B 33 Ortsumgehung Hornberg

Vortriebsarbeiten

26 03 2002 -
12 02 2003

am Tunnel Hornberg

Chronologie der Planung

Am Dienstag, den 26. März 2002 erfolgte der Tunnelanschlag für die Hornberger Ortsumfahrung. Damit ging die Vorarbeit am Voreinschnitt Nord zu Ende.

Mit dem Tunnelanschlag für das Schlüsselbauwerk wird ein wesentlicher Bestandteil der Ortsumgehung, der rund 1900 Meter lange Tunnel durch Hornberg, in Angriff genommen.

Bei zügigem Baufortschritt können Ende 2005 die ersten Fahrzeuge über die Umfahrung rollen.

Blick auf Hornberg

„Eine große Verkehrsbedeutung war der Paßstraße durch das Kinzig- und Gutachtal quer über den schwer zugänglichen Schwarzwald schon seit jeher eigen."

Robert Gerwig 1859

Ingenieur und Erbauer u.a. der Schwarzwaldbahn

Die Besiedlung des Gutachtals setzte um 1100 mit dem Reichslehen eines Adalbert von Ellerbach, dessen Familie sich später „de Horenberc" nannte, ein. Auf dem unteren Schlossfelsen bei Althornberg (heute Gemarkung Gremmelsbach) entstand die erste Hornberger Burg. Etwa hundert Jahre später verlegten die Herren ihren Sitz auf den hiesigen Schlossberg und begründeten zu Füßen der neuen Burg die kleine Stadt Hornberg.

Bereits im Mittelalter bestand eine Straße als Heer- und Handelsweg, wobei die damalige Linienführung von Hornberg ursprünglich durch das Schwanental und später dann durch das Reichenbachtal, über die Benz-Ebene und den Brogen verlief, da die damaligen Gespannfahrzeuge die starken Steigungen im Gutachtal oberhalb von Hornberg nach Nußbach nicht überwinden konnten.

Aufgrund seiner großen Verkehrsbedeutung wurde das Gutachtal immer wieder von fremden Heerscharen durchquert und seine Einwohner erlebten bis ins 19. Jahrhundert hinein immer wieder „schwarz anzustreichende Tage“, wie ein Pfarrer im Sterberegister vermerkte. Die gewaltigste Truppenansammlung erlebte das Gutachtal 1813, als 12.000 russische Grenadiere und 4.000 preußische Kavalleristen ihr Quartier aufschlugen.

Seit 1700 war Hornberg Station der Thurn- und Taxischen Reichspoststrecke. Die Stadt lag an der damaligen europäischen Hauptverkehrsschlagader Paris – Straßburg – Wien.

Durch den sich ständig ausdehnenden Warenaustausch zwischen den einzelnen Ländern und Staaten war es erforderlich, die Verkehrswege permanent zu verbessern. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde von der damaligen Großherzoglich Badischen Baudirektion in Karlsruhe die „Kunststraße“ durch das obere Gutachtal von Hornberg nach Triberg gebaut.

Darüber hinaus wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der Schwarzwaldbahn eine technisch äußerst anspruchsvolle und für damalige Verhältnisse hochmoderne Eisenbahnverbindung zwischen Offenburg und Konstanz geschaffen.

Nach einem vorübergehenden Tiefstand der Straße als Verkehrsträger durch das Aufkommen der Eisenbahn ist im 20. Jahrhundert durch die Erfindung des Kraftfahrzeuges die Bedeutung der Straße immens gestiegen und zu einem unentbehrlichen Bestandteil unseres Lebens geworden.

„Besonders unerträgliche Verkehrsverhältnisse herrschen innerhalb der Ortdurchfahrt Hornberg im Zuge der Bundesstraße Nr. 33 durch die etwa 70 m lange Engstelle zwischen der Stadtmühle und dem Rathaus im Geschäftszentrum der Stadt“

Werner Asal 1962

Bei Variante I wurde der Tunnel durch den Schlossberg auf 1180 m verlängert. Der Tunnel durch den Storenwald blieb mit einer Länge von 140 Meter wie bereits im früheren Vorentwurf von 1970 erhalten.

Variante II vereinigte die beiden kleineren Tunnel zu einem großen Tunnel mit einer Gesamtlänge von 1690 m. Die Talbrücke über das Offenbachtal entfiel dabei, die Straße verlief im Berg.

Variante III schließlich zeigte eine Lösung mit einem 2.410 m langen Tunnel zwischen Wannenbachtal im Norden und Felsenfräulein im Süden.

Variante II wurde der weiteren Planung zugrunde gelegt. Die Kosten betrugen 88,6 Mio DM. Die Bauzeit wurde auf 5 Jahre geschätzt.

Bauentwurf (Leistungsphase 3 nach HOAI) 1986

Variante II des Vorentwurfs 1980 wurde in den Folgejahren zum Bauentwurf weiterentwickelt. Mehrere Bauwerke wurden konkret geplant.

Aktualisierter Bauentwurf (Leistungsphase 3 nach HOAI) 1989

Bei der weitergehenden planerischen Ausarbeitung zeigte es sich, dass aus bautechnischen und ökologischen Gründen die Hangstraße vom südlichen Tunnelmund bis zum südlichen Bauende nördlich des Stadions auf Höhe Rubersbach eine schwierige und kostenintensive Lösung darstellt. Insbesondere die Einbindung in die Landschaft und der Immissionsschutz zu der nachbarlichen Bebauung warfen immer größere Probleme auf. Auf eine Führung der Trasse am Hang wurde schließlich verzichtet und die neue Umgehungsstraße wurde unmittelbar nach dem südlichen Tunnelmund auf Höhe des Duravit-Designcenters mit einer Brücke über die Gutach an die bestehende B33 angeschlossen.

Gleichzeitig wurden einige tunnelbautechnische Details der Lüftung, des Querschnitts sowie der Entwässerung geklärt.

Der nun vorliegende Entwurf besitzt eine Neubaustrecke von 3,1 km. Hinzu kommt der Neubau von umfangreiche Waldwegen im Bereich oberhalb des Nordportals. Die Fahrbahn der B33 besitzt eine bituminös befestigte Breite von acht Meter, die größte Steigung beträgt 3,0 %.

Jeweils an Anfang und Ende der Umgehung werden die Anschlussstellen Hornberg - Nord bzw. Hornberg - Süd errichtet. Im Bereich dieser Anschlussstellen ergänzen Geh- und Radwege die Straßenplanung.

Im Bereich der Anschlussstelle Hornberg – Nord wird auf einer Länge von 250 Meter der Triebwerkskanal der Wassernutzung Gutach GmbH verlegt und unter der neuen Anschlussstelle durchgeführt. Stützmauern entlang der Gutach und hangseits entlang der neuen B33 ergänzen das Projekt. In der Fläche zwischen den Straßen wird das Tunnelbetriebsgebäude errichtet.

Kernstück der Umgehungsstraße ist der 1820 m lange Tunnel Hornberg unter den Gebieten Ziegelgrund, Schlossberg und Storenwald. Er beginnt unmittelbar nach der Anschlussstelle Nord und umfährt Hornberg westlich in Nord – Süd – Richtung.

Am südlichen Ende des Tunnels auf Höhe des Duravit-Designcenters verlässt die B33 den Berg und wird mit Hilfe einer Einfeldbrücke über die Hofmattenstraße geführt. Danach führt die Straße beim Sägewerk Brohammer mit einer weiteren Einfeldbrücke über die Gutach und schwenkt dann in südlicher Richtung auf die bestehende B33 ein. Die neue Straße befindet sich hier anfänglich höher als die bestehende Straße und liegt auch weiter östlich näher bei der Bahnlinie. Deshalb ist in diesem Abschnitt zur Absicherung der Bahnböschung eine 285 Meter lange bergseitige Stützmauer mit einer Höhe von bis zu 4,50 m erforderlich.

Von Norden kommend wird die heutige B33 als Anschlussast Hornberg – Süd in die neue B33 eingebunden.

Umfangreiche ökologische Ausgleichsmaßnahmen im Bereich der Anschlussstellen sowie südlich des Baufeldes entlang der Uferböschung der Gutach ergänzen die Straßenbaumaßnahme.

Die Gesamtbauzeit wird auf etwa sechs Jahre angesetzt.

Planfeststellungsverfahren

Einleitung 29.06.1989, Beschluss vom 20.12.1991, Rechtskraft 30.11.1995

Zur Erlangung des Baurechts war die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens nach § 18 Fernstraßengesetz (FStrG) erforderlich. Diese Verfahren ersetzte auch die notwendigen wasserrechtlichen und bergrechtlichen Entscheidungen.

Das Planfeststellungsverfahren wurde am 29.06.1989 auf Antrag des Vorhabensträgers, Bundesrepublik Deutschland – Straßenbauverwaltung eingeleitet. Die zuständige Rechtsbehörde, welche über das Verfahren zu entscheiden hatte, war das Regierungspräsidium Freiburg.

Am 16.11.1990 wurde im Rahmen der sogenannten Erörterungsverhandlung das Projekt mit allen betroffenen Beteiligten unter Leitung des Regierungspräsidiums ausführlich erläutert und diskutiert. Danach wurden einzelne Planänderungen bzw. -ergänzungen erstellt.

Am 20.12.1991 hatte das Regierungspräsidium die Maßnahme planfestgestellt. Danach waren noch mehrere Einsprüche rechtlich zu bearbeiten.

Am 30.11.1995 wurde der Planfeststellungsbeschluss „unanfechtbar“. Das unwiderrufliche Baurecht lag damit vor.

Ausführungsplanung

Obwohl das Baurecht vorlag konnte die endgültige Entscheidung zum Bau wegen fehlender Finanzmittel noch nicht getroffen werden.

Trotzdem wurde für die Erstellung der detaillierten Ausführungsplanung für den Tunnel am **25.11.1996** eine **europaweite Ausschreibung** vorgenommen. Am **23.03.1998** wurde das **Ingenieurbüro Bung aus Heidelberg mit der Planung** beauftragt. Allein diese Ingenieurleistungen kosteten ca. 350 000 Euro.

Das Lüftungs- und Sicherheitskonzept wurde dem neuesten Stand der Technik angepasst. Auf einen Abluftkamin auf dem Schlossberg konnte nun verzichtet werden zugunsten einer Tunnellängslüftung. Zusätzlich wurden zu den bereits bisher vorgesehenen drei Fluchtstollen zwei weitere geplant.

Aufgrund von Zinsersparnissen in Milliardenhöhe durch UMTS-Erlöse hat der Bund im **Oktober 2000** ein **Zukunftsinvestitionsprogramm** aufgelegt. Es wurde ein Sonderprogramm erstellt speziell für den Bau von Ortsumgehungen.

Da für die Ortsumgehung Hornberg das Baurecht vorlag und die Ausführungsplanung bereits sehr weit vorangeschritten war, konnten nun die für den Baubeginn nötigen Finanzmittel bereitgestellt werden.

Der Bauwerksentwurf für den Tunnel wurde schließlich durch das Regierungspräsidium Freiburg am 26.01.2001 aufgestellt und geprüft. Am **15.01.2001** wurde er durch das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg **genehmigt** und am 27.03.2001 vom Bundesminister für Verkehr per „Gesehen-Vermerk“ freigegeben.

Am **13.06.2001** fand in kleinem Rahmen im Bereich der zukünftigen Anschlussstelle Hornberg – Nord der **Spatenstich** für die vorbereitenden Arbeiten der Ortsumgehung statt.

Chronologie des Vortriebs

Am **13. Juni 2001** fand in kleinerem Rahmen im Bereich der zukünftigen Anschlussstelle Hornberg-Nord der **Spatenstich** für die OU Hornberg statt. Diese wurde mit dem Umbau der B33 an der **Anschlussstelle "Hornberg Nord"** begonnen.

Der **Tunnelanschlag** für den bergmännischen Vortrieb erfolgte nach der Herstellung des so genannten in feierlichem Rahmen am **26. März 2002**.

Nach der Fertigstellung des Voreinschnitts Nord begannen die Arbeiten am **Voreinschnitt Süd**.

Zunächst musste eine Bauzufahrt zum Gelände hergestellt werden; dies erledigte ein Tiefbagger.

Danach wurde das Gelände abgeräumt, in mehreren horizontalen Schichten abgetragen und lagenweise mit Spritzbeton sowie Felsankern gesichert.

Diese Arbeiten zogen sich in den beginnenden Sommer hinein und fanden **Ende Juli 2002** ihren Abschluss.

Südlich des Voreinschnittes begannen daraufhin die Arbeiten an der **Brücke über die Hofmatten-/Frombachstraße** (Bauwerk 5).

Der Tiefbagger räumt hier gerade das Gelände für das erste Widerlager.

18. Juli 2002

Anschlag des **ersten Fluchtstollens (zur alten B33)**

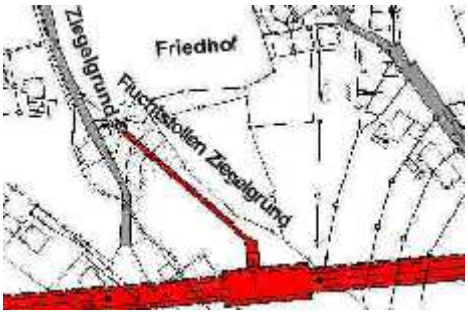
Zunächst führt ein etwas breiterer so genannter Querstollen von der eigentlichen Tunnelröhre weg. Im Anschluss folgt dann der eigentliche Fluchtstollen, zunächst parallel zur Tunnelachse und dann fast rechtwinklig abzweigend.

10. Oktober Durchschlag

Die **erste Pannenbucht**, ein 40 Meter langer Abschnitt mit vergrößertem Ausbruchsquerschnitt, wurde bereits **Ende September** aufgefahren.

5. Oktober

Tunnelmeter 907: Dies entspricht der **Hälfte der Strecke in bergmännischer Bauweise**



11. September

Vortriebsbeginn am **zweiten Mauslochs (Ziegelgrund)**

Nachdem im Bereich des zukünftigen Fluchtstollenausgangs der Voreinschnitt für den ankommenden Fluchtstollen hergestellt war, wurde dieser am **8. November 2002** durchgeschlagen.

12. Oktober

Anschlag des **befahrbaren Fluchtstollen in den Ziegeldobel 18. Oktober**

.

Diese Tiefe ist nötig, da an seinem Ende ein Betriebsraum vorgesehen ist. Nachdem unmittelbar nach der Weihnachtspause die Vortriebsarbeiten auf Hochdruck liefen, konnte der Fluchstollen am **25. Januar 03** durchgeschlagen werden.

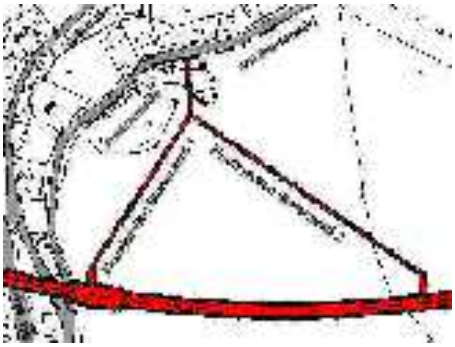
Die **zweite Pannenbucht**, ebenfalls 40m lang und mit vergrößertem Ausbruchsquerschnitt, wurde **Ende November** fertig gestellt.

6. Dezember 2002

Anschlag des **vierten** Querstollen, der später einmal zum **Fluchtstollen "Storenwald 1"** führen wird.

Mitte Dezember begann der Vortrieb des Mauslochs.

Dieser Fluchtstollen ist interessant, weil er im Berg mit dem Fluchstollen "Storenwald 2" zusammentrifft - beide haben den selben Ausgang im Storenwald, in unmittelbarer Nähe der Freilichtbühne:



16. Januar 2003

Anschlag des **fünften** und damit letzten Querstollens, **"Storenwald 2"**.

Bevor hier jedoch der Vortrieb beginnt, muss der Fluchtstollen "Ziegeldobel" durchgeschlagen sein.

Die Vortriebsleistung in den Fluchstollen Storenwald 1 und 2 war nach Fertigstellung der Querstollen starken Schwankungen unterworfen:

Zunächst galt es den Fluchstollen in den Ziegeldobel durchzuschlagen; nachdem dies am 25. Januar geschehen war, näherten sich schon die Vortriebsarbeiten des Tunnels dem Ende:

Zunächst wurde bei Tunnelmeter 1745 der Vortrieb wieder in Kalotte / Strosse unterteilt. Dann erreichte man bei 1788,50 Meter den Rohrschirm - der im Rahmen der Baumaßnahmen am Voreinschnitt Süd bis zu 15 Meter tief in den Hangschutt eingebaut wurde. Eine "volle (Kalotten-) Ortsbrust" konnte dann letztmals am **11. Februar 2003** gesprengt werden. Dies läutete die heiße Phase des Durchbruchs ein:

Auf Grund des nun anstehenden Hangschuttes wurde daraufhin den ganzen Tag unter Hochdruck auf der linken Seite im **Baggervortrieb** gearbeitet: Schließlich erreichte der Bagger die Rückseite der Spritzbetonschale des Voreinschnittes Süd. Um **17.22 Uhr am 12. Februar 2003** trat der Tunnel wieder ans Tageslicht - der **Durchschlag** war geschafft.

Nachdem dann die Sicherungsarbeiten in den Tagen nach dem Durchbruch abgeschlossen waren, wurde die restliche Kalotte herausgebrochen und ebenfalls gesichert. Diese Arbeiten zogen sich noch bis zum **20 Februar 2003** hin. Im Anschluss daran wurde dann die Strosse (ab TM 1765) nachgezogen.

Ende Februar 2003

Die rund 15 cm starke Spritzbetonsicherung des Tunnelquerschnittes am Südportal wurde abgebrochen - nun konnte man erstmals von Süden her in die Tunnelröhre blicken.

6. März 2003

Im Anschluss an das südliche Ende der Tunnelröhre wurde die **Luftbogenschale**, die eine genau bestimmte Kante zwischen "bergmännischer" und "offener Bauweise" herstellt, eingebaut:

Hierzu wurden zunächst Ausbaubögen aufgestellt, die dann mittels Bewehrung und Spritzbeton als Schale geschlossen werden.

Nachdem die Arbeiten am Südportal soweit abgeschlossen waren, konnte die Vortriebsleistung in den Fluchstollen Storenwald 1 und 2 wieder gesteigert werden. Zwischen einem und zwei Abschlägen gelangen den Mineuren (der zwischenzeitlich reduzierten Teams) pro Tag.

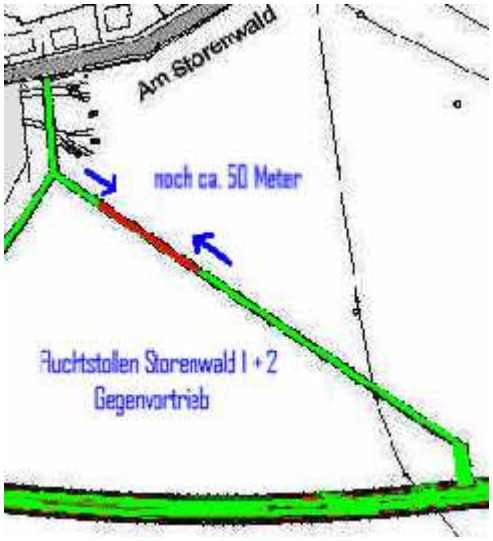
12. März 2003

Nach 141 Vortriebsmetern im Fluchtstollen Storenwald 1 (von der Tunnel-Hauptröhre aus gerechnet, siehe Bild) erreichte man jene Stelle, an dem die **beiden Fluchtstollen Storenwald 1 und 2 aufeinandertreffen**.

Da sich nun auch die Vortriebsarbeiten des letzten Fluchtstollens dem Ende näherten, wurde am **15. März 2003** mit dem **Voreinschnitt Storenwald** begonnen.

Am **1. April 2003** war es dann soweit: Der Fluchtstollen wurde in den Storenwald durchgeschlagen, der letzte Fluchtweg ist somit "eröffnet"

Sofort nach dem Durchschlag wurde das Loch vergittert. Die Lutte wurde abgebaut und im Fluchtstollen Storenwald 2 eingebaut.



Nun begann ein weiterer spannender Abschnitt:

An der berechneten **Kreuzung** wurde nach dem Durchschlag in den Storenwald mit dem Gegenvortrieb begonnen; d.h. im Wechsel mit den Arbeiten im Fluchtstollen Storenwald 2 wurde von dieser Stelle aus in Richtung des vorgetriebenen Fluchtstollen gearbeitet.

Hier der Blick vom künftigen Kreuzungspunkt der Fluchtstollen in Richtung des **Gegenvortriebs** Richtung "Storenwald 2".

16. April 2003

4. Mai 2003

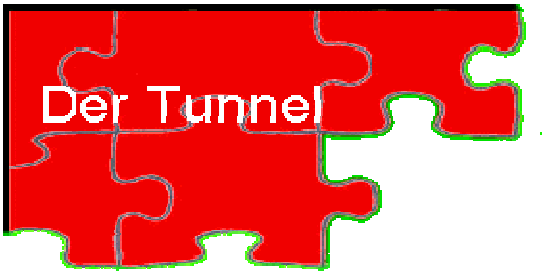
Abschluss der Vortriebsarbeiten:

Am frühen Abend wurden die beiden "Teilstollen" Storenwald 2 durchgeschlagen; somit sind alle Fluchstollen fertig gestellt.

In der folgenden Nachtschicht wurde die Durchschlagsöffnung auf den vollen Querschnitt aufgeweitet.

5. Mai 2003

Zum **Abschluss der Vortriebsarbeiten** im Rahmen des Tunnels Hornberg wurde der Voreinschnitt fertig gestellt.



Der Vortrieb

- Bohren
- Ausbruchsklassen , Sprengleitbilder
- Richtungsvorgabe
- Beladen , Sprengen
- Bewettern, Schuttern , Beräumen
- Sichern
- Messtechnik

Begleitende Arbeiten

- Versorgungsleitungen, Lutte, etc ...
- Abtransport
- Kontrollen

Der Hornberger Tunnel wird in der **„Spritzbetonbauweise“** in einem Zug von Nord nach Süd aufgefahren. Hierbei erfolgt der Vortrieb mittels Sprengungen ("Drill and Blast"-Technik).

Der Vortrieb:

Die Ausbruchklassen:

Der Tunnel wird in den mittel- und grobkörnigen Graniten des Triberger Plutons aufgefahren; diese sind in der Regel nur gering verwittert. In den Tallagen (Bereich von Nord- und Südportal, Ziegelgrund, Offenbachtal) ist das Granitgestein zum Teil mürb angewittert und von engstehenden Kluftscharen durchtrennt.

Um nun diesen unterschiedlichen geologischen Verhältnissen Rechnung zu tragen, wurde der Vortrieb auf Grund von Probebohrungen bereits in der Planungsphase in Ausbruchsklassen eingeteilt. Die Ausbruchsklasse legt die maximal freie Gebirgsfläche, die Abschlagslänge und die Sicherungsmittel fest.

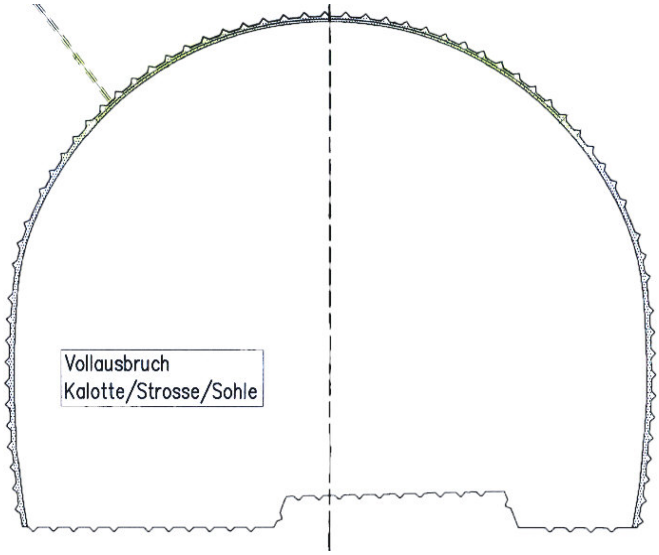
Diese reichen von der **Klasse 2 ("standfester Fels") bis** hin zur **Klasse 7 ("stark mürbes Gestein")**.

Der **Vortrieb wurde** im Zuge des Vortriebs nach jedem Abschlag **auf die vorgefundene Ausbruchsklasse angepasst**.

Exemplarisch werden an dieser Stelle **die beiden entgegengesetzten Klassen** vorgestellt:

Ausbruchsklasse 2

Hierbei wird im so genannten **Vollausbruch** gearbeitet; d.h. mit nur einer Sprengung wird der gesamte Tunneldurchmesser (rund 80 Quadratmeter) herausgesprengt.



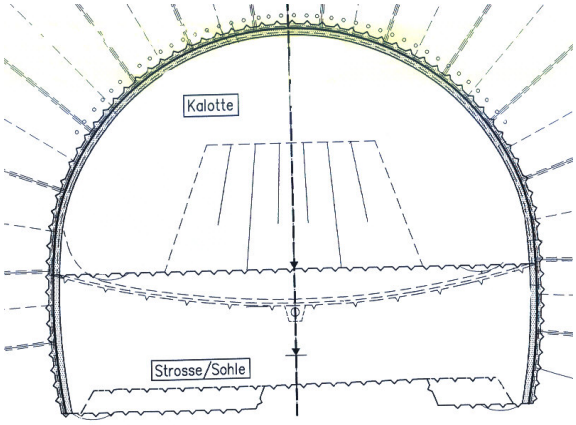
Arbeitsschritte

Verfahren	Sprengen	Ausbruch
Abschlagstiefen	3,00 Meter	Nach Erfordernis: Anker setzen im letzten Abschlagsbereich.
Spritzbeton	7cm dick + 3cm Abdichtungsträger	Versiegeln der Ausbruchslaibung mit Spritzbeton (3cm) nach jedem Abschlag.
Bewehrung	einlagig Betonstahlmatten, die mit 50cm langen Ankern zu befestigen sind.	Eine Lage Bewehrung über alle noch offenen Felder im Bereich von +-45° des Firstradius. Diese Sicherung ist spätestens nach 3 Abschlägen einzubauen und bis zur Ortsbrust nachzuholen.
Ausbaubögen	Keine	Spritzbeton auf 7cm erhöhen.
Anker	Spreizanker Standard Swellex nach Erfordernis (Länge: 3,60m)	Im Nachgang Abdichtungsträger (3cm) aufbringen.
Ortsbrustsicherung	nach Erfordernis	

In den Portalbereichen sowie in den festgelegten Streckenabschnitten (Ziegelgrund, Burgstraße l) **wird der Sprengvortrieb in Kalotte und Strosse unterteilt**; dies schont das Gebirge und bietet die größt mögliche Sicherheit für alle Beteiligten:

Ausbruchsklasse 7

Im **ersten Schritt** wird die so genannte **Kalotte** *(=der obere Teil der Tunnelröhre mit der Rundung)* abgebaut:



Arbeitsschritte

Verfahren	Sprengen	Ausbruch
Abschlagstiefen	1,25 bzw. 1,00 Meter	Versiegeln der Ausbruchslaibung (3cm) und der Ortsbrust (2cm) mit Spritzbeton nach jedem Abschlag.
Nachlauf Strosse/Sohle	vorauseilender Kalottenvortrieb	Bergseitige Bewehrung
Spritzbeton	22cm dick + 3cm Abdichtungsträger	Stellen eines Ausbaubogens
Bewehrung	einlagig Betonstahlmatten, nach Ermessen zweilagig.	Spritzen bis Vorderkante Bogen Spritzbetonschicht auf 22cm erhöhen im Bereich des vorletzten Abschlages.
Ausbaubögen	Stahlbögen (Typ GI 110)	Im Bereich des letzten Abschlages: Spieße setzten, SN-Anker und luftseitige Bewehrung nach Ermessen anbringen.
Anker	11 bis 12 SN-Anker (Durchmesser 25mm) mit einer Länge von 6m.	Ankermuttern im Bereich des vorletzten Abschlages anziehen.
Ortsbrustsicherung	Keine	Im Nachgang Abdichtungsträger (3cm) aufbringen.

In einem **zweiten Arbeitsgang** wird dann die **Strosse** *(= der untere Teil)* nachgezogen:

Arbeitsschritte

Verfahren	Sprengen	Ausbruch
Abschlagstiefen	2,50 bzw. 2,00 Meter	Versiegeln der Ausbruchslaibung (3cm) nach jedem Abschlag.
Spritzbeton	22cm dick + 3cm Abdichtungsträger	Bergseitige Bewehrung, Stellen eines Ausbaubogens; jeden 2. verlängern.
Bewehrung	einlagig Betonstahlmatten.	Spritzen bis Vorderkante Bogen des vorletzten Abschlages und teilweise auch im letzten Abschlag.
Ausbaubögen	Stahlbögen (Typ GI 110), jeden 2. Bogen verlängern.	Spritzbetonschicht auf 22cm erhöhen im Bereich des vorletzten Abschlages.
Anker	2 SN-Anker (Durchmesser: 25mm) mit einer Länge von 6m.	Im Bereich des letzten Abschlages: SN-Anker setzen. Ankermuttern im Bereich des vorletzten Abschlages anziehen.
Ortsbrustsicherung	2cm Spritzbeton; Stützkeil nach Erfordernis	Im Nachgang Abdichtungsträger (3cm) aufbringen.

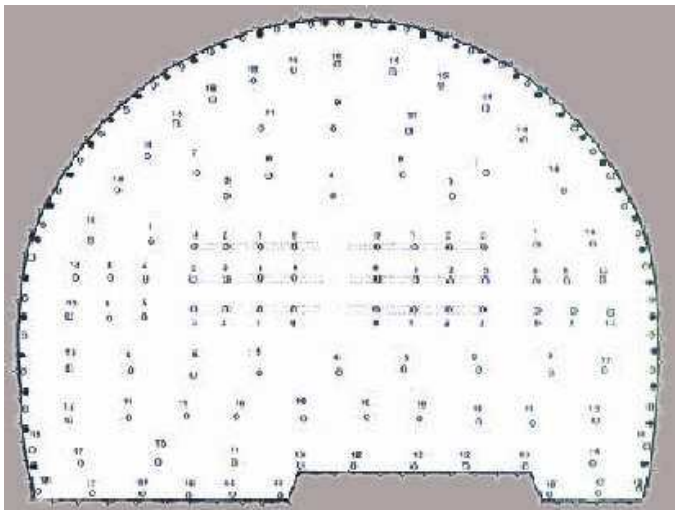
Sprengleitbilder

Nach genauer Planung und unter Berücksichtigung der aktuell festgestellten Erschütterungswerte berechnet ein Sprengsachverständiger die optimale Verteilung der Bohrlöcher in der Ortsbrust.

Diese werden in die Steuerung des Bohrwagens übertragen. Somit können die Mineure nun mittels Joystick die drei Lafetten Punktgenau über ein Display positionieren und die Bohrung durchführen *(siehe auch Bild links)*.

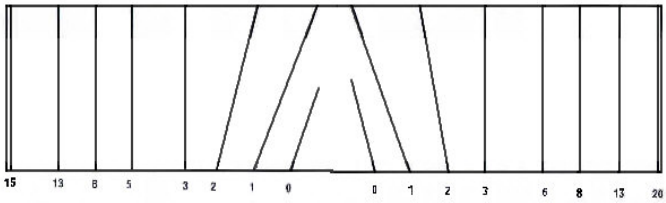
Die Bohrleitbilder unterscheiden sich je nach Ausbruchsklasse und angetroffenem Gebirge:

In der besten Klasse, dem Vollausbruch, wird die gesamte Ortsbrust (Kalotte und Strosse) komplett gebohrt:



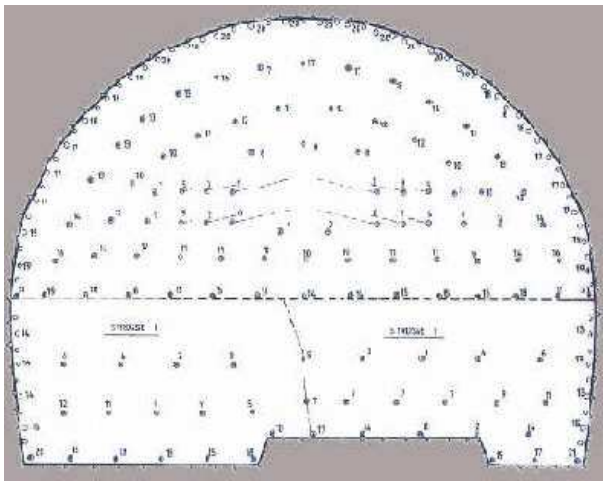
Hierbei werden nicht alle Bohrlöcher parallel zur Tunnelachse gebohrt. Vielmehr sind die Bohrlöcher derjenigen Ladungen, die zuerst zünden werden (**Einbruchschuss**), schräg zur Achse gebohrt, wie in der Draufsicht ersichtlich wird.

Der äußere "Bohrkranz" wird später nur mit wenig Sprengstoff (**Kranzschuss**) befüllt. Er dient als "Abrisskante", ähnlich dem Trennsteg bei Briefmarken.



Zwischen Einbruch- und Kranzschuss werden nun durch die Verzögerungszünder im Abstand weniger Millisekunden weitere Zündungen ausgelöst, der **Helferschuss**.

In schlechteren Ausbruchsklassen wird der Vortrieb unterteilt nach Kalotte und Strosse. Dementsprechend wird ein verändertes Bohrleitbild erforderlich:



Zunächst erfolgt der Abbau der Kalotte (oberer Teil der späteren Tunnelröhre). Die Strosse wird dann zu einem späteren Zeitpunkt nachgezogen; hierbei wechselt man nach jeweils zwei Tagen die Seite - somit bleibt jeweils eine Hälfte der Strosse als Fahrbahn erhalten.

Bei schlechtem Gebirge oder geringer Überdeckung kann auch der Ausbruch der Kalotte noch unterteilt werden, was bei diesem Bauwerk z.B. im Bereich des Nordportals auch geschehen ist.

Die Vortriebsleistung:

Die im Vollausbruch erreichte maximale Vortriebsleistung betrug **bis zu 12 Meter pro Tag.** In schlechteren Ausbruchsklassen wurde der Abbau in Kalotte-/Strosse-Bauweise unterteilt. Auf Grund der hierbei kürzeren Abschlagslängen und dem höheren Sicherungsaufwand betrug die Vortriebsleistung nur wenige Meter pro Tag.

Die **durchschnittliche Vortriebsleistung** lag in guten Dekaden bei **rund 10 Meter pro Tag**. Insgesamt waren es bis zum Durchschlag 305 Vortriebstage - d.h. der durchschnittliche Vortrieb lag (mit Weihnachts- und Osterpause!) bei rund sechs Metern pro Tag!

Richtungsvorgabe

Nachdem der Bohrwagen per Dieselantrieb vor die Ortsbrust gestellt und an die benötigte Energieversorgung angeschlossen ist, erfolgt die **Lagebestimmung**

Zunächst wird der Bohrwagen mit seinem elektrohydraulischen Antrieb auf Stützen horizontal ausgerichtet.

Im Anschluss daran werden an eine der **Bohrlafetten zwei Zielblenden** *(ähnlich einem Fadenkreuz, siehe Abbildung links)* angebracht. Diese Bohrlafette wird daraufhin so ausgerichtet, dass der durch den Richtungslaser vorgegebene Strahl *(roter Punkt im Bild unten)* beide Blenden passiert.

Über die genau bekannte Linie des Laserstrahls und die Tunnelmeter des Standorts des Bohrwagens wird dann die Position des Bohrwagens bestimmt und im bordeigenen PC abgespeichert, der nächste Vortriebszyklus beginnt.

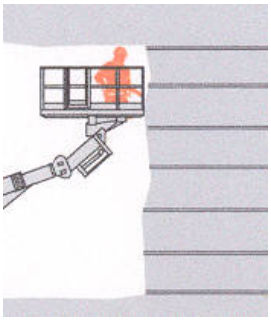
Bohren der Sprenglöcher an der Ortsbrust

Der **Bohrwagen** wird per Dieselantrieb vor die Ortsbrust gefahren. Mit Hilfe eines Punktlasers wird er dann auf die aktuelle Tunnelstation ausgerichtet.

Über ein vorgegebenes Bohrbild werden dann die für die Sprengung erforderlichen **Bohrlöcher** gesetzt:

Für eine Sprengung sind, je nach Art des Vortriebs, zwischen **120** und **150 Löcher (Durchmesser: 42 mm)** zu bohren; durch die **drei Lafetten**, die von Hydraulikmotoren angetrieben werden, können jeweils drei Löcher zeitgleich gebohrt (**Bohrzeit** für drei Meter: ca. 70 Sekunden) werden.

Beladen



Im Nachgang werden die Bohrlöcher mit Sprengstoff auf Grundlage der Sprengleitbilder geladen und mit den zugehörigen Zeitzündern, die in Reihe zusammengeschlossen werden, versehen. Für diese Arbeiten ist am Bohrwagen eine Arbeitsbühne angebracht.

Hier eine einzelne Sprengstoffstange (mit bereits verkabeltem und eingesetztem Zünder): Insgesamt werden **pro Sprengung etwa 280 bis 300 kg Sicherheitssprengstoff** verwendet:

Schließlich werden die Zündleitungen dann in ausreichendem Abstand (ca. 300 Meter) durch den **Sprengmeister** angeschlossen

und auf Funktionsfähigkeit überprüft.

Sprengen

Die Zündmaschine (grauer Kasten) wird gerade für eine Sprengung "scharf gemacht"

Gesprengt wurde **drei- bis viermal pro Tag** hierbei galt es die vorgegebenen Erschütterungswerte einzuhalten. Der Nachweis der Einhaltung wurde über die Erschütterungsmessung in ausgewählten Gebäuden geführt - die Daten wurden automatisch erfasst und die ermittelten Werte durch das Büro IFE (Institut für Erschütterungsmessungen Klingmüller, Mannheim) ausgelesen oder telefonisch abgerufen.

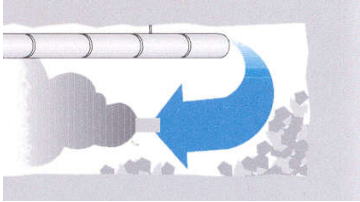
Die Zündung der einzelnen Sprengladungen erfolgt in gleichzeitig. In den **Zündern** wird die Explosion verzögert, so dass in Etappen im Abstand von je 25 Millisekunden bis zu 21 Mal eine Sprengung erfolgt; diese werden unterteilt in:

- Einbruchschuss
- Helferschuss
- Kranzschuss

Der "Nichtfachmann" hört nach der Zündung jedoch nur einen Knall.

Aus Rücksicht auf die Anlieger wurde während der Nachtruhe weitgehend auf Sprengungen verzichtet!

Bewettern



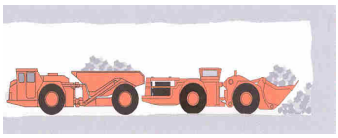
Nach der Explosion befinden sich in der Tunnelluft Stäube.

Damit die Arbeiter für den nächsten Arbeitsschritt wieder die unmittelbare Umgebung der Ortsbrust betreten können, muss **Frischluft zugeführt** werden.

Hierzu dient ein großer **Lüfter**:

Dieser saugt frische Luft an und bläst diese über einen Stoffschlauch in die Tunnelröhre. Zu Beginn der Arbeiten war er *(obiges Bild)* direkt am Nordportal untergebracht. Nach dem Durchbruch des Fluchstollens zur B33 wurde er in den dortigen Querstollen "umgesetzt" - somit konnte die Geräuschbelastung für die Anlieger stark reduziert werden.

Das Schuttern



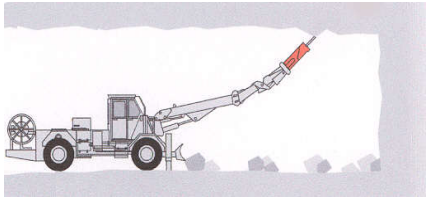
Sobald es die Bedingungen zulassen, beginnt ein Wettlauf gegen die Zeit - **das bei der Sprengung gelöste Gestein muss möglichst schnell aus dem Tunnel herausgeschafft werden**. Bei diesem Arbeitsgang sollte aus Sicherheitsgründen keine fremde Person(en) zu Fuß im Tunnel unterwegs sein:

Mit Hilfe spezieller Räumgeräte (Volvo-Radlader, Broyt-Hochbagger u.a.) werden die Mulden mit dem herausgesprengten Gestein beladen.

Durch ihr Knickgelenk haben die Mulden einen kleinen Wendekreis und können somit schnell in der engen Tunnelröhre manövrieren - dabei kommt es jedoch fast regelmäßig zum Kontakt mit den Tunnelwänden; Kratzer an der Tunnelwand zeugen von diesen "Begegnungen".

Die Mulden fahren dann mit ihrer Ladung zum Nordportal zurück und kippen das Ausbruchsmaterial auf das Tageslager direkt am Portal.

Beräumen



Nachdem das Ausbruchsmaterial herausgeschuttert wurde, wird die Tunnelröhre beräumt.

Mit einem Tunnelbagger (Liebherr 932) werden ggf. **lose Felsbrocken in der Tunnellaibung** sowie die seitlichen Wassergräben für das eindringende Wasser aus dem Berg bzw. das Brauchwasser, das beim Bohren (Kühl-/Spülwasser) anfällt, freigemacht.

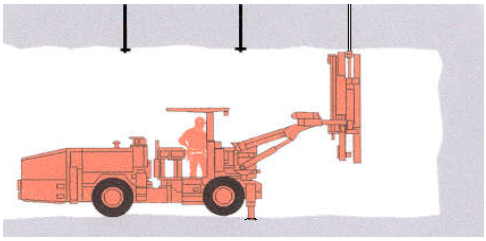
Zum Abschluss wird mit dem "Tunnellader" der Fahrweg von der Ortsbrust bis zur Zwischendeponie für die nachfolgenden Fahrzeuge freigeräumt.

Sicherung

Je nach der aufgefahrenen Ausbruchklasse wird die Sicherung unverzüglich und komplett eingebaut oder in den "guten" Ausbruchsklassen erfolgt die weitere Sicherung nach der sofort aufgebrachten Versiegelung erst bei Erreichen eines genau festgelegten Abstand zur Ortsbrust.

Die Mineure bringen Baustahlmatten auf das bereits zuvor versiegelte Felsgestein auf, hierzu wird im Firstbereich eine Arbeitsbühne eingesetzt.

Einbau von Ankern und weiteren Sicherungsmitteln:



Werden schlechte Ausbruchsklassen durchquert (z.B. im Bereich der Tunnelportale, in Taleinschnitten oder sonstigen Störungszonen), werden Anker oder im schlechtesten Fall zusätzlich noch Ausbaubögen und Spieße eingebaut.

Darüber hinaus werden Anker immer dort eingebaut, wo es das Gebirge erfordert.

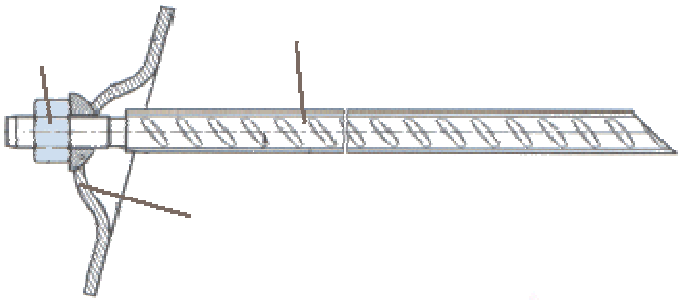
Hierfür werden mit dem Bohrwagen zunächst radial Löcher in die Tunnellaibung gebohrt.

Je nach Erfordernis kommen dabei verschiedene Anker zum Einsatz:

Anker dienen in gutem Gebirge dazu, durch Trennflächen gelöste Gesteinsbrocken rückzuverhängen (d.h. an festes Gebirge anzubinden). In schlechterem Gebirge wird durch eine Systemankerung (d.h. ein genau festgelegtes Anker-Raster) ein "Gebirgstragring" aufgebaut.

Je nach Gebirge werden dabei verschiedenen Ankertypen eingesetzt:

Mörtel-Anker (SN-Anker)



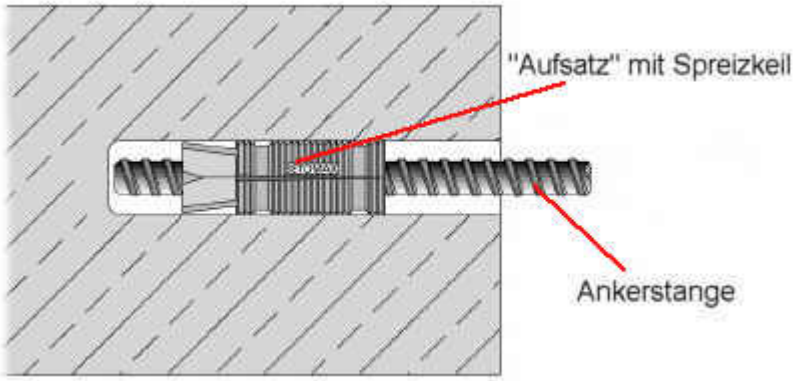
In einer Systemankerung verwendet man den SN-Anker, der aus einem Betonstahlstab mit einseitig angebrachtem Gewinde, Ankerplatte und Mutter besteht (siehe Abb. oben). Beim Einsetzen dieser Anker wird Ankermörtel verwendet.

Arbeitsablauf:

Der Bohrwagen bohrt zunächst in die Tunnellaibung ein Loch. Dieses wird dann mit Hilfe eines Schlauches vom Ende her mit Mörtel aufgefüllt. In diese Mörtelfüllung wird der Anker eingepresst, die Ankerplatte und Mutter lose aufgesetzt. Nach einer gewissen Abbindezeit wird die Mutter dann angezogen und damit der Anker gespannt.

Dieser Anker übernimmt die Last nicht sofort, da der Mörtel zuerst abbinden muss.

Spreizkeil-Anker



In guten Gebirgsklassen werden auf Grund von auffallenden Gebirgsformationen im Zuge des Vortriebs Anker eingesetzt, die sofort die Last des Felsgestein aufnehmen können. Hierzu dienen Spreizkeil-Anker, die an einem Ende mit einer Spreizmechanik ("Kopf" genannt) versehen sind. Dieser Kopf wird auf die Ankerstange aufgesetzt, in das vorgebohrte Loch eingesetzt und dann mit einem Schlagschrauber angezogen.

Somit wird die Last sofort im Spreizkopfbereich rückverhängt.

Ausbaubögen

An den beiden Portalen wurden auf den ersten Metern zur sofortigen Sicherung des Gebirges so genannte Ausbaubögen gestellt: Diese bestehen aus vorgefertigten GI-Profilen aus dem Bergbau (GI 100, GI 110) und wurden sicherheitshalber ständig auf der Baustelle vorgehalten.

Die Versiegelung

Um das Gebirge so schonend als möglich zu behandeln wird die freiliegende Tunnellaibung mit **Spritzbeton** versiegelt. Die Dicke dieser Spritzbetonschicht hängt ab von der Beschaffenheit des Gesteins (=Ausbruchsklasse) und ist zwischen sieben und 25 cm stark.

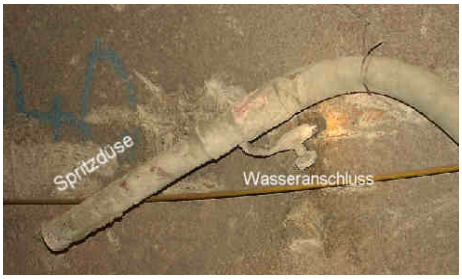
Die Aufbringung des Spritzbetons erfolgt in Abhängigkeit vom Einbauort mit zwei unterschiedlichen Verfahren:

Trockenspritzverfahren:

Dieses Verfahren wurde am Anfang auch beim Vortrieb des Haupttunnels getestet, dann aber nur noch in den Mauslöchern eingesetzt:

Mit dem **Kesselwagen** wird vom Nordportal in den Silos gelagerter trockener **Beton** zu den Mauslöchern transportiert. Der "Spritzzement", der als Bindemittel eingesetzt wird, ist gipsreduziert.

Am Querstollen angelangt wird der Kesselwagen an die **Versorgungsleitungen** angeschlossen. Unter hohem Druck (ca. 6-8 bar) wird der (trockene) Beton im Luftstrom gefördert. Hierzu wird ein großes Luftvolumen benötigt.



Am Ende der Leitung ist ein Schlauch mit einer **Spritzdüse** angebracht. Über eine zweite Leitung **wird Wasser zugegeben**. Durch den großen Düsenquerschnitt wird der Spritzbeton auf die zu versiegelnde Fläche gespritzt, wo fast schlagartig die Erstarrung beginnt.

Bei diesem Verfahren wird der trockene Beton mit viel Luft durch die Versorgungsleitungen gefördert. An der Spritzdüse wird über eine eigene Leitung Wasser mit hohem Druck über viele kleine Düsen durch den "Beton-Luftstrom" gedrückt. Der Beton nimmt das Wasser auf; durch die hohe Luftmenge werden Staubanteile verwirbelt, die nicht an der Wand haften - somit herrscht bei diesem Arbeitsgang ein erhöhtes Staubaufkommen.

Nassspritzverfahren: Im Tunnel wurde nach der Umstellung fast ausschließlich das Nassspritzverfahren angewendet:

Am Nordportal laden **Betonmischer** aus den Silos den fertigen **Beton.**

Ein Mischwerk unter den Silos mischt das Trockengemisch zu einem gebrauchsfertigen Frischbeton. Fertig gemischt erfolgt der Transport in die Röhre.

Dort wartet an der Ortsbrust eine **Betonpumpe** auf das Material. Der Betonmischer versorgt die Betonpumpe mit dem fertig angemachten Beton.

Die Betonpumpe befördert den Spritzbeton zur **Spritzdüse**, die von den Mineuren **per Joystick gesteuerte** wird. Da bei diesem Verfahren der Beton bereits mit Wasser vermischt ist, entstehen weniger Stäube und es kann, trotz des geringeren Düsenquerschnittes, mehr Material befördert werden.

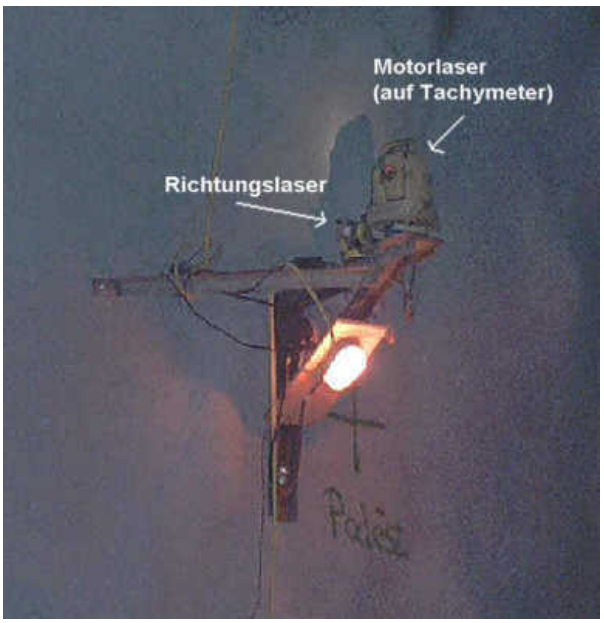
An der Spritzdüse wird dem Beton eine Chemikalie (sog. **Erstarrungsbeschleuniger**) zugesetzt, die dafür sorgt, dass der Spritzbeton in der ersten Phase recht schnell mit dem Abbinden beginnt.

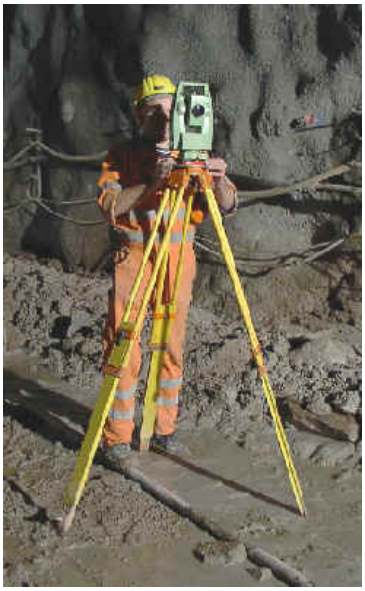
Vermessung

Sieht man die Aufgabe der Vermessung darin, die zwei Portalfestpunktfelder miteinander zu verbinden, so würde dies im offenen Gelände kein weiteres Problem darstellen. Da es sich jedoch um ein Tunnelbauwerk handelt, begibt man sich unweigerlich in eine vermessungstechnische Zwangssituation:

Bedingt durch die langgestreckte Röhrenform können die zu messenden Winkel nicht mehr optimal angeordnet werden.

Um dennoch zu gewährleisten, dass der unterirdische Zusammenschluss der beiden Festpunktfelder im geforderten Genauigkeitsbereich erfolgen kann, ist es notwendig, mit fortschreitendem Vortriebsstand auf eine entsprechend aufwändigere Messanordnung zurückzugreifen:



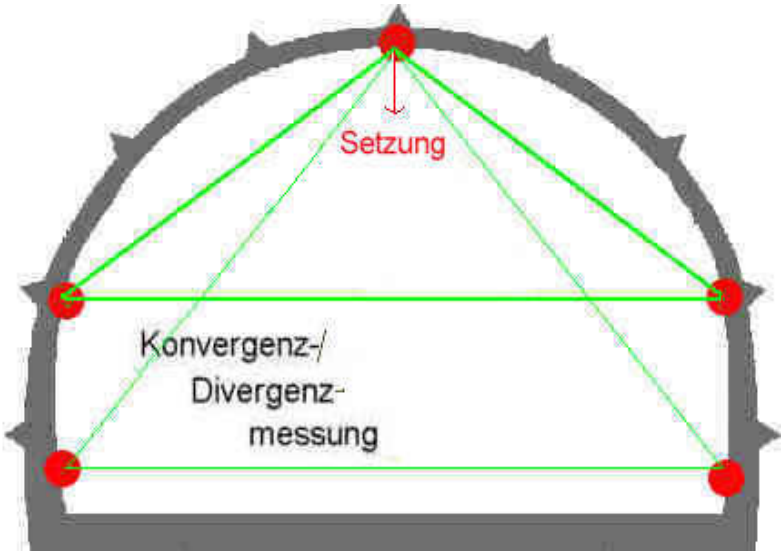


Im Rahmen solcher, immer wieder durchgeführten größeren Messungen, **werden im Tunnel Messpunkte dauerhaft vermerkt.** Diese dann koordinierten Punkte dienen den täglichen Vermessungsarbeiten wie z.B. Einmessung der Lasersysteme oder Profilkontrollen

Hierfür werden sofort nach der Sprengung in den neuen Abschlag Messquerschnitte eingebaut:

Anfangs beim Kalottenvortrieb täglich, mit zunehmender Vortriebslänge dann in größerem Rhythmus, werden an drei genau definierten Punkten der Tunnellaibung Mess-Spiegel eingesetzt (Bild oben rechts).

Der Vermesser (Fa. Angermeier) positioniert im Anschluss daran einen elektro-optischen Theodolit (Bild oben links) und misst diesen von einem weiter hinten liegenden Bezugspunkt aus ein. Nun wird die Lage der neuen Messpunkte bestimmt und mit den Gegebenheiten abgeglichen.



Aus den ermittelten Werten können dann die Längenänderungen zwischen diesen einzelnen Punkten errechnet werden. Darüber hinaus können aus den Messungen die vertikalen Verschiebungen, genannt "Setzung", bestimmt werden.

Eine weitere Schwierigkeit bei den Vermessungen, die man jedoch durchaus als Herausforderung betrachten kann, sind die allgemein erschwerten Bedingungen unter denen die Vermessungsaufgaben im Tunnel erfolgen müssen. Bei zum Teil widrigen Luftverhältnissen und schlechtem Licht sollten die Arbeiten ohne Beeinträchtigung der Vortriebsarbeiten erfolgen.

Wie **exakt** die **Vermessung** funktionierte, mag die Tatsache verdeutlichen, dass bei der Messung **nach dem Durchbruch** der **seitliche Versatz** bei nur **drei Millimetern**, der **vertikale** bei **zehn Millimeter** lag. Seitens des Vermessungsingenieurs und der ARGE ein voller Erfolg.

Hilfssysteme:

Der Richtungslaser:

Unter Zuhilfenahme des eingemessenen Laserstrahls, wird die Position der Bohrwagenlafette zur berechneten Tunnelachse bestimmt.

Somit wird es möglich, an jeder beliebigen Tunnelstation die durch den Laser erreicht wird den Bohrwagen so auszurichten, dass die berechnete Vortriebsrichtung stets exakt eingehalten werden kann.

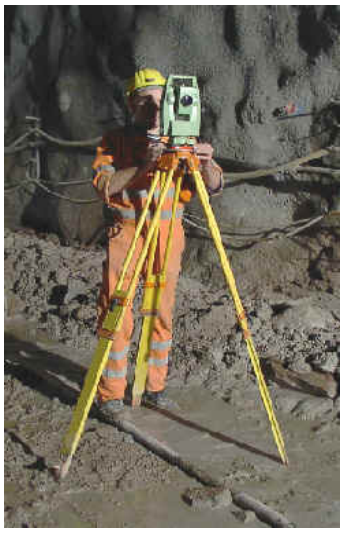
Der Motorlaser:

Unabhängig vom Richtungslaser kommt das Motorlasersystem zum Einsatz. Es besteht aus einem motorisierten Tachymeter (Bild rechts), der mittels einem **Notebook** (siehe Bild links) angesteuert wird.

Diese Geräte ermöglichen es, dass an jeder ausgewählten Tunnelstation die Ausbruchsgeometrie mit beliebig vielen Profilpunkten angezeigt werden kann. Somit ist eine ständige, unabhängige Profil- und Richtungskontrolle gewährleistet.

Bei einem Ausfall der Bohrwagennavigation kann der Vortrieb mit Hilfe dieses Systems uneingeschränkt weiterlaufen

Kontrollen:



Parallel zu den Vermessungsarbeiten des Auftragnehmers (bzw. seiner Subunternehmer) finden **externe Kontrollen** durch den Auftraggeber statt. Hiezu kommen **Vermessungsingenieure des Straßenbauamtes** in unregelmäßigen Abständen auf die Baustelle, um den Achsverlauf des aufgefahrenen Tunnels zu überprüfen. Dies geschieht auch unabhängig von der üblichen Bauüberwachung:

Begleitende Arbeiten:

Während des gesamten Vortriebs müssen die Mineure neben dem eigentlichen Vortrieb auch weitere Arbeiten durchführen:

In unregelmäßigen Abständen muss so z.B. **Stofflutte für die Bewetterung nachgezogen** werden: In der Schaufel des Tunnelladers wird die noch zusammengelegte Lutte bereitgehalten. Über eine Arbeitsbühne (am Bildrand rechts zu erkennen) verlängern die Mineure zunächst das Befestigungsseil am First. In dieses werden dann die Verlängerungs-Segmente der Lutte eingehängt.

Nach dem Durchbruch der Tunnelhauptröhre musste die Lutte selbstverständlich auch wieder abgebaut werden.

Links im Bild die Anschlusslutte zum Lüfter im Querstollen B33; rechts die schlaffe Lutte im hinteren Bereich - man erkennt, dass hier bereits ein Teil wieder abgehängt wurde.

Neben diesen Tätigkeiten müssen die Elektriker die **Stromversorgung nachziehen**; wichtig ist auch das **Nachziehen der Wasserversorgung sowie der Brandmelder bzw. Beleuchtung**.

Die **Instandhaltung der Fahrbahn** ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der "begleitenden Arbeiten": Mit dem Tunnellader wird der Fahrweg beräumt - immer wieder müssen dabei auch Feuchtstellen, die durch eindringendes Oberflächenwasser entstehen, ausgebessert werden.

Zur **Vermeidung dieser Feuchtstellen** wurden je nach Erfordernis verschiedene Verfahren zur Anwendung gebracht:

- Mit Hilfe einer **Noppenfolie** wird eindringendes Wasser abgefangen und zu den seitlichen Wassergräben geführt.
- Die Spritzbetonschale wird angebohrt, ein Schlauch eingeführt und die Stelle wieder mit Schnellmörtel abgedichtet *(siehe Abbildung)*.

Räumen des Tageslagers

Das aus dem Tunnel geschutterte Material wird auf dem Tageslager direkt am Nordportal zwischengelagert. **Je nach Vortriebsleistung fielen hierbei täglich über 2000 Tonnen Ausbruchsmaterial an** - dies entspricht ca. 100 LKW-Ladungen.

Für den Abtransport war während der Hauptvortriebsarbeiten von montags bis samstags ein **eigenes Team** der als Subunternehmers eingesetzten Firma Kies-Uhl (OHU) im Einsatz, das durch den Laderfahrer koordiniert wurde:

Dieser belud **bis zu sieben parallel fahrende LKWs**; die abgefahrene Tonnage wurde dabei über eine im Lader integrierte Digitalwaage festgehalten - die Lieferscheine für jede einzelne Fahrt wurden so von der Bauüberwachung erfasst.

Das zwischengelagerte Material wurde entweder in den Steinbruch nach Niederwasser transportiert oder bei anderen Baustellen direkt wieder eingesetzt.

Dezember 2002

Hier nun der selbe Blickwinkel, wie im Bild oben, jedoch nach Abschluss der Hauptvortriebsarbeiten - März 2003.

Impressum

Wir bedanken uns an dieser Stelle für die freundliche Mitarbeit aller "Tunnelbauer".

Zudem danken wir allen, die Material für diese einmalige Dokumentation bereitgestellt haben:

- Straßenbauamt Offenburg; Markus Zink
- Ingenieurbüro Bung

Die Inhalte und Bilder dieser Broschüre unterliegen dem Copyright. Veröffentlichung, Vervielfältigung etc. sind ohne Erlaubnis des Autors nicht gestattet!

Bilder:

- Andreas Kienzler, Schiltach
- Uwe Geiger, Ingenieurbüro Bung
- Sebastian Kempf, Hornberg

V.i.S.d.P und © : **Andreas Kienzler**, Schiltach