

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 40

**Artikel:** Geophysikalische Vorauserkundung von Schwächezonen: Erfahrungen am Centovalli-Tunnel, Locarno  
**Autor:** Sattel, Gerhard / Frey, Peter / Amberg, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-86019>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Geophysikalische Voraus- erkundung von Schwächezonen

Erfahrungen am Centovalli-Tunnel, Locarno

**Bei der Planung und technischen Realisierung eines Tunnelprojektes bildet die geologische Prognose eine unabdingbare Voraussetzung für die störungsfreie Durchführung eines solchen Vorhabens. Tunnelseismische Messungen (TSP) beim Centovalli-Tunnel, Locarno, lieferten interessante Erkenntnisse.**

Die Zuverlässigkeit der geologischen Prognose steht allerdings in engerem Zusammenhang mit der Anzahl der zur

Messverfahren unter realistischen Bedingungen im Baubetrieb zu testen.

VON GERHARD SATTEL,  
BADEN,  
PETER FREY, ZUG, UND  
RUDOLF AMBERG,  
SARGANS

Verfügung stehenden Vorabinformationen, die aus Oberflächenaufschlüssen, Sondierbohrungen oder auch geophysikalischen Oberflächenmessungen gewonnen werden können.

Aus verschiedenen Gründen ist es jedoch nicht immer möglich, aus diesen Daten genügend quantitative Detailinformationen abzuleiten, wie sie der Tunnelbauer im Verlauf der Vortriebsphase benötigt.

Gerade bei grösserer Gebirgsüberdeckung ist man gezwungen, diese Daten aus dem Umfeld des Vortriebs zu gewinnen, wofür im allgemeinen Vorausbohrungen vorgetrieben werden. Komplizierte Raumlagen von Störungszonen erfordern eine grössere Anzahl solcher Bohrungen. Dies kann unter Umständen zu kostspieligen Verzögerungen des Vortriebs führen.

Neuere Entwicklungen zielen darauf ab, zerstörungsfreie geophysikalische Erkundungsmethoden auch im Tunnelbereich anzuwenden, mit denen zumindest eine grössere Anzahl von Voraus- bzw. Seitenbohrungen eingespart werden kann. Beachtenswert ist in diesem Fall die Leistungsfähigkeit tunnelseismischer Messverfahren (Tunnel Seismic Profiling – TSP), mit denen unabhängig vom Gesteinstyp Reichweiten von bis zu einigen hundert Metern bei gleichzeitig gutem räumlichem Auflösungsvermögen erzielt werden können.

In der Vortriebsphase des Eisenbahntunnels der Centovallibahn (Locarno) wurde erstmals eine Sequenz tunnelseismischer Messungen (TSP) ausgeführt, um einerseits den Voraus- bzw. Seitenabstand der Grenze Fels/Locker-  
gestein zu ermitteln und andererseits das

## Messverfahren TSP

Reflexionsseismische Messverfahren zur Abbildung von Untergrundstrukturen haben im letzten Jahrzehnt die Exploration von Kohlenwasserstoffen grundlegend verbessert. Mit grossem Erfolg werden dabei auch bohrlochseismische Verfahren (Vertikal Seismic Profiling – VSP) zur Vorauserkundung während der Bohrphase eingesetzt. Vergleicht man einen Tunnel mit einer überdimensionalen horizontalen Bohrung, so können diese Verfahren direkt auf die Verhältnisse im Tunnel während der Vortriebsphase übertragen werden.

In Bild 1 ist das Prinzip des tunnelseismischen Profiling (TSP) dargestellt. Man unterscheidet bei diesem Verfahren zwischen dem «VSP-Modus», der zur Vorauserkundung eingesetzt wird, und dem «Reflexionsmodus», der zur seitlichen Erkundung des Tunnelumfeldes verwendet wird.

Beim VSP-Modus, skizziert mit der Sequenz seismischer Strahlen ①, werden

die seismischen Wellen bzw. der Gebirgsschall beispielsweise durch kleine Sprengladungen (etwa 100 Gramm) in einer rund 100 m von der Tunnelbrust entfernten Seitenbohrung (etwa 4 m tief) erzeugt. Die in Richtung Brust laufenden Wellen und die später eintreffenden Reflexionssignale (Echo) aus dem Bereich vor der Tunnelbrust werden mit einer Reihe von hochempfindlichen Beschleunigungsaufnehmern aufgenommen, welche im Bereich zwischen Brust und Schussbohrung an der Tunnelwand befestigt sind. Die aufgenommenen seismischen Daten werden digitalisiert und mit einer entsprechenden Computereinheit registriert. Bei der darauffolgenden Datenbearbeitung werden hin- und rücklaufende Wellen rechnerisch getrennt, wobei letztere nur noch das Reflexionssignal aus dem Bereich vor der Tunnelbrust enthalten. Aus den Laufzeiten dieser Reflexionen und der aus den hinlaufenden Wellen ermittelten Gebirgsgeschwindigkeit lässt sich der Abstand zu allfälligen Störungszonen bzw. anderen Diskontinuitäten der Gebirgsfestigkeit im Vorfeld der Tunnelbrust berechnen.

Beim Reflexionsmodus, skizziert mit der Sequenz seismischer Strahlen ②, verwendet man die gleiche Aufnahmerauslage, nur werden hier die seismischen Signale bei den Aufnehmern an der Tunnelwand angeregt, beispielsweise mit Kleinstladungen (etwa 30 Gramm) in kurzen Seitenbohrungen (etwa 1 m tief). Unter Anwendung konventioneller Datenbearbeitungsverfahren zur Verstärkung des reflektierten Signalanteils (CDP-Stapelung) wird ein Profil erzeugt, welches den seitlichen Abstand zu Gebirgsdiskontinuitäten wie z.B. Gesteinsschichten mit unter-

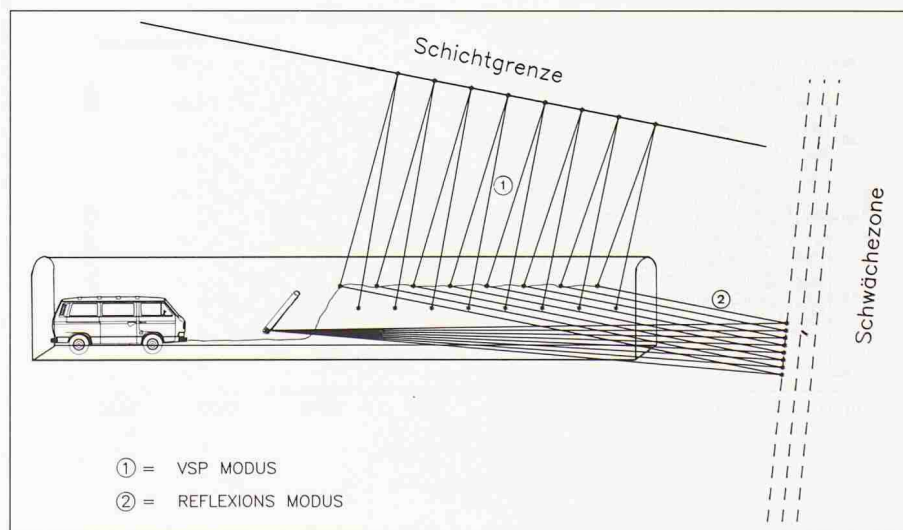


Bild 1. Messprinzip tunnelseismisches Profiling (TSP)

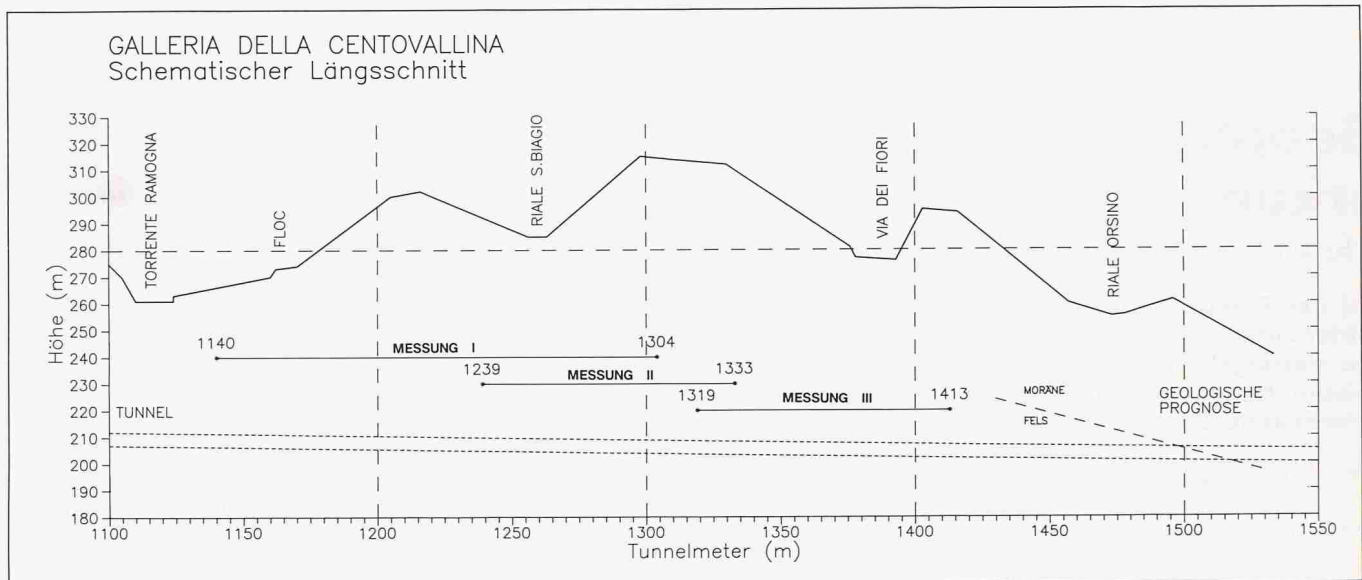


Bild 2. Situationskizze mit Messprofilen I, II und III

schiedlicher Festigkeit (Schallhärte) angibt. Beide Verfahren, die recht umfassende Informationen aus dem Tunnelumfeld und dem Bereich vor der Tunnelbrust

liefern, werden in einem gemeinsamen Messeinsatz durchgeführt, der zurzeit inklusive Vorbereitungsarbeiten etwa 12 h in Anspruch nimmt. Die Datenbearbeitung kann in Zukunft sicherlich in

der gleichen Zeitspanne abgeschlossen werden, so dass die entsprechenden Informationen innerhalb von 24 Stunden zur Verfügung gestellt werden können.

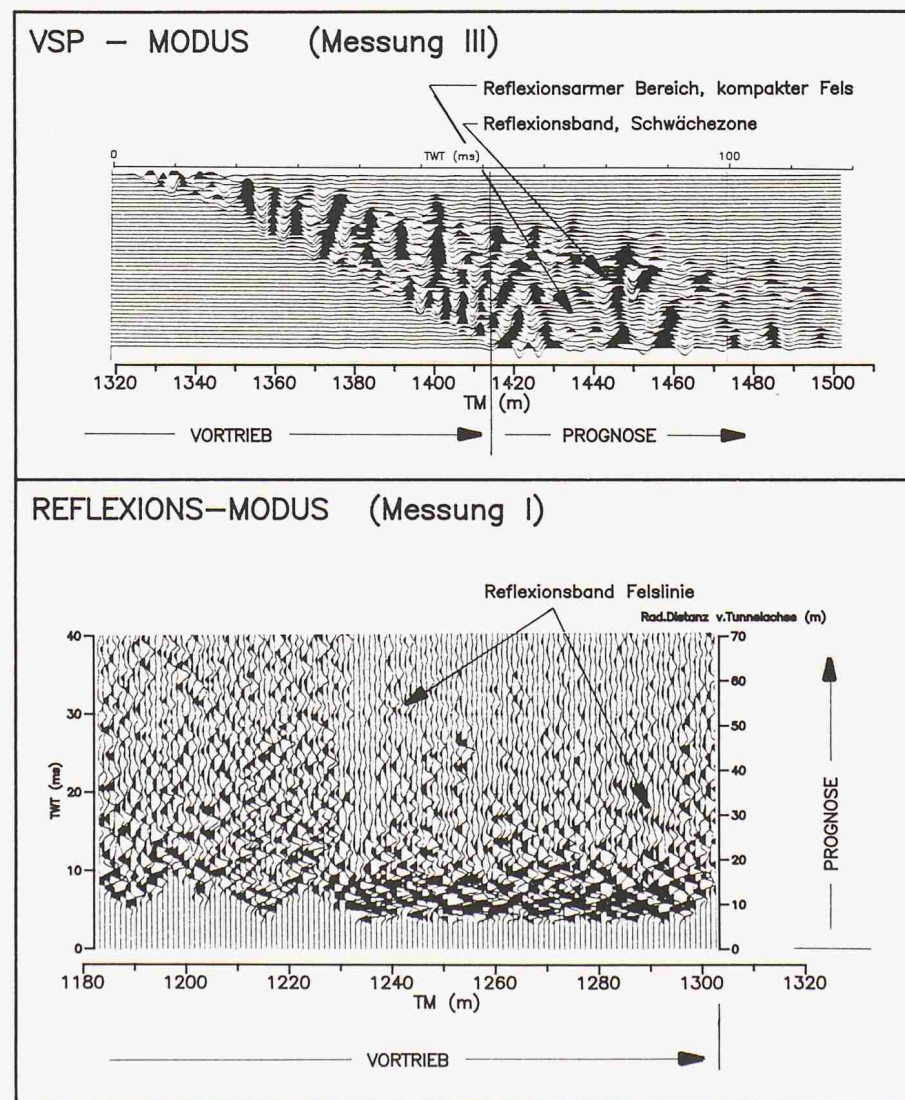


Bild 3. Resultatsbeispiele der Messungen III und I

**Messeinsatz und Resultate**

Das oben beschriebene Messverfahren konnte im Rahmen eines Pilotprojektes beim Bau des Centovallibahn-Tunnels eingesetzt werden. Dieser Tunnel, der sich zum Zeitpunkt der Messungen in einer fortgeschrittenen Vortriebsphase befand, dient zur Verlegung der Bahntrasse aus dem Verkehrsbereich der Stadt Locarno.

Bild 2 zeigt die Situationskizze aus dem Vortriebsbereich San Antonio mit den Messprofilen, die sich in einer Entfernung von rund 1140 bis 1413 m zum gleichnamigen Portal befinden. In diesem Abschnitt wurde mit konventionellem Sprengvortrieb gearbeitet, bei einer Überdeckung von etwa 70 bis 100 m. Der durchfahrene Fels wurde als migmatitischer Gneis mit unerwartet auftretenden Einschaltungen von Lockermaterial (Moräne o.ä.) charakterisiert.

Das plötzliche Auffahren solcher Lockermaterialstrecken, vor allem bei schleifendem Verlauf der Felslinie, stellt ein erhebliches Risiko beim weiteren Tunnelvortrieb dar, nicht zuletzt wegen der dichten Überbauung im Stadtgebiet von Locarno. Die geologischen Untersuchungen lieferten hier nur vage Angaben über den Verlauf der Felsobergrenze. Durch Anwendung der beschriebenen Messmethode sollten detaillierte Informationen über den Verlauf der Felsobergrenze (Felslinie) und die Lage möglicher Risikozonen im Vortriebsbereich gewonnen werden. Damit sollte gewährleistet werden,

Messung Datum Vortrieb	Prognose der Seismik	Vorausmassnahme im Vortrieb	Effektiv vorgefundene Verhältnisse an der Brust
Messung I 17.3. TM 1305	Felsüberlagerung an Brust etwa 25 m. Keine Vorausprognose. Bringt man die geol. Prognose im Bereich TM 1490-1510 in Verbindung mit der prognostizierten Felsverlaufslinie, besteht die Möglichkeit, dass die Felslinie zwischen TM 1372-1387 bis ins Tunnelprofil absinken kann	Keine	Ab TM 1305 wurde der Fels mit jedem Meter besser. Ab TM 1320 wurde auf Stahleinbau verzichtet.
Messung II 8.4. TM 1334	Felsüberlagerung an der Brust etwa 20 m. Unmittelbar vor der Brust ist eine Störung von etwa 8 m Länge ersichtlich (TM 1337-1342). Eine starke Störung ist zwischen TM 1372-1387 ersichtlich.	Bei erster Störung (TM 1337-1342) wurde die Abschlagslänge auf 1-1,5 m verkürzt. Ab TM 1359 wurden alle 5 m Voraussondierbohrungen von 6 bis 10 m Länge gemacht (mit Vortriebsjumbo).	Die Störung zwischen TM 1337-1342 wurde effektiv vorgefunden, und es musste wieder auf Stahleinbau übergegangen werden. Zwischen TM 1372-1387 wurde ein sehr stark zerklüfteter, schnell wechselnder Fels (mech. zerstörter Migmatit) mit grossflächigen Dreckeinlagerungen vorgefunden.
Messung III 26.5. TM 1414	Felsüberlagerung an Brust 16 m. Zwischen TM 1442-1458 ist eine starke Störung ersichtlich. Die Felsoberfläche steigt ab TM 1390 wieder an, die Störung zwischen TM 1445-1458 dürfte daher eher einer lokalen Veränderung des Felses zuzuordnen sein als dem Übergang Fels/Lockergestein.	Reduzierte Abschlagslänge	Ab TM 1392 konnte auf Stahleinbau verzichtet werden. Ab TM 1440 wurde der Fels infolge Oberflächennähe zusehends schlechter und immer mehr mit Dreck durchsetzt.

Tabelle 1. Verifikation tunnelseismischer Prognosen anhand der tatsächlich vorgefundenen Verhältnisse

rechtzeitig geeignete Vortriebsmassnahmen ergreifen zu können.

Nach einer eingehenden Beratung mit den zuständigen Instanzen wurde beschlossen, drei Messeinsätze nach jeweils etwa 50 m Vortriebsleistung auszuführen, wobei sich die Messprofile zu Kontrollzwecken überlappen sollten (Bild 2).

#### Messeinsatz I:

Ein erstes Messprofil wurde nach dem Vortriebsstand bei Tunnelmeter 1305 im Bereich von TM 1140 - 1304 ausgelegt (vgl. Bild 2). Da ein Abtauchen der Grenze Fels-Lockergestein im südlichen Bereich vom Tunnel (rechts in Vortriebsrichtung gesehen) zu erwarten war, wurde die Aufnahmeraumlage entsprechend ausgerichtet und am oberen Teil der rechten Tunnelwand angebracht. Die Schussbohrungen ( $\varnothing = 3,5$  cm, 1,5 m tief) für die Reflexionsmessungen wurden im unteren Bereich der Tunnelwand angelegt, die beiden Schussbohrungen ( $\varnothing = 3,5$  cm, 4 m tief) für die VSP-Messung in gleicher Art und Weise bei TM 1150 und TM 1230.

Die Felddatenakquisition erfolgte am Wochenende während der Betriebsruhe und verlief im wesentlichen ohne grössere Probleme. Allerdings entstanden grössere Zeitverluste dadurch, dass geeignete Aufnehmerstandorte mit guter akustischer Koppelung zum Gebirge

durch Abklopfen der Wand bzw. der Verkleidung gesucht werden mussten. Ausserdem zeigten die Schussbohrungen im brüchigen Gneis wenig Standfestigkeit und mussten sehr oft freigespült bzw. nachgebohrt werden. Nach etwa 30stündiger Dauer war der Messeinsatz beendet, die Messdaten waren in Anbetracht der z.T. sehr schwierigen Feldbedingungen von recht guter Qualität.

Die unmittelbar nachfolgende Datenbearbeitung im Rechenzentrum eines spezialisierten Serviceunternehmens ergab den in der nachstehenden Tabelle aufgelisteten Befund (vgl. Bild 5). Erwartungsgemäss zeigte die Datenbearbeitung der Reflexionsmessungen (Stapelung in Bild 3) eine deutliche Reflexion, die als Obergrenze Fels bzw. als Felslinie beim Übergang Gneis-Lockergestein gedeutet werden konnte. Anhand dieser Daten war ersichtlich, dass diese Grenze schleifend auf das Tunnelprofil zuläuft und weniger weit entfernt ist, als ursprünglich erwartet (vgl. Bild 4).

#### Messeinsatz II:

Aufgrund des Befundes von Messeinsatz I bestand die Möglichkeit, dass die Felslinie bei TM 1372-1387 bis auf das Tunnelprofil absinken könnte. Es erfolgte daher kurzfristig eine zweite Messung nach weiteren 29 m Vortrieb (Tunnelbrust bei TM 1334). Ausgehend

von den Erfahrungen und Ergebnissen der ersten Messung wurde das Messprofil entsprechend verkürzt (vgl. Bild 2, TM 1239-1333) und die Schussbohrungen mit einem PVC-Schutzrohr versehen. Dies bewirkte einen wesentlich geringeren Zeitaufwand für die Datenakquisition bei gleichzeitig verbesserter Datenqualität.

Wie aus der tabellarischen Zusammenfassung der Resultate (Tabelle 1) hervorgeht, bestätigte die Reflexionsauswertung im wesentlichen den Befund der ersten Messung im überlappenden Bereich und zeigte ein weiteres, wenn auch weniger konvergentes Zulaufen der Felslinie auf das Tunnelprofil. Die VSP-Auswertung ergab zusätzlich deutliche Reflexionen aus dem Bereich vor der Tunnelbrust, wobei das prominentere Ereignis als grössere Schwächezone auf der Strecke TM 1372-1382 vorhergesagt werden konnte (vgl. Bild 4). Tatsächlich wurde beim darauffolgenden Vortrieb eine grössere Störungszone zwischen TM 1372 und 1387 mit sehr stark zerklüftetem, schnell wechselndem Fels (mechanisch zerstörter Migmatit) und grösseren Einlagerungen von Lockermaterial vorgefunden.

#### Messeinsatz III:

Nachdem bei TM 1414 der Vortrieb noch nicht die Felslinie erreicht hatte, wurde für eine weitere Vorhersage ein dritter Einsatz mit Auslage des Messpro-

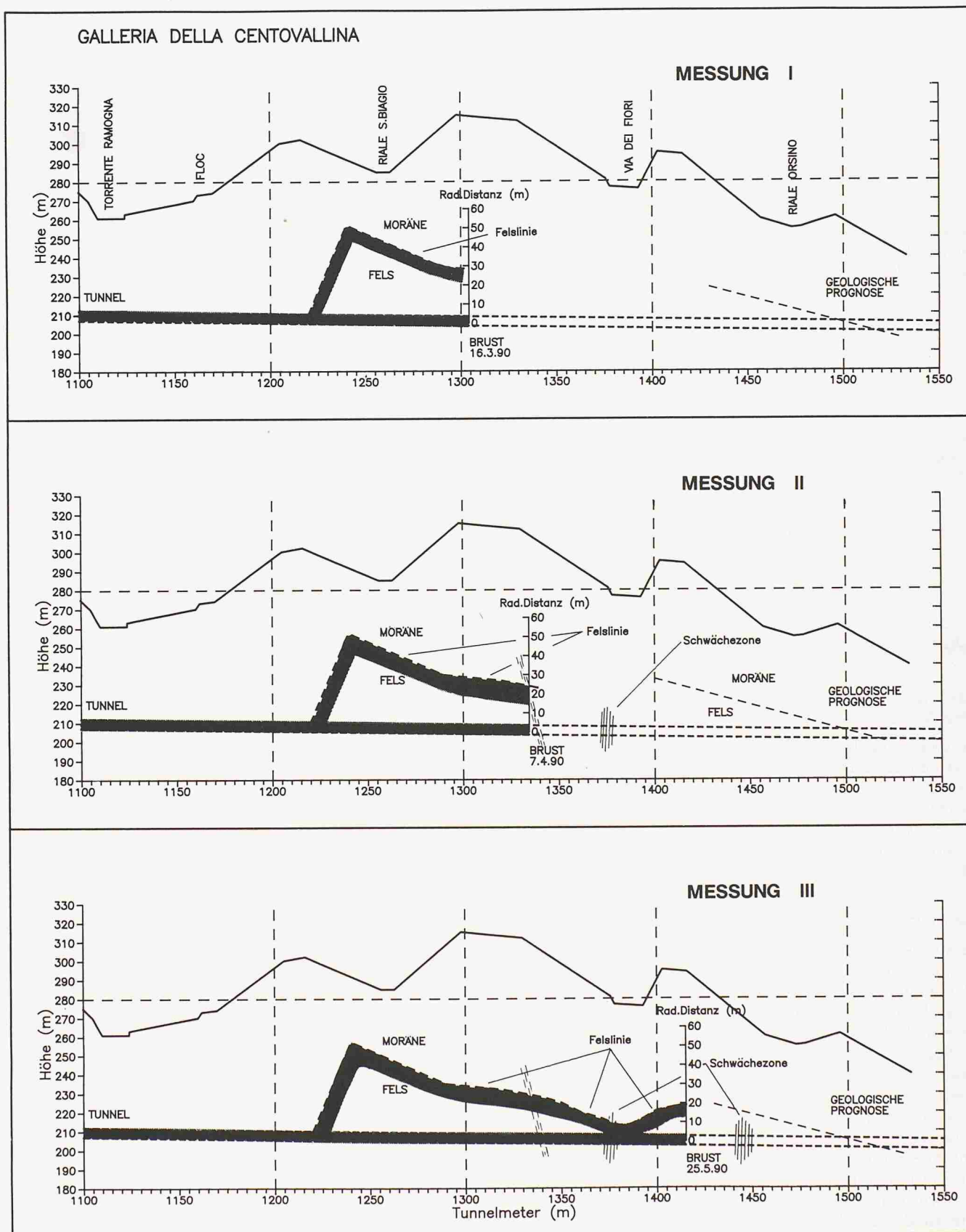


Bild 4. Situationsskizze mit den Ergebnissen der Messungen I, II und III

files von TM 1319-1413 ausgeführt (vgl. Bild 2). Diese Messung erfolgte mit identischen Akquisitionsparmetern wie beim Messeinsatz II und wurde ohne Probleme mit guten Resultaten abgeschlossen. Auch die Effizienz im Messeinsatz konnte durch die Nutzbar-

machung der bisherigen Erfahrungen erheblich gesteigert werden, so dass der Zeitaufwand letztlich nur 12 Stunden betrug.

Die Auswertungen des Reflexionsprofils ergaben im Überlappungsbereich zum Messprofil II korrelierbare Resul-

tate und zeigten zunächst ein weiteres Absinken der Felslinie bis zur oben erwähnten Störungszone (vgl. Bild 4). Danach schien die Felslinie wieder leicht anzusteigen, was sich auch im Vortriebsbereich zur Brust in besserer Felsqualität verdeutlichte. Die VSP-Aus-

wertung (vgl. Bild 3) prognostizierte für den Bereich vor der Tunnelbrust (TM 1414) den Beginn einer weiteren markanten Schwächezone bei TM 1442, d.h. 28 m vor der Tunnelbrust. Wie sich beim weiteren Vortrieb zeigte, wurde der Fels ab TM 1440 im Nahbereich der Felslinie zusehends schlechter und immer mehr mit Lockermaterial durchsetzt.

Nachdem im Bereich um 1450 m der Übergang Fels-Lockermaterial erreicht wurde, erübrigten sich weitere Prognosen mit dem oben erwähnten geophysikalischen Verfahren. Insgesamt betrachtet, wurde diese erstmalig in praktischem Einsatz erprobte Anwendung der tunnelseismischen Messungen (TSP) mit Erfolg abgeschlossen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die bisherigen Möglichkeiten zur Vorauserkundung der Felsverhältnisse im Tunnelbau beschränkten sich auf Sondierbohrungen. Genaue Auskünfte über die Gesteinsbeschaffenheit, auftretende Störungen, Trennflächensysteme usw. liefern Kernbohrungen, die allerdings zeitraubend und für die übrigen Arbeiten hindernd sind. Sondierbohrungen mit den Vortriebsbohrarüstungen sind zwar weniger zeitaufwendig, liefern jedoch keine genauen Angaben. Die Erfassung von Gesteins-

wechsel auf Grund unterschiedlicher Bohrleistungen oder der Beschaffenheit des Bohrmehls erfordert zudem grosse Erfahrung und ist nicht immer eindeutig. Es war daher naheliegend, das in den letzten Jahren intensiv weiterentwickelte tunnelseismische Messverfahren anzuwenden, wobei von Anfang an Bestätigungsbohrungen vorgesehen wurden.

Trotz der komplexen geologischen Verhältnisse im Falle des Tunnels der Centovallbahn in Locarno gelang die Vorauserkundung der geologisch extrem schlechten Partien, der überlagernden Felslinie am Übergang zur Moräne sowie der abtauchenden Felsoberfläche sehr gut. Damit eröffnen sich für die Vorauserkundung vielversprechende Möglichkeiten, zumal die eigentlichen Vortriebsarbeiten durch die seismischen Untersuchungen nur unwesentlich behindert wurden.

Vor allem beim Einsatz von Tunnelbohrmaschinen könnte das überraschende Anbohren von Störungszonen weitgehend vermieden werden, wodurch die Sicherheit und die Leistung der Bohrvortriebe stark verbessert würde. Eine möglichst genaue Ortung von Störungszonen mit Gesteinen geringer Festigkeiten ist vor allem beim Bau von Tunneln mit grosser Überlagerung sehr wichtig, können doch in derartigen Partien sehr schnell Deformationen im Bereich des Bohrkopfes auftreten, die

zum Verklemmen desselben führen würden.

Das vorgestellte TSP-Messverfahren sollte für künftige routinemässige Vorauserkundungen weiterentwickelt und optimiert werden. Zu verbessern wäre bei der Datenaufzeichnung die mechanische Ankoppelung der seismischen Aufnehmer an den Fels, um das Auflösungsvermögen zu steigern. Die rechnerische Bearbeitung der Daten sollte zur Beschleunigung der Auswertung mittels geeigneter PC-Software möglichst vor Ort erfolgen, damit anhand der Prognose die entsprechenden Vortriebsmassnahmen rechtzeitig eingeleitet werden können. Dies gilt vor allem beim Einsatz von Tunnelbohrmaschinen mit grossen Vortriebsleistungen.

Eine gesicherte Vorauserkundung der Felsverhältnisse, kombiniert mit den zurzeit möglichen Vorausverfestigungen geologisch bedingter Schwächezonen erhöht die Einsatzmöglichkeit wie auch die Einsatzsicherheit von Tunnelbohrmaschinen ganz allgemein, insbesondere jedoch beim Bau tiefliegender Tunneln.

Adresse der Verfasser: *G. Sattel*, Dipl. Geophysiker, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA), Parkstrasse 23, CH-5401 Baden; *P. Frey*, Geologe, Geologische Planungen und Expertisen, Gartenstrasse 7, CH-6301 Zug; *R. Amberg*, Dr. Ing. h.c., Amberg Ingenieurbüro AG, Rheinstrasse 4, CH-7320 Sargans.

## Bücher

### Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen

Hrsg. Techn. Kommission der Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau (SZS), Zürich. Etwa 50 Seiten, A4, Kartoneinband laminiert, Preis: Fr. 57.-, Verlag SZS, Zürich 1990.

Die Technische Kommission der Schweizerischen Zentralstelle für Stahlbau (TK-SZS) hat ihre bisherigen Oberflächenschutz-Empfehlungen aus dem Jahr 1982 vollständig überarbeitet und im Rahmen der SNV-Registrierung neu als Schweizer Norm SN 555 001 klassifiziert. Die Norm berücksichtigt den aktuellen Stand der Stahlbau-Technik und schliesst frühere Lücken.

Die neue Norm dient als Anleitung zur Festlegung und Ausführung zweckmässiger Schutzmassnahmen sowie als Grundlage zur Vertragsaufbereitung für Bauplaner und Unternehmer. Um alle betroffenen Kreise des breiten Zielpublikums einzubeziehen, sind erläuternde Textabschnitte unerlässlich, da kaum alternative Orientierungshilfen bestehen. Somit ist die Norm nicht nur eine Vorschriftensammlung, sondern hat manchmal auch den Charakter eines Lehrbuches.

Neben ganz neuen Kapiteln über Ausbesserungen, Unterhalt und Erneuerung behan-

delt die Norm auch vermehrt metallische Überzüge sowie Ökologie-Aspekte. Im Bereich des Umweltschutzes sind Technik und Gesetzgebung noch stark im Fluss, die Norm ist deshalb als flexible Orientierungshilfe gedacht und will nicht eigene Umwelt-Vorschriften formulieren – zudem ergeben sich heute oftmals Widersprüche zwischen ökologischen Anliegen und Ausführbarkeit oder Dauerhaftigkeit.

Im formalen Bereich wurde Wert gelegt auf die konsequente Einführung moderner Begriffe und Bezeichnungen. Daraus ergaben sich auch ein Kapitel mit Definitionen und ein ausführliches Stichwortverzeichnis.

### Die Arbeit am Bildschirm

Die Arbeit am Bildschirm wirft immer wieder Fragen der Zumutbarkeit und der Belastung für die Gesundheit auf. Die Neuaufgabe der SUVA-Broschüre «Die Arbeit am Bildschirm» befasst sich eingehend mit den arbeitsphysiologischen und -medizinischen Aspekten dieser Tätigkeit. Die darin enthaltenen zahlreichen Ratschläge geben Aus-

kunft darüber, wie sich physische und psychische Belastungen im Zusammenhang mit der Bildschirmarbeit reduzieren lassen.

Die jüngste Auflage der Broschüre ist mit einem Kapitel über die ergonomische Benutzerfreundlichkeit von Software ergänzt. Darin kommt die Darstellung von Daten auf der Bildschirmoberfläche zur Sprache. Die Schrift informiert im weiteren umfassend und detailliert über ergonomische Anforderungen an Geräte, die Raumbeleuchtung, das Mobiliar und nicht zuletzt an die Arbeitsorganisation. Hinzu kommen Erörterungen zu arbeitsmedizinischen Aspekten wie Strahlung, Raumklima und Lärm. Praktische Checklisten ergänzen die Ratschläge und dienen als hilfreiche Arbeitsmittel für Abklärungen bei Neuanschaffungen oder zur Überprüfung bestehender Arbeitsplätze.

Da die Broschüre inhaltlich bewusst umfassend gehalten ist, richtet sie sich in erster Linie an Fachleute, die sich von Berufes wegen mit der Planung, Einrichtung und Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen befassen. In ungefähr einem Jahr soll eine gekürzte Version für Anwender erscheinen. Die Fachpublikation «Die Arbeit am Bildschirm» kann kostenlos direkt bei der SUVA (Postfach, 6002 Luzern, d, f oder i) bezogen werden.