

# Der Tauerntunnel als Forschungsobjekt

(Mitteilung aus dem Forschungsinstitut Gastein)

Von Georg M u t s c h l e c h n e r , Innsbruck

Die Tauernbahn gehört zu den wichtigsten Nord-Süd-Verbindungen über die Alpen. Dazu kommt, daß es in diesem Abschnitt der Zentralalpen noch keine durchgehende Straße gibt, weshalb die Österreichischen Bundesbahnen zusätzlich eigene, in kurzen Abständen verkehrende Autozüge für den Transport der Kraftfahrzeuge eingeführt haben.

Der zwischen den Bahnhöfen Bockstein (Salzburg) und Mallnitz (Kärnten) liegende Tauerntunnel ist nicht nur der Haupttunnel, sondern auch der am meisten befahrene Teil dieser von Schwarzach bis Spittal a. d. Drau reichenden Bahnstrecke. Er wurde in den Jahren 1901 bis 1907 mit einem Aufgebot von rund 5000 Arbeitern gleichzeitig von Norden und Süden gebaut. Wie die meisten Alpendurchstiche wurde auch er vorausschauend zweigleisig angelegt.

Dieser in allen Karten eingezeichnete Tunnel unterfährt den hier noch geringfügig vergletscherten, aber verkehrsbehindernden Hauptkamm der Hohen Tauern von Nordnordwesten nach Südsüdosten. Er ist demnach ein Kammtunnel, Bergketten- oder Gebirgsscheidentunnel. Sein Nordportal liegt im Anlaufstal in 1173, das Südportal im Seebachtal in 1221 Meter Höhe. Nahezu 5 Kilometer der Tunnelröhre befinden sich auf Salzburger Gebiet, 3,6 Kilometer auf Kärntner Boden. Mittels Bohrmaschinen wurden 6164 Meter von Norden und 2386 Meter von Süden eingetrieben. Der Höhenunterschied beider Tunnelenden bedingte mit Rücksicht auf die Steigungsverhältnisse eine im Längsschnitt unsymmetrische Trassenführung. Der höchste Punkt der Strecke, der Scheitelpunkt oder Gefällsbruch des beiderseitigen Anstiegs, ist nicht in der Streckenmitte, sondern bei Tunnelkilometer 5,93, die Wasserscheide bei Tunnelkilometer 5,96, beide demnach bereits einen Kilometer weit in Kärnten, und zwar in 1225 Meter Höhe. Die Tunnelachse ist somit aus bahntechnischen Gründen ungleichschenkelig.

Mit 8551 Meter Länge bildet der Tauerntunnel den derzeit längsten unterirdischen Aufschluß der östlichen Zentralalpen. Ein so weit und tief eingreifender Durchstich des Gebirges ist für die Wissenschaft ein seltenes und nicht so schnell wiederkehrendes Forschungsobjekt. So wurde auch der Tauerntunnel ein interessantes Studienobjekt, an dem nicht nur der Techniker, sondern auch die Naturwissenschaftler Erfahrungen sammeln konnten. Davon soll im Folgenden die Rede sein.

## *Der geologische Aufbau des Gebietes*

Die Geologie bildet die Grundlage für alles Weitere. Deshalb hat diese Betrachtung von den geologischen Verhältnissen auszugehen. Vom obersten Liesertal in Kärnten erstreckt sich eine granitische Ge-

steinsmasse nördlich um die Hochalmspitz- und Ankogelgruppe halbmondförmig gegen das Gasteiner Tal. Dieses zu Gneis gewordene Gestein wird in der geologischen Literatur als Hölltor-Rotgülden-Kern bezeichnet. Zwischen dem Hauptkamm der Tauern und dem Mallnitzer Tauerntal erweist sich der Gesteinskern als ein walzenförmiges Gebilde, das westlich von Mallnitz nach Süden untertaucht und auf diese Weise von der Oberfläche verschwindet. Dieser aus Gneisgranit und granitischem Gneis bestehende helle Teil des Hochalm-Ankogel-Massivs wird von dunkleren, schieferigen Gesteinen (Phylliten, Quarziten, Glimmerschiefern, Plagioklasgneisen) ummantelt, die als sogenannte Schieferhülle des Zentralgneises dem Seebachtal nördlich von Mallnitz entlang ziehen.

Zwischen Böckstein und Mallnitz wurde dieser Gneiskern samt den Resten seiner Hülle beim Bau des Tauerntunnels durchfahren. Leider mußte der gewaltige unterirdische Aufschluß, der erstmals den Blick in das Innerste der Zentralalpen frei gab, mit Blöcken vollständig ausgekleidet werden, so daß der gewachsene Fels praktisch nicht mehr zu sehen ist. In neuerer Zeit wurden gefährdete Stellen mit Torkret (Spritzbeton) behandelt.

Man ist deshalb jetzt ganz auf die beim Vortrieb geschriebenen Berichte, damals entnommene und noch erhaltene Gesteinsproben, einige chemische Analysen dieses Belegmaterials und auf die geologischen Verhältnisse an der gut erschlossenen Gebirgsoberfläche angewiesen. Die geologische Betreuung beim Vortrieb des Tauerntunnels hatten die Wiener Geologen Friedrich Becke und Friedrich Berwerth.

### *Das geologische Tunnelprofil*

Der Tunnel konnte an beiden Seiten nicht, wie es wünschenswert gewesen wäre, unmittelbar in den festen Fels eingetrieben werden. Besonders im Norden mußte eine lange Schuttstrecke durchfahren werden. Die folgenden Angaben des Profils beschränken sich auf die wichtigsten Feststellungen. Details wurden weggelassen.

Von Norden nach Süden folgten im Sohlstollen:

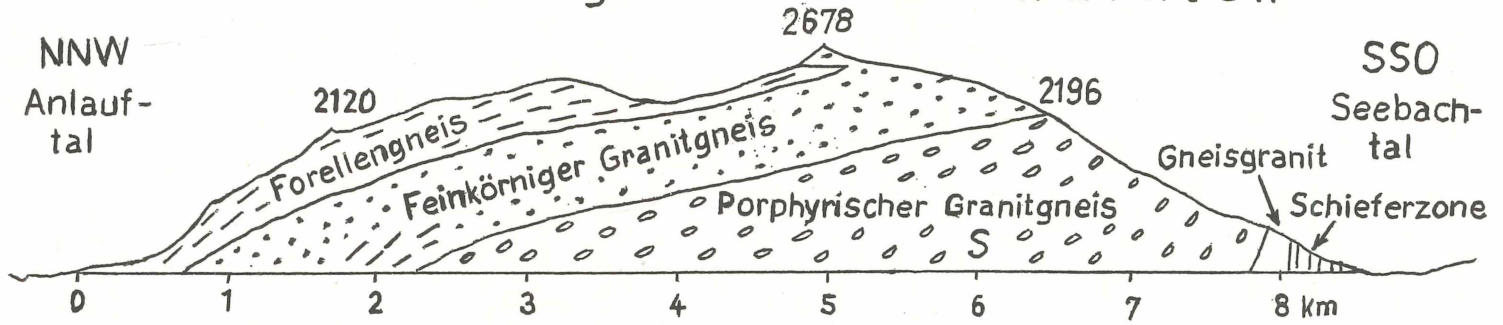
- 330 Meter Schutt
- 370 Meter Forellengneis
- 1580 Meter fein- bis mittelkörniger Granitgneis mit  
Einschaltungen von Forellengneis
- 5531 Meter porphyrischer Granitgneis
- 224 Meter porphyrischer Gneisgranit
- 496 Meter Glimmerschiefer
- 20 Meter Schutt.

Bei der mächtigen Schuttstrecke zwischen dem Nordportal und dem anstehenden Gebirge handelt es sich um keine einheitliche Masse. Mit den ersten hundert Metern durchfuhr man die aus Bachgeschiebe von Gneis und aus ziemlich reinem Sand bestehenden Anschüttungen des von Südwesten über eine Steilstufe stürzenden Höhkcarbaches (nach der einheimischen Ausdrucksweise Hiercarbaches). Von 100 bis 280 Meter wurde steinig-sandig-lehmiger Bergschutt mit großen eckigen Blöcken aus festem Gneis angetroffen. Bis 330 Meter folgte

Salzburg

©Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Kärnten



wasserreich    w a s s e r a r m    b i s    t r o c k e n    w a s s e r r e i c h

Geologisches Profil durch den Hauptkamm der Hohen Tauern längs des 8551 Meter langen Tauerntunnels zwischen Bockstein und Mallnitz. Der Schnitt zeigt die vom Tunnel durchfahrenen Gesteinsarten, kombiniert mit den Aufschlüssen an der Gebirgsoberfläche, und die Wasserführung. Bei Tunnelkilometer 6 befinden sich der Scheitelpunkt (S) und die Wasserscheide.  
(Entwurf G. Mutschlechner, Innsbruck)

wieder Bachgeschiebe aus Gneis mit sehr sandigem und etwas lehmigem Material.

Bei Tunnelmeter 333 war endlich der gewachsene Fels erreicht. Es ist der hier auf beiden Seiten des Anlauftales herrschende *Forellengneis*, ein feinkörniger, glimmerarmer Granitgneis mit dünnen, regelmäßig verteilten Hellglimmerfasern (auch einzelnen Schuppen von dunklem Glimmer) zwischen Feldspäten (Mikroclin und Plagioklas) und reichlich Quarz und manchmal auch kleinen rötlichen Granaten. Dazu kommen Epidot, Chlorit, Sagenit, Titanit, Apatit und Orthit. Das harte, kompakte Gestein war anfänglich deutlich in Bänke gegliedert und regelmäßig geklüftet. Weiter bergem verliefen sich die Bankung allmählich, und die Klüfte wurden unregelmäßig. Der sonderbare Name *Forellengneis* rührt davon her, daß die Glimmerfasern dieser Gesteinsart im Längsbruch an Fischeschwärme erinnern.

Zwischen den Metern 460 und 550 wurden Aplitgänge (aus Quarz, Feldspat und großen dunklen Glimmern) festgestellt. Diese Aplitgänge verliefen von Nordosten nach Südwesten und neigten steil nach Südosten.

Bei Tunnelmeter 700 setzte ein *feinkörniger* bis *mittelkörniger Granitgneis* ein. Dieser war glimmerarm und eher massig entwickelt. Mineralbestand: Als Feldspat Mikroclin und Plagioklas, Quarz, beide Glimmerarten in gleichem Verhältnis. Der helle Glimmer bildet kleine Fasern, der dunkle ist schuppig im Gestein verteilt. Weitere Bestandteile sind winzige Granaten, Epidot, Chlorit, Sagenit, Erz, Titanit, Apatit und Zirkon. Bei Kilometer 1 war das Gestein zerklüftet, jedoch so standfest, daß kein Einbau erforderlich war. Zwischen Kilometer 1,400 und 1,560 war das Gebirge kompakt und die Sprengwirkung gering.

Zwischen Kilometer 1,700 und 1,820 stellte sich wieder *Forellengneis* ein, desgleichen ab Kilometer 2,0 bis 2,170. Anschließend folgte bis 2,280 eine Quetschzone: Das Gestein war hier stark zerklüftet, stellenweise zermalmt und weich.

In großer Zahl durchzogen diesen Granitgneis leicht verschieferte Gänge und Adern von Pegmatit mit bis 10 Zentimeter langen Kalifeldspäten und mit Muskowittäfelchen von einigen Zentimetern Durchmesser. Auch mehrere dünne Quarzgänge wurden angeschnitten.

Dieser bis Tunnelkilometer 2,3 reichende fein- bis mittelkörnige Granitgneis leitet allmählich vom *Forellengneis* in den *porphyrischen Granitgneis* über. Dieser herrscht im Mittelabschnitt des Tunnels. Er ist ein flaseriges, mittel- bis grobkörniges Gestein. Sperrig angeordnete, bis 5 Zentimeter lange Kalifeldspäte liegen zwischen Fasern aus hellem Glimmer. Die Plagioklase hingegen sind verhältnismäßig klein geblieben. Der dunkle Glimmer kommt nur in kleinen Schuppen vor. Weiters sind beteiligt: Quarz, Epidot, Titanit, Granat, Apatit, Zirkon und in feiner Verteilung Monazit.

Dieses helle, saure Gestein umschloß sehr viele dunkle, basische, linsenförmige Gebilde und Schollen der verschiedensten Größen bis zu mehreren Metern Dicke. Sie führen reichlich Biotit, was ihnen die dunkle Farbe verleiht. Die hellen Bestandteile dieses dunklen Einschlußgesteins sind kleine Kalifeldspäte (Mikrokline) und Plagioklase,

Quarz und heller Glimmer. Ferner fand man darin Epidot, Titanit, Apatit, Chlorit und Karbonat.

Im porphyrischen Granitgneis stecken auch Aplite und Pegmatite, in denen der Kalifeldspat gegenüber dem Plagioklas vorherrscht. Im Pegmatit konnten Kalifeldspäte bis 10 Zentimeter und die hellen Glimmer bis 2,5 Zentimeter groß werden. Überdies sind Biotit, Titanit, Epidot, Apatit und Karbonat enthalten. Beim Vortrieb wurden auch mehrere Quarzgänge und Quarzlinsen angefahren, so bei Kilometer 4,20, 4,365 und 5,49.

Von der Strecke zwischen 6,651 und 6,811 wird ausdrücklich ein „großporphyrischer“ Granitgneis erwähnt.

Der im nördlichen Teil seiner Verbreitung als hart, fest, kompakt und standfest beschriebene porphyrische Granitgneis ist im südlichen Teil mechanisch stärker beansprucht worden und hat darauf entsprechend reagiert. Bei Kilometer 5,501 wurde ein Gang von 1 Meter Mächtigkeit angeschnitten, der mit Reibungsprodukten ausgefüllt war. Zwischen Kilometer 6,101 und 6,161 wurde eine Verwerfung mit Lettenbelag und Rutschstreifen in der Fallrichtung konstatiert. Bei 6,181 war das Gebirge ganz zertrümmert. Von 6,196 bis 6,451 geriet man in stark zerklüftete und stellenweise gequetschte Zonen.

Bei Tunnelkilometer 7,811 geht diese Hauptgesteinsart durch Zurücktreten der Schieferung allmählich in ein dem Granit ähnliches Gestein über. In diesem *porphyrischen Gneisgranit* sind die großen Kalifeldspäte regellos verteilt. Auch Plagioklas und Quarz sind vorhanden. Der helle Glimmer tritt in diesem Gestein sehr zurück oder fehlt ganz, der dunkle bildet kleine sechsseitige Blättchen. Granat, Epidot, Titanit, Apatit, Orthit und Zirkon sind die weiteren Gemengteile. Ähnlich wie im vorhergehenden Gestein gibt es auch hier basische Einschaltungen sowie Aplit- und Pegmatitgänge.

Alle bisher genannten Felsarten gehören zum Kerngestein der Hohen Tauern, zum Zentralgneis.

Im südlichsten Tunnelabschnitt bewegte sich der Vortrieb 496 Meter durch die hier an den Granitgneiskörper gepreßte und gequetschte *Schieferhülle* der Tauern. Es sind die Glimmerschiefer der Seebach-Zone innerhalb der großen Ankogel-Mulde, graue Glimmerschiefer mit Einlagerungen von Quarzit und dunklen graphitischen Schiefen, teilweise mit Granat und Hornblende.

Die letzten 20 Meter im Süden durchfuhren Bergschutt.

### *Der Tunnelbau*

Für den Bau eines Tunnels gibt es verschiedene Möglichkeiten des Vortriebes. In Österreich und auch in der Schweiz wurde die sogenannte österreichische Tunnelbauweise bevorzugt. Bei dieser wird das ganze Tunnelprofil ausgebrochen und dann beginnt die Ausmauerung, von den Widerlagern ausgehend. Die Aufschließung des Gebirges geht dabei von einem Sohlstollen aus. Dieser dient gleichzeitig als Richtstollen. Von ihm aus werden in Abständen, die das Gestein gestattet, Aufbruchschächte in die Höhe getrieben. Von diesen ausgehend, wird nach beiden Seiten ein Firststollen ausgelängt. Er wird

dann auf die ganze Breite des Tunnelquerschnittes erweitert. Anschließend wird bis zur Sohle herunter ausgebrochen. Dann erfolgt die Mauerung der Widerlager und des Gewölbes, das auf festen, bleibenden Kämpfern ruht. Nötigenfalls wird zuletzt noch ein Sohlgewölbe ausgebrochen und gemauert.

Im Längenschnitt vollzieht sich der geschilderte Vorgang so, daß das Ausbrechen und Mauern ring- oder zonenweise vor sich geht. Die Länge der einzelnen Ringe schwankt je nach der Gesteinsbeschaffenheit: Im standfesten Fels werden die Ringe länger als im drückenden und beweglichen Gebirge.

Die österreichische Tunnelbauweise ist jedem Gebirgsdruck gewachsen. Sie eignet sich für wechselnde geologische Verhältnisse, stark wechselnden Gebirgsdruck, für sehr druckreiches Gebirge und auch für lange, tief liegende Tunnel.

Auch im Tauerntunnel, der gleichzeitig von Norden und Süden eingetrieben wurde, ist die bewährte österreichische Tunnelbauweise zur Anwendung gekommen. Der ringweise Vortrieb ist noch gut verfolgbar. Die Tunnelröhre ist in zahlreiche, 6 bis 14 Meter lange Abschnitte oder Ringe gegliedert. Die Numerierung beginnt am Nordportal (Bahnkilometer 34,636 = Tunnelkilometer 0) mit Ring 1 und endet mit Ring 870 am Südportal (Bahnkilometer 43,186 = Tunnelkilometer 8,550). Jeder Ring trägt am westlichen Ulm der Tunnelmauerung mit weißer Farbe groß angeschrieben die ihm zukommende Nummer. Das ermöglicht eine rasche Orientierung und das Wiederfinden jeder gesuchten Stelle.

Am 24. Juni 1901 erfolgte im Anlauf der Spatenstich für den Tauerntunnel. In sechsjähriger Bauzeit hatten im Juli 1907 die beiden Vortriebe sich so weit genähert, daß man im Nordteil des Tunnels den Lärm des südlichen Vortriebes wahrnehmen konnte. Die Geräusche schienen aber von der Seite zu kommen, als arbeitete man aneinander vorbei. Sollte ein Vermessungsfehler schuld gewesen sein? Der Erbauer der Tauernbahn, Dr. Ing. Karl Wurmb, Sektionschef im Eisenbahnministerium, der 17 Jahre an der Verwirklichung des Projektes gearbeitet hatte und die Bauausführung leitete, brach unter der Last der übergroßen Verantwortung zusammen und schied freiwillig aus dem Leben. Am 21. Juli 1907, um 4.50 Uhr früh, fuhr der Bohrer der Südbaustelle ins Leere. Der Durchbruch war an der richtigen Stelle gelungen. Die Vermessung hatte gestimmt. Alle Vermutungen und Befürchtungen waren unbegründet gewesen. Für den Erbauer war es jetzt freilich zu spät. Darin liegt die Tragik des Mannes, der dieses Meisterwerk moderner Technik schuf. Für den Bau des Tunnels war Dr. Ing. Karl Imhof aus Bern verpflichtet worden, der den Lötschbergtunnel in der Schweiz gebaut hatte.

Am 23. Jänner 1909 setzte man den Schlußstein in das Tunnelgewölbe. Am 16. Februar fuhr die erste Lokomotive durch den Tunnel, 10 Tage später der erste Materialzug. Nachdem die Nordrampe der Tauernbahn bereits am 20. September 1905 eröffnet worden war, konnten der Tunnel und die gesamte Südrampe am 5. Juli 1909 offiziell dem Verkehr übergeben werden.

### Wassereinbrüche

Bei jedem großen unterirdischen Bauvorhaben können unvorhergesehene Ereignisse eintreten, die den Fortgang der Arbeiten meistens empfindlich stören.

So hatte die Führung der Tunneltrasse vom Anlaufstal unter dem Schuttfächer des Höhkar-(Hierkar-)baches hindurch schwerwiegende Folgen. Nach tagelang anhaltenden Schneefällen ging am Abend des 13. September 1903 ein Wolkenbruch auf den frisch gefallenen Schnee nieder. Die Auswirkungen des dadurch ausgelösten Hochwassers waren für das Gasteiner Tal katastrophal. Der hochgehende Höhkarbach bzw. Hierkarbach drang durch die geringe Schuttüberlagerung an der Firste in den Tunnel ein. Die anfängliche Wassermenge betrug 4000 Sekundenliter. Dieser Wassereinbruch verhinderte den Vortrieb vier Monate lang. Erst als der Bach durch das noch bestehende breite, gepflasterte Gerinne geleitet worden war, konnte man im Tunnel wieder arbeiten. Es rächte sich bitter, daß man den Tunnel durch Schutt führte und nicht direkt im gewachsenen Fels anschlug.

Andersgeartet war ein Wasserzudrang im Fels. Am 15. Juni 1907 ereignete sich bei Tunnelkilometer 6,08 (Ring 622) ein starker Wassereinbruch aus einer mit Schutt, Sand und Letten erfüllten Kluft von über 1 Meter Breite. Nachträglich wurden noch 60 Sekundenliter gemessen. Die starke Schüttung hatte aber bereits ein Jahr später beträchtlich abgenommen. Das im Berg gespeicherte Wasser war in der Zwischenzeit größtenteils ausgelaufen. Die Kluft wurde schließlich vermauert.

### Gebirgsdruck

Unter Gebirgsdruck versteht man die Summe aller Erscheinungen, die auf Hohlräume im Gebirgskörper einwirken und dabei ein Zusammenbrechen des Hohlraumes oder einen Druck auf den Ausbau bewirken. Der Gebirgsdruck rührt vom Gewicht der darüber befindlichen Gesteinsmasse und von tektonischen Restspannungen als Folge der lange zurückliegenden Gebirgsbildung her. Meistens treten die Schwerkraft und die tektonischen Spannungen zusammen auf.

Auf jedem Punkt innerhalb der Erdkruste lastet ein Druck, der hauptsächlich vom spezifischen Gewicht der darüber liegenden Gesteinsmasse und von der Tiefenlage unter der Oberfläche abhängig ist. Das ist der Überlagerungsdruck, Belastungsdruck oder Schweredruck. Dieser Gebirgsdruck im gewöhnlichen Sinne nimmt mit der Tiefe zu.

Zwischen der Gamskar-Spitze (2832 m) und der westlich davon gelegenen Göttinger Spitze (2749 m) ist der Alpenhauptkamm leicht eingesenkt. Auf halber Strecke zwischen beiden Gipfeln liegt der unbenannte Vermessungspunkt 2678. Genau unterhalb dieses Punktes verläuft die Tunnelsohle in 1178 Meter Höhe. Daraus ergibt sich ein Höhenunterschied von 1455 Meter<sup>1)</sup>. Zieht man davon noch die Höhe

<sup>1)</sup> Josef *Stini* gab sogar 1567 Meter an. Wie er zu dieser Überlagerungshöhe

des Tunnels ab, so verbleiben hier 1447 Meter unmittelbar überlagerndes Gestein, wovon jeder Kubikmeter rund 2,6 bis 2,7 Tonnen wiegt. Bei diesem Einheitsgewicht beträgt der Überlagerungsdruck der Gesteinssäule in 1450 Meter Tiefe rund 380 bzw. 390 kg/cm<sup>2</sup>.

Der ruhende, erst mit der Schaffung des Hohlraumes wirksam werdende Gebirgsdruck wächst bis zu einer bestimmten Tiefenlage der Firste unter der Erdoberfläche. Weiter hinaus bilden sich Schutzgewölbe, die den Bergdruck in der Firste unabhängig von der Höhe der Überlagerung machen. Man hat geradezu von „Schutzhüllen“ gesprochen. Das Gebirge ist verspannungsfähig. Über Hohlräumen verspannt es sich. Es kann ein Traggewölbe bilden. Solche Verspannungen im Gestein schirmen die Tunnelröhre ab. Die Größe des Gebirgsdruckes hängt von der Zerklüftung der Gesteinsmasse und von der gegenseitigen Verspannung der einzelnen Gesteinskörper ab. Auf diese Weise lastet nur ein Bruchteil der überlagernden Masse auf einem Tunnel. Dieser braucht somit kaum jemals den gesamten Überlagerungsdruck aufzunehmen. Dank des durch die Verspannungen bewirkten Schutzes wird der Bau eines tief liegenden Tunnels erst möglich, anderenfalls würde er zusammengedrückt. Der volle Überlastungsdruck wurde auch im Tauerntunnel nicht wirksam.

Jeder Tunnel ist ein Eingriff in die Natur und stört den bestehenden Gleichgewichtszustand. Vor der Ausführung herrschen im Berg Spannungen, die man auf den Bergdruck oder Gebirgsdruck zurückführt. Im Moment der Auffahrung eines Tunnels werden Spannungen lebendig, die größtenteils von den im unverritzten Gebirge herrschenden abweichen. Beim Vortrieb verändert sich das Spannungsbild fortwährend. Durch das Sprengen wird auch der umgebende Gesteinsverband gestört und gelockert. Das Gebirge beantwortet die Störung des Gleichgewichtszustandes mit einem Widerstand. Übertrifft die Widerstandsfähigkeit des Gebirges die neuen Spannungen, wie es im standfesten Gebirge der Fall ist, dann kommt es zu keinen Bewegungen der Gesteinsmasse in den Hohlraum hinein.

Im Gesteinskörper herrschen Spannungen, die auf den Bergdruck zurückgehen. Beim Vortrieb eines Tunnels wird die Leibung frei von Spannungen, die eine Ausdehnung des Gebirges bisher verhinderten. Das Gestein dehnt sich nach dem Innern des entstehenden Hohlraums federnd aus. Der Betrag der Ausdehnung hängt von der Überlagerung und von der Gesteinsart ab. Im spröden, stark belasteten Gestein kommt es zu Bergschlägen. Von der Hohlraumleibung springen unter lautem Knall Gesteinsschalen ab. Das knallende Gebirge sagt nichts über die Größe des Überlagerungsdruckes aus. Es ist vielmehr der Ausdruck für das besondere technische Verhalten des betreffenden Gesteins.

Außer dem ruhenden gibt es auch einen lebendigen Gebirgsdruck. Beim Auffahren eines Hohlraums wird der Auflagerungsdruck le-

---

gekommen ist, entzieht sich meiner Kenntnis. Möglicherweise ist er von einem Berggipfel, und zwar von der Göttinger Spitze ausgegangen, die allerdings etwas seitlich über der Tunnelachse aufragt. Dafür würde der von ihm angegebene Wert passen.



bendig. Auf die Gebirgsbildung geht der Gebirgsdruck im engeren Sinn zurück. Jener Druck, der durch die Schwerkraft, das Gewicht der Überlagerung und besonders durch tektonische Kräfte bedingt ist, wird als echter Gebirgsdruck bezeichnet. Die im Gebirge vorhandenen Spannungen können in spröden Gesteinen Bergschläge auslösen. Auf solche Weise äußert sich der wirksame Bergdruck.

Manchmal hört man ein Knistern des Gesteins. Das ist immer ein Warnungszeichen für das Nachgeben des Gesteins. Sehr oft platzen dann nach einiger Zeit von den Ulmen, den Wänden des Hohlraums, seltener von der Firste und nur ausnahmsweise auch von der Sohle eines Tunnels Schalen, große Scherben, gegen die Ränder dünner werdende Platten von mehreren Quadratmetern Größe. Dabei kommt es stets zu einem heftigen Knall, gleich einem Schuß, und zu einer Erderschütterung. Das Ablösen, ein plötzliches, schlagartiges Einbrechen erfolgt nicht sofort, sondern erst in einigen Stunden oder Tagen nach der Freilegung der Felsoberfläche. Die abgesprungenen Partien passen nicht mehr in ihre Hohlform. Sie haben sich gedehnt.

Der Tauerntunnel führt durch dickbankiges bis massiges, größtenteils kluftarmes Sprödgestein, somit weithin durch standfestes Gebirge. Auch hier ist einerseits der Überlagerungsdruck, andererseits echter, mit dem Gebirgsbau zusammenhängender Druck vorhanden. Aus diesem Grunde gab es beim Vortrieb Spannungen, die zur Auslösung drängten. Infolgedessen waren die gefährlichen und gefürchteten Bergschläge keine Seltenheit. Im geklüfteten Forellengneis kamen sie noch nicht vor. Sie traten erst im standfesten fein- bis mittelkörnigen Granitgneis ab Tunnelkilometer 1,0 stellenweise auf, ferner in derselben Gesteinsart zwischen Kilometer 1,895 und 2,0. Im bergein anschließenden porphyrischen Granitgneis ereignete sich dieses Plattenspringen bei Kilometer 2,830 und besonders bei 3,920, stellenweise schwächer zwischen 5,950 und 6,100, stark bei 6,450 und schließlich auch zwischen Kilometer 6,650 und 6,810. Aus dem geklüfteten südlichen Granitgneis und aus dem wenig mächtigen porphyrischen Gneisgranit ist diese Erscheinung nicht bekannt geworden. Selbstverständlich trat sie in der fast bis zum südlichen Ende des Tunnels reichenden Schieferzone nicht mehr auf.

Im Tauerntunnel machten sich diese Bergschläge während des Baues unangenehm und in gefährlicher Weise bemerkbar. Nach Möglichkeit suchte man sich dagegen zu sichern. Man konnte das Abgehen der Bergschläge durch Bespritzen des relativ warmen Gesteins mit kaltem Wasser künstlich beschleunigen und auslösen. Durch dieses Abschrecken des Gesteins, durch den jähen Temperaturwechsel, kam es zur gewünschten Ablösung, worauf man in Ruhe weiterarbeiten konnte.

### *Wärmeverhalten*

Die jahreszeitlichen Schwankungen der Erdwärme machen sich in Bodentiefen von 20 bis 25 Meter nicht mehr bemerkbar. Es ist eine alte Erfahrung, daß unter dieser ungleich temperierten Hülle oder Schale die Temperatur des Gesteins allgemein zunimmt. Die Mächtigkeit des Gesteins, bei der eine Zunahme um 1 Grad erfolgt, beträgt

durchschnittlich 33 Meter, ist aber örtlich verschieden. Sie hängt von den jeweiligen geologischen Verhältnissen, hauptsächlich von der Gesteinslagerung, ab. Die Dicke dieser Gesteinsmasse bezeichnet man als geothermische Tiefenstufe.

Man kann die zu erwartende Temperatur für jeden gewünschten Punkt eines geplanten Tunnels annähernd vorausberechnen. Es kommt dabei nicht auf die Dicke der unmittelbar überlagernden Gesteinsmasse an, sondern auf den kürzesten Abstand eines Tunnelpunktes zur Geländeoberfläche. Aus der Gesteinsmächtigkeit entlang dieser Hangnormalen, aus dem Jahresmittel der Lufttemperatur für die Seehöhe des Geländepunktes und aus der örtlichen geothermischen Tiefenstufe läßt sich die zu erwartende Temperatur, der sogenannte Sollwert, annähernd voraussagen. Dabei spielt auch die Gestaltung des Geländes eine Rolle. Beim Vortrieb zeigt sich dann, ob die Voraussage stimmt, ob die Wärmeausbreitung gleichmäßig vor sich geht oder ob nicht etwa, wie im Bocksteiner Heilstollen, lokal sogar eine Überschußwärme auftritt, was dann auf besondere Ursachen zurückzuführen ist.

J. Königsberger hat 1911 die geothermische Tiefenstufe in den Gesteinsmassen, die den Tauerntunnel überlagern, der Relieflinie entsprechend, für die Strecke zwischen Tunnelkilometer 4 und 5, was der Tunnelmitte gleichkommt, mit rund 57 Meter angenommen. Mit je 57 Meter Tiefe müßte demnach die Temperatur um 1 Grad zunehmen. J. Stini hingegen gab für den Tauerntunnel 49 Meter an.

Die Gesteinstemperatur wird in trockenen Bohrlöchern von 1 bis 1,5 Meter Tiefe gemessen, in denen ein genau anzeigendes und in Zehntelgrade unterteiltes Thermometer 24 Stunden verbleiben soll. Die höchste im Tauerntunnel abgelesene Gesteinstemperatur betrug 23,9 Grad Celsius. Die Stelle lag in der Tunnelmitte.

Das warme Gestein gibt an die darin zirkulierenden Wässer bei längerem Verweilen Wärme ab. Doch bleibt das in Bewegung befindliche Wasser begreiflicherweise immer etwas kühler als das Gestein. Auf diese Weise sind die Temperaturen der lauwarmen Wasserausstritte im mittleren Abschnitt des Tauerntunnels zustand gekommen. Die höchste hier gemessene Quelltemperatur mit 21,2 Grad Celsius kam bei Tunnelkilometer 4,96 vor.

Durch die Wärmeausstrahlung des Gesteins wird auch die Luft in tieferliegenden unterirdischen Hohlräumen erwärmt. Große Hohlräume kühlen das Gebirge etwas ab. Besonders macht sich das nach dem Durchschlag einer Tunnelröhre bemerkbar. Starker Luftzug, wie er durch den überaus regen Zugverkehr im Tauerntunnel ausgelöst wird, kann die Abkühlung der Tunnelauskleidung und des anliegenden Felsens noch verstärken, was sich wiederum auf die Temperatur des Wassers nachteilig auswirken muß.

### *Tunnelquellen*

Regen, Schmelzwasser von Schnee und Eis und auch der Tau sickern in den Verwitterungsboden oder gelangen durch Schutthalden und Blockwerk oder bei fehlender Überlagerung direkt in den bloß lie-

genden Fels. Sind in diesem Spalten oder Klüfte vorhanden, so geht das weitere Eindringen rascher vor sich. Es kommt dann zum Einsinken. Das Wasser kann im Berginnern auf verschiedenen, sich manchmal schneidenden Kluftsystemen zirkulieren, aber auch so lange stehen, bis es Abflußwege findet oder ihm solche geöffnet werden, wie es beim Tunnelbau der Fall ist.

Ein Tunnelvortrieb bringt das ruhende Wasser in Bewegung. Er verändert den hydrostatischen Zustand des vielleicht jahrhundertelang oder noch länger im Gebirge eingeschlossenen Wassers. Das angestaute Grundwasser drückt auf die Wandungen des Hohlraumes, andererseits zieht dieser das Wasser an sich. Das angestaute, unter Druck stehende Wasser hat dann plötzlich die Möglichkeit, gegen den neu entstandenen Hohlraum zu wandern und mehr oder weniger stürmisch in diesen einzudringen. Wenn sich der langgestreckte und vielfach verzweigte Wasserbehälter entleert hat, geht das Druckwasser in frei ausfließendes Wasser über. Die engere und weitere Umgebung der Tunnelröhre wird auf solche Weise stark entwässert und teilweise trockengelegt. Sie soll sogar entwässert werden. Dadurch wird der Hohlraum entlastet, bleibt trocken, und auch die Ausmauerung wird geschont. Von Zeit zu Zeit kann von der Erdoberfläche her wieder Nachschub kommen, so daß das Gebirge durch einen Tunnel zwar weitgehend, aber niemals ganz entleert wird.

Tunnelquellen sind somit künstlich angeschnittene Wege von Niederschlagswässern, die den Gesteinskörper durchwandern oder darin gespeichert sind.

In den Tauerntunnel brachen anfänglich mehr als 300 Quellen verschiedener Stärke ein. Alle diese Wässer wurden in den tief zwischen den Gleissträngen verlaufenden Sohlkanälen gesammelt und nach beiden Tunnelausgängen abgeleitet. Diese Kanäle sind durch Einstiegschächte zugänglich.

Die Wasserscheide befindet sich im südlichen Drittel der Tunnelröhre im Ring 610 bei Kilometer 5,96. Das ist bereits ein Kilometer südlich der oberirdischen, durch den Gebirgskamm gegebenen Wasserscheide.

Das Eindringen des Wassers erfolgte teils von der Firste als Firstentropf oder gar als Firstenregen, teils aus den Ulmen. Einige Quellen traten im Sohlkanal aus, andere wurden so verbaut, daß sie unzugänglich sind.

Diese zahlreichen Tunnelquellen waren nicht gleichmäßig verteilt. Die ersten 700 Meter vom Nordportal bergem hin zeichneten sich durch Wasserreichtum aus, wobei die äußersten Quellen zudringendes Bach- und Hangwasser sind. Es ist der Bereich der gebankten und stark zerklüfteten, infolgedessen durchlässigen Forellengneise, die den kompakteren fein- bis mittelkörnigen Granitgneis überlagern. Dieser war meistens trocken. Dasselbe gilt vom porphyrischen Granitgneis des Mittelabschnittes. Wo die Klüftung fehlt, war es beim Vortrieb „staubig trocken“. Die fast trockene Zone erstreckt sich über eine Länge von 4,6 Kilometern. Erst ab Tunnelkilometer 5,25 war auch dieses, hier mechanisch beanspruchte, geklüftete und gequetschte Gestein örtlich feucht bis naß. Zerrüttungszonen bargen Wasseransamm-

lungen. Von hier bis zum Südportal nahm die Wasserführung zu. Auch der Gneisgranit war zerklüftet und naß, die Schieferzone feucht bis naß. Zahlreiche Quellen traten dicht beisammen aus. Diese unterschiedliche Wasserführung ist durch die geologischen Verhältnisse vor-gezeichnet.

Die gesamte Tunnelröhre ist zum Schutz gegen Verdrückungen und Nachbrüche mit Steinquadern ausgekleidet. Zahlreiche Entwässerungsschlitze sind vorhanden, aber meist trocken. In neuerer Zeit wurde dieses Schutzgewölbe noch verdichtet. Dadurch wurden einzelne Wasseraustritte unterbunden oder verlagert.

Die jeweiligen Niederschlagsverhältnisse machen sich in den was-serführenden Zonen des Tunnels deutlich bemerkbar. Zur Zeit der Schneeschmelze und nach Regenperioden tropft und sickert Wasser an zahlreichen Stellen aus der Verkleidung. Nach einer regenarmen Zeit oder bei Frost ist es im Tunnel auffallend trocken. Einige stärkere Zuflüsse wurden gefaßt.

Die beim Vortrieb festgestellte Gesteinswärme bewirkte eine Er-wärmung der Wässer. Die Quelltemperaturen waren jedoch stets etwas niedriger als die des umgebenden Gesteins. Im Mittelabschnitt waren die Quellen am wärmsten. Als höchste Quelltemperatur wur-den vor sechzig Jahren bei Kilometer 4,96 (Ring 513) 21,2 Grad Cel-sius abgelesen. Bei einer im September 1968 vorgenommenen Messung wurde die höchste Wassertemperatur bei Kilometer 6,09 (Ring 622) mit 18 Grad Celsius gefunden. Ursprünglich waren hier 19,4 Grad Celsius gemessen worden. Der Unterschied könnte durch die starke Belüftung der Tunnelröhre als Folge des dichten Zugverkehrs be-dingt sein, was zweifellos zu einer Abkühlung der Umgebung führen mußte.

Im Juni 1912 hat der damalige Bahnmeister Alois Fleischer erst-mals die Ergiebigkeit aller Tunnelquellen gewissenhaft gemessen. Der Wiener Physiker Heinrich Mache und der Wiener Chemiker Max Bamberger haben ab 1909 einen Teil dieser Quellen, und zwar 109 Austritte physikalisch und teilweise auch chemisch untersucht. Die Zu-sammenstellung ihrer Ergebnisse bildete die wichtigste Grundlage für die neuesten Untersuchungen.

Im Rahmen einer weit ausgreifenden Wassererkundung des Gastei-ner Raumes haben Carl Job als Chemiker und der Verfasser als Geo-loge und Hydrologe im September 1968 Proben von 16 ausgewählten Tunnelwässern gesammelt und geochemisch bearbeitet.

Alle Tunnelquellen wiesen einen geringen Trockenrückstand auf. Das durchlaufende Silikatgestein ist wenig löslich. Das Durchlaufen kann bei klaffenden Wasserwegen mitunter rasch erfolgen. Dann ist das kühle Wasser mit dem umgebenden Gestein nur kurz in Berüh-rung und kann nicht viel davon aufnehmen. Wohl aber wächst die Menge des Trockenrückstandes mit der Temperatur des Wassers. Die Hauptmenge der mineralischen Bestandteile wird nicht so sehr an der Erdoberfläche, wo die Verwitterungsschicht relativ dünn ist, als viel-mehr in den Quellgängen gelöst, wo langsam durchwanderndes Was-ser sich erwärmt. Während der Abwärtsbewegung in größere Tiefe, wo die Gesteinstemperatur gesetzmäßig zunimmt, wird das Wasser

allmählich wärmer. Die Temperatur und die Zeit sind die Hauptfaktoren, die den Mineralgehalt der Tunnelwässer beeinflussen. Auch innige Berührung des Wassers mit seiner Umgebung vermehrt die gelösten Stoffe.

Die im Nordabschnitt des Tunnels aus dem Forellengneis kommenden tagnahen Quellen sind schwach mineralisierte, gewöhnliche Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer mit wenig Natrium, Magnesium, Sulfat und Fluorid. Auch die aus dem südlichsten, zerklüfteten Teil des porphyrischen Granitgneises untersuchten Wässer sind den vorigen ähnlich.

Hingegen sind die lauwarmen Quellwässer aus dem kompakten und ungestörten porphyrischen Granitgneis stärker mineralisiert. Das Calcium-Hydrogenkarbonat tritt bei ihnen zurück, Natrium und Sulfat stärker hervor. Der Fluorid- und Kieselsäuregehalt steigt an. Mitten zwischen diesen stärker mineralisierten, tief im Berginnern liegenden lauwarmen Quellen kommen Wässer vor, die merklich kühler sind und weitgehend den tagnahen Tunnelwässern gleichen. Man muß daraus schließen, daß solche von den benachbarten abweichende Wässer das überlagernde Gestein durch Klüfte und Zerrüttungszonen auf kürzerem Wege rasch durchlaufen.

Die in den Wässern des Tauerntunnels gefundenen Stoffe lassen sich aus dem Mineralbestand der überlagernden Gesteinsmassen zwanglos ableiten. Man kann sich das folgendermaßen vorstellen: Das an der Oberfläche ablaufende und dann einsickernde Niederschlagswasser nimmt bereits beim Durchwandern der Verwitterungszone Substanzen auf. Der Sauerstoffgehalt wandelt unlösliche sulfidische Erze, wie Schwefelkies (Pyrit) und Markasit, zu löslichen Sulfaten um. Dank des im Wasser gelösten Sauerstoffes kann sich der Oxydationsprozeß auf dem Weiterweg fortsetzen, bis der mitgeführte Sauerstoff verbraucht ist. Die freie Schwefelsäure wirkt zersetzend auf die Feldspäte (Kalifeldspäte und Plagioklase). Das in diesen enthaltene Natrium, Kalium und Calcium gehen in Lösung. Die dabei ausgeschiedene Kieselsäure wird teilweise vom Wasser aufgenommen. Die Menge der gelösten Kieselsäure hängt von der Temperatur des Wassers ab. Je tiefer diese ist, desto weniger Kieselsäure wird im Quellwasser enthalten sein. Die Hauptmenge der gelösten Kieselsäure dürfte aus dem tiefliegenden Gestein stammen, wo das Wasser seine höchste Temperatur erreicht. Das im Gestein enthaltene Calciumkarbonat wird von der Schwefelsäure angegriffen. Das dabei entstehende Kohlendioxyd und Calciumsulfat werden vom Wasser aufgenommen. Mit zunehmendem Kohlendioxyd-Gehalt wird immer mehr von dem gelösten Eisen ausgefällt. Bei Erreichen eines bestimmten Kohlen säure-Gehaltes kann es als Hydrogenkarbonat zum Teil wieder gelöst werden. Schließlich bildet sich ein Gleichgewichtszustand mit Überwiegen des Calciums und des Sulfats. Das in den Wässern nachgewiesene Magnesium dürfte vom dunklen Glimmer oder von Chlorit herrühren. Das Fluor ist ein im Gasteiner Raum weit verbreiteter Spurenstoff.

### Radioaktivität

Die Hohen Tauern des Gasteiner Raumes zeichnen sich durch erhöhte Radioaktivität aus. Jedenfalls sind hier radioaktive Stoffe und Spuren häufig nachweisbar. Durch den radioaktiven Zerfall entsteht aus dem Uran über mehrere Zwischenstufen Radium und aus diesem das radioaktive Edelgas Radium-Emanation oder Radon, aus dem sich zunächst kurzlebige und im weiteren Verlauf länger lebende Folgeprodukte bilden.

Nachdem beim Bau des Tauerntunnels am 15. Juni 1907 ein Wassereinbruch erfolgt war, wurde dieses Wasser ein Jahr später untersucht und darin ein beträchtlicher Gehalt an Radium-Emanation festgestellt. Daraufhin begannen der Physiker Heinrich Mache und der Chemiker Max Bamberger eine systematische Untersuchung der Radioaktivität an den Gesteinen und an den Quellen des Tauerntunnels.

Für die Gesteinsmessung wurden die Felsproben in einer Kugelmühle zerkleinert und das dabei erhaltene Pulver ohne Rückstand in Lösung gebracht, wobei nur die Beseitigung der Kieselsäure etwas umständlich war. Die in der Lösung sich entwickelnde Emanationsmenge wurde gemessen.

Zur Messung des Radiums und Thoriums mußte die angereicherte Emanation aus der Lösung entfernt werden. Das, wie man heute weiß, gleichfalls im Gestein enthaltene Uran wurde damals nicht bestimmt.

Das Mittel von 27 Gesteinsproben aus dem Tauerntunnel betrug  $4 \cdot 10^{-12}$  g Radium pro Gramm Gestein und aus 19 dieser Proben  $3 \cdot 10^{-5}$  g Thorium pro Gramm Gestein.

Einen überdurchschnittlichen Radium- und Thoriumgehalt lieferten Gesteinsproben von den Tunnelkilometern 1,970 und 2,007. In beiden Fällen handelt es sich um stark geschieferte, glimmerreiche Einlagerungen im Forellengneis innerhalb des fein- bis mittelkörnigen Granitgneises. Im porphyrischen Granitgneis bei 3,600 war nur der Radiumgehalt etwas erhöht. Die Höchstwerte für beide radioaktiven Elemente wurden bei Kilometer 7,751, somit 800 Meter vor dem Südportal, in einer quarzreichen Partie mit dunklem Glimmer im südlichsten Teil des porphyrischen Granitgneises gemessen: nämlich  $15,1 \cdot 10^{-12}$  g Radium und  $19,4 \cdot 10^{-5}$  g Thorium im Gramm Gestein. Auch ein Biotitschiefer aus der Schieferzone bei Kilometer 8,152 zeigte mehr als der Durchschnitt.

Die radioaktiven Substanzen im Gestein sind hier hauptsächlich an Titanminerale, Zirkon, Monazit und an dunklen Glimmer gebunden. Meist handelt es sich um winzige Einschlüsse von Zirkon und Titanit im Glimmer, deren Strahlung sich durch einen verfärbten Hof verrät.

Von den mehr als 300 Tunnelquellen wurden im September 1911 insgesamt 109 auf ihre Radioaktivität geprüft. Die Höchstwerte an Radium-Emanation (bis  $237 \cdot 10^{-10}$  Curie pro Liter) wurden bei Tunnelkilometer 0,665 (Ring 84) im Sohlkanal, aus dem Forellengneis kommend, und bei Kilometer 7,0908 (Ring 724) im porphyrischen

Granitgneis angetroffen. Das ist ein relativ hoher Wert. Das Mittel lag bei  $35,6 \cdot 10^{-10}$  Curie pro Liter.

Im Durchschnitt waren die kältesten und ergiebigsten Quellen am reichsten an Emanation. Das führte zu der Annahme, daß bei rasch einsinkenden Wässern die Emanation nicht so sehr in den Quellen aufgenommen, sondern schon von der Gebirgsoberfläche aus dem verwitterten Gestein mitgebracht wird, was sich auch experimentell bestätigen ließ: Die Emanations-Abgabe des verwitterten Gesteins war 400- bis 500mal so groß als die des gesunden Materials. Die Verwitterung bewirkt nämlich eine Spaltung und Auflockerung des Gesteinsgefüges. Sie schafft durch die größeren Oberflächen bessere und innigere Berührungsmöglichkeiten für das Wasser, was die Emanationsabgabe an dieses sehr erleichtert.

Je rascher das Wasser von der Oberfläche nach unten in den Tunnel gelangt, je größer der Wasserreichtum ist und je größer der Temperaturunterschied gegen das Gestein bleibt, desto weniger geht von der Radium-Emanation durch Zerfall und durch Berührung mit der in den Klüften enthaltenen Luft verloren. Kurz: Je ergiebiger, kühler und mineralärmer die Tunnelquellen sind, desto höher ist der Gehalt an Emanation.

Das durch den Sohlkanal zum Nordportal ausfließende Sammelwasser war radioaktiver. Das nach Süden abfließende Kanalwasser erreichte nur ein Drittel der Aktivität.

Die aktivsten Quellen kamen aus den Tunnelringen 84, 724 und 725, schwächere wurden in den Ringen 631, 716, 717 und 803 ermittelt.

Das Tunnelgestein enthält zwar relativ viel Thorium. Thorium-Emanation wurde jedoch bei zwei daraufhin untersuchten Quellen nicht gefunden.

Auch die Luft im Tauerntunnel ist leicht radioaktiv. Sie enthielt einen weit überdurchschnittlichen Wert an Radon.

Im Herbst 1969 konnten durch den Verfasser mit Hilfe einer scharf filternden Ultraviolettlampe im Tauerntunnel erstmals auch sekundäre Uranminerale nachgewiesen werden. Man spricht von sekundären Mineralen, wenn die Mineralsubstanz von ihrer ursprünglichen (primären) Stätte durch die physikalischen und chemischen Kräfte des Wassers entfernt und an anderer Stelle als Neubildung abgelagert wurde. Hier handelt es sich um uranhaltige Überzüge, die im kurzwelligen Licht der UV-Lampe grün fluoreszieren. Die Fundstellen lagen in den Tunnelringen 30, 42, 68, 140 (Nische), 557, 608 (hier am Rande des Wassers bei der südlichen Quelle), 714 und im Ring 767 auf dem Fels der Tunnelkammer 8. Mit Ausnahme des Ringes 557 waren alle Fundstellen an der westlichen Tunnelwand. Die Funde verteilen sich auf den nördlichen und südlichen Abschnitt des Tunnels. Der Mittelabschnitt war und ist noch immer trocken. Daher war hier auch kein Uran zu erwarten.

### *Die Laufzeit der Tunnelwässer*

Mit Hilfe der atmosphärischen Radionuklide lassen sich Aussagen über die Laufzeit unterirdischer Gewässer machen.

Das Tritium mit dem Symbol  $^3\text{H}$  oder T, ein Isotop des Wasserstoffes, ist der dreifach schwere Wasserstoff. In der Atmosphäre gebildet, gelangt dieser Inhaltsstoff vieler Wässer mit den Niederschlägen zur Erde, in diese selbst und schließlich in das Grundwasser. Das Tritium ist schwach radioaktiv. Sein Vorkommen und seine Konzentration können durch Messung der von ihm ausgehenden weichen Beta-Strahlung festgestellt werden. Die Halbwertszeit dieses Elementes beträgt 12,26 Jahre. Eine bekannte Tritiummenge verringert sich innerhalb dieser Zeit durch ihren radioaktiven Zerfall auf die Hälfte. Der überschwere Wasserstoff wandelt sich dabei in das leichte Heliumisotop  $^3\text{He}$  um. Aus dem Tritiumgehalt eines Quellwassers kann man auf dessen Beziehung zum Oberflächenwasser und auf die unterirdische Verweilzeit schließen.

Im kompakten porphyrischen Granitgneis des südlichen Tunnelabschnittes kommen aus den Tunnelringen 608 und 622, mithin in nur rund 130 Metern Abstand, zwei ganz verschiedene Quellen zum Vorschein. Die Quelle 8 mit einer Temperatur von 12,5 Grad Celsius gleicht chemisch den tagnahen Tunnelwässern. Die andere Quelle (Nr. 9) mit 18 Grad Celsius ist fast doppelt so stark mineralisiert. Auf Grund dieser Tatsachen war zu vermuten, daß das wärmere und mineralreichere Wasser auch eine längere unterirdische Laufzeit hat als das kühlere und mineralärmere.

Die 1969 vorgenommene Tritium-Bestimmung erbrachte die Bestätigung dieser Annahme: Die Quelle 8 zeigte einen Tritiumgehalt (355 T. U., Tritium Unit) ähnlich jenem der äußeren Tunnelwässer. Sie wird demnach aus den längs einer Klüftungs- und Zerrüttungszone rasch eindringenden Niederschlägen des laufenden Jahres gespeist. Die nahe Quelle 9 hingegen enthielt nicht einmal ein Drittel, nämlich nur 105 Tritium-Einheiten. Sie führt somit entweder eine Mischung von rezentem tritiumhältigen und älterem tritiumfreien Wasser im Verhältnis von beiläufig 1 : 2, oder sie wird derzeit aus Niederschlägen ernährt, die noch aus der Zeit zwischen den beiden großen thermonuklearen Explosionen der Jahre 1952 bis 1962 stammen. Damals wurden große Mengen radioaktiven Wasserstoffs gebildet.

Auf diese Weise erhält man Aufschluß über die unterschiedliche Laufzeit benachbarter Tunnelwässer.

### *Die Deponien des Tauerntunnels*

Die beim Vortrieb reichlich anfallenden Gesteinsmassen wurden vor den Tunnelenden abgelagert. Jeder dieser Schutttablagerungsplätze bzw. die daraus gewordene Form wird in der Fachsprache als Deponie bezeichnet. In Bockstein hat sich die Bezeichnung Planie eingebürgert.

Das vom Beginn bis zum einstigen Durchbruch bei Tunnelkilo-



meter 6,164 hereingewonnene Gestein wurde am linken (südwestlichen) Hang des Anlaufiales von der Eisenbahnbrücke talaus aufgeschüttet, wobei die vorhandenen Bodenunebenheiten aufgefüllt wurden. Das Auftragen des Materials erfolgte schichtenweise. Der Überzug der Halde stammt ungefähr aus dem letzten Kilometer vor dem Durchbruch, mitten aus dem porphyrischen Granitgneis.

Diese Bocksteiner Haldenschüttung umfaßt nach den Angaben des Tunnelbauers Karl Imhof 1,580.000 Tonnen Gestein, was einem Volumen von 610.000 Kubikmeter gewachsenem Fels entspricht. Der tatsächliche Rauminhalt der Halde läßt sich nicht berechnen. Er kann unter Berücksichtigung der Volumszunahme der losen Schüttung und der nachfolgenden Setzung auf rund 760.000 Kubikmeter geschätzt werden.

Die ganze Ablagerung fällt dem Kundigen durch die ungewohnte Form und durch die Steilheit auf. Die früher durch die helle Gesteinsfarbe das Landschaftsbild störende Halde mußte im westlichen, hier 45 Meter hohen Teil, der von Badgastein gesehen werden konnte, künstlich mit Rasen begrünt werden. Der übrige Teil zeigt noch die ursprüngliche, wegen Rutschgefahr ausgeführte Verkleidung aus kunstvoll über- und nebeneinander geschichteten Steinen mit einzelnen vorstehenden Trittsteinen zum gefahrlosen Begehen der unter einem Winkel von fast 30 Grad geböschten Ablagerung. Im Laufe der Zeit ist die Außenseite durch Verwitterung und pflanzliche Besiedelung mit Algen, Flechten und Moosen dunkler geworden, so daß dieser Fremdkörper das Bild nicht mehr stört. Auf der ursprünglich vollkommen flachen Oberseite hat die Vegetation besser Fuß fassen können. Hier herrschen Erlen vor. Ein Teil wurde sogar als Wiese genutzt. Jetzt werden hier Hunde dressiert.

Der Geologe A. Kieslinger hat der natürlichen Begrünung dieser Halde eine eigene Studie gewidmet.

Die jahrzehntelang in Ruhe gelassene Halde wurde in neuester Zeit nutzbar gemacht. Das Material wurde für Aufschüttungen benötigt. Auch Mauersteine wurden daraus gewonnen. Namentlich für den Bau der Umfahrungsstraße von Bad Hofgastein (1955) hat man gewaltige Mengen entnommen und abtransportiert. Dadurch ist ein tiefer Graben entstanden, den man jedoch von der Straße aus kaum sieht. Leider ist dabei auch ein Teil der Verkleidung zerstört worden. Dem Geologen gibt dieser Aufschluß willkommene Gelegenheit, auch die tieferen Teile der Anschüttung und damit den Gesteinsbestand aus den nördlichen Tunnelkilometern kennenzulernen. Beim Ablichten mit der Ultraviolettlampe kann man hier das Wolframat Scheelit ( $\text{CaWO}_4$ ) und sekundäre Uranminerale finden.

Die im südlichen, mit 2,386 Kilometer bedeutend kürzeren Tunnelabschnitt gebrochenen Gesteine wurden zwischen dem Südportal und dem Seebach ausgebreitet, wo sie allerdings weniger auffallen und sich gleichfalls begrünt haben.

\*

Der Verfasser hatte bisher dreimal Gelegenheit, für wissenschaftliche Zwecke den Tauerntunnel zu begehen, zweimal in ganzer Länge von Süden nach Norden. Es war jedesmal ein Erlebnis. Erst beim

stundenlangen Durchwandern und Forschen erhält man den richtigen Eindruck von den technischen Leistungen, die hier bald nach der Jahrhundertwende in wenigen Jahren erbracht wurden, aber auch von der Leistungsfähigkeit dieses Tunnels. Das Nahen eines Zuges gibt sich durch stärkeren Luftzug kund. Der einfahrende Zug schiebt die Luft vor sich her. Erst einige Minuten später kann man die Lichter der Lokomotive sehen. Dann ist noch reichlich Zeit, sich in einer der vielen beiderseits verteilten Nischen in Sicherheit zu bringen. Man darf aber die Entfernung der rasch herankommenden Lichter nicht unterschätzen. Manchmal dauert es nur  $2\frac{1}{2}$  Minuten, bis der nächste Zug mit hundert Stundenkilometern vorbeirast und einen starken Sog erzeugt. Dazu kommt noch der Gegenverkehr. Man muß wachsam sein und immer wieder zurückblicken, um vor Überraschungen sicher zu sein. Dank zahlreicher, weithin sichtbarer Signalanlagen können gleichzeitig sechs Züge den Tunnel durcheilen. Das bisherige Maximum waren 303 Züge in 24 Stunden, im Jahresdurchschnitt 250 Züge. Der hier tätige Forscher kann nur die kurzen Pausen für seine Arbeit nützen.

#### Einschlägiges Schrifttum

- Angel, F., und Staber, R.*: Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 13, Wien 1952. (Mit geologischer Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes, 1:50.000.)
- Exner, Chr.*: Mallnitzer Rollfalte und Stirnfront des Sonnblick-Gneiskernes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 93. Band, Wien 1949.
- Exner, Chr.*: Geologische Karte der Umgebung von Gastein, 1:50.000. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1956.
- Exner, Chr.*: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1957.
- Grafische Darstellung der Quellen im Tauerntunnel. Mit Beilagen. Mappe „Quellen im Tauerntunnel“ im Forschungsinstitut Gastein.
- Internationale „Fachtagung für Gebirgsdruckfragen im Bergbau und Tunnelbau“, Leoben 1950. Urban-Verlag, Wien 1950.
- Job, C., und Mutschlechner, G.*: Zur Geochemie der Wässer im Tauerntunnel. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jahrgang 1969. Graz 1969.
- Job, C., und Mairhofer, J.*: Der Tritiumgehalt der Kalt- und Warmwässer im Gasteiner Raum. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jahrgang 1970. Graz 1970.
- Kieslinger, A.*: Die Begrünung der Halde des Tauerntunnels bei Bockstein (Salzburg). Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft, Band 81, Wien 1938.
- Mache, H., und Bamberger, M.*: Über die Radioaktivität der Gesteine und Quellen des Tauerntunnels und über die Gasteiner Therme. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturwiss. Klasse, Abteilung IIa, Band 123. Wien 1914.
- Scheminzky, F., und Stini, J.*: Die Überschulßwärme im Thermalstollen (Pasel-Stollen) von Badgastein/Bockstein, ihre Ausbreitung im Gebirge und ihre Herkunft. Geologie und Bauwesen, Jahrgang 24. Wien 1959.
- Stini, J.*: Tunnelbaugeologie. Springer-Verlag, Wien 1950.
- Zimburg, H. von.*: Die Geschichte Gasteins und des Gasteiner Tales. Wien 1948.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitt\(h\)eilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [112\\_113\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Mutschlechner Georg

Artikel/Article: [Der Tauerntunnel als Forschungsobjekt. 589-606](#)