Die Geologie des Adlertunnels

Autor(en): **Meyer, Martin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **6 (2001)**

Heft 2

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-222977

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bull. angew. Geol.	Vol. 6	Nr. 2	S. 199 – 208	Dezember 2001

Die Geologie des Adlertunnels

mit 4 Figuren

MARTIN MEYER *

Zusammenfassung

Der Adlertunnel bei Basel führt von der Rheintalebene in das Ergolztal und verbindet Muttenz mit Liestal. Die Geologie ist im ganzen Gebiet nur dürftig aufgeschlossen. In diesem Teil des Tafeljuras lieferte daher der Bau des Tunnels einen einzigartigen Einblick in den Aufbau der Horst- und Grabenstrukturen. Neue Erkenntnisse ergaben sich mit der Querung des Adlerhofgewölbes südlich Frenkendorf. Hier wurden im Tunnel südvergente Überschiebungen nachgewiesen.
Aus geotechnischer Sicht stellten sich beim Bau des Adlertunnels zwei nicht alltägliche Probleme. Einerseits musste das Anhydritquellen im Bereich des bergmännischen Tunnels berücksichtigt werden und andererseits waren in der Tagbaustrecke Nord Setzungen zu registrieren, die auf Subrosion des tiefliegenden Salzlagers zurückgeführt werden.

Résumé

Le Tunnel d'Adler près de Bâle mène de vallée rhénane à la vallée de l'Ergolz en connectant Muttenz à Liestal. Cette région ne connaît seulement peu d'affleurements géologiques naturels. Les recherches pratiquées lors de la construction du Tunnel offrent donc une image unique des structures «Horst et Graben» de cette région du Jura Tabulaire. Des chevauchements vers le sud, inconnues jusqu'à cette date, on pus être observés dans la partie sud du Tunnel.
Du point de vue géotechnique, la construction du Tunnel posait deux problèmes majeurs. Le premier était le gonflement de l'anhydrite dans la partie du Tunnel à abattage mécanique. Le deuxième problème se posait avec des subsidences dans la partie du Tunnel à construction ouverte. La cause de ces subsidences a pus être attribués à la subrosion de formations saline profondes.

1. Einleitung

Der Adlertunnel südöstlich von Basel ist ein Teil der Neubaustrecke Muttenz – Liestal, die im Rahmen des Konzeptes Bahn 2000 realisiert wurde (Fig. 1). Der Tunnel gliedert sich in drei Bauabschnitte, die aufgrund der geologischen Gegebenheiten hohe Anforderungen an die Projektierung stellten. Es handelt sich um die Tagbaustrecke Nord (841 m) den Bergmännischen Tunnel (4264 m) und die Tagbaustrecke Süd (223 m). Die Bauarbeiten dauerten von 1994–1999.

Die Ausführung der umfangreichen geologischen Vorarbeiten und die Begleitung des Tunnelbaus erfolgte durch das Geologisch-Paläontologische Institut der Universität Basel und die Firma Geotechnisches Institut AG in Basel. Bei diesen Arbeiten wurden in verschiedenen Sondierkampagnen zahlreiche Kernbohrungen

* Geotechnisches Institut AG, Hochstrasse 48, 4002 Basel

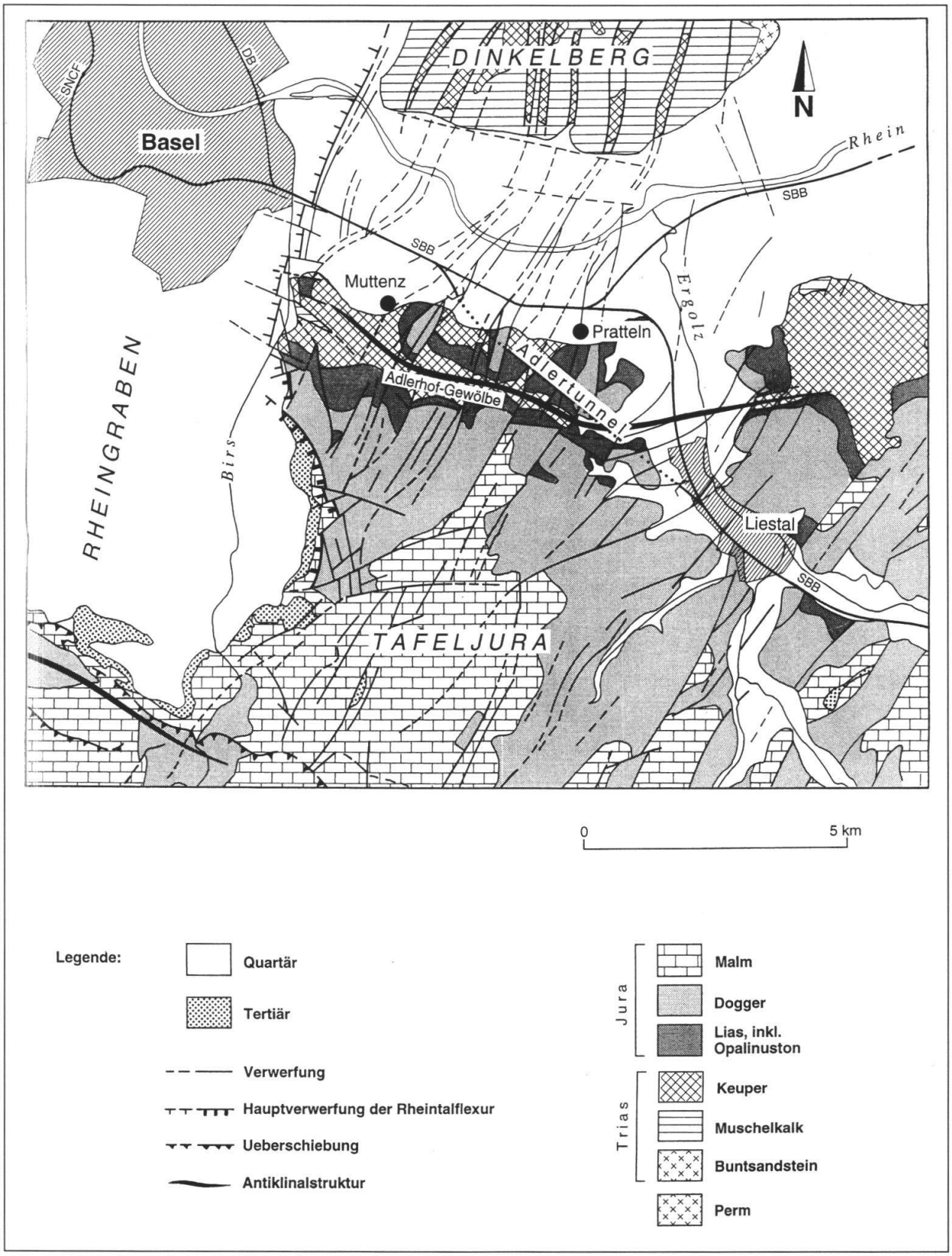


Fig. 1: Geologische Übersicht der Region Basel.

abgeteuft und ausgewertet. Die Tunnelprognose stützte sich vor allem auf diese Ergebnisse.

Der bergmännische Teil des Adlertunnels wurde mittels Tunnelbohrmaschine aufgefahren. Da diese Vortriebsmethode keine durchgehende direkte Beobachtung der Ortsbrust erlaubt, erfolgte eine geologische Interpretation des Bohrquerschnittes aus Detailaufnahmen im Bohrkopfbereich (Fig. 2). Beim Tunnelvortrieb sind rund 170 Querschnitte aufgenommen worden. Diese bilden die Basis für das geologische Befundprofil.

2. Geologische Übersicht

Der Adlertunnel führt vom Bahnhof Muttenz in Richtung SE aus dem Hochrheintal in das Ergolztal. Dabei wird der nördlichste Abschnitt des Tafeljuras durchquert, wo oberflächlich die Gesteine von Keuper bis Dogger vorherrschen (Fig. 1). Der ganze Schichtstapel über dem Grundgebirge weist meist flaches Südfallen auf und ist durch zahlreiche, etwa parallel zur Rheintal-Flexur verlaufende Keilgraben segmentiert. Die Anlage dieser NNE-SSW streichenden Grabenbrüche wird als Produkt der Dehnungen in Zusammenhang mit dem Absinken des Oberrheingrabens im Oligozän gesehen. Die Grabenstrukturen sind dabei unterschiedlich ausgebildet, so dass Brüche zum Teil bis in die Anhydritgruppe des mittleren Muschelkalks und teilweise bis in das Grundgebirge eindringen (Gürler et al. 1987).

Eine spezielle tektonische Struktur innerhalb dieser Tafeljuralandschaft bildet das Adlerhofgewölbe. Es handelt sich dabei um eine WNW-ESE bis W-E ausgerichtete Falte im Gebiet südlich von Muttenz und Pratteln (Fig. 1). Zahlreiche Autoren (z.B. Herzog 1956) betrachten diese Falte älter als die Entwickelung der Rheintal-Flexur und der Tafeljura-Brüche. Sie stellt eine Kompressionsstruktur dar, die durch das Abgleiten der Sedimente über den Evaporiten der Mittleren Trias während einer Hebung des Schwarzwaldes im frühen Oberoligozän entstanden sein könnte (Laubscher 1982).

3. Die Gesteine

Eine Übersicht der Schichtabfolge im Bereich des Adlertunnels gibt Fig. 3. Da im ganzen Gebiet nur dürftige Oberflächenaufschlüsse vorliegen, lieferten die Sondierbohrungen und die Tunnelaufnahmen eine Möglichkeit, selten einsehbare Formationen zu begutachten. Nachfolgend sollen die durchörterten Schichten kurz vom Liegenden zum Hangenden beschrieben werden:

Der *Gipskeuper (Gk)* stellt die älteste und tiefste Gesteinsformation dar und besteht vorwiegend aus grauen bis roten dolomitischen Mergeln und Tonsteinen mit unterschiedlichen Sulfatgehalten. Bei völlig frischem Zustand des Gipskeupers liegt dieses Sulfat in Form von Anhydrit vor (= wasserfreies Kalziumsulfat, $CaSO_4$). Wo das Gestein in Kontakt mit Wasser kommt, z.B. im Bereich der oberflächlichen Verwitterung oder längs von Verwerfungen, setzt die Umwandlung des Anhydrites in Gips ein ($CaSO_4 \times H_2O$). Je nach Wasserangebot und Zusammensetzung der Anhydritgesteine besteht eine ausgeprägte Neigung zum Quellen. Durch Kombination von verschiedenen Quellmechanismen (Tonquellen, Sulfat-

BAHN 2000 — ADLERTUNNEL

Geologische Beobachtung aus der TBM

(34)

Vortriebsrichtung, Azimut (°):	130		**Tunnelmeter :**	**1039.1**
Drehstellung Bohrkopf (°):	12		**Ring :**	**205**
Höhe Tunnelaxe in m ü.M. :	282.8	Geologe: M.Meyer	**Datum :**	**18.08.96**

1. Aufnahme der Tunnelbrust durch die Öffnungen der Räumerschlitze

Lage	*Geologische Beobachtung*
1 a-d 1 c	beiger, gut gebankter Dolomit, hart, bergfeucht, Basis GD liegt ca. 50 cm unterhalb 1 a subvertikaler, brekzierter Bereich, mit Cc und FG verheilt
2 a-c	dunkelgraue dol. Mergel, zerklüftet, Klüfte teils mit Gips verheilt. Zwei Stellen mit weiss-rosa Fasergips in Linsen bis 5 cm. Gips evt. auf Klüften, Rutschharnischflächen oder in Störungsbereich ausgebildet. Teils auch mit weichem Ton, feucht.
2 d-f	grün-rot gefleckter dol. Mergel
3 a-b	roter dol. Mergel, zerklüftet
3 c-d	grauer-dunkelgrauer dol. Mergel, glimmerführend, stark zerklüftet und mit zahlreichen Rutschharnischflächen, Klüfte teils rostig, hart, bergfeucht, blockig, längs Rutschharnischflächen feucht, stark bröckelig
4 a-f	grauer-dunkelgrauer dol. Mergel, glimmerführend, stark zerklüftet und mit zahlreichen Rutschharnischflächen, teils rostig, hart, bergfeucht, blockig, längs Rutschharnischflächen feucht, stark bröckelig
4 b	Gesteinsprobe
5 a-d	graubeiger Dolomit

2. Aufnahme der Tunnelbrust durch Ringspalt

08-14 Uhr	beiger-graubeiger, oben gefleckter und geflammter Dolomit bis mergeliger Dolomit,gut gebankt, Schichteinfallen ca. 20° in VTR,
Mannloch im First	gut gebankter, rot gefleckter dol. Mergel bis mergeliger Dolomit mit dunklen Tonzwischenlagen, stark zerklüftet im 10 cm Bereich. Es lässt sich hier ein tektonisierter Bereich mit steilerem Schichteinfallen ausscheiden.
13 Uhr	beige tektonische Brekzie, feucht

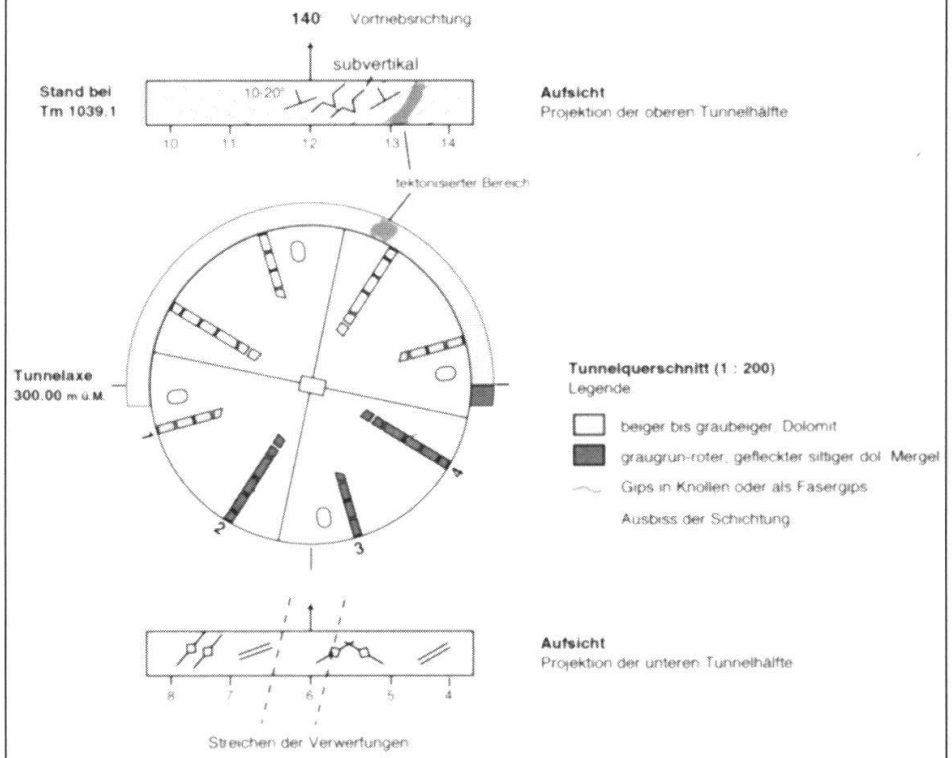
3. Bemerkungen

Weitere Beobachtungen konnten durch die Rollenmeissel im Bohrkopfzentrum gemacht werden. Daraus ergeben sich die kleinen Verwerfungen.

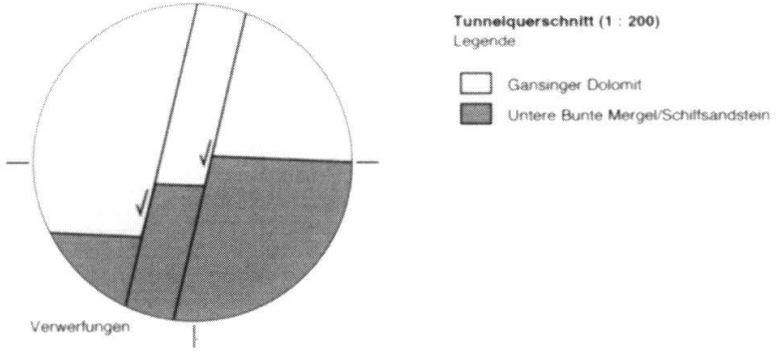
Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel — Geotechnisches Institut AG, Basel

BAHN 2000 — ADLERTUNNEL

Geologische Beobachtung bei Tm 1039.1 — Blatt II (34)



Geologische Interpretation und Wasserverhältnisse



GPI/mm 22.8.1996

Fig. 2: Beispiel für geologische Tunnelaufnahme

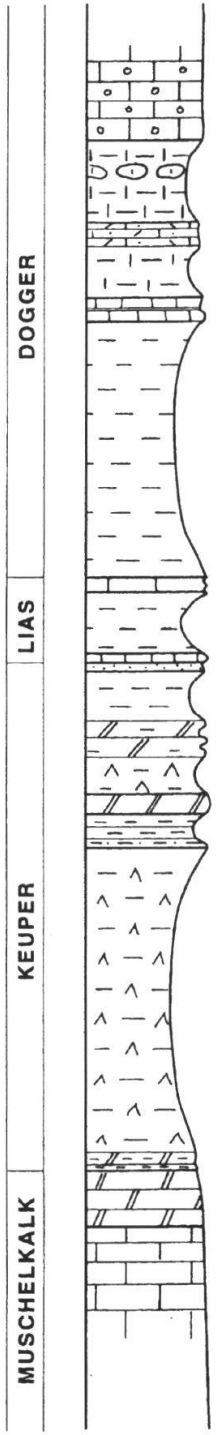
quellen) kommt es in tonreichen Anhydritgesteinen zu erheblichen Quelldrücken (Vögtli & Jordan 1996). Wo hingegen ein ständiger Wasserdurchfluss besteht, kann eine völlige Auswaschung des Sulfates stattfinden (Verkarstung). Die Mächtigkeit des Gipskeupers dürfte gesamthaft etwas unter 100 m liegen.

Die Schicht zwischen Gipskeuper und Gansinger Dolomit wurde für die geologische Begleitung der Tunnelarbeiten zusammenfassend als Formation *Untere Bunte Mergel/Schilfsandstein (UBM/SSst)* bezeichnet. Dies erfolgte in Anlehnung an den Begriff «Schilfsandstein s.l.». Aufgrund der Ablagerungsbedingungen in einem ausgedehnten Deltakomplex mit Rinnen und Überschwemmungsebenen ist die Formation lithologisch sehr heterogen aufgebaut. Es sind hauptsächlich bunte und gefleckte siltig-tonige Mergel mit Glimmer und/oder Sand vertreten. Untergeordnet treten auch graue bis rötliche gefleckte Sandsteine, kohlig-blättrige Tone und kompakte Dolomitlagen auf. Meist ist keine klare Schichtung erkennbar. Da Gipskeuper durch Verwitterung und Auslaugung zum Teil einen ähnlichen Habitus wie das Hängende erhält, ergaben sich in stark verwitterten Zonen grosse Schwierigkeiten, eine deutliche Grenze zwischen Gipskeuper und UBM/SSst zu ziehen. Diese Formation ist grossen Mächtigkeitsschwankungen unterworfen. Im Gebiet vom bergmännischen Tunnelportal Nord bis in das Gebiet «Leuengrund» wurden max. 15 m Schichtstärke nachgewiesen. Gegen E kann eine Schichtmächtigkeit von rund 10 m angenommen werden.

Der rund 7–10 m mächtige *Gansinger Dolomit (GD)* wird im Gebiet des Adlertunnels durch verschiedene Schichtglieder charakterisiert. An der Basis wird oft beigegrauer Dolomit mit tonig-siltigem Kluftlehm angetroffen. Diese ca. 0.1 m starke Lage wird als verkarstete und teils ausgelaugte Zone interpretiert. Darüber folgt eine Abfolge von gut gebankten, beigen Dolomiten, die teilweise rot geflammt sind. Weiter findet ein Übergang zu grünlichen-beigen, rot gefleckten dolomitischen Mergeln bis mergeligen Dolomiten statt. Das Dach des Gansinger Dolomits bilden gebänderte bis laminierte graugrüne und rot-violette dolomitische Mergel bis mergelige Dolomite mit Dolomitzwischenlagen.

Der Übergang von Gansinger Dolomit zu *Oberen Bunten Mergel (OBM)* ist fliessend. Die OBM liegen an der Basis als bunte dolomitische Mergel mit wenig eingeschalteten Dolomitbänken vor. Ebenfalls im unteren Teil der Formation konnte erstmals auch Gips in Lagen, Linsen, Knollen und Klüften festgestellt werden. Neben der Annahme, dass es sich dabei zum Teil um sekundär gebildeten Gips in Störzonen (z.B. im Gebiet «Leuengrund», Fig. 4) handelt, kann an anderen Stellen eine primäre Ablagerung nicht ausgeschlossen werden. Der mittlere und obere Abschnitt der Oberen Bunten Mergel wird durch eine Wechsellagerung von roten, grünen und grauen dolomitischen Mergeln und knolligen Dolomiten charakterisiert. In den oberen Bereichen lassen sich zusätzlich oft auch Konglomeratlagen beobachten. Die Mächtigkeit der Oberen Bunten Mergel erreicht rund 45 m.

Das *Rhät (Rh)* kann in drei verschiedene Gesteinstypen unterschieden werden: Von unten nach oben folgen sich dunkle, feingeschichtete bis blättrige, kompakte Tone, dann helle und graue Quarz-Sandsteine, z.T. flaserig laminiert und mit organischen Beimengungen, und schliesslich graue bis braunrötliche Tone bis knollige Mergel, die zum Teil «bone beds» aufweisen. Die gesamte Mächtigkeit dieser Schicht liegt im Westen bei ca. 4 – 4.5 m und nimmt in Richtung SE bis auf 1.3 m ab, wobei der Quarz-Sandstein praktisch verschwindet. Eine Ausnahme konnte in ei-



	Schichtfolge		Mächtigkeit in m	Gestein	Geotechnische Hinweise
DOGGER	Hauptrogenstein		ca. 100	hellbraune und graue oolithische Kalke, dicht	im Adlertunnel nicht vorhanden
	Blagdeni-Schichten Humphriesi-Schichten	Unterer Dogger	65 - 70	graue, sandige und glimmerführende Mergel und Mergelkalke mit Knauerlagen	im Adlertunnel nicht vorhanden
	Sowerbyi-Sauzei-Schichten			Wechsellagerung von grauen-rotbraunen, teils eisenoolithischen Kalken und Mergeln dunkle Mergel und Tone überlagert von Sandkalken und eisenoolithischen Kalken	im Adlertunnel nicht vorhanden
	Murchisonae-Schichten			grauer bis brauner, eisenschüssiger Kalk mit Mergelzwischenlagen	im Adlertunnel nicht vorhanden
	Opalinus-Ton		90 - 95	geschichteter, grauer, siltig-toniger Mergel mit feinen, kalkigen Konkretionen	leicht verwitterbar, quellfähig
LIAS	Oberer Lias		8	Wechsellagerung von grauem, siltigem Mergel und siltigem Kalk	leicht verwitterbar, empfindlich auf Feuchtigkeit
	Obtusus-Ton		22	grauer, siltig-feinsandiger Mergel, feingeschichtet	leicht verwitterbar, quellbar
	Arietenkalk		3	grauer, splittrig harter Kalk, fossilführend	hohe Druckfestigkeit, wasserführend
	Rhät		1 - 5	graue und braune, tonige Mergel, wechsellagernd mit Sandsteinen	Mergel leicht verwitterbar
KEUPER	Obere Bunte Mergel		45	roter, grauer und grüner, dolomitischer Mergel, schlecht geschichtet, Einschaltungen von Dolomitbänken	neigen zu bröckeligem Zerfallen
	Gansinger Dolomit		8	gut gebankter, rot gebänderter und beiger Dolomit mit feinen Mergelzwischenlagen	wasserführend, Zone von guter Standfestigkeit
	Untere Bunte Mergel		10 - 15	roter, grauer und beiger, siltig-sandiger Mergel ohne deutliche Schichtung, teilweise dolomitisch	neigen zu bröckeligem Zerfallen
	Schilfsandstein			grauer, grünlicher oder rötlicher Sandstein mit Pyrit, Pflanzenreste führend, seitlich oft in dunkle Mergel übergehend	Sandstein in dichter Lagerung, Mergel leicht verwitterbar
	Gipskeuper		ca. 100	graue, untergeordnet rote, oft dolomitische Mergel mit Anhydrit und Gips in Lagen, Knollen und Linsen, Fasergipsklüfte	oft bröckelig zerfallend, Sulfat bei genügender Ueberdeckung als Anhydrit, bei Zutritt von Wasser Umwandlung in Gips. Quellerscheinungen. Quellfähige Tonmineralien, bei Auslaugung von Gips Karsthohlräume mit Wasserführung und aufgelockerten Mergeln
	Lettenkohle		5	helle Dolomite mit Zwischenlagen von dunklen, schiefrigen Tonen	im Adlertunnel nicht vorhanden
MUSCHELKALK	Trigonodus-Dolomit		20	beige bis gelbliche Dolomite mit Hornsteinknollen	im Adlertunnel nicht vorhanden
	Hauptmuschelkalk		ca. 50	graue bis graubraune, dichte Kalke, teils dolomitisiert	im Adlertunnel nicht vorhanden

Fig. 3: Stratigraphische und geotechnische Übersicht Muschelkalk-Hauptrogenstein.

ner Bohrung im Gebiet «Risch» verzeichnet werden. Hier weist das Rhät eine grössere Schichtmächtigkeit (5.80 m) auf und besteht aus dunklem Tonstein sowie Sandstein mit viel Kohle.

An der Basis des Lias findet sich eine dünne Lage von grauen, tonigen Mergeln, die als Insektenmergel interpretiert werden. Da die Schicht lediglich Mächtigkeiten bis ca. 0.5 m erreicht, wurde sie nicht ausgeschieden. Der 3–4 m mächtige *Arietenkalk (AK)* besteht aus grauen, knolligen Kalk- bis Mergelkalkbänken mit zahlreichen Fossilien.

Der *Obtusus-Ton (Obt)* wurde vor allem im Gebiet «Adler» und «Madlen» angetroffen. Es handelt es sich dabei um einen grauschwarzen, glimmerführenden Mergel bis Tonstein, der oft auch feinsandigen Charakter annimmt. Schon bei wenig tektonischer Beanspruchung neigt das Gestein zur Ausbildung von Gleitspiegeln und Rutschharnischen. Die Mächtigkeit des Obtusus-Tons liegt zwischen 20–24 m. Charakteristisch für den *oberen Lias (oLi)*, der auf einem kurzen Abschnitt im Gebiet «Eben Ezer» zu beobachten war, ist eine Wechsellagerung von grauen, sitligen Tonen mit Kalklagen. Im unteren Teil des oberen Lias dominieren die oft knaurigen bis zu 30 cm mächtigen Kalklagen. Im oberen Teil verschwinden sie und dunkelgrauer Mergel herrscht vor. Die Schichtserie des oberen Lias ist sehr fossilreich (Belemniten, Ammoniten). Die Mächtigkeit dieses Abschnittes erreicht rund 8 m. Der TBM-Vortrieb durchquerte im Bereich «Eben Ezer» bis Tunnelportal Süd problemlos den *Opalinus-Ton (Opa)*, der sich als relativ homogener, grauer, siltiger Ton mit einer Mächtigkeit von ca. 90–95 m präsentierte.

4. Hydrogeologische Verhältnisse

In Bezug auf die hydrogeologischen Verhältnisse des Adlertunnels ist v.a. die Tagbaustrecke Nord und der Bereich des bergmännischen Tunnels zu erwähnen.
In der Tagbaustrecke Nord im Gebiet von Muttenz und Pratteln (Rheintal) befindet sich der Tunnel weit oberhalb des Grundwasserspiegels (GWSp. ca. 30–35 m ab OKT). Die Niederterrassenschotter sind hier frei von Grundwasser. Der Grundwasserspiegel liegt in den stark zerklüfteten und verkarsteten Gesteinen der Lettenkohle, Trigonodus-Dolomit und Hauptmuschelkalk.

Der Adlertunnel durchquert im Bereich des bergmännischen Tunnels grösstenteils dichte Gesteinsformationen. Wasser war vor allem im Bereich von Bruch- und Kluftzonen zu erwarten. Zwischengelagert sich aber auch einzelne Dolomit- und Kalkbänke, die aufgrund von spröden Gesteinseigenschaften zu Zerklüftung neigen und damit über eine gewisse Wasserwegsamkeit verfügen. Zu erwähnen sind hier Gansinger Dolomit und Arietenkalk:

- Im Gansinger Dolomit wurden zahlreiche Wasserzuflüsse verzeichnet. Es handelt sich dabei um einen Kluftaquifer, der Wassermengen im Bereich von einigen Minutenlitern lieferte. Aufgrund der Schollentektonik (Fig. 4) wurden auch lokale Wasserreservoire angefahren. So traten beim Vortrieb im Bereich «Mayenfels» kurzfristig rund 20–30 l/min aus. Nach Entleerung dieses Speichers erfolgte eine rascher Rückgang der Abflussmengen.
- Der stark zerklüftete Arietenkalk wirkt ebenfalls als Kluftaquifer. Bedingt durch die Schollentektonik konnten sich auch hier Reservoire bilden, die zu gespann-

ten Grundwasserverhältnissen (Abdichtung durch Obtusus-Ton) und zu einer Bewässerung der liegenden Formationen führen. Bei der Durchörterung des Gebietes «Leuengrund» (Fig. 4) konnten kurzzeitig bis rund 600 l/min festgestellt werden. Aufgrund der Erfahrungen beim TBM-Vortrieb erfolgten in den Gebieten «Im Tal», «Madlen», «Risch/Gassackerweg» und «Eben Ezer» zusätzliche Brunnenbohrungen von der Oberfläche aus. Diese hatten zum Zweck, die hohen Wasserdrücke (bis ca. 60 m Wassersäule) über dem Tunnelniveau abzubauen und die Reservoire zu entleeren. Diese Massnahmen haben gezeigt, dass es sich dabei um relativ begrenzte Wasserspeicher gehandelt hat. Die Annahme, dass sich der Wasserzufluss im Tunnelbereich generell auf einem niedrigen Niveau einpendelt, konnte bestätigt werden.

5. Erkenntnisse beim Bau des Adlertunnels

5.1 Geotechnik/Hydrologie

In der Tagbaustrecke Nord wurden noch vor der Fertigstellung des Adlertunnels Setzungen von ca. 1–2 cm pro Monat festgestellt. Die anfängliche Vermutung, dass es sich dabei um die regional bekannten Verkarstungserscheinungen (Dolinen, Senkungsmulden) handelt, konnte durch die aufwändigen Untersuchungen mit Tiefenbohrungen nicht bestätigt werden. Die Setzungen werden heute auf Subrosion im Dach des Salzlagers in ca. 140 m Tiefe zurückgeführt (Hauber et al. 2000). Dieses Phänomen ist Gegenstand einer laufenden Studie.

Im bergmännischen Bereich zwischen Portal Nord und dem Gebiet «Leuengrund» wurden die Vortriebsarbeiten durch zwei grosse Tagbrüche und verschiedene Niederbrüche (Fig. 4) behindert. Der erste Tagbruch ereignete sich im Übergangsbereich von verwittertem Gipskeuper zu UBM/SSst. Dabei sind murgangartig Schlamm und Gesteinsblöcke in den Tunnel eingedrungen. Der TBM-Vortrieb in diesen Schichten erwies sich aufgrund folgender Eigenschaften generell als kritisch:

- Die Schicht Untere Bunte Mergel/Schilfsandstein präsentierte sich in den angetroffenen Tunnelabschnitten vorwiegend als stark verwittertes, tonig-siltiges Gestein mit Lockergesteinseigenschaften (Arbeiter bezeichneten das Ausbruchsmaterial als «Humus»). Es handelte sich dabei um intensiv tektonisierten Fels mit zahlreichen Gleitspiegelflächen und Klüften. Aufgrund fehlender Kohäsion führte die Entspannung zu einem raschen Abbröckeln der einzelnen Kluftkörper. Durch die rheintalischen Strukturen in Richtung NNE-SSW bzw. W-E, den Tunnelvortrieb in Richtung SE und die flach einfallende Schichtung entstanden keilförmige Schnittkörper vor dem Bohrkopf. An verschiedenen Stellen wurden dadurch Firstausbrüche oder Ausbrüche aus der Tunnelbrust provoziert.
- Typische Ausbrüche erfolgten auch im Übergangsbereich von UBM/SSst zu Gansinger Dolomit. Obwohl die Durchlässigkeiten in UBM/SSst infolge der hohen Ton- und Siltanteile eher bescheiden sind, muss die Schicht als Porenaquifer angesehen werden. Mit der der Bewässerung der Schichten durch den Gansinger Dolomit konnten sich somit hohe Porenwasserdrücke aufbauen. Diese Porenwasserdrücke bewirkten hier eine zusätzliche Abminderung der Gebirgsstabilität.

5.2 Geologie

Der Adlertunnel ist so angelegt, dass die rheintalisch gerichteten Horst- und Grabenstrukturen in einem stumpfen Winkel, das Adlerhofgewölbe im Raum Frenkendorf hingegen schleifend durchörtert wurde (Fig. 1 und 4).

Aus dem Bereich der Tagbausstrecke Nord tritt der Tunnel in die Rheintalflanke ein und quert im Gebiet «Leuengrund» eine Grabenstruktur, die durch oberflächlich auftretende isolierte Hauptrogenstein- und Doggermassen charakterisiert wird. Diese Massen werden von Herzog (1956) und Bitterli (Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Arlesheim 1984) grösstenteils als alte Sackungen angesehen, welche die komplexe Struktur der Grabenzone Cholholz-Leuengrund verbergen. Anhand der durchgeführten Untersuchungen und den Ergebnissen aus dem Tunnelvortrieb ist nun eine Unterteilung dieses Grabens in verschiedene Abschnitte möglich.

- Der westliche Grabenrand besteht aus einem mit ca. 15° nach SE einfallenden Schichtpaket, das durch zahlreiche NNE-SSW gerichtete Staffelbrüche mit geringen Versätzen segmentiert wird. Ausnahmsweise liess sich hier auch eine Schar von ca. NW-SE streichenden Querbrüchen mit Abschiebungsbeträgen bis 2 m beobachten (Fig. 2). Die angetroffene Kernzone weist einen Versetzungsbetrag von insgesamt rund 140 m auf.
- Im östlich anschliessenden Abschnitt wurden verschiedene, stufenartig angeordnete Bruchschollen des östlichen Grabenrands durchörtert. Merkmal dieser stark tektonisierten Schollen ist eine Verkippung mit ca. 35° nach N und der grosse Gipsanteil in den angefahrenen Keupermergeln und Dolomiten. (Das Auftreten von Sulfat wird hier dadurch erklärt, dass durch die Bruchbildung im Grabenkern Wasserwegsamkeiten geschaffen wurden, die die Zirkulation von sulfathaltigen Wässern begünstigten. In einer späteren Phase erfolgte hier eine Verkittung des gestörten Gesteinsverbandes mit rekristallisiertem Gips.) Ab Tunnelmeter 1260 erfolgte der Vortrieb im Gipskeuper. Wurden anfänglich noch nordwärts einfallende Schichten angetroffen, änderte sich das Einfallen allmählich in Richtung E-SE.
- Die Scholle von Mayenfels (Hauber 1990) kann bis zur N-S streichenden Hauptverwerfung bei Tunnelmeter 1854 verfolgt werden. Bevor jedoch der TBM-Vortrieb die relativ flach einfallende Hauptstörung erreicht hat, wurde eine bisher unbekannte enge Grabenstruktur angeschnitten. Durch die ebenfalls N-S streichende Verwerfung ergaben sich hier Standfestigkeitsprobleme, die nur durch umfangreiche Sicherungsarbeiten zu bewältigen waren.

Die Schollentektonik im Gebiet «Ebnet» und «Im Tal» zeigte einen relativ einfachen Aufbau. Eine Änderung der Strukturen ergab sich erst im Bereich «Adler», wo ein Umbiegen der Schichten zu beobachten war. Die Schichtung wies zunehmendes Schichteinfallen bis ca. 40° in Richtung NE auf und besass damit eine Streichrichtung parallel zur Vortriebsrichtung. Zu beachten ist, dass diese Schichten im Längenprofil in scheinbar flacher Lagerung auftreten. Östlich des Horstes von «Madlen» liessen sich erste Einflüsse des ansteigenden Nordschenkels des Adlerhofgewölbes feststellen. Das Schichteinfallen betrug im Nordschenkel ca. 15–40° und wechselte kontinuierlich von NE zu N.

Beim TBM-Vortrieb konnte beobachtet werden, dass im aufgefahrenen Teil des Adlerhofgewölbes mehrere südwärts gerichtete Überschiebungen mit einem

Überschiebungsbetrag von ca. 50–60 m ausgebildet sind (Fig. 4). Die nordwärts einfallenden Schichten des Nordschenkels waren bis Tunnelmeter 4283 feststellbar. Hier wurde der W-E bis WSW-ENE-streichende Kern einer Rampenfalte mit OBM und Gansinger Dolomit durchquert. Der anschliessende Tunnelvortrieb erfolgte im Südschenkel des Adlerhofgewölbes, der durch steiles Südfallen (ca. 60–70°) charakterisiert wird. Östlich des Gebietes «Eben Ezer» war der Einfluss des Adlerhofgewölbes nicht mehr feststellbar.

6. Schlussfolgerungen

Der Adlertunnel quert die tertiäre Horst- und Grabenstruktur des Baselbieter Tafeljuras und hat zahlreiche Erkenntnisse zum Aufbau von verschiedenen Schollen geliefert. Die geologische Aufnahme der Verwerfungen auf Tunnelniveau erlaubt jedoch keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Tiefe der Grabenbrüche. Ansatzweise können verschiedene Grabenstrukturen mit verkippten Schollen («Leuengrund»), Blinde Grabenbrüche («Mayenfels») und listrische Bruchflächen («Mayenfels», Spottke 2001) erkannt werden.

Der Aufbau des Adlerhofgewölbes war bisher nur im Bereich der Salzproduktionsfelder Zinggibrunn-Sulz (Hauber 1971) bekannt. Diese Antiklinale wurde in der Literatur (Herzog 1956, Hauber 1971, Hauber 1996) als Stauchung und als Produkt von nordvergenten Überschiebungen angesehen. Mit der Querung des Adlerhofgewölbes im Bereich «Eben Ezer» konnten südvergente Überschiebungen nachgewiesen werden. Ein Wechsel von Nord- zu Südvergenz im Gebiet «Adlerhof», westlich von «Eben Ezer» erscheint aufgrund der Häufung von verschiedenen Strukturen (u.a. Sockelsprünge) als möglich.

Verdankungen

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Prof. Dr. L. Hauber für die Einführung in die Welt des Tunnelbaus bedanken. Dr. Eric Zechner danke ich für seine Anregungen und seine Mithilfe.

Literaturverzeichnis

BITTERLI, P. & FISCHER, H. 1988: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1067 Arlesheim, Erläuterungen.

GÜRLER, B., HAUBER, L. & SCHWANDER, M. 1987: Die Geologie der Umgebung von Basel mit Hinweisen über die Nutzungsmöglichkeiten der Erdwärme. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N.F. 160.

HAUBER, L. 1971: Zur Geologie des Salzfeldes Schweizerhalle-Zinggibrunn (Kt. Baselland). Eclogae geol. Helv. 64/1.

HAUBER, L. 1990: Bahn 2000, Abschnitt Muttenz-Sissach, Adlertunnel. Geologischer Bericht, unpubl.

HAUBER, L. 1996: Die Geologie des Adlertunnels. Schweizerischer Ingenieur und Architekt, 18.

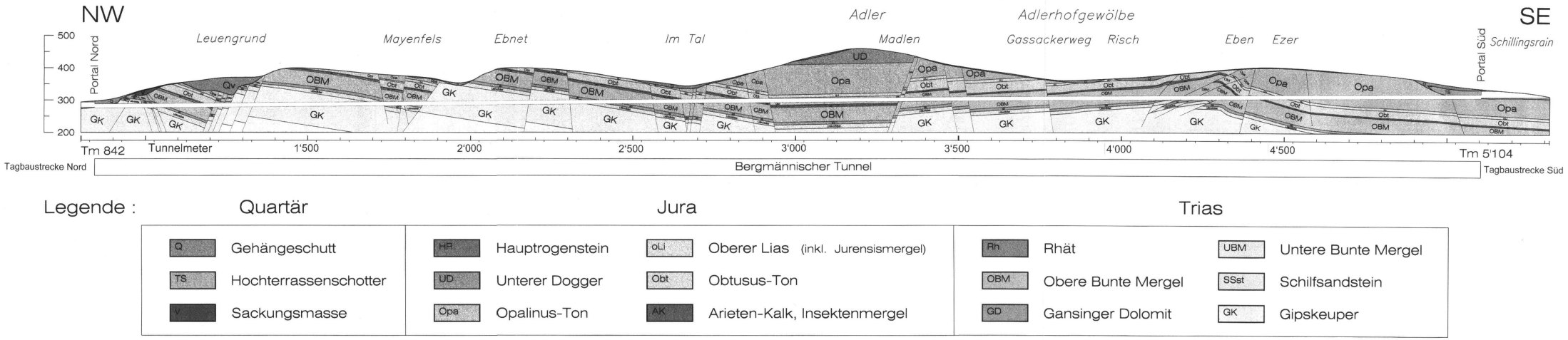
HAUBER, L., HOHER, H.P., MEYER, M. & HORAL, G. 2000: Geologie im Bereich Adlertunnel. tec21.

HERZOG P. 1956: Die Tektonik des Tafeljura und der Rheintalflexur südöstlich von Basel. Eclogae geol. Helv. 49/2.

LAUBSCHER, H.P. 1982: Die Südostecke des Rheingrabens – ein kinematisches und dynamisches Problem. Eclogae geol. Helv. 75/1.

SPOTTKE, I. 2001: Räumliche Modellierung von Horst- und Grabenstrukturen im Tafeljura mit GOCAD. Diplomarbeit Technische Universität Bergakademie Freiberg (unpubl.).

VÖGTLI, B. & JORDAN, P. 1996: Quelldruckentwicklung in Ton- und Sulfatgesteinen. Schweizerischer Ingenieur und Architekt, 18.



Legende :

Quartär		Jura				Trias			
Q	Gehängeschutt	HR	Hauptrogenstein	oLi	Oberer Lias (inkl. Jurensismergel)	Rh	Rhät	UBM	Untere Bunte Mergel
TS	Hochterrassenschotter	UD	Unterer Dogger	Obt	Obtusus-Ton	OBM	Obere Bunte Mergel	SSst	Schilfsandstein
V	Sackungsmasse	Opa	Opalinus-Ton	AK	Arieten-Kalk, Insektenmergel	GD	Gansinger Dolomit	GK	Gipskeuper

Fig. 4: Adlertunnel, Geologisches Profil (Befund).