Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 26

Artikel: Baustelle Nationalstrasse N3 Bözberg- und Habsburgtunnel
Autor: Pfleghard, Ueli
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85970

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: 10.12.2025

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

Im Submissionsprojekt war ein Konzept mit Dilatationsfugen (ringsum laufendes Fugenband in Querschnittsmitte) alle 18 m vorgeschlagen worden. Nach intensiven Abklärungen gemeinsam mit dem Unternehmer wurden schliesslich an ihrer Stelle Arbeitsfugen mit durchlaufender Armierung ausgeführt, so dass sich ein etwa 1000 m langes zusammenhängendes Bauwerk ergab. Auf die Arbeitsfugen wurde zur Abdichtung ein Dichtungsmörtel (Vandex-Betonbauschlämme) aufgetragen. Eine allfällig notwendige Nachdichtung erfolgt auf Kosten des Unternehmers.

Einerseits die Erkenntnis, dass sich bei einer Abschnittslänge grösser als die 1,5fache Wandhöhe mit oder ohne Dilatationsfugen an den Zwangsspannungen und damit an der Rissentwicklung fast nichts ändert und anderseits die Erfahrung, dass gerade Dilatationsfugen trotz sorgfältiger Planung und Ausführung grosse Schwachstellen sind, führte zur gewählten Lösung.

Der Sperrbeton wurde aufgrund von Vorversuchen in folgender Zusammensetzung ausgeführt: Zuschlagmaterial bis d = 50 mm, Zementgehalt 250 kg/m³, EFA-Füller 50 kg/m³, Sikament 320, W/Z-Faktor 0,44–0,46. Wegen der Körnung bis 50 mm mussten grosskalibrige Pumpleitungen verwendet werden.

Zum Schutz vor zu raschem Austrocknen, unerwünschten Temperatureinwirkungen und zu frühen Schwindeinflüssen wurde folgendes Nachbehandlungskonzept ausgeführt: Die Oberfläche der Bodenplatte und Decke wurde 6 Stunden nach dem Betonieren, die Wandflächen beidseitig sofort nach dem Ausschalen mit Isoliermatten abgedeckt; ungefähr 10 Tage nach Erstellung des Bauteils wurden die Isoliermatten durch Plastikabdeckungen ersetzt. Um Durchzug zu verhindern, wurde der Tunnelquerschnitt abgeschottet.

Ergebnis

Die Verteilung der Risse und die Anzahl der Feuchtstellen in den einzelnen, ungefähr 18 m langen Ausführungsabschnitten trat sehr ungleichmässig auf. Abhängigkeiten zu jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, Regenperioden bzw. langer Sonnenscheindauer liessen sich nicht eindeutig erkennen. Besonders unregelmässige Rissbilder mit teilweise stark wasserführenden Einzelrissen entstanden in Bereichen mit teilweise abruptem Querschnittswechsel (Öffnungen für Treppenaufgänge und Schwallentlastungen).

Die im Nachdichtungsprogramm berücksichtigte Phase der Selbstheilung der Risse musste fallengelassen werden, da für den inzwischen wesentlich erhöhten Ausbaustandard viel mehr Ausführungszeit als im voraus geplant benötigt wurde. So wurden gleich nach dem Rohbauabschluss im Jahre 1989 in einem ersten Durchgang sämtliche, auch die nicht wasserführenden Risse – gesamthaft rund 1 lfm Riss pro 5 m² – im Wissen eines erhöhten Kostenaufwandes abgedichtet. Im laufenden Jahr wird ein weiterer Nachdichtungsdurchgang notwendig, da nach den kalten Wintermonaten vor allem im Stationsbereich Selnau mehrere neue Risse entstanden sind. Obwohl die Rissezahl wesentlich zurückgegangen ist, schätzungsweise auf rund 10% der im 1. Durchgang sanierten, ist der Zeit- und Kostenaufwand höher, da im Gleisbereich nur während der betriebsfreien Nachtstunden gearbeitet werden kann.

Die flexible und rasche Bauausführung nach dem Sperrbetonkonzept wirkte sich günstig auf die Kosten und Termine aus und reduzierte das latent vorhandene Überflutungsrisiko im Flussbett der Sihl auf ein Minimum. Unter Berücksichtigung der mittels Kunstharzinjektion durchgeführten Nachdichtungsmassnahmen beträgt die Kostenersparnis – je nach Vergleichsannahme für eine elastische Abdichtung – mindestens Fr. 2,5–3,5 Mio.

Adresse der Verfasser: *Alex Temperli*, Bauing. SIA, Heierli Ingenieurbüro AG, Culmannstrasse 56, 8033 Zürich, und *Wolfgang Zschaber*, Ingenieurbüro Wolf, Kropf & Zschaber, Witikonerstrasse 295, 8053 Zürich.

Literatur

[1] *Favre, R., Jaccoud, J.-P., Koprna, M., Radojicic, A.*: Dimensionnement des structures en béton (dalles, murs, colonnes et fondations), volume 8 du traité de Génie Civil de l'EPFL. Presses Polytechniques romandes, Lausanne 1990.

Baustelle Nationalstrasse N3 Bözberg- und Habsburgtunnel

Der Kanton Aargau realisiert zurzeit ein bedeutendes Bauvorhaben der Nationalstrasse N3 auf der Achse Frick-Birrfeld. Eine Studientagung vom 23./24. Mai 1991 - durchgeführt durch die SIA-Fachgruppe für Untertagbau FGU und die Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik SGBF - informierte über Probleme und Lösungen.

VON UELI PFLEGHARD, ZÜRICH

Im Kanton Aargau gilt es gegenwärtig, eine wichtige Lücke im Nationalstrassennetz zu schliessen, nämlich das Teilstück von Frick nach Birrfeld der N3 zwischen Basel und Zürich. Für den Kanton Aargau bedeutet dies die Erstellung des letzten grossen Abschnitts seiner Nationalstrassen.

Geschichte und Projekt

(Referent: Kantonsingenieur Alfred Erne)

Der Kanton Aargau wird im Endausbau rund 100 km Nationalstrassen zu betreiben haben. Davon sind etwa 80 km bereits gebaut, Die erwähnte Lücke bedeutet das grösste Bauvorhaben des Kantons, weil es etwa gleichviel kostet wie die in der Vergangenheit schon erstellten Abschnitte. Seit zwanzig Jahren wird projektiert, diskutiert und geändert, so dass von einer eigentlichen «vorgezogenen» Umweltverträglichkeitsprüfung mit acht Varianten gesprochen werden kann. Mit 200 Einsprachen musste der Kanton während dieser Zeit fertig werden; 35 Unverbesserliche wurden dann vor Bundesgericht abgewiesen. Dabei konnte das Projekt laufend verbessert werden (Bild 1).

Wichtige Qualitätsgewinne sollen stichwortartig angedeutet werden:

☐ Oberes Fricktal: Bündelung des Lärms von Nationalstrasse, SBB und Schiessplatz im Raum Effingen

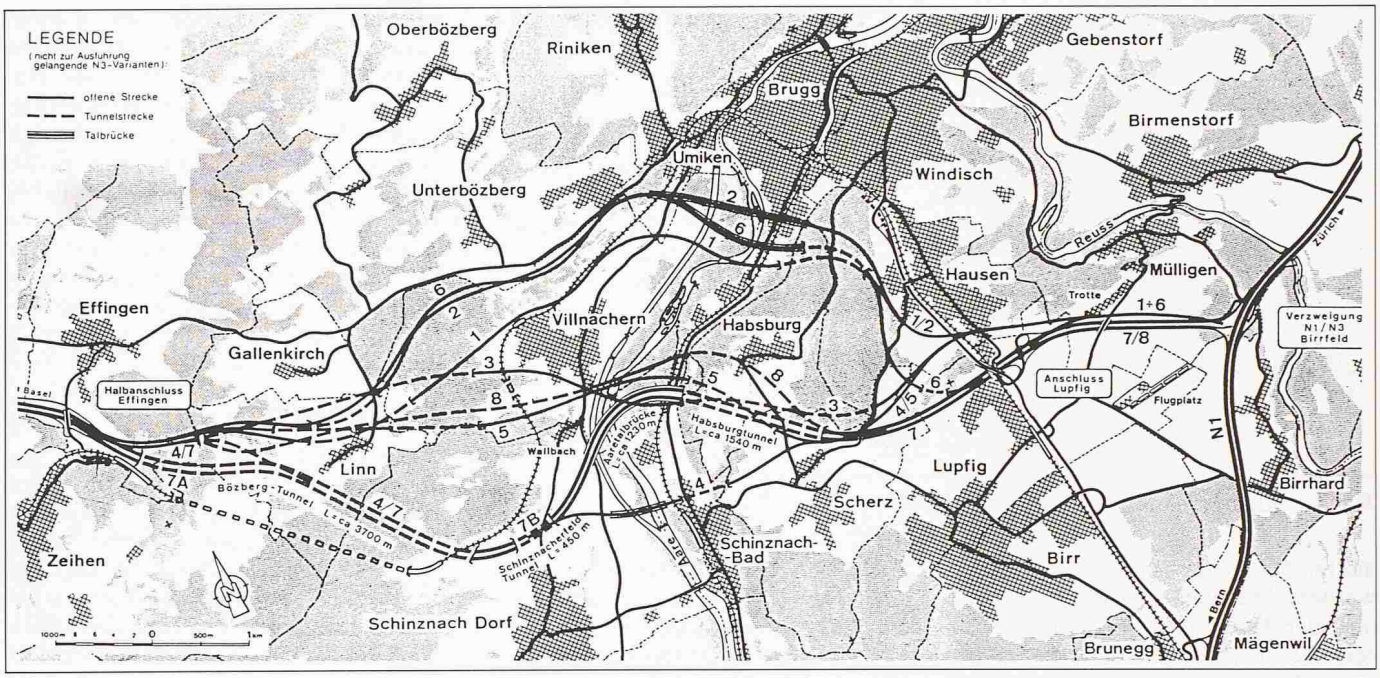

Bild 1. Planskizze der untersuchten acht Hauptvarianten

□ Abtransport des Materials nach Süden mit Deponie in alten Steinbrüchen in Holderbank

□ Schinznacherfeld: Überdeckung mit Gewinn von Kulturland und naturnahem Bachverbau

□ Aarebrücken: Freivorbau und Feuchtstandorte unter den Brücken im Schattenbereich.

Die Bauherrschaft hat die ganze Strecke in acht Lose aufgeteilt: Im Abschnitt Frick bis zum Nordportal des Bözbergtunnels sind die Arbeiten bereits grösstenteils fertiggestellt. Anschliessend folgt das Tunnellos Bözberg mit ungefähr 3,7 km Länge. Im Schinznacherfeld wird ein kombiniertes Los mit Tunnel- und Erdbau ausgeführt. Zu einem getrennten Abschnitt sind die Aarebrücken zusammengefasst. Im daran anschliessenden Los wird der Habsburgtunnel mit einer Bergbau- und einer Tagbaustrecke gebaut. Dann sind schliesslich die beiden Erdbaulose Scherz bis Lupfig und Birrfeld mit dem Vollanschluss Lupfig ans kantonale Strassennetz zu erwähnen.

Hervorzuheben ist an dieser Stelle die Tatsache, dass der Landerwerb freihändig, ohne Expropriationen, und weitgehend mit Realersatz vollzogen werden konnte. Dies trägt entscheidend zum guten Klima in der ganzen Bauregion bei.

Nach Einbau der Fahrbahndecke, teilweise mit speziellen bituminösen Belägen, sollte die ganze Strecke 1995 dem Betrieb übergeben werden können. Die Kosten sollen sich zu diesem Zeitpunkt, Teuerung eingerechnet, auf etwa 1100 Mio. Fr. belaufen.

Bözbergtunnel: Geologie und Projekt

(Referenten: Lukas Hauber und Anton Arnold)

Da in der Region Bözberg ausser im SBB-Tunnel wenig Aufschlüsse vorhanden waren, begannen bereits 1971 die geologischen Aufnahmen. Im Laufe der Zeit wurden schliesslich 53 Sondierbohrungen abgeteuft, mit Schwerpunkten in den beiden Portalzonen. Aus diesen Bohrungen geht hervor, dass der Tunnel eine sehr komplexe Zone durchfährt, die durch die Berührung von Falten- und Tafeljura als Aufschiebungszone entstanden ist. Dadurch werden alle Gesteinsarten vom Muschelkalk bis zur oberen Süsswassermolasse angetroffen.

Sehr eingehend wurden die hydrogeologischen Verhältnisse untersucht, mit dem Resultat, dass hier durchlässige und undurchlässige Gesteine sehr stark abwechseln. Dabei ist der Wasserandrang nicht sehr gross, weil der bestehende SBB-Tunnel als Drainage funktioniert. Für die Abflussmengen wurde mit ähnlichen Werten wie im SBB-Tunnel gerechnet.

Im Südbereich liegt die Schuppenzone des Muschelkalks mit stark mineralisierten Wässern. Einmal konnten hohe Sulfatgehalte gemessen werden, die auf Betonagressivität schliessen liessen. Hinzu kommt, dass sich diese Schuppenzone bis zur Habsburg weiterzieht und damit das Reservoir der Thermalquelle Schinznach bildet. Daraus wurden sehr weitgehende Schutzmassnahmen abgeleitet, wobei insbesondere kein Sprengvortrieb erlaubt wurde. Es kommen noch das Vermeiden von Längsdrainagen und eine Rundum-Isolation des Tunnels dazu. Da Anhydrite und Gipskeuper nicht vorhanden sind, ist nur mit bescheidenen Quellerscheinungen des Gesteins zu rechnen, wobei dies erst noch vom Wassergehalt abhängt.

Die Linienführung des neuen Tunnels verläuft parallel zum SBB-Tunnel, wobei beidseitig in der Portalzone Lüftungsbauwerke und kurze Tagbaustrecken vorgesehen sind. Das Längenprofil hat seinen höchsten Punkt beim Nordportal und fällt nach Süden ab. Als Normalprofil hat der Projektverfasser einen Kreisquerschnitt gewählt, weil dies bei Quellbelastungen statisch günstige Verhältnisse schafft und ausreichend Platzreserven für Tunnelinstallationen vorhanden sind. Für eine Tunnelbaumaschine ist kaum ein anderes Profil denkbar. Hinter dem Ausbruch werden zur Sicherung 1,25m lange Tübinge von 40 cm Stärke eingezogen. Die Wasserdichtigkeit wird durch eine Kunststoffabdichtung erzeugt, die durch einen unarmierten Betonring gestützt ist. Ob die etwas magere 14 cm dicke Zwischendecke allen Schadstoffen widersteht, ist eine Frage, die die Zukunft beantworten wird.

Belüftet wird der Tunnel durch eine Halbquer-/Querlüftung mit Betriebs- und Ablufteinrichtungen bei beiden Portalen, die unterirdisch oder in einer Geländemulde gut versteckt sind, ebenfalls ein Beitrag zum Umweltschutz.

Im Projekt ist dem Thermenschutz ein hoher Stellenwert eingeräumt worden. Im Bereich der Muschelkalke sind im

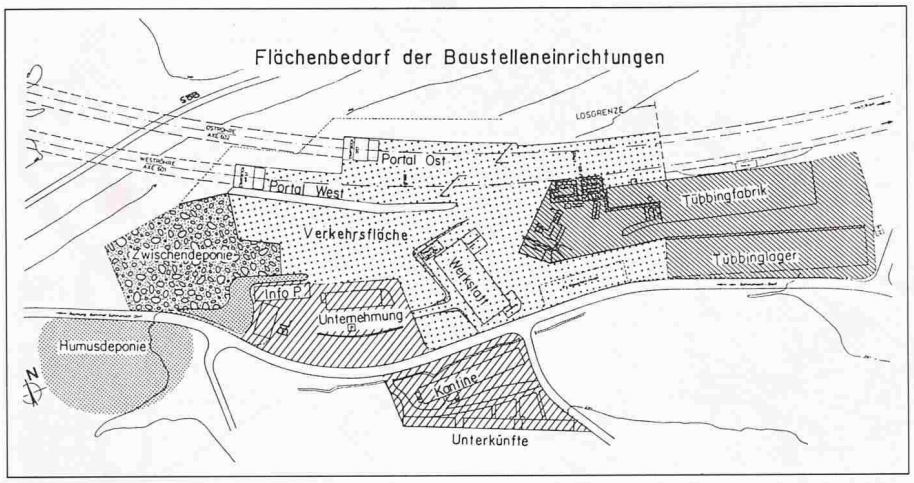

Bild 2. Bözbergtunnel: Installationsplatz Süd

Südteil 500 m zur Schutzzone 1 erklärt worden. Dies bedeutet: volle Abdichtung der Tunnelröhre mit Abschottungen alle 50 m, dichter Fahrbahnbelag sowie Trennung des Bergwassers vom Fahrbahnwasser, wobei für letzteres geschlossene Leitungen mit grossen Stapelbecken vorgesehen sind.

Im Bauzustand wurden eingehende Vorschriften in die Submission aufgenommen, unter anderem ein Verbot des Sprengvortriebs mit Ausnahme von Querschlägen und ein sorgfältiger Umgang mit Schmier- und Treibstoffen, wobei die Hydrauliköle biologisch abbaubar sein müssen.

Den sulfathaltigen Wässern wurde mit der Verwendung von entsprechend beständigem Zement Rechnung getragen. Bei der Bemessung des äusseren Rings ist von Interesse, dass dem quellfähigen Material besonderes Augenmerk geschenkt wurde. Dies belegen verschiedene Bewehrungsverbräuche, die in der Dokumentation (s. Kästchen am Schluss) angegeben sind.

Bözbergtunnel: Unternehmerprobleme auf der Baustelle

(Referenten: Karl Kugler, Josef Bolliger)

Wenn für eine Baustellen-Installation (Bild 2) – bei einer Offertsumme von 260 Mio. Fr. – von einer Investition von 40 Mio. Fr. ausgegangen wird, dann muss bereits dieses «provisorische» Bauwerk minutiös geplant und die Arbeitsabläufe genau festgelegt werden. Für die Planung bedeutete dies einen Einsatz von 7800 Stunden oder 14 Ingenieuren, die zeitweilig freigestellt werden mussten – für die Verlierer der Submission ein harter Brocken!

Am Beispiel der Tunnelbohrmaschine (TBM), deren Preis mit 17–22 Mio. Fr. angegeben wird, stellte der Vertreter des Unternehmer-Konsortiums die straffe Projektorganisation dar, die in einen engen Terminrahmen eingespannt war. Eine Arbeitsgruppe des Konsortiums unter der Leitung eines Tunnelbauers hatte für die TBM ein exaktes Pflichtenheft ausgearbeitet, das alle Randbedingungen enthielt, die für das Gelingen des Tunnelbaus notwendig sind. Wichtig war dabei ein Hartgesteinsbohrkopf, die Möglichkeit des Lagerwechsels im Tunnel und eine Leistungsvorgabe von 12,5 m in 14 Stunden pro Arbeitstag.

Da im Planungszeitpunkt die Bauherrschaft noch keinen Auftrag erteilt hatte, musste bei der Kalkulation ein Risikozuschlag für Währungsdifferenzen, Auftragslage und Wünsche bei der Evaluation eingebaut werden. Die eigentliche Bestellung konnte erst nach dem Zuschlag des Bauherrn in Angriff genommen werden. Nach einer eingehenden Evaluation wurde der Werkvertrag mit einem Konsortium aus den Firmen Robbins und Herrenknecht abgeschlossen.

Auf vier Wagen verteilt ist die Nachlaufinstallation der TBM, die im ganzen eine Länge von rund 150 m aufweist. Diese enthält alle Einrichtungen für Materialförderung, Energieversorgung und Ventilation.

Ebenso anspruchsvoll im Ablauf ist die Tübingherstellung, weil hierfür ein modernes, leistungsfähiges Betonvorfabrikationswerk benötigt wird. Innerhalb von acht Monaten war ein solches Werk zu planen und aufzustellen; wahrlich eine gute Leistung, wenn man bedenkt, dass im Zweischichtenbetrieb 16 Elemente pro Tag und im ganzen 34 000 Stück produziert werden sollten.

Aufwendige Gewässerschutzmassnahmen

Für die Unternehmung bedeuteten die Gewässerschutzmassnahmen sehr eingehende Überlegungen im Entsorgungsbereich. In einem aufwendigen Kanalisationsprojekt waren alle Abwässer einer getrennten Behandlung zuzuführen und die entsprechenden Leitungen und Becken vorzusehen. Die biologisch abbaubaren Hydrauliköle kosten zwar mehr, weisen aber sonst keine signifikanten Nachteile auf. Um Verunreinigungen beim Versickern zu vermeiden, mussten umfangreiche Teile des Installationsplatzes mit einem Belag versehen werden.

Auf der Baustelle

Die Baustellenbesichtigung zeigte vor allem das beeindruckende Ausmass des Installationsplatzes von ungefähr 36 000 m² eingezäunter Fläche, wobei diese Fläche laut Aussage der Beteiligten für die Montage der Tunnelinstallationen und auch im Deponiebereich nicht allzu üppig ausgestattet sei.

Im Augenblick durchfährt der Tunnel Malmschichten, die einen guten, harten Kalk liefern, der als Schüttmaterial im kommunalen Bereich verwendet wird. Die Ausbruchkubatur beträgt pro Arbeitstag 3000–4000 m³, was etwa 300 Lastwagenladungen ausmacht, die an der Gewichtslimite liegen.

Im Innern des Tunnels, bei Vortriebsmeter 1870, wurde die Leistungsfähigkeit der ganzen Anlage demonstriert. Dabei fallen der Bohrkopf im Zentrum, der Steuerstand mit den vielen Armaturen und Lichtern sowie die Vielfalt der Leitungen auf. Alles rundum ist abgedeckt; ausser auf den Förderbändern sieht man weder Fels noch Material, sodass nur wenig Staub entsteht.

Tagbaustrecke Schinznacherfeld

Diese Überdeckung der N3 ist deshalb beachtenswert, weil sie auf einer Länge von fast 500 m wertvolles Kulturland schont und verbessert. Daneben wird die naturnahe Neugestaltung des Längenbachs ermöglicht. Diese kostspieligen Massnahmen sind als echter Beitrag des Strassenbaus an den Umweltschutz zu verstehen.

(Siehe Bericht im «Schweizer Ingenieur und Architekt», H. 22/1991, S. 522, «SIA-Norm 162».)

Habsburgtunnel: Geologie und Projekt

(Referenten: Matthias Freimoser, B. Rick, Jürg Matter, E. Andraskay)

Der Habsburgtunnel liegt wie der Bözbergtunnel in der Berührungszone von Tafel- und Faltenjura, allerdings mit dem grossen Unterschied, dass im südli-

1 Hangschutt, z.T. lössartig
2 Niederterrassenschotter
3 alter Hangschutt
4 Dolinenfüllung
5 Hochterrassenschotter
6 Moräne
7 Effinger Schichten
8 Lias und unterer Dogger (Opalinuston)
9 Oberer Keuper
10 Gipskeuper
11 Lettenkohle
12 Trigonodusdolomit
13 Hauptmuschelkalk
14 Anhydritdolomit
15 «Kernzone»

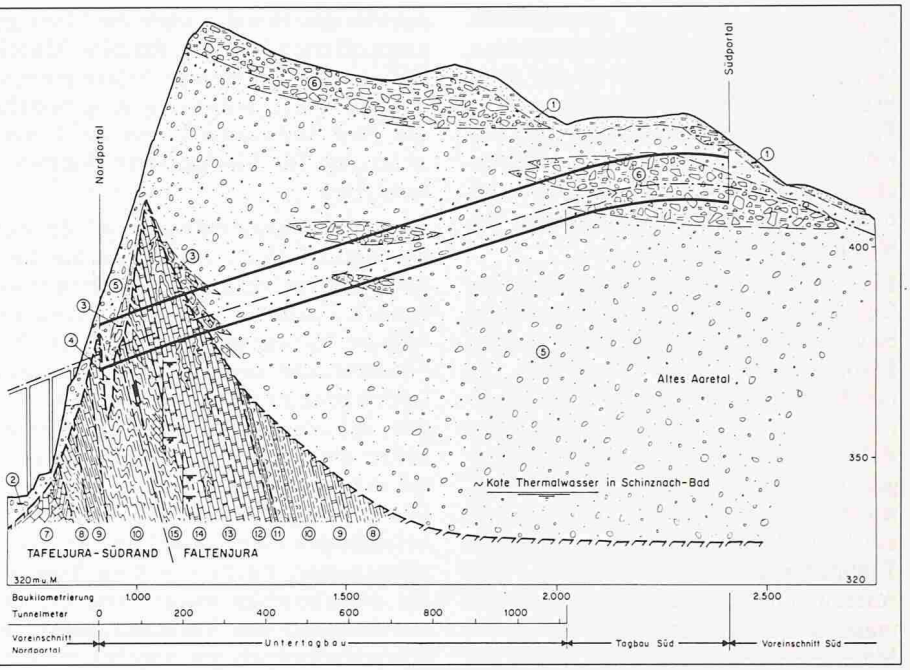

Bild 3. Geologisches Längenprofil entlang dem Habsburgtunnel (10fach überhöht)

chen Teil mächtige Schichten von Hochterrassenschotter und Moräne anstehen (Bild 3).

Von Norden durchfährt der Tunnel zuerst den Tafeljura mit Mergel und Tonen aus dem Trias. Es folgt der Faltenjura mit harten Bänken und dünnen Mergelzwischenlagen. Die anschliessenden Lockergesteine sind mehr oder weniger dicht gelagerte Schotter mit komplexem Schichtaufbau und raschen Wechseln.

Da der Habsburgtunnel auch in der Umgebung der Schinznacher Therme liegt, mussten die Wasserverhältnisse gut untersucht werden. Dabei zeigte sich, dass die Kote Thermalwasser eindeutig tiefer liegt als die Tunnelsohle.

Somit waren noch die durchlässigen Zonen, die das Thermalwasser verschmutzen könnten, festzulegen. Einzelne Klüfte können leicht Tropfwasser führen, so dass hier die Schutzzone 1 mit voller Abdichtung gefordert werden musste. In den Lockergesteinspartien tritt örtlich rasch Niederschlagswasser aus, das sich in Taschen sammelt und beim Bau angefahren wird. Weil der Spiegel der alten Aare tief liegt, wird wenig Wasser angetroffen.

Situationsmässig liegt der Tunnel westlich des bekannten Schlosses gleichen Namens und führt vom Aaretal hinauf auf die Ebene von Scherz und Lupfig. Die maximale Überdeckung beträgt 69 m und nimmt bis auf 9 m ab, wobei die Linienführung in unüberbautem oder waldigem Gelände verläuft. Die Länge der beiden Tunnelröhren beträgt rund 1500 m.

Bei der Auswahl der Bauweise musste eine ganze Reihe von Kriterien bewertet werden. Schwerpunktmässig sind dies die Geologie mit den komplizierten Verhältnissen, die Überdeckungshöhe, die Frage der Sicherheit, die Termine und nicht zuletzt die Kosten. Als mögliche Bauweisen wurden bewertet: Deutsche Bauweise, Schildbauweise, Messervortrieb, Spritzbetonbauweise mit Hilfsmassnahmen. Der Schildvortrieb bietet Vorteile in Bezug auf Termine, Sicherheit und Kosten, beim Spritzbeton liegen die Vorzüge bei der Flexibilität in schwierigen geologischen Verhältnissen, wobei Jetting und Injektionen als Hilfsmassnahmen dienen müssen.

Hieraus resultierte das kreisförmige Normalprofil mit teilweiser oder voller Abdichtung, letztere insbesondere in der Schutzzone 1 im nördlichen Einflussbereich der Therme. Das Risiko der Beeinträchtigung der Quelle ist relativ gering einzustufen. Doch hatte die Bauherrschaft ähnliche Massnahmen, wie bereits beim Bözberg dargelegt, vorgeschrieben. Ein Unterschied besteht allerdings, denn es darf im Felsbereich, als Erleichterung des Spritzbetonvortriebs, sanft gesprengt werden. Dies wird mit einer Begrenzung der Sprengstoffmenge pro Zeitzündpunkt erreicht. Die Überwachung der angeordneten Massnahmen geschieht durch eine Gewässerschutzkommission, die periodisch zusammentritt und in der alle am Bau Beteiligten vertreten sind.

Die Erfahrungen mit den angeordneten Massnahmen sind positiv, wenn auch die Beschaffung von Prüfresultaten von weniger bekannten Produkten manchmal Schwierigkeiten bereitet. Hier seien die Baumaschinen- und die Baustoffindustrie aufgerufen, rechtzeitig ihre Umweltverträglichkeitsatteste bereitzustellen.

Der Verlauf der Bauarbeiten brachte mehr Schwierigkeiten, als ursprünglich angenommen. Schwierig war der Vortrieb im lockeren Hangschuttmaterial, denn es entstanden dort zwei Tagbrüche. Da im Lockergestein weitere Probleme auftraten, wurde beschlossen, einen Vorstollen vor dem Schild voranzutreiben, um mit Injektionen das Gebirge zu verfestigen und die Verhältnisse zu erkunden.

Habsburgtunnel: Jetting, Baustellenprobleme

(Referenten: Frank Brändli, Erwin Beusch, Paul Graf)

Über die Anwendung des Jettings im Tunnelbau sind in der Schweiz wenig Erfahrungen vorhanden. Darum verdient die Zusammenfassung über die Jetting-Arbeiten besondere Aufmerksamkeit.

Wie vorher beschrieben, war auf der Nordseite eine wenig standfeste Lockergesteinsschicht zu durchfahren. Auf Vorschlag der Unternehmung wurde die Spritzbetonbauweise mit Hilfsmassnahmen gewählt. Diese besteht in einem Jetting-«Gewölbe» für den Kalottenausbruch mit Jettinglängen von ursprünglich vorgesehenen 16 m. Der erhoffte Durchmesser des Jetting-Pfahles sollte zwischen 50 und 70 cm liegen. Im Schutze dieses provisorischen Gewölbes sollte der mit Netzen bewehrte Beton aufgespritzt werden.

Bei der Ausführung stellte sich heraus, dass die Bohrgenauigkeit nicht erreicht wurde und die Durchmesser nur ein Mass von 33 cm aufwiesen. Zudem entstanden Schwierigkeiten mit der Stabilität der Ortsbrust. Es war deshalb ange-

zeigt, das Vorgehen zu modifizieren, die Längen auf 13 m zurückzunehmen, verrohrt zu bohren und in der Ortsbrust weitere Pfähle anzubringen. Als Fazit darf festgestellt werden, dass verrohrte Bohrungen bei unterschiedlichen Randbedingungen, Kornverteilung und Härte des Lockergesteins bessere Resultate bringen.

Eine zweite Anwendung des Jettings erfolgte bei der Sanierung eines Tagbruchs in der Weströhre der dritten Etappe. Nach einer Instabilität der Ortsbrust brachen rund 500 m³ Material in den Tunnel ein, die zwar keine Arbeiter verletzten, die aber einen Bagger verschütteten. Oberflächlich entstand ein ovaler Einsturztrichter mit 12 auf 18 m Durchmesser. Es galt nun, die Tagbruchmasse zu verfestigen. Das Ausräumen des Schlotes schien kaum machbar, so dass eine Verfestigung des Materials mittels vertikalem Jetting zur Ausführung gelangte. Diese Methode war erfolgreich, weil sie sich als sehr flexibel erwies und zugleich die Tunnelbrust stabilisierte.

In diesen Zusammenhang gehören auch die Jetting-Injektionen auf der Südseite des Bözbergtunnels. Dort stellte sich die Aufgabe, im Bereich SBB die Tunnelüberdeckung so zu verbessern, dass bei deren bescheidenem Ausmass der Tunnelausbruch vorgenommen werden konnte. Nach Vorversuchen wandte man ein Vertikal-Jetting an mit einem Raster von 1,5/1,5 m. Danach konnte der Ausbruch nach Aufziehen einer Sicherheitsorganisation ohne weitere Probleme ausgeführt werden. Abschliessend muss festgestellt werden, dass Jetting ohne Vorversuche und genaue Planung kein Allerweltsheilmittel für grundbautechnische Schwierigkeiten ist.

Baustellenprobleme

Die Habsburgtunnel-Baustelle ist abschnittsweise in eine Berg- und eine Tagbaustrecke aufgeteilt. Von Norden ausgehend wurden, wie dargelegt, die problematischen Zonen in Spritzbetonbauweise durchörtert. Nach dieser schwierigen Strecke folgte die Montage eines offenen Schildes, der eine Mittelbühne und integrierte Stützelemente enthält. Die Tübinge (ein Ring besteht aus fünf Teilstücken) liess die Unternehmung im Elementwerk Veltheim herstellen.

Nach der Schildmontage wurde der Bauverlauf durch eine schlechte Leistung geprägt, verursacht durch zeitraubenden Felsabbau, sechs Niederbrüche und die Beschädigung des Schildes. Die Niederbrüche sind auf Störungen des Lockergesteins durch die Erschütterungen des Felsabbaus zurückzuführen. Später mussten auch sandreiche Schichten mit Injektionen verbessert werden. Die ungenügenden Vortriebsleistungen veranlassten eine Umstellung der Vorgehensweise, indem vorerst ein Vorstollen ausgebrochen wurde. Von diesem aus konnten die Verbesserungen im Schneidenbereich gut angebracht werden. Trotz all dieser Massnahmen waren weitere Einbrüche nicht zu vermeiden.

Zur Zeit des Baustellenbesuchs konnte man gerade Reparaturarbeiten am Schild beobachten, dies mit dem Ziel, die Kreisform wieder zu erreichen. Dabei waren die rund 6 cm starken verformten Schwanzbleche sichtbar, ein Hinweis auf die grossen Kräfte, die hier wirken. Bemerkenswert war auch die Beobachtung des Voreinschnitts mit einer schweren Sicherung aus einer Kombination Pfahlwand/Rühlwand, die mit Erdankern stabilisiert war. Diese provisorischen Anker brachten Probleme mit dem Korrosionsschutz, weil nach kurzer Zeit Litzenbrüche festgestellt wurden. Man begegnete diesem Problem mit aufgeschweissten Schutzvorrichtungen gegen den Absprung der Ankerköpfe. Beschädigte Kabel wurden sofort ausgewechselt.

In Bezug auf den Umweltschutz wurden etwa die gleichen Massnahmen getroffen wie am Bözberg. Da Wohn- und Kurgebiet relativ nahe bei der Baustelle liegen, sind Lärmimmissionen unangenehm aufgefallen. Mit Lärmdämpfungsmassnahmen, vornehmlich bei den «Kiruna-Dumpern», konnte das Problem behoben werden.

Die Bauarbeiten an diesem Tunnel sind noch lange nicht abgeschlossen. Alle Beteiligten bemühen sich ständig, das Bauverfahren weiter zu verbessern, damit der Endtermin 1994 trotz aller Schwierigkeiten eingehalten werden kann.

Im südlichen Teil findet der Habsburgtunnel seine Fortsetzung auf einer 400 m langen Tagbaustrecke. Diese wird profilmässig gleich ausgelegt wie die Bergbaustrecke, mit einem Kreisprofil, aber aussenliegender Isolation, die anstelle von Mörtel mit einer Gummischrotmatte abgedeckt wurde.

Dem interessierten Leser kann das Studium der Tagungsunterlagen empfohlen werden:

SIA-Dokumentation Nr. D 074 N3, Bözberg- und Habsburgtunnel, Referate der Studientagung vom 23. Mai 1991 in Windisch-Brugg. FGU Fachgruppe für Untertagbau, SGBF Schweizerische Gesellschaft für Boden und Felsmechanik. Erhältlich beim Generalsekretariat des SIA, Selnaustr. 16, Postfach, 8039 Zürich, Tel. 01/201 15 70.

Anschluss Lupfig: Projekt, Grundwasserprobleme, Baustelle

(Referenten: Rudolf Roth, Lorenz Wyssling)

Wenn man als Beobachter das Baugelände dieses Anschlusses betritt, so ist der erste Eindruck der, dass hier sehr viele Aktivitäten auf kleinem Raum konzentriert sind. In der Umgebung sind zwei grössere Industrieunternehmungen angesiedelt. Dazu kreuzen sich im untersten Stockwerk die Nationalstrasse N3, in der Mitte die SBB-Linie Brugg–Othmarsingen mit Industriegeleise und Kantonsstrasse und im oberen Stockwerk noch der Zubringer «Hausen» der N3. Das Ganze liegt zudem über einem empfindlichen Grundwasserträger, der teilweise angeschnitten wird. Für den Bauvorgang bedeutet dies eine Wasserhaltung mit weitentfernter Rückversickerung beim Bahnhof Birrfeld. Die Grundwasserisolation muss höchsten Ansprüchen genügen. Die Beteiligten haben sich für eine Doppellösung mit weisser Wanne und innen aufgeklebter, kunststoffvergüteter Dachpappe entschieden. Eine Flächendrainage begrenzt den Auftrieb, 0,5 m über dem Bemessungshorizont. Die verbleibenden Auftriebskräfte werden durch Eigengewicht und Koffer ausgeglichen.

Schlussbemerkungen

Auch wenn die Planungsphase des ganzen Abschnittes recht lange gedauert hat und intensive Diskussionen geführt werden mussten, so ist dem Kanton Aargau für sein Durchstehvermögen im immer stärker werdenden Gegenwind des Umweltschutzes zu gratulieren. Hier wird der Nationalstrassenbau modern verstanden, und es werden geplagte Dörfer und Städte vom motorisierten Verkehr entlastet.

Zu beglückwünschen sind aber auch die beiden durchführenden Verbände, die im richtigen Augenblick diese Tagung durchgeführt haben und so den beteiligten Firmen Gelegenheit gaben, ihre Erfahrungen offen darzulegen. Es ist daran zu denken, dass im nächsten Jahrzehnt noch bedeutende Tunnelbauten erstellt werden müssen, die hiervon profitieren können.

Adresse des Verfassers: *U. Pfleghard*, dipl. Ing. ETH/SIA, Lindenstrasse 57, 8307 Effretikon.