

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91 (1973)  
**Heft:** 12: SIA-Heft, Nr. 3/1973: Untertagebau

**Artikel:** Das Stollensystem von Lugano. II: Geologisch-geotechnische Verhältnisse  
**Autor:** Vesco, E. Dal / Wanner, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71829>

### **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:** 14.03.2025

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

und beim Konsortium Losinger-Ticino/Vicari, Lugano, für das Los Lugano.

Während im Vedeggiotal nach Einrichten der Baustelle sofort im zweischichtigen Betrieb die Durchörterung in Angriff genommen werden konnte, mussten auf der Stadtseite vorerst inmitten von Wohnhäusern in Form eines beträchtlichen Voreinschnittes die notwendigen Installationsflächen geschaffen werden. Die Arbeitsbedingungen waren auf der Ostseite wesentlich schwerer als im gegenüberliegenden Los, hemmte doch die stets zu wählende Rücksichtnahme bezüglich Lärm, Sprengerschütterungen, Baustellenverkehr usw. gegenüber der umliegenden Wohnbevölkerung den Baustellenbetrieb. Insbesondere konnte während des Vortriebs nur einsichtig in der üblichen Arbeitszeit gearbeitet werden.

Die beiden Stollen wurden konventionell vorgetrieben. Der Fels, obwohl stark zerklüftet, war an und für sich standfest. Seine Standfestigkeit hat sich aber kurze Zeit nach der Sprengung im Kontakt mit Luft und Wasser schnell verschlechtert. Streckenweise musste fortlaufend mit Felsankern und Netzen oder mit Stahleinbau gesichert werden. Die angewandten Felssicherungen verteilen sich auf die ganze Länge (100%) wie folgt: 33% mit Stahleinbau, 26% mit Ankern und 41% ohne Felssicherung. Die Kalotte wurde in den standfesten Partien mit Gunit von 5 bis 7 cm Stärke verkleidet, in den eingebauten Strecken wurde sie in Beton und in den mit Ankern gesicherten Abschnitten je nach lokaler Felsbeschaffenheit in Gunit oder Beton ausgeführt. Der Anfall an Wasser war sehr gering und hat die Arbeiten nicht behindert.

Die mittleren Vortriebsleistungen betragen im Los Vedeggio (2schichtiger Betrieb) rund 45 m und im Los Lugano bei nur 1schichtigem Betrieb rund 17,5 m in der Woche. Der Schrägschacht wurde in der Zeit von 1½ Monaten von unten nach oben aufgeföhren.

### 3.2 Stollen Crespera-Gemmo

Auf Grund der Erfahrungen beim Stollen Lugano-Vedeggio und in Anbetracht einerseits der geringen Überdeckung und andererseits der beträchtlichen zu unterföhrenden Strecken dicht besiedelten Gebietes hegte man berechnete Zweifel, ob die Durchörterung des Stollens nach konventioneller Methode Erfolg verspreche. Gleichwohl wurden beide Methoden – konventionell und Durchörterung mit Streckenvortriebsmaschine – ausgeschrieben, wobei in der Submission versucht wurde, die den einzelnen Methoden anhaftenden Eigenschaften und Risiken so gut wie möglich zu berücksichtigen. So wurde u. a. für den konventionellen Vortrieb eine laufende Überwachung der Sprengerschütterungen verlangt. Es wurden Zuschläge für die Reduktion der normalen Vortriebsgeschwindigkeit zur Verminderung von Erschütterungen an der Oberfläche vorgesehen und ein grösserer Aufwand an Felssicherung und Betonverkleidung gegenüber dem gefrästen Profil ausgewiesen. Die Submission ergab eindeutig geringere Kosten für die Ausführung mit der Tunnelbohrmaschine. Die in der Ausschreibung für diese Bauart vorgesehenen Ausmasse wurden recht genau eingehalten. Ob die Prognosen für den konventionellen Vortrieb zu pessimistisch waren oder nicht, kann nicht festgestellt werden, da ein Vergleich nicht möglich ist.

Die Arbeiten wurden im Herbst 1970 der Unternehmung Muttoni, Bellinzona, vergeben. Als Unterakkordant für die Fräsarbeit wurden die Firmen Theiler & Kalbermatten, Luzern, und Riva AG, Buochs, beigezogen, die ihre Robbins-Maschine mit einem Bohrdurchmesser von 3,50 m einsetzten.

Die Arbeiten am Vortrieb begannen am 3. März 1971, und nach 17 Wochen und 2 Tagen waren die 1294,5 m durchöhrt; dies ergibt eine mittlere Vortriebsleistung von

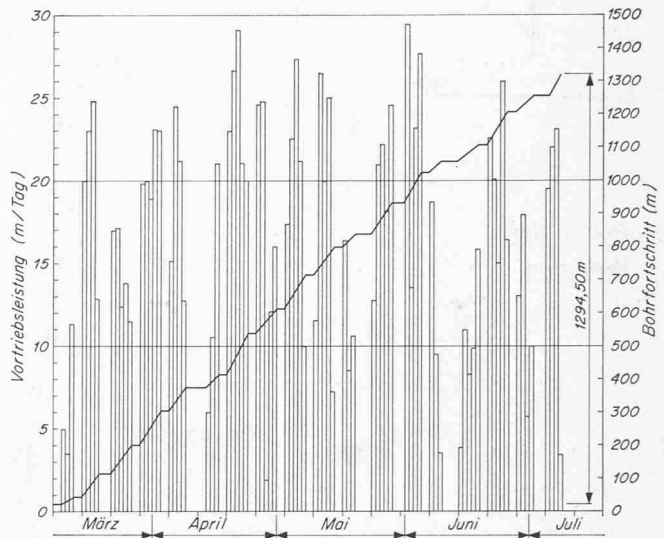


Bild 3. Vortriebsprotokoll für den Stollen Crespera-Gemmo

75 m/Woche oder rund 10 m/Tag (Bild 3). Hiezu folgende Bemerkung: Auf die Fröhlingszeit fallen viele Feiertage (Ostern, Pfingsten, Auffahrt usw.), und überdies hat sich die Gewohnheit eingebürgert, dass in den Wochen mit einem Feiertag am Donnerstag nur noch 3 Tage gearbeitet wird. So ergibt sich in unserem Falle, dass auf die ganze Zeit von 17 Wochen nur 77 Arbeitstage fallen, das sind nur 63,5% aller Tage.

Die Vortriebsleistung, umgerechnet auf die Arbeitstage, ergibt das Mittel von 16,80 m pro Tag. Die Minima liegen bei 3 bis 4 m Vortrieb/Tag in den kurzen Strecken in hartem und kompaktem Amphibolit, währenddem die beste Leistung bei 29,50 m/Tag liegt. Eine Vortriebsleistung von 20 m und mehr wurde an 33 Tagen erreicht (Bild 3).

Die Durchörterung des Stollens mit der Fräse hat sich bewährt. Einerseits haben die Bewohner über den unterqueren Gebieten von der Arbeit unter Tag keine Störung erfahren, und andererseits wurde trotz der nicht sehr vorteilhaften Felsqualität ein Ausbruch erzielt, der nur an wenigen Stellen mit Stahleinbau (total 110 m oder 8,5%) und insgesamt mit 217 Ankern gesichert werden musste. Der Stollen ist auf der ganzen Länge mit einer Gunitschicht von 3 bis 5 cm Stärke verkleidet. Niederbrüche mit Ausnahme kleiner Platten, die sich an besonders stark gestörten Zonen aus der Kalotte lösten, sind keine vorgekommen.

Adresse des Verfassers: A. Zanetti, dipl. Bauing. ETH/SIA, im Ingenieurbüro Dr. G. Lombardi, via A. Ciseri 31, casella postale, 6601 Locarno.

## II. Geologisch-geotechnische Verhältnisse

Von E. Dal Vesco und H. Wanner, Zürich

### 1. Allgemeine Lage

Das mit dem Stollen durchöhrtete Gebiet zwischen Crespera und Gemmo liegt im südlichen Bereich des sogenannten insubrischen Grundgebirges. Die Aufschlüsse der Felsunterlage sind äusserst spärlich, weil die ganze Region von den Gletschern erodiert und mit einer verschiedenen mächtigen Moräne überdeckt wurde. Glücklicherweise standen zur Abklärung der geologischen Verhältnisse im vorgesehenen Stollen die Aufnahmen eines der beiden SBB-Tunnel und diejenigen des Stollens Lugano-Gemmo-Piano del Vedeggio zur Verfügung (Bild 4).

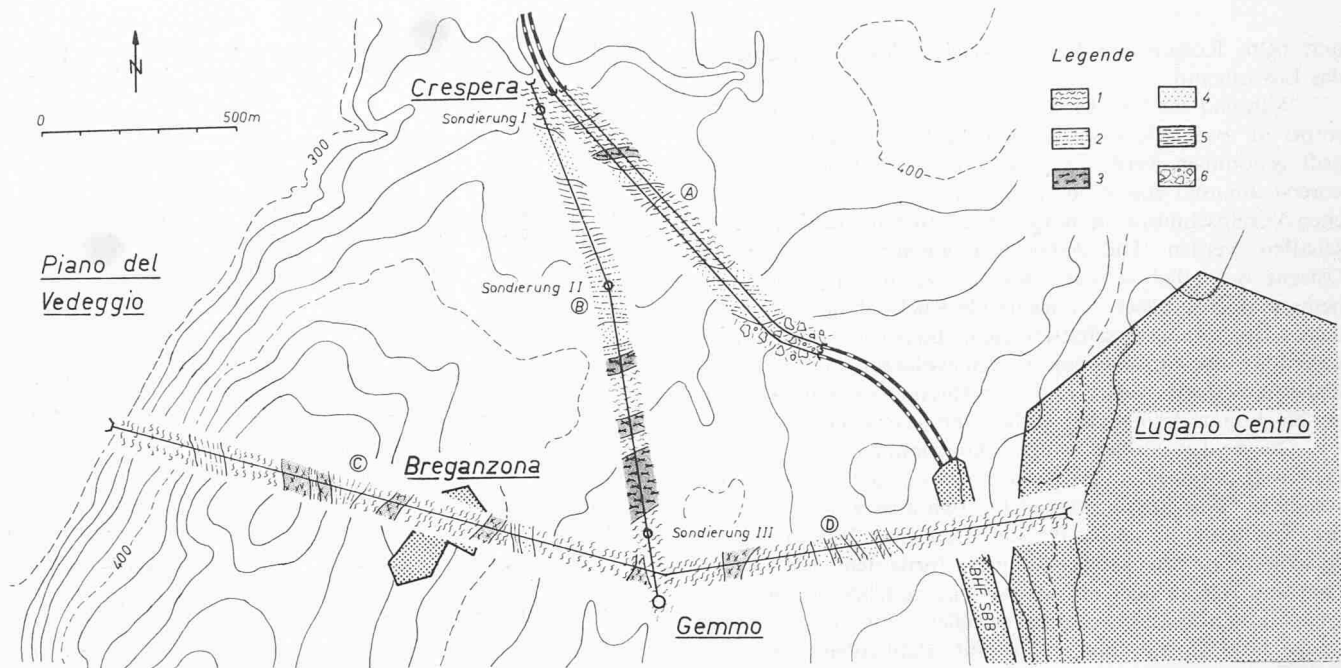


Bild 4 (oben). Geologische Lageskizze.

A Massagno-Tunnel I und II (SBB), Aufnahme SBB, B Stollen Crespera-Gemmo, Aufnahme H. Wanner, C Stollen Vedeggio-Gemmo, Aufnahme F. Bianconi, D Stollen Gemmo-Lugano, Aufnahme F. Bianconi

Gesteine: 1 dunkle, verfältelte Glimmergneise bis Glimmerschiefer, 2 helle, gut gerichtete Muskowit-Gneise, 3 Amphibolite und Hornblendschiefer, 4 Quarzporphyrit- und Porphyritgänge, 5 Phyllonite und Tonschiefer, 6 Moränenmaterial

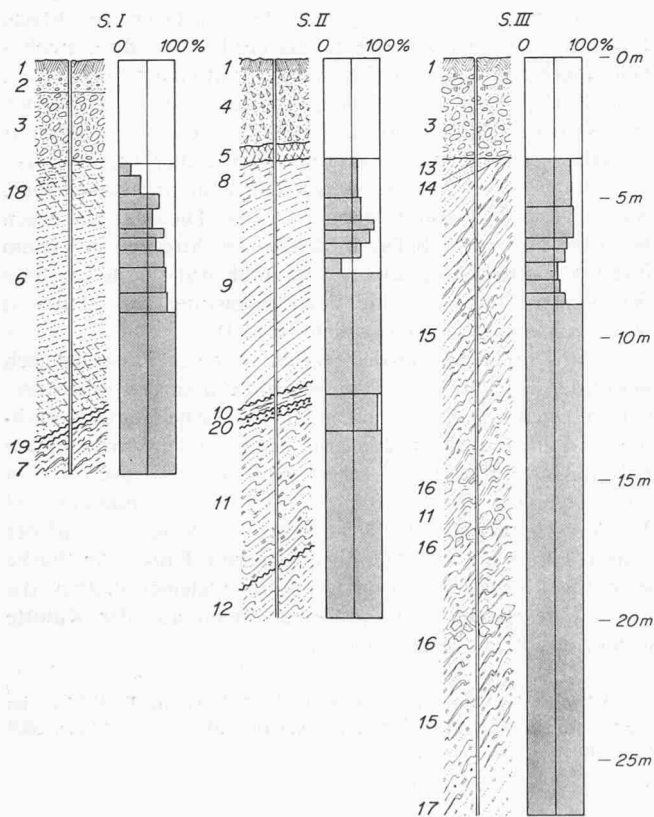


Bild 5. Ergebnisse der Sondierbohrungen S.I, S.II und S.III in der Stollenachse (Bild 4). In der linken Kolonne ist die Gesteinsbeschaffenheit angegeben, in der rechten die Bohrkerngewinnung in % Aufnahme E. dal Vesco

Quartäre Überdeckung. 1 Humus, 2 kiesig-sandige Flussablagerung, 3 stark aufgelöstes und verwittertes Gestein, 4 Verwitterungskruste des anstehenden Gesteins

Gesteine. 6 heller Muskowit-Chloritquarzschiefer, 7 dunkler verfältelter Muskowit-Chloritschiefer, 8 fast massiger Amphibolit, 9 heller Muskowitquarzitgneis, 10 dunkler Biotitgneis mit Quarzlinsen, 11 heller verfältelter Zweiglimmerquarzitgneis, 12 heller verfältelter Muskowitquarzitgneis, 13 heller Muskowitquarzschiefer, 14 diskordanter Quarzgang, 15 heller verfältelter Muskowitquarzschiefer mit Quarzäderchen, 16 rekristallisierte Quarzitbrekzie, 17 heller quarzitischer Zweiglimmergneis

Trennflächen. 18 stark zerklüftetes Gestein, 19 dünne pelitische Mylonite, 20 breitere psephitische Mylonite

Obwohl diese Werke unserem Stollen ganz nahe liegen, konnten die angetroffenen geologischen Verhältnisse nicht direkt in das neue Stollentrassée projiziert werden, weil unzählige, nicht ohne weiteres feststellbare Brüche und Verwerfungen das Grundgebirge in kleine, gegenseitig verstellte Blöcke auflösen, so dass die erkannten Verhältnisse nur ganz lokalen Charakter aufweisen. In diesem Sinne waren die unerlässlichen Sondierbohrungen (Bild 5) im Stollentrassée von grossem Nutzen; trotzdem konnte die geologisch-geotechnische Prognose nur qualitativen und nicht quantitativen Charakter aufweisen.

Besonders aus Bild 6, das auch den geologischen Befund im Stollen Crespera-Gemmo enthält, geht hervor, wie die geologische Situation des Gebietes im kleinsten Bereich wechseln kann. Einzig konstant bleibt der petrographische Charakter der am Aufbau der einzelnen Blöcke beteiligten epimesometamorphen Gesteine. Ihre Mächtigkeit und Lagerung ist dagegen starken Schwankungen unterworfen. Noch stärker wechselnd ist die mechanische Beanspruchung, die selektiv auf die verschiedenen Gesteinsarten gewirkt hat.

Um diese geologische Situation besser verstehen zu können, muss noch erwähnt werden, dass die Verfaltung und die metamorphen Prozesse während der herzynischen Gebirgsbildung stattgefunden haben. Die mechanische Beanspruchung ist dagegen sowohl herzynisch als auch alpin aktiv gewesen und hat die Zertrümmerung der Gesteine verursacht.

## 2. Die Gesteine

Die wichtigsten Gesteine, die beim Bau des Stollens durchörtert werden mussten, sind folgende:

**Dunkle Glimmergneise und -schiefer**, die im geologischen Schrifttum als Stabiello-Gneise bekannt sind. Obwohl unter dieser Gruppe ganz verschiedene Gesteinsarten zusammengefasst sind, haben sie die dunkle Farbe gemeinsam, die

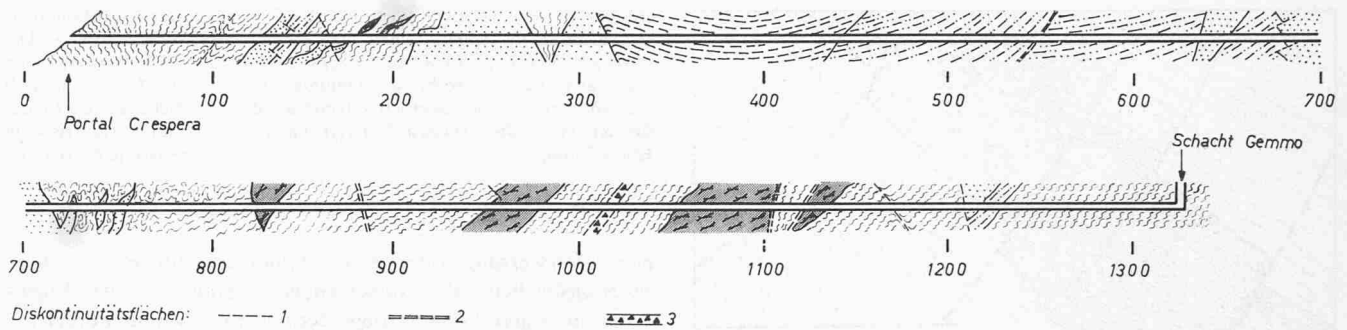


Bild 6. Stollen Crespera-Gemmo, Vertikalschnitt durch die Stollenachse

Aufnahme H. Wanner

Trennflächen: 1 geschlossene Brüche und Verwerfungen, 2 offene Brüche und Verwerfungen, 3 Mylonitzone mit psephitischen Gesteinstrümmern, 4 Signaturen der Gesteine wie Bild 4

vorwiegend durch den Biotit- und Chloritgehalt verursacht wird. In Abhängigkeit des Glimmergehaltes können die Gneise weniger und die Schiefer ganz verschiedene Intensitäten der Verschieferung aufweisen. Sie zeigen stellenweise eine so starke Verfältelung, dass sie geotechnisch wieder «massig» wirken.

**Helle Gneise**, auch als Gneis chiari oder S.-Bernardo-Gneise bekannt. Im Gegensatz zu den dunklen Gneisen sind diese hellgrau bis weiss. Dies wird durch den hohen Gehalt an Quarz und/oder Feldspat bedingt. Ursprünglich verstand man unter dem Begriff S.-Bernardo-Gneise bankige, gleichkörnige bis porphyrisch-augige Zweiglimmergneise, die mehr linsen- bis stockartig in den dunklen Gneisen und Schiefen eingelagert sind. Später wurden auch quarzreiche Gneise und Schiefer dazugerechnet, so dass der Name Gneis chiari seinen petrographischen Charakter verlor. Gerade dieses Beispiel zeigt deutlich, wie geologische Sammelbegriffe nie in einer geotechnischen Untersuchung angewandt werden dürfen.

Im Bereich des Stollens sind es vorwiegend helle, feinkörnige Quarzitgneise, die einen sehr hohen Gehalt an Quarz aufweisen. Sie bilden Bänke wechselnder Mächtigkeit. Der weisse Glimmer kann sich in Horizonten derart anreichern, dass sich das Gestein längs dieser in einem Abstand von 10 bis 40 cm auftretenden Glimmerflächen auflösen kann. Die lokale intensive Verfältelung kann deutlich die Wirksamkeit der Glimmerflächen als vorgezeichnete Trennflächen einschränken. Diese Quarzitgneise sind oft, und besonders dort, wo die Fältelung intensiv wird, durch die Anwesenheit von linsigen, striemigen, meist konkordanten Quarzäderchen heterogen aufgebaut, was die Wirksamkeit einer mechanischen Vortriebsmaschine deutlich beeinträchtigen könnte.

**Epidotamphibolite und Hornblendeschiefer.** Der hohe Gehalt an Hornblende verursacht eine dunkelgrüne Färbung dieser Gesteine, die konkordant als Bänke und Linsen in den quarzitischen Gneisen eingelagert sind. Das feine Korn und das filzige Durchwachsen der Hornblende im Gesteinsgefüge führen zu einer fast massigen Textur. Die Amphibolite besitzen dadurch ein «kompaktes» Aussehen.

**Helle Quarzporphyrite und Porphyrite.** Diese hellgrünen bis hellbeigen aphanitischen Gesteine bilden Gänge, die diskordant mit stark schwankender Mächtigkeit die vorangehenden Gesteine durchschlagen. Die halbkristalline Struktur und die massige Textur verleihen diesen Gesteinen ebenfalls ein «kompaktes» Aussehen.

**Phyllonite und Tonschiefer.** Die sogenannten Phyllonite sind extrem blättrige, quarzitisches Muskowit- und Chlorit-schiefer, die nicht recht in den metamorphen Rahmen der hellen und dunklen Gneise und Schiefer passen wollen. Auch ihre tektonische Lage ist unklar, weil sie in den anderen Gesteinen eingekeilt sein können. Es ist darum wahrscheinlich, dass mindestens ein Teil davon sekundär durch eine sehr starke mechanische Durchbewegung aus den quarzitischen

Gneisen und Schiefen hervorgegangen ist. Mit ihrer blättrigen Auflösung verursachen sie auf alle Fälle eine ganz bedeutende Verschlechterung der Verbandsverhältnisse.

Ähnliche Überlegungen gelten in bezug auf die Tonschiefer. Obwohl sie eine warvenartige Feinschichtung vor-täuschen, können sie – mindestens im untersuchten Gebiet – aus einer sehr intensiven Durchbewegung der dunklen, quarzitischen Gneise und Schiefer entstanden sein. Diese Gesteine zeigen ähnliche felsmechanische Eigenschaften wie die äusserlich gleich aussehenden sedimentären Tonschiefer.

### 3. Die Lagerung der Gesteine

Wie dies in den geologischen Aufnahmen des Stollens (Bild 6) deutlich zum Ausdruck kommt, ist das gesamte durchhörte Gebirge in Schollen aufgelöst, die gegenseitig verschoben und verdreht wurden. Obwohl eine schwache Regelmässigkeit im Streichen (Bild 4) zu erkennen ist, zeigt die Lage der Schichtung und der Schieferung (besonders in bezug auf den Fallwinkel) deutliche Änderungen von Scholle zu Scholle. Innerhalb derselben beobachtet man Übergänge von parallelen zu verschieden stark verfältelten Strukturen. Das felsmechanische Verhalten der Gesteine wird sowohl durch diese Strukturen als auch durch die Gesteinsbeschaffenheit stark beeinflusst.

### 4. Die Diaklase

Das felsmechanische Verhalten des Gebirges wird aber zusätzlich, und zwar am stärksten durch die Brucherscheinungen, beeinflusst, die durch die tektonische Beanspruchung verursacht wurden.

Die tektonische Beanspruchung ist vorwiegend auf die herzynische Gebirgsbildung zurückzuführen, doch wurde sie während der alpinen Dislokation nochmals reaktiviert und hat alle Gesteine erfasst. Die Gesteine haben aber äusserst stark selektiv reagiert.

Die hellen, bankigen Quarzitgneise zeigen eine weitmaschige Zerklüftung. Die hellen Schiefer wurden schon während der Metamorphose verfaltet und nachträglich längs den Falten verschert. Die massigeren Amphibolite, besonders wenn sie in schiefrigen Gesteinen eingebettet sind, zeigen eine feinmaschige Zerklüftung. Ganz anders haben die massigen, halbkristallinen Porphyrit- und Porphyrgänge reagiert, die nur muschelige scharfe Brüche und Risse aufweisen. Gerade in diesen Porphyriten sind diese Brüche ganz scharf, ohne dass das angrenzende Gesteinsgefüge in Mitleidenschaft genommen worden wäre. Ganz anders haben die schiefrigen Gneise und die Schiefer reagiert: Sie können eine so tiefgreifende Durchbewegung erlitten haben, dass sie zu Phylloniten und Tonschiefern reduziert worden sind.

Die am stärksten beanspruchten Zonen sind die Grenzflächen der Blöcke. Sie können den Charakter eines Bruches,

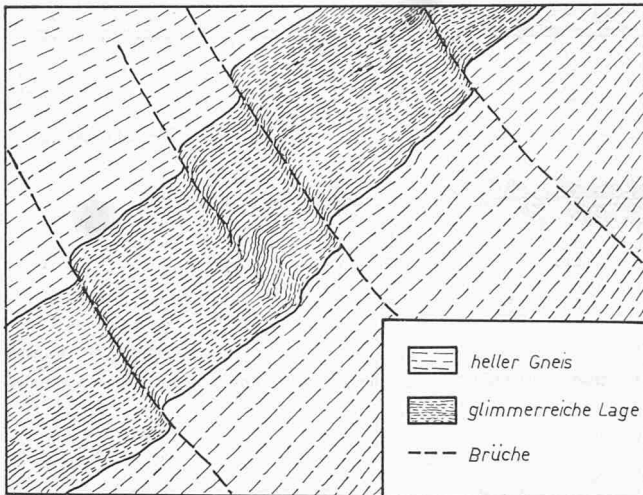


Bild 7. Stollen Crespera-Gemmo, rd. 545 m ab Nordportal. Glimmerreiche Lage in hellem Gneis (Zeichnung leicht schematisiert). Die glimmerreiche Lage ist durch ein System von parallelen Verwerfungen staffelartig versetzt, wobei die Glimmerminerale an den mechanisch beanspruchten Stellen deutlich versetzt wurden. Im Nebengestein (heller Gneis) treten die gleichen Verwerfungen nur als feine Haarrisse in Erscheinung. Aufnahme H. Wanner

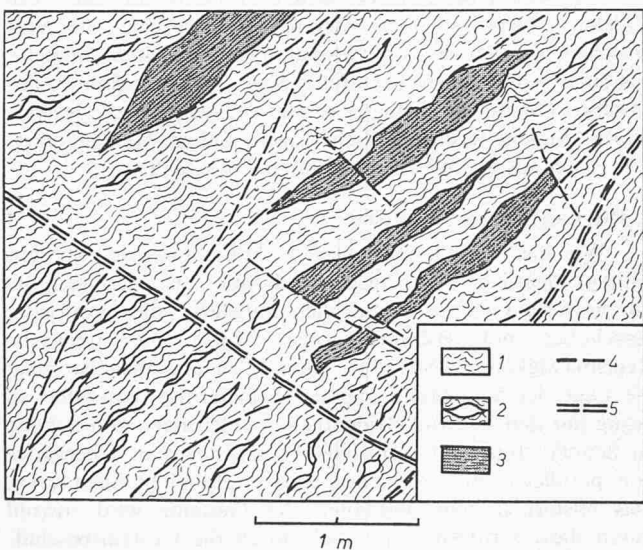
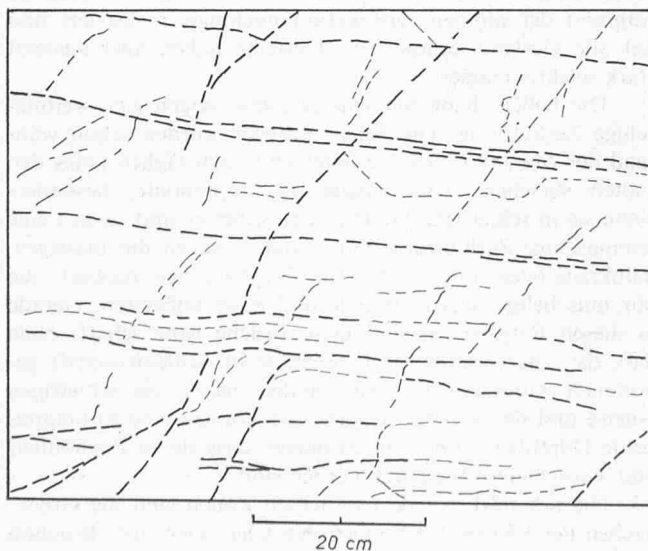


Bild 8. Stollen Crespera-Gemmo, rd. 170 m ab Nordportal. Abgeschernte Linsen und Lagen von Amphibolit (grau schraffiert) im dunklen Glimmergneis. Die Abscherungen werden durch ein einziges Kluftsystem verursacht, welches im Bild von links oben nach rechts unten verläuft. Die andern Systeme sind an der Abscherung nicht beteiligt und schmiegen sich zum Teil den Amphiboliten an. 1 dunkler Glimmergneis, 2 Quarzlinsen, 3 Amphibolit, 4 geschlossene Klüfte, 5 offene Klüfte



einer Verwerfung oder eines Mylonites aufweisen. Diese Störungsflächen, die verschiedene felsmechanische Eigenschaften zeigen, können folgendermassen eingeteilt werden:

*Die Risse* sind nicht durchziehende, saubere Trennflächen, die keine differentielle Durchbewegung erlitten haben. Die felsmechanischen Eigenschaften hängen von der mineralogischen Zusammensetzung und von der Struktur des angrenzenden Gesteins ab.

*Die Brüche* sind durchziehende, saubere Trennflächen, die gleichfalls keine Durchbewegung erlitten haben und deshalb felsmechanische Eigenschaften in Abhängigkeit des angrenzenden Felses aufweisen.

*Die Verwerfungen* sind Trennflächen mit regionaler Ausdehnung. Bedingt durch die differentielle Bewegung haben die angrenzenden Gesteine eine Zerreibung erlitten, so dass die felsmechanischen Eigenschaften nicht mehr so stark von der Petrographie des beanspruchten Gesteins abhängig sind. Oft zeigen diese Flächen eine von der Bewegung verursachte Richtung, welche eine schwache Anisotropie in der Trennfläche verursacht.

*Die Mylonite* sind Verwerfungen, längs welchen auch das Nebengestein stark in Mitleidenschaft gezogen wurde, so dass sie eigentlich Zerstörungszonen darstellen. Das Zerreibungsmaterial hat den Charakter eines stark zusammengepressten Lockergesteins. Die mechanischen Eigenschaften sind daher stark von der granulometrischen Zusammensetzung, von der Form und der Petrographie der Gesteinsfragmente abhängig. Um diesen Zusammenhang deutlich zum Ausdruck zu bringen, wäre folgende Namengebung zweckmässig und eindeutig:

- Psephitische Mylonite (auch Kakirite genannt) mit einer Vormacht von groben Gesteinsfragmenten im Füllmaterial.
- Psammitische Mylonite (auch Kataklasite genannt) mit einer Vormacht von sandigen Komponenten, die meist aus Kristallfragmenten bestehen.
- Pelitische Mylonite (auch Mylonite im engeren Sinn genannt), wenn das Korn des Füllmaterials die Sichtbarkeitsgrenze unterschreitet, also aus Silt und Ton besteht.

*Die Ultramylonite* sind Mylonite der beschriebenen Art, die eine Zementation durch eine Umkristallisation erlitten haben. Sie stellen wiederum Felsgesteine mit einer unterschiedlichen, von der Zementation abhängigen Druckfestigkeit dar.

## 5. Das geotechnische Verhalten des Gebirges

Wie bereits gesagt, ist der Stollen Crespera-Gemmo mit einer mechanischen Vortriebsmaschine hergestellt worden. Die guten Vortriebsleistungen sind wohl der starken Zerklüftung und der intensiven mechanischen Verschieferung der durchörterten Gesteine zu verdanken. Die Härte der quarzitischen Gneise und Schiefer und die von den Quarzäderchen und -linsen verursachte Heterogenität der Gesteine treten als ungünstig zu bewertende Einflüsse in den Hintergrund. Schlechtere Ergebnisse wurden nur im quarzfreien Amphibolit er-

Bild 9. Stollen Crespera-Gemmo, rd. 240 m ab Nordportal. Makroskopisch sichtbare Diskontinuitätsflächen (Klüftung und Haarrisse) in Quarzporphyrit. Die Diaklase dieses Gesteins äussert sich in zwei Hauptkluftsystemen, deren ausgeprägteres (horizontal liegend) eine Schichtung des massigen Gesteins vortäuscht. Aufnahme H. Wanner

reicht, und dies ist durch die starke Verzahnung der Hornblende im Gesteinsgefüge verursacht.

Interessant in bezug auf die Stabilitätsverhältnisse ist der Vergleich mit dem darunterliegenden Stollen Lugano-Piano del Vedeggio, der mit konventionellen Mitteln vorgetrieben wurde.

In beiden Fällen haben die Zunahme der Schieferung, die ungünstige Lagerung der Schieferung und der Schichtung gegenüber der Stollenachse, die Zunahme der Intensität der Diaklase, das ungünstige Zusammentreffen der Trennflächen und noch mehr das Zusammenwirken von zwei oder mehreren ungünstigen Faktoren die Standfestigkeit des Gewölbes und der Paramente deutlich beeinträchtigt. Ganz verschieden war dagegen die Reaktionsgeschwindigkeit: die ungünstigen Erscheinungen sind im konventionell vorgetriebenen Stollen unmittelbar nach dem Sprengen aufgetreten, währenddem sie im gebohrten erst mit einer Verzögerung von Wochen oder Monaten zum Ausdruck gekommen sind.

Die experimentell gewonnenen felsmechanischen Daten werden in der folgenden Arbeit interpretiert und mit den Vortriebsleistungen in Beziehung gebracht.

Adresse der Verfasser: Prof. ETHZ Dr. E. Dal Vesco, Zürcherstrasse 62, 8102 Oberengstringen, und Hannes Wanner, Geologisches Institut ETH Zürich.

## Résumé

On décrit le système de galeries réalisé par la ville de Lugano pour la pose de cables à haute tension et téléphoniques, de conduites d'eau potable et de canalisations d'eau usées. On examine quelques problèmes relatifs à la construction. La première galerie construite en 1965/66 avec des

méthodes conventionnelles relie le centre de la ville avec la plaine du Vedeggio. La deuxième dont la première étape de Crespera à Gemmo a été construite en 1971 à l'aide d'une foreuse Robbins relie Massagno à Paradiso et Pambio-Noranco. A Gemmo les deux galeries sont reliées par un puits entr'elles et avec la surface.

Dans une deuxième partie de l'article on essaye de mettre en évidence la multiplicité des conditions géologiques et géotechniques de la galerie Crespera-Gemmo, afin de créer les bases pour une interprétation de mécanique des roches. On compare en outre le comportement de deux galeries creusées dans la même roche, une avec une foreuse mécanique, l'autre par la méthode traditionnelle.

## Summary

The system of galleries built by the Town of Lugano, in order to place power and telefon cables, drinking-water ducts and sewers is described. Some questions related to the construction are exposed. The first gallery built 1965/66 with traditional means leads from the center of the town to the Vedeggio-Valley. The second tube of which the first part was bored 1971 by mean of a Robbins Tunnel-Machine, will join Massagno with Pambio-Noranco. Both galleries are connected with the surface by a shaft in Gemmo.

In a second part of the paper the complex geological and geomechanical conditions of the tunnel Crespera-Gemmo are dealt with, in order to create the basis for a rock-mechanic interpretation of the construction. The behavior of the first tunnel built by mean of blasting and that of the second one bored mechanically in the same rocks are compared with one another.

# Étude de corrélations entre la géologie, les propriétés mécaniques et la forabilité des roches de Crespera-Gemmo

DK 624.19:624.121

Par F. Descœudres, Lausanne et G. Rechsteiner, Locarno

*A l'occasion du percement de la galerie de Crespera-Gemmo, on a procédé à un ensemble d'observations et de mesures comprenant: un levé géologique du profil en long; la mesure de l'avancement et de la poussée de la machine à forer dans 62 sections; des essais d'écrasement ponctuel en laboratoire sur des échantillons prélevés dans ces mêmes sections.*

*Des corrélations ont été établies entre ces différents éléments dans le but d'apporter une contribution à l'étude du problème de la forabilité des par des machines à pleine section massifs rocheux.*

## Introduction

La recherche de corrélations entre les caractéristiques géologiques des massifs rocheux et leurs propriétés mécaniques constitue l'une des tâches importantes de la mécanique des roches actuelle. Il s'agit de trouver, en complément de la description qualitative du géologue ou du pétrographe, une caractérisation numérique du comportement mécanique d'un massif à partir d'essais simples sur échantillons en laboratoire ou in situ.

L'application de telles recherches au domaine particulier des machines à forer a été souvent tentée, notamment par Deere [1], Gaye [2] et Muir Wood [3]. On en comprendra l'intérêt pratique si l'on considère qu'elles devraient permettre de répondre aux questions essentielles de la décision d'utilisation du procédé, du choix de la machine et de la

prévision des rendements qu'on peut attendre dans un complexe rocheux donné.

Le creusement de la galerie de Crespera-Gemmo a permis de mettre en œuvre une méthode d'approche de ce problème fort complexe en recourant à la géologie (levé du profil de la galerie), à la surveillance des travaux (mesure systématique de l'avancement de la machine et de la poussée exercée) et à la mécanique des roches (essais d'écrasement ponctuel avec mesure de l'énergie de déformation sur échantillons carottés). L'ensemble des résultats est représenté schématiquement sur la fig. 1.

Le but de cet article est de présenter cette étude intéressante dans la mesure où une bonne corrélation permettrait de prévoir grossièrement la vitesse d'avancement de la machine à forer utilisée dans des roches semblables à celles de Crespera-Gemmo sur la base d'essais en laboratoire.

Une première partie est consacrée aux essais d'identification mécanique effectués au Laboratoire de géotechnique de l'EPFL; la corrélation entre la vitesse de forage et la résistance à l'écrasement fait l'objet de la seconde partie.

## I. Essais d'identification mécanique des roches

### 1. Choix du type d'essai

La recherche d'une corrélation entre des essais sur échantillons et les performances d'une machine à forer pourrait inciter à développer un essai spécifique simulant aussi