Zeitschrift: Bulletin für angewandte Geologie

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie

Band: 5 (2000)

Heft: 2

Artikel: Beherrschung von Wassereinbrüchen beim Bau des Eggetunnels, ABS Paderborn-Kassel

Autor: Schenk, Volker / Liening, Bernd

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-222277

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.07.2025

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

Bull. angew. Geol.	Vol. 5	Nr. 2	S. 191 – 204	Dezember 2000

Beherrschung von Wassereinbrüchen beim Bau des Eggetunnels, ABS Paderborn – Kassel*

mit 11 Figuren

VOLKER SCHENK[1] & BERND LIENING[2]

Zusammenfassung

Der zweigleisige Eisenbahntunnel (Länge 2.9 km) stellt das Hauptbauwerk der Ausbaustrecke Dortmund – Kassel dar, dessen Ausbrucharbeiten im August 2000 abgeschlossen wurden. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands haben West – Ostverbindungen im gesamten Schienennetz der DB an Bedeutung gewonnen. Da die Strecke eine permanent aktive Hangrutschungszone an der Bestandstrasse umfährt, hatte die Realisierung des Tunnels höchste Priorität.

Der seicht liegende Tunnel (Überdeckung 10–60 m), der bereits in der geologischen Prognose als sehr schwierig eingeschätzt wurde, durchörterte im Nordtrum eine Serie aus subhorizontalen, meist unproblematischen Unterkreidesandsteinen und – durch eine tonige Paläobodenschicht (Wasserstauer!) getrennt – stark verkarsteten Muschelkalk.

Dagegen wurden im Südtrum sehr wasserempfindliche, stark verformbare, überkonsolidierte Lias- und Keupertonsteine durchfahren.

Nach zum Teil erheblichen Vortriebsschwierigkeiten im streckenweise durch Verkarstung entfestigten Muschelkalk kollabierte unvorhersehbar bei Stat. 1066 die Kalottenbrust, sodass ca 350 m^3 breiiger Schutt in den Tunnel floss, begleitet von einem Wassereinbruch von ca. 300 l/s.

Die Erkundung dieser kritischen Strecke ergab einen schlauchförmigen Verbruchkörper, der bei 40 m Tunnelüberdeckung fast zu einem Tagbruch geführt hätte.

Ein weiterer unvorhersehbarer Wassereinbruch von bis zu 80 l/s ereignete sich noch an einem engen Staffelbruch bei Stat.1150, wobei in den dortigen wassergesättigten Liastonsteinen erhebliche Grundbruchgefahr bestanden hat.

Es werden vor allem die Rekonstruktion der komplexen geologisch-tektonischen Verhältnisse der Schadensbereiche und die tunnelbautechnischen Massnahmen zur erfolgreichen Aufwältigung, bzw. Durchörterung dieser aussergewöhnlich schwierigen Tunnelabschnitte behandelt.

1. Vorbemerkungen und Projekt

Der 2.9 km lange Eggetunnel stellt das Hauptbauwerk der Ausbaustrecke Paderborn – Kassel dar, die Teil der wichtigen zweigleisigen Eisenbahnstrecke Dortmund – Kassel ist (Fig. 1). Sie verbindet Strecken in Sachsen, Sachsen – Anhalt und Thüringen. Die Verbindung war lange unterbrochen und seit der Wiedervereinigung Deutschlands sollen die alten West – Oststrecken wieder belebt werden.

---

* Beitrag an der Bodenseetagung 2000, Stein am Rhein, 3.11.2000

[1] Beratender Ingenieurgeologe, Alte Steige 1, D-74575 Schrozberg – Ettenhausen

[2] Lahmeyer International GmbH, Ingenieurgesellschaft, Friedberger Str.173, D- 61118 Bad Vilbel

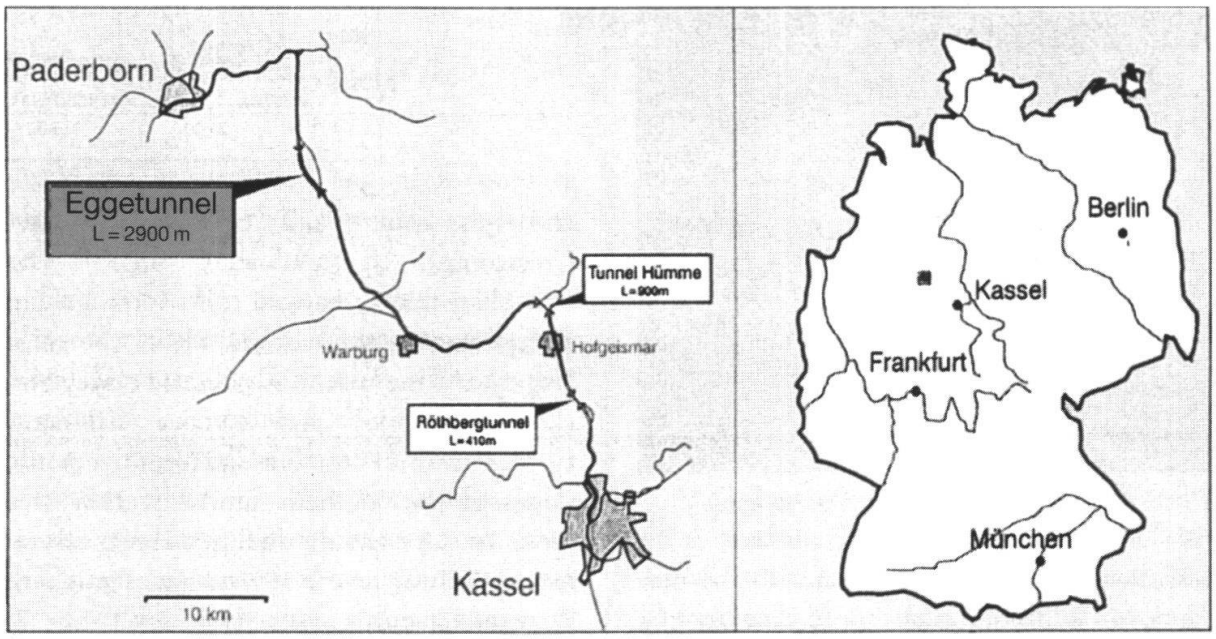


Fig. 1: Lage des Eggetunnels, Ausbaustrecke Paderborn – Kassel. Die anderen bezeichneten Tunnel sind noch in Planung.

Der seicht liegende Tunnel unterfährt spitzwinkelig das sogenannte Eggegebirge (Teil des Weserberglandes), das die tektonische Randstruktur am östlichen Ende der rheinisch – westfälischen Bucht darstellt.
Der Tunnel umfährt eine ausgedehnte Hangrutschung, die den Bahnbetrieb schon seit dem Bau der Strecke Ende des 19. Jahrhunderts häufig nachhaltig störte. Periodische Massenbewegungen des Hanges aus Keuper und Liastonsteinen gefährdeten den Betrieb hier in den letzten Jahren so stark, dass die Strecke zeitweise unterbrochen war, bzw. die Fahrgeschwindigkeit auf 50 km/h herabgesetzt werden musste, was letztlich zum beschleunigten Bau des Tunnels führte (Fig.2).

Fig. 2: Hangrutschung am Paderborner Berg, die die Bestandsstrecke schwer beschädigt und nachhaltig gestört hat und jetzt vom Eggetunnel umfahren wird. Situation 1988. (Foto: GLA Nordrhein – Westfalen).

Lahmeyer International (LI) führte unter Leitung des Erstautors 1993/94 umfangreiche geotechnische Voruntersuchungen durch. Die Vorplanung lag in Händen des Co-Autors und basierte auf Vergleichsuntersuchungen von fünf Alternativtrassen, die wegen der komplexen Geologie und der sensiblen ökologisch-topographischen Verhältnisse des Egge-Rückens erforderlich wurden.

Der Ausschreibungsentwurf wurde ebenfalls durch LI erarbeitet und umfasste neben dem Tunnel:

- einen 270 m langen Voreinschnitt im Norden,
- eine 40 m lange Strecke in Offener Bauweise im Norden,
- einen 60 m langen Abschnitt in OB im Süden und
- einen 370 m langen Voreinschnitt im Süden.

Die im Bereich der südlichen Tunneleinfahrt herzustellenden Hanganschnitte in rutschungsempfindlichem Lias erforderten zudem eine 340 m lange, sehr aufwändige, rückverankerte Bohrpfahlwand.

Zum Tunnelbauwerk gehören noch zwei Fluchtwege und zwar ein 43 m tiefer Schacht (Durchmesser 8 m) und ein rund 300 m langer Stollen (Querschnitt 15 m^2). Der Tunnel wurde von Norden fallend, bzw. von Süden steigend aufgefahren, wobei zur Beherrschung der verformungswilligen, sehr wasserempfindlichen Liastonsteine im Süden auf ca. 500 m Länge Ulmenstollenvortrieb ausgeschrieben war. Örtliche Vernässungen führten zu Fliesserscheinungen, so dass der Lias dort nur mit Vakuumentwässerung durchörtert werden konnte.

Die realisierten Regelquerschnitte sind in Fig. 3 zusammengestellt. Über die Details der Planung haben wir bereits berichtet (Wesemüller et al. 1997).

Der Auftrag wurde an den deutsch-österreichischen Unternehmer Beton & Monierbau vergeben, der auch für die Ausführungsplanung verantwortlich war. Im Auftrag der Deutschen Bahn AG nimmt LI auch die Bauüberwachung wahr, wobei für die gesamte Zeit des Vortriebs auch ein Baustellengeologe eingesetzt wurde. Bis zu seinem kürzlichen Ausscheiden aus dem aktiven Berufsleben begleitete der Erstautor die Ausbrucharbeiten und ist auch noch als Berater für das Projekt tätig.

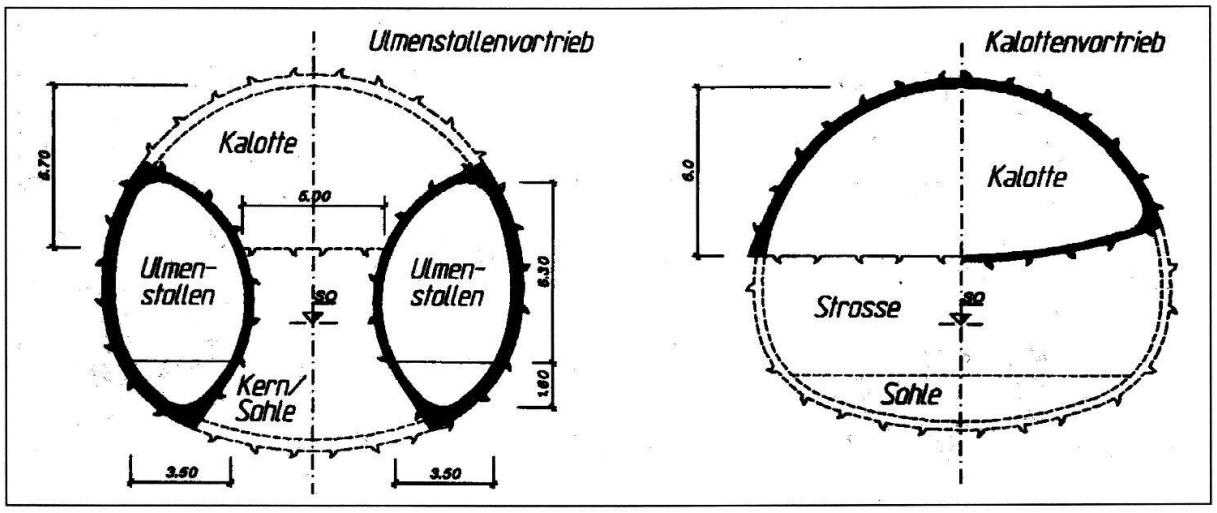


Fig. 3: Realisierte Regelquerschnitte.

Der Tunnelbau begann im 11. Februar 1998 im Norden mit alternierendem Kalotten- und Strossenvortrieb, während im Süden wegen der umfangreichen Hangsicherungsarbeiten im Lias der Anschlag für den ersten Ulmenstollen erst Ende April 1998 erfolgte. Bedingt vor allem durch den Verbruch bzw. die unvorhergesehenen Wassereinbrüche, die im Folgenden beschrieben werden, verzögerte sich der Tunnelvortrieb um rund ein halbes Jahr und war daher erst am 31. August 2000 abgeschlossen. Je nach den angetroffenen Gebirgsverhältnissen wurde der Tunnel im Spreng- und Baggerbetrieb aufgefahren. Der Bauvertrag sah vor, dass der Unternehmer die aus seiner Sicht zweckmässigste Ausbruchklasse wählt, die mit der Bauüberwachung und dem Gutachter des Eisenbahnbundesamtes abzustimmen war.

2. Geologisch-tektonischer Überblick

Das Mittelgebirge der Egge ist durch eine Reihe von NNW-SSE streichenden Störungszonen gekennzeichnet, die im Süden nahe des tertiären Vogelsberg-Vulkans beginnen und rund 140 km nördlich bis in die Gegend von Detmold zu verfolgen sind.

Die Richtung des Eggerückens , der sich ca. 100 m über dem flachwelligen Umland erhebt, wird durch meist vertikale Bruchstrukturen bestimmt, die schon früh in die Literatur als «Egge'sche Richtung» eingegangen sind. Wie der geologische Längsschnitt zeigt (Fig. 4), liegt das Nordtrum des Tunnels in massivem Osning Sandstein und weniger festem Gault Sandstein der Unterkreide. Darunter liegt dünngeschichteter, verkarsteter Muschelkalk (Wellenkalk). Der vorwiegend dickbankige, häufig trennflächenarme Unterkreidefels bildet den eigentlichen Kamm an der Ostseite. An seiner Basis im Süden stehen dünn geschichteter, veränderlich-fester toniger Lias und als stratigraphisch Tiefstes Keupertonsteine an, jeweils überkonsolidiert durch die geologische Vorbelastung.

Schon während der Erkundung gab es Anlass zur Befürchtung von Hangbewegungen, da alte Bewegungsstrukturen festgestellt wurden. Ein Inklinometermessprogramm zeigte jedoch, dass sich die Hänge wohl in einem quasistabilen Gleichgewicht befinden.

Die Hauptbruchstrukturen, v.a. «eggischer» (SSE-NNW), «rheinischer» (NNW-SSW) und «hercynischer» (NW-SE) Richtungen, trennen das Gebirge vor allem im Nordtrum des Tunnels in einzelne Schollen, so dass sogar ein Störungssystem vom Tunnel schleifend angefahren werden musste. Eine der tunnelbautechnisch problematischen Strecken wurde bei Stat. 1150 als enger Staffelbruch durchörtert, der ca. 20 m abgesunken ist. Wir gehen hierauf später ausführlich ein.

Zunächst sollen die geologisch-tektonischen Verhältnisse näher behandelt werden, die zum besseren Verständnis der Grundwasserproblematik notwendig sind. Das Auftauchen stratigraphisch älterer Schichten (Jura und Keuper) wurde durch eine präkretazische Hebung des Rheinischen Schildes im Westen von einer sehr langen Erosionsphase begleitet, die eine stark verkarstete Landoberfläche auf dem Muschelkalk erzeugte (v.a. tektonische Phasen des Kimmeridge, Malm, Oberer Jura, sowie Bewegungen in der Unterkreide). Diese tektonischen Phasen sind durch eine mindestens bis zu ca. 20 m tief in den Muschelkalk eingedrungene Verwitterung, bzw. Verkarstung gekennzeichnet, die durch einen 1.0–6 m mächtigen, tonig sandi-

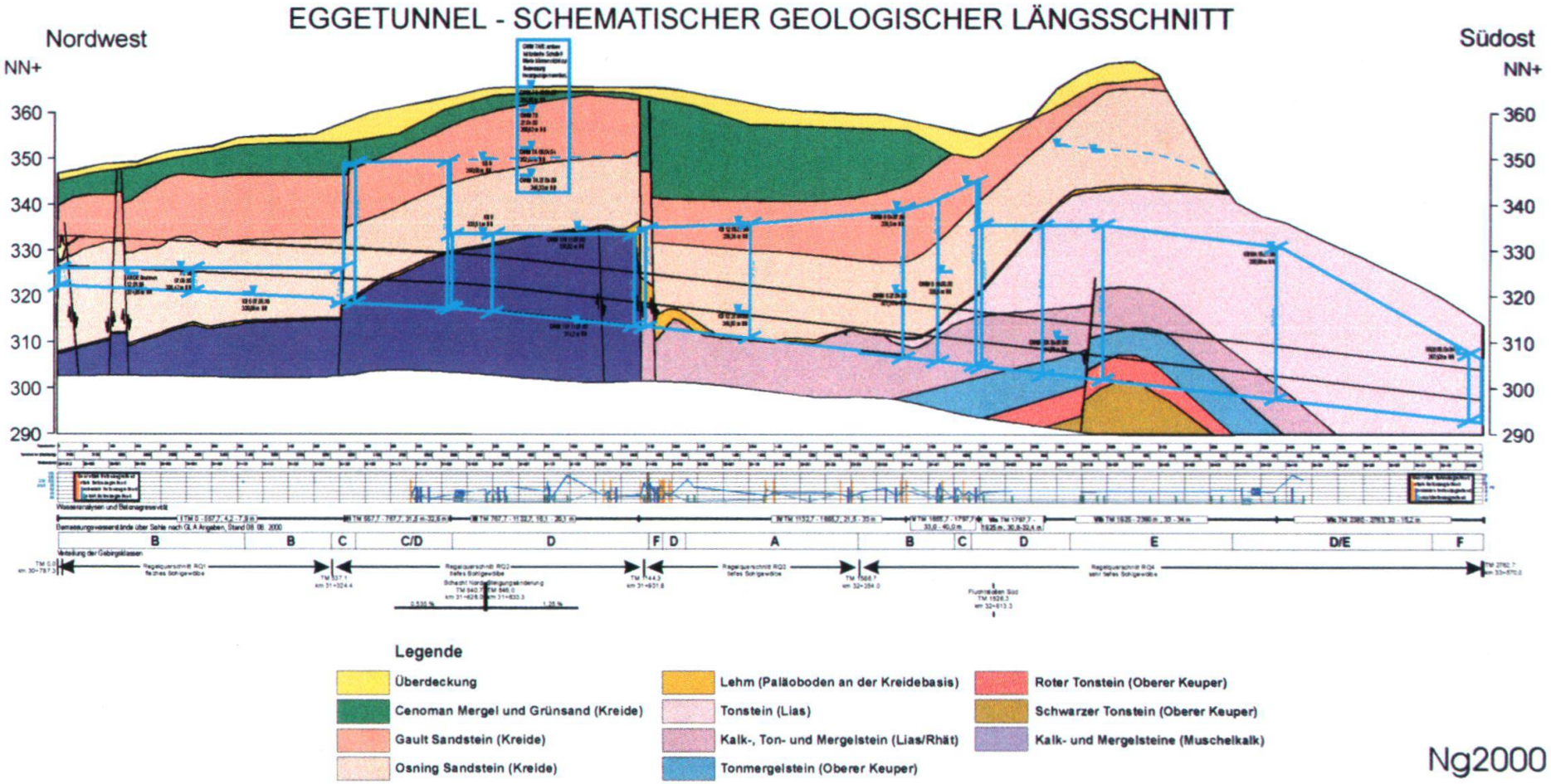


Fig. 4: Eggetunnel – schematischer geologischer Längsschnitt nach dem Ausbruch. Verteilung der Gebirgstypen und Regelquerschnitte.

gen Paläoboden abgedeckt ist. Die kretazischen Sandsteine des Deckgebirges fallen 0–10° in nord- bis nordwestliche Richtungen ein, während die Schichten unterhalb der ausgeprägten Transgressionsfläche eine deutliche Diskordanz mit Einfallswinkeln von 5–30° aufweisen.
Zwei separate Grundwasserstockwerke, ein oberes in den Kreidesandsteinen und ein tieferes im Muschelkalk waren bekannt. Für den Tunnelbau wurde so eine Druckwasserhöhe von max. 40 m über Tunnelsohle bestimmt, so dass für den Vortrieb entscheidend war, hydraulische Kurzschlüsse zwischen den beiden Aquiferen zu verhindern, bzw. den Staueffekt des dazwischenliegenden Paläobodens zu erhalten.

3. Geotechnische Erkundung

Hierzu ist nur zu sagen, dass ein den schwierigen Untergrundverhältnissen angepasstes geotechnisches Untersuchungsprogramm durchgeführt wurde, das im Wesentlichen aus Kernbohrungen, Dilatometerversuchen, Durchlässigkeitstests, Pumpversuchen, Inklinometermessungen, sowie boden- und felsmechanischen Laborversuchen bestand. Ausserdem wurden zahlreiche Bohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut, um die komplexen Grundwasserverhältnisse des Projektgebietes zu kontrollieren.

Als Fazit der Erkundung lag der Planung eine Gebirgstypisierung von charakteristischen Typen zugrunde: A, B, C, D, E und F, denen eine gewisse Bandbreite der üblichen Gebirgsparameter zugeordnet wurde (vergl. Wesemüller et al. 1997). Es soll hier nur soviel gesagt werden, dass z.B. standfester, massiver Osning Sandstein als günstigster Typ A bzw. die beschriebenen Schadensbereiche und der ausserordentlich schwierige Eingangsbereich der Liasstrecke als Typ F, sowie ein grosser Teil der Lias/Keuperstrecke als Gebirgstyp E klassifiziert worden sind. Die Verteilung der jeweiligen Gebirgstypen geht aus Fig. 4 hervor.
Ursprünglich hatten wir auch an geophysikalische Messungen zur Erkundung der Verkarstungsintensität gedacht. Da aber zum damaligen Zeitpunkt kein Verfahren erfolgversprechend erschien, das zudem auch preislich vertretbar war, wurde empfohlen, solche Untersuchungen auf die Bauzeit zu verschieben. Denn es war seinerzeit nach ersten Anwendungen zu erwarten, dass insbesondere von der Ortsbrust aus, geeignete bzw. einsetzbare reflexionsseismische Verfahren verfügbar sein würden, so dass zur Zeit der Erkundung auf Feldgeophysik verzichtet wurde.

Schliesslich ist noch darauf hinzuweisen, dass im Rahmen unserer hydrogeologischen Begutachtung prognostiziert wurde, dass in Bereichen starker Durchtrennung/Störungen des Osning Sandsteins mit kurzzeitigen Grundwasserzutritten bis zu 40 l/s zu rechnen sei.

4. Tunnelvortrieb und Bergwasserverhältnisse

Aufgabe des Baustellengeologen, der im Dekadenbetrieb arbeitete, war, ein effektives geologisches Dokumentationssystem in digitaler Form anzuwenden, so dass gewährleistet sein sollte, dass die aus den laufenden Ortsbrustaufnahmen gewonnenen geologisch-strukturellen Daten sowie die geotechnische Interpretation für

die Wahl der jeweiligen Ausbruchklassen rechtzeitig verfügbar waren. Fig. 5 zeigt exemplarisch eine derartige Ortsbrustaufnahme.
Die Gault Sandsteine und stark zerbrochene/gestörte Abschnitte im Osning Sandstein des Nordtrums konnten mit dem Bagger ausgebrochen werden. Im Lias und Keuper kam praktisch nur der Bagger zum Einsatz.

Auf der Anfangsstrecke des dünn geschichteten Muschelkalks bis Stat. 700 wurden zunächst nur geringe Karsteffekte festgestellt (Fig. 4). Überraschenderweise wurden auch nur vereinzelt geringe Wasserzutritte beobachtet, da offenbar die hangende tonige Paläobodenschicht zwischen hochdurchlässigem Osning Sandstein und dem liegendem Muschelkalk dicht war (Fig. 5).

Ab Stat. 750 tauchte dann die Kalotte ganz in die Karstverwitterungsrinde ein und es traten stark wechselnde , tonige Zersatzzonen im Gebirge neben festen Felspartien auf. Des öfteren musste daher alternativ an der Ortsbrust neben Baggerausbruch auch gesprengt werden.

In einer Aufschlussbohrung, nahezu am Ende der Muschelkalkstrecke, wurde seinerzeit schon festgestellt, dass mit max. 75% der Kernstrecke in diesem Schichtglied der grösste Kernverlust der Bohrkampagne vorlag. Für den Tunnelbau musste da-

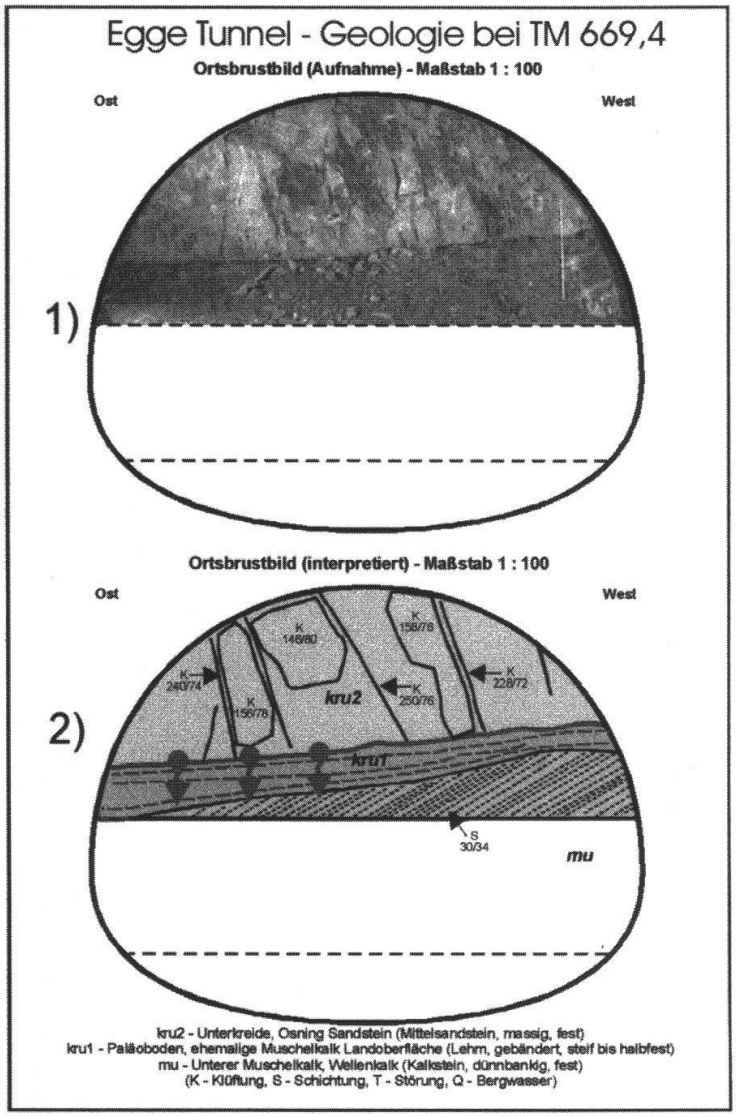


Fig. 5:
Beispiel der ingenieurgeologischen Dokumentation der Kalottenortsbrust.

her gefolgert werden, dass die Verkarstung bis mindestens 20 m unter Top Muschelkalk reichen konnte. Es musste daher mit «Mixed face conditions», d.h. neben festen Felspartien an der Ortsbrust auch mit zersetzten, steinigen und bodenartigen Materialien gerechnet werden. Wasserzutritte wären hier sehr unangenehm gewesen.

Um den Vortrieb bei den stark wechselnden Gebirgsverhältnissen zu optimieren wurde in einer Testmessung der Fa. Amberg Messtechnik AG Reflexionsseismik vom Typus TSP 202 eingesetzt. Leider waren die Ergebnisse jedoch unbefriedigend, da die sehr unregelmässig verteilten tonigen Zersatzzonen in den dünnschichtigen, mergeligen Kalksteinen sich nur als undeutliche Reflektoren erwiesen haben. Auf geophysikalische Sondierungen von der Ortsbrust aus wurde daher zugunsten von Kernbohrungen verzichtet.

Aufgrund der unregelmässig verteilten Karsttaschen aus steinig/blockigem Bodenmaterial – immer wieder unterbrochen durch festere Muschelkalkpartien – verlangsamte sich der Vortrieb erheblich. Besonders erschwerend für den Vortrieb war, dass die Kalotte und später der ganze Tunnelquerschnitt über eine Länge von mehreren hundert Metern im Bereich und wenige Meter unter dem Paläoboden verliefen. Zudem musste nun auch befürchtet werden, dass die Stabilität der Ortsbrust durch etwaige defekte oder gestörte Stellen der Paläobodenschicht gefährdet wäre, die hier zwischen 4 und 10 m über der Tunnelfirste verläuft. An einer derartig kritischen Stelle bestünde dann die Gefahr des Zusammenbruchs der Grundwassersäule.

Diese ständig wechselnden Gebirgsverhältnisse dauerten bis Stat. 1050 an. In deren Nähe wurde eine Störung erkundet, die die Übergangszone zum tektonischen Graben mit dem Osning Sandstein und Lias/Rät etc. markiert (Fig. 6).

An dieser Störung bei Station 1066 kollabierte dann am 11.03.99 plötzlich und unerwartet die Ortsbrust, sodass 350 m^3 Schutt und Schlamm in den Tunnel flossen. Der Verbruch, der glücklicherweise ohne Verletzte und Geräteverluste blieb, wurde durch einen plötzlichen Wassereinbruch von etwa 300 l/s verursacht, der nach 1 Tag zunächst auf ca. 10 l/s zurückging.

Nach der Ortsbrustsicherung musste zunächst für eine Ableitung des Gebirgswassers gesorgt werden, das rasch einen hüfttiefen Teich bildete und steigend zum Nordportal abgepumpt werden musste (Fig. 7). Zur Abstützung des Verbruchkörpers wurde Ausbruchmaterial vorgeschüttet und mit bewehrtem Spritzbeton versiegelt. Zusätzlich musste die Kalotte im Verbruchbereich mit Ankern, Spritzbetom und Zementinjektionen gesichert werden (Fig. 8). Anschliessend wurde ein grossräumiges Bohrprogramm abgeteuft, um die Geometrie des Verbruchkörpers und dessen geotechnische Eigenschaften zu erkunden, denn es musste ein geeignetes Bauverfahren zur sicheren Aufwältigung der Verbruchmasse bzw. zur Wiederaufnahme des Kalottenvortriebs gefunden werden (Fig. 6, Fig. 8).

Als Ergebnis wurde festgestellt, dass der kretazische Bodenhorizont im kritischen Abschnitt nur 1 bis 1.5 m mächtig war und 8.5 m über Firste liegt. Im Bereich dieser Störungszone ist der Osning Sandstein intensiv zerschert. Darunter wurden unter dem Paläoboden bis Stat. 1066 Mergel und Tonsteine des unteren Muschelkalks erbohrt, in die Taschen aus tonigem Verwitterungszersatz der alten Landoberfläche eingelagert waren. Einige Meter daneben und unterhalb des Bodens wurden dann

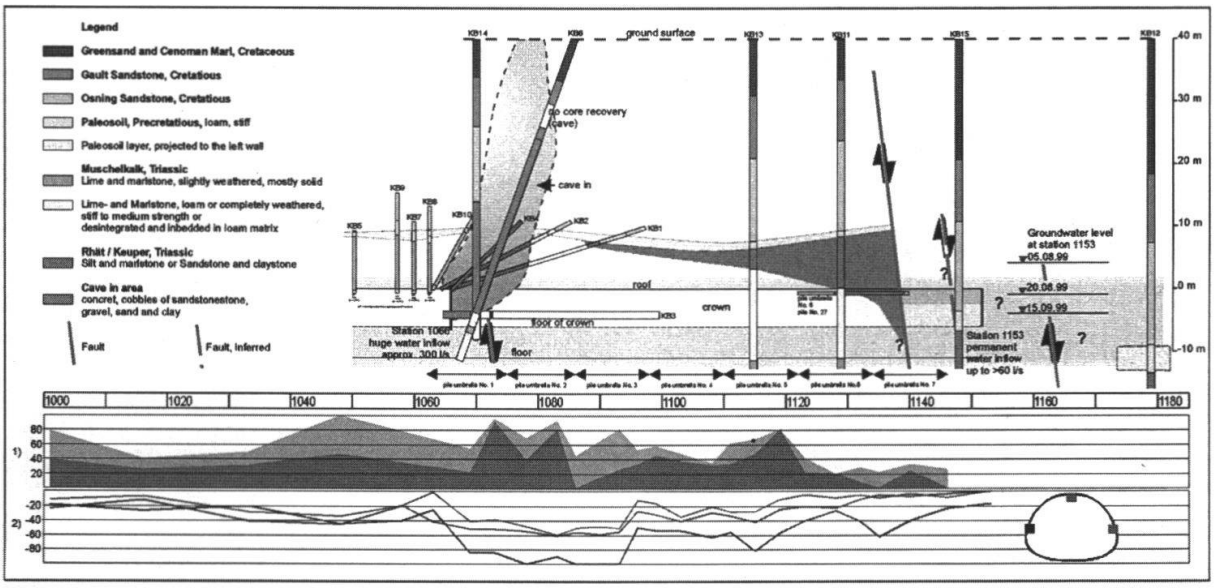


Fig. 6: Schadensbereich Nord zwischen Stat. 1050 und 1180. Geologische Interpretation gemäss Erkundung und Auffahrung. Verbruch bis zur Geländeoberfläche bei Stat. 1066 und sehr schwierige Störungszone nach Stat. 1140. 1) «Auslastungsgrad der Spritzbetonschale» nach R. Rokahr et al. 1997 (Prozent, max./aktuell), 2) Setzungen (mm).

halbfeste Schluff- und Tonsteine des Unteren Keupers angetroffen. Diese sind wiederum von einer Folge von Kalk- und Mergelsteinen sowie Dolomit des Oberen Muschelkalks unterlagert. Damit war erwiesen, dass der Tunnel an dieser Stelle eine prekretazische Störungszone mit einem Absenkbetrag der Hochscholle von

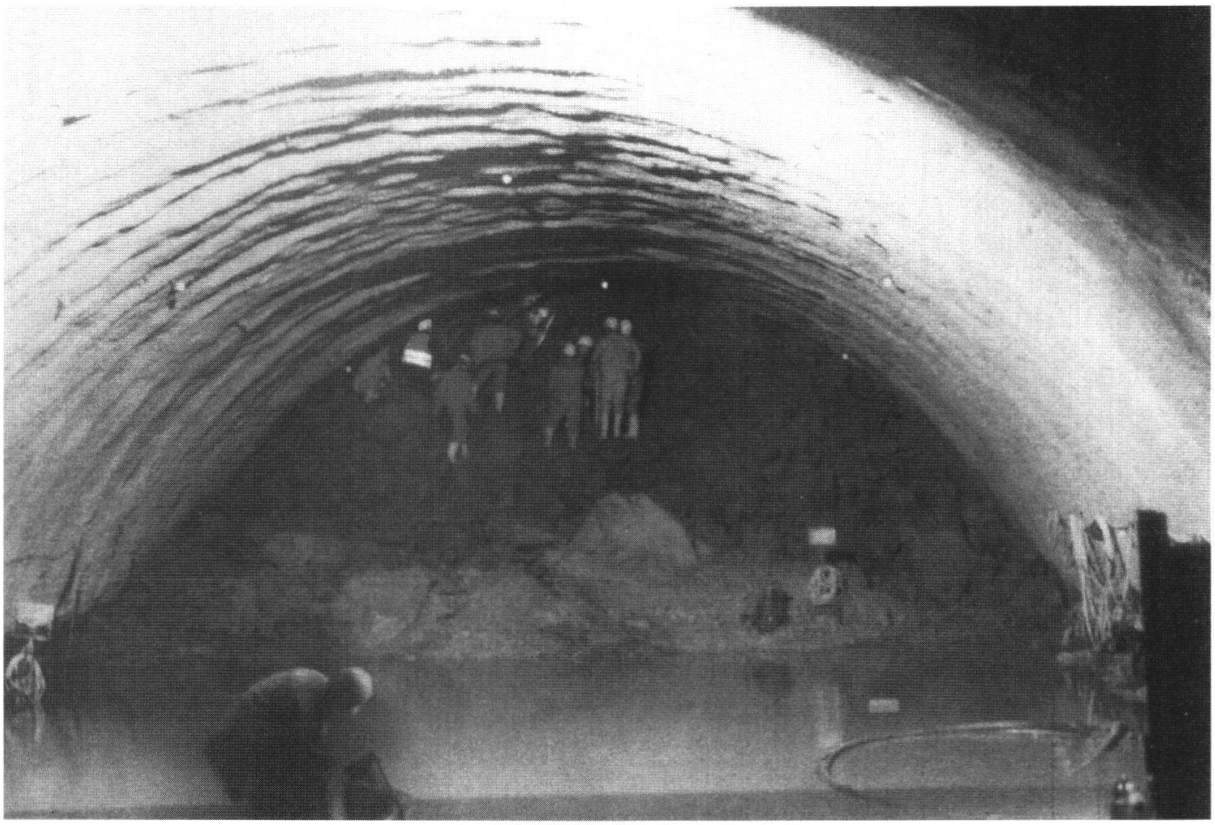


Fig. 7: Inspektion der Kalottenortsbrust, Nordtrum, Stat. 1066 nach dem Verbruch am 11.3.1999

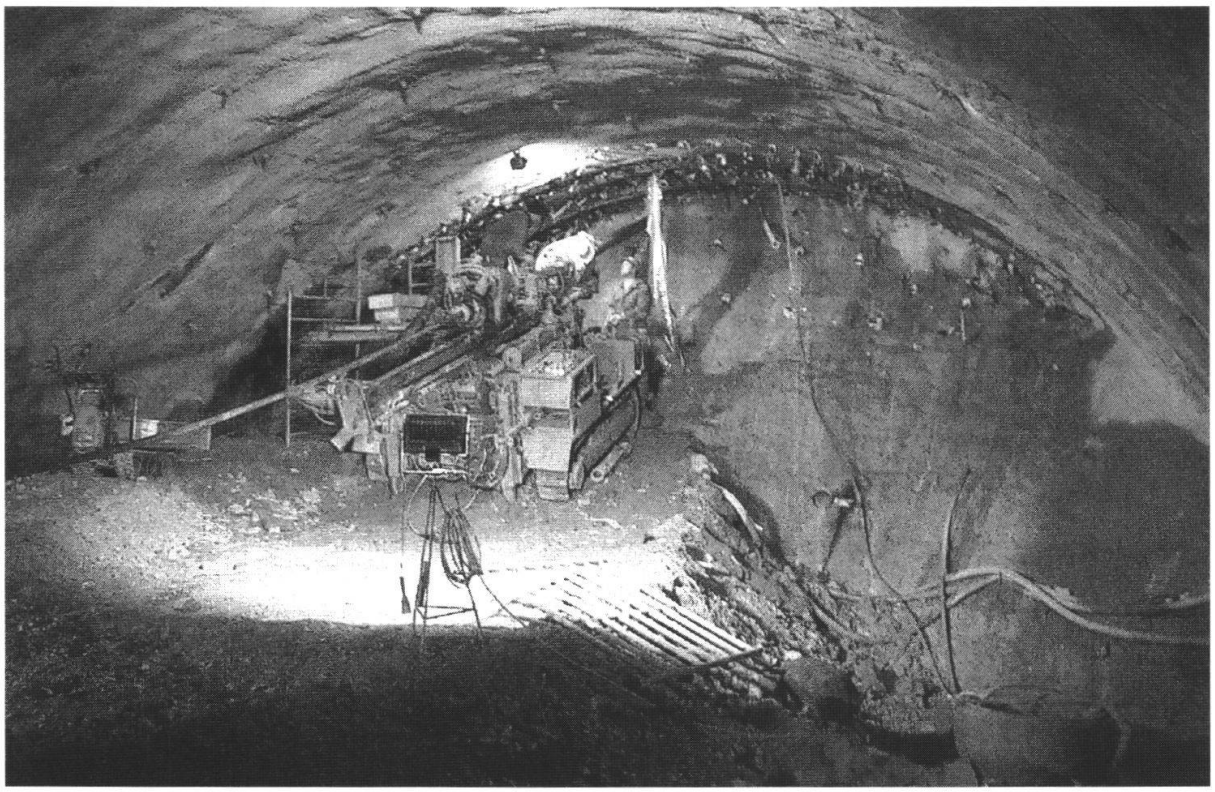


Fig. 8: Schadensbereich, Stat. 1066 nach Herstellung des ersten Rohrschirmabschnitts, Aufschlussbohrungen zur Erkundung des Verbruches.

mehr als 35 m angefahren hatte, die wegen der praktisch ungestörten hangenden Unterkreide vermutlich inaktiv geblieben ist.

Zur Interpretation der Schadensursache vermuten wir, dass durch die tektonische Bodenunruhe der alte Bodenhorizont dort wohl schon defekt gewesen sein muss, zumal auch an der deutlich geklüfteten Osningbasis deutliche Verwitterungserscheinungen erkennbar waren. Es ist daher denkbar, dass schon im Muschelkalk eine alte Doline existierte, die durch den Tunnelvortrieb reaktiviert wurde und in Verbindung mit einem Wassersack, bzw. dort stärker durchtrennter Unterkreide zu dem Verbruch führte (Fig. 6).

Im Zuge der Untersuchungen wurde weiter voraus bei Stat. 1140 ein enges, staffelbruchartiges Störungsbündel lokalisiert, wo der Paläoboden und die Unterkreideschichten um insgesamt 20 m abgesunken sind. An dieser Stelle ist der Boden geschleppt, so dass die Störung während der langen Zeit der Landoberfläche und zumindest noch in der Oberen Kreide aktiv gewesen ist. Es zeigte sich ferner, dass in 10–15 m Teufe unterhalb der Geländeoberfläche – also 40 m über Firste – ein Hohlraum existierte. Damit stand fest, dass der Verbruchkörper bis fast obertage reichte und sich beinahe zu einem Tagbruch erweitert hätte. Es war daher besondere Eile geboten, die breiig bis steife, steinig-blockige Verbruchmasse zu konsolidieren und den oberflächennahen Hohlraum zu verfüllen.

Der tunnelbautechnisch kritische Abschnitt wurde von ober- und untertage mit ca. 320 m^3 Zementschlämpe (WZ/Faktor 0.5) verfestigt. Im Vortriebsbereich selber wurde dann in 7 Abschnitten zu je 12 m Länge ein Rohrschirm hergestellt, um eine

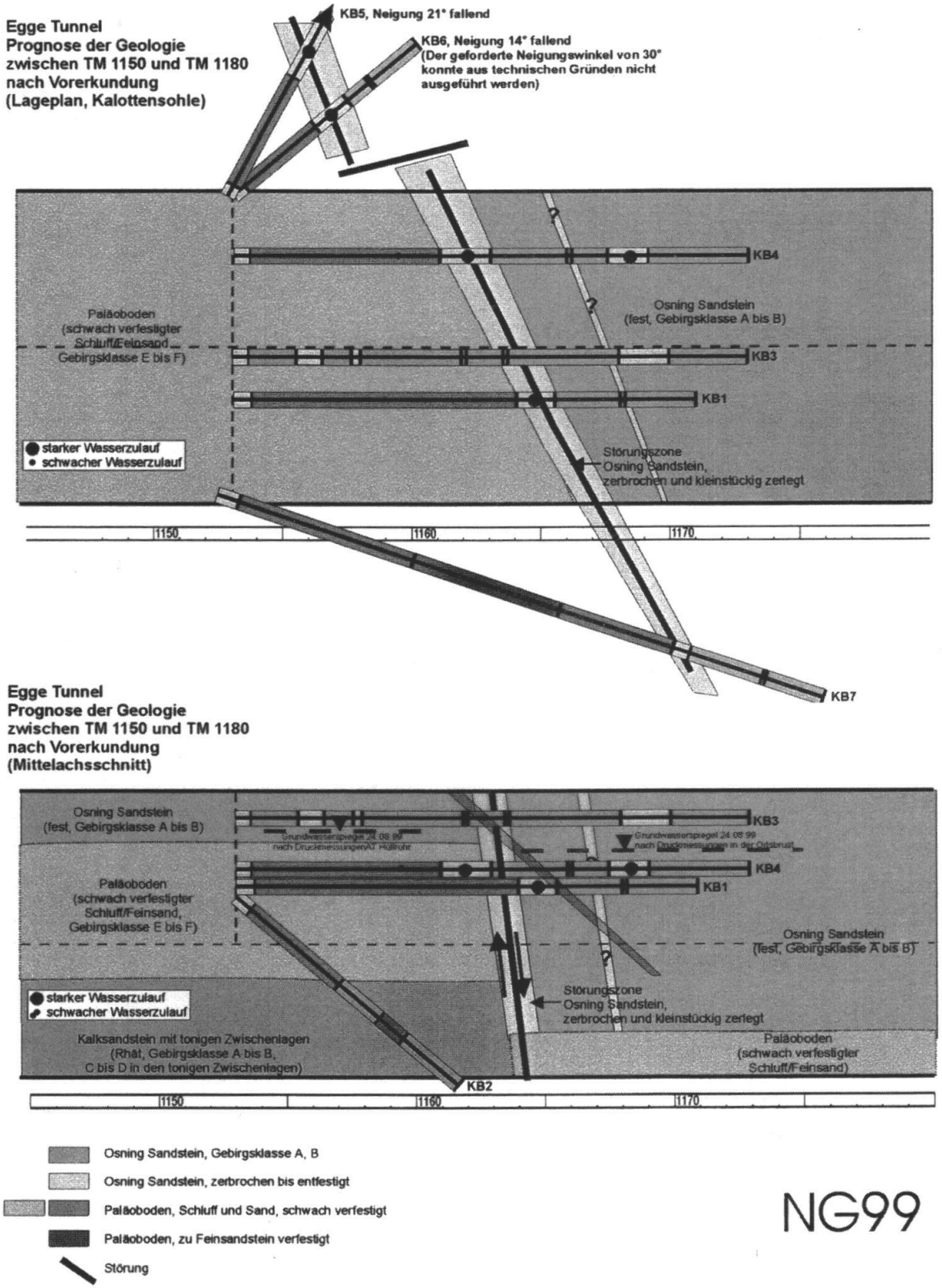
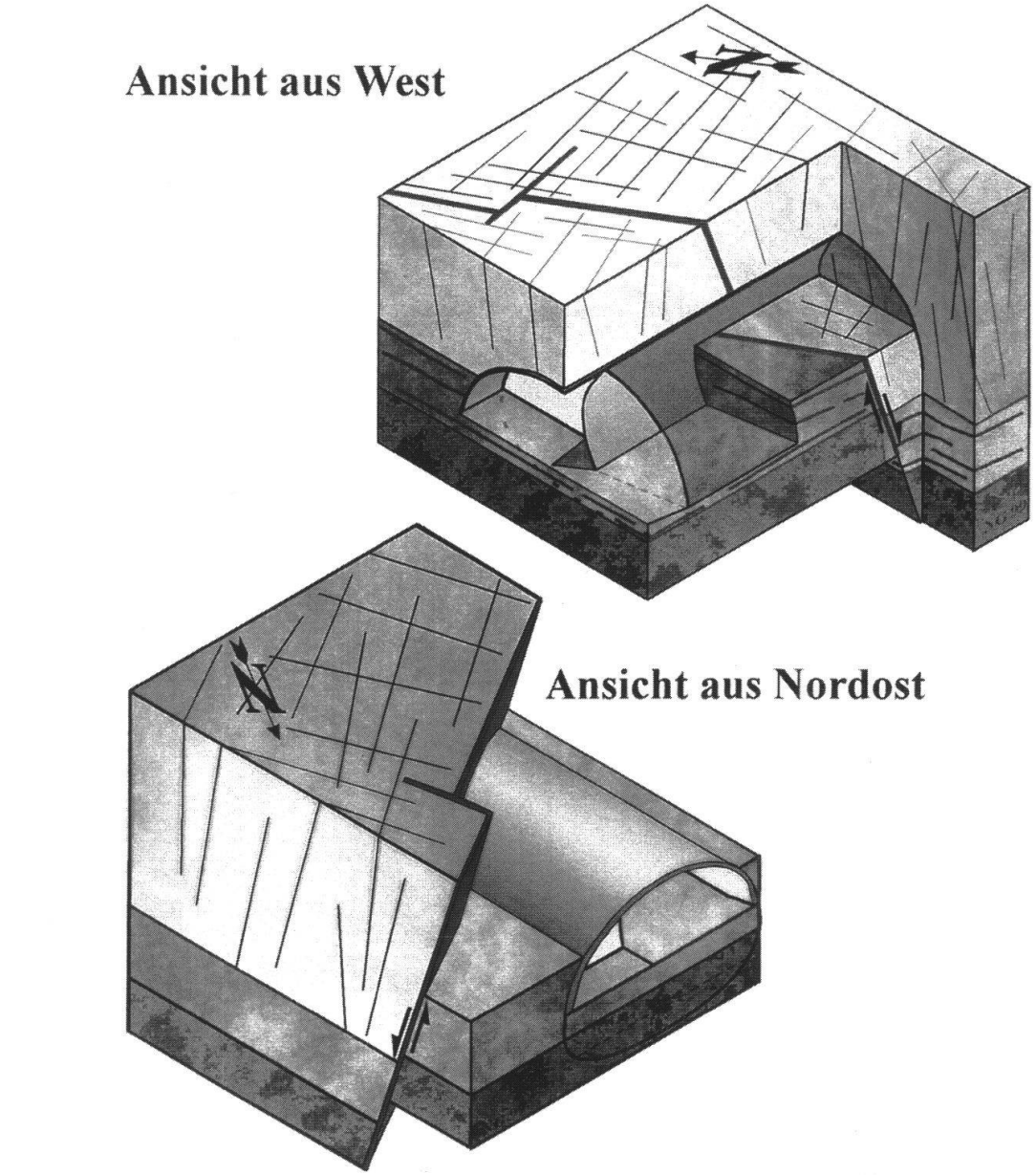


Fig. 9: Schadensbereich Nord, Stat. 1150 bis 1180, Detailerkundung und Prognose, Grundriss oben, Seigerriss unten.

Egge Tunnel
Geologisches Blockbild TM 1150 bis TM 1180



Osning - Sandstein, orthogonales, subvertikales, großräumiges Kluftsystem, mittlerer Kluftabstand 0,5 m bis >2,0 m

Paläoboden, Schluff und Sand mit Tonanteil, nicht oder nur schwach verfestigt, mit vereinzelten söhlig lagernden vererzten Zwischenlagen, keine Trennflächen vorhanden

Keuper, Kalksandsteine mit tonigen Zwischenlagen, schwach geklüftet

NG99

Fig.10: Geologisches Blockbild der Schadensstrecke Stat. 1150 bis 1180 mit Eintragung der für den Wassereinbruch massgeblichen Störung.

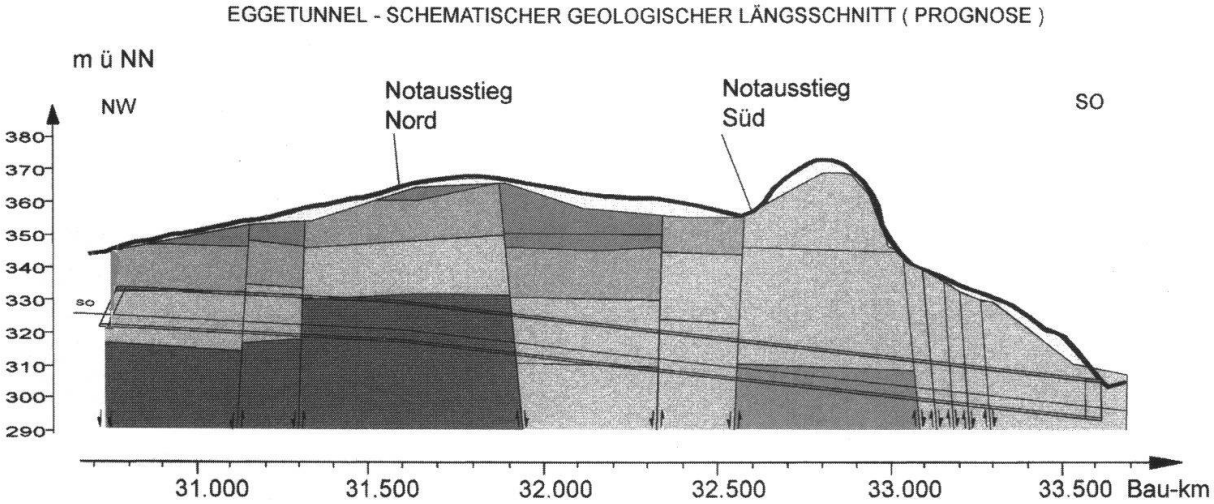


Fig.11: Schematischer geologischer Längsschnitt (Prognose), Legende entsprechend Fig. 4 ohne Eintragung der Paläobodenschicht und der GW- Stände.

sichere Aufwältigung des Schadensbereichs zu gewährleisten. Die Anordnung der Rohrschirmabschnitte, die aus Sicherheitsgründen 6 m überlappt waren, geht aus Fig. 6 hervor. Eine detaillierte Beschreibung u.a. des zur Anwendung gelangten Rohrschirmsystems erfolgte kürzlich (Arnold & Fügenschuh 2000). Nach einem Vortriebsstillstand von über 3 Monaten wurde dieser Abschnitt schliesslich erfolgreich durchörtert.

Unmittelbar vor der nächsten prognostizierten Störung bei Stat.1153 passierte noch ein weiterer unerwarteter und folgenschwerer Wassereinbruch von zunächst mehr als 60 l/s (Fig. 6), der in der Folge bis ca. 80 l/s anwuchs.
Einige Erkundungsbohrungen von der Ortsbrust trafen zunächst die vorhergesagte Störung zwischen Stat. 1160 und 1167. Die Ergebnisse der Detailerkundung sind in Fig. 9 zusammengestellt. Im geologischen Blockmodell wird diese Situation verdeutlicht (Fig.10).

Aufgrund des nun permanent anfallenden Bergwassers von 50–80 l/s musste diesmal befürchtet werden, dass die plastische, wassergesättigte Paläobodenschicht, die im Strossenbereich angetroffen wurde, zu hydraulischem Grundbruch führen könnte. Wie im Modell dargestellt, wurde die wasserführende Zone mithilfe eines halbseitigen Ulmenstollens von 22 m Länge bewältigt, wobei der wassergesättigte Schluff im Sohlbereich mit Vakuumlanzen entwässert wurde. Der linke Ulm des Stollens wurde dann durch einen Injektionsrohrschirm stabilisiert. Nach diesem aufwändigen Sanierungsabschnitt wurde dann bis auf Stat. 1187 auf den vollen Kalottenquerschnitt aufgeweitet und der normale Kalottenvortrieb fortgesetzt.

5. Fazit

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten können wir heute feststellen, dass die prognostizierte Geologie und das streckenweise sehr schwierige Gebirgsverhalten im Wesentlichen bestätigt worden sind (Fig.11). Trotz der umfangreichen Vorerkundung haben allerdings die unvorhersehbaren geotechnischen Problemstrecken den

Ausbruch wesentlich behindert. Grund dafür ist vor allem die in diesem Ausmass nicht erwartete Verkarstungsintensität des lokalen Muschelkalks, insbesondere im Zusammenhang mit den relativ grossen Wassereinbrüchen.

Schliesslich sei auch noch erwähnt, dass vor dem Bau des Eggetunnels keinerlei Tunnelbauerfahrungen in diesem Gebiet mit derartig komplexer Geologie vorlagen. Nichtsdestoweniger hat sich bei dem vorgestellten Tunnelvortrieb wieder einmal bestätigt, dass die Kombination von verkarstetem Gebirge mit kaum genau genug vorhersehbarer Wasserführung eine ganz besondere Herausforderung für den Tunnelbauer darstellt! Positiv ist in dieser Hinsicht schliesslich noch zu vermerken, dass in den kritischen Situationen alle Beteiligten an einem Strang zogen!

Danksagung

Herrn Dipl.Ing.Gnest, DB AG Hannover danken wir über dieses Thema berichten zu können. Ferner danken wir unseren Kollegen Drs. H. Risch und H.M. Braun, die bei der Vorerkundung mitwirkten, sowie Dipl. Ing. R. Pino, Bauüberwachung und N. Graf, Baustellengeologe, für ihre Unterstützung, insbesondere Letzterem auch für die Erstellung der Abbildungen.

Literatur, Gutachten

ARNOLD, J. & FÜGENSCHUH, N. 2000: Bewältigung schwieriger geologischer Verhältnisse im Zuge der Auffahrung des Eggetunnels. Tunnel 5.

DEUTSCHE BAHN AG, Hannover 1994: Eggetunnel. Ingenieurgeologisches Gutachten, ingenieurgeologisches Gutachten Voreinschnitte, hydrogeologisches Gutachten; Lahmeyer International GmbH, Ingenieurgesellschaft Frankfurt a.M., unveröffentlicht.

ROKAHR,R.B. & ZACHOW, R. 1997: Ein neues Verfahren zur täglichen Kontrolle der Auslastung einer Spritzbetonschale. Felsbau 15/6.

WESEMÜLLER, H., LIENING, B. & SCHENK, V. 1997: Der Eggetunnel. Planung in schwieriger Topographie und Geologie im Streckenabschnitt Paderborn – Kassel der ABS 33. EI – Eisenbahningenieur 48/8.