

# Der Tunnel Vomp-Terfens – Von der Variantenstudie bis zur Bauausführung

Von Manfred Köhler, Stefan Eder, Marcus Scholz und Gerhard Poscher

**D**as Tiroler Unterinntal ist infolge der Vereinigung des innerösterreichischen Ost-West-Verkehrs mit dem alpenquerenden Transit zwischen Italien und den nördlichen EU-Staaten eine der Hauptverkehrsachsen Europas. Ein Resultat dieser Überlagerung von Verkehrsströmen ist, dass sich die Bestandsstrecke bereits heute an der Auslastungsgrenze befindet. In einem ersten Schritt wird daher in diesem kritischen Bereich zwischen dem Raum Wörgl (Kundl) und dem Raum Innsbruck (Baumkirchen) die Kapazität der Eisenbahn durch die Neuerrichtung eines rund 42 km langen Streckenabschnitts erweitert. Diese Strecke soll in weiterer Folge als so genannte Zulaufstrecke Nord zum geplanten Brenner-Basistunnel dienen.

Das Unterinntal stellt durch die hohe Bebauungsdichte des Talbodens (Wohn- und Gewerbeanlagen, Inntalautobahn, Bestandsstrecke), durch partiell instabile Talflanken und aufgrund der intensiven wasserwirtschaftlichen Nutzung des Projektraums (3) ein hochsensibles Projektumfeld dar. Die Trasse wird daher unter Beachtung dieser Randbedingungen zu etwa 85 % unterirdisch als Unterflurstrecke in der Talflur und in Tunnel- und Galeriebauwerken in den Talflanken geführt.

Die Projektentwicklung erfolgte seit 1992 in mehreren Phasen:

- ⇨ Machbarkeitsstudie mit der Untersuchung verschiedener Trassenvarianten im Wetterstein- und Karwendelgebirge,
- ⇨ UVE (Umweltverträglichkeitserklärung) – Planung 1995 bis 1997 zur Beurteilung der Auswirkungen auf die Umwelt, vor allem hinsichtlich der Schutzgüter Boden und Wasser,
- ⇨ Die Phase der Genehmigungsplanung wurde mit der Erlassung der Eisenbahnrechtlichen Genehmigung abgeschlossen,
- ⇨ Ausschreibungsplanung – Diese letzte Planungsphase vor Baubeginn ist für die Hälfte der Strecke (für insgesamt fünf Hauptbaulose) bereits abgeschlossen; die übrigen Hauptbaulose werden bis zum Jahr 2006 ausgeschrieben,
- ⇨ Errichtung – Drei Hauptbaulose befinden sich in Bau (Lose H5 – Tunnel Vomp-Terfens, Los H6 – Galerie Terfens, Los H2-1 – Tunnel Radfeld-Brixlegg), eines (Los H7) steht knapp vor der Vergabe, eines befindet sich in der Angebotsphase (Los H4-3).

Der Tunnel Vomp-Terfens (Bild 1) wurde im Oktober 2003 angeschlagen und stellt das erste in Ausführung stehende Hauptbaulos der Unterinntaltrasse dar. Der Tunnel wird von zwei Angriffspunkten – Terfens und Zwischenangriff Schottergrube der Firma Derfesser – in bergmännischer Bauweise hergestellt. Die Vortriebe lassen sich wie folgt kurz beschreiben:

- ⇨ Vortrieb Terfens: Lockermaterialvortrieb in quartären Sedimenten – Moränen, Vorterrassenschottern, lokal Sedimente der Hauptterrasse,
- ⇨ Vortrieb Derfesser West: Lockermaterialvortrieb im Quartär – wechselnd stark verkittete

## Tunnel Vomp-Terfens – From Investigations of Alternatives to Construction Phase

*The Vomp-Terfens Tunnel of the Brenner Eisenbahn Gesellschaft, which was started in October 2003, is the first construction lot of the new railway line through the Tyrolean Inn valley. With a total length of 7.7 km, it is the longest NATM tunnel of this infrastructure project. The three drives are cutting through different soft and hard rock zones, covering a wide range from alluvial fans, over-consolidated quaternary sediments to dolomites and limestones in the hard rock section. This construction lot is of great interest not only for its heterogeneous and locally very difficult geotechnical conditions, but also for its reconnaissance methods and the variety of alternatives, which had to be investigated during the environmental impact study. After one and a half years of construction, experiences and results can be presented against the back-*

*ground of a series of geological models of previous design stages.*

Der Tunnel Vomp-Terfens ist das erste Hauptbaulos der neuen Unterinntaltrasse und wurde im Jahr 2003 begonnen. Der Tunnel umfasst bei 7,7 km Länge drei Vortriebsabschnitte im Fest- und Lockergestein. Dieses Baulos ist aufgrund der umfassenden Erkundung mit Variantenuntersuchungen und Erkundungsstollen und der komplexen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse – verschuppte, karbonatische Festgesteine, verschiedene quartäre Terrassensedimente und gespanntes Wasser in mehreren Grundwasserstockwerken – von besonderer Bedeutung für die gesamte Neubaulose. Nach nun eineinhalbjähriger Bauzeit können die geologischen Erfahrungen des Vortriebs in verschiedenen quartären Lockergesteinen hinsichtlich Wasserführung und Geotechnik sowie die Verhältnisse im Festgestein im Licht der bewegten Erkundungsgeschichte bewertet werden.

Deltaschotter und überwiegend Vorterrassenschotter oberhalb des Grundwasserspiegels,

- ◇ Vortrieb Derfeser Ost: etwa 600 m Lockermaterialvortrieb im Quartär – überkonsolidierte, wechselnd verkittete Deltaschotter; in weiterer Folge 3,5 km Felsvortrieb in einer Schuppenzone am Südrand der Nördlichen Kalkalpen im Festgesteinssockel des Vomper Bergs.

### Geologische Verhältnisse im Tunnel Vomp-Terfens

Das Unterinntal wird im zentralen Projektgebiet beiderseits von aus Karbonaten aufgebauten Gebirgszügen eingerahmt. Es handelt sich im Norden um die Gleirsch-Halltaler Kette des Karwendels, im Süden um eine den kristallinen Zentralalpen vorgelagerte Kette (Schwazer Trias).

Die Anlage des Inntals folgte entlang einer der großen Scherzonen der Ostalpen. Damit verbunden sind oftmals subparallel zur Bauwerksachse streichende tektonische Strukturen und Störungszonen. Stratigraphisch werden beide Ketten von Gesteinen der Trias aufgebaut, wobei die Schichtabfolge von den Reichenhaller Schichten bis zum Hauptdolomit reicht. Entlang dem Bauwerk stehen vorwiegend Gesteine der Wettersteinfazies, der Raibler Formation und der Hauptdolomitformation an.

Von projektstrategischer Bedeutung im Festgestein sind die hydrogeologischen Verhältnisse. Der verkarstete Wettersteinkalk, der in der muldenförmig aufgebauten Inntaldecke im Norden des Projektgebiets dominiert, bildet einen Aquifer von überregionaler Bedeutung. Die Erkundung der Bergwasserverhältnisse und die wasserwirtschaftliche Beweissicherung stellen damit einen wesentlichen Erkundungsansatz in den Projektphasen von den Variantenstudien bis zur Genehmigungsplanung (Wasserrechtsverfahren) dar.

Die zweite geologische Einheit, welche die geotechnischen Verhältnisse des Tunnels Vomp-Terfens dominiert, sind die quartären Sedimente der das Inntal begleitenden Mittelgebirgsterrassen, deren Oberfläche ehemalige, flache Sanderbenen etwa 200 bis 250 m über dem heutigen Vorfluterniveau des Inn darstellen. Nach bislang gültiger Lehrmeinung stellt diese Mittelgebirgsterrasse, die als „Gnadenwaldterrasse“ Einzug in die Fachliteratur gefunden hat, eine Vorstoßserie des Mittel-Hochwürms mit einer deltaisch-fluviatilen Hangendserie über einer lakustrinen Liegendabfolge dar, die von der würmzeitlichen Grundmoräne plombiert und glazial beziehungsweise nachglazial reliefiert wurde (Setzungen, Hanginstabilitäten).

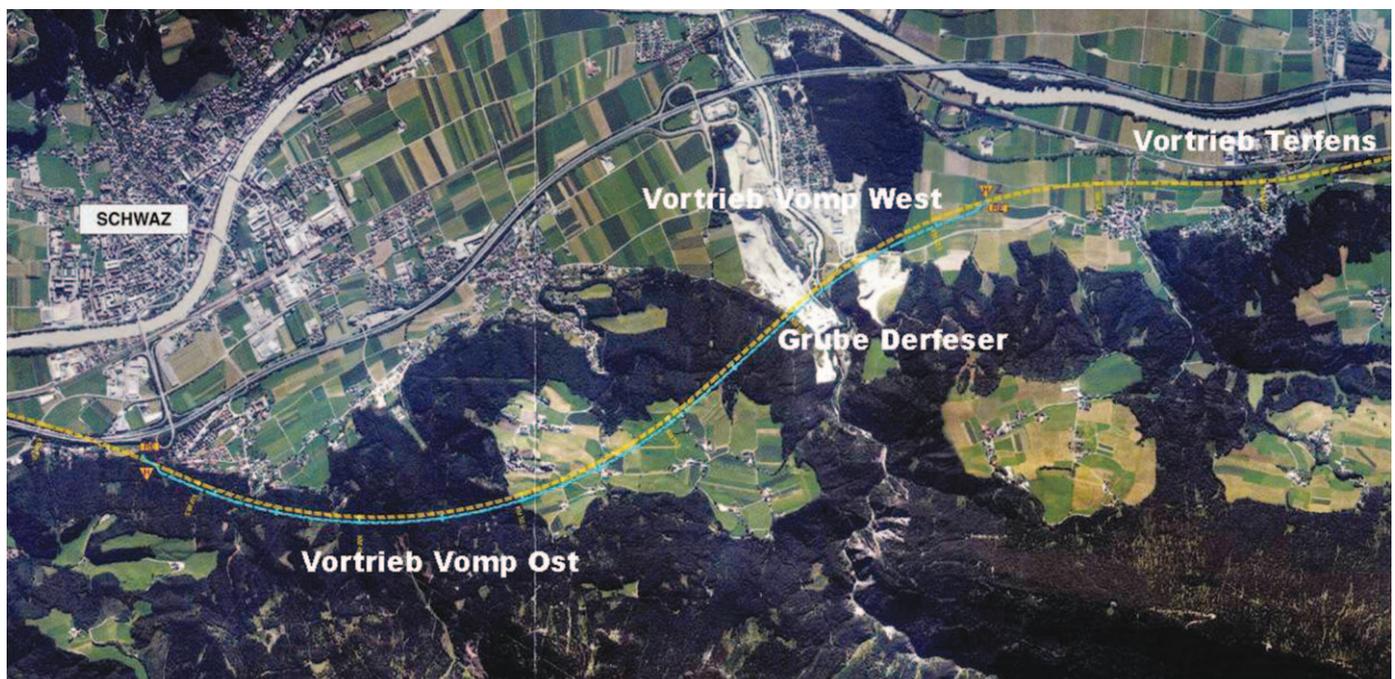
Im Detail ist der Internbau durch bis zu 150 m mächtige Sedimente pleistozäner Deltas gekennzeichnet, die sich an den Seitentalmündungen aus basalen Schwemmfächersedimenten entwickeln und im Sedimentationsbecken des Inntals mit lakustrinen Sedimenten verzahnen. Feinklastische Sedimente sind auf Abschnitte zwischen den mächtigen Deltakörpern beschränkt. Aus sedimentologischer Sicht sind folgende Einheiten zu unterscheiden:

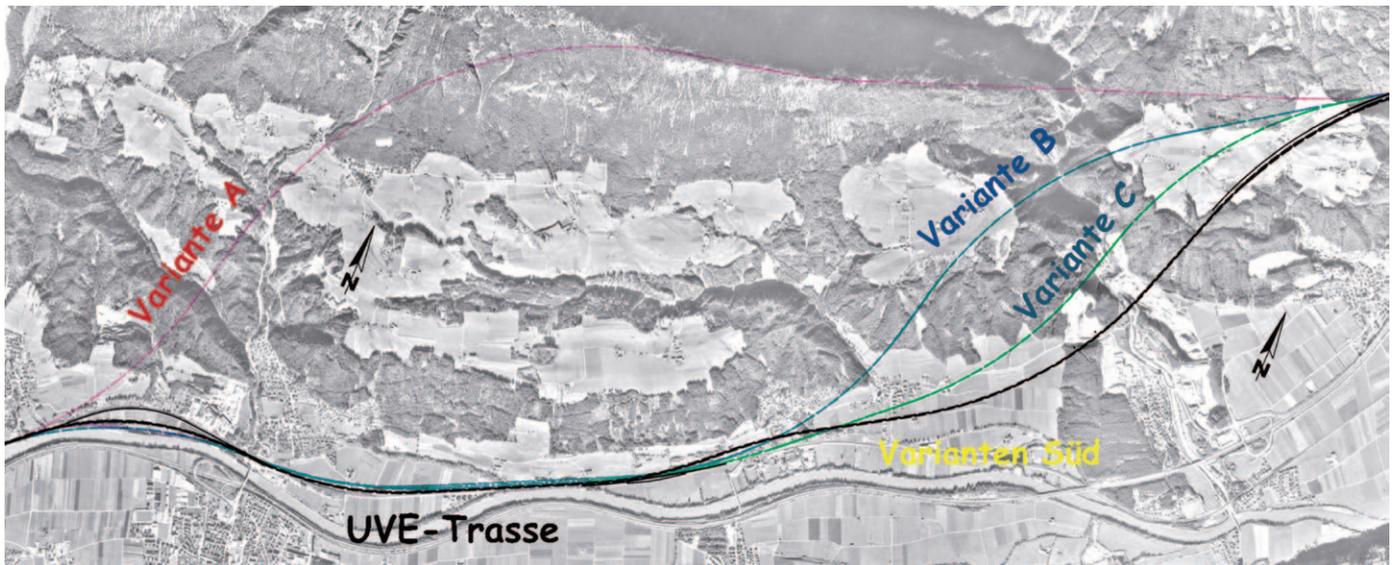
- ◇ „bottom-set“ – Grobschluffe und Feinsande,
- ◇ „fore-set“ – sandige Kiese mit schluffigen Einschaltungen, Einfallen mit bis zu 40° Neigung des progradierenden Deltas und
- ◇ „top-sets“ – grobkörnige Kiese, Terrassenschottern als hangendste Einheit.

Mit dem Eisabbau des Spätglazials wurden die Terrassensedimente teilweise instabil und vorerst eisrandnah, später im Zuge der postglazialen Akkumulations- und Erosionsphasen umgelagert. Diese als Vorterrassenschotter bezeichneten Sedimente verzahnen mit den Ablagerungen der die Terrassen nun durchschneidenden Bäche mit ihren Schwemmfächern und mit den holozänen Sedimenten des Inn.

**Bild 1** Lageplan Projektgebiet.

**Fig. 1** Overview map of the project area.





## Variantenuntersuchungen und Trassenwahl aus geologischer Sicht

### Ergebnisse der Machbarkeitsstudien

Zwischen Innsbruck und München wurden zur Durchörterung der nördlichen Kalkalpen zahlreiche Varianten untersucht. Für die Trassenwahl bestimmend waren die großen Trinkwasservorkommen der so genannten Inntaldecke, mit denen zum Beispiel Innsbruck und Hall versorgt werden. Um diese als Trinkwasserschongebiete ausgewiesenen Gebiete umgehen zu können, wurde ein Planungskorridor längs des Inntals gewählt. Diese Vorgehensweise bot außerdem die Möglichkeit, mittels eines stufenweisen Realisierungskonzepts den an der Auslastungsgrenze befindlichen Streckenabschnitt im Unterinntal vorgezogen zu errichten.

### Planungsphase UVE – Baugrundmodell der Gnadentalterrasse

Nach einer grundsätzlichen Klärung des Planungskorridors im Rahmen der Machbarkeitsstudien erfolgte eine differenzierte Ausarbeitung ingenieurgeologischer (5) und hydrogeologischer (2) Modelle zunächst für die UVE-Planungsphase 1995 bis 1997. Im Zuge dieser Arbeiten wurden für den Streckenabschnitt des Tunnels Vomp-Terfens im Trassenabschnitt der Gnadentalterrasse mehrere Varianten untersucht. Dabei galt es, die Nachteile hinsichtlich Baugrund und Wasserwirtschaft (Trinkwasserschongebiet) der von der Bevölkerung favorisierten nördlichen Varianten A und B gegenüber den durch höhere Siedlungsnähe gekennzeichneten Varianten C und Süd abzuwägen (Bild 2).

Auf Basis einer fundierten hydrogeologischen und stratigraphischen Detailkartierung und geophysikalischen Messungen unter Berücksichtigung quartärgeologischer Methoden wurde ein erstes Modell entworfen, das als zentralen Inhalt den fehlenden Felskern der Gnadentalterrasse beinhaltet. Dadurch erfordern die nördli-

chen Trassenvarianten über Streckenlängen von mindestens 1 500 m eine Querung des „bottomsets“ der Gnadentalterrasse.

Dieses in Bild 3 dargestellte geologische Modell des Terrassenkörpers wurde mittels eines zusätzlichen Erkundungs- und Versuchsprogramms verifiziert und führte letztendlich zu einer baugologisch-hydrogeologisch begründeten Trassenwahl durch den Nachweis des fehlenden Felskerns und

**Bild 2** Trassenvarianten im Raum Terfens.

**Fig. 2** Alignment corridors in the Terfens area.

**baugrund**  
+  
**wasser**



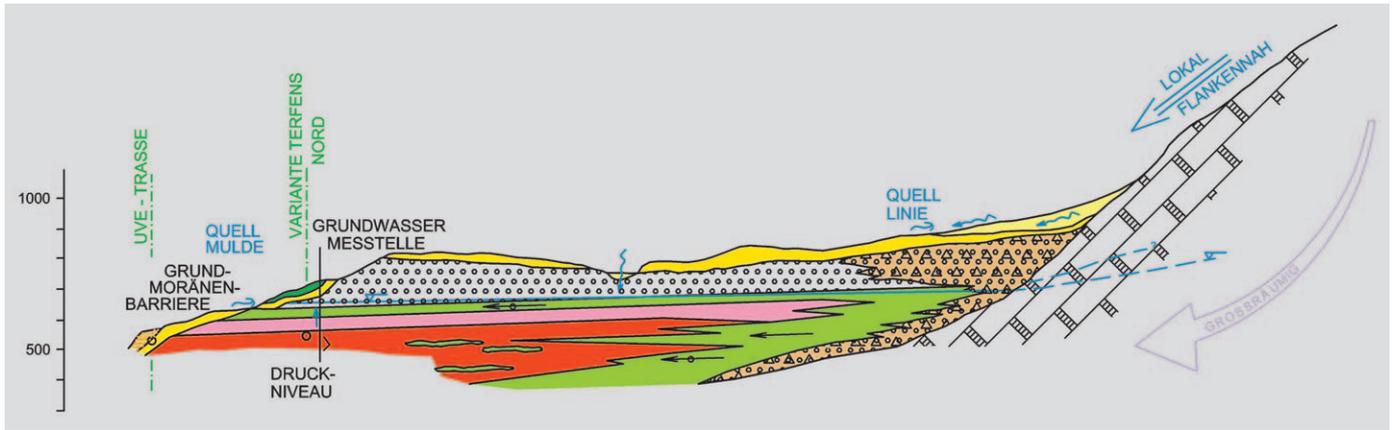
**planung**  
**beratung**  
**kommunikation**  
**behördenverfahren**  
**risiko - management**



**ziviltechnikerbüro für geologie**  
**ing.dr. gerhard poscher**

**salvatorgasse 2**  
**a-6060 hall in tirol**

tel +43 5223/52105-0  
fax +43 5223/52105-4  
gerhard.poscher@geo-zt.at



**Bild 3** Geologisches Modell der Gnadentalterrasse im Profilschnitt.

**Fig. 3** Geologic model of the Gnadental plateau.

durch den Nachweis hydraulischer Wegigkeiten in Sandlagen und damit prognostizierten Wasserdrücken von bis zu 10 bar. Ein weiteres wesentliches Argument war die Erkundung zweier getrennter Grundwasserhorizonte, wobei die Erfassung der Aquifereigenschaften der Bänderschluße

durch den Konnex zwischengeschalteter Sandlagen mit einer Beaufschlagung von den Bergwässern aus den verkarsteten Karbonaten des Karwendels entscheidend war (1). Es wurde daher die talnahe Trasse gewählt, bei der diese wasserführenden Feinkornablagerungen nur auf einer Länge von etwa 100 m zu durchhörtern waren. Obwohl hier die Wasserdrücke auf 2 bar reduziert blieben, traten große technische Schwierigkeiten bei der Beherrschung dieser Schwimmsandablagerungen auf. Eine weiter im Berginneren gelegene Trassenführung gemäß Variante A oder B wäre daher an die Grenze der Durchführbarkeit gestoßen.



**Bild 4** Vortrieb Vomp Ost, Kalotte bei TM 17. Verkittete, geschichtete Deltaschotter.

**Fig. 4** Drivage Vomp East: Top heading at chainage 17 m, cemented, well bedded gravel of delta deposits.



**Bild 5** Vortrieb Vomp Ost, Kalotte bei TM 2 847,2. Hauptdolomit. Bogenfreier Ausbau des dreigleisigen Querschnitts bei Abschlagslängen bis zu 2,2 m.

**Fig. 5** Drivage Vomp East: Topheading at chainage 2 847.2 m. Dolomites of Hauptdolomit formation. Support without grid-arches, round length up to 2,2 m.

### Prognosemodell – Bodenerkundung und Erkundungsstollen

Zwei übergeordnete Aspekte standen bei der Genehmigungs- und Ausschreibungsplanung des Tunnels Vomp-Terfens im Vordergrund:

- ◊ Einerseits die hydrogeologischen Verhältnisse in der Festgesteinsstrecke und der Nachweis, dass abdichtende Gesteine (Störungen) einen hydraulischen Konnex zum Bergwasserkörper des Karwendels („Grundwasserschongebiet Inntaldecke-Karwendel“) verhindern,
- ◊ Andererseits die geotechnischen Verhältnisse innerhalb der quartären Lockergesteinsstrecke – Verteilung von bottom-set, fore-set und top set –, der Ablagerungen sowie der überlagernden Grundmoräne und der Vorterrassenschotter (Erosionsrelief der Grundmoräne).

Fragen zur Wahl der Vortriebsmethode (Sondermaßnahmen, Entwässerungsmaßnahmen) hinsichtlich der Ausschreibungssicherheit, eine Abklärung der hydrogeologischen Verhältnisse und baugewissliche Vorteile sprachen im Abschnitt Vomp-Terfens für die vorgezogene Errichtung eines Erkundungsstollens, der im Betriebszustand in das Rettungs- und Servicekonzept integriert werden konnte (Parallelstollen mit 30 m Achsabstand zum Haupttunnel).

Die Ausschreibung der Vortriebsarbeiten für die Erkundungsstollen erfolgte im Wesentlichen auf Grundlage des Baugrundmodells der UVE-Phase. In Einzelabschnitten wurden 1998 vorab ergänzende Bohrungen durchgeführt. Die Bauarbeiten der Erkundungsstollen Vomp Ost und

West und dauerten von Januar 1999 bis Dezember 2002 (insgesamt 4,3 km Vortrieb).

Der Vortrieb Ost, situiert in verkitteten Schottern des proximalen Deltas, erwies sich trotz Wasserzutritten von bis zu 10 l/s an der Ortsbrust als technisch beherrschbar. Der Westvortrieb unterfuhr in diesen Sedimenten den Vomper Bach bei geringen Wasserzutritten ohne größere Probleme.

Erst bei Erreichen der faziellen Einheiten des distalen Deltas durch den Ostvortrieb mit Sanden und fächerartig in die Kiese eingelagerten schluffigen Sedimenten und lokal gespanntem Grundwasser führten fortwährende Ortsbrustinstabilitäten zu zeitweise kritischen Vortriebszuständen. Beim Durchbrechen von relativ stauenden Schichten der Verzahnungsbereiche erfolgten Wassereinbrüche mit einem Druckniveau von 3 bis 5 bar, lokal mit progressiven Erosionsprozessen. Eine Absenkung des Grundwasserspiegels und Reduktion des Druckniveaus durch Vorausdrainage erwies sich als die einzige Möglichkeit, den Vortrieb weiterzuführen. Dies wurde durch eine Kombination von Entwässerungs- und Rohrschirmen erreicht.

Im Festgestein waren während des gesamten Vortriebsverlaufs keine größeren Schwierigkeiten zu verzeichnen. Sowohl Gebirgsverhältnisse als auch Wasserandrang zeigten sich günstiger als erwartet. Stärkere Nachbrüchigkeit war lediglich in den östlichsten tektonisch gestörten Abfolgen des Hauptdolomits zu verzeichnen (Bereich des östlichen Gegenvortriebs des Erkundungsstollens Fiecht).

Die Ergebnisse der Vortriebe der Erkundungsstollen, die intensiv ingenieurgeologisch-hydrogeologisch betreut wurden, flossen direkt sowohl in die Genehmigungsplanung als auch in die geomechanische Planung des Haupttunnels ein. Zur Definition der Gebirgsarten und zur Ableitung der Gebirgsparameter, insbesondere der Steifigkeiten, wurden in den Erkundungsstollen In-situ-Versuche, Lastplatten- und Dilatometerversuche durchgeführt (4).

### **Erfahrungen aus der bisherigen Ausführung des Haupttunnels**

Aus dem Vortrieb des Haupttunnels werden in weiterer Folge Beispiele aus allen laufenden Vortrieben gezeigt.

#### **Vortrieb Vomp Ost**

Im Vortrieb Vomp Ost erwiesen sich die Vortriebsverhältnisse sowohl im Lockergestein als auch im Festgestein entsprechend der Prognose als günstig. In den verkitteten Deltasedimenten konnten unter Ausnutzung der sehr guten Drainagewirkung des Erkundungsstollens bei abgesenktem Bergwasserspiegel hervorragende Vortriebsleistungen erzielt werden. Das Gebirge war infolge der Vorausentwässerung über den Rettungsstollen erdfeucht und selten feucht. Es waren nur we-

nige tropfende oder schwach rinnende (< 0,05 l/s) Wasserzutritte zu verzeichnen gewesen. Die aus dem Vortrieb des Erkundungsstollens bekannten Schwierigkeiten mit druckhaftem Wasser und Materialausträgen traten beim Vortrieb des Haupttunnels nicht mehr auf. Die auf weiten Strecken gut verkitteten Deltasedimente des Vomper Bachs ließen sich im Kalottenquerschnitt vollflächig bei Abschlagslängen bis 1,2 m problemlos mit der Baggeranbaufräse lösen (Bild 4).

Auch im Festgestein, wo bislang rund 2,3 km aufgefahren wurden, zeigten sich die Verhältnisse günstig, insbesondere die Bergwasserzutritte waren geringer als erwartet, da der bergseitig liegende Erkundungsstollen als vollkommene Drainage wirkte. Der Hauptvortrieb hat bisher lediglich Bergwasserzutritte ergänzend zu den Wasserzutritten des Erkundungsstollens von 2 bis 3 l/s erschrotet. Der Großteil der aufgefahrenen Strecke konnte im dreigleisigen Kalottenquerschnitt bogenfrei unter Anwendung von Stahlfaserspritzbeton bei Abschlagslängen von 2 bis 2,2 m aufgefahren werden (Bild 5).

#### **Vortrieb Vomp West**

Auch im Westvortrieb von der Grube Derfesser (Vomp West) zeigten sich bis zum Erreichen der Vorterrassenschotter etwa bei TM 750 günstige



**BRENNER EISENBAHN GMBH**

**WIR BAUEN**

**DIE NEUE UNTERINNTALBAHN**

**IM RAHMEN**

**DER TRANSEUROPÄISCHEN NETZE (TEN)**

**MIT TECHNISCH-INNOVATIVEN**

**TUNNELBAUWERKEN FÜR DIE ZUKUNFT**

Brenner Eisenbahn GmbH, Neuhauserstraße 7, 6020 Innsbruck, Austria  
Tel.: +43 (0)512 / 5309, Fax: +43 (0)512 / 57 68 87,  
E-Mail: kom@beg.co.at, www.beg.co.at



**Bild 6** Vortrieb H5W, Kalotte bei TM 1 025,6. Lagig aufgebaute Vorterrassenschotter. Voraussicherung mittels Rammspießen.

**Fig. 6** Drivage Vomp West: Topheading at chainage 1 025.6 m. Well bedded glacial gravel deposits. Fore polling.

Verhältnisse der verkitteten und überkonsolidierten quartären Deltasedimente. Der Haupttunnel unterfuhr den Vomper Bach analog zum Erkundungsstollen ebenfalls ohne größere Wasserzutritte.

Mit dem Erreichen der Vorterrassenschotter verschlechterten sich die Verhältnisse durch die fehlende Verkittung/Überkonsolidierung und Änderungen der Lithologie merklich. Die deutlich geschichteten, sandigen Kiese enthalten Sand-, Schluff- und Rollkieslagen und sind durch sehr heterogene Ablagerungsverhältnisse gekennzeichnet. Aufgrund der Lagerungsdichte, des günstigen Wassergehalts des Gebirges und der Korngrößenverteilungen war es zunächst auf weiter Strecke (von TM 750 bis TM 1 342) möglich, die Kalotte mit vorausseilender Sicherung durch 4-m-Spieße vorzutreiben. Die Kalotte wurde hierbei in vier bis zehn Teilflächen geöffnet. Bei TM 1 342 wurde, da sich das Gebirge

erneut verschlechterte (höherer Wassergehalt, höherer Anteil an Feinkorn im Schotter und zahlreiche dünne Schlufflagen), vorübergehend auf die Voraussicherung mittels Rohrschirms umgestellt. Die Setzungen an der Oberfläche erreichten in der Rohrschirmstrecke etwa 5 bis 6 cm (Bild 6).

**Vortrieb Terfens**

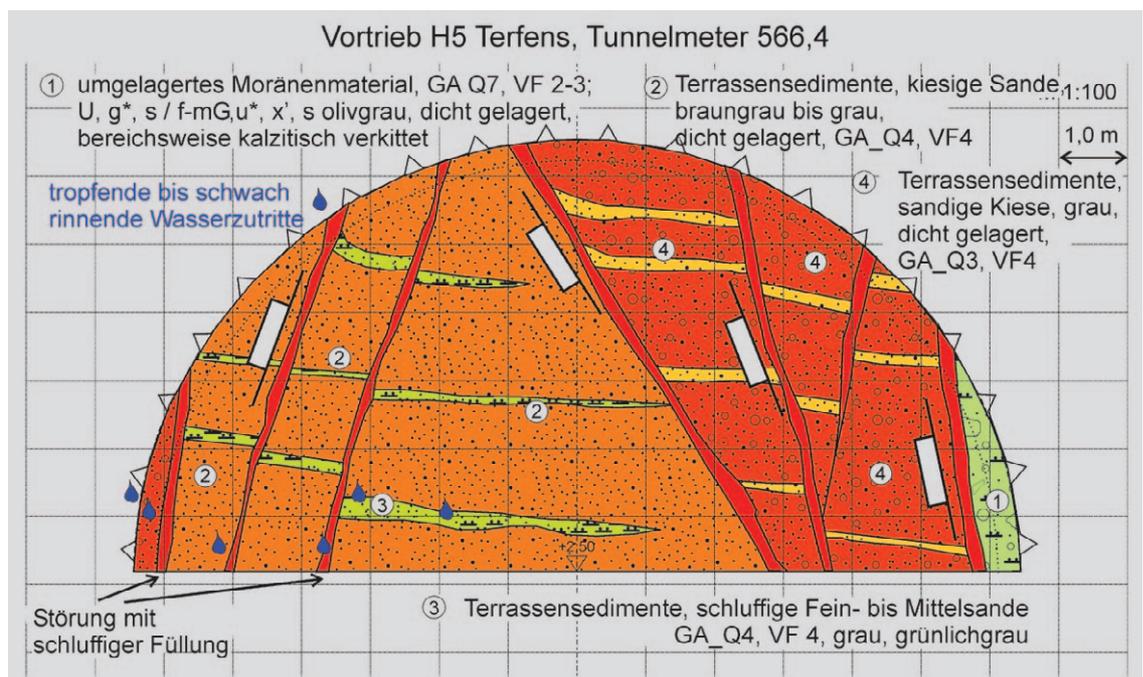
Im westlichsten Vortrieb Terfens, wo die Prognose alleine auf Kernbohrungen und der Oberflächenkartierung beruhte, zeigten sich jedoch Verhältnisse, die in dieser Form nicht erwartet werden konnten. Waren in der Planung vor allem das Erosionsrelief der Grundmoräne und der Sedimente der Hauptterrasse als Hauptprognoserisiken ausgewiesen, so erwiesen sich im Vortrieb zusätzlich steilstehende Störungen, die das gesamte quartäre Sedimentpaket durchsetzen, als eine wesentliche Vortriebserschweris.

Auf der im Vortrieb Terfens von Oktober 2003 bis Dezember 2004 aufgefahrenen Strecke bis TM 700 wurden Grundmoränenmaterial, umgelagertes Moränenmaterial, verschiedene Eisrandbildungen, Terrassenschotter und Sande sowie Schluffe der Terrasse als Basis der Sedimente angetroffen. Das Relief der Grundmoräne erwies sich im Vergleich zu dem bis Oktober 2002 hergestellten Voreinschnitt als sehr wechselhaft, und es zeigten sich sehr heterogene Verhältnisse in der umgelagerten Grundmoräne. Der kleinräumige Materialwechsel reichte von rolligen Kiesen, Sanden bis zu bindigem Moränenmaterial und verursachte ein sehr wechselhaftes Ausbruchsverhalten.

Aufgrund der hohen Lagerungsdichte, der Korngrößenverteilungen und des günstigen Wassergehalts des Gebirges war es auf der Vortriebsstrecke von TM 218 bis TM 464 möglich, die Kalotte mit vorausseilender Sicherung durch 4-m-

**Bild 7** Vortrieb H5T, Kalotte TM 566,4: Die Ortsbrustaufnahme zeigt schluffgefüllte Störungen in den Sanden der Terrasse.

**Fig. 7** Drivage Terfens: Topheading at chainage 566.4 m. Face mapping. Faults filled with silt in well bedded sands of the terrace sediments.



Spieße anstelle der geplanten Voraussicherung mittels Rohrschirms vorzutreiben.

Bemerkenswert war, dass die unterschiedlichen quartären Sedimente durch steil stehende, tonig/schluffig gefüllte Störungen durchtrennt waren. Diese Störungen verliefen schief und nahezu senkrecht zur Vortriebsrichtung (Bilder 7 und 8). Die Störungen wirkten als Wasserstauer und untergliederten den Aquifer in einzelne Becken, sodass eine weitreichende Wirkung der Dränagemaßnahmen vom Vortrieb aus nicht gegeben war. Aufgrund der Unterteilung des Aquifers in einzelne mehr oder minder abgeschlossene Kammern war im Abschnitt zwischen TM 580 und TM 640 die Voraussicherung vom Vortrieb aus derart erschwert, dass die Entwässerung der Sande der Terrasse nur mit einer Brunnengalerie, die von über Tage aus erstellt wurde, möglich war.

Die zusammenschauende Auswertung der geologischen Ortsbrustkartierungen ergab ein Störungsmuster, das für großräumige Setzungen spricht. Die vergleichende Bewertung der Vortriebsdokumentation mit den im Projektgebiet befindlichen Erkundungsbohrungen ermöglicht die Interpretation, dass es sich bei den im Vortrieb durchörterten Strukturen um Bereiche eines großräumigen Staffelbruchs handelt. Als Ursache für den Staffelbruch können vermutlich Setzungen innerhalb der Lockergesteinsfüllung des Inntals insbesondere innerhalb der Seesedimente gesehen werden.

## Schlussfolgerungen

Der Vortrieb des Tunnels Vomp-Terfens zeigt deutlich, welche unterschiedlichen geologischen Schwerpunkte im Lauf eines Projekts das Planungsgeschehen dominieren. Die grundlagenorientierte Bewertung mit schwerpunktmäßigen Kartierungen sowohl in den kalkalpinen Festgesteinsserien als auch in den quartären Terrassenablagerungen führte zu Baugrundmodellen und hydrogeologischen Modellen, die zu einer nachvollziehbaren Trassenentscheidung in den Planungsphasen, Machbarkeitsstudien und bei der Umweltverträglichkeitserklärung führten.

Das bisherige Baugeschehen des Haupttunnels hat auch in ingenieurgeologischer Hinsicht die Richtigkeit dieser Trassenentscheidung bestätigt. Die Schwierigkeiten des Vortriebs Terfens in den feinkörnigen Sedimenten der Terrassenbasis lassen den Schluss zu, dass ein bergmännischer Vortrieb in den nördlich situierten Trassenvarianten nicht beherrschbar gewesen wäre.

In positiver Hinsicht hat sich das Konzept eines vorgezogen errichteten Erkundungsstollens bestätigt, sowohl was die Kenntnisse des Gebirges im Sinn der Risikominimierung und der Ausschreibungssicherheit angeht als auch hinsichtlich baupraktischer Überlegungen, zum Beispiel Dränageverhalten und -maßnahmen sowie Baugestaltung.



Die Vortriebsdokumentation im Vortrieb Terfens hat gezeigt, dass sich die kleinräumigen Verhältnisse innerhalb glazio-fluvialer Serien mittels eines Aufschlusses basierend alleine auf Kernbohrungen kaum prognostizieren lassen. Dies gilt insbesondere für die Untergliederung der Lockergesteine in verschiedene schwer zu dränierende Kammern durch steilstehende Störungen. Gemäß derzeitigem Erkenntnisstand wird dies vermutlich als Folge von Setzungsphänomenen gedeutet. Die umfassende Dokumentation des Vortriebs hat daher wertvolle Erkenntnisse über den Internbau der Gnadentalterrasse geliefert, wodurch derartige Szenarien auch in anderen, vergleichbaren Faziesräumen berücksichtigt werden können.

**Bild 8** Vortrieb H5T, Kalotte, TM 598,4: Schluffgefüllte Störungen in den Sanden der Terrasse.

**Fig. 8** Drivage Terfens: Topheading at chainage 598.4 m. Face mapping. Faults filled with silt in well bedded sands of the terrace sediments.

## Quellennachweis

1. Eder, S. ; Poscher, G. ; Schwarz, L.: *Baugrundmodelle und hydrogeologische Modelle für Tunnelvortriebe in quartären Sedimenten am Beispiel der Eisenbahnachse Brenner*. 14. Tagung für Ingenieurgeologie, S. 77-83, Kiel, 2003.
2. Jungbauer, H. et al.: *Hydrogeologische Modelle – Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden in der Grundwasserwirtschaft*. gwf 140 (1999), Nr. 11, S. 781-786.
3. Poscher, G. ; Fisch, H.R. ; Mammel, R. ; Sedlacek, C.: *Konfliktfeld Untertagebau und alpine Wasserressourcen – Konsequenzen für Planung und Bauausführung*. Felsbau 21 (2002), Nr. 5, S. 101-111.
4. Schwarz, L. ; Eder, S. ; Hammer, H. ; Sedlacek C.: *Interpretationsmöglichkeiten bei Erkundungsstollen am Beispiel des Ausbaus der Unterinntaltrasse*. 4. Österreichischer Geotechniktag, S. 343-363, Wien, 2003.
5. SIA 199: *Erfassung des Gebirges im Untertagebau*. Schweizer Norm, Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich, 1998.

## Autoren

Dr. Manfred Köhler, Brenner Eisenbahngesellschaft, Neuhäuserstraße 7, A-6020 Innsbruck, Österreich, Mag. Stefan Eder, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH., Feldkreuzstraße 3, A-6063 Rum bei Innsbruck, Österreich, E-Mail stefan.eder@ibk.ilf.com, Dipl. Geol. Dr. Marcus Scholz, Team Baugeologie Vomp (Baugeologisches Büro Bauer – Jacobs GmbH), Baugeologisches Büro Bauer, Leopoldstraße 208, D-80804 München, Deutschland, E-Mail mail@baugeologie.de, Dr. Mag. Gerhard Poscher, Ingenieurkonsulent für Geologie, Salvatorgasse 2, A-6060 Hall in Tirol, Österreich, E-Mail: gerhard.poscher@geo-zt.at