

# INSTANDESETZUNG ADLERTUNNEL

Der Adlertunnel der SBB ist ein einröhriger, ca. 5.3 km langer Doppelspurtunnel als direkte Verbindung zwischen Liestal und Pratteln auf der Linie Basel–Olten (Bild 1). Der im Gebiet des Tafeljuras 1996–1999 bergmännisch mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) erstellte Tunnel weist einen kreisförmigen Querschnitt mit bewehrtem Tübbingausbau, Innengewölbe und dazwischen angeordneter Abdichtung auf (Bild 2).

Seit der Fertigstellung sind in einem ca. 40 m langen, rund 1000 m vom Nordportal bei Pratteln entfernten Tunnelabschnitt Deformationen («Quetschung» und Hebung des Tunnelquerschnitts) als Folge des Quelldrucks des Gebirges aufgetreten. Das unbewehrte Innengewölbe ist durch Risse stark geschädigt und musste als Sofortmassnahme mit Stahlsegmentbögen gesichert werden, um die Gebrauchstauglichkeit weiterhin gewährleisten zu können (Bild 3).

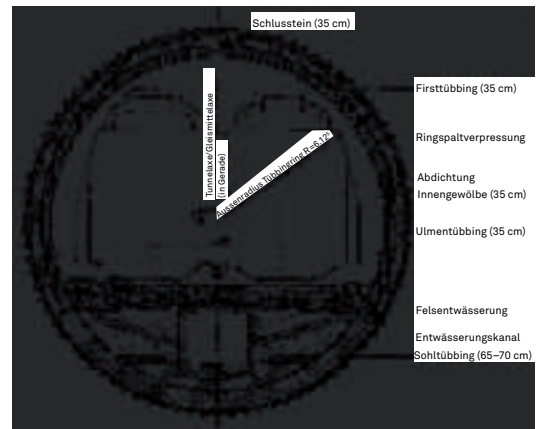
Im Bereich der Schadenzone durchfährt der Tunnel mit einer Überlagerung von 34 m bis 44 m Karststrukturen mit Bunten Mergeln und Gipskeuper (Anhydrit). In diesem Abschnitt ereignete sich während der Bauausführung ein Niederbruch vor der TBM, der sich zu einem Tagbruch ausweitete und den Vortrieb stoppte (Bild 4). Die geologisch kritische Zone konnte erst nach dem Bau eines Umgehungsstollens und Zementinjektionen von der Oberfläche aus mit der TBM durchfahren werden. Durch diese Ereignisse und Massnahmen gelangte aber Wasser zum in der Tunnelsohle anstehenden Anhydrit, was zum bekannten Quellen führte. Zudem wurde die Bettung des Gewölbes im Firstbereich durch den Verbrauch geschwächt.

Die SBB planen nun, den ca. 40 m langen schadhafte Tunnelabschnitt umfassend instandzusetzen, damit seine Nutzungsdauer wieder jener des Gesamtwerks entspricht. Zur Erlangung von Projektvorschlägen für die Instandsetzung des Streckenabschnitts Tunnelmeter 960 bis 1000 führte die SBB AG, Infrastruktur, einen selektiven Projektwettbewerb durch.

Das Verfahren wurde nach Art. 15 BoeB und nach Art 42 Abs. 1 lit.b VoEB durchgeführt. Aufgrund der öffentlichen Ausschreibung haben insgesamt zwölf Planerteams (Ingenieurgemeinschaften und Einzelfirmen) eine Bewerbung eingereicht. Daraus wurden nach einer nicht anonymen Präqualifikation



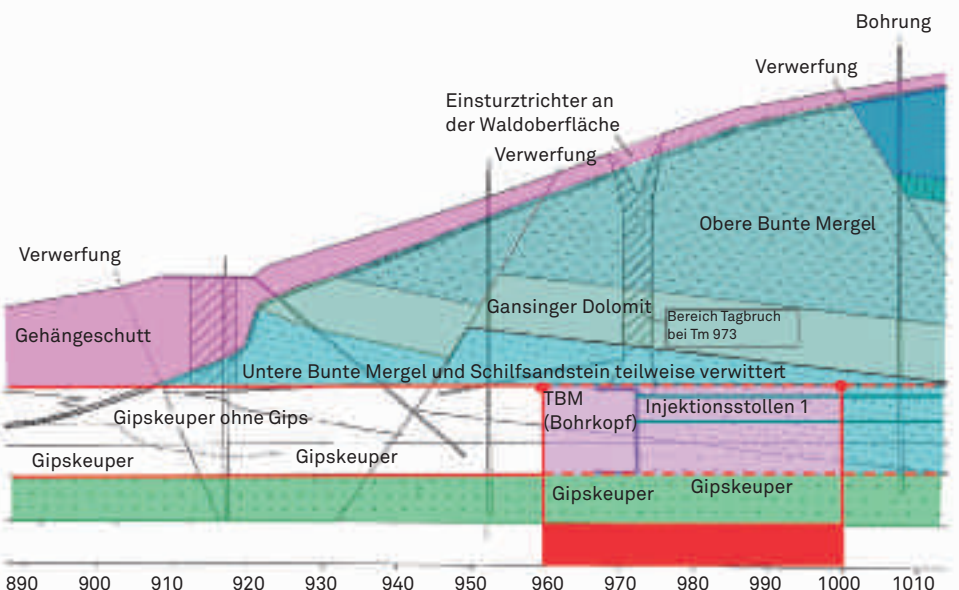
01 Situation Adlertunnel (Bilder: SBB Infrastruktur Projekt Management)



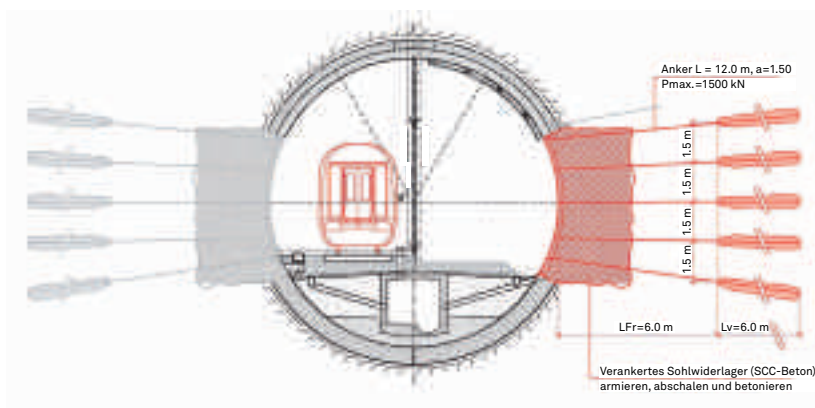
02 Tunnelquerschnitt (Profiltyp I für «quellfähiges Gestein»)



03 Tunnelgewölbe in der Schadenzone: Rissbild der Innenschale im Scheitelbereich und Lage der Stahlsegmentbögen



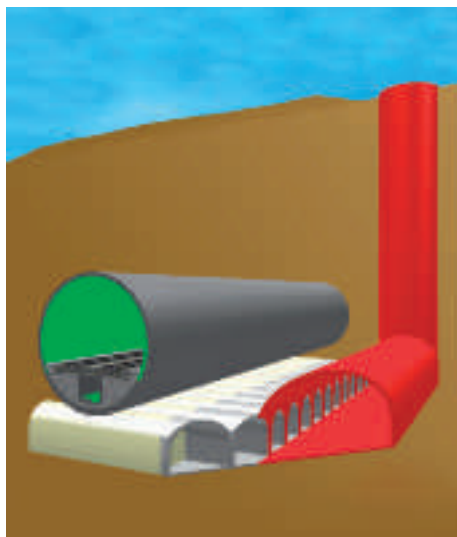
04 Geologisches Längenprofil im Bereich des Tagbruchs bzw. des instandzusetzenden Abschnitts



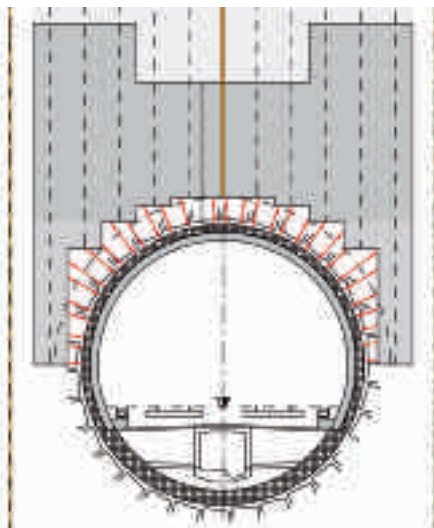
**05 Tunnelquerschnitt des Projekts «AQUILA» mit verankerten Sohlwiderlagern im Bereich der Ulmen**  
(1. Preis: Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Zürich)



**06 Tunnelquerschnitt des Projekts «EAGLE ONE» mit Entlastungsstollen und tangentialen Entlastungsbohrungen unter der Tunnelsohle**  
(2. Preis: IG Lombardi / Henauer Gugler, Luzern)



**07 Tunnelabschnitt des Projekts «MAULWURF» mit der aus 11 Querstollen bestehenden Knautschzone unter dem Tunnel; Längsstollen und Zugangsschacht** (3. Preis: IG AEGP, Regensdorf)



**08 Tunnelquerschnitt des Projekts «Condor» mit Verdichtungsinjektionen über der Kalotte**  
(IG GeoAdler, Bern)

fünf Bewerber zur Teilnahme am anonymen Projektwettbewerb zugelassen. Jede Wettbewerbsarbeit wird mit einem Betrag von 70000 Fr. entschädigt.

### «AQUILA»

Die Verfasser des Siegerprojekts, Basler & Hofmann AG, Zürich, wählen analog dem ganzen Adlertunnel eine reine Widerstandslösung, die möglichst wenig (und vor allem nicht unter dem Tunnel) ins Gebirge eingreift. Damit sollen der vorhandene Spannungszustand möglichst nicht verändert und keine zusätzlichen Quellungen verursacht werden. Beidseits des Tunnels werden das bestehende Innengewölbe und die Tübbinge im Bereich der Ulmen abgebrochen und durch

einen massiven bewehrten Betonriegel ersetzt (als verankertes Sohlwiderlager VSW oder Paramentbalken bezeichnet, Bild 5). Die Riegel sind durch eine grosse Anzahl horizontaler vorgespannter Felsanker rückverankert. Damit wird der Quelldruck aus der Tunnelsohle über die Sohlwiderlager in den anstehenden Fels abgetragen. Das Scheitelgewölbe, dessen gerissene Innenschale ersetzt wird, stützt sich auf die VSW ab und wird nur noch von einem «Auflockerungsdruck» beansprucht. Das Tragwerkskonzept sieht eine Entkoppelung von Sohl- und Scheitelgewölbe und eine Stabilisierung des Tunnelgewölbes durch die Paramentbalken vor. Die statisch klare und solide Lösung mit sauberer Krafteinleitung mobilisiert einen

genügenden Widerstand gegen Hebung der gesamten Tunnelröhre. Die Chancen, den Schadenfall mit dieser Einmal-Sanierungsmassnahme definitiv beheben zu können, werden vom Preisgericht als hoch erachtet. Vorteilhaft wird auch beurteilt, dass für die Ausführung bewährte Baumethoden und erprobte Bautechniken angewendet werden.

### «EAGLE ONE»

Mit der Erstellung eines Hohlraums unter dem Tunnel streben die Verfasser des zweitplatzierten Projekts, die IG Lombardi / Henauer Gugler, Luzern, eine Entlastung des Gewölbes an. Damit wird der Quelldruck unter den Sohlübbingen reduziert, und die Quellhebungen werden abgefangen. Der Hohlraum besteht aus einem direkt unter dem Tunnel erstellten Entlastungsstollen sowie tangential unter dem Sohlgewölbe verlaufenden Kern- oder Entlastungsbohrungen (Bild 6). Der Fels neben dem Stollen und die Sohlübbinge werden so verstärkt, dass der Tunnel seitlich neben dem Entlastungsstollen aufgelagert werden kann. Die Stollenwände sind mit bewehrtem Spritzbeton und vorgespannten Freispielankern mit deformierbaren Ankerköpfen (Knautschmaterial) gesichert. Die Sohle des Stollens bleibt offen. Wände und Sohle des Stollens sind nachgiebig konzipiert und müssen von Zeit zu Zeit nachgearbeitet werden. Diese Folgemassnahmen sind Teil des Konzepts. Die Projektidee besteht darin, mit einem kleinen und kostengünstigen bautechnischen Eingriff einen quelldruckfreien Sohlbereich zu schaffen. Als vorteilhaft wird auch erachtet, dass die Baumassnahme jederzeit ohne Beeinträchtigung des Bahnbetriebs nachgebessert und erweitert werden kann.



### «MAULWURF»

Beim drittplatzierten Projekt der IG AEGP, Regensdorf, soll unter dem Tunnel eine mächtige, mit hochdeformierbaren Leichtbetonblöcken gefüllte Knautschzone eingebaut werden, um weitere Hebungen in der Schadenzone zu verhindern.

Die Knautschzone mit einer Grundrissfläche von 43×14 m besteht aus elf direkt unter dem Tunnel aufgefahrenen Querstollen (Bild 7). Diese werden unten mit Knautschmaterial (ca. 3 m) und darüber mit Spritzbeton gefüllt («Lastverteilungsplatte»). Die Kraftschlüssigkeit zur Tunnelröhre wird mit im Zwischenhorizont eingebauten Injektionskissen erreicht. Die Knautschzone wird mit einem Stollensystem, das nach Bauschluss vollständig verfüllt wird, komplett von der Erdoberfläche aus erstellt.

### «CONDOR»

Die Projektidee wird als grosszügige und technisch funktionsfähige Lösung beurteilt, die aber auch einen grossen Eingriff in den Fels und den Wasserhaushalt im umliegenden Gebirge darstellt. Das vorgesehene Knautschmaterial muss noch fertig entwickelt und geprüft werden, wobei insbesondere sein Langzeitverhalten gegenüber dem aggressiven Bergwasser nicht bekannt ist. Die Verfasser des Projekts «Condor», die IG GeoAdler, Bern, sehen die Hauptursache für die heutigen Schäden in einer schlechten Scheitelbettung der Tunnelröhre. Diese wird durch eine grossräumige Bodenverbesserung mit Verdichtungsinjektionen und Jet-

Grouting behoben, die von der Oberfläche aus vorgenommen werden sollen (Bild 8).

Aufgrund der geringen Tieflage der Tunnelröhre wird von begrenzten Quelldrücken ausgegangen, sodass nur beschränkte Verstärkungsmassnahmen an der Innenschale vorgesehen sind. Es werden Kohlenstofflamellen als Zugbewehrung aufgeklebt und mit einer Spritzbeton-Dünnschale geschützt.

Die Erfolgchancen der Verbesserung eines bereits durch Ereignisse und Massnahmen vorbelasteten Bodens werden als ungewiss und mit Nebenauswirkungen behaftet beurteilt. Auch bezüglich des Sanierungskonzepts für die Innenschale brachte das Preisgericht Vorbehalte an.

### «VARIANTE 1»

Eine radikale Lösung wird von Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Olten, in ihrem Projekt vorgeschlagen: Mit zwei Trennfugen (Radialschnitten) wird das am stärksten beschädigte Teilstück der Tunnelröhre vom Rest des Tunnels abgetrennt (Bild 9). Dieses Teilstück soll in Zukunft weiteren Quellhebungen möglichst ungehindert folgen, wobei unterschiedliche Hebungen im Oberbau durch periodisches Tieferlegen der Gleise zu kompensieren sind. Dazu ist durch Herabsetzen des Entwässerungskanals ein ausreichender Spielraum im Schotter unter dem Gleiskörper zu schaffen.

Durch einen kleinen bautechnischen Eingriff wird das am stärksten beanspruchte Teilstück vom übrigen Tunnel entkoppelt. Das Verhalten des herausgetrennten Teilstücks

kann während der weiteren Nutzung problematisch sein (Kippen, Verdrehen, Anheben) und zu einer Verschiebung der Fahrbahn führen, sodass der Gleiskörper in kurzen Abständen nachgerichtet werden muss. Auch bezüglich Ringfugenabdichtung und Entwässerung des abgetrennten Abschnitts bestehen Vorbehalte des Preisgerichts.

Das Preisgericht würdigt abschliessend das grosse Engagement aller Wettbewerbsteilnehmer. Die Vielfalt an einfallsreichen und zum Teil unkonventionellen Lösungen hat den ein hohes Niveau aufweisenden Wettbewerb stark bereichert.

Aldo Rota, [rota@tec21.ch](mailto:rota@tec21.ch)

### PREISE

1. Rang / 1. Preis (40 000 Fr.): Empfehlung zur Auftragserteilung für Projektierung und Bauleitung: Projekt «AQUILA»; Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Zürich
2. Rang / 2. Preis (20 000 Fr.): Projekt «EAGLE ONE»; IG Lombardi/Henauer Gugler, Luzern: Lombardi AG, Beratende Ingenieure, Luzern; Henauer Gugler AG, Ingenieure und Planer, Zürich
3. Rang / 3. Preis (10 000 Fr.): Projekt «MAULWURF»; IG AEGP, Regensdorf: Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt; Gähler+Partner AG, Integrierte Bauplanung, Ennetbaden
4. Rang / 4. Preis (5 000 Fr.): Projekt «Condor»; IG GeoAdler, Bern: B+S Ingenieure AG, Bern; Müller+Hereth GmbH, Freilassing (D)
5. Rang / 5. Preis (5 000 Fr.): Projekt «Variante 1»; Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Olten

### PREISGERICHT

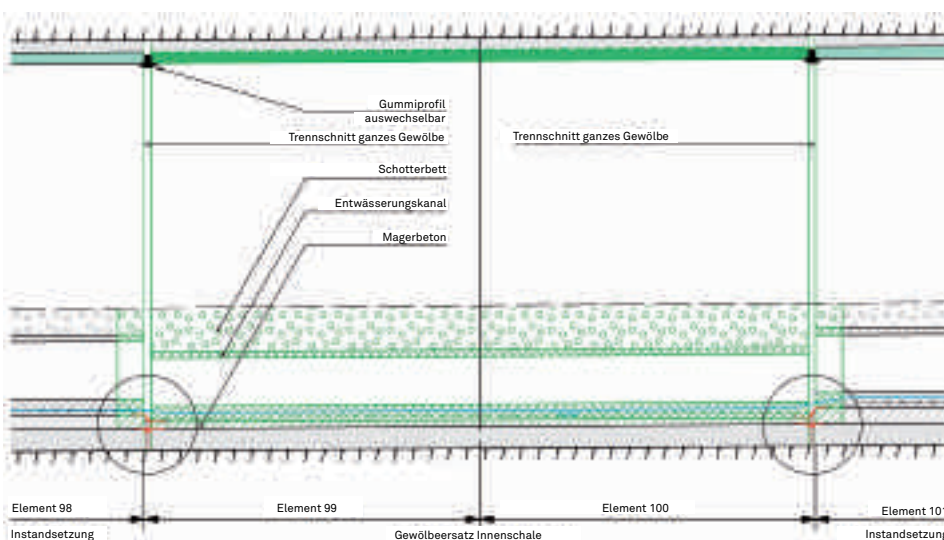
Fachpreisrichter mit Stimmrecht: Prof. Dr. Georg Anagnostou, Institut für Geotechnik, ETH Zürich; Prof. Dr. Edwin Fecker, Prof. Fecker und Partner GmbH, Ettlingen; Willy Ritz, Bauingenieur, Kastanienbaum Luzern; Daniel Wyder, Bauingenieur, SBB Anlagenmanagement, Bern; Jan Dirk Chabot, Bauingenieur, SBB Produkte und Systeme, Bern  
Sachpreisrichter mit Stimmrecht: Peter Jedelhauser, SBB Projekt Management, Bern (Jurypräsident); Reto von Salis, SBB Projekt Management, Olten

Ersatzpreisrichter: Erwin Beusch, Bauingenieur, Ennetbaden; Werner Dähler, SBB Projekt Management, Olten

Sachverständige ohne Stimmrecht: Markus Sägesser, SBB Projekt Management, Olten (Projektleiter); René Gassmann, SBB Rechtsdienst, Zürich

Vorprüfung: F. Preisig AG, Glattbrugg/Baden/Wettingen; SBB AG, Infrastruktur

Wettbewerbssekretariat: F. Preisig AG, Bauingenieure und Planer, Glattbrugg/Baden/Wettingen; Werner Galli, Bauingenieur, Glattbrugg; Dr. Martin Gysel, Bauingenieur, Baden; Kurt Allenbach, Bauingenieur, Wettingen; Marco Galli, Bauingenieur, Glattbrugg



09 Tunnellängsschnitt/Prinzipiskizze mit den Hauptelementen (Trennfugen, Ringfugendichtungen) des Projekts «Variante 1» (Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Olten)