

AUTONOME PROVINZ BOZEN-SÜDTIROL

ARBEITEN ZUR STABILISIERUNG DES TUNNELS MERAN 2000 GEOLOGISCHER BERICHT

1 VORAUSSETZUNGEN

Gegenstand des vorliegenden geologischen Berichts ist die Beschreibung der geologischen Beschaffenheit des Gebirges, in welchem der Haflinger Tunnel im Untertagebau ausgebrochen wurde.

In Anbetracht des Umstands, dass das Gebirge im Inneren des Hohlraums nicht mehr sichtbar ist, da die gesamte Strecke mit einer Beton- oder Spritzbetonauskleidung versehen ist, griff man auf die Ergebnisse einer geomechanischen Erkundung zurück, welche an der Geländeoberfläche an den ungefähr über der Tunnelachse anstehenden Felsformationen durchgeführt wurde, und auf die Ergebnisse einer geophysischen Erkundung zurück.

2 GEOLOGISCHE BESCHAFFENHEIT DES GEGENSTÄNDLICHEN GEBIRGES

Das Gebirge besteht im hier untersuchten Gebiet aus den rhyolithischen Ignimbriten der BOZENER PORPHYRPLATTE, welches das weiträumigste vulkanische Ereignis der Südalpen darstellt. Diesen Formationen überlagert sind die ersten terrestrischen und marinen Sedimente der GRÖDNER SANDSTEINE, welche mit der Bezeichnung sandige Konglomerate mit typisch rötlicher Färbung auftreten. Der gegenständliche Hohlraum wurde vollständig in den rhyolithischen Ignimbriten ausgebrochen, welche durch eine Verwerfung mit Ausrichtung NW-SO nach Abbildung 1 geprägt sind; die Störung geht mit einer deutlichen Verschlechterung der Eigenschaften des Gebirges einher. In den betroffenen Bereichen wurde selbstverständlich eine Betonauskleidung hergestellt. Der Bereich des südlichen Portals weist eine eher gleichförmige, schwach geneigte Morphologie auf, welche auf die glaziale Umformung bei geringer, zumeist felsiger Überlagerung zurückzuführen ist.

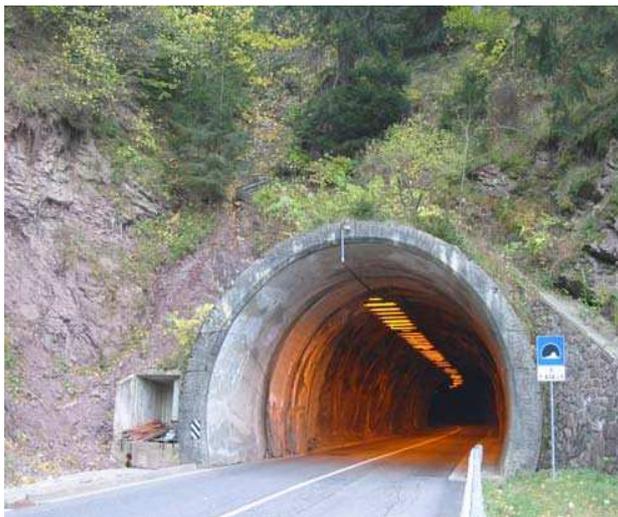
3 DURCHGEFÜHRTE ERKUNDUNGEN

Nachdem im Inneren des Tunnels das Gebirge nicht mehr frei sichtbar ist, wurden zwei Arten von Erkundungen angestellt. Einmal wurden die felsbautechnischen Eigenschaften des Gebirges in Aufschlüssen in der Nähe der senkrechten Projektion der Tunnelachse auf die Geländeoberfläche festgestellt; zudem wurde der Zustand des Felsens direkt hinter der Tunnelauskleidung erkundet. Im ersten Fall wurden Angaben in 2 felsbautechnisch kennzeichnenden Entnahmestandorten eingeholt, im zweiten Falle wurden Georadarmessungen (siehe Beilage) entlang des gesamten Tunnelverlaufs durchgeführt. In der Folge wird ausführlich auf alle Einzelheiten der angeführten Erkundungen eingegangen.

4 GEOMECHANISCHE BESCHAFFENHEIT DES GEBIRGES

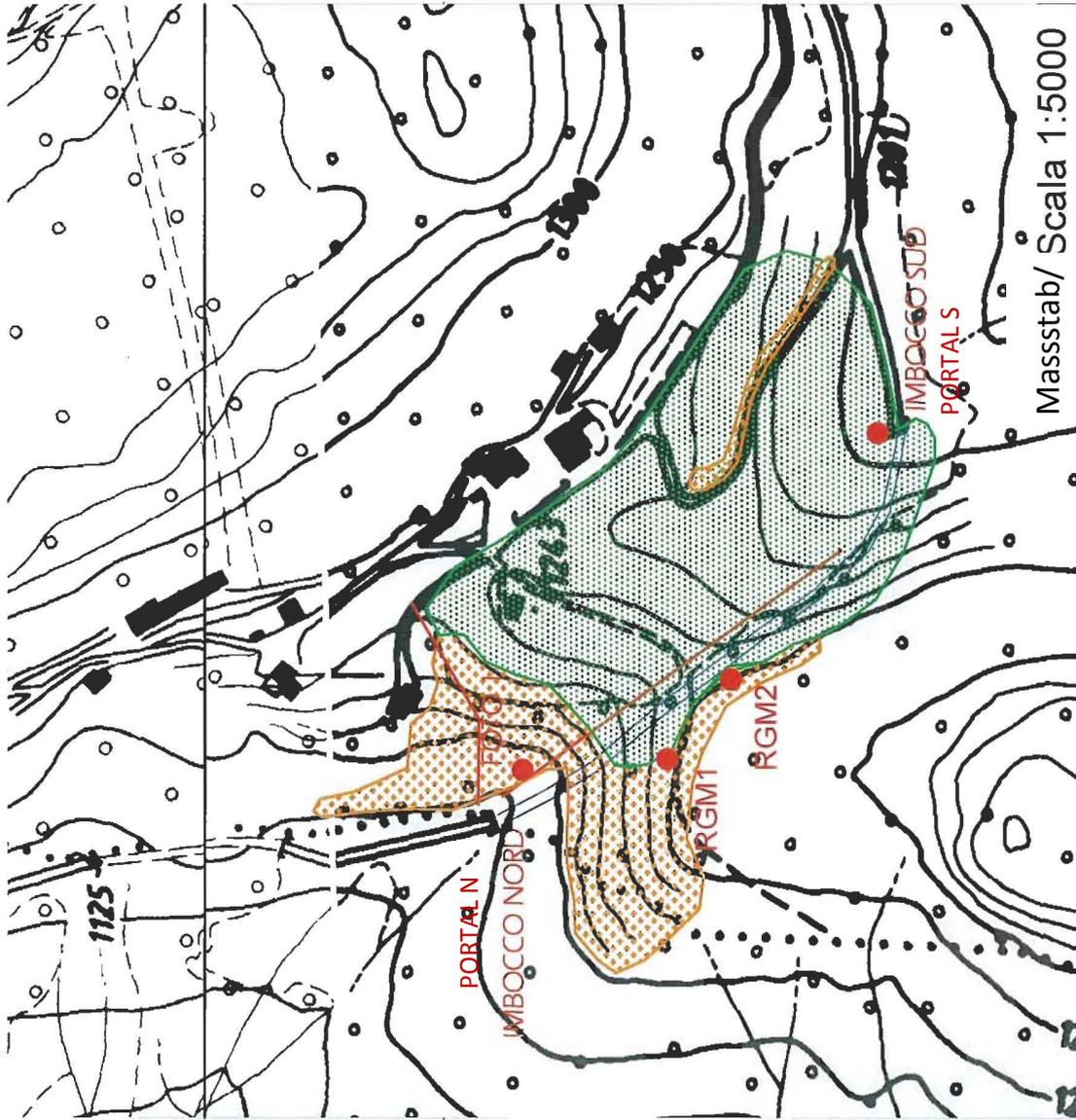
Der Tunnel durchquert entlang seines gesamten Verlaufs eine Porphyrbildung aus dem Perm. Der Fels steht neben der Landesstrasse im Abschnitt auf der Talseite des Tunnels im Bereich des Nord-Portals (talseitiges Portal, Lichtbild 1) und etwas weiter in Richtung SW im bewaldeten Gelände an. Die Überlagerung im Bereich des südlichen Portals besteht hingegen aus Felsen im lockeren Verband (Lichtbild 2) mit geringer Mächtigkeit. Die felsmechanischen Eigenschaften des Gebirges wurde anhand geomechanischen Erkundungen an den stellenweise vorhandenen Aufschlüssen im Bereich des Tunnels festgestellt; die Lage der Messstellen ist im Lageplan in Abbildung 1 wiedergegeben. In beiden Aufschlüssen wurden vier Hauptscharen von Störungen festgestellt, mit Klüften im Abstand der Größenordnung von mehreren dm, welche über eine Länge von 50 cm bis zu einigen m durchlaufen. Die einzelnen Kluffkörper innerhalb der Unstetigkeiten weisen ein Volumen kleiner als $0,3 \text{ m}^3$ auf. Streichen und Fallen der Hauptkluffflächen sind nicht konstant, es wiegen aber senkrechte, von N nach S streichende Unstetigkeiten vor. Die Kluffflächen sind glatt und eben und weisen oft Strömungen als Anzeichen von Verschiebungen entlang der Störungsfläche (Rutschspiegel, Lichtbild 4). Insgesamt kann die Beschaffenheit des Gebirges in den nicht unmittelbar gestörten Bereichen als gut bis mäßig betrachtet werden; der RMR-Wert nach Bieniawski liegt schätzungsweise zwischen 50 und 65.

Besagter RMR-Wert sinkt jedoch wesentlich in jenem Bereich des Gebirges, welcher vom östlichen Rand des talseitigen Tunnelportals entlang einer Hangsenke in Richtung SSO verläuft. In diesem Bereich, welcher wahrscheinlich mit den Tunnelabschnitt zwischen Schnitt 67 und dem südlichen Portal kohärent ist, wurde ein geringerer Kluftabstand, verbunden mit einer ausgeprägteren Zersetzung und Gefügestörung des Porphyrs festgestellt (RMR = 35). Die Oberflächenabdrücke sind zudem zahlreicher, sie sind unterschiedlich orientiert und sind an unterschiedlichen Kluftoberflächen vorhanden. Aufgrund dieser geologischen und geomorphologischen Überlegungen kann eine Hauptrichtung im Felsgefüge von SSO nach NNW, fast gleichlaufend mit der Tunnelachse, festgelegt werden. Eine zweite Orientierung ONO-WSW ist sowohl aufgrund schwer erkennbarer morphologischer Anhaltspunkte als auch aufgrund des Kluftverlaufs im Gebirge erkennbar.

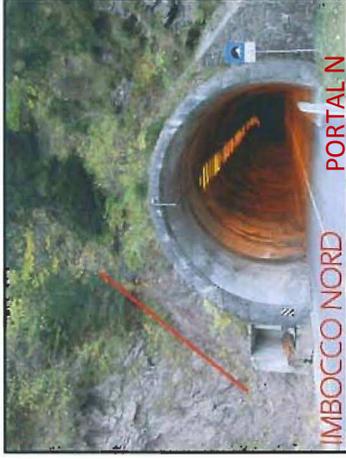


In Anbetracht der Tatsache, daß die durchhörten Ereignisse nur eine örtliche Störung verursachen, liegt es nahe, dass die an der Geländeoberfläche in den vorhandenen Aufschlüssen gewonnenen Erkenntnisse keine sichere Grundlage für die Beurteilung des Gebirges darstellen und dass die gestörten Bereiche in Wirklichkeit wesentlich umfangreicher sind.

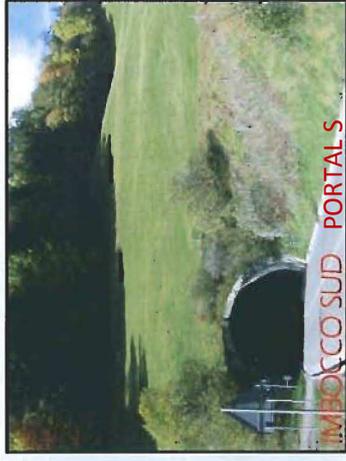
Es sei darauf hingewiesen, dass tektonisch beanspruchtes Gebirge im Allgemeinen eine gesamthaft gesehen niedrige Kompetenz aufweist, dies bedeutet allerdings nicht, dass die Struktur örtlich nicht weitgehend unversehrt sein kann.



Masstab/ Scala 1:5000



IMBOCCO NORD PORTAL N



IMBOCCO SUD PORTAL S



Abb. 1: Oberflächenabdrücke
RGM 2 Slickensides



RGM 2

LEGENDE

UNTERSUCHTER TUNNEL

 PORPHYR

 HANGSCHUTT

Verwerfung
 FAGLIA

 SLICKENSIDES
 Oberflächenabdruck

Felsmechanische Erkundung 2
Abmessungen: Aufschluss 10 m x 5 m

Rilievo geomeccanico 1

Dimensioni affioramento: 3m x 2m

Discontinuità	Giacitura	Incidenza (%)	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Superficie	Alterazione	Apertura (mm)	Riempimento
K1	50/55	30	40	60	liscia planare	Bassa	no	no
K2	170/65	20	100	50	liscia planare	Media	0-2	no
K3	270/75	35	50	80	liscia con slickensides	Media	no	no
K4	70/25	15	70	80	liscia planare	Bassa	no	no

Rilievo geomeccanico 2

Dimensioni affioramento: 10m x 5m

Mittlerer Klufkörper

Discontinuità	Giacitura	Incidenza (%)	Spaziatura (cm)	Persistenza (cm)	Superficie	Alterazione	Apertura (mm)	Riempimento
K1	270/65	30	40-80	400	liscia planare	Bassa	no	no
K2	120/90	25	100	200	liscia con slickensides	Media	no	no
K3	150/20	20	150	200	liscia planare	Media	no	no
K4	330/80	25	10-100	80	liscia con slickensides	Bassa	no	no

Schätzwert RMR stimato: 65
Volume Roccioso Unitario: 0,3 m³

ABBILDUNG 1

Tabelle:

Discontinuità = Störung

Giacitura = Streichen

Incidenza = Anteil

Spaziatura = Kluftabstand

Persistenza = durchg. Länge

Superficie = Oberfläche liscia planare = glatt eben

Liscia con slickensides = glatt gestriemt

Alterazione = Verwitterung niedrig

mittel

Apertura = Kluftbreite

Riempimento = Füllung nein

Wenn man die für die Standfestigkeit maßgeblichen Ergebnisse der oberflächlichen Erkundungen auf den Ausbau überträgt, kann man folgern, dass die kompetenten Gebirgsbereiche durch einen für die Felsklasse III üblichen Ausbau (Felsnägel und Spritzbeton) gesichert wurden, wohingegen die von der Störung betroffenen Gebirgsbereiche zwischen den Schnitten 67 und dem südlichen Portal mit Stahlbögen wie für Felsklasse IV üblich verbaut wurden.

5 ERKUNDUNGEN MIT GEORADAR-GERÄT

Die Erkundung mit Georadar-Gerät (siehe Anhang) ermöglichte neben der Erfassung der Felsbeschaffenheit und der Hohlräume zwischen dem Ausbau und dem Felsen auch eine qualitative Abschätzung der Anwesenheit von Stahlbögen in der Betonauskleidung und in den nicht ausgekleideten Abschnitten. Im geophysikalischen Bericht sticht ziemlich deutlich die Strecke zwischen Schnitt 76 und dem südlichen Portal hervor, mit dem weitgehend brüchigen Gebirge in welchem der Ausbruch durch deutlich erkennbare Stahlbögen in einem ersten Arbeitsgang gesichert wurde. Solche Bauteile können tatsächlich auch in den anderen Strecken vorkommen, wenn auch in einem abweichenden Abstand.

Diese Angabe wurde bei der Kostenschätzung berücksichtigt, indem eine Pauschale zur Vergütung des streckenweise erforderlichen Ausbruchs mit Neueinbau der Sicherung mit Stahlbögen vorgesehen wurde. Bei der endgültigen Planung können diese Leistungen, welche selbstverständlich je nach dem von der Verwaltung gewählten Lichtraumprofil von der Dicke der auszufräsenden Betonschicht abhängen, anhand der bei der genauen Aufnahme des Hohlraums gewonnenen Erkenntnisse treffend veranschlagt werden.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die durchgeführten Erkundungen haben die Grunderkenntnisse geliefert, um die Machbarkeit der Arbeiten zur Anpassung im Querschnitt des Haflinger Tunnels an die nach Norm geltenden Richtlinien. Bei der Erkundung wurde auch festgestellt, dass das anstehende Gebirge weitgehend zerklüftet und ungleichmäßig beschaffen ist,

aufgrund einer Störung, dessen Einwirkung insbesondere den Hohlraum in der Nähe des südlichen Portals in Erscheinung tritt. Die kompetenten Gebirgsbereiche im untersten Tunnelabschnitt in Richtung Meran können der Felsklasse III nach Bieniawski zugeteilt werden, wohingegen der vorwiegende Teil des aufzufahrenden Gebirges auf der Strecke zwischen Tunnelmitte und dem südlichen Portal uneinheitlich nur der Felsklasse IV zuzuteilen wäre. Dieser Abschnitt fällt in der Tat mit jenem Abschnitt zusammen, wo der Hohlraum im ersten Bauabschnitt mit Stahlbögen gesichert und nachträglich mit einem Betongewölbe ausgekleidet wurde. Diese Angaben wurden nicht der Bauabrechnung entnommen, die nicht mehr auffindbar war, sie stellen vielmehr die Folgerungen aus kombinierten geologischen und Felsmechanischen Erhebungen an den Aufschlüssen und an den Messungen mit Georadar-Gerät dar. Diese zuletzt genannten Erkunden waren auch für die Feststellung der Beschaffenheit und des Zustands der Auskleidung wertvoll.

Bozen, Oktober 2007.

ANHANG
- GEOPHYSIKALISCHE ERKUNDUNGEN

GEOLOGIA E AMBIENTE

via Kravogl, 18
39100 Bolzano

**PROVINZ BOZEN-SÜDTIROL
GEMEINDE HAFLING**

**ERKUNDUNG ENGEN MITTELS GEORADAR-
GERÄT IN EINEM TUNNEL ENTLANG DER LS 98 IN
DER NÄHE VON HAFLING (BZ)**



GG Service sas

via Bellavista, 13 A 38060
Torbole s. G. (TN) P.Iva/reg. di
TN: 01999920224
infoggservice@gmail.com

INHALT

1. EINFÜHRUNG -----	3
2. ALLGEMEINES -----	4
3. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE -----	5
4. SCHLUSSFOLGERUNGEN -----	9

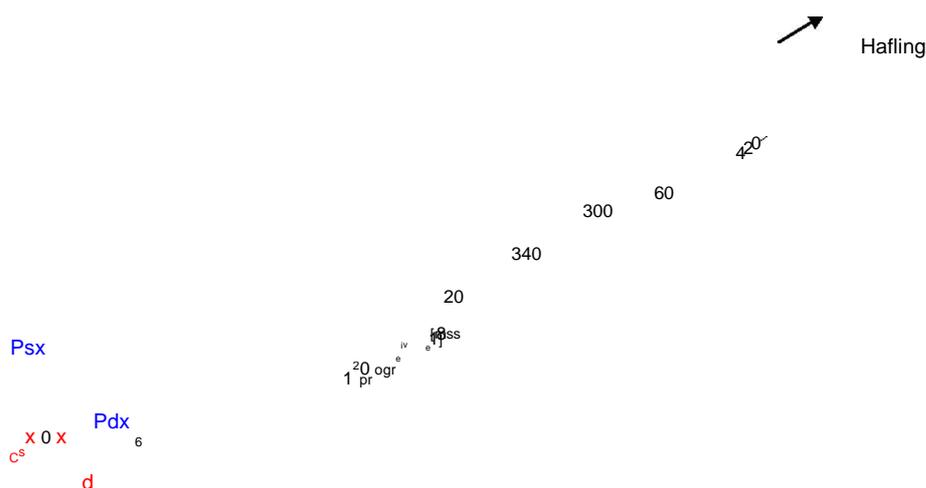
1. EINFÜHRUNG

Auf Anfrage von Dr. Geol. Michele Nobile wurde im Straßentunnel auf der LS 98 nach Hafling eine Erkundung mit Einsatz eines Georadar-Gerätes durchgeführt. Der gegenständliche Tunnel ist 420 m lang und ist der letzte Tunnel unterhalb des Wohngebiets von Hafling.

Es handelt sich um ein im Untertagebau hergestelltes Bauwerk; der Hohlraum ist vom nördlichen Portal bis zur Metrierung 245 sowie zwischen den Metrierungen 324 und 359 mit leicht bewehrtem Spritzbeton gesichert, ansonsten ist er, bis zum östlichen Portal mit Beton ausgekleidet.

Der Tunnel ist durch die Ausbildung eines neuen Querschnitts den Normen anzupassen. Die durchgeführten Erkundungen sollten in diesem Sinne Angaben über Anzahl und Abstand der Stahleinbaubögen sowie über die Lage des Felsens im Bereich der Ulmenauskleidung zu liefern.

Die Erhebungen mit Georadargerät wurde entlang des gesamten Tunnelverlaufs sowohl am nördlichen als auch am südlichen Ausbau durchgeführt, zwei Querschnitte wurden auch entlang der beiden Gehsteigränder aufgenommen und schlussendlich wurden 8 Messreihen senkrecht zur Straßenachse zur Erkundung der Tunnelsohle aufgenommen.



Übersicht des Untertagebauwerks mit Lage der überprüften Schnitte

Im Bereich der Ulmen erwies sich die Ausarbeitung der Querschnitte als besonders schwierig. Die nicht ausgekleideten Strecken weisen eine sehr bewegte Morphologie auf, welche weitgehend dem ursprünglich ausgebrochenen Hohlraum entspricht. Die Antenne konnte nicht einwandfrei an der Oberfläche anliegend geführt werden und aus diesem Grund ist die Güte der Ergebnisse nicht sehr zufriedenstellend. Insgesamt bestehen die Ergebnisse aus 12 Querschnitten mit einer abgewickelten Gesamtlänge von etwa 1700 m. Für die Aufnahmen wurde eine Vorrichtung GSSI Sir3000 mit einer Antenne zu 400 MHz eingesetzt.

Der Bezug auf die in den Radar-Querschnitten angegebenen Koordinaten ist nicht als absolut genau zu betrachten, sowohl aufgrund der unterschiedlichen Höhe der beiden Ulmen als auch aufgrund des unregelmäßigen Verlaufs der Oberfläche mit Erweiterungen oder Verengungen, welche Abweichungen der tatsächlichen Abwicklung des Ausbaus bewirken.

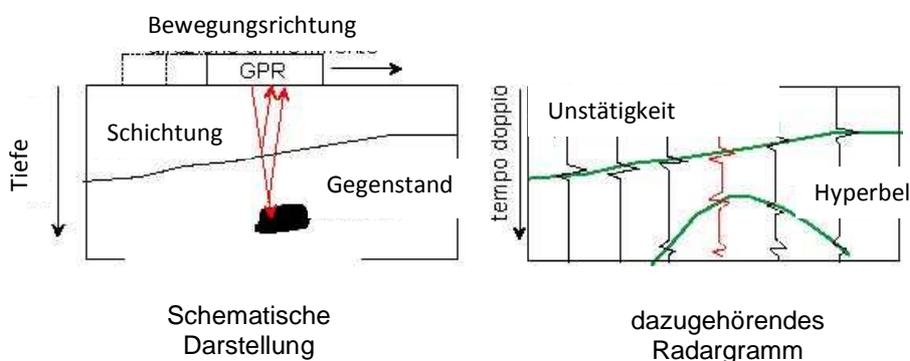
Im vorliegenden Bericht werden beispielhaft die Messergebnisse für einige Strecken zusammengefasst; die vollständigen Messungen werden zusammen mit einem eigenen Programm zur Wiedergabe auf Datenträger übergeben.

2. ALLGEMEINES

Die Erkundungsverfahren mit Einsatz von GPR-Geräten (ground probing radar) besteht in der Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen in den Untergrund mittels einer Sendeantenne mit bekannter Frequenz und in der Aufzeichnung der an den Unstetigkeiten zwischen den Medien unterschiedlicher Beschaffenheit reflektierten Signale. Diese Unstetigkeiten können aus den Trennflächen zwischen Gesteinsschichten oder aber aus den Oberflächen von begrenzten Körpern sein (Findlinge, Rohre, Behälter und Ähnliche), welche aus Stoffen bestehen, die vom umgebenden Medium abweichen. Ein Erfassungsverfahren gestattet die Speicherung und Visualisierung auf Bildschirm in Echtzeit. Die Angaben sind somit für eine Verarbeitung verfügbar, bei gleichzeitiger Verbesserung der Aussagekräftigkeit und einer für den Benutzer anschaulichen Wiedergabe als graphische Kennlinie.

Verfahrenstechnisch wird die Antenne auf die Geländeoberfläche aufgesetzt und entlang einer Spur welche aufgrund der gewünschten Ergebnisse festgelegt wird, fortbewegt.

Die Einwirkung der elektromagnetischen Energie im Boden kann unmittelbar am Bildschirm verfolgt werden (Radargramm), welches als Ort-Laufzeit-Diagramm der gesendeten Impulse aufzufassen ist.



Schematische Darstellung des Verfahrens und der Datenerfassung mit Georadar

Die Informationstiefe kann nicht im vornhinein bestimmt werden; sie hängt von den elektrischen Eigenschaften der Stoffe, aus denen der Boden besteht, ab: sie steigt bei trockenen, grobkörnigen Böden und sinkt in Grenzfällen bis auf 0 bei feuchten, lehmigen Böden.

Beim Feldeinsatz kann man bei der Eichung des Geräts durch Einstellung des Zeitfensters (Zeitintervall der Messung, innerhalb dessen die reflektierte Welle empfangen werden kann), das Eindringvermögen des Signals optimieren.

Die Übertragung der Radarsignale als zeitliche Größe auf die eine geometrische (Tiefe) ist nur bei der Auswertung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den

durchfahrenen Medien möglich.

Die Auswertung kann von hyperbolischen Formen ausgehen, welche von unterirdischen Gegenständen gebildet werden, oder aber die Möglichkeit in Anspruch nehmen, Schichtungen zu erkennen, welche durch Eichung bei direkten Messungen oder Schürfungen bereits erkannt wurden.

Üblicherweise schwanken die Arbeitsfrequenzen bei Georadargeräten zwischen 10 und 10³ MHz. Die Frequenz wird je nach Aufgabenstellung, gewünschter Auflösung sowie Beschaffenheit und Lage des Zielobjekts: je höher die Frequenz, desto höher die Auflösung und desto geringer die Eindringtiefe.

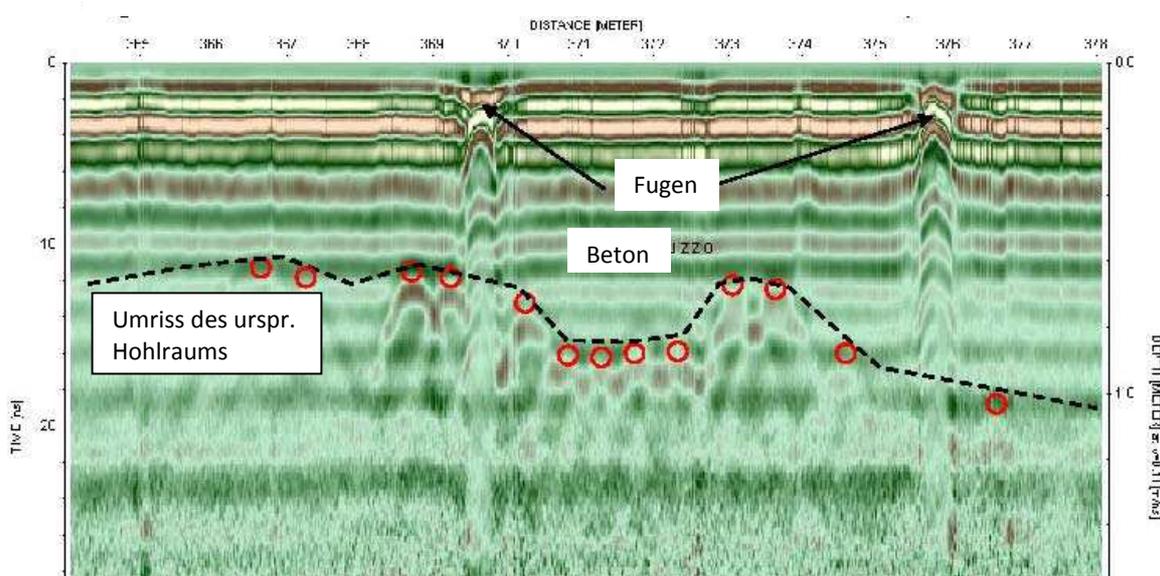
Die mit Georadargeräten ermittelten Profile können vom Ergebnis her mit jenen verglichen werden, die mittels seismischen Methoden mit höchster Auflösung gewonnen werden; der Zeitaufwand im Feld ist bei ersteren wesentlich geringer, wohingegen die Umwandlung der Messergebnisse zu geologisch relevanten Größen umständlich und heikel ist.

3. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Wie bereits erwähnt, bestand die Zielsetzung der Georadar-Erkundung unter anderem darin, dass die Lage und der Abstand der im Spritzbetonausbau und in der Betonauskleidung eingebaut wurden.

Die Ergebnisse für die Strecken mit Betonauskleidung sind einwandfrei nachvollziehbar, da die von den Streckenbögen erzeugten Hyperbeln deutlich erkennbar sind. Nach Auffassung von Dr. Nobile wurde in das Betongewölbe keine Rundstahlbewehrung eingelegt; es handelt sich augenscheinlich um eine Schale aus unbewehrten Beton, welche nach einem Regelquerschnitt in den Strecken mit brüchig Gebirge eingebaut wurde.

Den Messungen kann man entnehmen, dass die Diffraktionshyperbeln nicht alle in derselben Tiefe aufscheinen; sie liegen vielmehr auf einer unregelmäßigen Fläche, welche dem ursprünglichen Umriss des ausgekleideten Hohlraums folgt.



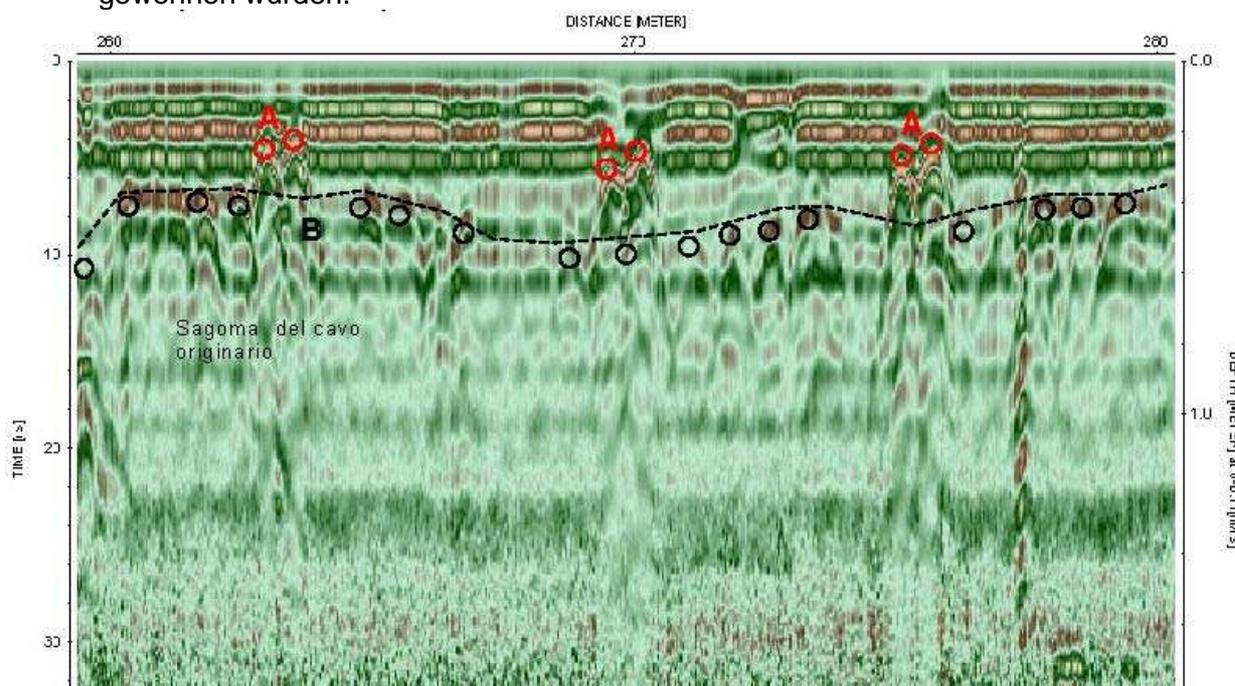
Auszug aus dem Querschnitt Psx zwischen den Metrierungen 365-378 m

Unterschiedliche Lagen der Stahlbögen könnten auch aufgrund des möglicherweise unterschiedlichen Wassergehalts des Betons aufscheinen. Der Wassergehalt beeinflusst die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen, weshalb die Messung unterschiedliche Dicken der Auskleidung vortäuschen könnte.

Eine weitere Angabe betrifft die Arbeitsfugen, welche im Abstand von etwa 10 m voneinander angeordnet wurden.

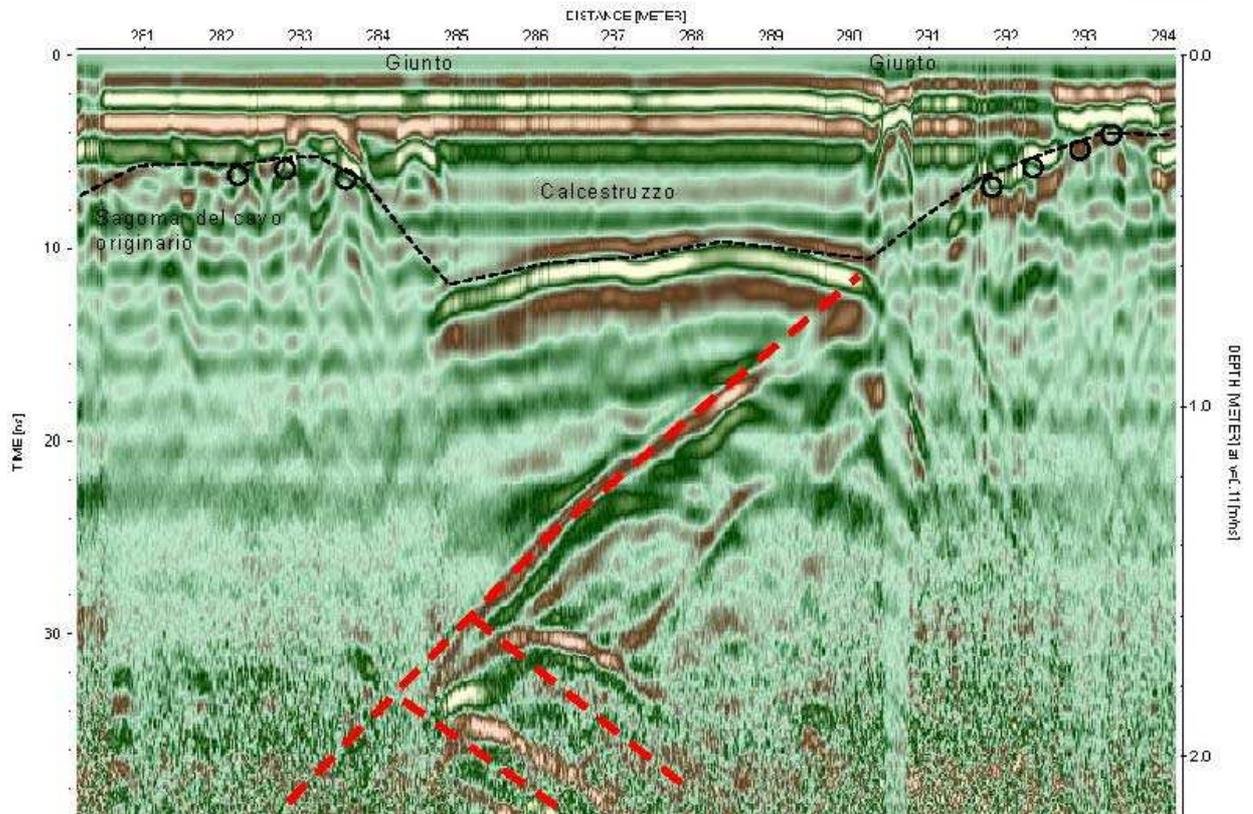
In den Strecken mit erheblichen Betondicken wird die elektromagnetische Energie stärker gedämpft, die im Gebirge vorhandenen Unstetigkeiten werden deshalb nicht nachgewiesen. Dies bedeutet aber auch, dass zwischen Ausbau und Gebirge keine nennenswerten Hohlräume vorhanden sind.

Auf dem folgenden Radargramm (Psx 260-280) sind erneut die in der Tiefe leicht gegeneinander verschobenen Zwillingshyperbeln (A) erkennen, welche wahrscheinlich im Inneren des Ausbaus liegen und nicht auf die vorhandenen Stahleinbaubögen hinweisen (B). Das Schaubild bezieht sich auf eine ausgekleidete Strecke mit stark klüftigem Gebirge und zahlreichen Hohlräumen, so dass die Aufnahme sehr jenen ähnelt, welche an mit Spritzbeton gesicherten Flächen gewonnen wurden.



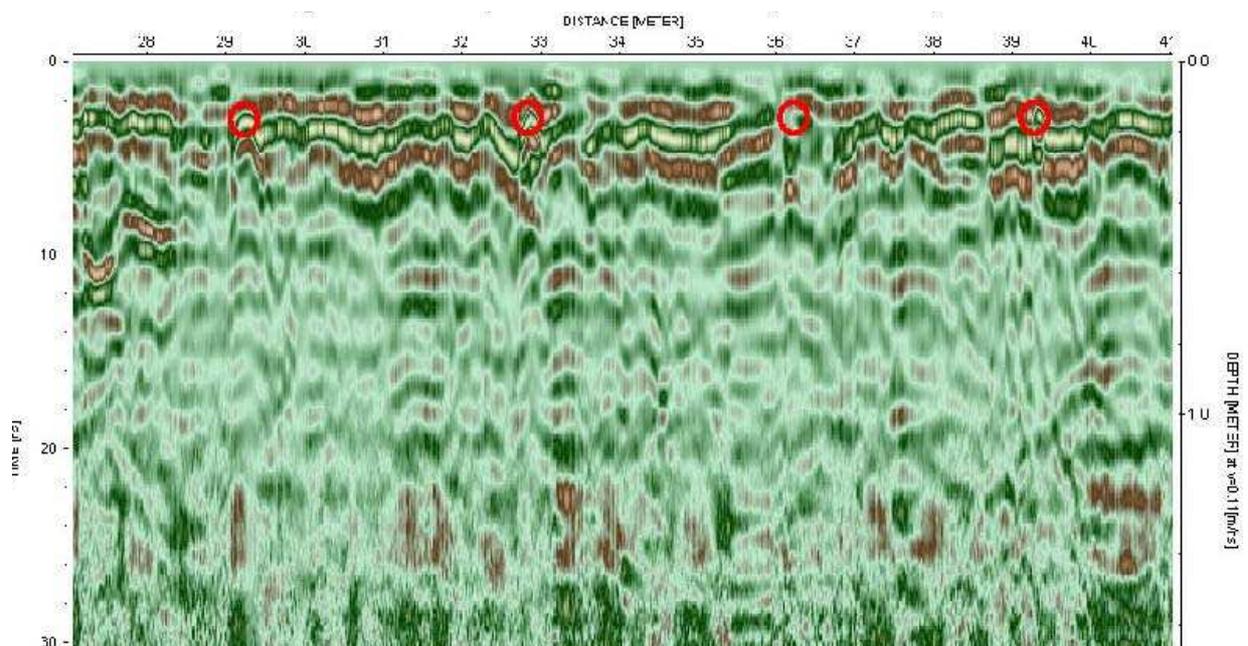
Auszug aus dem Querschnitt Psx zwischen den Metrierungen 260-280 m

In der folgenden Abbildung (Psx 281-294) ist wieder eine Strecke erkennbar, entlang welcher die Auskleidung eine geringe Dicke aufweist und nicht satt mit dem Gebirge verbunden ist. Die Außenfläche der Auskleidung ist deutlich anhand eines Echosignals mit erheblicher Amplitude erkennbar; im Gebirge sind anhand von reflektierten Signalen einige Klüfte erkennbar. Analog ist der Sachverhalt zwischen den Metrierungen Psx 283-297 und rechts zwischen den Metrierungen Pdx 274-280 und Pdx 295-302.



Auszug aus dem Querschnitt Psx zwischen den Metrierungen 281-294 m

An den nicht ausgekleideten Strecken können nur schwer auswertbare Radargramme gewonnen werden, insbesondere mit Bezug auf die Auslegung der Diffraktionen entlang der unregelmäßigen Außenfläche und jener, die auf die Stahleinbaubögen hinweisen sollten. In einigen Abschnitten sind die durch die Einbaubögen erzeugten und im folgenden Schaubild Psx 27-41 dargestellten Diffraktionshyperbeln erkennbar.



Auszug aus dem Querschnitt Psx zwischen den Metrierungen 27-41 m

Aufgrund der Neigung mit welcher die Sendeantenne über die Oberfläche bewegt wird, ähneln in einigen Fällen diese Signale elektromagnetischen Geräuschen; dieser Umstand erschwert eine eindeutige Auslegung der Erhebungen.

Durch die Erkundungen in der verschiedenen Tunnelstrecken, kommt man zum Schluss dass die Stahleinbaubögen je nach Gebirgsklasse in variablen Abständen zwischen 1 und 4 m eingebaut wurden.

In der folgenden Tabelle werden die Tunnelstrecken anhand der Auslegung der Georadar-Erhebungen nach Abstand der Einbaubögen unterschieden; außerdem wurden die Strecken mit Betonauskleidung hervorgehoben.

METRIERUNG [m]	ABSTAND [m]	AUSKLEIDUNG
0-11	0.75-1	X
12-83	4	
83-93	1	
91-116	4	
117-130	1	
130-240	2-4	
240-324	0.5	X
324-360	0.5	
360-420	0.5	X

In den 8 Querschnitten stechen ausgeprägte Hyperbolen hervor, welche auf die Anwesenheit von Rohren sowohl links als rechts im Bereich der Sohle hindeuten. Die Leitung mit dem größten Durchmesser verläuft entlang des linken Randstreifens wohingegen die kleinste oberflächlich entlang des rechten Randstreifens verläuft.

Die Informationstiefe beträgt schätzungsweise 1,5 m; es können keine mit einer Gebirgsmasse kompatiblen Signale von den tieferen Lagen ausgemacht werden, sondern nur kontinuierliche Reflexsignale entlang des gesamten Umfangs, welche der Amplitude nach auf eine Berührungsfläche mit dem Gebirge hinweisen würden. Im Querschnitt A4 in Metrierung 180 weist eine geneigte Reflektierung auf, welche durch eine Unstetigkeit im Gebirge erzeugt sein könnte.

Den beiden entlang der Randstreifen aufgenommenen Längsprofilen entnimmt man, dass nur in einigen Strecken der Fels mit Sicherheit in Tiefen zwischen 50 cm und 150 cm ansteht. Legt man diese Ergebnisse mit jenen aus den Querschnitten zusammen, kann man folgern, dass die größte Dicke im Bereich der Fahrbahnmittle mit bis zu 2 m festgestellt wird.

Der Umstand dass die Trennfläche zwischen klüftigem Gebirge und Ausbau nicht genau geortet werden kann, hängt mit ihrer Ungleichmäßigkeit zusammen, welche Sprünge im elektromagnetischen Signal erzeugen. Die Bereiche wo das Gebirge eindeutig geortet werden kann, sind jene mit ausgeprägter Klüftung und wo die Klüfte mit feinkörnigen Böden gefüllt sind.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Erkundung mit Einsatz eines Georadar-Gerätes im Tunnel auf der LS 98 in der Gemeinde Hafling hatte als Zielsetzung die Beschaffung von Angaben über die Anordnung der Stahleinbaubögen und über die Lage des Gebirges im Bereich der Tunnelsohle.

Der Hohlraum ist teilweise mit Beton ausgekleidet und auf mehr als der Hälfte des Verlaufs mit einer dünnen, das Ausbruchprofil folgenden Spritzbetonschicht gesichert.

Dieser Umstand hat die Erkundungen sowohl verfahrenstechnisch (Fortbewegung der Antenne entlang des Ausbaus) als auch mit Bezug auf die Güte der Ergebnisse beeinträchtigt, da die Messdaten durch den unregelmäßigen Verlauf der Oberfläche wesentlich gestört wurden.

Ausgezeichnet waren hingegen die Ergebnisse entlang der Strecken mit Betonauskleidung, welche die Verteilung der Einbaubögen und den Übergang zwischen Ausbau und Gebirge deutlich erkennen lassen.

Hinter der Auskleidung ist nur in 4 begrenzten Bereichen (2 rechts und 2 links) eine Unstetigkeit zwischen Außenkante der Auskleidung und dem Gebirge erkennbar; die Klüftung des Gebirges kann ebenfalls deutlich verfolgt werden.

In den mit Spritzbeton gesicherten Strecken ist die Ortung der Einbaubögen bedeutend schwieriger; von diesem Gesichtspunkt her konnten nur in wenigen Abschnitten eindeutige Ergebnisse gewonnen werden.

Die an der Sohle entlang der Randstreifen aufgenommenen Profile haben das Gebirge in einer Tiefe von 50 cm bis 150 cm nachgewiesen; die Querschnitte waren bei der Ortung der beiden vorhandenen Hauptleistungen, eine kleinere in Oberflächennähe und die andere rechts etwa unter der Fahrspurmitte, hilfreich. Letztere weist erhebliche Abmessungen auf und verläuft in einer Tiefe von etwa 1 m.

In den mit Georadar-Gerät aufgenommenen Querschnitten scheinen einige Signale auf, welche dem Gebirge im Bereich der Strosse zugeordnet werden können; dieses dürfte in Fahrbahnmitte in einer Tiefe zwischen 1,5 und 2 m anstehen.

GG Service sas

di Garbari Tomas &C.