

Baugeologie des Bauloses „Klamm“, Gasteiner Bundesstraße (Salzburg)

Hermann BRANDECKER & Rudolf VOGELTANZ, Salzburg*

mit 7 Abbildungen im Text und als Beilagen

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| I VORWORT | 28 |
| II GESCHICHTE, PLANUNG UND LINIENFÜHRUNG | 29 |
| III GEOLOGISCHE ÜBERSICHT | 32 |
| 1. Gesteine | 32 |
| 2. Tektonik | 32 |
| 3. Morphologie und Lockerböden | 34 |
| IV DER KLAMMTUNNEL | 36 |
| 1. Allgemeines und technische Daten | 36 |
| 2. Geologische Aufschlüsse im Tunnel | 36 |
| 3. Die Bergwasserverhältnisse | 39 |
| 4. Geotechnische Daten | 40 |
| V DIE KLAMMSTEINBRÜCKE | 41 |
| 1. Allgemeines | 41 |
| 2. Die Untergrundverhältnisse | 42 |
| 3. Die Gründung der Widerlager und Stützen | 42 |
| VI ZUSAMMENFASSUNG | 43 |
| VII ANHANG | 43 |
| VIII LITERATUR (Auswahl) | 44 |

Abbildungen:

- 1: Lageplan des Bauloses „Klamm“ der Gasteiner Bundesstraße B 167
- 2: Gasteiner Klamm, Felsstürze Paßhöhe
- 3: Klammtunnel, Gefügediagramm in der Klammkalkserie

Beilagen:

- A: Gasteiner Klamm, Geologisches Profil
- B: Klammtunnel, Geologischer Längenschnitt des Südportal-Bereiches
- C: Klammtunnel, generalisierter geologischer Längenschnitt
- D: Klammsteinbrücke, Geologisches Längenschnitt

* Die Klischeekosten der Beilagen wurden in dankenswerter Weise von der Salzburger Landesregierung getragen.

I. Vorwort

Die siebziger Jahre des gegenwärtigen Jahrhunderts sind in der verkehrsmäßigen Erschließung des durch seine Heilquellen und Naturschönheiten weltberühmten Gasteinertales von wesentlicher Bedeutung. Konnte doch im Februar 1974 das Kernstück der Gasteiner Bundesstraße B 167, die eigentliche Klammstrecke zwischen Gigerach (südlich von Lend) und Klammstein, bestehend aus dem fast 1,6 km langen Klammstunnel und der 114 m langen Klammsteinbrücke, dem Verkehr übergeben werden.

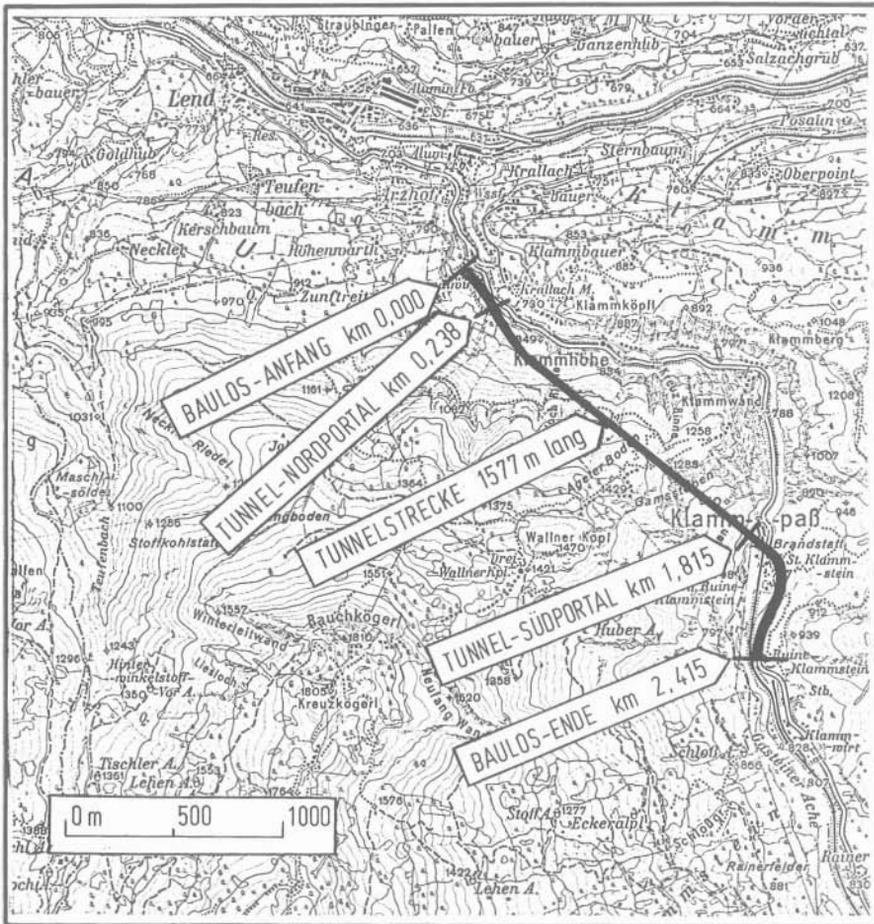


Abb. 1: Lageplan des Bauloses „Klamm“ der Gasteiner Bundesstraße B 167

Von der 12,6 km langen Anstiegsrampe vom Salzachtal bei der Mauth (rund 610 m NN) in das Gasteinertal bei Klammstein (rund 805 m NN) sind außerdem der Mauth-Tunnel und die Mauth-Brücke mit den anschließenden hohen Hanganschnitten, die einen außerordentlich großen Sicherungsaufwand erforderten, fertiggestellt. Die Großbauvorhaben Kenlach-Brücke und Gigerach-Brücke über die mehr als 50 m tiefe Klamm Schlucht sowie der doppelstöckige, ca. 160 m lange Gigerach-Tunnel sind in Bauvorbereitung. Als letztes Teilstück der Umfahrung von Lend und des Lender Berges soll noch in diesem Jahrzehnt das Straßenbaulos „Loifarn“ mit teils beträchtlichen und geologisch schwierigen Anböschungen der Steilhänge des rechten, südlichen Salzachufers beendet werden (Abb. 1).

Die beim Bau des Klamm-Tunnels und der südlich anschließenden Klammsteinbrücke (Baulos „Klamm“) angetroffenen geologischen Verhältnisse sind zum Teil recht aufschlußreich und verdienen ebenso wie die gewonnenen baueologischen Erfahrungen eine Publikation. Die beiden Autoren, die mit den geologisch-geotechnischen Vorgutachten betraut waren und auch die baueologische Betreuung der Baustellen innehatten, danken dem Amt der Salzburger Landesregierung (Landesbaudirektor Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Christian WILLOMITZER) für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse und für die Beistellung von Unterlagen. (Verzeichnis der mit der Projektierung, Bauleitung und Begutachtung befaßten Stellen siehe Anhang.)

II. Geschichte, Planung und Linienführung

Die erste intensivere Besiedlung des Gasteinertales erfolgte wahrscheinlich im 9. Jh., und zwar durch einen Zugang über den Drei-Wallner-Sattel (1421 m) westlich der Klamm. Im 13. Jh. wurde ab Schwarzach in der südlichen Talflanke, ungefähr entlang der Tauernbahn bis oberhalb des Lender Wasserfalles und von dort linksufrig der Gasteiner Ache, etwa der alten Klammstraße folgend, ein Saumweg angelegt. Der Aufschwung des Goldbergbaues veranlaßte die Gewerken des Gasteinertales Anfang bis Mitte des 16. Jh.s durch Sprengungen einen Fahrweg herzustellen, der mit dem Rückgang des Bergbaues allerdings wieder an Bedeutung verlor und daher dem teilweisen Verfall preisgegeben war. Erst die Eröffnung des Schienenweges zwischen Salzburg und Kärnten durch die Tauernbahn brachte in Verbindung mit den Heilquellen den enormen Aufschwung des gesamten Tales. Mit der raschen Zunahme der Motorisierung einerseits und des Wintersportes andererseits wurde auch die Notwendigkeit eines sicheren Straßenzuges immer vordringlicher. Dem Ausbau des alten Klammweges durch Verbreiterungen waren jedoch trotz umfangreicher Schutzmaßnahmen gegen Steinschlag, Eis- und Schneelawinen Grenzen gesetzt. Insbesondere der rapid ansteigende Durchzugsverkehr vom Norden nach dem Süden über die Tauernbahnschleuse verlangte einen leistungsfähigen und wintersicheren Straßenzug.

Nach verschiedenen Vorarbeiten vor dem 2. Weltkrieg wurden in den fünfziger Jahren umfangreiche Studien über Neutrassierungen im Klammbereich durchgeführt. Die großen Geländeschwierigkeiten und die damit verbundenen hohen Kosten standen jedoch der Realisierung eines Vollausbaues — nach damaligen Vorstellungen — im Wege. Heute ist diese Entwicklung zu begrüßen, weil die

seinerzeitigen Pläne keineswegs ein Optimum darstellten und mit ihnen vor allem die Sicherheit des Verkehrs nicht in befriedigendem Ausmaß hätte erlangt werden können.

Eine entscheidende Wende brachten erst die zielstrebigten Planungen und umfangreichen Untersuchungen in den Jahren 1968 bis 1970 durch das Amt der Salzburger Landesregierung und dessen Gutachter. Zunächst wurden im Raum Gigerach-Klammstein sieben Trassenvarianten entworfen und diese dem baugelogischen Berater zur Beurteilung vorgelegt. Diese Linien folgten im nördlichen Bereich im wesentlichen der bestehenden Straße; erst für den südlichen Abschnitt war u. a. auch eine Untertunnelung des Klammkalkzuges geplant. Schon die ersten Geländebegehungen und an kritischen Punkten (Tunnelportale) abgeteufte Kernbohrungen zeigten, daß alle diese Linien mit baugelogisch erheblichen Hindernissen belastet waren. So wurden beispielsweise in den Portalbereichen der zum Gelände sehr schleifenden Tunnelachsen mächtige Schuttmassen sowie im Gründungsbereich von notwendigen Ufermauern tiefreichende Seetonablagerungen festgestellt. Für auskragende Halbbrücken und Hangbrücken schließlich konnten infolge Unterschneidung durch Klüfte für die Pfeilerfundierungen keine verläßlichen Aufstandsflächen gefunden werden bzw. wären diese sowie die hohen Anschnitte in Fels- und Schuttlehnen nur durch sehr aufwendige technische Sicherungsmaßnahmen zu beherrschen gewesen. Außerdem hätten alle sieben Varianten das wesentlichste Problem der Gasteiner Klamm ebenfalls nicht befriedigend gelöst, nämlich den Schutz gegen Felsstürze, was im April 1970 eindrucksvoll und nachhaltig demonstriert wurde. Damals lösten sich (wohl unter der Wechselwirkung von Frost und Tau sowie durch hydraulischen Schub des Kluftwassers) aus der Steilwand oberhalb der Paßhöhe längs wandparalleler Klüfte ganze Wandteile (siehe Abb. 2). Nur dem Zufall war es damals zu danken, daß dabei lediglich geringer Sach- und Personenschaden verursacht wurde. Eine weitere latente und kaum unter Kontrolle zu bringende Gefahr bestand in einer Riesenkluft beim sogenannten „Stinkofen“; dort droht ein mehrere tausend Kubikmeter großer Felskopf unmittelbar oberhalb der Straße abzustürzen.

Die Beobachtungen über die weit fortgeschrittenen und unaufhaltsamen Deformationen der hohen, teils überhängenden Felswände der Gasteiner Klamm veranlaßten schließlich den geologischen Gutachter, von offenen Linienführungen abzuraten, da hierfür selbst schwere Steinschlagdächer keinen ausreichenden Schutz gewährleisten. Daher wurde seitens des Gutachters (Dr. BRANDECKER) empfohlen, den gesamten Klammzug mittels eines rund 1,6 km langen Straßentunnels westlich der Klamm zu durchfahren. Es ist der Weitsicht der Verantwortlichen des Bundesministeriums für Bauten und Technik und des Amtes der Salzburger Landesregierung zu danken, daß sie diesem Vorschlag trotz der Mehrkosten gegenüber den anderen Varianten ihre rasche Zustimmung gaben, und so konnte das Bauvorhaben nach nur 24monatiger Bauzeit (Tunnelbaukosten 216 Mio, Brückenkosten rund 20 Mio S.) fertiggestellt werden.

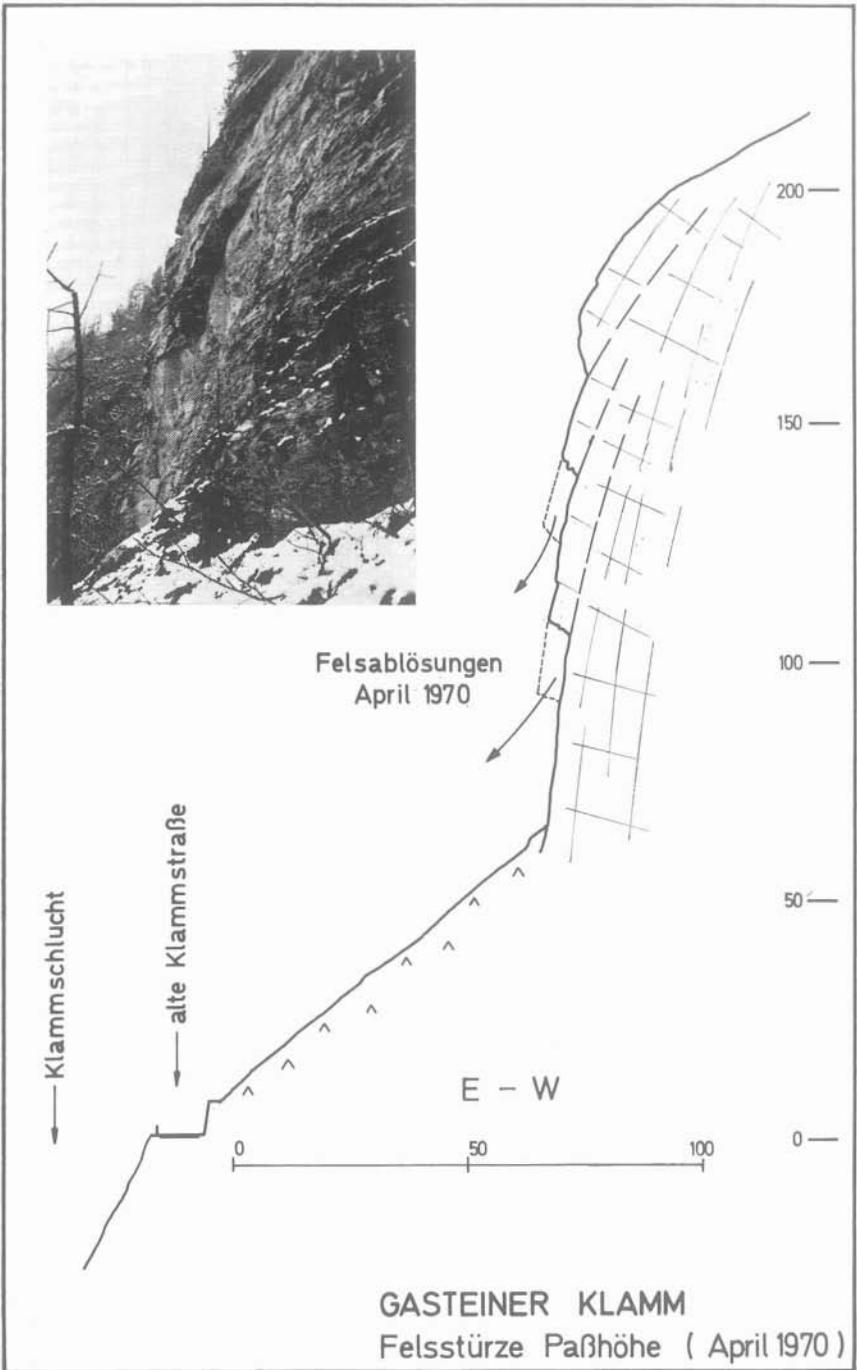


Abb. 2: Gasteiner Klamm, Felsstürze Paßhöhe

III. Geologische Übersicht

Der hier besprochene Bauabschnitt liegt im Bereich der Klammzone, die sich in ENE-WSW-Richtung erstreckt und zwischen Lend und Klammstein eine Breite von etwa 2,5 km aufweist. Die bedeutendsten Höhen im Westen der tief eingekerbten Klamm sind der Wallnerkopf (1470 m), das Rauchkögl (1810 m), die Gamsstuben (1288 m) und die Klammwand (1258 m).

I. GESTEINE

Der gesamte Klammzug wird im wesentlichen von drei Kalkzügen aufgebaut, zwischen denen breitere Zonen von karbonatischen Schiefen bis Phylliten („Kalkphylliten“), die hier lithologisch den schwarzen Phylliten der Bündnerschiefererie sehr nahe stehen, sowie Serizitschiefer (mit Übergängen zu grünen Phylliten und Serizitquarziten) eingeschaltet sind.

Nicht alle diese Gesteine sind obertags aufgeschlossen, so etwa der von BRAUMÜLLER (1939, S. 48 ff.) aus dem Gebiet des Rauriser und des Fuscher Tales beschriebene, auch im Klammstunnel und in den Kraftwasserstollen der SAG Lend (FISCH 1932, HORNINGER 1944) angetroffene Chloritquarzitserizitphyllit, der hier mit dem Klammkalk vergesellschaftet ist und von FRASL (1958) ebenfalls zur Bündnerschiefererie gezählt wird. Eine genauere Beschreibung der beim Tunnelbau angetroffenen Gesteinsserien, insbesondere des durch seine Stengel- oder Scheitertextur typischen Klammkalkes und dessen Variationen bis zum Klammphyllit (TRAUTH, 1925 und 1927), erfolgt im Abschnitt IV.

Die innerhalb des Baubereiches vorhandenen Lockerböden sind auf die Talweitung des Gasteinertales oberhalb der Klammstrecke beschränkt und wurden daher nur beim Tunnel-Südportal und bei der Gründung der Klammsteinbrücke vom Baugeschehen berührt.

Es handelt sich hauptsächlich um

- a) würmeiszeitliche Moränen und ältere Schotterreste in tieferliegenden Hanglagen;
- b) spät- bis postglaziale Stauseeablagerungen (Seetone) und mit diesen verzahnende fluviatile Sedimente (meist Sande);
- c) ältere und jüngere, z. T. rezente Bergsturzmassen und Hangschutt;
- d) junge bis rezente Fluß- und Schuttkegelablagerungen (Hochflutsande und Schotter z. T. verlehmt) und schließlich um
- e) künstliche Aufschüttungen, bestehend aus Ausbruchmaterial des naheliegenden Klammstunnels der Tauernbahn.

2. TEKTONIK

Die tektonische Stellung und Einwurzelung der hauptsächlich aus stengeligen oder mehr oder minder verschieferten Kalken, Kalkphylliten, Schwarzphylliten und grünen Schiefen bis Phylliten bestehenden Klammserie ins Unterostalpin (Radstädter Einheit) oder in das Penninikum ist noch immer umstritten, wenngleich jüngere geologische Aufnahmen ziemlich eindeutig (bes. durch FRASL, 1958, und MOSTLER, 1963, S. 133—134) auf eine Zuordnung in das Pennin der Tauernschieferhülle schließen lassen.

Die durch den Tunnelausbau erhaltenen Aufschlüsse, aber auch die für die Straßenbauvorhaben im Raume Mauth-Gigerach durchgeführten Bohrungen bestätigen indessen die enge Verknüpfung der größtenteils als mesozoisch anerkannten karbonatischen Klammgesteine mit den kalkigen Serien der Bündnerschiefer, aber auch mit Ophioliten, u. a. mit Serpentin und Diabas bei der Kenlachbrücke. So konnten an verschiedenen Stellen lithologische Übergänge zwischen Klammkalken und dessen Variationen oder Klammphylliten und schwarzen, teilweise auch grauen Phylliten des Rauriser Typus beobachtet werden. Allerdings sind zwischen den stengelig ausgewalzten Klammkalken und den schwarzen Phylliten verschiedentlich (z. B. längs der alten Klammstraße bei Gigerach) auch scharfe, störungsbedingte Grenzen wahrzunehmen, die einen primären Kontakt in Zweifel ziehen könnten.

Zu der in letzter Zeit lebhaft diskutierten Nordgrenze der penninischen Tauernschieferhülle kann auch auf Grund baueologischer Untersuchungen ein Beitrag geleistet werden. Zwar liegt das Baulos „Klamm“ noch innerhalb der Klammserie, aber das Gesamtbauvorhaben reicht im Nordosten bei der Mauth (zwischen Lend und Schwarzach) bis in die Grauwackenzone hinein. Dort sind im steilen rechten Hang des Salzachtales auf engem Raum hellgelbliche brekziöse Dolomite bis Dolomitsande und rosafarbige Bänderkalke der Radstädter Zone in steil N-fallender Position mit graugrünen, z. T. stahlgrauen Phylliten (wahrscheinlich Schieferhülle) und dem schon erwähnten Serpentin in offensichtlich gestörtem, also tektonischem Kontakt. Südlich, im Liegenden des über mehrere Kilometer sich erstreckenden Dolomitzuges, wurden in 30 bis 45 m langen Horizontal- und Schrägbohrungen (für Verankerungen und Entwässerungen) ebenfalls die schwarzen Phyllite — ähnlich wie im Klammtunnel — in sedimentärem Verband mit mehr oder minder verschieferten, typischen Klammkalken erbohrt.

Sieht man von den kompakteren Klammkalken ab, sind die Gesteine außerordentlich zerdrückt und mylonitisiert. Diese Zerlegung steht eindeutig in Zusammenhang mit der steil nordfallenden Tauernnordrand-Störung (Salzachtalstörung), die auch hier (VON MOSTLER, 1964, schon näher beschrieben) durch einen mehrere Zehnermeter breiten, dunkelgrauen bis tiefschwarzen, tonigen Mylonit sehr deutlich markiert ist. Der Mylonitstreifen verläuft etwa entlang der Achse der neuen Mauthbrücke, schwenkt jedoch beim Widerlager Schwarzach nach Süden und beim Gasteiner Widerlager nach Norden ab.¹

Die Bauaufschlüsse bestätigen damit die besonders VON FRASL (1958) vertretene tektonische Position der Klammserie, nämlich enge Verknüpfung der Klammkalke und dessen Spielarten mit dunklen Phylliten des Rauriser Typus, also der Bündnerschieferserie. Übergänge der Klammserie zu den Karbonatgesteinen der unterostalpinen Radstädter Einheit wurden dagegen nicht festgestellt, vielmehr sind zu diesen Gesteinen deutliche Grenzen durch meist mehrere Meter breite

¹ Der genaue Verlauf der Störung ist aus dem Gutachten H. BRANDECKER (1969) ersichtlich. Der Mylonitstreifen wurde außerdem im Sommer 1974 von A. ASCH im Raume St. Johann—Wagraim im Rahmen einer geologischen Kartierung verfolgt. H. BRANDECKER konnte seine östliche Fortsetzung in der Gegend von Reitdorf (nördlich Flachau) finden, wo derzeit größere Abzugsarbeiten für die Tauernautobahn durchgeführt werden und dort nicht zuletzt deshalb große Schwierigkeiten bezüglich der Standsicherheit der Böschungen auftreten.

Störungen vorhanden. Die hauptsächlich erst nördlich der Salzach anstehenden Gesteine der Grauwackenzone sind, zumindest im Untersuchungsraum, sowohl von der Radstädter Einheit als auch von den penninischen Serien durch den oben beschriebenen Mylonit sehr deutlich getrennt. Der interne tektonische Bau der Klammzone wird im Abschnitt IV näher behandelt. Er zeichnet sich durch eine weitgehend einheitliche Lagerung des Flächen- und Achsengefüges mit etwa E-W bis ESE-WNW streichenden Strukturen aus. Dem alpinen Bau entsprechend, wirkte sich die allgemein bekannte N-S-Einengung besonders am Nordrand der Tauern durch lebhafte Verwalzung und Verschuppung aus. Über die Raumstellungen der Hauptkluftscharen geben das beiliegende Kluftdiagramm (Abb. 3) und die Erläuterungen im Abschnitt IV näher Auskunft.

3. MORPHOLOGIE UND LOCKERBÖDEN

Der vorwiegend aus kompaktem Klammkalk bestehende Klammzug ist in anschaulicher Weise nach den Hauptkluftsystemen und den dazu parallel verlaufenden Störungen zerlegt. Zu dieser tektonischen Vorzeichnung kommt noch die glaziale und fluviatile Erosion, an der noch heute die Gasteiner Ache arbeitet. Sie folgt im Klamm-Südteil zunächst der steilen Nord-Süd-Kluftschar (K 1), ab etwa Klammmitte der Kluftschar K 2 bzw. dem flachen Streichen und den Linearen der B-Achsen. Die Ausbildung einer ausgeprägten, rund 150 m hohen Stufenmündung der Gasteiner Ache in die in weichen Grauwackengesteinen oder in der Tauernnordrandstörung liegenden, stark eingetieften Salzach steht in Zusammenhang mit dem Härteunterschied zu den kompakten Klammkalkzügen. Die Auskolkungen in den Härtlingsgesteinen, den Klammkalken, sind bis über die Klammpaßhöhe (834 m) hinaus zu beobachten; in den polierten Strudellöchern des Flußbettes zeichnen sich die vielseitigen und typischen Verfaltungen der Klammkalke gut erkennbar ab. Die steilen, teilweise sogar überhängenden Felswände in der Klammstrecke verlaufen weitgehend im Streichen markanter Kluftsysteme.

Über die geologische Entwicklung des Talbodens südlich des Klammeinganges haben die Bauarbeiten für die Gasteiner Straße bemerkenswerte Erkenntnisse gebracht. Es ist zwar bekannt, daß zwischen dem mittleren Hauptkalkzug und dem dritten, südlichsten Kalkzug Phyllite eingefaltet sind, daher war dort neben der Talausweitung auch eine Taleintiefung zu vermuten; sie war jedoch nicht im jetzt bekannten Ausmaß zu erwarten. Die im Zuge der verschiedenen Bauvorhaben (Klammsteinbrücke alte und neue Situierung, Klammsteintunnel-Nordportal) bis 50 m Tiefe niedergebrachten Rotationskernbohrungen haben nämlich weder in Talmitte noch am rechten Talrand (beim Klammsteintunnel-N-Portal) den Felsuntergrund erreicht. Wie aus den Beilagen A und D ersichtlich, liegt eine sehr beträchtliche (mehr als 70 m?) Übertiefung gegenüber der Felschwelle im südlichen Drittel der Klammstrecke vor. Zwar hat die glaziale und fluviatile Ausräumung in den weicheren Schiefen und Phylliten leichtes Spiel gehabt; in den harten, oft an Kieselsäure reichen Klammkalken der gegen Norden schmaler werdenden Klamm jedoch war der Widerstand sicherlich erheblich. Die durch Störungen und Klüfte (vielleicht auch durch Verkarstung?) begünstigte Erosion der Klammkalkzone muß aber auch durch bis in geologisch junge Zeit stattgefundene Hebungen ganz wesentlich gefördert worden sein.

Nach jüngsten und durch Messungen entlang der Tauernbahn auch zahlenmäßig belegten Beobachtungen erreichen die Hebungen am Südrand des Tauernfensters 1,2 mm pro Jahr. (E. SENFTL und Chr. EXNER, 1973.) Selbst wenn die Bewegungen im Norden geringer waren, ergeben sich seit dem Pleistozän beträchtliche Beträge, wobei auch Teilbewegungen zwischen den Klammkalken und der unteren Schieferhülle eine Rolle gespielt haben könnten. Für die noch in der Würmeiszeit stattgefundenen Ausräumung und Aushobelung des fjordartigen Beckens spricht schließlich die offenbar fehlende glaziale Vorbelastung der schlufftonigen Stausedimente.²

An der Auffüllung des Talbodens sind hauptsächlich spät- bis postglaziale Seetone (nach der Körnung tonige Schluffe und Feinsande, in rascher Wechsellage verzahnt oder in Übergängen zueinander) als sedimentierte Schlammtrübe der Gletscherwässer beteiligt. Wie die Aufschlüsse für den Tunnelvortrieb zeigten, reichen an der linken Talflanke die von Moränen unterlagerten und mit Bergsturz- und Hangschuttmaterial verzahnten pelitischen Stausedimente noch ca. 15 m über die derzeitige Talsohle in eine Höhe von etwa 805 m NN. Eine palynologische Bestimmung ihres Alters durch Frau Dr. I. DRAXLER (Geologische Bundesanstalt, Wien), der hierfür bestens gedankt sei, blieb leider ohne Erfolg, da die Proben steril waren.

Mit der allmählichen Tieferlegung der stauenden Felsschwelle infolge Zerschneidung durch den Fluß gelangten über den zum großen Teil wieder ausgeräumten Seetonen gröbere Sande zur Ablagerung, die vor allem im Bereich der rechten Talwanne mit Schuttkegelmateriale verzahnen. Die Durchsägung der sich hebenden Felsschwelle hatte aber auch eine teilweise Ausräumung der im Bereich des Tunnel-Südportals liegenden mächtigen Bergsturz- und Hangschuttmassen zur Folge. Ihre Ablagerung ist einerseits mit der über die „Gamsstuben“ verlaufenden störungsbedingten Runse und dem Auftreten weicherer Phyllite in Verbindung zu bringen, andererseits durch die lebhafteste, z. T. noch heute andauernde Bergsturzaktivität der dort steilen Felsflanken bedingt. Der für den Tunnel ungünstige, weil weit unter Gelände liegende Verlauf der Felsoberfläche konnte bereits vor Baubeginn durch seismische Untersuchungen recht zutreffend ermittelt werden, wengleich der Fels zunächst flacher verlief als vermutet. (Siehe Beilage B.)

² Eine sehr ähnliche Situation liegt im Bereiche des Salzachdurchbruches durch das Tennen- und Hagengebirge südlich der Salzachhöfen (südlich von Golling) vor. Anlässlich der Errichtung der Autobahnbrücke über Salzach, Bundesbahn und Bundesstraße konnten die vorgenommenen Aufschlußbohrungen sogar in 50 m Tiefe noch keinen Fels erreichen, so daß auch dort ein Anstieg der Felssohle flußabwärts von mindestens 40 m auf eine Entfernung von rund 2 km vorhanden sein muß. Wie bei Klammstein ist auch im Salzachtal der enge Talschlauch von bindig-plastischen Seetonen bis nahe unter das heutige Gelände aufgefüllt; schluffige Feinsande der oberen Verlandungsphase des ehemaligen schmalen Gletschersees reichen sogar noch bis rund 20 m über den heute von Bahn und Bundesstraße beanspruchten Talboden. Es zeigt sich also auch hier, daß an der Übertiefung des Tales nicht nur junge Hebungstektonik, sondern in hohem Maße auch die Glazialerosion (und auch Verkarstung?) beteiligt gewesen sein muß.

IV. Der Klammtunnel

1. ALLGEMEINES UND TECHNISCHE DATEN

Der 1577 m lange Klammtunnel ist der bisher fünfzlängste Straßentunnel Österreichs. Sein Ausbruchsquerschnitt beträgt 77 m², wobei die Ausbruchsbreite des Hufeisenprofils 11,5 m und die Ausbruchshöhe 7,80 m (ohne Sohlgewölbe) bzw. 9,60 m (mit Sohlgewölbe) betragen. Die lichte Höhe bis zur Zwischendecke beträgt 4,60 m. Die Umkehrnische in Tunnelmitte ist 30 m lang und 26,5 m breit. Der Tunnel steigt mit 2,17% gegen Süden, der Südportalbereich liegt in einer Kuppe, ca. 1200 m der Strecke verlaufen in einer Geraden, der kleinste Kurvenradius (im Nordportalbereich) beträgt 350 m.

Von den rund 280 Mio. Schilling Gesamtbaukosten für das Baulos „Klamm“ entfallen allein 216 Mio. Schilling auf den Tunnel.

Der bergmännische Vortrieb erfolgte von Norden nach Süden im 1418 m langen Klammkalk-Klammphyllit-Trum nach kürzeren, jedoch hohen Voreinschnitten, die umfangreiche Sicherungen verlangten. Von Jänner bis Mai 1972 wurde zunächst ein Sohlstollen von 8 m² Ausbruchsquerschnitt geschlagen, der arbeits-technische Vorteile, einen gebirgsschonenden Ausweitungsbruch und bessere Bewetterung für den Vollaushub brachte. Von Juli bis Dezember 1972 wurde der Vollaushub mit einer maximalen Tagesvortriebsleistung von 21 m und einer mittleren Vortriebsleistung von 17,5 m/Tag durchgeführt. Für den insgesamt 113.000 m³ umfassenden Felsausbruch wurden 110 t Sprengstoff benötigt, und zwar Tunnelit 3 für die Kranzschüsse und Gelatine-Donarit 1 für den Kernausbruch. Daraus ergibt sich für den Klammkalk und den Klammphyllit ein mittlerer spezifischer Sprengstoffverbrauch von 0,97 kp/m³. Das Überprofil betrug im Mittel ca. 5 m², das sind etwa 6,5% des theoretischen Ausbruchprofils.

Von März bis September 1972 wurde das 137,5 m lange Lockermassen-Trum beim Südportal von obertags in vier Etappen vorgetrieben: Kalotte, Strossen I und II, Sohlgewölbe, wobei einschließlich der sofort folgenden Ausbruchsicherung eine mittlere Vortriebsleistung von 1,4 m/Tag erreicht wurde.

2. GEOLOGISCHE AUFSCHLÜSSE IM TUNNEL

Das vom Tunnel in einer Seehöhe von ca. 800 m durchhörte Gebirge zeigte einen im großen und ganzen einfachen und gut durchschaubaren Aufbau. (Es sei jedoch schon jetzt vorweggenommen, daß dieser Großaufschluß keine Anhaltspunkte für eine neue Interpretation des tektonischen Werdegangs des Klammkalkzuges lieferte, wie dies von FISCH (1932) und SCHWINNER (1933) auf Grund der beim Bau des SAG-Triebwasserstollens entstandenen Aufschlüsse versucht wurde.)

Beim Tunnelvortrieb wurden folgende Gesteinsserien angetroffen:

A. Klammkalk — Klammphyllit — Trum

Diese beiden im Verlauf dieses 1418 m langen Trums mehrmals wechselnden Felsarten, sind z. T. durch Störungen getrennt, z. T. aber gehen sie ohne erkennbare Grenzen ineinander über (siehe Längenschnitt, Abb. 4). Daraus ist ihre strati-

graphisch-fazielle Verknüpfung zu erkennen. Der durch einen höheren Hellglimmer-Anteil ausgezeichnete Klammphyllit stammt von einem mergeligen Sediment, wogegen die kompakten, bisweilen auch quarzreichen Typen des Klammkalkes auf Ablagerung von kalkig-sandigen Sedimenten schließen lassen. Zwischen diesen beiden Ausbildungen treten verschiedene weitere Varianten auf, wie „Klamm-schiefer“, bei dem es sich um ein graues bis dunkelgraues, serizitisches und vor allem stark kieseliges Gestein handelt, in dem sich auch Einlagerungen von Calcit- und Quarzfasern finden, welche eine intensive Verfaltung anzeigen. Ferner finden sich auch schwarze, graphitführende Phyllite, meist ohne scharfe Abgrenzung zu den dunklen Klammkalken.

Die nicht immer ausgeprägten „s“-Flächen (Schieferung im allgemeinen) streichen generell in ESE-WNW-, z. T. auch in NW-SE-Richtung und fallen mittelsteil bis steil gegen NNE bzw. NE ein; örtlich treten auch saigere und steil südfallende, gelegentlich sogar — bautechnisch ungünstigere — nahezu söhliche Lagerungen auf. Der Großteil der Klammkalke ist aber durch Rotation um ca. 10 bis 20° westfallende (260 — 285/10 — 20) Faltenachsen zu typischen B-Tektoniten verformt, wobei sich die intensive Zerschörung bis ins Detail verfolgen läßt. Die Verfaltungen, Stauchungen u. dgl. sind übrigens durch das gehäufte Auftreten von Calcit-Quarz-Fasern markiert.

Die Klüftung der Klammkalke weist überwiegend streng geregelte Raumstellungen auf, die in drei Hauptklüftscharen vorliegen (siehe Abb. 3):

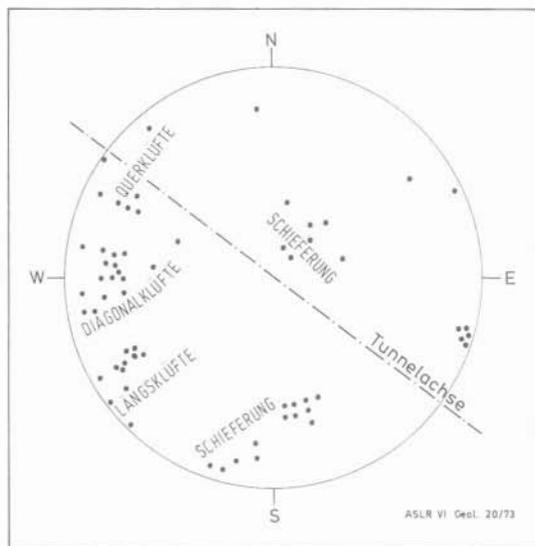


Abb. 3: Klamm-tunnel, Gefügediagramm in der Klammkalkserie

Klüftschar 1

Einfallen mit 75—90° gegen SW-WSW. Im geraden Haupttrum des Tunnels traten sie daher als „Längsklüfte“ auf. Ihre Länge beträgt selten mehr als 1 m, ihr Normalabstand etwa 5—10 cm und der Durchtrennungsgrad rund 50%. Da auch die Klüfte dieser Schar fast immer geschlossen sind, war ihr Einfluß auf die Standfestigkeit des Gebirges im Tunnel ohne große Auswirkung und sie erforderten nur vereinzelt eine Nagelung der Ulmenbereiche.

Kluftschar 2

Einfallen mit $60-90^\circ$ gegen NW, daher im Tunnel als „Querklüfte“ auftretend. Sie sind 0,5 bis 3 m lang, haben einen Normalabstand von 10—50 cm und einen Durchtrennungsgrad von 60—70%. Auch diese Schar war tunnelbautechnisch größtenteils belanglos; nur in enger gescharten Bereichen verlangte das Gebirge eine rasche Verkleidung durch mit Baustahlgitter bewehrten Spritzbeton.

Kluftschar 3

Bei einem Einfallen mit $50-90^\circ$ gegen W pendeln sie manchmal um die Vertikale und schneiden die Tunnelröhre schräg (diagonal) an. Im geraden Tunneltrum treten sie als „Diagonalklüfte“ auf. Mit Längen von mindestens 3 m verlaufen dieser Schar angehörige Klüfte meist über die gesamte Laibung. Größtenteils sind sie geschlossen, nur stellenweise 5—10 cm geöffnet und gelegentlich durch Auslaugungen zu schmalen Karstschläuchen erweitert, manchmal mit Lehm gefüllt oder durch Calcit verheilt. Des öfteren weisen sie deutlich gestrieme Grobhornische auf, welche stattgefundenen Bewegungsvorgänge nahe der Tauernnordrandstörung anzeigen.

An einigen Stellen kommt es durch Pendeln des Einfallens um die Vertikale und leichtes Verschwenken des Streichens gegen NNE-SSW zur Ausbildung von Klüftkreuzen innerhalb dieser Schar, wodurch nicht nur eine intensivere Zerstückelung des Gebirges entsteht, sondern auch an solchen Stellen stärkerer, bald nach dem Auffahren des Gebirges jedoch abklingender Bergwasserandrang festzustellen war. Das Auftreten der schräg zur Tunnelachse verlaufenden Kluftschar K₃ ist in der Nähe von Großstörungen, die ebenfalls diesem System zuzuordnen sind, gehäuft. Auch die tektonische Grenzfläche zwischen Klammkalk und Chloritquarzscherziphyllit verläuft parallel zum System K₃. Im übrigen waren auch die Klüfte dieser Schar sicherungstechnisch nicht schwierig und gut beherrschbar.

Zur zeitlichen Folge der Entstehung der Klüfte kann bemerkt werden: K₁ und K₂ sind zuerst und gleichzeitig entstanden; kein System versetzt das andere. K₃ dominiert als jüngerer System die beiden anderen Kluftsysteme mit deren vollständiger Durchtrennung und Versetzung um Beträge von 10 und mehr Zentimeter.

Die im Klammstollen gemachten Beobachtungen über Klüftung und Faltung entsprechen weitgehend den Beschreibungen von FISCH (1932) im SAG-Stollen und jenen von EXNER (1952) im südlichen Gasteiner Tal. SCHWINNER (1933) interpretiert den vom Klammstollen durchhörten Gebirgszug als aufrechtes Faltenbündel mit senkrecht einfallenden Achsen im Sinne einer durch Blattverschiebung entlang der Tauernnordrandstörung verursachten Schlingentektonik. Für diese Vorstellung ließen sich weder im Tunnel noch obertags im engeren und weiteren Umkreis des Klammkalkzuges der Gasteiner Klamm Beweise finden; die streng parallel orientierten und vielfach klar erkenn- und einmeßbaren Linearen (ESE-WNW streichend und $10-20^\circ$ gegen WNW fallend) zeigen deutlich die tatsächliche, dem generellen Ostalpenstreichen weitgehend parallele Lage der Faltenachsen an.

B. Chloritquarzscherziphyllit — Trum

Der von BRAUMÜLLER (1939, S. 48 ff) aus dem Gebiet des Rauriser und des Fuscher Tales und von FISCH (1932) aus unserem Gebiet eingehend beschriebene Chloritquarzscherziphyllit gehört ebenso wie die Klammkalk-Schwarzphyllit-Serie MOSTLERS zur penninischen Bündnerschiefer-Serie (FRASL 1958).

Der Sohlstollenvortrieb wurde mit Erreichen dieses Gesteins bei Baulos-km 1,668 eingestellt, der Vortrieb von Süden erreichte es bei km 1,708. Die Tunnelsohle verlief auf dieser 40 m langen Strecke über ein buckelig-welliges, altes Erosionsrelief, das umgelagerte Moränen und Bergsturzmassen bedecken. Der hellgrüne, z. T. bräunliche und weißliche Chloritquarzscherziphyllit ist entlang

des Tunnelaufschlusses intensivst durchbewegt und (diaphthoritisch?) vertakt. Seine linsig zerscherten Schieferungsflächen fallen mit ca. 30° gegen SE ein und überprägen möglicherweise früher vorhanden gewesene Gefüge-Elemente.

C. Grenze Klammkalk | Chloritquarzserizitphyllit

Bei Baulos-km 1,668 (= Tunnelstation 1,430) stoßen die beiden Gesteine entlang einer steil SW-fallenden, über die gesamte Laibung verfolgbaren, im Grundriß und im Längenschnitt wellenförmigen Grenzfläche scharf aneinander. Die Trennfuge ist durch einen 2—4 cm dicken, grauen, tonig-glimmerigen Reibungsletten verschmiert, in dessen feinkörniger Grundmasse cm-große Fetzen von grünem Phyllit schwimmen. Stellenweise schwillt dieser Letten zu einer bis 15 cm mächtigen, tektonischen Brekzie boudinagenartig an. Die diskordant zueinander stehenden Schieferungsflächen der beiden Gesteinsarten (Klammkalk: steil nordfallend; Chloritquarzserizitphyllit: flach südostfallend) sind bereits unmittelbar an der Trennfuge ohne sichtbare Störung entwickelt und setzen sich ebenso nach Norden bzw. Süden fort. Die Kontaktflächen sind trocken.

D. Lockermassen

Gegen das Südportal des Klammtunnels wurden ab der Station 1,668 (Baulos-km) auf eine Länge von 177 m im wesentlichen folgende Lockerböden durchörtet (vgl. Beilage B):

- a) Hangschutt und Bergsturzmassen älterer Herkunft aus den Südabhängen des durchfahrenen Felsriegels, der sogenannten „Gamsstuben“. Diese Lockermassen überdecken die buckelige Oberfläche des dort in etwa Tunnelsohle anstehenden Chloritquarzserizitphyllites.
- b) Würm-Moräne, z. T. umgelagert und mit fluvio-limnischen Stausedimenten durchsetzt (vgl. Abschnitt III/3).
- c) Junges, postglaziales Bergsturzmaterial mit Riesenblöcken bis zu 10 m³, ausschließlich aus Klammkalk bestehend.
- d) Lehmig-grusig-steiniger Hangschutt, der stellenweise noch heute die steile Schuttrinne überstreut und zu Hangkriechen neigt.

3. DIE BERGWASSERVERHÄLTNISSE

Der Andrang von Bergwasser war während des Vortriebs sehr gering, was einerseits mit der Drainagewirkung durch die schon im Klammkalkstock bestehenden Hohlrumbauten der ÖBB, der TKW und der SAG Lend zusammenhängt, andererseits aber auch auf die Klüftigkeit und teilweise Verkarstung des Gebirges sowie auf die Vorflut in die Schlucht zurückzuführen sein dürfte. Überwiegend war das Bergwasser an Klüfte gebunden, seltener an Schieferungsflächen. Als wasserführend erwiesen sich besonders die Großklüfte des Systems K 3 sowie die Kluffkreuze. Der Andrang war meist kurzfristig und betrug bei den einzelnen Austrittsstellen durchschnittlich nur einige Sekundelliter. Zu stärkeren Regenfällen, die sich im Tunnel deutlich bemerkbar machten, bestand im mittleren Abschnitt der Röhre ein Gangunterschied von ca. 1—1,5 Tagen. Eine permanente Tropfwasserstelle mit 1—2 l/sec Dauerschüttung liegt bei Baulos-km 0,860, wo das Wasser aus einem Kluffkreuz von der Firste und den Ulmen abgeschlaucht und in die Tunnelndrainage eingeleitet wird. Von den stärkeren Tropfstellen wurden Wasserproben nach ÖNORM B 3305 auf Beton-

aggressivität mit negativem Ergebnis untersucht. Radioaktive oder thermale Wasser, die beim tiefer und nördlicher liegenden TKW-Stollen angefahren wurden, traten im Klammstunnel nicht auf.

Erwartungsgemäß waren die Strecken im Klammphyllit und Klammstiefer trockener als jene im Klammkalk.

4. GEOTECHNISCHE DATEN

A. Gebirgsgüte-Klassifizierung (nach RABCEWICZ-PACHER)

Von den sechs Gebirgsgüteklassen wurden im Klammstunnel die ersten fünf in folgendem Ausmaß angetroffen (Tabelle I):

Tabelle 1: Gebirgsgüteklassen

| Gebirgsgüteklasse | Lt. Prognose bzw. Ausschreibung (%) | Tatsächlicher Anteil an der Tunnel-Gesamtlänge (%) | Aufgefahrene Gebirgsarten |
|-------------------|-------------------------------------|--|--|
| I und II | 74,5 | 79,1 | Klammkalk und Klammphyllit z. T. |
| III | 11,8 | 11,0 | Chloritquarzeritphyllit und Klammphyllit z. T. |
| IV V | 3,2 10,5 | 2,4 7,5 | Lockermassen |
| | 100,0 | 100,0 | |

B. Ausbaumaßnahmen

Die Sicherungen erfolgten nach der neuen österreichischen Tunnelbauweise, bei der durch Versetzen von Ankern und einer elastischen, mit Baustahlgitter verstärkten Spritzbetonverkleidung das Gebirge zum Mittragen herangezogen wird. Entsprechend den Ausbau-Richtlinien für die verschiedenen Gebirgsgüteklassen wurden im Klammkalk-Klammphyllit-Trum nachstehende Maßnahmen durchgeführt:

- durchgehender Kopfschutz durch Firstverzug mit Spritzbeton von 7 cm Stärke (ohne Rücksicht auf die Gebirgsgüteklasse); einzelne Felsnägel in einigen Metern Abstand nach dem Ausbruch (Gebirgsgüteklasse I);
- Felsnägel und Spritzbeton nach dem Ausbruch (Gebirgsgüteklasse II);
- Systemankerung und z. T. armierter Spritzbeton im vollen Profil (Gebirgsgüteklasse III).

Der mürbe Chloritquarzeritphyllit erforderte folgende Ausbaumaßnahmen: Systemankerung, Stahlbögen, armierter Spritzbeton, z. T. Sicherung der Ortsbrust mit Spritzbeton und manchmal etappenweiser Vortrieb.

Bergdruckerscheinungen traten im felsigen Gebirge nur an einer einzigen Stelle auf, und zwar zwischen Baulos-km 1,115 und 1,125. Sie machten sich durch Abschalen von cm-dünnen Platten an beiden Ulmen im dort weitgehend kompakten Klammkalk unangenehm bemerkbar. Der Ort fällt genau mit der größten

Gebirgsüberlagerung des Tunnels von ca. 510 m zusammen. Das Abschalen konnte durch Spritzbetonversiegelung beherrscht werden.

Die Lockermassen waren infolge ihrer stark schwankenden Körnung (Schluffton bis Riesenblockwerk), ihrer unterschiedlichen Kohäsion und teilweise hohen Bergfeuchtigkeit schwierig zu durchhörtern. Sie zwangen den bergmännischen Vortrieb zu etappenweisem Ausbruch (an der Brust nur in Teilflächen) mit sofortiger Stützung durch Stahlbögen und Verzugsdielen im Abstand von 0,5—1,5 m, 30 cm starkem armiertem Spritzbeton und zusammen 581 Alluvial-Injektionsankern von 4—6 m Länge, vollem Spritzbetonverzug der Ortsbrust und schließlich zum Einbau eines Sohlgewölbes.

Die maximale Firstensenkung betrug nach mehrmonatiger Standzeit vor Einbau des Ringbetons in den Lockermassen im Vollprofil 7 cm. Die Ulmenkonvergenz und die Sohlhebung lagen im mm- bis cm-Bereich.

Das Bergwasser wird hinter einer Vollisolierung im gesamten Tunnelbereich aus Bitulen-Noppenfolie in die Tunneldrainage geleitet. Die Gesamtdauerschüttung schwankt, der Vorhersage gut entsprechend, zwischen 2 und 4 Sekundenlitern.

Der Endausbau erfolgte durch insgesamt 16.000 m³ Ringbeton mit einer theoretischen Stärke von 25 cm, der bei der angewandten Tunnelbauweise hauptsächlich nur eine auskleidende Funktion hat.

C. Sprengerschütterungen

Ursprünglich bestanden Bedenken hinsichtlich einer Gefährdung der alten, damals noch benützten Bundesstraße und der in der Nachbarschaft bereits bestehenden Hohlrumbauten (ÖBB-Tunnel, TKW- und SAG-Triebwasserstollen) durch Sprengerschütterungen. Zweimalige Kontrollmessungen im Fensterstollen der TKW-A. G. bei ca. 120 m Abstand zur Ortsbrust des Klamm-tunnels (im Sohlstollen und im Vollausbuch) ergaben eine mittlere Schwinggeschwindigkeit von nur 2 mm/sec, was mit der geringen Kluftwasserführung und den dicht gescharten NW bis NNW streichenden Klüften zusammenhängen dürfte. Die offenbar eine stark dämpfende Wirkung auf Erschütterungswellen haben. Eine Gefährdung der Straße und der bestehenden Hohlrumbauten war daher nicht zu befürchten. Auch die beim sogenannten „Stinkofen“, einem durch Riesenkluft vom Hauptverband getrennten Felsvorsprung neben der alten Straße südlich des Klammpasses, angebrachten Extensometer (Felsdehnungsmesser) zeigten keine außergewöhnlichen Erweiterungen.

V. Die Klammsteinbrücke

I. ALLGEMEINES

Die an das Südportal des Klamm-tunnels anschließende Straßenbrücke überspannt die Gasteiner Ache, die Tauernbahnstrecke der ÖBB und die alte Gasteiner Bundesstraße. Das Bauwerk wird durch 2 Mittelstützen in 3 Felder unterteilt und weist eine Gesamtlänge von 114 m auf. Die größte lichte Höhe über der Gasteiner Ache beträgt etwa 15 m. Es handelt sich hier um eine vorgespannte Beton-Hohlkasten-Konstruktion mit einer Gesamtbreite von etwa 13 m, davon Fahrbahnbreite 9,50 m. Das Tragwerk ruht auf 2 kreisrunden Stützenpaaren (\varnothing 0,90 m) bzw. auf den als Winkelmauern ausgebildeten Widerlagern Nord (Lend) und Süd (Gastein); letzteres ist als festes Lager ausgebildet.

2. DIE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

Die Ergebnisse der Aufschlußbohrungen sind in Beilage D für den Brückenbereich dargestellt; darüber hinaus liegen Aufschlüsse flußauf- und flußabwärts aus früheren Planungen und Bauvorhaben vor.

Wie bereits oben besprochen, wird der Talboden größtenteils von spätglazialen Stausedimenten eines ehemaligen Gletschersees aufgebaut, dessen Stau durch die Felsschwelle in der Klamm und wahrscheinlich überdies durch Verklauung der Klammstrecke mit Schutt aus den steilen Talflanken verursacht wurde. Da die Seetone bis in große Tiefe reichen, mußte mit Ausnahme des Widerlagers Lend (Nord) die Gründung in diesen bindigen und setzungsempfindlichen, weil geologisch nur durch Schuttkegel vorbelasteten schlufftonig-feinsandigen Lockerböden oder in den darüber liegenden Sanden (Widerlager Gastein) vorgenommen werden.

3. DIE GRÜNDUNG DER WIDERLAGER UND STÜTZEN

Aufgrund der geologischen Verhältnisse und bodenmechanischen Untersuchungen wurden vom zuständigen Sachgutachter (Hofrat Dipl.-Ing. LUDWIG, Klagenfurt) in Abstimmung mit dem Brückenplaner und Statiker (Dipl.-Ing. Dr. ZILlich, Salzburg) sowie mit dem geologischen Berater (Dr. BRANDECKER) folgende Gründungsmaßnahmen empfohlen:

Widerlager Lend:

Der Aufbau des Untergrundes ist sehr heterogen, zumal das Widerlager im Verzahnungsbereich der meist grobkörnigen Hangschuttmassen und der feinen Talfüllungen liegt. Die hohen Brückenlasten und der große Erddruck aus der bergseitigen Anböschung bzw. Dammschüttung (von etwa zus. 15 m Höhe) einerseits und die unter dem Fundament lagernden Seetone andererseits ließen im vorhinein eine Flachgründung ausscheiden. Nach Abwägen aller Vor- und Nachteile entschloß man sich zu einer Gründung durch 3 Bohrpfahlscheiben von 0,90 m \varnothing , 7,90 m Breite und einer Tiefe bis 22 m, womit eine Einbindung in die verhältnismäßig hoch belastbare Moräne gegeben war. Es konnten auch keine Setzungen dieser Bauteile nachgewiesen werden.

Stütze 2:

Eine Gründung in höher belastbare Böden (z. B. Grundmoräne) wäre hier erst in etwa 50 bis 60 m (?) unter Gelände, also in einer praktisch nicht erreichbaren Tiefe möglich. Daher wurde eine Flachgründung gewählt, wobei zur Vorwegnahme der zu erwartenden Setzungen im Seeton vor dem Betonieren des Tragwerkes eine Vorbelastung von ca. 400 Mp auf das Fundament aufgebracht wurde. Damit konnten die Primärsetzungen auf 5,4 mm verringert werden. Zur Sicherung des Untergrundes der Fundamente gegen seitliches Ausweichen (Grundbruch) und gegen Erosion durch die Gasteiner Ache wurden 9 m lange Spundwände in einer Kreiszone von 10 m Durchmesser gerammt.

Stütze 3:

Wie bei der Stütze 2 ist auch hier die Mächtigkeit des Seetones durch eine 30 m tiefe Aufschlußbohrung bestätigt. Die auf dieser Stütze lagernden hohen Lasten (1290 Mp) und die Nähe der Tauernbahn verlangten eine Tiefgründung durch 12 Bohrpfähle von 15 m Länge und Durchmesser 0,90 m. Außerdem wurden die

Fundamentplatte und der Pfahlrost durch einen rechteckigen Spundwandkasten aus 8,70 m langen Larssen-Profilen gegen Grundbruch gesichert. Die bisher gemessenen Setzungen betragen 6 mm.

Widerlager Gastein:

Die Gründung des Widerlagers erfolgte mit 10 Bohrpfählen \varnothing 0,90 m bis auf eine Tiefe von 15 m. Durch teilweise Schrägstellung der Pfähle werden die auftretenden Horizontalkräfte aufgenommen. Nach bisherigen Messungen betragen die Setzungen lediglich 2 mm.

VI. Zusammenfassung

Der Neubau der Bundesstraße B 167 durch die Gasteiner Klamm und die hierfür vorgenommenen Untersuchungen haben einige beachtenswerte geologische Erkenntnisse gebracht. Vor allem können durch die neuen Aufschlüsse die erst jüngst von FRASL und MOSTLER beschriebenen Beobachtungen über die penninische Natur der Klammkalke aufgrund lithologischer Übergänge zu den schwarzen Fuscher-Phylliten erhärtet werden. Im übrigen bestätigen die Tunnelaufschlüsse die schon aus dem Triebwasserstollen des E-Werkes Klammstein der Salzburger Aluminium-Gesellschaft (SAG) Lend und des Triebwasserstollens des Kraftwerkes Gries-Schwarzach der Tauernkraftwerke bekannte Schichtfolge, die durch mehrmaligen Wechsel von Klammkalkzügen und Schiefereinlagen gekennzeichnet ist.

Zu den neuen morphologischen Erkenntnissen zählt vor allem die Feststellung einer stark übertiefen Talrunse mit beträchtlichem Anstieg der Felsschwelle von Süd nach Nord zwischen Klammstein und Klammpaß. Er beträgt von der Haltestelle Klammstein bis zur Felsschwelle in der Klamm mehr als 70 m und ist nur durch Zusammenwirken von jungen Hebungen durch Glazialerosion in weicheren und gestörten Gesteinen erklärbar.

Die baugeologische Beratung konnte bei diesem schwierigen und über das Land Salzburg an Bedeutung hinausgehenden Straßenbauvorhaben nicht nur bei der Trassierung und durch laufende Beratung während des Tunnelvortriebes sowie bei der Brückenfundierung nützliche Beiträge leisten, sondern auch die geologische Forschung unterstützen.

VII. Anhang

An der Projektierung, Bauleitung und Begutachtung waren beteiligt:

Amt der Salzburger Landesregierung:

Planung und staatl. Bauleitung — Straßenbau:

Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. ASCH

Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. FABER

Oberbaurat Dipl.-Ing. HEIDINGER

Baurat Dipl.-Ing. GIRLINGER

Planung und staatl. Bauleitung — Brückenbau:

Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. WAGNER

Baurat Dipl.-Ing. RESCHEN

Techn. Fachoberinspektor E. WANNER

Straßenprojekt:

Dipl.-Ing. Dr. MARX, Wien

Tunnelprojekt:
 Dipl.-Ing. PACHER und Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. ZANOSKAR, Salzburg (Sachbearbeiter Dipl.-Ing. HELLER)

Tunnelbauleitung:
 Fa. SIEMENS — Bautechnik, Linz; Bauleiter Ing. RAFETSEDER

Brückenprojekt (Entwurf und Statik):
 Dipl.-Ing. Dr. techn. ZILLICH, Salzburg

Geologische Begutachtung:
 Dr. BRANDECKER, Salzburg; Baurat Dr. VOGELTANZ, Salzburg, Landesregierung

Bodenmechanik-Grundbau:
 Hofrat Dipl.-Ing. LUDWIG, Klagenfurt

Geophysikalische (seismische) Untersuchungen:
 Doz. Dr. FUCHS, Wattens; Prof. Dr. TOPERCZER, Wien

Tunnel-Kontrollmessungen:
 Interfels GMBH, Salzburg (felsmech. Messungen); Tauernkraftwerke Salzburg (Sprengerschütterungen)

Bauausführende „ARGE Klamm“:
 Firmen:
 HINTEREGGER, UNIVERSALE, PORR, AST, TEIML & SPITZY

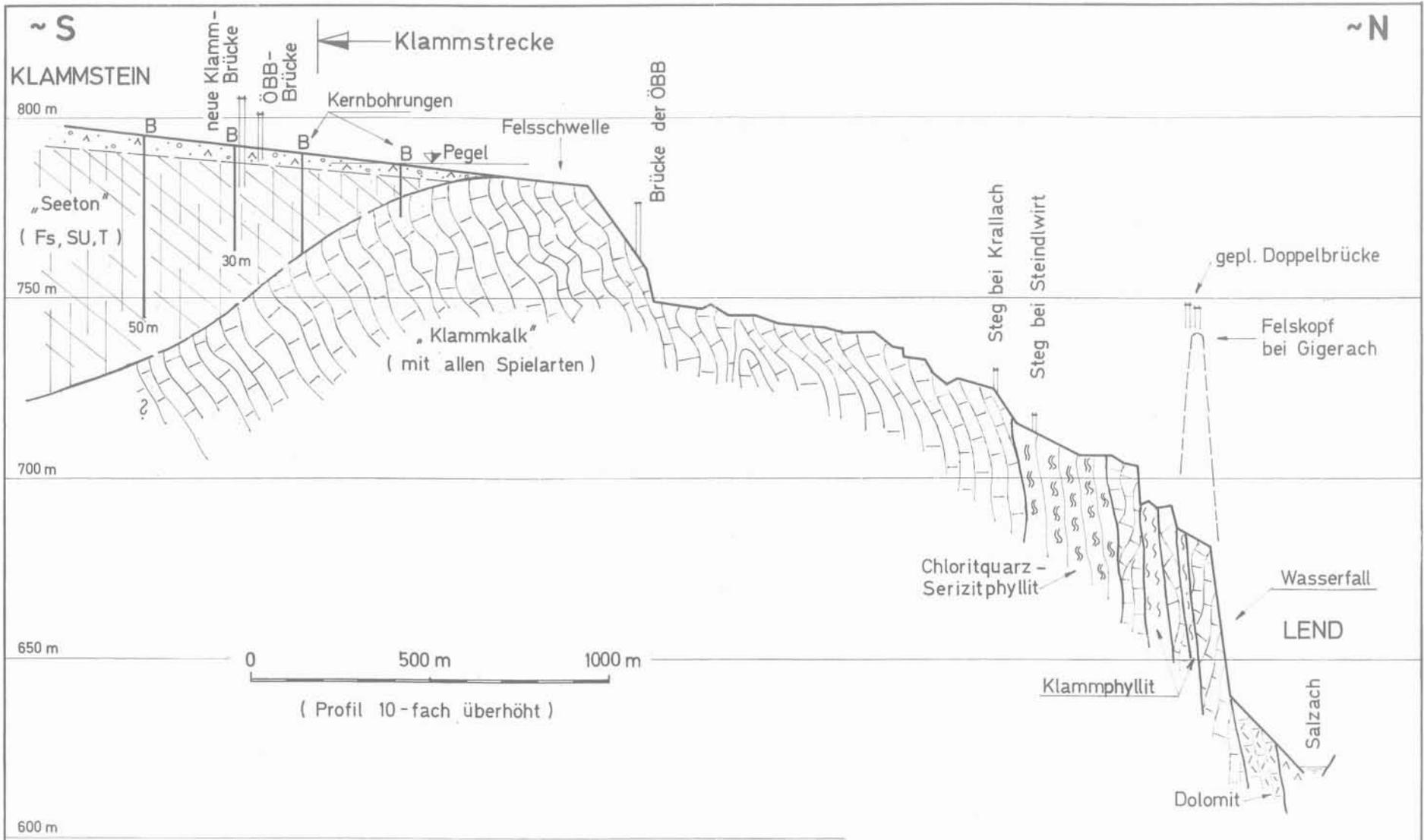
Bauleiter:
 Ing. LAMPL, Dipl.-Ing. PELIKAN (Dipl.-Ing. WOLLMANN)

VIII. Literatur (Auswahl)

- BRAUMÜLLER, E.: Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Fuscher- und Rauristal. — Mitt. Geol. Ges. in Wien, 30/31, 1937/1938, S. 37—150, Wien 1939.
- FISCH, W.: Zur Geologie der Gasteiner Klamm bei Lend (Österreich). — Ecl. Geol. Helvet., 25, S. 131—138, Basel 1932.
- FRASL, G.: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jb. Geol. B.-A., 101, S. 323—472, Wien 1958.
- HORNINGER, G.: Geologischer Lageplan 1:1000 des SAG-Druckstollens. — Unveröffentlicht (Salzburger Aluminium-Werke Lend 1944).
- MOSTLER, H.: Geologie der Gebirge des vorderen Großarl- und Kleinarltales (Salzburg). — Verh. Geol. B. A., 1963, S. 132—135, Wien 1963.
- , Einige Bemerkungen zur Salzach-Längstalstörung und der sie begleitenden Gesteine. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14, S. 185—196, Wien 1964.
- SCHWINNER, R.: Das Bewegungsbild des Klammkalkzuges. — Cbl. Min., 1933, B, S. 280—290, Stuttgart 1933.
- SEEFELDNER, E.: Salzburg und seine Landschaften. — Mitt. Ges. Salz. Landeskunde, Ergänzungsbd. 2, 574 S., Salzburg 1961.
- SENFEL, E. und EXNER, CHR.: Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologische Interpretation. — Verh. Geol. B. A., 1973, H. 2, S. 209—234.
- TRAUTH, F.: Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. 1. und 2. Teil. — Denkschr. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl., 100, S. 101—212; 101, S. 29—65, Wien 1925 und 1927.
- WOLLMANN, G. & J. LAMPL: Gasteiner Bundesstraße B 167, Baulos „Klamm“ — PORR-Nachrichten, Nr. 57/58, S. 29—38, Wien 1974.

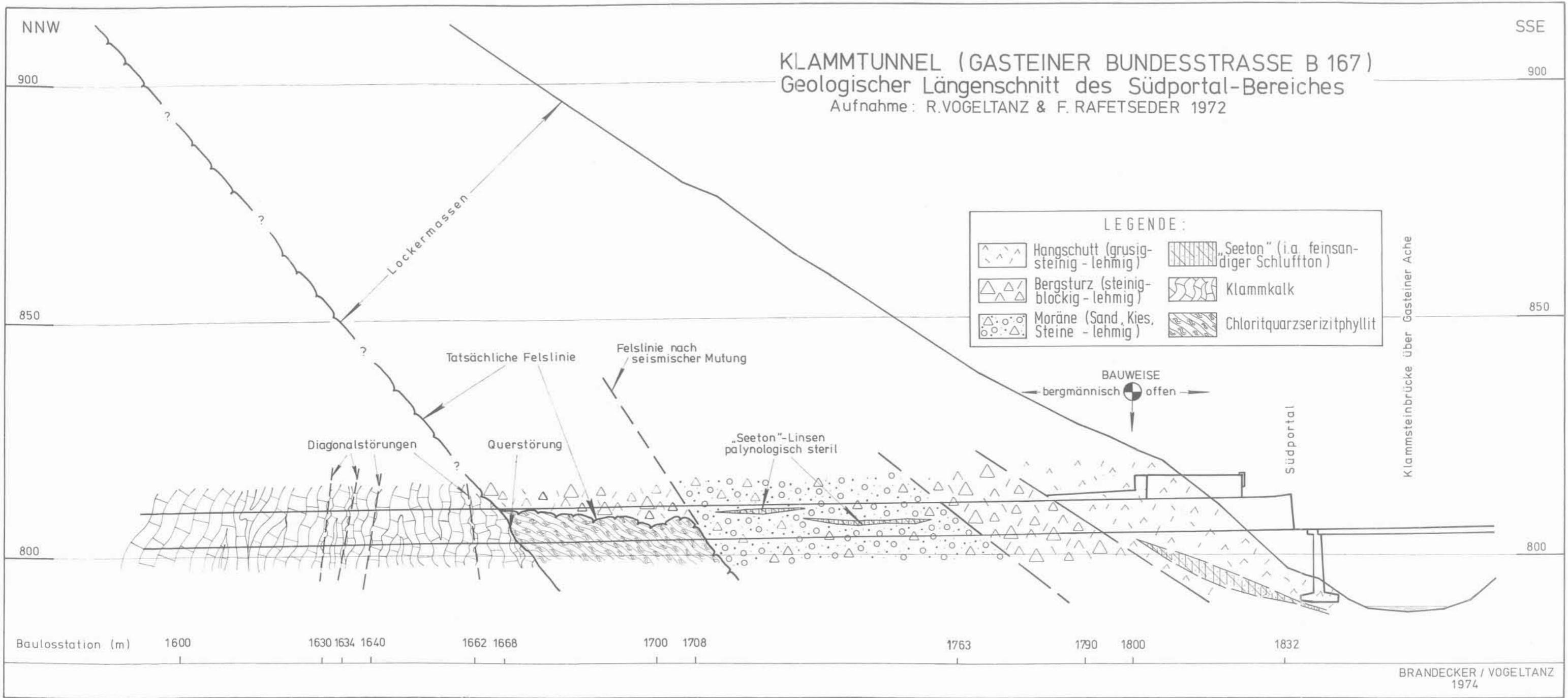
Anschriften der Verfasser:

Dr. Hermann BRANDECKER, Anton-Breitner-Straße 1, A-5020 Salzburg-Parsch, Österreich.
 Baurat Dr. Rudolf VOGELTANZ, Neutorstraße 15 a, A-5020 Salzburg, Österreich.

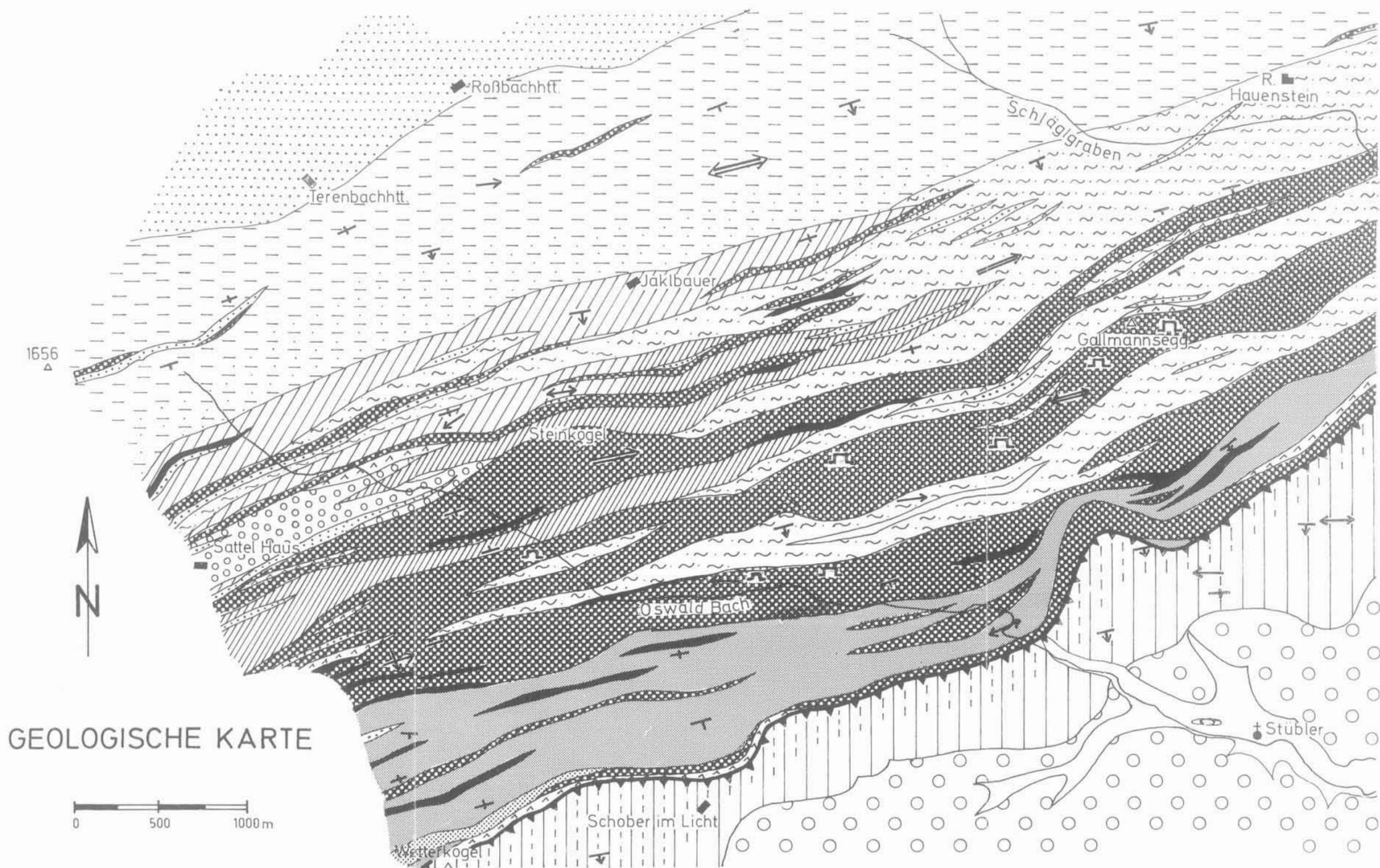


GASTEINER KLAMM
 Geologisches Profil (schematisch)

BRANDECKER / VOGELTANZ Salzburg 1974



BRANDECKER / VOGELTANZ
1974



LEGENDE

Quartär

Alluvium

Kreide

Gosau: rote Konglomerate m. Sandsteinlagen

Paläozoikum (Mitteldevon)

Karbonatphyllit

Kalkschiefer u. Kalke i. allg., gelegentlich m. Tonschiefer einschaltungen

Kristallin

AMPHIBOLIT-KOMPLEX

Gemeiner Amphibolit (teilweise Granatamphibolit)

GLIMMERSCHIEFER-KOMPLEX

Zweiglimmerschiefer

Zweiglimmergneis

MARMOR-KOMPLEX

Marmor i. allg.

Quarzitischer Gneis

Disthenführender Gneis („Disthenflasergneis“)

Quarzitischer Glimmerschiefer

Staurolith-Granat-Glimmerschiefer

PEGMATOIDER GNEIS-KOMPLEX

Staurolithgneis

Staurolithgneisdiaphthorit (z.T. Staurolithglimmerschiefer)

IN ALLEN KOMPLEXEN

Pegmatit

Hornblendegestein (Amphibolit, Hornblende-schiefer, Hornblendegneis usw.)

Quarzit

sf - Flächenlagerung

↙ bis 30°
↘ bis 50°
↙ bis 80°
✕ saiger

Faltenachsen

→ Kleinfalte
⇒ Großfalte
⌋ Steinbruch
↗ Überschiebungsfläche

Beilage I: Geologische Karte (1:25.000) des Gebietes zwischen Sattel-Haus und Ruine Hauenstein (nordöstliche Stubalpe, Stmk.).

Korrektur: Bei den Klischierarbeiten hat sich die aufgeklebte Signatur des schmalen Marmorzuges etwa 1 km nordöstlich der Schrift „Oswald-Bach“ — abgehoben.

NNW

SSE

KLAMMTUNNEL (GASTEINER BUNDESSTRASSE B 167)

Generalisierter geologischer Längenschnitt

Aufnahme: R. VOGELTANZ 1972

1200

1000

800

FELS-SIGNATUREN:

| | | |
|--|----------------------------|-----------------------|
| | Klammkalk | } Klammserie (Pennin) |
| | Klammphyllit | |
| | Chloritquarzserizitphyllit | |

Nordportal

Südportal

Klammsteinbrücke über Gasteiner Ache

AGETER BODEN

GAMSTUBEN

BERGSTÜRZE

HANGSCHUTT

MORANE

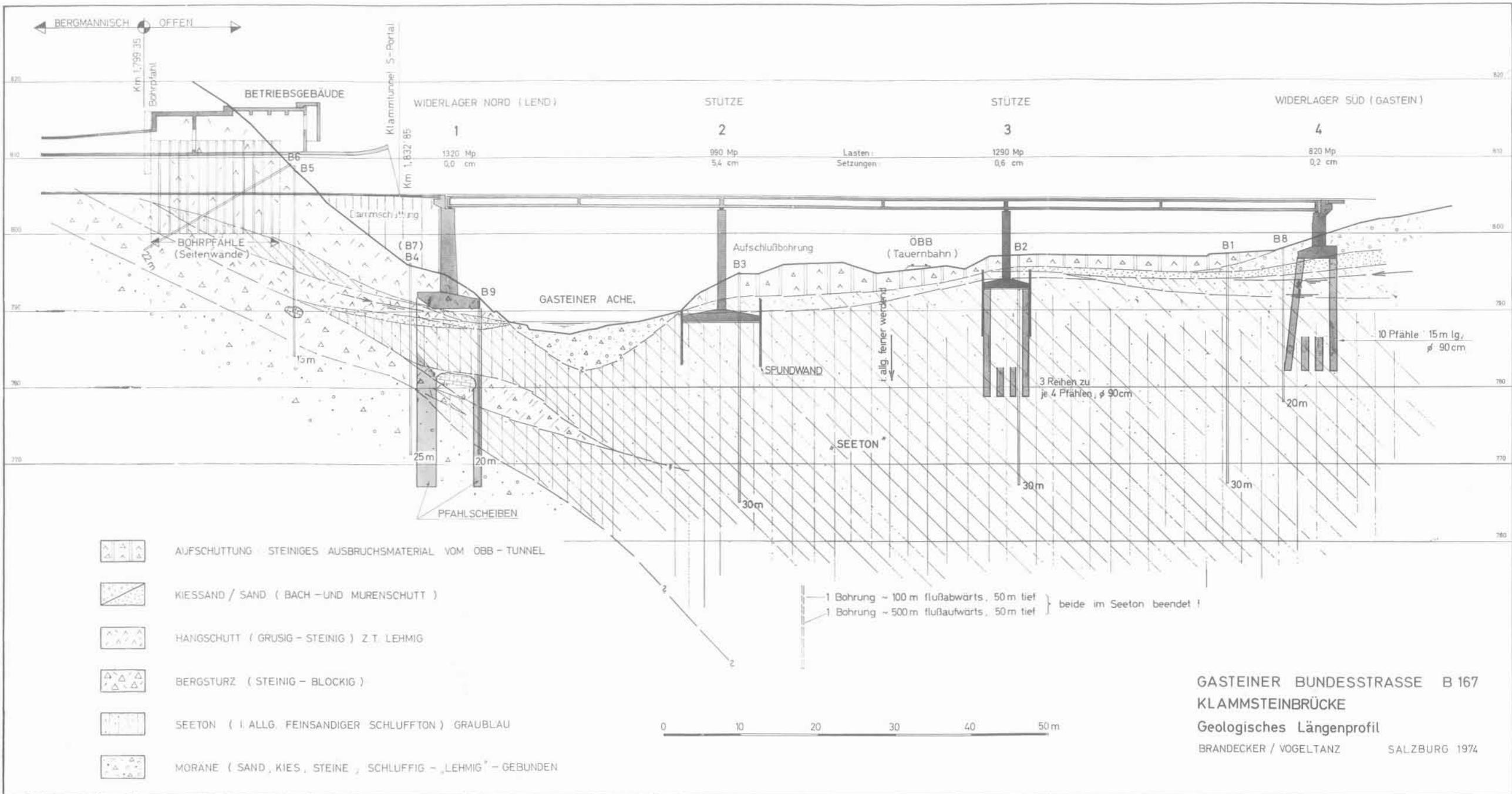
Dauernder leichter Bergwasserandrang

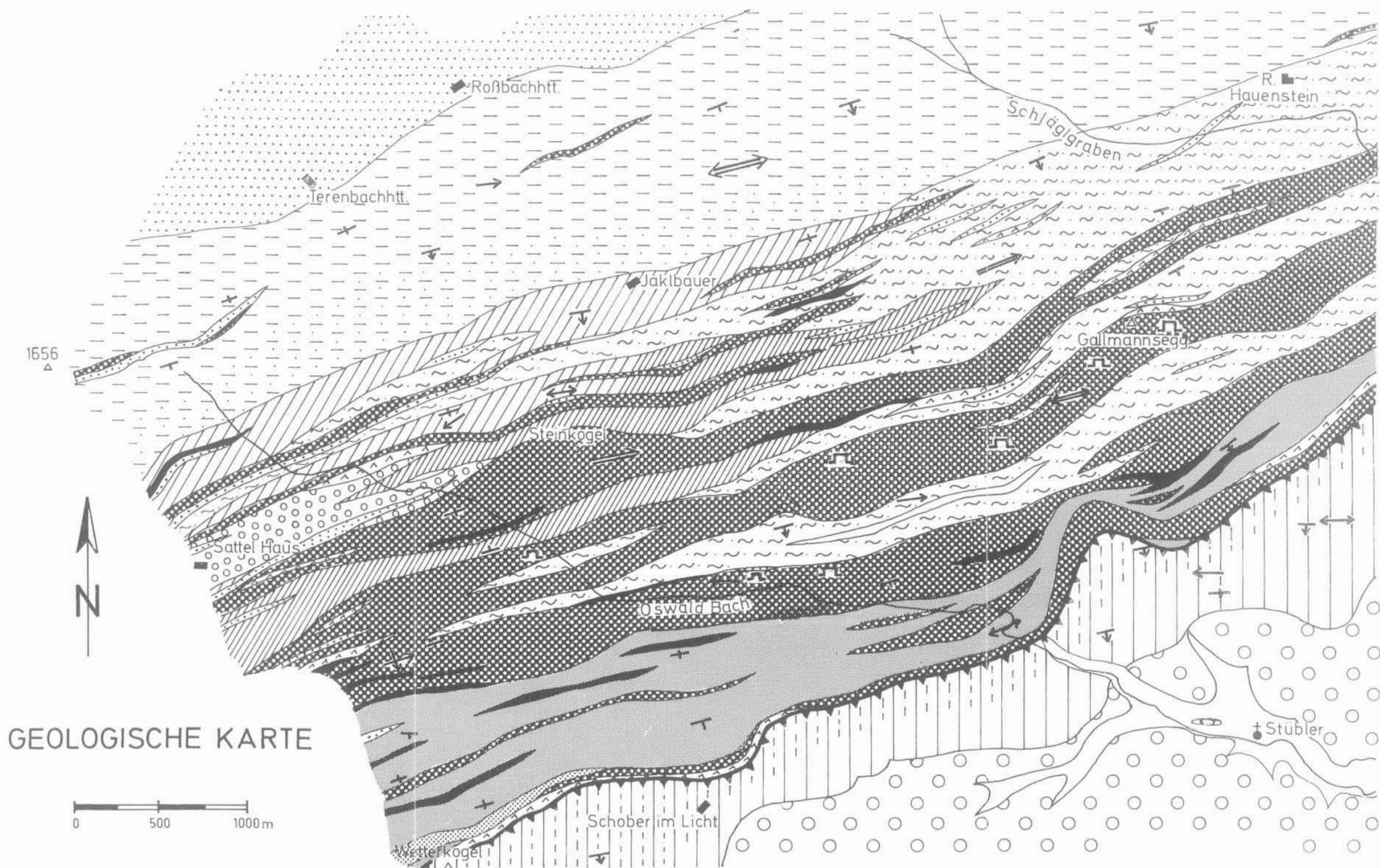
Umkehrnische in Tunnelmitte

Größte Überlagerung (510 m) mit Gebirgsdruckerhöhungen an den Ulmen

Baulos - km 0,238 300 400 500 600 700 800 860 900 1016 1118 1200 1300 1400 1500 1600 1668 1700 1800

BRANDECKER / VOGELTANZ 1974





LEGENDE

Quartär

□ Alluvium

Kreide

○○ Gosau: rote Konglomerate m. Sandsteinlagen

Paläozoikum (Mitteldevon)

▨ Karbonatphyllit

▨ Kalkschiefer u. Kalke i. allg., gelegentlich m. Tonschiefer einschaltungen

Kristallin

AMPHIBOLIT-KOMPLEX

▨ Gemeiner Amphibolit (teilweise Granatamphibolit)

GLIMMERSCHIEFER-KOMPLEX

▨ Zweiglimmerschiefer

▨ Zweiglimmergneis

MARMOR-KOMPLEX

▨ Marmor i. allg.

▨ Quarzitischer Gneis

▨ Disthenführender Gneis („Disthenflasergneis“)

▨ Quarzitischer Glimmerschiefer

▨ Staurolith-Granat-Glimmerschiefer

PEGMATOIDER GNEIS-KOMPLEX

▨ Staurolithgneis

▨ Staurolithgneisdiaphthorit (z.T. Staurolithglimmerschiefer)

IN ALLEN KOMPLEXEN

▨ Pegmatit

▨ Hornblendegestein (Amphibolit, Hornblende-schiefer, Hornblendegneis usw.)

▨ Quarzit

sf - Flächenlagerung

↙ bis 30°

↘ bis 50°

↙ bis 80°

✕ saiger

Faltenachsen

→ Kleinfalte

⇒ Großfalte

⌋ Steinbruch

↗ Überschiebungsfläche

Beilage I: Geologische Karte (1:25.000) des Gebietes zwischen Sattel-Haus und Ruine Hauenstein (nordöstliche Stubalpe, Stmk.).

Korrektur: Bei den Klischierarbeiten hat sich die aufgeklebte Signatur des schmalen Marmorzuges etwa 1 km nordöstlich der Schrift „Oswald-Bach“ — abgehoben.