Verh. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7819	Jahrgang 1982	Heft 3	S. 197-207	Wien, Jänner 1983

Verhaltensweise geringdruckfester Gesteine am Beispiel der Grünschieferserien des Thalgrabens nördlich von Graz

Von HEINRICH HÖNIG*)

Mit 3 Abbildungen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 164

Steiermark
Murtal
Baugeologie
Refraktionsseismik

Inhalt

Zusammenfassung 197
Summary 198
1. Einführung 198
2. Geologischer Rahmen 199
2.1. Schichtfolge 199
2.2. Tektonik 199
2.3. Talformung 201
3. Refraktionsseismik 201
3.1. Voraussetzungen 201
3.2. Vergleichsbohrungen 202
3.3. Anordnung der Meßprofile 202
3.4. Ergebnisse der Auswertung 202
4. Verhalten der Grünschieferserien 203
4.1. Beobachtungen an Hohlraumbauten 203
4.1.1. Kleine Querschnitte 203
4.1.2. Große Querschnitte 204
4.2. Beobachtungen im lokalen Bereich 205
4.2.1. Standfestigkeit 205
4.2.2. Bergwasserverhältnisse 205
5. Schlußfolgerungen 205
Literatur 206

Zusammenfassung

Ausgehend von einem lokalen Untersuchungsprogramm im Bereich der subterranen Talquerung eines Straßentunnels werden Folgerungen über die Festigkeit tektonisch stark beanspruchter Grünschieferserien abgeleitet. Hervorzuheben ist ihr sukzessive schlechteres Verhalten mit Vergrößerung der Hohlraumquerschnitte und erhöhter Auflockerung infolge immer stärkerer Ausnützung der Festigkeitsreserven, bis schließlich die Verformungen so weit überhand nehmen, daß der ursprüngliche Gesteinsverband den erhöhten Belastungen nicht mehr standhält und sich auflöst.

---

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Dr. HEINRICH HÖNIG, Institut für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

Summary

Proceeding from al local research program in sphere of the subterranean valley crossing, by a highway tunnel for example, conclusions will be derived about the strength of tectonically intensively stressed greenschist series. The gradually wretched behaviour with enlarging cross section of cavities and raising breaking up as a result of increasing utilization of strength reserves is to be emphasized. Finally the rock formation cannot longer resist to the loading and therefore starts disintegrating.

1. Einführung

Im Norden von Graz durchschneidet der Thalerbach einen fingerartig weit nach Süden vorstoßenden Ausläufer des Grazer Berglandes und entwässert das westlich des Bergrückens Bauern Kogel–Buch Kogel gelegene Becken von Thal in das ostseitig angrenzende Grazer Feld (Abb. 1). In rückschreitender Erosion entstand ein tief eingeschnittenes Durchbruchstal, das sich, der Fließrichtung folgend, in halbkreisförmigem Bogen von der anfangs nördlichen Richtung beim Eintritt in das Durchbruchstal bis in eine südöstliche dreht. Am Kulminationspunkt unterhalb der Ruine Gösting quert die Trasse eines in NS-Richtung verlaufenden, doppelröhrigen Straßentunnels den Graben des Thalerbaches subterran mit einem Firstabstand von etwa 13 Metern.

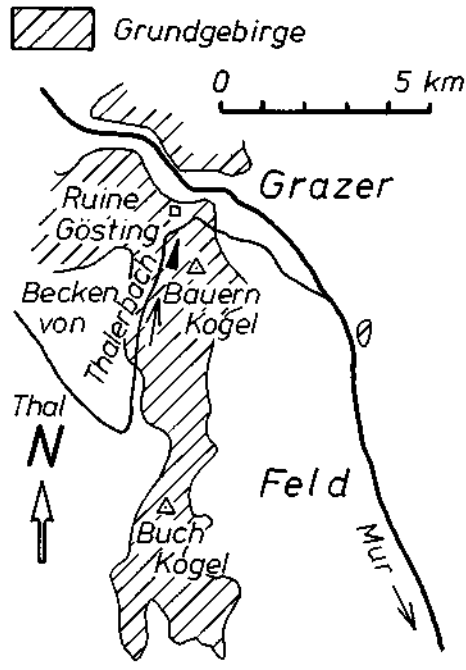

Abb. 1: Lageskizze.

Der Erkundung des Baugrundes zwischen Bachbett und Tunnelsohle dienten mehrere Aufschlußbohrungen, während eine in Ergänzung dazu durchgeführte Refraktionsseismik den Verlauf der Felsenoberfläche zwischen den Bohrpunkten untersuchte. Hierbei wirkten sich zahlreiche freihängende und verkabelte Stark- und Schwachstrom führende Leitungen recht hemmend aus, weil sie die Verwendung von Sprengstoffen aus Sicherheitsgründen von vornherein ausschlossen.

2. Geologischer Rahmen

2.1. Schichtfolge

Die Schichten von Kher (die Schreibweise „Kher" ist zwar richtig laut Originalarbeit, dort wurde allerdings der Ortsname „Kehr" falsch geschrieben) bilden das Liegende der Rannach Fazies des Grazer Paläozoikums. Sie treten im Thalgraben als Grünschieferserien zutage (Abb. 2). Nach J. G. HADITSCH (1958) handelt es sich um stark zerbrochene Chloritschiefer, die örtlich von Quarzlinsen als Folge ausgeheilter Klüfte durchzogen sind. In Entsprechung zu der in der Tabelle von H. W. FLÜGEL & H. P. SCHÖNLAUB (1972) zum Ausdruck kommenden Gliederung in einen ordovizisch vulkanogenen und einen silurisch sandig-kalkigen Komplex finden sich südwestlich Grabenbauer nach A. KUNTSCHNIG (1937) verschieferte Diabase und deren Abkömmlinge, dazwischengeschoben sind schiefrige Sandsteine und grobplattige Kalkschieferlagen. Örtlich ist eine Phyllitisierung mit erhöhtem Quarzanteil festzustellen, F. ANGEL (1924, p. 136) verwendet hiefür den treffenden Ausdruck Blätterfilz.

Im Hangenden des Grünschieferkomplexes treten mit allmählichem Übergang und in geringer Mächtigkeit Crinoiden-Schichten auf. Es sind dies graue, plattige bis schiefrige, harte, stellenweise auch sandige Kalke und Dolomite. Darüber setzt ohne scharfe Grenze (F. HERITSCH, 1943, p. 370) und teilweise unter Einschaltung von Tonschiefern ein als Dolomit-Sandstein-Folge charakterisierter Sedimentationszyklus ein. Durch ein Diabastuffband ergeben sich stellenweise Gliederungsmöglichkeiten mit sowohl vertikalen als auch lateralen Abweichungen in eine tiefere Dolomitsandstein-Bank und eine höhere Dolomit-Bank (F. EBNER, A. FENNINGER & H. L. HOLZER, 1980). Es folgen Barrandei-Schichten und weitere Karbonatgesteinsserien, die den unmittelbaren Bereich der Talquerung nicht mehr betreffen.

2.2. Tektonik

Eine Reihe tiefgreifender, tektonischer Ereignisse verzerrt diese stratigrafisch gut gegliederte Schichtfolge zu einem in Schollen und Keile zerhackten Gesteinsverband. Insbesondere senkt sie ein Bündel WSW-streichender, steilstehender Verwerfungen gegen Süden unter tertiäre Sedimente. Der Göstinger Verwurf (F. HERITSCH, 1905) bewirkt im Thalgraben eine Verstellung der Dolomit-Sandstein-Folge gegen die Grünschiefer. Im Bereich der Talquerung schneidet er segmental durch den Nordhang des Bauern Kogel (Abb. 2). A. KUNTSCHNIG (1937, p. 131) rechnet mit einer Absenkung des Südblockes in der Größenordnung von 400 Meter. Für den gegenüberliegenden Südhang hingegen postulieren die Untersuchungen von J. G. HADITSCH (1958, p. 62) eine normale, sedimentäre Abfolge.

Ein zweites, ebenfalls steilstehendes Störungssystem ist parallel zu dem weiter östlich in annähernd meridionaler Richtung durchstreichenden Leberbruch angelegt. Hinzu kommt noch ein Verwerfungssystem mit NW gerichteten Brüchen, das J. G. HADITSCH (1958) als Folge einer Zerrungstektonik ansieht.

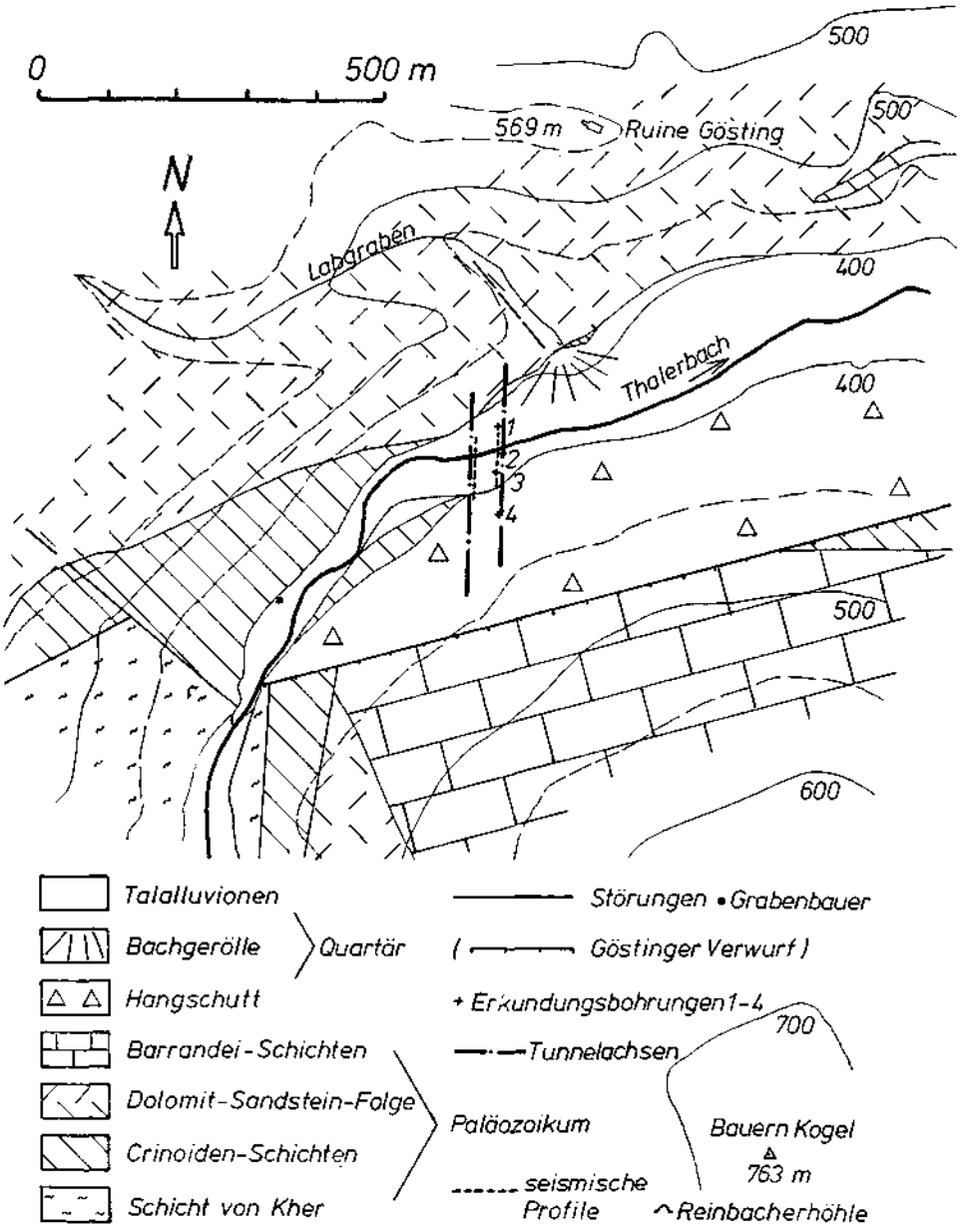

Abb. 2: Geologische Situation nach J. G. HADITSCH (1958) und A. KUNTSCHNIG (1937).

Die Vielzahl der Störungen begünstigt die Wasserwegigkeit, bewirkt eine Zermahlung in Ruschelzonen (J. G. HADITSDCH, 1958, p. 140), Quarzgänge werden in scharfkantige Bruchstücke zerschert (H. HÖNIG, 1978, p. 8), E. CLAR (1933, p. 28)

beobachtete an Zertrümmerungsstreifen der Dolomite eine Neigung zur Rauhwakkenbildung.

In den Mylonitzonen der Chloritschiefer konnten G. RIEDMÜLLER, B. SCHWAIGHOFER & H. MÜLLER (1976) quellfähige Tonminerale nachweisen. Unweit der Talquerung, in der Reinbacherhöhle, zeigen sich im Querschnitt der WSW-streichenden Klüfte plastische Deformationen des Zwischenmittels, der Grünschiefer ist zerrieben und in nußgroße Stücke zerbrochen. In Verbindung mit der feinblättrigen Textur wirken sich demnach die tektonischen Ereignisse auf den Gebirgsverband äußerst entfestigend aus. Dessen ungeachtet weisen einzelne Kluftkörper eine wesentlich höhere Gesteinsfestigkeit auf, sodaß sie latent in lockere Umgebung eingebettet sind und gleichsam darin schwimmen. Hinweise auf tektonische Restspannungen infolge der Brucktektonik und eines geringen Faltenbaues sind ausständig.

2.3. Talformung

Im Thalgraben sieht V. HILBER (1924) ein durch rückschreitende Erosion entstandenes Durchbruchstal, das im Stadium der Reife das Becken von Thal angezapft hat. Zeitlich läßt sich nach A. WINKLER V. HERMADEN (1955, p. 87) frühestes Quartär annehmen, weil noch zum Ende des Pliozäns die umliegenden Bergkuppen unter pannonischen Sedimenten verdeckt lagen. Als ursächlich verantwortlich für die rasch fortgeschrittene Regression dürften sich, neben den erwähnten Bruchsystemen, die gegenüber Karbonatgesteinen wesentlich weniger widerstandsfähigen, basalen Grünschiefer erweisen. Sie erleichtern eine schnelle Ausräumung. An den übersteilt gestalteten Talhängen treten Zerrklüfte auf. Begünstigt durch hangparalleles Einfallen kommt es stellenweise zum Abgleiten von Gesteinsschollen, die zusammen mit fluviatilen Sedimenten die Erosionsschlucht wieder verfüllen. Bedeutende Reste liegengebliebener Schuttmassen verhüllen stellenweise noch immer den Nordhang des Bauern Kogels.

Hinweise auf das Relief des Grünschiefers im Längsprofil des Thalgrabens liefern vor allem die erwähnten Einschaltungen verschieferter Diabase, wodurch eine Abtreppung mit Steilstufen und Flachstellen begünstigt wird.

3. Refraktionsseismik

3.1. Voraussetzungen

Den Bereich der seismischen Profile kreuzen insgesamt elf Freileitungen, vom einfachen Telefonkabel bis zur Hochspannungsleitung. Aus diesem Grund wurde die Verwendung von Sprengstoffen vermieden und auf die Mechanical Energy Source (MES) des ABEM-Gerätes Trio SX-12 zurückgegriffen. Als Energiequelle dient dabei ein 120 N schwerer Fallbär, der aus 4 m Höhe über ein Führungsrohr auf eine Stahlplatte schlägt. Durch Betätigen der Auslösevorrichtung wird das Registriergerät in Gang gesetzt und der Zeitpunkt des Aufpralls über eine Induktionsschleife aufgezeichnet.

Mit der Fallgewichtseinrichtung steht gegenüber Sprengstoff recht wenig Energie zur Verfügung. Sie beträgt mit 480 J nicht einmal die Hälfte von 10 mN Seismogelit mit 1060 J. Dementsprechend gering ist auch die Eindringtiefe der Schallwellen, die Nutzsignale werden schon nach kurzer Laufzeit vom umgebenden Störpegel verschluckt.

3.2. Vergleichsbohrungen

Über den Aufbau des Baugrundes im Querungsbereich des Tunnels informieren die baugeologischen Aufnahmen von vier Kernbohrungen. Damit ist die Interpretation der refraktionsseismischen Messungen in folgender Weise fixiert:

Auelehm und Auesand, Mächtigkeit zwischen 1,5 und 2,5 m, darunter bis zum Grünschiefer dichtere und fester gelagerte, bindige und nichtbindige Lockersedimente in einer Stärke von 10,3 bis 12,4 m. Korngrößen reichen von Blockschutt mit allen Übergängen bis zum Schluff, sowohl Kant- als auch Rundkorn treten auf, z. T. sind die gröberen Komponenten in feinere Matrix eingebettet. Bis zur Tunnelfirste verbleiben noch 2–3 m Festgestein.

3.3. Anordnung der Meßprofile

Profil 1 verbindet die Bohrpunkte 1 und 3. Es liegt 7 m westlich der Oströhrenachse (Abb. 2). Da die Aufprallpunkte des Fallgewichtes (Schußpunkte im üblichen Sinn) mit den Ansatzpunkten der Bohrungen übereinstimmen, wird die genaue Identifizierung des doch recht schwachen Nutzsignales der MES, vor allem in den schußentfernteren Geophonpositionen, wesentlich erleichtert. Darüber hinaus lassen sich die errechneten Geschwindigkeiten und Schichtstärken mit dem tatsächlichen Aufbau des Untergrundes unschwer korrelieren.

Profil 2 liegt über der Achse der Weströhre. Als Richtlinie für die Auswertung dienen die bei Profil 1 erkannten Daten, sodaß auch hier die Mächtigkeit der Überlagerung berechnet und die Morphologie des Grünschiefers zwischen den Schußpunkten bestimmt werden kann.

3.4. Ergebnisse der Auswertung

Unter Einbeziehung der zur Verfügung gestellten Bohraufnahmen besteht folgendes Geschwindigkeitsmodell:

Für Auesand oder Auelehm als oberster Lockerschicht gilt eine Geschwindigkeit von 300 m/s. Der darunterliegende, inhomogene Gesteinsbereich weist einen Durchschnittswert von 1500 m/s auf. Diese Geschwindigkeit stellt in quartären Sedimenten, insbesondere auch in denen des Murtales, einen häufig auftretenden Wert dar, jedoch weisen die Murschotter eine wesentlich andere Zusammensetzung auf. Wie die Bohraufnahmen zu erkennen geben, tritt ein Agglomerat aus Bachalluvionen, Hangschutt und abgeglittenen Gesteinsschollen auf, örtlich vermischt mit dem Schwemmkegelmaterial von Seitengerinnen, wie etwa dem Labbach. Am ehesten gerechtfertigt scheint daher ein Vergleich mit der Bergsturzmasse von Raach zu sein, für die von H. HÖNIG (1980a) eine Geschwindigkeit von 1400 m/s gemessen wurde. Die Geschwindigkeit im Grünschiefer des Profiles 1 liegt bei 3200 m/s. Dieser Wert stimmt mit anderen Messungen im Grünschiefer recht gut überein. Bei Friesach im Murtal wurden von F. WEBER (1969) Minimalwerte um 3200 m/s beobachtet. Auch weiter nördlich, in Murhof, wurden ähnliche Mindestgeschwindigkeiten gemessen, wobei nach F. WEBER (1976) an eine Diskrepanz zwischen geologischem und seismisch aktiviertem Horizont infolge oberflächlicher Entfestigung des Grünschiefers durch Verwitterung zu denken wäre.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse läßt Profil 1 nunmehr ein Relief im Grünschiefer erkennen, das auch durch Bohrung 2 bestätigt wird. Abb. 3 macht deutlich, daß die Tunnelfirste der Oströhre den Grenzbereich zwischen Grünschiefer und Überlagerung tangiert. Es verbleibt bestenfalls eine äußerst dünne Decke,

zumal dann, wenn im großen Querschnitt wegen der geringen Festigkeit des Grünschiefers Überfirstungsarbeiten zum Ausgleich der Gebirgsbewegungen vorgenommen werden.

Die Auswertung des Profiles 2 lehnt sich eng an die bei Profil 1 verifizierten Verhältnisse an. Bezüglich der Reststärke des Grünschiefers ist die Situation etwas besser zu beurteilen. Es zeigt sich, daß seine Oberfläche ebenfalls ein betontes Relief aufweist, aber im Mittel immerhin um vier Meter höher liegt.

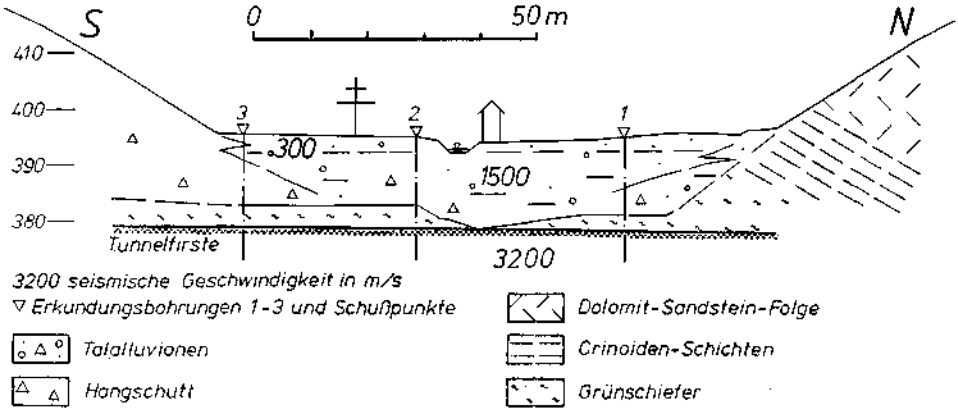

Abb. 3: Talquerschnitt.

4. Verhalten der Grünschieferserien

4.1. Beobachtungen an Hohlraumbauten

4.1.1. Kleine Querschnitte

Bedingt durch jahrhundertealte Bergbautätigkeit in Anbetracht einer bescheidenen Vererzung treten Stollenanlagen in den Grünschieferserien des Grazer Paläozoikums mitunter recht häufig auf. Die vielfach auch heute noch außerordentlich guten Erhaltungszustände der alten Baue sind in erster Linie einer auf geringe Auflockerung bedachten und damit schonenden Behandlung des Gebirges zuzuschreiben. So ist nach H. FLÜGEL (1952) der aus der Mitte des 18. Jahrhunderts stammende, geschrämmte Wasserstollen durch die Grünschiefer des Kirchberges von Deutsch-Feistritz, nördlich Graz, noch wenig verbrochen, während geschossene Querschläge bereits verfallen sind.

Gebirgsbewegungen im Grünschiefer kommen trotz minimalem Querschnitt auch langfristig nicht zur Ruhe. Recht eindeutig beweist dies der in das 15. Jahrhundert datierte Barbara-Unterbaustollen. Er konnte von H. FLÜGEL & MAURIN (1952) noch begangen werden. Bei einer späteren Besichtigung (L. WEBER, 1977) war er bereits verbrochen.

Gegenüber diesen alten Bergbaustollen besitzt der 1906 angeschlagene Triebwasserstollen des Kraftwerkes Peggau – Deutsch-Feistritz mit annähernd 6 m Breite schon ein wesentlich größeres Profil. Der Stollen war ausgemauert und wurde 1963 restauriert (M. SCHMEJA, 1978). Er schneidet dem von H. FLÜGEL, V. MAURIN & K. NEBERT (1952) veröffentlichten Längsprofil zufolge im Mittelteil Tonschiefer, graphitische Schiefer und schieferige Kalke aus der Grenzzone des Schöckel-

kalkes an. Bereits F. HERITSCH (1918, p. 355) hob das trotz geringer Überlagerung druckhafte Verhalten dieser schieferigen Serien ganz besonders hervor.

4.1.2. Große Querschnitte

Hohlraumbauten mit kleinem Querschnitt geben also schon recht deutlich die begrenzte Belastbarkeit des Grünschiefergebirges zu erkennen. Es reagiert mit zunehmendem Querschnitt immer empfindlicher. Verschärfend treten einige, zum Teil unvermeidbare, aber höchst entfestigend wirkende, äußere Einflüsse hinzu. Sie haben für die Beurteilung der Verhaltensweise des Grünschiefers und darüber hinaus aller phyllitischen Gesteine ähnlicher Genese oder Verbandsfestigkeit grundsätzliche Bedeutung. In ähnlicher Weise gelten sie für viele andere Gebirgsarten, die unter dem Einfluß größerer Überlagerung mit plastischen Verformungserscheinungen reagieren. Vier verschiedene Einflußfaktoren lassen sich herausstellen:

❶ Entfestigung durch Entlastungsbewegung
Kennzeichnend für den aus der Überlagerung aufnehmbaren Gebirgsdruck ist, ganz besonders in Zonen mit mylonitisierten Einschaltungen, die primäre einachsige Druckfestigkeit. H. HUBER (1976) schätzt sie auf Grund von Messungen an Probenkörpern als von Haus aus sehr gering ein. Im Zuge der Spannungsumlagerungen sinken Gebirgsreibungswinkel und Kohäsion überhaupt gegen Null ab. Auftretende Bewegungen kommen nicht mehr zum Stillstand und konvergieren erst mit dem Einbau des Sohlgewölbes (O. EISENMENGER, 1980). Aus bautechnischer Sicht findet H. PÖCHHACKER (1974, p. 6) für solchen Fels den Begriff „Boden" als zutreffend.

❷ Entfestigung durch Sprengauflockerung
Diese Art der Gefügezerstörung kommt im Grünschiefergebirge bereits bei Hohlraumbauten mit kleinem Querschnitt zum Tragen. Darüber hinaus bewirkt die Gesteinsauflockerung vor allem bei flacher Schieferung das Loslösen von Schichtpaketen und bei ungünstig liegenden Trennflächen ein Hereingleiten von Großkluftkörpern (H. HÖNIG, 1980b).

❸ Entfestigung durch Wassereinwirkung
Unter der Sprengeinwirkung entstehen zahlreiche Auflockerungsfugen in der Kalotte und entlang der Ulmen. Das beim Bohren unter hohem Druck zugeführte Spülwasser reißt sie weiter auf, verschmiert die Schieferungsflächen und dringt in die übrigen Trennfugen ein. Gleichzeitig wird durch das im Gebirge gespeicherte Bergwasser eine Wasserzirkulation in Gang gesetzt, die sich nach größeren Niederschlägen verstärkt bemerkbar macht. Ein geringer Montmorillonitanteil in den Kluftfüllungen genügt, um die ohnehin schon geringe Gebirgsfestigkeit noch weiter zu verschlechtern (G. RIEDMÜLLER & B. SCHWAIGHOFER, 1977). Immer mehr gleitfähige Tonminerale werden dem Wasserangriff zugänglich und damit aktiviert. Nach W. DEMMER & W. NOVY (1979) ist in solcherart wasserempfindlichen Gesteinen ein druckvermindertes und daher wasserärmeres Bohren bei etwas verzögerter Ankerung wegen der geringeren Auflockerung durch Schlammbildung vorteilhafter als raschere Ankerung unter hohem Spülwasserdruck.

❹ Entfestigung durch Erschütterungen
Eine weitere Gefahr für die Auslösung des Bruchfließens stellen Erschütterungen dar, die durch den Strossenabbau auftreten (O. EISENMEMGER, 1980). Nach G. SEEBER (1974) neigen überhaupt alle Gesteine mit niedrigen Reibungswinkeln dazu, durch Erschütterungen in Bewegung zu geraten.

4.2. Beobachtungen im lokalen Bereich

4.2.1. Standfestigkeit

Die Ergebnisse der refraktionsseismischen Untersuchung charakterisieren den unmittelbaren Bereich der Talquerung wie folgt:

Ohne scharfe Grenze wechselt, von N nach S gesehen, die Dolomit-Sandstein-Folge in Kalk-Tonschiefer der Crinoidenschichten. Mit allmählichem Übergang folgt der Grünschieferkomplex (Abb. 3). Tektonisch angelegte Kluftsysteme wirken entfestigend, es entsteht die Gefahr des Herausgleitens größerer Kluftkörper, in verstärktem Maß beim Auftreten von Montmorillonit. Die Druckhaftigkeit des Grünschiefers erfordert längere Anker, die durch Perforation mit Anzapfen der Talfüllung für Entfestigung durch zusätzlichen Wasserzutritt sorgen. Örtlich tangiert die Tunnelfirste den Grenzbereich zu den Lockersedimenten. Hier führen die punktförmigen Einzellasten eines unmittelbar über der Trasse stehenden Stahlgittermastes und einer Umspannstation zu erhöhtem Gebirgsdruck (P. EGGER, 1975).

4.2.2. Bergwasserverhältnisse

Für den unteren Teil des Thalerbaches beobachtete J. ZÖTL (1954, p. 29) wesentlich größere Wassermengen, als dem Abfluß aus dem Becken von Thal entspricht. J. G. HADITSCH (1964, p. 170) erkannte, daß der Zulauf eines Hausbrunnens im unmittelbaren Bereich der Talquerung an die Schichtgrenze Dolomit-Sandstein gegen die Kalk-Tonschiefer der Crinoiden-Schichten gebunden ist. Er bewies außerdem die unterschiedliche Herkunft des Wassers mehrerer Hausbrunnen im Thalgraben. Während die bachnahen Filtratwasser pumpen, beziehen die hangnäheren Schichtquellenwasser, das mit dem Bergwasservorrat korrespondiert. Andere Grenzflächen, wie der Verwurf der Dolomit-Sandsteine gegen die trotz ihrer vielen Trennflächen stellenweise trockenen Grünschiefer wirken ebenfalls als Wasserstauer, leisten aber der Wasserwegigkeit Vorschub.

Bevorzugte Wasserwege sind also Störungen, aber auch Schieferungsflächen und Klüfte. Unverfüllte Ankerungslöcher übernehmen zudem eine Art Drainagenfunktion. Mangelhaft verstopfte Bohrlöcher können sich so unangenehm wie Fistein bemerkbar machen. Ähnlich wie im Anhydritgebirge Wasserzutritte aus Bohrlöchern rasch zu Schwellungen mit Gesteinsauflösungen führen, treten in vielen metamorphen, durch tektonische Vorgänge zermürbten und damit im Sinne von K. F. G. KEIL (1959) veränderlichfesten Gesteinen Quellerscheinungen auf, die beim Vorhandensein von Montmorillonit bis zum Verbruch reichen können. Immerhin schreibt DIN 4021, Blatt 1 vor, Bohrlöcher zu verfüllen, ÖNORM B 4401, Teil 1, verlangt darüber hinaus für bestimmte Fälle sogar Beton. Gleichwohl wären Hinweise auf die Bedeutung solcher Maßnahmen bei den in Vorbereitung befindlichen Normen, insbesondere Teil 2, Aufschlüsse im Festgestein bzw. Fels, sicherlich von Vorteil.

5. Schlußfolgerungen

Es wurde gezeigt, daß sich wegen der geringen Verbandsfestigkeit der Grünschieferserien bei großem Querschnitt druckhaftes Verhalten einstellt. Die geschilderten Fährnisse beschränken sich nicht nur auf phyllitische Gesteine mit geringer Überlagerung, sondern treten weitgehend auch bei ähnlichem, infolge großer Überlagerung oder tektonischer Restspannungen druckhaft reagierendem Gebirge auf.

Augenfällige Erscheinungen sind Anker, die nicht versetzt werden können, weil

die Löcher schnell wieder zuwachsen oder abfallender Spritzbeton, der erschwerten Halt findet, weil das Gestein durch den Aufprall nachbricht. An der Erdoberfläche treten Setzungen oder Schiefstellungen von Gebäuden auf, konzentrierte Einzellasten erweisen sich als gebirgsdruckerhöhend.

Literatur

ANGEL, F.: Gesteine der Steiermark. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., **60 B**, 302 S., Graz 1924.

CLAR, E.: Der Bau des Gebietes der Hohen Rannach bei Graz. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., **70**, 24–47, Graz 1933.

DEMMER, W. u. NOVY, W.: Schartnerkogeltunnel – Baugeologie. – PORR-Nachrichten Nr. **77/78**, Wien 1979.

DIN-Norm 4021, Blatt 1: Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben, Aufschlüsse im Boden. – Deutscher Normenausschuß, Berlin (Beuth-Vertrieb GmbH.) Juli 1971.

EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H. L.: Die Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **41**, 45–65, Graz 1980.

EGGER, P.: Erfahrungen beim Bau eines seichtliegenden Tunnels in tertiären Mergeln. – Rock Mechanics, Suppl. **4**, 41–54, Wien–New York (Springer) 1975.

EISENMENGER, O.: Baubeginn und Durchschlag Schartnerkogeltunnel. – PORR-Nachrichten Nr. **73/74**, Wien 1978.

EISENMENGER, O.: Schartnerkogeltunnel. – Österr. Ingenieurzeitschrift, 23. Jg., 229–234, Wien 1980.

FLÜGEL, H.: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums. I. Die Baue um den Trötschstock. – Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **97**, 61–67, Wien 1952.

FLÜGEL, H.: Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes, 1:100 000. – Geol. B.-A., Wien 1960.

FLÜGEL, H. W.: Die Geologie des Grazer Berglandes. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, Sh. 1, Graz 1975.

FLÜGEL, H. & MAURIN, V.: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums. II. Die Baue um Arzberg. – Berg- u. Hüttenm. Mh., **97**, 227–234, Wien 1952.

FLÜGEL, H., MAURIN, V. & NEBERT, K.: Zur Altersfrage von Schöckelkalk und Grenzphyllit im Grazer Paläozoikum. – Verh. Geol. B.-A., 129–142, Wien 1952.

FLÜGEL, H. W. & SCHÖNLAUB, H. P.: Geleitworte zur stratigraphischen Tabelle von Österreich. – Verh. Geol. B.-A., 187–198, Wien 1972.

HADITSCH, J. G.: Die Geologie des Raumes zwischen Graz/Gösting, Judendorf und Strassengel. – Diss. Univ. Graz, Graz 1958.

HADITSCH, J. G.: Bericht über eine hydrogeologische Aufnahme des Steinkogel–Frauenkogelzuges nordwestlich von Graz. – Steir. Beitr. Hydrogeol., **15/16**, 155–174, Graz 1964.

HERITSCH, F.: Studien über die Tektonik der paläozoischen Ablagerungen des Grazer Bekkens. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., **42**, 170–224, Graz 1905.

HERITSCH, F.: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz, VI. Teil. Die tieferen Stufen des Paläozoikums. – Denkschr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **94**, 354–374, Wien 1918.

HERITSCH, F.: Das Paläozoikum. – Bd. 1 von F. HERITSCH & O. KÜHN, Die Statigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen, 681 S., Berlin (Borntraeger) 1943.

HILBER, V.: Geologie von Gösting. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., **60**, 114–139, Graz 1924.

HÖNIG, H.: Refraktionsseismische Erkundung der verdeckten Felsoberfläche im Bereich des Murtales zwischen Judendorf und Gösting nördlich Graz. – Mitt. Inst. Baugeol., H. **1**, Graz 1978.

HÖNIG, H.: Ergebnisse und Interpretation refraktionsseismischer Messungen in der Talenge Judendorf–Gösting. – Verh. Geol. B.-A., **79**, 355–370, Wien 1980a.

HÖNIG, H.: Die Reinbacherhöhle im Grünschiefer des Grazer Paläozoikums. – Mitt. Landesver. f. Höhlenkunde i. d. Stmk., **9**, Graz 1980b.

HUBER, H.: Felsmechanische Kennwerte der Gesteine des Schartnerkogeltunnels. – Unveröff. Gutachten, Koibnitz 1976 (nach W. DEMMER u. W. NOVY, PORR-Nachrichten Nr. **77/78**, Wien 1979).

KEIL, K. F. G.: Geotechnik. – 1456 S., Halle (VEB Wilhelm Knapp Verlag) 1959.

KUNTSCHNIG, A.: Geologische Karte des Bergzuges Plabutsch–Kollerkogel. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., **74**, 91–110, Karte 1 : 25 000, Graz 1937.

ÖNORM B 4401, Teil 1: Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben, Aufschlüsse im Lockergestein. – Österr. Normeninst., Wien 1980.

PÖCHHACKER, H.: Österreichische Tunnelbauweise in sehr stark druckhaftem Gebirge – Theorie und Praxis. – PORR-Nachrichten Nr. **57/58**, Wien 1974.

RIEDMÜLLER, G., SCHWAIGHOFER, B. & MÜLLER, H.: Tonmineralogische Untersuchung von Gesteinsproben des Schartnerkogeltunnels. – Unveröff. Gutachten, Wien 1976 (nach W. DEMMER & W. NOVY, PORR-Nachrichten Nr. **77/78**, Wien 1979).

RIEDMÜLLER, G. & SCHWEIGHOFER, B.: Zur Tonmineralverteilung im Untertagebau. – Verh. Geol. B.-A., **77**, 387–392, Wien 1977.

SCHMEJA, M.: Wasserkraft aus Peggau. – Elektrobote, Steiermärkische Elektr. AG STEG, Graz 1978.

SEEBER, G.: Problematik der Gebirgsklassifikation in druckhaftem Gebirge. – Straßenforschung, H. **18**, Republik Österreich, BMfBuT, Wien 1974.

STINI, J.: Tunnelbaugeologie. – 366 S., Wien (Springer) 1950.

WEBER, F.: Die refraktionsseismischen Messungen im Murtal zwischen Peggau und Eggenfeld (Mittelsteiermark) und ihre Bedeutung für die hydrogeologische Erforschung der quartären Schotterbecken. – Steir. Beitr. Hydrogeol., **21**, 5–25, Graz 1969.

WEBER, F.: Die Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen im Murtal bei Murhof. – Österr. Wasserwirtschaft, **28**, 46–50, Wien 1976.

WEBER, L.: Die Stellung der stratiformen Blei-Zinkvererzungen, beleuchtet an Hand der Lagerstätten Schrems–Rechberg sowie Kaltenberg–Burgstall (Oststeiermark). – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H. **18**, 123–141, Graz 1977.

WINKLER V. HERMADEN, A.: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. – Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **110**, 1–180, Wien 1955.

ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Becken von Thal bei Graz. – Beitr. Hydrogeol. Stmk., **7**, 28–36, Graz 1954.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 2. August 1982.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 1982

Autor(en)/Author(s): Hönig Heinrich

Artikel/Article: Verhaltensweise geringdruckfester Gesteine am Beispiel der Grünschieferserien des Thalgrabens nördlich von Graz 197-207