

DER SÄUSENSTEINTUNNEL

Baugeologische Betrachtungen des laufenden Vortriebes im Zeitraum zwischen April und November 1991

Dr. Christian Mllota

1. Einleitung

Das oberste Ziel der NEUEN BAHN liegt darin, optimale Voraussetzungen für das verstärkte Umsteigen vom Straßenverkehr auf die Schiene zu schaffen. Ein wichtiger Punkt in diesem Konzept sind dabei der Ausbau und Erneuerungen im Bereich der Westbahnstrecke. Die gesamte Westbahnstrecke ist dafür in verschiedene Teilabschnitte untergliedert worden einer davon ist der Bereich St. Pölten-Attnang Puchheim. Entlang dieses Teilabschnittes sind insgesamt 14 Linienverbesserungen vorgesehen (Neubauvorhaben, das sich über 66 km erstreckt), wobei die Umfahrung Krummnußbaum-Säusenstein zum ersten Projekt dieses Bereiches zählt.

Das Kernstück dieses Abschnittes bildet der 4635 m lange SÄUSENSTEINTUNNEL.

2. Die Planungsarbeiten

Die Planungsarbeiten für die Umfahrung Krummnußbaum-Säusenstein wurden schon 1987 von der ÖBB/Abt. VI/6 unter der Leitung von Dir.Rat Dipl.Ing. KNOLL und Dipl.Ing. BAUER begonnen. Die durchgeführten Erkundungsarbeiten betreute das Büro Dr. Dipl.Ing. WAIBEL und faßte die dabei gewonnenen Erkenntnisse in einem hydrogeologischen und einem geotechnischen Gutachten zusammen.

Mit der Gründung der Eisenbahnhochleistungsstrecken AG im Jahr 1989 übernahm diese auch das gegenständliche Projekt.

Für den erfahrenen Tunnelbauer und stellvertretenden Vorstandsdirektor, Herrn Dipl.Ing. Dr. VAVROVSKY war die Beziehung eines Ingenieurgeologen zur Bearbeitung der fachspezifischen Fragen selbstverständlich.

So wurde das Büro Dr. Walter NOWY mit der Erstellung eines geologischen Gutachtens für die Ausschreibung sowie die INGENIEURGEMEINSCHAFT GEOTECHNIK UND TUNNELBAU/-Salzburg (IGT) mit der Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen beauftragt.

Die Erstellung des geologischen Gutachtens war aus mehreren Gründen problematisch:

Die Erkundungsphase war abgeschlossen, die Kernbohrungen 1 Jahr alt, sodaß keine Mitsprache bei der Situierung der Bohrungen bzw. beim Einsatz anderer Erkundungsmaßnahmen möglich war.

Weitaus gravierender wirkte sich allerdings die Tatsache aus, daß die für die Erarbeitung des geologischen Gutachtens herangezogenen Berichte und Gutachten gerade im bezug auf die Beurteilung der hydrogeologischen Situation kaum nachvollziehbar, bzw. zum Teil sogar widersprüchlich waren. Daher mußte im verfaßten geologischen Gutachten auf die Charakterisierung der großräumigen hydrogeologischen Zusammenhänge und deren Beurteilung in Hinblick auf den bevorstehenden Tunnelbau verzichtet werden.

2.1. Geologischer Überblick

Das gesamte Projektgebiet befindet sich in einem der spärlichen, südlich der Donau gelegenen Ausläufer der Böhmisches Masse und wird zum überwiegenden Teil aus Granuliten und deren Verwitterungsprodukten aufgebaut.

Der Tunnel selbst liegt größtenteils im Festgestein, den Granuliten, die von verschiedensten Ganggesteinen durchzogen sind. Nur im Ostabschnitt dringt der Vortrieb in die Verwitterungsprodukte des Kristallins ein, die hier in Form von Kaoliniten auftreten. Die tertiären Ablagerungen dieses Raumes wie Pielacher Tegel, Melker Sande und die quartären Schotter und Lößlehme waren im Zuge des Vortriebes nur an den beiden Portaleinschnitten zu erwarten.

Obwohl die Strecke in den Kaoliniten nur einen geringen Anteil der Tunnelgesamtlänge einnehmen sollte, kam der geologischen Beurteilung dieses Abschnittes vor allem im Hinblick auf die Wasserfrage eine entscheidende Bedeutung zu. So wurde aus geologischer Sicht die Auffassung vertreten, daß durch das Auftreten abdichtender Schichten (Pielacher Tegel) über der Tunnelfirste im Bereich der "Kaolinitstrecke" keine nennenswerten Wasserzutritte im Tunnel zu erwarten sind. Aus tunnelbautechnischer Sicht konnten somit günstige Verhältnisse für diesen Abschnitt prognostiziert werden.

Die maximale Überlagerung beträgt etwa 80 m, die geringste liegt bei 3 m im Bereich der sogenannten Rath-Senke. Für diesen Abschnitt wurde schon vor Beginn der Arbeiten der Einsatz des "Hochdruckbodenvermörtelungsverfahrens" ("HDBV"-Methode) festgelegt.

Als Unterstützung für die anbietenden Firmen wurde im geologischen Gutachten versucht, aufgrund der erkundeten Gefügesituation mögliche Ausbruchsprofiltypen zu charakterisieren. Es sollte damit zum Ausdruck gebracht werden, daß auch bei noch so schonenden Ausbruchsarbeiten (Bohren, Sprengen) aufgrund der vorgegebenen Gefügeanisotropie eine maßhaltige Profilgestaltung nur sehr schwer erreicht werden kann und das Gebirge trotzdem nach den vorgegebenen tektonischen Diskontinuitätsflächen ausbricht.

Aus den prognostizierten Ausbruchsprofiltypen war zu erkennen, daß vor allem in Abschnitten mit ungünstigen Gefügeverschnitten in bezug zur Vortriebsrichtung unterschiedlich mächtige Mehrausbrüche vor allem im

First- und Kämpferbereich auftreten werden. Die Beschreibung von insgesamt vier Ausbruchstypen sollte als Basis für die Kalkulation des unvermeidbaren Überprofils für die anbietenden Firmen dienen.

Weiters wurde unter Berücksichtigung des Gebirgsverhaltens, der Standzeit, der freien Stützweite und der Gefügeverhältnisse, der Bergwasserverhältnisse und der Zerlegungsintensität gemeinsam mit der IGT versucht, eine Prognose über die **Verteilung der Gebirgsgüteklassen** entlang des gesamten Tunnelabschnittes vorzunehmen. Grundlage dafür bildeten vier GEBIRGSGRUPPEN

A - standfest bis nachbrüchig; A1,A2

B - gebräch; B1,B2,B3

C - druckhaft; C1

D - Lockergesteine(bindig); D1,D2

Die Ausbruchsarbeiten wurden an eine achtköpfige ARGE vergeben und im Herbst 1991 begann an beiden Portalen Ost und West der Vortrieb.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den Zeitraum von April bis November 1991. Sie repräsentieren somit den Wissensstand von November 1991.

3. Die Bauausführung

Der Vortrieb erfolgt sowohl im OST- als auch im WEST-BEREICH konventionell (Sprengvortrieb), wobei die Anfangsstrecken im Lockermaterial mittels Deckelbauweise überbrückt wurden. Im Osten waren 75m, im Westen 25m Deckel notwendig. Wie bereits erwähnt, wurde schon vor Beginn der Arbeiten für den Abschnitt der sogenannten Rath-Senke, das ist der Bereich mit den geringsten Überlagerungshöhen, der Einsatz der HDBV-Methode vorgesehen.

Der Vortrieb ist in Kalotten- und Strossenvortrieb getrennt, wobei die Strosse im Westvortrieb wechselseitig vorgezogen wird, im Osten gelangt man über eine Mittelrampe auf die Kalotte.

Das Ausbruchsmaterial mußte am Ostportal aufgrund eines Behördenbescheides per Schiene abtransportiert werden.

Beim Westportal ist hingegen eine Aufbereitungsanlage eingerichtet, mit deren Hilfe ein Teil des Ausbruchsmaterials wiederverwertet werden soll.

3.1. Geologie

3.1.1. WESTVORTRIEB

Aus lithologischer Sicht zeichnet sich der Westvortrieb durch das Auftreten von einerseits teilweise gut geschieferten, meist grau-bräunlich gefärbten Granuliten und andererseits durch Abschnitte aus unterschiedlich intensiv vergrüntem Gesteinszonen aus. Diese unterliegen sowohl hinsichtlich ihrer Mächtigkeit, als auch ihrer räumlichen Verbreitung starken Schwankungen. Zusätzlich können immer wieder Einschaltungen von Ganggesteinen beobachtet werden. Es überwiegen dabei dunkle, feinkörnige und bis zu 1,5m mächtige, zähe Lamprophyrgänge, die zumeist entlang des steil stehenden und annähernd parallel zur Tunnelachse streichenden Kluftsystemes eingedrungen sind. Etwas seltener hingegen sind diese Gänge entlang von quer zur Vortriebsrichtung streichenden Trennflächensystemen zu beobachten.

Weitaus geringmächtiger und seltener verbreitet waren bisher dünne, meist nur wenige cm- bis dm- mächtige Leukogranitgänge oder helle, pegmatitisch- aplitische Gänge zu beobachten. Sie treten entlang von mittelsteilen, annähernd N-fallenden Klüften auf.

Eine granitische Einschaltung trat bisher nur einmal entlang einer kurzen Strecke von 4-6 m auf. Am Beginn des Westvortriebes war weiters eine

extrem tektonisch überprägte und tonig zerscherte Ultrabasitlinse aufgefahren worden.

Allgemein betrachtet überwogen bisher über weite Bereiche graue bis graubraune, überwiegend massig wirkende und nur "diffus" geschieferte Granulite. Daneben kamen auch immer wieder unterschiedlich stark vergürnte Abschnitte vor. Diese sind zumeist an weit durchstreichende Großklüftsysteme oder an die Randzonen der erwähnten Gangeinschaltungen gebunden.

Aus gefügekundlicher Sicht sind im Westvortrieb vor allem drei Trennflächensysteme zu nennen, deren unterschiedlicher Habitus und verschiedenartige Kombinationen miteinander hauptverantwortlich für die Profilgestaltung sind.

Es handelt sich dabei um

annähernd parallel bis subparallel zur Tunnelachse streichende, steil stehende Klüfte (System Diendorfer Störung),

flach bis mittelsteil nach S bis SW einfallende Schieferungsflächen und

weit durchstreichende, (Erstreckungslängen über das Tunnelprofil hinaus), meist "schmierig" belegte, verhamischte und mittelsteil bis steil nach NW bis N einfallende Großklüfte.

Unterschiedlichste Kombinationen dieser Haupttrennflächen wirken sich in erster Linie auf die Gestaltung des Ausbruchsprofils aus (vgl. Ausbruchsprofiltypen im geologischen Gutachten !). Es ist aber nicht zulässig, alleine aus der Profilgestaltung nach dem erfolgten Abschlag direkt das Ausbruchsverhalten und in der Folge die Gebirgsgüteklasse abzuleiten.

Auch aus struktureller Sicht unterscheiden sich die "frischen" und "vergürnten" Granulitzonen.

Vorwiegend zeichnen sich die "frischen" Bereiche durch mittel- bis weitständige Trennflächenabstände aus, was einem "blockigen"

Ausbruchshabitus gleichkommt. Als Trennflächen sind meist die tunnelachsparallelen maßgeblich wirksam, daneben sind neben den Schieferungsflächen auch immer wieder mittelsteil bis steil nach annähernd N einfallende Klüfte an der Profilgestaltung beteiligt. In solchen Abschnitten ist eine maßhaltige Profilgestaltung schwierig, da ungünstige Klüftverschnitte immer wieder zum Ausbrechen unterschiedlich großer Klüftkörper führen.

Daneben sind alle Übergänge bis zu jenen Bereichen möglich, in denen das annähernd tunnelachsparallele Klüftsystem als dominierendes, engständiges Trennflächensystem auftritt (Klüftabstände im dm- bis mm-Bereich, Klein- bis Mittelklüfte*). Die Schieferungsflächen sind in solchen Fällen nur untergeordnet an der Profilgestaltung beteiligt. Im Gegensatz zu den weitständigen Gefügekombinationen ist in den Abschnitten mit dominierender, engständiger Klüftung auch eine maßhaltige Profilgestaltung möglich.

In den stark vergrüntem Abschnitten treten die annähernd tunnelachsparallelen Klüfte in ihrer Bedeutung stark zurück und sie sind nur noch im Mittel- bis meist Kleinklüftbereich wirksam. Von entscheidender Bedeutung für die Profilgestaltung und hier auch entscheidend für das Ausbruchverhalten sind weit durchstreichende, mittelsteil bis fallweise steil nach NE bzw. SW, abschnittsweise auch steil nach N einfallende Trennflächen. Diese fast immer "schmierig" belegten Hamischflächen führen im unmittelbaren Nahbereich (cm-Bereich) zu einer oft intensiven Zerklüftung des Gesteins (Abb.1). Insgesamt zeichnen sich derartige Zonen durch einen durchwegs hohen Zerlegungsgrad aus. Tropf- und Rinnwasserzutritte führen in derartigen Abschnitten zu einer merklichen Verschlechterung der Ausbruchsverhältnisse.

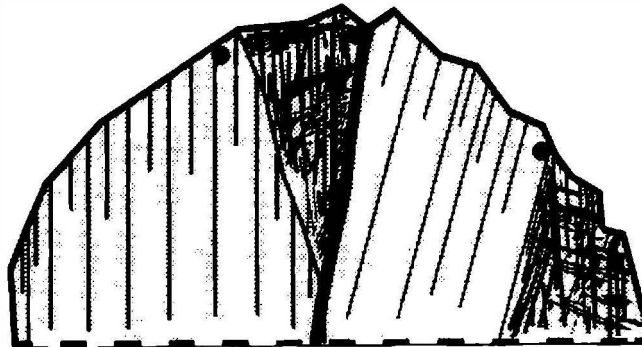
Generell betrachtet spiegeln sich die über weite Strecken guten Gebirgsverhältnisse auch in den gemessenen Konvergenzen wider. Entlang der bisher aufgefahrenen Strecke liegen sie im Mittel bei etwa

*) Kleinklüfte: Erstreckungslängen <1m
Mittelklüfte: Erstreckungslängen 1m bis < Kalottenquerschnitt
Großklüfte: Erstreckungslängen > Kalottenquerschnitt

7 mm, die höchsten Werte bei 1-2cm. Die durchschnittlichen Firstsetzungen bewegen sich zwischen 3 und 10 mm.

Im gesamten Westvortrieb finden immer wieder Wasserzutritte statt. Problematisch ist dabei, daß es sich nicht um Einzelzutritte entlang definierter Klüfte, sondern um Tropf- bis Rinnwasserzutritte aus unterschiedlichsten Klüften handelt. Die bisher massivsten Zutritte waren immer wieder in Bereichen mit hohem Zerlegungsgrad, und hier wiederum unter morphologisch tief eingeschnittenen Gräben zu beobachten. In den meisten Fällen kommt es allerdings erst verspätet zu Wasserzutritten - dann nämlich, wenn die Ankerlöcher für die Systemankerung gebohrt werden. Generell erweist es sich als schwierig, unter diesen Voraussetzungen die Wasserzutritte hintanzuhalten. Trotzdem will man versuchen, definierte Zutritte zu verpressen. Zusätzlich dazu sollen weitere zielführende und sinnvolle Maßnahmen - auch in Absprache mit den dabei involvierten Behördenvertretern - für die Lösung dieser Frage erarbeitet werden.

WESTVORTRIEB STATION 1376 m



DURCHGEHEND VERGRÜNTE GRANULITE
VON GROSSKLÜFTEN INTENSIV ZERLEGT
RINNWASSERZUTRITTE

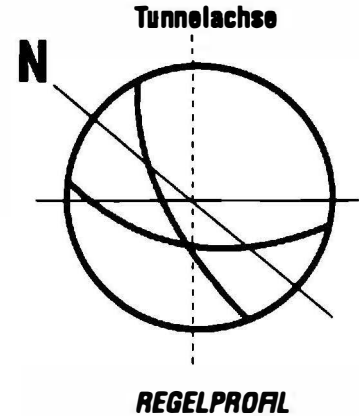


Abb.1: Annähernd parallel zur Ortsbrust streichende Großklüfte in stark vergrünerten Granulitabschnitten führen gemeinsam mit Rinnowasserzutritten zur Verschlechterung des Ausbruchverhaltens

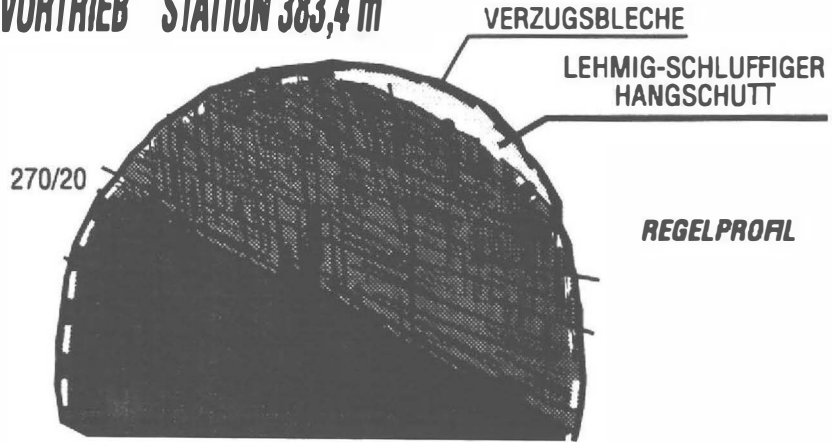
3.1.2. OSTVORTRIEB

Der Ostvortrieb durchörterte auf den ersten 380 Metern durchwegs unterschiedlich stark zerlegte Granulite. Der kurze Abschnitt im Portalbereich in den Melker Sanden und Kaolinitandsen wurde mittels Deckelbauweise überbrückt.

Danach folgte eine Strecke in Granuliten, entlang der sowohl der Zerlegungsgrad, als auch die Vergrünung der Gesteine unterschiedlich starken Schwankungen unterlagen. Am Ende dieser Granulitstrecke durch den "Silberberg" gelangte der Vortrieb in den Bereich der sogenannten Rath-Senke. Es handelt sich dabei um eine morphologisch sanft ausgeformte, flache Senke, an deren Rändern das Kristallin der Böhmisches Masse abtaucht. Im Untergrund der Rath-Senke treten daher über den Granuliten eine unterschiedlich mächtige, hochgradig zerlegte und verockerte Verwitterungsschwarte, Kaolinite, sowie die vom Tunnel selbst nur in kurzen Teilbereichen angeschnittenen jungen Sedimente des Rath-Grabens auf (Abb.2). Im Tunnel selbst machte sich die Annäherung an den Rath-Graben sehr deutlich bemerkbar. In den anstehenden Granuliten war eine stetige Zunahme des Zerlegungsgrades zu beobachten, die Hauptstrukturen zeichneten in ihrer Raumlage den Verlauf des Silberbergrückens nach und zusätzlich war auch eine deutliche Verockerung, zuerst nur entlang vereinzelter Klüfte, später im gesamten Gesteinsverband zu beobachten. Außerdem waren die stark zerlegten Granulite zunehmend vergrünt.

Dem Tunnelvortrieb vorausgehend wurden in der Rath-Senke Fixpunkte für das begleitende Oberflächennivellement versetzt. Die Punkte wurden circa 4-5 m tief eingegraben. Diese "Schürfröschen" konnten vom Geologen zur Erkundung des Aufbaues der oberflächennahen Sedimentschwarte genutzt werden. Die Röschen zeigten, daß die stark geklüfteten Granulite von einer zumindest 1,5 2 m mächtigen, stark verockerten Verwitterungsschwarte überlagert sind. Hangend folgt verlehmteter Hangschutt, über dem eine sowohl in ihrer lithologischen Zusammensetzung, als auch räumlichen Verbreitung starken Schwankungen unterzogenen Abfolge aus Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen (= "Überlagerungsmaterial des Rath-Grabens") liegt.

OSTVORTRIEB STATION 383,4 m



ÜBER GRÜNlich-GRAUEN GRANULITEN UND EINER 1,5 - 2,0 m MÄCHTIGEN
VERWITTERUNGSSCHWARTE LIEGT LEHMIG-SCHLUFFIGER HANGSCHUTT
MIT KIESEINSCHALTUNGEN

Abb.2: "Übergangszone" in Annäherung an die Rath-Senke

In Annäherung an diesen Abschnitt wurde vom Tunnel aus versucht, mit Hilfe von Spionbohrungen die Grenze Granulite-Verwitterungsschwarte abzutasten. Es sollte nämlich vermieden werden, daß der Vortrieb ohne Vorwarnung in tunnelbautechnisch ungünstige Bereiche eintaucht. Zusätzlich dazu beabsichtigte man, beim Eintauchen in die Verwitterungsschwarte die HDBV-Methode einzusetzen. Um die Vorbereitungen dafür rechtzeitig einleiten zu können, war eine möglichst frühe und exakte Prognose über Ort und Zeitpunkt des Eintauchens von "Überlagerungsmaterial" in das Kalottenprofil notwendig. Die mit dem Bohrwagen durchgeführten Hammerschlagbohrungen ließen allerdings nur aufgrund der Spülwasserverfärbung, gemeinsam mit Beobachtungen über den Bohrfortschritt, Aussagen über die Lage dieser zu erkundenden Grenzzone zu. Unter Zugrundelegung der Ergebnisse mehrerer solcher Bohrungen und in Kombination mit dem vorhandenen Wissen über den Untergrundaufbau aus den Schürfröschchen wurde der Beginn der HDBV-Strecke bei Station 385m festgelegt.

Sinn der HDBV-Methode ist es, durch das Einbringen von etwa 15m langen, mit wenigen Grad nach oben gerichteten und dem Vortrieb vorausseilenden Injektionssäulen eine Vortriebssicherung in Form eines im Idealfall geschlossenen Schirmes zu erzeugen. Im Schutze dieses Schirmes erfolgt dann der konventionelle Vortrieb. Sämtliche Stützungsmaßnahmen werden ebenso wie beim normalen Vortrieb eingebracht (Abb.3).

Der erste Abschnitt der HDBV Strecke lag in der Verwitterungsschwarte des Kristallins. Das Gestein zeigte sich wohl intensiv zerklüftet und durchgehend verockert, der Gesteinsverband war aber als durchgehend kompakt zu bezeichnen. Daher war es auf den ersten Abschnitten kaum möglich, einen geschlossenen Jetschirm herzustellen. Mit den einzelnen Bohrungen erzeugte man immer wieder nur Einzelpfähle, aber keinen zusammenhängenden Schirm. Beim Antreffen einer, wenn auch noch so gering mächtigen Zerrüttungszone kam es auch zum Austritt des Injektionsgutes an der Oberfläche. Diese Anfangsprobleme konnten durch Abstimmung von Verpreßdruck und Anpassung des Injektionsgutes an die speziellen Untergrundverhältnisse behoben werden.

UNTERGRUNDAUFBAU IM BEREICH RATH-GRABEN

PRINZIPSKIZZE

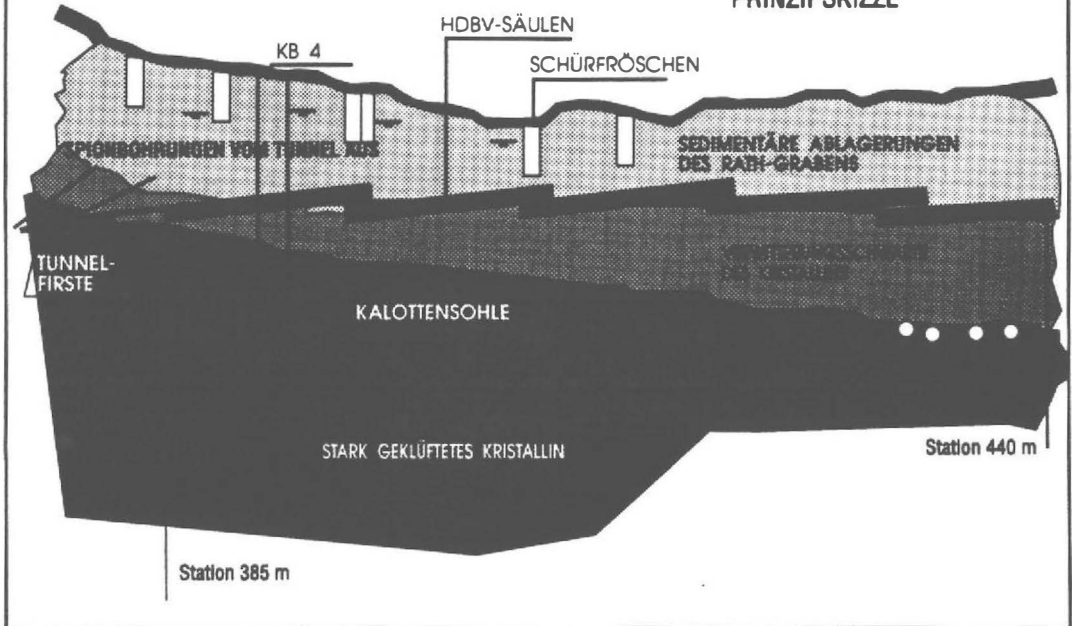


Abb.3: Schematischer Längsschnitt am Beginn der HDBV-Strecke (weiße Punkte: Wasserzutritte)

Nur entlang einer kurzen Strecke von etwa 4 m wurde im Kalottenprofil das Überlagerungsmaterial, also die Sedimente des Rath Grabens im Firstbogen angetroffen. In diesen schluffig-sandigen und zum Teil von Kieseinlagerungen durchsetzten Sedimenten war die Herstellung eines geschlossenen Jet-Schirmes unproblematisch.

Im Zuge des weiteren Vortriebes trat auch in der Verwitterungsschwarte immer mehr feinkörnigeres, grusig-sandiges Material auf, sodaß auch in dieser Zone die Herstellung eines geschlossenen Jet-Schirmes ohne größere Probleme erfolgen konnte. Die HDBV-Methode wurde bis Station 510 m eingesetzt, danach erfolgte der Vortrieb wiederum ohne vorausseilende Sicherung.

Aus geologischer Sicht war ab Station 470 m in der stark verockerten, grusigen Verwitterungsschwarte immer wieder das Auftreten von in sich gänzlich chemisch umgewandelten "Granulitrelikten" zu beobachten. Dieser diffuse und ohne exakte Grenze verlaufende Übergang vollzog sich bis etwa zur Station 490 m, ab der vollflächig im Kalottenprofil "in situ-Kaolinite" angetroffen wurden.

Diese Kaolinite sind durch das Auftreten eines weitständigen, noch vom Ausgangsgestein, dem Granulit, stammenden Trennflächengefüges charakterisiert. Entlang einzelner Trennflächen konnten immer wieder Verockerungseinflüsse festgestellt werden. Abschnittsweise traten derartige Verockerungen auch über den gesamten Kaolinit verbreitet auf. Die einzelnen Trennflächen waren durchwegs verhamischt und oft mit dunklen, tonig-"schmierigen" Kluftbelägen versehen. Trotz dieser Erscheinungen kam es zu keinen negativen Beeinflussungen im Hinblick auf die Gesamtstabilität des Kalottenvortriebes. Diese Granulit-Verwitterungsprodukte erwiesen sich erwartungsgemäß als dicht gepackte, kohäsive Ablagerungen, die tunnelbautechnisch problemlos zu beherrschen waren. Zum Lösen der Kaolinite genügte die Baggerschaufel, wodurch auch über weite Strecken ein sehr maßhaltiges Profil ausgebrochen werden konnte.

Im Hangenden der "in situ-Kaolinite" tauchten in der Folge mehrmals sehr kompakte, dicht gepackte, rötlich-braun gefärbte Kaolinite in die Kalotte ein. Diesen fehlte ein durchgehendes Kluftgefüge, fallweise konnten

annähernd sählig liegende, leicht verbuckelt verlaufende und weit durchstreichende, bankungsähnliche Strukturen beobachtet werden. Obwohl die makroskopischen Beobachtungen Anhaltspunkte für die Zuordnung dieser Verwitterungsprodukte zu "sedimentären Kaoliniten" liefern, soll eine Abklärung auch noch mittels mikroskopischer Methoden erfolgen. Die Lösung dieses Gesteines war nur mittels Lockerungssprengen möglich. Im Bereich der Übergangszone zu diesem Kaolinit-Abschnitt und fallweise auch entlang der vorhin beschriebenen "Bankungsfugen" kam es örtlich zu leichten Wasserzutritten, die allerdings ohne negative Auswirkungen auf die Hohlraumstabilität und Profilgestaltung blieben.

Abermals wurden diese Kaolinite von einer Strecke mit "in situ-Kaolinit" abgelöst. Sie treten wieder um Station 710 m aus dem Firstbereich mit flachem Einfallen in das Kalottenprofil herein. Diesmal sind die rötlichbraunen Kaolinite durch einen maximal 1 m mächtigen Oxidationshorizont vom "in situ-Kaolinit" getrennt.

Kurz danach kam es ab Station 750 m zum Eintauchen von sandigen, allerdings sehr dicht gepackten Kaolinitablagerungen, die im Zuge des weiteren Vortriebs allmählich den gesamten Kalottenbereich einnahmen. In diesen Ablagerungen mit deutlich sedimentärem Charakter konnten immer wieder bis zu mehrere dm-mächtige, grobkörnige Lagen mit Disthenanreicherungen beobachtet werden. Hier kam es auch wiederholt zu leicht tropfenden bzw. rinnenden Wasserzutritten.

Vor allem in den nahezu strukturlosen, aber dicht gepackten und noch immer durch eine vorhandene Kohäsion gekennzeichneten Kaolinsanden war die Herstellung eines maßhaltigen Profiles unproblematisch. Die grobkörnigen Lagen mit geringer Wasserführung konnten durch gezielte Vorausböhrungen mit dem Bohrwagen entwässert und entspannt werden.

Rückblickend betrachtet kann der Vortrieb im Bereich der Kaolinitstrecke (Abb.4) als problemlos bezeichnet werden. Die anstehenden Granulit-Verwitterungsprodukte wurden zumeist mit Angriffstiefen zwischen 1,20 und 1,50 m vorwiegend mittels Baggerschaufel gelöst. Daraus resultierte auch die Ausbildung eines sehr maßhaltigen Ausbruchsprofils.

OSTVORTRIEB - LÄNGENSCHNITT IN TUNNELACHSE

KAOLINITSTRECKE

Station 470 m bis 890 m

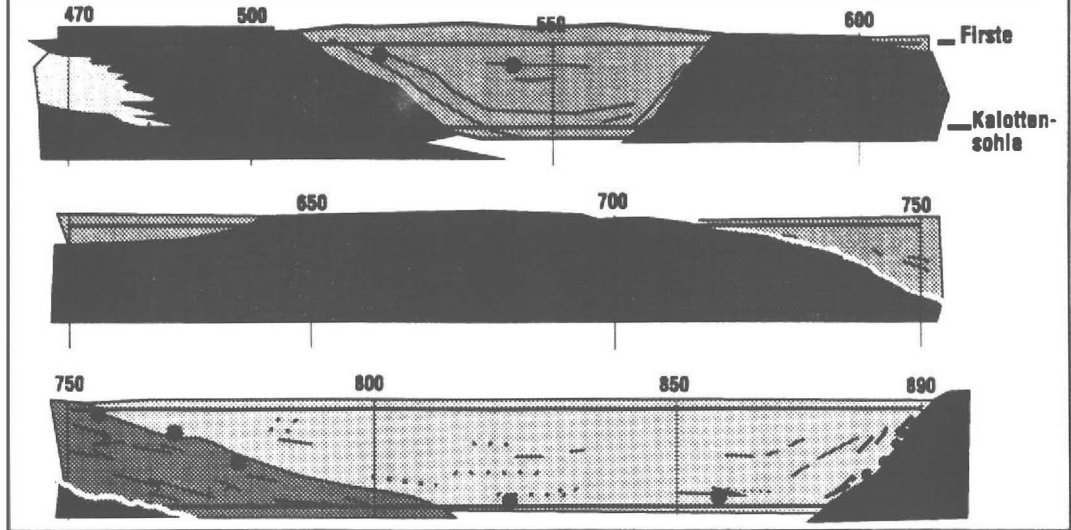


Abb.4: Schematische Darstellung der Kaolinitstrecke. Station 470-500 m: Abtauchen des Granulites, Übergang von Verwitterungsschwarte zu in situ-Granulit (im Firse: HDBV-Pfähle) Um Station 550 m: "sedimentärer Kaolinit" ab Station 750 m: Eintauchen des "sandigen" Kaolinites Station 890 m: Auftauchen des Kristallins (große schwarze Punkte = Wasserzutritte)

Schließlich tauchte etwa ab Station 880 m aus der Kalottensohle ein hochgradig verwittertes, zonenweise grusig aufgearbeitetes und durchgehend vergrüntes Kristallin auf. Im unmittelbaren Grenzbereich waren Einschaltungen von gut gerundeten Kristallinkomponenten im Kaolinit zu beobachten (Abb.5). In diesem Bereich traten nur örtlich geringfügige Tropfwasserstellen auf. Durch das sehr flache Auftauchen des Kristallins begleitete dieser oft extrem stark zerlegte Verwitterungshorizont den Kalottenvortrieb bis etwa in den Bereich um Station 1060 m. Die angetroffenen Gesteine waren nach verschiedensten Richtungen intensiv und engständig geklüftet. In Abhängigkeit vom oft sehr hohen Zerlegungsgrad und der damit einhergehenden Vergrünung waren auch die Ausbruchsbedingungen als ungünstig einzustufen. Daher wurden relativ kurze Angriffstiefen von 1,5 bis 1,8 m gewählt, wobei die Lösung des Gesteins mittels Sprengung erfolgte.

Erst ab Station 1060 m traten zunehmend klarere lithologische und strukturelle Verhältnisse auf. Es kam zu einer zunehmenden Abnahme des Zerlegungsgrades, so daß in der Folge längere Abschnitte in weitständig geklüfteten und zum Teil sogar massigen, granitischen Gesteinen durchörtert wurden.

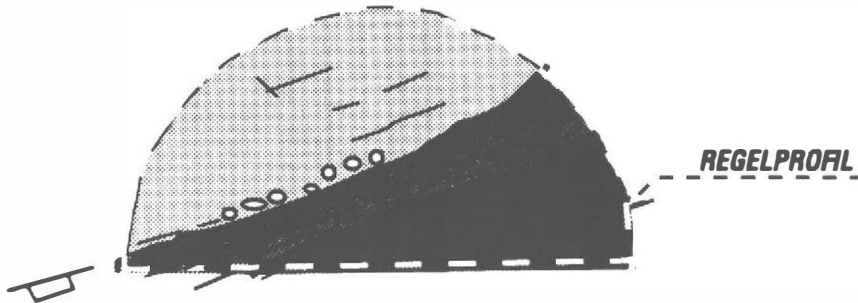
Zu den geotechnischen Messungen im Ostvortrieb kann bemerkt werden, daß in der gesamten aufgefahrenen Strecke - mit Ausnahme der Rath-Senke - im Durchschnitt zwischen 1,5 und 4 mm an Konvergenzen in der Kalotte gemessen wurden. Beim nachfolgenden Strossendurchgang stellte man eine geringfügige Zunahme der Verformungen von 5-7 mm fest.

Im Bereich der Rath-Senke wurde ein intensives geotechnisches Meßprogramm durchgeführt, das die Konvergenzmessungen und Firstnivellements im Tunnel durch Oberflächennivellements ergänzte. An der Oberfläche wurden 5-7 mm Setzungen gemessen, die maximal gemessenen Firstsetzungen im Tunnel erreichten 5,4 cm und die größten Konvergenzen betragen 3 cm.

Im gesamten bisher betrachteten Ostvortrieb erfolgten nur wenige und in ihrer Menge als gering einzustufende Wasserzutritte. Die während des Vortriebes im Bereich der Kaolinit-Strecke beobachteten Wasserzutritte

OSTVORTRIEB STATION 885 m

ENDE DER "KAOLINITSTRECKE"



**ÜBERGANG VOM DICHT GEPACKTEN KAOLINIT
IN EIN SEHR "MÜRBE", STARK GEKLÜFTETES KRISTALLIN**

Abb.5: Übergangsbereich von der Kaolinitstrecke in den Granulit

äußern sich derzeit in Form von örtlichen Wasserzusicierungen aus der Kalottensohle. Ähnliche Beobachtungen können auch in jenem Bereich gemacht werden, wo die Verwitterungsschwarte des Kristallins langsam in das Kalottenprofil auftaucht. Diese Verhältnisse wirken sich zum jetzigen Zeitpunkt und bei fehlender Wasserabfuhr auf die Erhaltung der Fahrbahn in den jeweiligen Kalottenabschnitten aus.

Zusammenfassende Überlegungen zum bisherigen Vortrieb

Die bisher angetroffenen Verhältnisse sowohl im Ost-, als auch im Westvortrieb stimmen mit der vorliegenden Prognose gut überein. Vor allem im Westvortrieb war immer wieder festzustellen, wie eng die Profilgestaltung nach dem erfolgten Abschlag mit den jeweiligen Gesteinsstrukturen zusammenhängt. Unabhängig vom Ausbruchverhalten traten bisher von extrem kleinstückig zerlegten, und somit zu maßvoller Profilgestaltung neigenden, bis zu weitständig geklüfteten und daher unregelmäßig ausbrechenden Granulitzonen alle Übergänge auf. Für den weiteren Vortriebsfortschritt wird entscheidend sein, wie gut und rasch man sich auf diese - auch schon vor Beginn der Ausbruchsarbeiten bekannten Gefügeverhältnisse einstellen kann. Denn nach dem Durchörteren der "Kaolinitstrecke" werden auch im Ostvortrieb dieselben Verhältnisse auftreten und zu bewältigen sein.

Autor: Dr. Christian Milota
Büro Dr. Nowy
Buchberggasse 1/2/8
A-3400 Klosterneuburg