
Ergänzung zum 2. Änderungsverfahren

Planfeststellungsunterlagen

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt 1.2

Fildertunnel

Bau-km +0.4 +32.0 bis +10.0 +30.0

Anlage 19 E: Ingenieurgeologie, Erd- und
Ingenieurbauwerke

DBProjektBau GmbH
Großprojekt Stuttgart 21
Wendlingen – Ulm
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

im Auftrag der



In folgenden Unterlagen ergaben sich, in der Ergänzung zum 2. Änderungsverfahren, keine Änderungen:

19.2 Ingenieur und hydrogeologische Längsschnitte

19.2.1 Fildertunnel

Längsschnitt km 0,432 bis km 2,191	Blatt 1A
Längsschnitt km 2,191 bis 6,687	Blatt 2B
Längsschnitt km 6,687 bis 9,755	Blatt 3B
Längsschnitt km 9,755 bis 10,030	Blatt 4B

19.2.2 Strecke Richtung Ober-/Untertürkheim

Längsschnitt km 0,432 bis 0,855	Blatt 1
Längsschnitt km 0,432 bis 1,155	Blatt 2

19.2.3 Rettungszufahrt und Zwischenangriffe

Längsschnitt Rettungszufahrt Hauptbahnhof Süd	Blatt 1
Längsschnitt Zwischenangriff Sigmaringer Straße	Blatt 4Neu

Ergänzung zum 2. Änderungsverfahren

Planfeststellungsunterlagen

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt 1.2

Fildertunnel

Bau-km +0.4 +32.0 bis +10.0 +30.0

Anlage 19 E: Ingenieurgeologie, Erd- und
Ingenieurbauwerke

19.1 E Erläuterungsbericht

DBProjektBau GmbH
Großprojekt Stuttgart 21
Wendlingen – Ulm
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

im Auftrag der



Nur zur Information

Projekt Stuttgart 21

- Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart
- Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung

Planfeststellungsunterlagen

PFA 1.2 Fildertunnel

Anlage 19.1 E

Ingenieurgeologie, Erd- und Ingenieurbauwerke

Erläuterungsbericht

(Nur zur Information)

*Ergänzung zum 12. Änderungsverfahren
Zulassung des maschinellen Vortriebs*

Vorhabensträger:

DB Netz AG,
vertreten durch

DB ProjektBau GmbH
~~Niederlassung Südwest~~
Großprojekt Stuttgart 21 – Wendlingen-Ulm
~~Projektzentrum Stuttgart 1 I.BV-SW-G2~~
~~Wolframstraße 20~~Räpplensstraße 17
70191 Stuttgart

Bearbeitung:

ARGE Wasser ♦ Umwelt ♦ Geotechnik
Oberdorfstraße 12
91747 Westheim
und
Heilbronner Str. 81
70191 Stuttgart
und
Pforzheimer Straße 126a
76275 Ettlingen

Az.: A0007

Stuttgart, ~~18. August 2009~~ 2. August 2010
2. August 2010

Anlage 19.1: Ingenieurgeologie, Erd- und Ingenieurbauwerke

Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkungen	1
1.1 Ausgangslage	1
1.1.1 Anlass und Planungsstand	1
1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung	2
1.2 Aufgabenstellung	3
1.3 Trassenverlauf	4
2 Beschreibung des Untersuchungsraumes	6
2.1 Übersicht	6
2.2 Naturräumliche Gegebenheiten	6
3 Geologische Verhältnisse	8
3.1 Gebirgsaufbau	8
3.1.1 Schichtaufbau	8
3.1.2 Schichtlagerung und Tektonik	17
3.2 Ingenieur- und baugeologisches Verhalten der Locker- und Festgesteine im Untersuchungsraum	18 19
3.3 Gravitative Massenbewegungen	20 21
3.4 Primärspannungen	21 22
3.5 Erdbebengefährdung	21 22
3.6 Verwertbarkeit	22 23
4 Hydrogeologie und wasserwirtschaftliche Verhältnisse	23

	Seite
5 Geotechnische Beurteilung	2423
5.1 Einschnitte und Tunnelvoreinschnitte	2423
5.2 Tunnel	2524
5.3 Dämme	3028
5.4 Kunstbauwerke	3128
5.5 Aushub- und Ausbruchsmassen	3129
6 Zusammenfassung	3230
7 Literatur und verwendete Unterlagen	353233

Anlagenverzeichnis

Anlage 19.2:	Ingenieur- und hydrogeologische Längsschnitte	
Anlage 19.2.1:	Fildertunnel	
Blatt 1A :	km 0+432 bis km 2+191	M 1 : 5.000/1.000
Blatt 2A2B :	km 2+191 bis km 6+687	M 1 : 5.000/1.000
Blatt 3A3B :	km 6+687 bis km 9+755	M 1 : 5.000/1.000
Blatt 4A4B :	km 9+755 bis km 10+030	M 1 : 5.000/1.000
Anlage 19.2.2:	Strecke Richtung Ober-/Untertürkheim	
Blatt 1:	Achse 62 km 0+432 bis km 0+855	M 1 : 1.000/1.000
Blatt 2:	Achse 61 km 0+432 bis km 1+155	M 1 : 1.000/1.000
Anlage 19.2.3:	Rettungszufahrt und Zwischenangriffe	
Blatt 1:	Rettungszufahrt Hauptbahnhof Süd	M 1: 500/500
Blatt 4NEU:	Zwischenangriff Sigmaringer Straße	M 1 : 2.000/2.000

1 Vorbemerkungen

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Anlass und Planungsstand

Die Deutsche Bahn Netz AG hat zwischen Stuttgart und Augsburg eine Hochgeschwindigkeitsstrecke zu realisieren. Hierzu wird auch der Eisenbahnknoten Stuttgart 21 neu gestaltet.

Die grundsätzlichen Fragen des Projektes Stuttgart 21 wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht. Das Ergebnis der Machbarkeitsstudie wurde im Januar 1995 von der DB Netz AG, dem Bundesverkehrsministerium, dem Land Baden-Württemberg und der Stadt Stuttgart vorgestellt.

Aus den Überlegungen und dem Ergebnis der Machbarkeitsstudie heraus wurden die Streckenführungen im Stadtbereich von Stuttgart entwickelt und in einem Vorprojekt untersucht. Wesentliches Ziel war dabei, die Streckenführung im Stadtbereich von Stuttgart zu optimieren und wirtschaftliche, betriebstechnische, städtebauliche und ausführungstechnische Vorteile gegenüber der Machbarkeitsstudie herauszuarbeiten. Des Weiteren wurde in Abstimmung mit dem Arbeitskreis Wasserwirtschaft ein Aufschluss- und Untersuchungsprogramm (zweites Erkundungsprogramm, 2. EKP) konzipiert, durchgeführt und ausgewertet, um die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erkunden und Aussagen zur möglichen Realisierung des Projektes Stuttgart 21 treffen zu können. Auch wurde im Rahmen des Vorprojektes eine umfangreiche historische Erkundung der Bahnbetriebsflächen durchgeführt sowie Aussagen zu Umweltaspekten und zum Immissionsschutz gemacht. Die Ergebnisse des Vorprojektes wurden im November 1995 mit dem Synergiekonzept Stuttgart 21 vorgestellt.

Um das Planfeststellungsverfahren selbst handhabbar zu gestalten, wird es erforderlich, den Bereich des Projektes Stuttgart 21 in Einzelabschnitte zu unterteilen, wobei diese so zu wählen sind, dass sich in den einzelnen Planfeststellungsabschnitten keine ungewollten Zwänge für benachbarte Bereiche einstellen. Für die vertiefte Planung und Planfeststellung ergeben sich für das Projekt Stuttgart 21 derzeit 7 Planfeststellungsabschnitte (PFA):

- PFA 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof,
- PFA 1.2 Fildertunnel,
- PFA 1.3 Filderbereich mit Flughafenbindung
- PFA 1.4 Filderbereich bis Wendlingen,
- PFA 1.5 Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung,
- PFA 1.6a Zuführung Ober-/Untertürkheim, - PFA 1.6b Abstellbahnhof Untertürkheim.

Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist der PFA 1.2 (Fildertunnel) von km 0+432 bis km 10+030.

1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung

Schienenwege für Eisenbahnen einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen und Bahnstromfernleitungen dürfen nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan zuvor festgestellt worden ist (§ 18 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)). Aussagen zum Ablauf des Planfeststellungsverfahrens enthält § 20 AEG, Einzelheiten und inhaltliche Erläuterungen sind in den ~~Richtlinien für die Planfeststellung und Plan genehmigung von Betriebsanlagen der Deutschen Bahn AG (Planfeststellungsrichtlinien – RL) vom 01. Januar 1994~~ Richtlinien für den Erlass planungsrechtlicher Zulassungsentscheidungen für Betriebsanlagen der Eisenbahnen des Bundes nach § 18 AEG sowie für Betriebsanlagen von Magnetschwebbahnen nach § 1 MBPIG, Ausgabe 01/2009 geregelt.

Das Abwägungsgebot (RL, Ziffer 15) schreibt neben der Beachtung der Interessen der betroffenen Bürger insbesondere die Beachtung folgender Belange vor:

- Betriebs- und Verkehrssicherheit,
- Wirtschaftlichkeit,
- Umwelt, und zwar Auswirkungen des Vorhabens auf
 - > Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft,
 - > Klima und Landschaft einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen,
 - > Kultur- und sonstige Sachgüter,
- Denkmalpflege
- andere Verkehrsträger.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist als unselbständiger Teil der Planfeststellung durchzuführen.

Weiterhin ist die DB Netz AG nach § 4 Abs. (1) AEG verpflichtet, ihren Betrieb sicher zu führen und die Eisenbahninfrastruktur, Fahrzeuge und Zubehör sicher zu bauen und in betriebssicherem Zustand zu halten. Dazu sind die einschlägigen Untersuchungen erforderlich, zu denen eine ausreichende Erkundung und Beurteilung des Baugrundes, der Erdbaustoffe und der Grundwasserverhältnisse gehört.

1.2 Aufgabenstellung

Die Darstellung und Beschreibung der ingenieurgeologischen Verhältnisse ist eine wesentliche Voraussetzung zur Planung, Gestaltung und dem Unterhalt der Bahnanlagen. Dabei ist dem Vermeidungs- und Verminderungsgebot bezüglich der Umweltauswirkungen Rechnung zu tragen. Die baugelogischen und hydrogeologischen Verhältnisse und wasserwirtschaftlichen Nutzungen bilden wichtige Grundlagen für die funktionsgerechte Gestaltung der Bauwerke in Wechselwirkung zum Baugrund (Gebirge und Grundwasser) und dessen Inanspruchnahme. Dabei ergeben sich Wechselwirkungen zu den Schutzgütern der Umwelt (z.B. Flächen- und Rauminanspruchnahme, Eingriffe in Funktions- und Lebensräume des Menschen, der Tiere und Pflanzen).

Im vorliegenden Erläuterungsbericht werden Aspekte des Bodens und Wassers als Baugrund und Baustoff und dessen Inanspruchnahme durch die Erd- und Ingenieurbauwerke behandelt, die beim Bau und dem Betrieb der Bahnanlagen im PFA 1.2 auftreten werden bzw. können und für die Funktionsfähigkeit auf Dauer zu beachten bzw. von Notwendigkeit sind. Hierbei sind gemäß § 2 der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) in Verbindung mit § 4 Abs. (1) AEG die Bahnanlagen so zu gestalten, dass sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Dies gilt insbesondere für die sichere und ordnungsgemäße Errichtung der Bauwerke einschließlich der Sicherung der Nachbarbauwerke.

Die Aussagen des vorliegenden Erläuterungsberichtes bilden somit eine wesentliche Grundlage für die Technische Planung und für die Aussagen zu den Umweltbelangen.

Dieser Erläuterungsbericht baut auf den Ergebnissen des 1. Erkundungsprogramms (igi Niedermeyer Institute) sowie des 2. bis 4. Erkundungsprogramms (igi Niedermeyer Institute/ARGE Wasser Umwelt Geotechnik, WBI Prof. Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH) auf. Die geologische und hydrogeologische Situation im PFA 1.2 ist in den Ingenieur- und hydrogeologischen Längsschnitten Anlage 19.2 und im Lageplan der Anlage 20.2 dargestellt.

1.3 Trassenverlauf

Bauliche Anlagen

Im Anschluss an die Talquerung mit Hauptbahnhof (PFA 1.1) wird die NBS in Richtung Süden in Tunnellage weitergeführt, um den Anstieg auf die Filderhochfläche zu bewältigen. Der dazu geplante Fildertunnel erstreckt sich von km 0+432 bis km 9+900. Daran schließt sich ein ~~120~~ 108,3 m langes Trogbauwerk an. Im weiteren Verlauf bis zur PFA-Grenze bei km 10+030 verläuft die Trasse im Einschnitt. Die Gradienten betragen 4 ‰ oder 25 ‰ (siehe auch Anlage 19.2.1).

Zum PFA 1.2 gehört auch der Abschnitt der NBS-Trasse in Richtung Obertürkheim/Untertürkheim von km 0+432 bis km 0+855 bzw. 1+155.

Zwischen km 0+432 bis km 0+656 bzw. 0+662 ist der Tunnel mit zwei 2gleisigen Tunnelröhren vorgesehen, wobei je Tunnelröhre ein Gleis in Richtung Flughafen und Richtung Untertürkheim/Obertürkheim bzw. in der anderen Röhre von Untertürkheim/Obertürkheim und vom Flughafen in Richtung Hauptbahnhof führt.

Zwischen km 0+656 bzw. 0+662 und km 0+705 bzw. 0+720 sind Verzweigungsbauwerke angeordnet, in denen die beiden zweigleisigen Tunnel in jeweils zwei eingleisige übergehen.

Ab km 0+705 bzw. 0+720 verlaufen zwei 1gleisige Tunnelröhren in Richtung Untertürkheim/Obertürkheim und zwei 1gleisige Tunnelröhren in Richtung Flughafen.

Der ca. 9,5 km lange Fildertunnel soll entweder in Spritzbetonbauweise (SBW) oder einer Kombination aus Spritzbetonbauweise und mit Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) aufgeföhren werden. Der Tunnel wird zwischen km 0+432 und km ~~9+765~~ 0+960 sowie zwischen ~~4+580~~ und km 5+730 in bergmännischer Bauweise mittels Spritzbetonbauweise und zwischen km 0+960 und km 4+580 sowie zwischen km 5+730 und km 9+765 mittels Maschinenvortrieb erstellt, wobei zwischen km 0+705 bzw. 0+720 und km 5+040 ein kleinerer Tunnelquerschnitt als zwischen km 5+040 und km 9+765 vorgesehen ist. Ab km 9+765 bis km 9+900 wird der Tunnel in offener Bauweise als Rechteckquerschnitt erstellt.

Im Rahmen des Flucht- und Rettungskonzeptes (vgl. Anl. 1, III, Kap. 4) sind zwischen den Tunnelröhren ~~11~~ 20 Querschläge in Abständen von ~~1000~~ 500 m sowie an jedem Tunnelportal eine Rettungszufahrt vorgesehen. *In km 7+750 ist ein weiterer Querschlag zur Aufnahme eines Betriebsraums vorgesehen.*

Des Weiteren ist ein *bergmännisch in Spritzbetonbauweise aufzuföhrender Zwischenangriff* geplant. Der Zwischenangriff Sigmaringer Straße mit einer Länge von ca. 1.392 m verläuft von den eingleisigen Tunnelröhren des Fildertunnels bei km 5+450 über ca. 800 m in Richtung

Südwesten und biegt anschließend bis zum Portalbereich in westliche Richtung um.

Weitere Angaben zum Trassenverlauf sind in Teil III, Anlage 1.2 des Erläuterungsberichtes enthalten.

Bestehende bauliche Nutzungen im Trassenbereich

Der randliche Innenstadtbereich Stuttgarts ist im Trassenbereich von zahlreichen baulichen Anlagen mit unterschiedlichen Nutzungen geprägt. Ein Teil der baulichen Anlagen ist historisch wertvoll und dementsprechend unter Schutz gestellt. Weiterhin wird mit dem Fildertunnel im Bereich des südlichen Voreinschnitts bebautes, teilweise industriell genutztes Gelände mit geringer Überdeckung unterfahren. Angaben über Art und Umfang der bestehenden baulichen Anlagen sind in Anlage 15.1 enthalten.

2 Beschreibung des Untersuchungsraumes

2.1 Übersicht

Der Untersuchungsraum umfasst einen Korridor von 1 km beiderseits der Trasse. In Anlehnung an die naturräumliche Gliederung Deutschland (HUTTENLOCHER und DONGUS 1967) gehört der Untersuchungsraum zur Stuttgarter Bucht (105) und zur Filder (106).

Die naturräumliche Gliederung des Untersuchungsraumes erfolgt im Hinblick auf und unter der Berücksichtigung der geologischen Aspekte. Dabei werden des Weiteren Wechselwirkungen des Vorhabens zu den die naturräumlichen geologischen und ingenieurgeologischen Aspekte prägende Strukturen, Formen und Verhältnisse aufgezeigt.

Die baulichen Anlagen im Untersuchungsraum sowie bestehende bauliche Nutzungen im Trassenbereich sind in Kapitel 1.3 beschrieben.

2.2 Naturräumliche Gegebenheiten

Die Stuttgarter Bucht (105) ist eine Traufbucht mit hohen Schilfsandsteinrücken, die sich in tiefe und enge, z. T. kesselförmige Ausraumzonen des Neckars und seiner Zuflüsse (z. B. Nesenbach) mit jeweils eigener Ausprägung gliedert.

Der zentrale Teil der Stuttgarter Bucht und gleichzeitig für den Untersuchungsraum relevant ist die Nesenbachbucht (105.2), ein kesselförmiger Ausraum des Nesenbaches und seiner Zuflüsse im Gipskeuper. Die südlich der Nesenbachbucht gelegenen Stuttgarter-Ostheimer Randhöhen (105.4) bilden den Übergang zwischen der Stuttgarter Bucht und der sich südlich anschließenden Filder.

Der Naturraum Filder (106) im weiteren Sinne umfasst das im Fildergraben weit nach NW auf die Keuperhöhen ausgreifende Schwarzjura-Albvorland im Plochinger Neckarknie und gliedert sich in die im Neckarknie liegende Filder im engeren Sinne (Schönbuchfelder), das Neckartal von Nürtingen-Esslingen und in die Schwarzwaldfelder.

Die Stuttgarter Bucht baut sich i. w. aus den Gesteinsabfolgen des Unteren und Mittleren Keupers auf, bei denen es sich um mehr oder weniger stark verfestigte Sandsteine und um Tonsteine handelt. In der Talau des Nesenbachs überdecken quartäre Ablagerungen die Keuper-

gesteine. Die Berghänge der Stuttgarter Bucht, die auf ca. 450 m NN ansteigen, werden aus dem oberen Bereich des Mittleren Keupers gebildet. Bedingt durch den Wechsel von weicheren, stark tonigen Gesteinen mit härteren Sandsteinbänken treten in den verschiedenen Schichtabfolgen Geländestufen auf.

Die Filder selbst ist eine sanft nach SO abgedachte, flachwellige Hochfläche und stellt eine nach NW vorgeschobene Schwarzjuraplatte des Albvorlandes in einem tektonischen Graben mit einem Höhenniveau zwischen 360 m NN und 390 m NN dar, die vorwiegend aus Tonsteinen mit vereinzelt Sandstein- und Mergelsteinlagen besteht. Im Untersuchungsraum setzt die Schwarzjuraabfolge am Hohen Bopser (Fernsehturm) ein und nimmt nach SO hin an Mächtigkeit zu. Die Filder wird von kleineren Bächen durchzogen, die dem Neckar zufließen. Die Filderebene selbst sowie die Talauen des Ramsbachs, der Weidach und der Körsch werden von quartären Ablagerungen überdeckt.

3 Geologische Verhältnisse

3.1 Gebirgsaufbau

3.1.1 Schichtaufbau

Der Untergrund wird im Untersuchungsraum von Schichtabfolgen der Trias, des Juras und des Quartärs aufgebaut.

Bedingt durch die nach SO hin einfallenden Schichtabfolgen stehen von N nach S die immer jünger werdenden stratigraphischen Schichtabfolgen des **Keupers** und des **Schwarzjuras** an, die im gesamten Bereich mit **quartären Ablagerungen** überdeckt sind.

In nachfolgender Tabelle 3/1 findet sich ein kurzer Abriss der im Bereich des Projektes Stuttgart 21 anstehenden Gesteine mit ihren jeweiligen Mächtigkeiten.

Tab. 3/1: Geologischer Überblick der im Untersuchungsraum anstehenden Gesteine

System (Formation)	Serie (Abteilung)	Stufe/Unterstufe sowie Gesteinsbeschreibung	Mächtigkeit im Untersuchungsraum (m)
Quartär	Holozän	künstliche Auffüllung (A) Auensedimente (qh)	0 - 5 0 - 10
	Pleistozän	Löß- und Filder-/Hanglehm (qlol, ql) Rutsch- und Hangschuttmassen (qr, qu)	0 - 10 0 - 30
Jura	Schwarzjura	Sinemurium (si) Arietenkalk (si1)	0 - 15
		Hettangium (he) Angulatensandstein (he2) Pylonotenton (he1)	ca. 13 7 - 11
		Oberer Keuper, ungliedert (ko) Mittlerer Keuper (km)	1 - 3
		Knollenmergel (km5) Stubensandstein-Formation (km4) Bunte Mergel (km3) Obere Bunte Mergel (km3o) Kieselsandsteinschichten (km3s) Lehrbergschichten (km3L) Untere Bunte Mergel (km3u) Schilfsandstein-Formation, ungliedert (km2) Hauptsteinmergel (km2H) Dunkle Mergel (km2D) Schilfsandstein (km2s) Gipskeuper (km1) Estherienschichten (km1ES) Mittlerer Gipshorizont (km1MGH) Bleiglanzbankschichten (km1BB) Dunkelrote Mergel (km1DRM) Bochinger Horizont (km1BH) Grundgipsschichten (km1GG) Unterer Keuper, ungliedert (ku) Oberer Lettenkeuper (ku2) Unterer Lettenkeuper (ku1)	28 - 37 67 - 76 42 - 50 13 - 19 3 - 11 1 - 4 18 - 27 9 - 36 1 - 3 1 - 6 7 - 34 85 - 105 9 - 36 35 - 43 1 - 3 15 - 18 4 - 8 8 - 18 17 - 20 10 - 12 8 - 10
Muschelkalk	Oberer Muschelkalk (mo) Mittlerer Muschelkalk (mm) Unterer Muschelkalk (mu)	ca. 80 60 - 65 ca. 50	

--- = Diskordanz

Die geologischen Verhältnisse im Bereich des PFA 1.2 sind in den ingenieur- und hydrogeologischen Längsschnitten (Anlage 19.2.1 bis 19.2.3) zeichnerisch dargestellt, wobei Isolinienpläne etc. als Grundlage dienen, in denen die Erkenntnisse des 1. bis 4. Erkundungsprogramms sowie von Fremdaufschlüssen berücksichtigt wurden. Hierbei ist zu beachten, dass die geologischen Verhältnisse, wie die Lage von Schichtgrenzen, von tektonischen Elementen (Störungen, Dolinen) sowie weiteren geologischen Gegebenheiten, nur im Nahbereich von Aufschlüssen exakt bekannt sind.

Die im Bereich des PFA 1.2 anstehenden Gesteine werden im Folgenden vom ältesten zum jüngsten Schichtglied beschrieben.

Trias

- Muschelkalk

Oberer Muschelkalk

Der **Oberer Muschelkalk (mo)** (auch "Hauptmuschelkalk") wird nahezu vollständig aus Karbonatgesteinen aufgebaut. Im unteren Bereich des Oberen Muschelkalkes stehen die Kalksteine der ca. 35 m mächtigen Trochitenschichten an, in die mächtigere Ton- und Mergellagen eingeschaltet sind. Die auflagernden, ca. 33 m mächtigen Künzelsauer Schichten werden neben dünnbankigen, dichten Kalksteinbänken, welche durch geringmächtige Tonstein- und Mergelsteinzwischenlagen voneinander getrennt sind, auch von dickbankigen, z.T. fossilreichen mikritischen und bioklastischen Kalksteinlagen aufgebaut. Im oberen Bereich sind stark verwitterte, klüftig-kavernöse Dolomite des ca. 10 - 12 m mächtigen Trigonodusdolomits ausgebildet.

- Keuper

Der Keuper wird in den Unteren, Mittleren und Oberen Keuper untergliedert.

Unterer Keuper

Der im Raum Stuttgart zwischen 17 und 20 m mächtige **Untere Keuper (ku)**, auch **Lettenkeuper** genannt, setzt sich aus einer Wechselfolge von verwitterten Tonsteinen und karbonatischen, überwiegend dolomitischen Bänken zusammen. Die dolomitisch/calcitischen, tonig/mergeligen bzw. tonig/sandigen Horizonte (Grüne Mergel) führen z.T. Gips/Anhydrit. Im unteren Abschnitt finden sich bis zu mehrere Meter mächtige Lagen aus Feinsandstein. Das Top des Lettenkeupers bildet der ca. 0,2 bis 1 m mächtige Grenzdolomit. Die Kalk- und Dolomitsteinlagen sind meist ausgeprägt geklüftet.

Mittlerer Keuper

Der **Gipskeuper (km1)** setzt sich i. w. aus rötlichen und graugrünen Ton-, Schluff- und Mergelsteinen zusammen, in die karbonatische Bänke eingeschaltet sind. Des Weiteren treten Sulfate entweder in Form von Bänken von wenigen Dezimetern Stärke, in feinschichtiger Wechsellagerung mit Ton- und Schluffsteinen, in Knollen oder in Flasern auf.

Die calciumsulfathaltigen Bereiche des Gipskeupers sind im Stuttgarter Raum im Wesentlichen auf die basalen Grundgipsschichten sowie in untergeordneter Mächtigkeit auf die Schichten des Mittleren Gipskeupers beschränkt. Im nicht ausgelaugten Gebirge ist die gesamte Schichtmächtigkeit des Gipskeupers mit rd. 110 m anzusetzen. Im oberflächennahen Bereich ist der km1 tiefgründig verwittert und ausgelaugt; vom ursprünglichen Festgestein bleibt dann ein lockergesteinsartiges Gebirge mit einer gestörten bzw. verstützten Schichtlagerung

zurück. Unterhalb der **Ablaugungsfront** enthält das Gebirge durch Wasseraufnahme aus Anhydrit umgewandelten Gips und unter dem **Anhydritspiegel** überwiegend der unveränderte Anhydrit an. Die bei Wasserzutritt stattfindende Umwandlung von Anhydrit in Gips bewirkt ein starkes **Schwellen** des Gebirges (bis zu 60 % Volumenzunahme). Im Untersuchungsraum liegen die Gesteine des Gipskeupers fast ausschließlich im unausgelaugten Zustand vor. Lediglich im Bereich geringer Gebirgsüberdeckung am Fuß und im Hangbereich des Gablenberges sind sie ausgelaugt.

Nachfolgend werden die Schichtabfolgen des Gipskeupers für den Bereich des PFA 1.2 beschrieben.

Die sich an der Basis des Gipskeupers befindenden **Grundgipsschichten (km1GG)** bestehen im ausgelaugten Zustand im oberen Teil aus einer Wechselfolge von grauen bis rotbraunen Tonsteinen und Gipsauslaugungsresten. Zum Lettenkeuper hin finden sich immer wieder wenige dünnbankige, verwitterte Dolomitsteinbänkchen. Im unausgelaugten Zustand liegt im oberen Teil eine Wechselfolge rötlich brauner Ton- und Tonmergelsteine mit Gipslagen vor, in die im unteren Teil Zentimeter- bis Dezimeter-mächtige Dolomite eingeschaltet sind.

Im unausgelaugten Zustand erreichen die Grundgipsschichten durchschnittliche Mächtigkeiten von ca. 15 - 18 m, während im ausgelaugten Zustand die Mächtigkeiten des km1GG auf weniger als 10 m reduziert sind.

Der **Bochinger Horizont (km1BH)**, mit der in der Regel im unteren Drittel eingelagerten Bochinger Bank, trennt die Grundgipsschichten (km1GG) von den überlagernden Dunkelroten Mergeln (km1DRM). Überwiegend graugrüne Tonsteine mit deutlich geringerem Calciumsulfatgehalt, bzw. nahezu vollständigem Fehlen von Gips- und Anhydritlagen, sowie den dolomitischen Mergelkalksteinen der Bochinger Bank, grenzen den Bochinger Horizont deutlich von den über- und unterlagernden Gesteinen ab. Den Top des Bochinger Horizontes bilden die rotviolettlichen Tonsteine des ca. 0,4 bis 0,8 m mächtigen Dunkelviolettlichen Grenzlagere.

Der Bochinger Horizont weist im unausgelaugten Zustand Mächtigkeiten zwischen ca. 4 m und ca. 6 m auf. Es wurden jedoch auch höhere Mächtigkeiten bis ca. 8 m festgestellt. Eindeutige Mächtigkeitsunterschiede zwischen ausgelaugtem und nicht ausgelaugtem Zustand des km1BH sind nicht zu erkennen.

Die **Dunkelroten Mergel (km1DRM)** überlagern den Bochinger Horizont mit ihren zumeist rotbraunen Ton- und Tonmergelsteinen. Ihr Calciumsulfatgehalt ist deutlich höher als im Bochinger Horizont, reicht jedoch nicht an die Gehalte der Grundgipsschichten heran. In Abhängigkeit vom Auslaugungsgrad sind die Dunkelroten Mergel ca. 15 m bis rund 18 m mächtig.

Als Grenzlager liegen zwischen Dunkelroten Mergeln (km1DRM) und Mittlerem Gipshorizont (km1MGH) die **Bleiglanzbankschichten (km1BB)**. Im Untersuchungsgebiet werden die Bleiglanzbankschichten im unausgelaugten Zustand aus graugrünen Ton- oder Tonmergelsteinen mit Gips-/ Anhydritlagerungen aufgebaut. Im ausgelaugten Zustand liegen völlig verwitterte, graugüne Ton- bis Tonmergelsteine mit zwischengelagerten Gipsauslaugungsresten vor. Am Top der Bleiglanzbankschichten befindet sich die aus Tonmergelsteinen bestehende Bleiglanzbank, die eine Mächtigkeit von lediglich 10 bis 40 cm aufweist. Die Bleiglanzbankschichten haben sowohl im ausgelaugten als auch im unausgelaugten Zustand Mächtigkeiten zwischen rund 1,5 m - 2,5 m.

Der **Mittlere Gipshorizont (km1MGH)** zeichnet sich durch bunte Ton- und Mergelsteine mit häufigen, zumeist geringmächtigen Gips-/Anhydritlagen aus und ist im Vergleich zu den Dunkelroten Mergeln und dem Bochinger Horizont im unausgelaugten Gebirge wieder stärker calciumsulfatführend, wobei die Gips-/Anhydritlagen im Vergleich zu den Grundgipsschichten etwas geringmächtiger und feiner in den Tonsteinen verteilt sind.

Im unausgelaugten Zustand wechseln sich häufig 0,5 cm bis 3 cm dicke grüngraue und rote Tonstein- bzw. Mergelsteinlagen mit ebenso dicken Gips-/Anhydritlagen ab. Im ausgelaugten Zustand sind die Ton- und Tonmergelsteine i.d.R. stark bis vollständig verwittert anzutreffen und mit schluffig/sandigen Gipsauslaugungsresten durchzogen.

Der Mittlere Gipshorizont wurde sowohl im ausgelaugten als auch im unausgelaugten Zustand mit Mächtigkeiten zwischen 35 m und 43 m angetroffen.

Die **Estheriensschichten (km1ES)** als jüngstes Schichtglied des Gipskeupers sind geprägt von grauen bzw. bunten, schluffigen Tonsteinen, in die mehrfach geringmächtige karbonatische Bänke in Form von Steinmergellagen eingeschaltet sind. An der Basis der Estheriensschichten befinden sich der Acrodus-Corbula-Horizont (km1AC), der durch calcitische Tonsteine und geringmächtige Dolomitsteinlagen, die Schichtmächtigkeiten zwischen 1,3 m und 3,9 m erreichen, gekennzeichnet ist. In die überlagernden Schichtabfolgen (Untere Bunte Estheriensschichten, Graue Estheriensschichten und Obere Bunte Estheriensschichten) sind Gips-/Anhydritlagen und -linsen bzw. Gipsauslaugungsreste sowie stellenweise bis zu wenige dm-starke Karbonatbänke eingeschaltet.

Die Estheriensschichten liegen sowohl im ausgelaugten als auch im unausgelaugten Zustand in stark wechselnden Mächtigkeiten vor. Die Variationen sind dabei nicht auf unterschiedliche Auslaugungszustände zurückzuführen, sondern auf eine nachfolgende, nicht flächenhaft wirkende Erosionsphase, die vor Ablagerung der Schilfsandsteinstränge erfolgten (s. u.).

Die **Schilfsandstein-Formation (km2)** lagert erosiv-diskordant über den Schichtabfolgen des Gipskeupers (km1), wodurch aufgrund des vorherrschenden Reliefs und des Ablagerungsmilieus dieser Schicht-

einheit ein verhältnismäßig uneinheitliches Schichtprofil im Hinblick auf die lithologische Ausbildung und die Mächtigkeit der Schichtglieder entwickelt ist. Zusammen mit den Estherienschiefern (km1ES) bildet die Schilfsandstein-Formation ein Schichtpaket mit einer relativ einheitlichen Mächtigkeit von ca. 45 m. Die Gesteinsabfolge der Schilfsandstein-Formation gliedert sich in den namensgebenden Schilfsandstein (km2s), die Dunklen Mergel (km2D) und die Hauptsteinmergel (km2H).

Der **Schilfsandstein (km2s)** wird im Stuttgarter Raum in eine bis über 30 m mächtige „Flutfazies“ und eine meist geringmächtige (ca. 7 m bis 15 m) „Normalfazies“ unterschieden.

Die „Flutfazies“ wird von dickbankigen Sandsteinen mit Schrägschichtung, Rippelgefügen und kleinen Tonsteinfasern aufgebaut. Daneben sind z.T. Aufarbeitungshorizonte v.a. im mittleren und unteren Bereich der Schichtabfolge sowie Pflanzenreste v.a. von Schachtelhalmen zu erkennen. Die Sandsteinkörper bestehen i. d. R. aus langgestreckten, mehr oder weniger linear angeordneten und z.T. verzweigten Gebilden mit einer Querausdehnung von bis zu wenigen Kilometern. Man bezeichnet sie ihrer Form und Anordnung nach auch als Sand(stein)-stränge, die in rinnenförmigen Eintiefungen des unterlagernden Gipskeupers sedimentiert wurden.

Die „Normalfazies“ besteht aus dünnschichtigen, zumeist sandig/schluffigen Tonsteinen, in die lokal geringmächtige, dolomitische Steinmergelbänke sowie plattig ausgebildete, glimmerschichtige Feinsandsteine mit deutlich erhöhtem Feinanteil eingelagert sind.

Der Übergang zwischen dem Schilfsandstein (km2s) und dem darüber folgenden Hauptsteinmergel (km2H) wird durch eine etwa 5 m mächtige, lokal fossilführende Serie mit dunkelroten oder auch graugrünen, z. T. sandigen Ton- oder Mergelsteinen, den **Dunklen Mergeln (km2D)** gebildet. Nach der überwiegend sandigen Ausbildung im Liegenden der Dunklen Mergel tritt hier wieder eine verstärkte Calciumsulfatführung der Gesteine auf, wobei neben der dispersen Verteilung in der Gesteinsmatrix auch knollige Aggregate und geringmächtige Gips-/Anhydritlagen vorliegen.

Der **Hauptsteinmergel (km2H)** besteht aus einer oder mehreren i. w. karbonatischen Bänken von insgesamt 2 m bis 3 m Mächtigkeit. Diese Bänke sind weitgehend horizontbeständig, jedoch nicht immer durchhaltend und bestehen aus dolomitischen Tonsteinen mit Dolomitbänken und können deutliche Calciumsulfatanteile in Form von Gips und Anhydrit (Berggips) enthalten.

Die Schichtabfolge der **Bunten Mergel (km3)** umfasst vom Liegenden zum Hangenden im Einzelnen die Schichtglieder der Unteren Bunten Mergel (km3u), die Lehrbergschichten (km3L), die Kieselsandsteinschichten (km3s) und die Oberen Bunten Mergel (km3o).

Im Hangenden der Schilfsandstein-Formation (km2) folgen an der Basis der Bunten Mergel (km3) Tonsteine mit einer oder mehreren geringmächtigen Dolomitsteinbänke. Diese lokal fossilführende Gesteinsserie

wird von einheitlich dunkelrot gefärbten, z. T. schwach sandigen Tonsteinen überlagert, die zusammen das Schichtglied der **Unteren Bunten Mergel (km3u)** ausbilden. Ebenso wie in den unterlagernden Hauptsteinmergel tritt auch hier wieder eine verstärkte Calciumsulfatführung der Gesteine auf, wobei neben der dispersen Verteilung in der Gesteinsmatrix auch knollige Aggregate und geringmächtige Gipslagen vorliegen.

Die Unteren Bunten Mergel liegen sowohl im vollständig bzw. teilweise ausgelaugten als auch im nicht ausgelaugten Zustand mit Mächtigkeiten zwischen zumeist 20,5 m und 22,0 m vor, wobei auch Mächtigkeitszunahmen bis 27 m bekannt sind.

Im Hangenden der Unteren Bunten Mergel (km3u) erfolgt in den weiterhin vorherrschend pelitisch ausgebildeten Sedimenten ein Farbumschlag hin zu braunroten bis grünlich grauen Tonsteinen, in die eine oder mehrere geringmächtige Steinmergellagen, die sogenannten Lehrbergbänke, eingeschaltet sind. Die lokal fossilführende Gesteinsserie **der Lehrbergsschichten (km3L)** kann wie die unterlagernden Unteren Bunten Mergel (km3u) letztmals innerhalb der Gesteinsabfolge des Mittleren Keupers eine verstärkte Calciumsulfatführung der Gesteine zeigen, wobei neben der dispersen Verteilung in der Gesteinsmatrix auch knollige Aggregate und geringmächtige Gipslagen vorliegen.

Die Lehrbergsschichten weisen Mächtigkeiten zwischen 1 m und 4 m auf.

In den ingenieur- und hydrogeologischen Längsschnitten in Anlage 19.2 sind die Unteren Bunten Mergel und die Lehrbergsschichten zusammengefasst dargestellt.

Im Hangenden der Lehrbergsschichten (km3L) lagern über einem geringmächtigen, i.d.R. ca. 1 m - 3 m starken zumeist stark tonigen unteren Abschnitt bis zu ca. 10 m mächtige, weißlich braune bis grünliche, feldspathaltige Sandsteine, die auf kurze Entfernung sowohl in sandige als auch sandfreie Tonmergelsteine mit z.T. quarzitisches Steinmergelbänken übergehen können. Die vorwiegend sandig ausgebildete Gesteinsserie der **Kieselsandsteinschichten (km3s)**, zeigt im Gegensatz zu den unterlagernden Lehrbergsschichten keine Gipslagen.

Die Kieselsandsteinschichten liegen mit Mächtigkeiten zwischen ca. 4 m und 11 m vor.

Im Hangenden der Kieselsandsteinschichten (km3s) folgen die **Oberen Bunten Mergel (km3o)**, eine Abfolge von uneinheitlich gefärbten, z. T. schwach sandigen Tonsteinen, in die mehrere zumeist geringmächtige, plattig bis dünnbankig ausgebildete, graue Dolomitsteinbänke eingeschaltet sind. Diese Gesteinsserie bildet das Top der Bunten Mergel (km3), deren pelitische Sedimentation im Hangenden von einer erneuten Sandsteinschüttung abgelöst wird. Ebenso wie in den unterlagernden Kieselsandsteinschichten tritt auch hier keine Calciumsulfatführung der Gesteine auf.

Die Oberen Bunten Mergel wurden mit Mächtigkeiten von rd. 13 m bis 19 m angetroffen.

Die Schichtabfolge der **Stubensandstein-Formation (km4)**, die nach dem Kieselsandstein (km3s) einen weiteren Komplex von Sandsteinschüttungen mit größerer Mächtigkeit repräsentiert, wird von mehreren fein- bis grobkörnigen Sandsteinkomplexen, die durch teilweise über 10 m mächtige Lagen aus reinen Tonsteinen oder Tonstein-Sandstein-Wechselagerungen (Lettenlagen) mit lokal ausgebildeten Karbonatlagen voneinander getrennt sind, gebildet. Der Übergangsbereich vom km4 zum darüber liegenden Knollenmergel (km5) wird zumeist von einer 10 m bis zu lokal 20 m mächtigen sandigen Tonsteinlage gebildet.

Die Gesamtmächtigkeit der Stubensandstein-Formation beträgt recht einheitlich rd. 70 m.

Die Gesteine der Stubensandstein-Formation (km4) werden im Hangenden von einer pelitischen Gesteinsserie - dem **Knollenmergel (km5)** - abgelöst, die sich aus roten bis rotbraunen Ton- und Tonmergelsteinen mit lagenweiser Einschaltung von graugrünen Karbonatkonglomerationen ("Knollen") zusammensetzt.

Die Gesamtmächtigkeit des Knollenmergels variiert zwischen rd. 28 m und 37 m.

Oberer Keuper (ko)

Im **Oberen Keuper (ko, Rät)** erfolgt der Faziesumschlag von der im höheren Mittleren Keuper vorherrschenden terrestrisch-fluviatilen zur marinen Sedimentation des überlagernden Schwarzjuras. Die Gesteinsabfolge des Oberen Keupers (ko) setzt sich im Untersuchungsraum aus dunkelgrauen, zumeist an Bitumen reichen Tonsteinen zusammen. Die Mächtigkeiten liegen zwischen ca. 1 m - 3 m.

Jura

- Schwarzjura

Die im PFA 1.2 anstehende Schichtabfolge des Schwarzjuras umfasst vom Liegenden zum Hangenden die Schichtglieder des Pylonotentones (he1), des Angulatensandsteins (he2) und des Arietenkalks (si1).

Der **Pylonotenton (he1, Lias alpha 1)**, mit dem die Schichtabfolge des Schwarzjuras einsetzt, besteht aus einer 20 bis 40 cm mächtigen, harten, dunkelgrauen Kalksteinbank (Pylonotenbank), die von grauen, gelegentlich sandführenden Ton- und Tonmergelsteinen überlagert wird. Der Pylonotenton wurde im Wesentlichen gleichbleibender Mächtigkeit von rd. 10 m bis 11 m angetroffen.

Der **Angulatensandstein (he2, Lias alpha 2)** im Hangenden des Pylonotentons (he1) umfasst sowohl sandige Ton- und Tonmergelsteine als

auch Sand- bzw. Kalksandsteine, die in mehrheitlich plattiger bis dünnbankiger Ausbildung Bankmächtigkeiten von bis zu 1 m aufweisen. An der Basis des Angulatensandsteins tritt eine 20 bis 40 cm mächtige Kalksteinbank (Oolithenbank) auf. Im Oberen Teil der Schichtabfolge liegen mehrere helle, plattige Sand- und Kalksandsteinbänke vor, wohingegen im unteren und mittleren Niveau schiefelig entwickelte Tone dominieren.

Der Angulatensandstein zeigt im Wesentlichen gleichbleibenden Mächtigkeiten von rd. 12 m bis 13 m.

Der **Arientenkalk (si1, Lias alpha 3)** besteht aus einer 10 m bis max. ca. 15 m mächtigen Wechselfolge von dunkelgrauen, mergeligen Kalksteinbänken mit helleren Ton- bzw. Mergelsteinzwischenlagen, wobei die karbonatischen Schichtglieder Bankmächtigkeiten von mehreren Dezimetern aufweisen können. Im oberen Abschnitt sind z.T. dunkle, bituminöse Schieferntonsteine (Ölschiefer) eingeschaltet. Die Basis wird von der 20 bis 40 cm mächtigen Kupferfelsbank, die als fossilreiche Kalksteinbank vorliegt, gebildet.

Im PFA 1.2 stehen nur die basalen Bereiche des Arientenkalks mit Mächtigkeiten von bis zu ca. 5 m an.

Quartär

Die im Untersuchungsraum großflächig verbreiteten quartären Lockersedimente erreichen Mächtigkeiten von z.T. über 10 m und liegen in Form von Löß/Lößlehm (qlol) bzw. Filder und Hanglehm (ql), Hangschutt- (qu) und Rutschmassen (qr), Auensedimenten (qh) und künstlichen Auffüllungen (A) vor. In den ingenieur- und hydrogeologischen Längsschnitten (Anlage 19.2) wurden Filder-, Hang- und Lößlehme zusammengefasst.

Infolge mechanischer Frostverwitterung und Solifluktion sowie durch überwiegend während des Pleistozäns sich ereignende Hangrutschungen liegen besonders an den versteilten Hängen im Bereich der Keuperschichtstufe **Hangschutt- und Rutschmassen (qu, qr)** pleistozänen/ holozänen Alters vor. Es handelt sich um häufig bis zu mehrere Meter mächtige tonig/schluffige, sandige Massen, in die mehr oder minder häufig Mergel-, Kalk- und Sandsteinbrocken z.T. bis in Blockgröße eingelagert sind. An der südöstlichen Flanke des Nesenbachtals befindet sich deutlich oberhalb des Hangfußes ein aufgrund von Auslaugungsprozessen und dadurch bedingten Hangbewegungen verkipptes und talwärts geglittenes Schichtpaket, wobei die Mächtigkeit dieser Rutschmasse 25 m übersteigt. Des Weiteren treten im Untersuchungsraum im Ausstrichbereich des rutschungsanfälligen Knollenmergels, z.B. an den Hängen des Körschtales, größere Hangschuttareale auf.

Die durch bodenbildende Prozesse während des Pleistozäns aus dem in den verschiedenen Glazialzeiten äolisch verfrachteten Löß entstandenen, schwach tonigen Feinsande und Schluffe des **Lößlehms (qlol)** treten in Gestalt von großflächigen Deckschichten über den Schichten des Keupers und des Schwarzjuras auf.

Als großräumige Deckschichten treten im gesamten Untersuchungsraum bis zu 10 m mächtige **Filder- und Hanglehme (ql)** auf. Es handelt sich dabei um **Verwitterungslehme** der Keuper- und Schwarzjuragesteine, die mit Löss und Lösslehm vermischt sind. Filder- und Hanglehme wurden zusammengefasst, da eine Unterscheidung zumeist nicht möglich ist.

Holozäne **Auensedimente (qh)** finden sich im Untersuchungsbereich in allen Talniederungen. Bei diesen Überflutungssedimenten handelt es sich je nach anstehendem Ausgangsgestein zum einen um bindige Lockersedimente mit einem geringen Sandanteil (meist Feinsande), zum anderen um Sedimente mit gröberen Komponenten, wobei die Talablagerungen in ihrer Zusammensetzung nicht einheitlich sind und sich zum Talrand hin mit Hangsedimenten verzahnen. Die Talablagerungen sind im Oberlauf der Flüsse zumeist nur wenige Meter stark entwickelt.

Die **künstlichen Auffüllungen (A)** bestehen zumeist aus einer bindigen Grundmasse, in die häufig Bestandteile von Kies- bzw. Steingröße (Ziegelbrocken, Bauschutt sowie Holz- bzw. Holzkohlestückchen) eingelagert sind.

3.1.2 Schichtlagerung und Tektonik

Übersicht

Der Untersuchungsraum gehört großräumig gesehen zur Süddeutschen Großscholle, die ehemals von bis zu ca. 1600 m mächtigen triassischen und jurassischen Sedimenten aufgebaut wurde. Um die Wende Jura/Kreide wurde das Gebiet Festland, das seitdem der Abtragung ausgesetzt ist. Die Schichtabfolge wurde während dieser Zeit aus der horizontalen Lage gekippt. Bei stärker werdender Beanspruchung der Schichtabfolge zerbrach das Gebirge meist entlang vorhandener alter Strukturlinien des tieferen Untergrundes und es kam zur Bildung von Verwerfungen und Gräben mit unterschiedlichen Versatzbeträgen.

Schichtlagerung/Störungen

Die Schichten des Keupers und des Juras fallen im Untersuchungsraum generell mit ca. 2° nach SO ein. Dieses tendenzielle Einfallen wird von kleinskaligen Phänomenen wie Auslaugungsstrukturen, Schichtverbiegungen im Bereich von Störungen etc. überlagert, die zu lokalen Schichteinfallswinkeln von zumeist 5 - 20° führen.

Im Untersuchungsraum sind 3 Störungen im Bereich der Bauwerke ausgebildet, die in Richtung O-W streichen. Die Versatzbeträge liegen zwischen etwa 5 und 11 m. Im direkten Umfeld von Störungen kann das Schichteinfallen deutlich versteilt sein.

Klüftung

Bedingt durch die verhältnismäßig homogene tektonische Beanspruchung des Gebirges im Bereich des Keupers und Juras bildete sich im Wesentlichen ein orthogonales Klüftmuster, dessen Hauptrichtungen N-S und O-W streichen.

Die Klüfte fallen überwiegend steiler als 70° ein.

Die Großklüfte der Ton- und Tonmergelsteine sind im Allgemeinen weitständig und die Kleinklüfte eng- bis mittelständig. Die Klüftung der geschichteten Kalksteine und Sandsteine ist mittel- bis weitständig. Mit zunehmender Verwitterung liegen überwiegend engständige Kleinklüfte vor.

3.2 Ingenieur- und baugeologisches Verhalten der Locker- und Festgesteine im Untersuchungsraum

Im Untersuchungsraum stehen bis in die bautechnisch relevanten Tiefen die Schichtabfolgen des Quartärs, des Mittleren und des Oberen Keupers sowie des unteren Schwarzzuras an. Diese Locker- und Festgesteine bilden den Baugrund für die Ingenieurbauwerke im PFA 1.2.

Lockergesteine des Quartärs

Die im Trassenbereich anstehenden **Lockergesteine des Quartärs** werden zumeist von Filder- und Lößlehmen sowie den an Talhängen anstehenden Hang- und Verwitterungslehmen gebildet. Dabei handelt es sich überwiegend um bindige Sedimente (Tone/Schluffe) von steifer bis halbfester Konsistenz, die kompressibel und frostempfindlich sind. Des Weiteren treten Hangschutt- und Rutschmassen, Auensedimente und künstliche Auffüllungen auf, die große Unterschiede in ihrer Zusammensetzung und Konsistenz aufweisen und infolgedessen ein sehr unterschiedliches baugeologisches Verhalten zeigen.

Ausgelaugte und stark verwitterte Festgesteine

Bei den ausgelaugten Gesteinen des Gipskeupers bzw. stark verwitterten Gesteinen des Keupers und Schwarzzuras handelt es sich um verwitterte und entfestigte Ton-, Tonmergel- und Sandsteine, die oberflächennah die Merkmale von Lockergesteinen aufweisen können. Lokal liegen Gipsauslaugungsreste vor. Diese Gesteine sind veränderlich fest und reagieren auf Austrocknung mit einer Auflockerung des Gebirgsverbandes. Bei Wiederbefeuchtung kommt es zu starker Festigkeitsabminderung, die bis zum Zerfall führen kann.

Die mürben bis sehr mürben Ton-, Tonmergel- und Sandsteine haben, unabhängig von der stratigraphischen Zugehörigkeit, i.d.R. bis in bautechnisch relevante Tiefen geringe, aber im Vergleich zu den Lockergesteinen höhere Druck- und Scherfestigkeiten und weisen eine schlechte Kornbindung auf. Die Tragfähigkeitseigenschaften der Festgesteine sind in hohem Maße vom Grad der Verwitterung abhängig. Einzelne Schichtpakete sind stark quellfähig.

Die Druck- und Scherfestigkeiten der Karbonatgesteine des verwitterten/ausgelaugten Keupers und unteren Schwarzhuras sind gegenüber den verwitterten Ton-, Tonmergel- und Sandsteinen etwas höher. Die Kornbindung ist - in Abhängigkeit vom Verwitterungsgrad - meist schlecht.

Unausgelaugte und gering verwitterte Festgesteine

Die unausgelaugten bzw. gering verwitterten Ton- und Tonmergelsteine des Keupers und Schwarzhuras weisen im Allgemeinen eine schlechte bis mäßige Kornbindung, wesentlich geringere Verformbarkeiten sowie höhere Druck- und Scherfestigkeiten auf als die ausgelaugten bzw. stark verwitterten Gesteine. In den Übergangsbereichen (aktive Auslaugungszone) vom unausgelaugten zum ausgelaugten Gipskeuper bilden sich oft vorübergehend Hohlräume, die durch Versturz/Nachfall wieder verfüllt sein können. Ein weiteres Merkmal stellt das ausgeprägte Schwell- und Quellverhalten der Gesteine, bedingt durch die Umwandlung des Anhydrits in Gips sowie durch eine Wasseraufnahme von vorhandenen quellfähigen Tonmineralen bei Wasserzutritt dar.

Die fein- bis grobkörnigen, feldspathaltigen und überwiegend schluffig/tonigen Sandsteine des Mittleren Keupers und unteren Schwarzhuras zeigen in Abhängigkeit vom Bindemittel, das sowohl tonig als auch karbonatisch oder kieselig beschaffen sein kann, stark unterschiedliche Festigkeitseigenschaften, sind jedoch zumeist mürbe und nur im Einzelnen kieselig gebundene Lagen fest und hart. Die Sandsteine werden von einzelnen, zumeist nicht horizontbeständigen Tonsteinlagen durchzogen.

3.3 Gravitative Massenbewegungen

Rutsch- und Hangbewegungen sind zwar im Trassenbereich nicht bekannt. In der näheren Umgebung sind jedoch Rutschungen sowie Kriechbewegungen aufgetreten.

Zum Beispiel befindet sich am Gablenberg, ca. 150 m südlich der Trasse im Bereich der Werastraße eine Rutschscholle, in der ehemals ca. 50 - 60 m höhergelegene Gesteinspakete der Schilfsandstein-Formation abgerutscht sind. Dass sich der Gablenberg zumindest bereichsweise in einem labilen Gleichgewichtszustand befindet, zeigen aktuelle Gebäudeschäden, die mit baulichen Maßnahmen bzw. mit Hangbewegungen in Zusammenhang stehen.

Im Körschtal sind zwei Rutschkörper bekannt, deren nächster ca. 400 m von der Trasse entfernt ist.

3.4 Primärspannungen

Im Quartär ist von Spannungsverhältnissen entsprechend $S_H = S_h = \nu/(1-\nu) \cdot S_V$ mit der Poisson-Zahl ν auszugehen, wobei die Vertikalspannung S_V der Auflast durch die überlagernde Gesteinssäule entspricht, S_H die größere und S_h die kleinere horizontale Hauptspannung ist.

Für die unverwitterten Tonsteine des Schwarzjuras existieren Modellvorstellungen hinsichtlich der Primärspannungsverhältnisse, die in diesem Bereich hohe Horizontalspannungen mit $S_H > S_V$ postulieren (WITTKKE, 1991). Diese hohen Horizontalspannungen werden durch Residualspannungen erklärt, die sich bei der Sedimentation und der Diagenese aufgebaut haben und bei der Abtragung der mehreren hundert Meter dicken Braun- und Weißjuraschichtabfolgen z.T. erhalten blieben.

Diese Vorstellungen sollten analog für die unausgelaugten Tonsteine des Keupers gelten. Mit den bislang durchgeführten Primärspannungsmessungen im Nahbereich der Trasse des Fildertunnels konnte die Existenz erhöhter Horizontalspannungen nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden.

3.5 Erdbebengefährdung

Nach der in DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Ausgabe April 1981) veröffentlichten Karte, der Karte der Erdbebenzone für Baden-Württemberg M 1:350.000 (Ausgabe 1972) sowie nach GRÜNTHAL und BOSSE (1997) liegen die Streckenabschnitte und Bahnanlagen in der Erdbebenzone 1. In dieser Zone ist im Falle eines Erdbebens höchstens mit "leichten Schäden an Gebäuden und feinen Rissen im Verputz" zu rechnen. In der Erdbebenzone 1 ist nach DIN 4149, Teil 1, Abschnitt 6 für die Bauten die Standsicherheit auch für den Lastfall Erdbeben nachzuweisen.

3.6 Verwertbarkeit

Werk- und baustofftechnisch sowie als Rohstoff verwertbare Gesteine stehen im Trassenbereich in der Schichtabfolge des Quartärs im Keuper sowie im Schwarzjura in begrenztem Umfang an.

Weitere, detailliertere Hinweise in Hinsicht auf die Wiederverwendbarkeit der von der Trasse angeschnittenen Gesteinseinheiten sind dem Erläuterungsbericht zu Verwertung und Ablagerung von Erdmassen in Anlage 21.1E zu entnehmen.

4 Hydrogeologie und wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Grundwasservorkommen

Die hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse werden im Trassenverlauf des PFA 1.2 bedingt durch eine ausgeprägte Grundwasserstockwerksgliederung, wobei im Untersuchungsbereich je nach Verbreitung der entsprechenden Schichten vom Hangenden zum Liegenden die Grundwasservorkommen in den heterogen zusammengesetzten **quartären Lockersedimenten (q)**, in den Sedimenten des **Unteren Schwarzjuras (he-si1)**, in der **Stubensandstein-Formation (km4)**, in den **Bunten Mergeln (km3)**, in den Sedimentgesteinen der **Schilfsandstein-Formation (km2)**, im **Gipskeuper (km1)**, in den Dolomit- und Sandsteinlagen des **Lettenkeupers (ku)** und das hochgespannte Kluft- und Karstgrundwasservorkommen im **Oberen Muschelkalk (mo)**, dem Trägergestein der Heil- und Mineralwasservorkommen von Stuttgart-Bad Cannstatt und -Berg unterschieden werden können. Eine detaillierte Beschreibung der o.g. Grundwasservorkommen ist dem Erläuterungsbericht Hydrogeologie und Wasserwirtschaft in Anlage 20.1 E zu entnehmen.

Hang- und Bergwasserverhältnisse im Übergangsbereich zum Galbenberg

In den Hangschuttmassen der Talflanken zum Gablenberg können bereichsweise gering ergebige Grundwasservorkommen ausgebildet sein, die einen Einfluss auf die Hangstabilität haben können.

5 Geotechnische Beurteilung

5.1 Einschnitte und Tunnelvoreinschnitte

Im Planfeststellungsabschnitt 1.2 schließt sich an das Trogbauwerk der Neubaustrecken in/aus Richtung Ulm ein ~~40~~ rd. 22 m langer Einschnitt an. Ein Voreinschnitt ist beim Zwischenangriff Sigmaringer Straße vorgesehen. Da der PFA 1.2 in der Erdbebenzone 1 liegt, sind bei der Konzeption dieser Bauwerke die entsprechenden, durch Erdbeben verursachten dynamischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

Der Einschnitt sowie ~~der~~ Voreinschnitt schneiden bis zu ca. 14 m in quartäre Lockergesteine (Lößlehm, Filderlehm/Hanglehm, Auensedimente), sowie in Locker- und Festgesteine des Schwarzjuras (Psilonotenton und Angulatensandstein), des Oberen und des Mittleren Keupers (Knollenmergel) ein (siehe Anlagen 19.2.1, Blatt 4 und 19.2.3, Blatt 4). Die Längen des Einschnitts bzw. des Voreinschnittes betragen ~~40~~ rd. 22 m bei der NBS, und rd. 110 m am Portal des Zwischenangriffs Sigmaringer Straße.

Die weichen bis halbfesten Lockergesteine des Quartärs sowie die zu Lockergestein entfestigten Schwarzjura- und Keupergesteine verfügen nur bereichsweise über die im Erdplanum geforderte Tragfähigkeit. Deshalb sind diese als Erdplanum für den Bahnkörper nur bedingt geeignet und müssen bis in die erdstatisch bzw. baugrunddynamisch erforderlichen Tiefen im Trassenbereich am Voreinschnitt des Portals Filder ausgetauscht bzw. verbessert werden.

Die anstehenden Festgesteine weisen überwiegend die im Erdplanum erforderliche Tragfähigkeit auf. Die Ton- bzw. Mergelsteine können jedoch durch Wassereinfluss und Verwitterung ihre Tragfähigkeit weitestgehend einbüßen und sind frostempfindlich. Die Ton- und Mergelsteine sind daher durch geeignete Maßnahmen vor den Witterungseinflüssen zu schützen.

Hinsichtlich des Quellverhaltens der im Untergrund anstehenden Locker- und Festgesteine sind Maßnahmen zur Reduzierung von negativen Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit der Bahnanlage erforderlich (z.B. Bodenaustausch, -verbesserung, -verfestigung).

Die Böschungen der Tunnelvoreinschnitte werden nach boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten gestaltet.

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20.1E enthalten.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch

wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

Die anstehenden Lockergesteine sind nach DIN 18300 überwiegend als mittelschwer lösbar Bodenarten, die Ton- bis Mergelsteine als leicht lösbarer Fels und die Sandsteine als leicht bis schwer lösbarer Fels einzustufen.

5.2 Tunnel

Im Planfeststellungsabschnitt 1.2 sind folgende Tunnelbauwerke vorgesehen: der Fildertunnel, das Anschlussbauwerk mit den Tunnelröhren Richtung Untertürkheim/Obertürkheim, der Zwischenangriff Sigmaringer Straße und die Rettungszufahrt Hauptbahnhof Süd. Da der PFA 1.2 in der Erdbebenzone 1 liegt, sind bei der Konzeption dieser Bauwerke die entsprechenden, durch Erdbeben verursachten dynamischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

Fildertunnel

Im Planfeststellungsabschnitt 1.2 verläuft die NBS von km 0+432 bis km 0+656 bzw. 0+662 in zwei zweigleisigen Tunneln mit Verzweigungsbauwerken. Anschließend wird der Filderaufstieg bis km 9+900 in zwei parallel geführten eingleisigen Tunneln bewältigt, die ~~größtenteils zum Teil~~ in bergmännischer *Bauweise, zum Teil mittels Machinenvortrieb* und im Bereich des Portals Filder in offener Bauweise erstellt werden. Der in offener Bauweise aufgefahrne Abschnitt des Tunnelbauwerks wird flach gegründet. Zwischen den eingleisigen Tunneln sind Querschläge im Abstand von # ~~1000~~ 500m vorgesehen. Zur Klimatisierung des Hauptbahnhofs sowie zur Entrauchung des Fildertunnels sind an der Grenze zum PFA 1.1 zwei Schwallbauwerke angeordnet. Diese Bauwerke werden im PFA 1.1 planfestgestellt und in dem zugehörigen Erläuterungsbericht beschrieben. Im Bereich des Portals Filder sind zwei Lüftungsschächte angeordnet.

Die Tunnel durchörteren Gesteine des ausgelaugten und unausgelaugten Gipskeupers, der unausgelaugten Schilfsandstein-Formation, der unausgelaugten Bunten Mergel, der Stubensandstein-Formation, der Knollenmergel, des Oberen Keupers (Rät), des Psilonotentons (Lias alpha 1), des Angulatensandsteins (Lias alpha 2) sowie quartäre Sedimente (siehe Anlage 19.2.1).

Die Ton- und Mergelsteine der ausgelaugten Schichtabfolge sind im Bereich der Ablagungsfront stark entfestigt und ansonsten sehr mürbe. Die unausgelaugten und die gering verwitterten Ton- bis Mergelsteine weisen demgegenüber eine bessere Kornbindung auf. Die Sandsteine

sind im Allgemeinen mürbe und nur in einzelnen Lagen fest und hart. Quartäre Lockergesteine stehen im Sohlbereich der Tunnel nicht an.

Beim Auffahren des Tunnels *in Spritzbetonbauweise* erfordern die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse flexible Vortriebsverfahren und Ausbruchstechniken. In Bereichen mit Bebauung sowie mit kritischen Hang- und Gebirgsverhältnissen werden gebirgschonende Ausbruchs- und Vortriebstechniken eingesetzt, die auch die hydrogeologische Situation des Gebirges mitberücksichtigen. Zur Sicherung der Bebauung und deren Gründungen sind Maßnahmen vorgesehen, die die ausbruchsbedingten Verformungen minimieren. Dazu gehört ein rascher Sohlschluss sowie eine vorauseilende Sicherung. Des Weiteren sind im Anfahrbereich von km 0+432 bis zur Urbanstraße Hebungsinjektionen vorgesehen, mit denen die vortriebsbedingten Senkungen schrittweise ausgeglichen und auf ein für die Bebauung verträgliches Maß begrenzt werden (siehe auch Anlage 1, Kapitel 13.1.2.9). Im Bereich von Störungen werden wegen der Gebirgsentfestigung spezielle Sicherungsmaßnahmen beim Auffahren des Tunnels ergriffen. Im unausgelaugten Keuper wird der Ausbruch und Ausbau auf das wasserempfindliche Verhalten der Gesteine, wie Quellen/Schwellen/Auslaugung, ausgerichtet. Dabei wird auf die Erhaltung der Gebirgsverhältnisse geachtet, um keine Wasserwegsamkeiten im Gebirge zu erzeugen.

Im Durchfahrungsbereich des unausgelaugten Gipskeupers wird der maschinelle Vortrieb im offenen Modus ohne Wasserzusatz gefahren, um Quellvorgänge auszuschließen. Im grundwasserführenden Gebirgsbereich ist der maschinelle Vortrieb im geschlossenen Modus vorgesehen, um Grundwasserabsenkungen weitgehend zu vermeiden. Die für den bergmännischen Vortrieb in Spritzbetonbauweise beschriebenen Randbedingungen gelten grundsätzlich auch für den maschinellen Vortrieb.

Im Durchfahrungsbereich des Potenzialsprungphänomens sowie in Bereichen, in denen die Ablaugungsfront oder Schichtabfolgen von den einzelnen Tunnelröhren durchfahren werden, die Grundwasservorkommen trennen, sind *Querschotts-Injektionsringe* in Form doppelreihiger Injektionsfächer bei km 0+470/447, 0+510, 0+550, 0+590, 0+630 ~~und~~ km 0+750 ~~und~~, km 0+910 ~~und~~ 9,0+20 sowie Dammringe bei km ~~0+850~~, km 0+950, ~~5+030~~ 4+590, ~~5+450~~ 5+465, ~~5+710~~ 5+720, ~~und~~ km ~~9+1308~~+950 vorgesehen (siehe hierzu auch Anlage 11.2). *Anzahl, Länge und Lage der Grundwassersperren werden bauzeitlich in Abhängigkeit von den geologischen Erfordernissen in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde festgelegt.*

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20 enthalten.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

Die anstehenden Lockergesteine sind nach DIN 18300 überwiegend als mittelschwer lösbar Bodenarten, die Ton- bis Mergelsteine als leicht lösbarer Fels und die Sandsteine als leicht bis schwer lösbarer Fels einzustufen.

Strecke Richtung Ober-/Untertürkheim

Die Tunnelbauwerke, die den Anschluss des neueren Hauptbahnhofs an die NBS-Trasse in Richtung Untertürkheim/Obertürkheim herstellen, werden z.T. ebenfalls im PFA 1.2 ausgeführt.

Die 150 m bzw. 435 m langen Bauwerke kommen in geringem Umfang im ausgelaugten und überwiegend in unausgelaugten Gesteinen des Gipskeupers zu liegen (siehe Anlage 19.2.2).

Die Ton- und Mergelsteine der ausgelaugten Schichtabfolge sind im Bereich der Ablaugungsfront stark entfestigt und ansonsten sehr mürbe. Die unausgelaugten und die gering verwitterten Ton- und Mergelsteine weisen demgegenüber eine bessere Kornbindung auf.

Beim Auffahren des Tunnels erfordern die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse flexible Vortriebsverfahren und Ausbautechniken. In Bereichen mit bebauung sowie mit kritischen Hang- und Gebirgsverhältnissen werden gebirgsschonende Ausbruch- und Vortriebstechniken eingesetzt, die auch die hydrogeologische Situation des Gebirges mitberücksichtigen. Im Bereich unausgelaugten Keupers wird der Ausbruch und Ausbau auf das wasserempfindliche Verhalten der Gesteine, wie Quellen/Schwellen/Auslaugung, ausgerichtet. Dabei wird auf die Erhaltung der Gebirgsverhältnisse geachtet, um keine weiteren Wasserwegsamkeiten im Gebirge zu erzeugen. Im Anfahrungsbereich sind nach Durchfahrung der Auslaugungsfront die Herstellung von ~~Querschotts-~~Injektionsringen bei km 0+810 (Achse 61) und km ~~0+730~~ 0+731 (Achse 62) sowie von Dammringen bei km ~~0+910~~ 0+940 (Achse 61) und km ~~0+800~~ 0+846-845 (Achse 62) vorgesehen (siehe hierzu auch Anlage 11.2). *Anzahl, Länge und Lage der Grundwassersperren werden bauzeitlich in Abhängigkeit von den geologischen Erfordernissen in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde festgelegt.*

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20 enthalten.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

Die anstehenden Ton- bis Mergelsteine sind als leicht lösbarer Fels einzustufen.

Rettenzugzufahrt Hauptbahnhof Süd

Die Rettungszufahrt Hauptbahnhof Süd verläuft z. T. in der bestehenden Nordröhre des Wagenburgtunnels. Diese wird den Anforderungen entsprechend umgebaut (siehe Anlage 1, Kapitel 2.1.6). Von der Nordröhre aus wird ein Stollen zu den Röhren des Fildertunnels vorgetrieben.

In Bereichen, in denen Schichtabfolgen durchfahren werden, die Grundwasservorkommen trennen, sind ~~Querschotts~~-Injektionsringe in Form doppelreihiger Injektionsfächer bei km 0+050, km 0+075, km 0+100 und km 0+125 vorgesehen (siehe hierzu auch Anlage 11.2).

Der Stollen durchörtert Gesteine des ausgelaugten und unausgelaugten Gipskeupers.

Die Ton- und Mergelsteine der ausgelaugten Schichtabfolge sind im Bereich der Ablaugungsfront stark entfestigt und ansonsten sehr mürbe. Die unausgelaugten und die gering verwitterten Ton- bis Mergelsteine weisen demgegenüber eine bessere Kornbindung auf.

Beim Auffahren des Tunnels erfordern die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse flexible Vortriebsverfahren und Ausbruchstechniken. In Bereichen mit Bebauung sowie mit kritischen Hang- und Gebirgsverhältnissen werden gebirgsschonende Ausbruch- und Vortriebstechniken eingesetzt, die auch die hydrogeologische Situation des Gebirges mitberücksichtigen. Zur Sicherung der Bebauung und deren Gründungen sind Maßnahmen vorgesehen, die die vortriebsbedingten Senkungen minimieren. Dazu gehört ein rascher Sohlschluss sowie eine vorausseilende Sicherung. Im unausgelaugten Keuper wird der Ausbruch und Ausbau auf das wasserempfindliche Verhalten der Gesteine, wie Quellen/Schwellen/Auslaugung, ausgerichtet. Dabei wird auf die Erhaltung der Gebirgsverhältnisse geachtet, um keine weiteren Wasserwegsamkeiten im Gebirge zu erzeugen. Im Bereich der Querung des Potenzialsprungphänomens durch die Rettungszufahrt ist bei km ~~0+080~~ 0+075 die Herstellung eines ~~Querschotts~~-Injektionsringes vorgesehen.

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20 enthalten.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

Die Ton- bis Mergelsteine sind als leicht lösbarer Fels einzustufen.

Zwischenangriff Sigmaringer Straße

Der ca. 1.392 m lange Zwischenangriff Sigmaringer Straße erstreckt sich von einem Voreinschnitt, der südwestlich von Degerloch in einer Zwickelfläche zwischen der B 27 und der Sigmaringer Straße liegt, bis zum NBS-km 5+450. Der Zwischenangriff Sigmaringer Straße wird nach Abschluss der Baumaßnahmen verfüllt.

Der Zwischenangriff durchörtert Gesteine der Bunten Mergel, der Stubenandstein-Formation, der Knollenmergel sowie des Oberen Keupers und des Schwarzzuras (siehe Anlage 19.2.3, Blatt 4).

Die gering verwitterten Ton- bis Mergelsteine sind mürbe bis sehr mürbe. Die Sandsteine sind im Allgemeinen mürbe und nur in einzelnen Lagen fest und hart.

Beim Auffahren des Zwischenangriffs erfordern die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse flexible Vortriebsverfahren und Ausbautechniken. In Bereichen mit kritischen Gebirgsverhältnissen werden gebirgsschonende Ausbruchs- und Vortriebstechniken eingesetzt, die auch die hydrogeologische Situation des Gebirges mitberücksichtigen. In Bereichen, in denen Schichtabfolgen durchfahren werden, die Grundwasservorkommen trennen, sind Dammringe bei km 0+400, km 1+180 und bei km 1+340 vorgesehen (siehe hierzu auch Anlage 11.2).

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20 enthalten.

Die Ton- bis Mergelsteine sind als leicht lösbarer Fels und die Sandsteine als leicht bis schwer lösbarer Fels einzustufen.

5.3 Dämme

Die Planung für den Planfeststellungsabschnitt 1.2 sieht keine Dämme vor.

5.4 Kunstbauwerke

Trog Voreinschnitt Filder

Im Bereich der Filderhochfläche ist am Portal Filder bei km 9+900 ein ~~120~~ 108,3 m langes Trogbauwerk angeordnet, das flach gegründet wird. Da der PFA 1.2 in der Erdbebenzone 1 liegt, sind die entsprechenden,

durch Erdbeben verursachten dynamischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

Der Trog Voreinschnitt Filder greift in Lockergesteine des Quartärs und die mehr oder weniger stark verwitterten Festgesteine des Schwarzjuras (Angulatensandstein) ein (siehe Anlage 19.2.1, Blatt 4).

Die stark verwitterten Ton- und Mergelsteine sind sehr mürbe. Die gering verwitterten Ton- bis Mergelsteine weisen demgegenüber eine bessere Kornbindung auf. Die Sandsteine sind im Allgemeinen mürbe und nur in einzelnen Lagen fest und hart. Quartäre Lockergesteine stehen im Sohlbereich des Trogbauwerks nicht an.

Angaben zur bauzeitlichen und dauerhaften Wasserhaltung sind in Anlage 20 enthalten.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

Die anstehenden Lockergesteine sind nach DIN 18300 überwiegend als mittelschwer lösbare Bodenarten, die Ton- bis Mergelsteine als leicht lösbarer Fels und die Sandsteine als leicht bis schwer lösbarer Fels einzustufen.

5.5 Aushub- und Ausbruchsmassen

Die beim Bau der Trasse anfallenden Aushub- und Ausbruchsmassen sowie deren Eignung für Dammschüttungen und für Bodenaustauschmaßnahmen sind in dem Erläuterungsbericht zur Verwertung und Ablagerung von Erdmassen in Anlage 21.1 beschrieben.

6 Zusammenfassung

Die geplanten baulichen Anlagen, die im Rahmen des Projekts Stuttgart 21 im Planfeststellungsabschnitt 1.2 vorgesehen sind, kommen in Gesteinen des Quartärs sowie des Keupers und des Juras zu liegen.

Bei den Gesteinen des Quartärs handelt es sich um künstliche Auffüllungen, Auensedimente und Löß- und Hanglehme. Diese Gesteine haben unterschiedliche geotechnische Eigenschaften und liegen als bindige Böden weicher bis fester Konsistenz vor.

Die Schichtabfolgen des Keupers und des Juras bauen sich aus Ton- bis Mergelsteinen und Sandsteinen auf. Die Ton- bis Mergelsteine des Gipskeupers, der Schilfsandstein-Formation und der Bunten Mergel kommen sowohl in ausgelaugter wie in unausgelaugter Form vor. Die unausgelaugten Ton- bis Mergelsteine und die Sandsteine sind i. a. mürbe. Die ausgelaugten Ton- bis Mergelsteine sind dagegen sehr mürbe und z. T. entfestigt. Die teilausgelaugten und unausgelaugten, anhydritführenden Gesteine schwellen bei Wasserzutritt.

Die im Untergrund anstehenden Locker- und Festgesteine weisen zum Teil quellfähige Tonminerale auf.

Im Untersuchungsraum wurden 3 Störungen im Bereich der Bauwerke festgestellt, die in Richtung O-W streichen. Die Versatzbeträge liegen zwischen etwa 5 und 11 m. Zwischen den Störungen treten sattel- und muldenförmige Schichtverbiegungen auf, wobei im direkten Umfeld von Störungen das Schichteinfallen deutlich versteilt sein kann.

Im PFA 1.2 sind an Bauwerken geplant der Fildertunnel, der aus zwei parallel geführten ein- bzw. zweigleisigen Röhren besteht, das Trogbauwerk am Portal Filder, der Anschluss an den PFA 1.6 (Strecke Richtung Ober-/Untertürkheim), eine Rettungszufahrt sowie ein Zwischenangriff.

Der Fildertunnel wird größtenteils bergmännisch *in Spritzbetonbauweise bzw. mittels Maschinenvortrieb* aufgefahren. Nur im Bereich des Südportals Fildertunnel ist ein Abschnitt vorgesehen, der in offener Bauweise erstellt und flach gegründet wird. Der Fildertunnel kommt in Gesteinen des ausgelaugten und unausgelaugten Gipskeupers, der unausgelaugten Schilfsandstein-Formation, der unausgelaugten Bunten Mergel, der Stubensandstein-Formation, der Knollenmergel, des Oberen Keupers (Rät), des Psilonotentons (Lias alpha 1), des Angulatensandsteins (Lias alpha 2) sowie in quartären Sedimenten zu liegen.

Die im PFA 1.2 zu behandelnden Tunnelbauwerke der Strecke Richtung Ober-/Untertürkheim werden bergmännisch erstellt und durchörteren Gesteine des ausgelaugten und unausgelaugten Gipskeupers.

Die Rettungszufahrt Hauptbahnhof Süd verläuft z. T. in der bestehenden Nordröhre des Wagenburgtunnels, von der aus ein Stollen zu den Röhren der NBS-Trasse durch Gesteine des ausgelaugten und unausgelaugten Gipskeupers vorgetrieben wird.

Der Zwischenangriff Sigmaringer Straße wird bergmännisch aufgeföhren, wobei in Gesteine der Bunten Mergel, der Stubensandstein-Formation, der Knollenmergel des Oberen Keupers und des Schwarzjuras eingegriffen wird. Der Stollen wird nach Abschluss der Bautätigkeit im Fildertunnel verfüllt.

Beim Aufföhren des Tunnels bzw. des Stollens *in Spritzbetonbauweise* erfordern die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse flexible Vortriebsverfahren und Ausbruchstechniken. In Bereichen mit Bebauung sowie mit kritischen Hang- und Gebirgsverhältnissen werden gebirgsschonende Ausbruchs- und Vortriebstechniken eingesetzt, die auch die hydrogeologische Situation des Gebirges mitberücksichtigen. Zur Sicherung der Bebauung und deren Gründungen sind Maßnahmen vorgesehen, die die ausbruchsbedingten Verformungen minimieren. Dazu gehört ein rascher Sohlschluss sowie eine vorauseilende Sicherung. Des Weiteren sind im Anfahrbereich des Fildertunnels von km 0+432 bis zur Urbanstraße Hebungsinjektionen vorgesehen, mit denen die vortriebsbedingten Senkungen schrittweise ausgeglichen und auf ein für die Bebauung verträgliches Maß begrenzt werden.

Im Durchföhrensbereich des unausgelaugten Gipskeupers wird der maschinelle Vortrieb im offenen Modus ohne Wasserzusatz geföhren, um Quellvorgänge auszuschließen. Im grundwasserführenden Gebirgsbereich ist der maschinelle Vortrieb im geschlossenen Modus und ohne Grundwasserableitung vorgesehen, um Grundwasserabsenkungen zu vermeiden.

Im Bereich von Störungen werden wegen der Gebirgsentfestigung spezielle Sicherungsmaßnahmen beim Aufföhren des Tunnels ergriffen. Im unausgelaugten Keuper wird der Ausbruch und Ausbau auf das wasserempfindliche Verhalten der Gesteine, wie Quellen/Schwellen/Auslaugung, ausgerichtet. Dabei wird auf die Erhaltung der Gebirgsverhältnisse geachtet, um keine weiteren Wasserwegsamkeiten im Gebirge zu erzeugen. In Bereichen, in denen die Ablauungsfront oder Schichtabfolgen durchföhren werden, die Grundwasservorkommen trennen, sind ~~Querschotts~~-*Injektionsringe* oder Dammringe vorgesehen.

Am Portal Filder der NBS-Trasse ist ein ~~420~~ 108,3 m langes Trogbauwerk angeordnet, das flach in Gesteinen des Schwarzjuras gegründet wird.

Die bis zu ca. 12 m tiefen und zwischen ~~30~~ 22 und 110 m langen Einschnitte/Voreinschnitte am Portal des Fildertunnels sowie beim Zwischenangriff schneiden in Gesteine des Quartärs, des Schwarzjuras und des Oberen und Mittleren Keupers ein. In Bereichen, in denen nicht tragfähige Böden oder quell-/schwellfähige Gesteine im Untergrund der Bahnanlagen anstehen, müssen bereichsweise Bodenaustausch- oder

Bodenverbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Böschungen werden nach boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten gestaltet.

Zur bauzeitlichen und dauerhaften Sicherung der von den geplanten Baumaßnahmen betroffenen baulichen Anlagen werden in nachfolgenden Planungsphasen entsprechende Konzeptionen entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bestand und die Funktionalität der baulichen Anlagen durch Unterhalts- und Wartungsarbeiten weder bauzeitlich noch dauerhaft gefährdet wird.

7 Literatur und verwendete Unterlagen

Hinweis: Die Ergebnisse aller Untersuchungen des 1. – 4. Erkundungsprogrammes sind in der Stellungnahme ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2002) berücksichtigt.

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2002):

ABS/NBS Stuttgart - Augsburg, PFA 1.2 Fildertunnel, Geologische, hydrogeologische, geotechnische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme, Teil 1, Geologie und Hydrogeologie.- Westheim

GRÜNTHAL, G. & BOSSE, C. (1996): Probabilistische Karte der Erdbebengefährdung der Bundesrepublik Deutschland - Erdbebenzonierungskarte für das Nationale Anwendungsdokument zum Eurocode 8, Scientific Technical Report STR96/10.

HUTTENLOCHER F. & DONGUS H. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 170 Stuttgart, Bad Godesberg.

igi NIEDERMEYER INSTITUTE, UNTERSUCHEN BERATEN PLANEN GmbH (1993): Ingenieurgeologische, hydrogeologische, wasserwirtschaftliche sowie ökologische und schalltechnische Beratungen, Band 12, Ingenieurgeologische, tunnelbautechnische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Aspekte bei der Unterfahrung des Stuttgarter Innenstadtbereichs, Teilbericht 3, Ingenieurgeologische Stellungnahme zum 1. Erkundungsprogramm, Westheim, Feb. 1993.

igi NIEDERMEYER INSTITUTE, UNTERSUCHEN BERATEN PLANEN GmbH (1996): Ingenieurgeologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche sowie ökologische und schalltechnische Beratungen, Band 12, Ingenieurgeologische, hydrogeologische, wasserwirtschaftliche sowie ökologische, schall- und erschütterungstechnische Aspekte im Hinblick auf die Planungen "Stuttgart 21", Teilbericht 9: Ingenieurgeologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme 2. Erkundungsprogramm, "Stuttgart 21" Vorprojekt, Teil 1: Erläuterungen, Feld- und Laborversuche und deren Auswertung, Westheim, Januar 1996.

igi NIEDERMEYER INSTITUTE, UNTERSUCHEN BERATEN PLANEN GmbH (1997): ABS/NBS Stuttgart - Augsburg: Ingenieurgeologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche sowie ökologische, schall- und erschütterungstechnische Aspekte im Hinblick auf die Planungen Stuttgart 21. Band 12, Teilbericht 16: Ingenieurgeologische Stellungnahme zum 3. Erkundungsprogramm, Fernbahn von Feuerbach und Bad Cannstatt zum neuen Hauptbahnhof, Neckarunterfahrungen bei Untertürkheim, Westheim, Februar 1997.

WBI PROF. DR.-ING. W. WITTKER BERATENDE INGENIEURE FÜR GRUNDBAU UND FELSBÄU GmbH (1999): ABS/NBS Stuttgart - Augsburg, Projekt Stuttgart 21; Planfeststellungsabschnitt 1.2 Fildertunnel: Geologische, hydrogeologische, geotechnische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme (Teil 2).- Stuttgart.

WBI PROF. DR.-ING. W. WITTKER BERATENDE INGENIEURE FÜR GRUNDBAU UND FELSBÄU GmbH (1998b): Tunnelbautechnisches Gutachten - in Bearbeitung -

WITTKER, W.: Hohe Horizontalspannungen im Jura und ihre bautechnischen Konsequenzen.- Geotechnik, Sonderheft über 9. Nat. Felsmech. Sympos., Aachen, 1991.