Deponiefrage lösbar	Kein Lärm- problem  Mittleres Depo- nievolumen (ca. 1.2 Mio. m <sup>3</sup> ), Deponiefrage lösbar	Kein Lärm- problem  Kleines Depo- nievolumen (ca. 0.8 Mio. m <sup>3</sup> ), Deponiefrage lösbar	Kein Lärm- problem  Mittleres Depo- nievolumen (ca. 1.4 Mio. m <sup>3</sup> ), Deponiefrage lösbar	Kein Lärm- problem  Kleines Depo- nievolumen (ca. 1.1 Mio. m <sup>3</sup> ), Deponiefrage lösbar
Betriebskonzepte	Neukonzeption des Liniennet- zes notwendig  Günstige Um- läufe  3 zusätzliche Zugkompositio- nen notwendig	Neukonzeption des Liniennet- zes notwendig  Günstige Um- läufe  2 zusätzliche Zugkompositio- nen notwendig	Einfache Li- nienverlänge- rung mit opti- malen Unläufen	Einfache Li- nienverlänge- rung mit ungünstigen Um- läufen	Einfache Li- nienverlänge- rung mit günsti- gen Umläufen

Gegenüberstellung der Varianten 1 bis 4					
Aspekte	Variante 1	Variante 2	Variante 3A	Variante 3B	Variante 4
	S-chanf – Livigno – Valchava – Mals/Malles	Zernez – Punt la Drossa – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Mals/Malles (direkt)	Scuol – Valchava – Mals/Malles	Scuol – Nauders – Reschen/Resia – Mals/Malles
Bauzeit	12 Jahre	14 Jahre	8.5 Jahre	10 Jahre	8 Jahre
Total Tunnelkosten CHF	1077 Mio.	900 Mio.	591 Mio.	860 Mio.	618 Mio.
Gesamte Investitionskosten CHF	1730 Mio.	1420 Mio.	930 Mio.	1380 Mio.	1150 Mio.
Kostendeckung unterer Schätz- bereich	27.8 %	35.8 %	38.9 %	34.5 %	37.3 %
oberer Schätzbe- reich	34.1 %	41.5 %	46.7 %	41.5 %	43.5 %