

Ausbau und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg Bereich Wendlingen – Ulm

Planfeststellungsunterlagen

Planfeststellungsabschnitt 2.2 „Albaufstieg“

Anlage 14.1a

Ingenieurgeologie, Erd- und Ingenieurbauwerke
Erläuterungsbericht

nur zur Information

Vorhabenträger:

DB Netz AG
vertreten durch
DB ProjektBau GmbH
~~Niederlassung Südwest-Großprojekt Stuttgart~~
21 - Wendlingen-Ulm, Röpplstraße 16
~~Projektzentrum Stuttgart~~
~~Mönchstraße 29~~
70191 Stuttgart

i.V. Breidenstein

gez. Breidenstein

Stuttgart, den ~~07.07.2006~~ 09.02.2009

Bearbeitung:

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

J. Mägdefessel *W. Rahn*
.....
J. Mägdefessel Dr. W. Rahn

Ettlingen / Westheim, den ~~07.07.2006~~

09.02.2009

INHALT

1	ALLGEMEINE ANGABEN	1
2	GEOMORPHOLOGIE UND GEOLOGIE	1
2.1	Geomorphologie	1
2.2	Schichtaufbau	2
2.2.1	Geologischer Überblick.....	2
2.2.2	Sedimente des Braunen Jura	4
2.2.2.1	Aalenium	4
2.2.2.2	Bajocium	5
2.2.2.3	Bathonium und Callovium	7
2.2.3	Sedimente des Oberen Jura	7
2.2.3.1	Oxfordium	7
2.2.3.2	Kimmeridgium	8
2.2.4	Vulkanische Bildungen des Tertiärs	10
2.2.5	Sedimente des Quartärs	10
2.3	Tektonische Verhältnisse	11
2.3.1	Klüftung.....	11
2.3.2	Störungen	12
2.4	Erdbebengefährdung	12
2.5	Verkarstung	13
2.5.1	Verkarstungsstrukturen.....	13
2.5.1.1	Dolinen (Erdfälle, Erdtrichter)	14
2.5.1.1.1	Beschreibung und Entstehung.....	14
2.5.1.1.2	Vorkommen	14
2.5.1.2	Karstsenken (–wannen).....	14
2.5.1.2.1	Beschreibung und Entstehung.....	14
2.5.1.2.2	Vorkommen	14
2.5.1.3	Höhlen	15
2.5.1.3.1	Horizontalhöhlen.....	15
2.5.1.3.1.1	Beschreibung und Entstehung:.....	15
2.5.1.3.1.2	Vorkommen	15
2.5.1.3.2	Vertikalhöhlen	15
2.5.1.3.2.1	Beschreibung und Entstehung.....	15
2.5.1.3.2.2	Vorkommen	15
2.5.1.4	Karströhren	16
2.5.1.4.1	Beschreibung und Entstehung.....	16
2.5.1.4.2	Vorkommen	16
2.5.1.5	Kluftkarst.....	16
2.5.1.5.1	Beschreibung und Entstehung.....	16
2.5.1.5.2	Vorkommen	16
2.5.1.6	Lösungsfugen	17
2.5.1.6.1	Beschreibung und Entstehung.....	17
2.5.1.6.2	Vorkommen	17

2.5.1.7	Dolomitlochfels im Kimmeridgium 2 (unterer Dolomitfaziesbereich).....	17
2.5.1.7.1	Beschreibung und Entstehung.....	17
2.5.1.7.2	Vorkommen	18
2.6	Primärspannungen	18
3	GEOTECHNISCHE EIGENSCHAFTEN DER SCHICHTABFOLGEN	19
3.1	Braunjura.....	19
3.1.1	Aalenium 1, („Opalinuston“, al1).....	19
3.1.2	Aalenium 2, („Eisensandstein“, al2E)	20
3.1.3	Bajocium 1-3 (bj1-bj3), Bathonium (bt), Callovium (cl)	20
3.2	Weißjura	21
3.2.1	Oxfordium 1 („Impressamergel“, ox1), Kimmeridgium 1 („Lacunosamergel“, ki1)	21
3.2.2	Oxfordium 2 („Wohlgebankte Kalke“, ox2), Kimmeridgium 2 („Untere Felsenkalke“, ki2) und Untere Massenkalk (joMu).....	21
3.3	Quartär.....	22
3.3.1	Ablehme/Lößlehme (qlol).....	22
3.3.2	Hangschutt (qu), Fließerde (qfl).....	23
3.3.3	Auensedimente (qhl), Schwemmlerme (qswl).....	23
3.3.4	Flussablagerungen (qg).....	23
4	GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG	24
4.1	Übersicht	24
4.2	Erdbauwerke	25
4.2.1	Voreinschnitte	25
4.2.1.1	Voreinschnitt Aichelberg	25
4.2.1.2	Voreinschnitt Hohenstadt und Einschnitt km 53,7 bis zur PFA-Grenze bei km 53,834	25
4.2.2	Seitenablagerungen und Zwischendeponien.....	28
4.2.2.1	Seitenablagerung Falchongrund.....	28
4.2.2.2	Zwischendeponie Roter Wasen.....	28
4.2.2.3	Seitenablagerung und Zwischendeponie <i>Humuslager</i> Hagenbrunnen.....	29
4.2.2.4	Zwischendeponie Kölleshof	31
4.2.2.5	Zwischendeponie <i>Umpfental</i>	32
4.2.2.6	Seitenablagerung <i>F8</i>	32
4.2.3	Dämme	33
4.3	Ingenieurbauwerke	34
4.3.1	Tunnel.....	34
4.3.1.1	Boßlertunnel	35

4.3.1.2	Steinbühltunnel	38
4.3.2	Zwischenangriffstollen	41
4.3.2.1	ZA Roter Wasen	41
4.3.2.2	ZA Umpfental	42
4.3.2.3	ZA Steinbruch Staudenmaier	42
4.3.3	Pilotstollen im Steinbühltunnel	43
4.3.4	Filstalbrücken	44

5 VERWENDETE UNTERLAGEN 48

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

tc2	Toarcium 2 (Jurensismergel)
al1	Aalenium 1 (Opalinuston)
al2E	Aalenium 2 (Eisensandstein)
UDS(al2E)	Unterer Donzdorfer Sandstein
PS(al2E)	Personatensandstein
ODS(al2E)	Oberer Donzdorfer Sandstein
bj1, bj2, bj3	Bajocium 1 - 3
OWS(bj1)	Oberer Wedelsandstein des Bajocium 1
bt+cl	Bathonium + Callovium
ox1	Oxfordium 1 (Untere Weißjuramergel)
ox2	Oxfordium 2 (Wohlgeschichtete Kalke)
ki1	Kimmeridgium 1 (Lacunosamergel)
ki2	Kimmeridgium 2 (Untere Felsenkalke)
joMu	Unterer Massenkalk
ki3	Kimmeridgium 3 (Obere Felsenkalke)
q	Quartär, allgemein
qlol	Alblehm / Lößlehm
qhl	Auensedimente
qfl	Fließerden
qg	Flussablagerungen
qu	Hangschutt
qswl	Schwemmlehm
qkw	Wiesenkalk
BAB	Bundesautobahn
BK	Kernbohrung
GM	Grundwassermessstelle
GOK bzw. GOF	Geländeoberkante
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
NBS	Neubaustrecke
PFA	Planfeststellungsabschnitt
TGA	Trinkwassergewinnungsanlage
ZA	Zwischenangriff
6. EPH	6. Bohr- und Erkundungsprogramm

1 Allgemeine Angaben

Der Alaufstieg der NBS Wendlingen – Ulm erfolgt zwischen km 39,27 und km 48,04 in dem Boßlertunnel mit ca. 8.770 m Länge und zwischen km 48,59 und km 53,40 in dem Steinbühl-tunnel mit ca. 4.810 m Länge. Zwischen beiden Tunneln wird das Filstal mit zwei max. 75 m hohen und ca. 485 m langen Talbrücken überquert. Der Steinbühl-tunnel endet mit dem östlichen Portal bei Hohenstadt nördlich der BAB A8. Dem Portal bei km 53,40 folgt der Vorein-schnitt Hohenstadt bis ca. km 53,60. Im weiteren Verlauf liegt die Trasse in geringhoher Damm- bzw. Geländegleichlage. Der Planfeststellungsabschnitt 2.2 endet an der Grenze des Landkreises Göppingen zum Alb-Donau-Kreis bei km 53,834.

Etwa 100 m südöstlich der Planfeststellungsgrenze quert die NBS im Planfeststellungsab-schnitt 2.3 die BAB A8 in einem kurzen Unterführungsbauwerk und verläuft anschließend südlich der BAB A8 mit dieser bis in Höhe von Dornstadt gebündelt.

2 Geomorphologie und Geologie

2.1 Geomorphologie

Der äußerste nordwestliche Bereich des PFA 2.2 ist dem Naturraum Mittleres Albvorland zuzuordnen. Der überwiegende Teil des Untersuchungsgebietes gehört dem Naturraum der Mittleren Kuppenalb an.

Das Mittlere Albvorland zeichnet sich im Vergleich zum Naturraum Mittlere Kuppenalb durch eine topographisch relativ tiefe Lage aus. Bedingt durch diese tiefere Lage herrscht günsti-ges Klima in diesem Raum vor, was früher Weinbau ermöglichte und zur Bevölkerungsver-dichtung und zum Städtereichum geführt hat. Ein besonderes Gepräge erhält der Naturraum durch den reichen Obstbau, der um die Städte und in den Hügelgebieten weit verbreitet ist.

Der Übergang vom Naturraum Mittleres Albvorland zum Naturraum Mittlere Kuppenalb wird von dem bereits zum Naturraum Mittlere Kuppenalb zählenden Albtrauf gebildet.

Der Albtrauf stellt sich als steil abfallende, tiefgreifend eingeschnittene Randhöhenzone dar, die eine sehr hohe Reliefenergie besitzt und nach Westen hin signifikant das Landschaftsbild

prägt. Die anstehenden Gesteinsarten bestimmen das morphologische Landschaftsbild. Der Steilanstieg, der den Rand der Schwäbischen Alb markiert, beginnt in den Gesteinen des Braunjura. Der Braunjura baut sich im Liegenden aus einer Tonsteinabfolge, im mittleren Teil aus einer Sandstein-/Tonsteinfolge und im hangenden Teil aus einer Tonstein-, Kalkstein- und Mergelstein-Wechselfolge auf. Die Stirn der Albtafel wird von den Gesteinen des Weißjuras gebildet, die im unteren Teil aus plattigen bis bankigen, nicht bis schwach verkarstungsfähigen Kalk- und Mergelsteinen, im mittleren und oberen Teil aus bankigen bis massigen Kalksteinen und Mergelsteinen, die gering bis stark verkarstungsfähig sind, bestehen. Die unausgeglichenen Hangformen sind entweder dicht bewaldet oder tragen Hecken- oder Heidelandschaften.

Im Naturraum Albrauf entspringen zahlreiche Quellen, die eine Vielzahl von Bächen speisen.

Auf der Schwäbischen Alb erreichen die Erhebungen der Mittleren Kuppenalb im Mittel eine Höhe von bis zu 800 m ü. NN. Die Formenwelt ist von verkarstungsfähigen Kalk- und Dolomitsteinen geprägt, die eine tiefreichende Verkarstung und die Entstehung der von weitverzweigten Trockentalsystemen durchzogenen Kuppenlandschaft mit ihren Karstwannen, Dolinenfeldern und ihrem Höhlenreichtum ermöglicht. Die Oberflächenarmut der verkarsteten Hochfläche wird dort gemildert, wo Mergelsteine und tonreiche Plattenkalke die Massenkalke bedecken und örtliche Wasserstauer bilden.

Eine besondere Eigenart der Mittleren Kuppenalb sind die tief in den Albkörper eingeschnittenen Talzüge, die zum Neckar hin entwässern. Die Agrarlandschaft wird durch große Markungen meist kleinbäuerlicher Dörfer bestimmt.

2.2 Schichtaufbau

2.2.1 Geologischer Überblick

Der Bereich Wendlingen – Ulm gehört großräumig betrachtet zur Süddeutschen Großscholle, die insgesamt von triassischen und jurassischen Sedimenten aufgebaut wird und mit etwa 1° (das entspricht einer Neigung von ca. 17,5 ‰) nach Südost bis Südsüdost einfällt. Lokal können, z.B. durch Verstellungen der Schichten an Störungen, auch größere Einfallswinkel auftreten.

Nach dem derzeitigen Planungsstand und auf der Grundlage der bisher durchgeführten Aufschlussuntersuchungen werden im Boßlertunnel unter gering mächtigen quartären Lockerschichten die Schichten vom Aalenium 1 (al1) bis Oxfordium 2 (ox2), die mehrfach durch Störungen versetzt sind, sowie des Kimmeridgium 1 (ki1) erwartet. Im Boßlertunnel werden voraussichtlich zwischen km 39,27 und km 43,25 die Tonsteine des al1 und zwischen km 43,0 und km 43,8 die Sand-/Tonsteinfohlen des Aalenium 2 (al2E) im Tunnelquerschnitt aufgeföhren. Es ist nicht auszuschließen, dass im Eingangsbereich etwa zwischen km 39,7 und km 40,0 Randbereiche des Vulkanschlotes von Aichelberg beim Tunnelvortrieb angefahren werden. Hier können evtl. örtlich vulkanische Gesteine (Tuffe u.ä.) sowie Trümmer ehemals überlagernder Gesteinsserien vorkommen. Von ca. km 43,6 bis ca. km 45,2 werden voraussichtlich die Tonstein- und Mergelsteinfohlen des Bajocium 1 (bj1), des Bajocium 2+3 (bj2+3) sowie des Bathonium und Callovium (bt-cl) im Tunnelquerschnitt angetroffen. Etwa zwischen km 45,5 und km 45,8 werden die Schichten des (bt-cl) störungsbedingt noch einmal in Teilen des Tunnelprofils aufgeföhren. Zwischen ca. km 44,9 und km 47,6 werden im Tunnel die Mergelsteinfohlen des Oxfordium 1 (ox1) aufgeföhren. Etwa zwischen km 47,45 und km 48,04 (Portal Buch) werden im Tunnel voraussichtlich die Kalksteinschichten des Oxfordium 2 (ox2) und darüber die Mergelstein-Wechselfolgen des Kimmeridgium 1 (ki1) aufgeföhren. Es ist zu erwarten, dass im Boßlertunnel mehrere Störungszonen angetroffen werden.

Im Bereich der Filstalbrücken stehen an den Hängen in den Gründungsbereichen unter mehrere Meter mächtigem Hangschutt die Gesteine des ox1 und ox2 an, im Talboden stehen unter ca. 10 m mächtigen Talablagerungen die Gesteine des Oxfordiums 1 sowie des Calloviums und Bathoniums an. In diesem Bereich sind mehrere Störungen, durch die die Schichten versetzt und verkippt und die Gesteine bereichsweise stark zerlegt und entfestigt sind, vorhanden.

Im Steinbühlentunnel stehen im Bereich des Portals Todsburg bei km 48,58 die Schichten des ox2 an, die im Tunnelprofil etwa bis km 48,8 angetroffen werden. Etwa ab km 48,6 bis ca. km 51,3 treten im Tunnelprofil die Mergelsteinfohlen des ki1 auf. Die verkarstungsfähigen Schichten des Kimmeridgium 2 (ki2) treten etwa zwischen km 50,0 und km 50,4 sowie zwischen km 51,15 und km 51,4, die massigen Kalke des Unteren Massenkalkes (joMu) ab ca. km 51,4 im Tunnelprofil auf. Etwa ab km 52,7 bis zum Portal Hohenstadt (bei km 53,4) des Steinbühlentunnels und in dem anschließenden Voreinschnitt werden unter geringmächtigem Lockergestein wiederum die geschichteten Kalksteine des ki2, in enger lateraler Verzahnung mit massigen Kalk- und Dolomitsteinen des joMu, erwartet.

~~Der 1405 m lange Zwischenangriffstollen Roter Wasen, der bei km 42,0 steigend auf den Boßlertunnel trifft, verläuft im Aalenium 1 (al1) unterhalb der Zopfplattenschichten in den sandigen Tonsteinen mit faserigen Sandsteineinschaltungen und Toneisensteinknollen und -lagen des Opalinustones.~~

Die geologische Situation entlang des Zwischenangriffstollens Umpfental, der bei km 44,5 auf den Boßlertunnel trifft, stellt sich voraussichtlich derart dar, dass in den ersten Stollenmetern noch quartäre Deckschichten, ab etwa Stollenmeter 10 bis ca. Stollenmeter 550 Kalk- bzw. Kalkmergelsteine des Oxfordium 1 (ox1) und etwa ab Stollenmeter 450 bis zum Zusammentreffen mit dem Haupttunnel nach 920 m Ton- und Mergelsteine des Callovium (cl), Bathonium (bt) und Bajocium 3 (bj3) angetroffen werden.

~~Der 523 m lange Zwischenangriff Steinbruch Staudenmaier verläuft ab dem Portal, das im Steinbruch Staudenmaier zu liegen kommt, im Unteren Massenkalk (joMu). Beim Auffahren des Zwischenangriffs werden ab ca. 100 m Entfernung vom Portal die Einheiten des Kimmeridgium 2 (ki2) erwartet, die aus der Sohle in den Zwischenangriffsquerschnitt hinein wandern. Ab der Vertriebsstation 350 m werden die Gesteine des Kimmeridgium 1 (ki1) erwartet, in denen der Stollen bei km 51,065 auf den Steinbühlertunnel trifft.~~

Der Schichtenverlauf entlang der NBS-Trasse und ~~in den~~ *im* Zwischenangriffstollen ist den Längsschnitten der Anlage 14.2 zu entnehmen.

Die im PFA 2.2 bautechnisch relevanten Schichten werden nachfolgend charakterisiert. Hierbei wird entsprechend einer genetischen Sichtweise die Reihenfolge vom ältesten zum jüngsten Gestein gewählt.

2.2.2 Sedimente des Braunen Jura

2.2.2.1 Aalenium

Die Schichtenfolge des Aalenium entlang der geplanten Trasse ist vertreten durch den „Opalinuston“ (al1) und den „Eisensandstein“ (al2E), in dem die Schichten des Unteren Donzdorfer Sandstein (UDS(al2E)), des Personatensandsteins (PS(al2E)) und des Oberen Donzdorfer Sandstein (ODS(al2E)) als markante Einheiten hervortreten.

Der untere, ca. 80 m bis 90 m mächtige Bereich des Opalinustons (al1), der Opalinuston s.str., besteht aus einer sehr monotonen dickbankigen bis massigen, dunkelgrauen Abfolge

schwach sandiger, glimmer- und teilweise Schalenbruchstücke führender Tonsteine. Darin sind vereinzelt dünnbankige, feinsandige, flaserige bis lagige Sandsteine eingelagert. Der obere Teil des Aalenium 1 besteht bis zur Grenze zum al2E aus bis zu 40 m mächtigen sandigen Tonsteinen mit flaserigen Sandsteineinschaltungen und Toneisensteinknollen und -lagen. Etwa 20 m unterhalb der Grenze zum al2E ist ein ca. 3 m mächtiger flaseriger Ton-sandsteinhorizont ausgebildet, die Zopfsteinplatten.

In der Einheit des Aalenium 2 nimmt der Anteil sandiger Fazies, wie sie bereits im oberen Abschnitt des Aalenium 1 einsetzte, stark zu, so dass sich lithologisch eine Folge von eisenhaltigen Sandsteinen, tonigen Sandsteinen, sandflaserigen bis sandigen Tonsteinen und dünnen Geröllsteinlagen ergibt. Vom Liegendem zum Hangendem werden drei unterschiedliche mächtige Sandsteinhorizonte, der Untere Donzdorfer Sandstein (UDS(al2E)), der Personatensandstein (PS(al2E)) sowie der Obere Donzdorfer Sandstein (ODS(al2E)) ausgeschieden. Sie werden von sandigen bis stark sandigen Tonsteinen getrennt. Letztere besitzen eine geringe Gesteinsfestigkeit. Die Gesamtmächtigkeit beträgt ca. 30 m bis 35 m.

Die Tonsteine und Feinsandsteine des Aaleniums enthalten in feiner Verteilung Pyrit, aus dem bei Zutritt von Luftsauerstoff leicht lösliche Sulfatverbindungen entstehen. Des weiteren wurden bei geochemischen Querschnittsuntersuchungen an repräsentativen Mischproben aus den Gesteinen des Aalenium geringe Anteile an Schwermetallen wie z.B. Arsen und Thallium festgestellt. Dementsprechend liegt die geogene Belastung der vorgenannten untersuchten Gesteine gemäß LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.2.

Die Schichtenfolge des Aaleniums ist im Bereich der bestehenden BAB A8 oberflächlich nur vom Fuß des Aichelbergs bis zum Maustobel aufgeschlossen. Es wird erwartet, dass bei der Auffahrung des geplanten Boßlertunnels die gesamte Schichtenfolge des Aaleniums ab dem westlichen Portal auf einer Strecke von ca. 4,5 km durchörtert wird.

2.2.2.2 Bajocium

Die Schichtenfolge des Bajocium umfasst im Bereich der geplanten Trasse die Einheiten der „Sonninienschichten“ (bj1), den „Ostreenkalk“ (bj2) und den „Hamitenton“ (bj3). Dabei bilden die Schichten des Oberen Wedelsandsteins (OWS(bj1)) eine auszuhaltende Einheit.

Die Sonninienschichten (bj1) bestehen aus sandigen, dunkelgrauen Ton- und Mergelsteinen. Die Schichtfolge beginnt mit einer wenige Dezimeter mächtigen, teils fossilreichen, oolithischen Mergelkalksteinbank (Sowerbyi-Oolith). Darüber folgt ein ca. 16 m mächtiger, mono-

toner Profilabschnitt von sandigen Tonsteinen mit wechselndem Sandgehalt und unregelmäßigen Einschaltungen von Toneisensteinknollen bzw. dünnen Toneisensteinlagen (Sonnienschichten s.str.). Die Sonnienschichten werden wiederum von kalkhaltigen, glimmerführenden Fein- und Mittelsanden überlagert („Oberer Wedelsandstein“, OWS(bj1)), die im oberen Bereich von einer bis zu 1 m mächtigen Tonsteinlage in zwei Bänke gegliedert sein können. Das Bajocium 1 schließt ab mit einer ca. 4 m mächtigen Tonsteinlage mit flaserigen bis feinlagigen Feinsand-Einschaltungen. Die Gesamtmächtigkeit wurde in den Aufschlussbohrungen mit ca. 25 m bis 30 m ermittelt, kann aber bis ca. 40 m betragen.

Der Ostreenkalk (bj2) gliedert sich in zwei Abschnitte. Der untere, ca. 3 m mächtige Abschnitt des bj2 besteht aus glimmerführenden, kalkigen, fossilarmen, teils flaserigen Tonsteinen (Giganteuston) mit zum Hangenden hin zunehmendem Sandgehalt. Die lithologische Grenze zum kalkigen Abschnitt bildet eine mehrere Dezimeter mächtige Wechselfolge von feinlagigen, schillführenden, oolithischen Kalk- bzw. Kalksandsteinen mit sandigen Tonsteinen (Humphriesanum-Oolith). Die stärker kalkige Fazies des oberen ca. 6 m mächtigen Abschnittes des Bajocium 2 besteht aus einer Wechsellagerung fossilarmer, dunkelgrauer, bankiger bis dickbankiger Tonsteine mit hellgrauen bis grauen, bankigen und fossilfreien Kalksteinen (Blagdeni-Schichten). Die Gesamtmächtigkeit liegt bei ca. 9 m.

Die Basis des Hamitentons bildet ein ca. 1 m mächtiger eisenoolithführender Kalkstein oder eine tonig-kalkige, dünnlagige Wechselfolge (Subfurcaten-Oolith). Der mittlere Abschnitt des Bajocium 3 besteht aus einer ca. 15 m bis 17 m mächtigen monotonen Abfolge von fossilarmen Tonsteinen (Hamitenton s.str.). Den Abschluss im Hangenden bildet wiederum eine ca. 1 m mächtige Wechsellagerung von dünnen, oolithischen Kalksteinen und Tonsteinlagen (Parkinsoni-Oolith). Die Gesamtmächtigkeit liegt bei ca. 15-20 m.

Die Ton- und Mergelsteine des Bajociums enthalten teilweise in feiner Verteilung Pyrit, aus dem bei Zutritt von Luftsauerstoff leicht lösliche Sulfatverbindungen entstehen. Des weiteren wurden bei geochemischen Querschnittsuntersuchungen an repräsentativen Mischproben aus den Gesteinen des Bajociums geringe Anteile an Schwermetallen wie z.B. Arsen und Chrom festgestellt. Dementsprechend liegen die geogenen Belastungen der vorgenannten untersuchten Gesteine gemäß LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.1 (bj1), Z2 (bj2) bzw. Z1.2 (bj3).

Die Schichtenfolge des Bajocium wird im Bereich des geplanten Boßlertunnels voraussichtlich von ca. km 43,6 bis ca. km 44,8 vollständig durchfahren werden.

2.2.2.3 Bathonium und Callovium

Die Schichtglieder des Bathonium und Callovium umfassen den „Dentalienton“ (bt) und „Ornatenton“ (cl). Aufgrund der geringen Mächtigkeiten werden diese stratigrafischen Einheiten zusammengefasst.

Der Dentalienton (bt) besteht im wesentlichen aus kalkhaltigen, fossilarmen und an der Basis pyritisierte Konkretionen führenden Tonsteinen (Dentalienton s.str.), in die vereinzelt eine dünne, teils oolithische Mergelkalksteinlage (Fucusbank) eingelagert ist. Die Mächtigkeit des Dentalientons liegt bei ca. 3 m.

Der Ornatenton (cl) beginnt an der Basis mit dem ca. 1 m mächtigen Macrocephalen-Oolith, einem von oolithischen Tonsteinen unter- bzw. überlagerter Mergelkalkstein bis Kalkstein. Über dem Macrocephalen-Oolith folgt mit einer Mächtigkeit von ca. 13 m der Ornatenton s.str., eine Abfolge von Tonsteinen und schwach sandigen Ton- bis Mergelsteinen. Vor allem im oberen Bereich treten zahlreiche zentimetergroße Phosphoritkonkretionen auf. Allgemein sind Lebensspuren wie z. B. pyritisierte Ammonitengehäuse, Belemnitenrostren, sowie Bioturbationen enthalten. Die Gesamtmächtigkeit des Ornatentons liegt bei ca. 14 m.

Die Ton- und Mergelsteine des Callovium/Bathonium enthalten teilweise in feiner Verteilung Pyrit, aus dem bei Zutritt von Luftsauerstoff leicht lösliche Sulfatverbindungen entstehen. Des Weiteren wurden bei geochemischen Querschnittsuntersuchungen an repräsentativen Mischproben des cl/bt erhöhte pH-Werte festgestellt. Dementsprechend liegen die geogenen Belastungen der vorgenannten untersuchten Gesteine gemäß LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.2.

Die Schichten des Bathonium und Callovium werden im Boßlertunnel etwa zwischen km 44,6 und ca. km 45,8 im Tunnelprofil angetroffen werden.

2.2.3 Sedimente des Oberen Jura

2.2.3.1 Oxfordium

Die Schichtenfolge des Oxfordium entlang der geplanten Trasse ist vertreten durch die „Unteren Weißjuramergel“ (ox1) und die „Wohlgeschichteten Kalke“ (ox2).

Die Unteren Weißjuramergel (ox1) bestehen aus überwiegend grauen Mergeln und Kalkmergeln mit eingeschalteten Kalkbänken. Hiervon wird der mittlere Teil der Unteren Weißjuramergel („Impressamergel“ s.str.) von eher mergeligen Schichtgliedern aufgebaut. Der oberste Teil ist dagegen durch vermehrt auftretende Kalkbänkchen als eher kalkiges Schichtglied zu beschreiben. Die Schichten der Unteren Weißjuramergel haben im Bereich der geplanten Trasse eine Mächtigkeit von ca. 90 m bis zu 95 m. Im Rahmen einer geochemischen Querschnittsuntersuchung an repräsentativen Mischproben des ox1 wurden leicht erhöhte Anteile an Sulfatverbindungen festgestellt, die offenbar aus Pyrit u.a. Sulfidverbindungen im unteren Drittel des ox1 ableitbar sind. Dementsprechend liegen die geogenen Belastungen der untersuchten ox1-Gesteine gemäß LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.2.

Die Wohlgeschichteten Kalke (ox2) des oberen Oxfordiums bestehen aus einer gleichförmig ausgebildeten Folge von Kalksteinbänkchen mit Mächtigkeiten zwischen 0,1 m und 0,6 m, die durch dünne Mergelfugen getrennt sind. Das Gestein ist von hellgrauer bis gelblichgrauer Färbung und splittert scharfkantig. In den Wohlgeschichteten Kalken kann lokal bereits eine Verschwammung mit abweichender fazieller Ausprägung ausgebildet sein. Die Wohlgeschichteten Kalke (ox2) sind als mäßig bis stark verkarstungsfähig einzustufen. Ihre Mächtigkeit liegt im Trassenbereich bei ca. 25 m. Die geochemische Querschnittsuntersuchung an repräsentativen Mischproben des ox2 ergaben geringe Schwermetallgehalte (Cadmium). Dementsprechend liegen die geogenen Belastungen der untersuchten ox2-Gesteine gemäß LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.1.

Die Schichtenfolge des Oxfordium ist am Albrauf, sowie im Winkelbachtal und im Filstal aufgeschlossen. Die Schichtenfolge wird durch den Boßlertunnel von ca. km 44,9 bis zu den Filstalbrücken vollständig durchfahren. Auf der gegenüberliegenden Seite des Filstals werden im Bereich des Portals Todsburg und in der Eingangsstrecke des Steinbühl tunnels bis ca. km 48,8 ebenfalls noch Schichten des Oxfordiums 2 erwartet.

2.2.3.2 Kimmeridgium

Die Schichtenfolge des Kimmeridgium ist vertreten durch den „Lacunosamergel“ (ki1), die „Unteren Felsenkalke“ (ki2) sowie durch den „Unteren Massenkalk“ (joMu).

Die Mergelsteine des Kimmeridgium (ki1) bestehen aus scherbilig und blättrig verwitternden Schichtgliedern, in deren oberem Bereich Kalk- und Kalkmergelsteinbänke eingeschaltet sind und Schwammstotzen auftreten können. Die Schichtenfolge zeigt im Trassenbereich eine durchschnittliche Mächtigkeit von 40 m bis 45 m bzw. maximale Mächtigkeit von

ca. 55 m. Die geochemische Querschnittsuntersuchung an repräsentativen Mischproben des ki1 ergaben erhöhte pH-Werte; demgemäß liegen die geogenen Belastungen der untersuchten ki1-Gesteine nach LAGA unter dem Zuordnungswert Z1.2.

Die Unteren Felsenkalke (ki2), die in weiten Teilen den Felskranz des Albtraufs bilden, zeigen in ihrer klassischen gebankten Fazies einen vierteiligen Aufbau. Im unteren Teil sind dünnbankige Kalksteine zu finden, überlagert von Kalksteinbänken mit hervortretenden Mergeleinschaltungen, dickbankigen Kalksteinen mit Kieselknollen sowie zwei grünlichgrauen und leicht dolomitisierten Kalkmergelsteinlagen am Top („Glaukonitbank“). Den Abschluss bilden Quaderkalke, die ebenfalls Kieselknollen führen können. Die Unteren Felsenkalke (ki2) sind als mäßig bis stark verkarstungsfähig einzustufen. Die Mächtigkeit variiert zwischen etwa 20 m und ca. 60 m.

Der Untere Massenkalk (joMu) tritt in Form eines ungeschichteten, harten, hellgrauen Kalksteins auf und ist lokal als Algen-Schwamm-Komplexe ausgebildet, bzw. führt eingeschaltete Riffschuttlagen. Des weiteren können dolomitisierte und dedolomitisierte Bereiche auftreten („Zucker Korn“), wobei diese Schichtglieder an der Oberfläche sandig verwittert vorliegen können. Die Mächtigkeiten schwanken beträchtlich und können bis zu 100 m und mehr erreichen. Der Untere Massenkalk tritt mit seiner Ausbildung nur in fazieller Vertretung der Kimmeridgium-Felsenkalke (ki2, ki3) auf und ist keine eigenständige stratigrafische Einheit. Gründe hierfür liegen in der allgemein stark zunehmenden Verschwammung bzw. Riffbildung im Verlauf des Mittleren Kimmeridgiums. Die Massenkalke sind aufgrund ihrer Zusammensetzung und Struktur als stark verkarstungsfähig einzustufen.

Die Oberen Felsenkalke (ki3), die zusammen mit den Schichtgliedern des ki2 den eigentlichen Hauptteil des Weißen Jura bilden, treten in der typischen Form als weiß- bis gelbgraue Kalksteine im PFA 2.2 nicht oder nur untergeordnet auf. Die Sedimente werden durch Verschwammung überwiegend als Untere Massenkalke (joMu) abgelagert. Prinzipiell sind die Oberen Felsenkalke (ki3) ebenfalls als stark verkarstungsfähig einzustufen.

Weite Teile der Schichtenfolge des Kimmeridgiums werden beim Vortrieb des Steinbühl-tunnels angetroffen werden. Zwischen ca. km 48,6 und km 51,3 werden das Kimmeridgium 1, im Bereich von etwa km 50,0 bis km 50,4, zwischen km 51,15 und km 51,4, sowie ab ca. km 52,6 bis km 53,4 Schichtglieder des Kimmeridgium 2 und zwischen km 51,4 und dem Tunnelportal bei km 53,4 die Unteren Massenkalke im Tunnelprofil erwartet. Ein kleinräumiger Wechsel zwischen gebankter und massiger Fazies innerhalb dieser Abschnitte ist nicht auszuschließen.

Zwischen Hohenstadt und dem Rastplatz Widderstall sind zahlreiche einzelne Erdfälle und Erdfallserien im unmittelbaren Umfeld der geplanten Trasse bekannt (vgl. GK 25 Blatt 7424 Deggingen). Hiervon sind insbesondere die Unteren Felsenkalke (ki2) bzw. der Untere Massenkalk (joMu) betroffen.

In den gebankten und massigen Karbonatgesteinen des ki2, des joMu und des ki3 wurden bei geochemischen Querschnittsuntersuchungen keine geogenen Belastungen festgestellt.

2.2.4 Vulkanische Bildungen des Tertiärs

Am Turmberg südöstlich von Aichelberg sind vulkanische Schlotfüllungen, vermutlich aus dem Miozän, aufgeschlossen. Es handelt sich um Basalte, Basalttuff, Schlotbrekzien unterschiedlicher Zusammensetzung mit Trümmern und Schollen des durchgeschlagenen Gebirges, geschichtete Tuffe und tuffitische Mergel. Die vulkanischen Bildungen wurden in den bisher abgeteufte Bohrungen nicht aufgeschlossen. Die Vulkanschlote sind häufig überdeckt, tiefgründig verwittert oder nicht bis an die Erdoberfläche vorgedrungen. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass in der Nähe des Turmbergschlotes im Bereich der Antragsstrasse ca. zwischen km 39,7 und km 40,0 vulkanische Gesteine im Trassenbereich auftreten können.

2.2.5 Sedimente des Quartärs

Bei den von den Baumaßnahmen betroffenen quartären Schichten handelt es sich überwiegend um Ablehme (qlol), Hangschutt (qu) und Fließerden (qfl), Flussablagerungen (qg), Auenlehme (qhl), Schwemmlerme (qswl) sowie Wiesenkalke (qkw) von normalerweise nur geringer Mächtigkeit.

Der Ablehm (qlol) ist in den Senken und Trockentälern der Albhochfläche weit verbreitet und tritt häufig in Form von braunem, tonigem, z. T. kiesigem bis steinigem Schluff auf. Lokal kann die Schicht von einer unterschiedlich mächtigen Decke von stein- und kiesfreiem Lößlehm überzogen sein.

Die Flussablagerungen (qg) treten ausschließlich im Filstal auf und bestehen aus fluviatil abgelagerten Steinen, Kiesen und Sanden mit unterschiedlichen Sortierungs- und Rundungsgraden und einem stark variablen Feinkornanteil.

Bei den Vorkommen von Auenlehmen (qhl) und Schwemmlernen (qswl) handelt es sich überwiegend um gelbbraune Schluffe und Tone, in denen z. T. auch sandige und schwach feinkiesige Partien auftreten können. Auen- und Schwemmlerne sind im Bereich der Talsohlen häufig in variablen Mächtigkeiten anzutreffen.

Die Wiesenkalke (qkw) werden durch Kalkfällung bei Quellaustritten und unter maßgeblicher Beteiligung von Pflanzen und Mikroorganismen gebildet. Es handelt sich im wesentlichen um Kalktuffe, die z.T. gebändert sind. Wiesenkalke treten entlang der Antragsstrasse nur im Filstal auf.

Hangschutt (qu) und Fließerden (qfl) kommen an den meisten Berghängen vor und reichen z. T. bis in den Bereich der Talsohle hinein. Sie besitzen stark wechselnde Mächtigkeiten und eine sehr heterogene Zusammensetzung.

2.3 Tektonische Verhältnisse

2.3.1 Klüftung

Im Bereich des Albaufstiegs sind die geschichteten Gesteine im Regelfall durch ein nahezu orthogonales Kluftsystem, das im allgemeinen senkrecht zur Schichtung orientiert ist, geprägt. Die vorherrschenden Streichrichtungen der Klüfte sind NNE-SSW und E-W.

Die Klüftung der Tonsteine im Braunjura (hierbei werden die Tonsteine des al1, al2E, bj1, bj2, bj3, bt und cl zusammen betrachtet) ist nur sehr schwach ausgebildet. Die Kluftabstände sind weitständig bis sehr weitständig. Nur sehr vereinzelt sind in lokal und teufenmäßig eng begrenzten Bereichen auch mittelständige Kluftabstände ausgebildet.

Die Sandsteine des al2E und bj1 sind großteils durch vertikal bis subvertikal einfallende Klüfte charakterisiert. Die Kluftabstände sind je nach Bankmächtigkeit engständig bis weitständig.

Die Kluftabstände in den Tonmergel- und Mergelsteinen des ox1 und ki1 sind überwiegend weitständig, bereichsweise mittelständig. Die Kluftflächen sind überwiegend stufig oder eben und nur vereinzelt wellig. Die Kluftabstände in den Kalksteinen des ox1 und ki1 sind ebenfalls überwiegend weitständig.

Die Kalksteine des ox2 und des ki2 sind überwiegend weitständig geklüftet. Die Einfallwinkel sind vertikal bis mäßig steil. In den zwischenlagernden Mergelsteinlagen des ox2 treten auch flache Einfallwinkel und Harnische auf. Die Klufflächen sind stufig und eben, bereichsweise auch wellig ausgebildet.

In den Kalk- und Dolomitsteinen des Massenkalks (joMu) sind vertikale, subvertikale, steile und flache Klüfte vertreten. Diese sind häufig stufig und eben, teilweise auch glatt und wellig oder rauh ausgebildet. Die Kluftabstände sind weitständig bis sehr weitständig.

2.3.2 Störungen

Aufgrund der für die Planfeststellung vorliegenden Erkundungsergebnisse ist damit zu rechnen, dass die Tunnel des Alaufstiegs und der Zwischenangriffe mehrere Störungen durchfahren werden. Die dominierende Streichrichtung der Störungen ist NE-SW. Die Störungen fallen vermutlich nahezu senkrecht ein. Die vertikalen Versatzbeträge liegen in der Größenordnung von wenigen Metern bis ca. 50 m. Die drei im Bereich des Boßlertunnels vermuteten Störungen wird der Tunnel voraussichtlich in den Gesteinen des Braunjura bzw. im Grenzbereich Braunjura/Weißjura (Winkelbachtal) durchfahren.

Im Bereich des Filstals sind mindestens zwei signifikante Störungen (mit dem Charakter einer Blattverschiebung) mit vertikalen Versatzbeträgen von max. ca. 50 m nachgewiesen, weitere Störungen werden vermutet.

Im Steinbühlentunnel werden voraussichtlich mindestens 2 Störungen durchörtert. Diese werden beim Vortrieb voraussichtlich in den Gesteinen des ki1 bzw. ki2 angetroffen.

2.4 Erdbebengefährdung

Nach der in der DIN 4149:2005-04 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Ausgabe : 2005) veröffentlichten Karte sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1 : 350.000, Ausgabe 2005, liegt der PFA 2.2 in der Erdbebenzone 0.

Das bedeutet nach der in der Norm angegebenen Tabelle 2, dass gemäß den zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch die Erbebenintensität I auf der M-S-K-Skala im In-

tervall $6 < I < 6,5$ zu erwarten ist. Eine Bemessung von Bauwerken auf Bodenbeschleunigung ist demgemäß nicht erforderlich.

2.5 Verkarstung

Während der langanhaltenden Verkarstungsphasen in der Kreide und im Tertiär wurde das Gebirge im Bereich der Schwäbischen Alb stark verkarstet. Es entstanden große Talsysteme sowie ein Karstrelief mit teilweise tiefen Karsthohlformen an der Geländeoberfläche (Wannen, Erdfälle, Schächte und Spalten). Des Weiteren entstanden jeweils in Abhängigkeit von den vorliegenden Vorflutsystemen weitverzweigte Höhlensysteme.

Die Verkarstung erfolgte generell uneinheitlich. Während bei den Kalksteinen vornehmlich die Klüfte von der Verkarstung betroffen waren und sich diese dadurch erweiterten, erfolgte die Verkarstung in den Dolomitsteinen aufgrund deren hoher Verkarstungsfähigkeit großflächiger und wesentlich intensiver. Die Verkarstungsintensität war ebenfalls nicht gleichmäßig, sondern lokal sehr unterschiedlich. Als Folge davon entstand ein sehr heterogenes Gebirge, in dem Karststrukturen unterschiedlichster Art und Größenordnung innerhalb unverkarsteter Gebirgsbereiche wahllos verteilt auftreten.

In den Sedimentationsphasen erfolgte eine Plombierung der existierenden Karsthohlräume in mehreren Phasen. Tiefliegende Karsthohlräume, besonders wenn sie bedeutsame Grundwasserwegsamkeiten darstellten, wurden von der Plombierung nur teilweise betroffen.

2.5.1 Verkarstungsstrukturen

Voraussetzung für die Verkarstungsfähigkeit von Karbonatgesteinen ist ein CaCO_3 – Gehalt des Gesteins von mindestens 70%. Die Verkarstung ergibt sich aus der Lösung und dem Abtransport von CaCO_3 , welcher zur Erweiterung von Trennflächen und Hohlräumen sowie zur Entstehung karsttypischer Hohlraumstrukturen führt.

Nach den vorliegenden Informationen und Aufschlussresultaten aus Bohrungen und Kartierungen lassen sich verschiedene Verkarstungsformen im Bereich der Schwäbischen Alb differenzieren. Diese werden nachfolgend beschrieben.

2.5.1.1 Dolinen (Erdfälle, Erdtrichter)

2.5.1.1.1 Beschreibung und Entstehung

Dolinen treten an der Geländeoberfläche durch eine runde oder langgestreckte schüsselartige Mulde mit einem Durchmesser von einigen Metern bis zu etlichen Zehnern von Metern und einer Tiefe von einigen Metern, selten bis zu 5 m in Erscheinung. Das Ausgangsgestein ist bis zu einer Tiefe von mehreren Metern durch die korrodierende Wirkung des Oberflächenwassers weggelöst und durch lehmiges Material ersetzt (Lösungsdolinen). Seltener entstehen Dolinen durch den Einsturz von oberflächennahen Höhlen (Einsturzdolinen).

2.5.1.1.2 Vorkommen

Bevorzugt treten Dolinen entlang von durchlässigen tektonischen Elementen (z.B. Störungen und Klüftzonen) auf. Weiterhin finden sich Dolinen häufig in Trockentälern und vor allem in den flachen Karstsenken, sehr selten dagegen in Kuppen- oder Hanglage.

2.5.1.2 Karstsenken (-wannen)

2.5.1.2.1 Beschreibung und Entstehung

Karstsenken (-wannen) sind großräumige (einige Hundert Meter Durchmesser), flache, meist langgestreckte lehmgefüllte Mulden ohne Abfluss nach außen, in denen das Oberflächenwasser in Dolinen abläuft; diese sind in den Karstsenken zahlreich vorhanden. Die mehrere Meter bis mehrere Zehner von Metern mächtigen Lehmfüllungen sind meist sehr unregelmäßig, z.T. großtrichterförmig verteilt.

2.5.1.2.2 Vorkommen

Karstsenken finden sich dort, wo vornehmlich tektonisch stark beanspruchtes Gebirge (Kreuzung mehrerer Störungssysteme) vorliegt, in dem sich aufgrund der hohen vertikalen Durchlässigkeit eine größere Anzahl von Dolinen bilden konnte. Die Wannengebilde sind durch eine stärkere Erosion im Zentrum als an der Peripherie bedingt.

2.5.1.3 Höhlen

2.5.1.3.1 Horizontalhöhlen

2.5.1.3.1.1 Beschreibung und Entstehung:

Die Horizontalhöhlen zeichnen sich durch meist sehr langgestreckte, in Kluftrichtung angelegte und abgewinkelte, niedrige Höhlen mit vorwiegend schichtparalleler Höhlenführung und überwiegend glatter Höhlenwandung aus. Das Nebengestein ist in den Bankkalken meistens relativ unverwittert, in den massigen Kalk- und Dolomitsteinen kann sich die Verkarstung mehrerer Meter im Nebengestein bemerkbar machen. Bedingt durch die erhöhte Dichte und Homogenität des Gesteins sind korrosive Angriffsstellen in den Bankkalken auf Schichtfugen und Klüfte beschränkt. Durch hohe Fließgeschwindigkeiten des Karstwassers in den Höhlen finden sich i.d.R. keine lehmigen Füllungen. In aufgeweiteten Höhlenkomplexen und in Siphonen können jedoch lokal lehmige bzw. schlammige Ablagerungen auftreten.

2.5.1.3.1.2 Vorkommen

Die Horizontalhöhlen können in der massigen Fazies des Kimmeridgium und in den Bankkalken des Oxfordium 2, seltener in der gebankten Abfolge des Kimmeridgium 2 vorkommen.

2.5.1.3.2 Vertikalhöhlen

2.5.1.3.2.1 Beschreibung und Entstehung

Die vorwiegend an Massenkalkvorkommen gebundenen Höhlen weisen neben der großen – wenn auch häufig unterbrochenen – horizontalen Erstreckung auch eine mehrere Zehner von Metern große vertikale Erstreckung auf. Häufig treten mehrere schachtartige Höhlen parallel oder nahezu senkrecht zueinander stehend auf. Vertikalhöhlen bilden sich häufig an Durchkreuzungen von Klufscharen mit Querklüften oder an Störungszonen, was sich im systematischen Höhlenverlauf widerspiegelt.

2.5.1.3.2.2 Vorkommen

Vertikalhöhlen können – über die gesamte Alb verteilt – in den Massenkalken, vereinzelt auch in den Bankkalken des Kimmeridgium auftreten. Wie die Laichinger Tiefenhöhle zeigt, neigen die dolomitischen Kalksteine besonders stark zur Korrosion entlang von tektonischen Flächen.

2.5.1.4 Karströhren

2.5.1.4.1 Beschreibung und Entstehung

Karströhren sind meist glatte, röhrenförmige Hohlräume von mehreren Zentimetern bis zu mehreren Dezimetern Durchmesser und gewundenem (überwiegend in den Massenkalken) bis systematischem (Bankkalke) Verlauf. Ausgangspunkt der Bildung von Karströhren in den Bankkalken sind Klüfte und Schichtfugen; die Karströhren verlaufen hier weitgehend horizontal.

2.5.1.4.2 Vorkommen

Sehr häufig sind Karströhren in den Massenkalken des Kimmeridgium, seltener in den Bankkalken des Oxfordium 2 anzutreffen.

2.5.1.5 Kluffkarst

2.5.1.5.1 Beschreibung und Entstehung

Korrosiv erweiterte Klein-, Groß- und Riesenklüfte finden sich sowohl in den Massenkalken als auch in den Bankkalken des Weißen Jura bis zu über 100 m unter der Geländeoberfläche.

In den meist heterogenen Massenkalken greift die Verkarstung entlang der Klüfte stärker an als bei bankigen Abfolgen und führt hier zu Klufferweiterungen von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern (in den oberen Zehner von Metern unter GOK). Die Klüfte weisen eine raue Oberfläche und das Nebengestein im allgemeinen eine mehrere Dezimeter tiefe, brüchige Struktur auf. Die teilweise bis völlige Plombierung mit lehmigem Material reicht durchschnittlich mehrere Zehner Meter tief unter die Geländeoberkante, kann jedoch auch in Tiefen weit über 100 m unter der Geländeoberkante hinabreichen, wie in zahlreichen Bohrungen festgestellt. Innerhalb einer Kluffschar sind meist mehrere Klüfte korrosiv erweitert.

2.5.1.5.2 Vorkommen

Korrosiv erweiterte Klüfte sind in allen kalkigen Abfolgen des Weißen Jura zu finden.

In den von dünnen Mergelsteinszwischen-schichten durchzogenen Bankkalken des Kimmeridgium 2 treten in Albraufnähe korrosiv erweiterte Klüfte auf, wobei die Lösungserweiterun-

gen in ihrer vertikalen Erstreckung meist nur ein bis zwei Bänke weit reichen. Entlang des Filstals sind an den Quellaustritten im Oxfordium 2 bis zu mehrere Dezimeter breite, korrosiv erweiterte und absetzige (d.h. mehrfach verspringende) Klein- und Großklüfte zu beobachten.

2.5.1.6 Lösungsfugen

2.5.1.6.1 Beschreibung und Entstehung

Bei den Lösungsfugen handelt es sich um einige Millimeter bis wenige Zentimeter klaffende, flächige Fugen, die durch Gesteinslösung aus Drucklösungsflächen (Stylolithen) oder Schicht- bzw. Bankfugen hervorgegangen sind. Die im Abstand von einigen Zentimetern bis mehrere Dezimeter aufeinander folgenden horizontalen bis leicht geneigten Fugen stehen über stärker geneigte bis nahezu senkrecht stehende (Stylolith-) Fugen miteinander in Verbindung. Wie die optischen Bohrlochsondierungen der ausgeführten Erkundungsbohrungen zeigten, bilden Lösungsfugen in sonst weitgehend dichten Massenkalkkomplexen die einzige Wasserwegsamkeit.

2.5.1.6.2 Vorkommen

Die aus den Stylolithen hervorgegangenen Lösungsfugen finden sich in allen Massenkalken des Kimmeridgium.

2.5.1.7 Dolomitlochfels im Kimmeridgium 2 (unterer Dolomitfaziesbereich)

2.5.1.7.1 Beschreibung und Entstehung

Der Dolomitlochfels ist als hellgraues bis lehm- bis gelbbraunes massiges mittel- bis grobkörniges Gestein mit unterschiedlich starker Dolomitierung zu erkennen, die von dolomitischem Kalkstein bis zu fast reinem Dolomit reicht. Bereichsweise ist der Dolomit wieder in Kalkstein zurückgeführt (Dedolomitierung), was sich durch eine stark abnehmende Gesteinsfestigkeit (absandendes Gebirge) bemerkbar macht. Das Gestein ist im allgemeinen von unregelmäßig geformten, rundlichen oder länglichen Hohlräumen von wenigen Zentimetern bis mehreren Dezimetern Durchmesser durchsetzt; des öfteren finden sich auch kleine Karströhren, korrosiv erweiterte Spalten und Klüfte sowie Höhlen von mehreren Metern Durchmesser. Nach den Bohrbefunden und den Kartierungen in den Steinbrüchen ist das Gebirge bereichsweise sehr stark aufgelöst und weist dann eine skelettartige Struktur auf. Die Hohlformen sind teilweise bis vollständig mit weißlichem, schluffig/feinsandigem Material

plombiert. In Oberflächennähe ist der Dolomitlochfels sehr häufig – in größeren Tiefen (nach bisherigen Beobachtungen bis zu ca. 170 m) vereinzelt – mit von der Oberfläche eingeschwemmtem lehmigem Material (Fremdplombierung) verfüllt.

2.5.1.7.2 Vorkommen

Der Lochfels umfasst einen mehr oder weniger zusammenhängenden, durchschnittlich 30 bis 35 m mächtigen Dolomitkomplex, der bereichsweise dichte, unverkarstete Gesteinsbereiche enthalten kann. Wie die Aufschlussbohrungen zeigen, kann die Mächtigkeit sehr stark schwanken (zwischen ca. 10 m und ca. 55 m). Die Basis des Dolomitlochfelses liegt normalerweise ca. 30 m bis 35 m oberhalb der Grenze zwischen Kimmeridgium 1 und 2, etwa im Übergangsbereich der Bankkalkfazies zur Massenkalkfazies, der meist durch ein bis zwei glaukonithaltige Horizonte gekennzeichnet ist.

2.6 Primärspannungen

Der primäre Spannungszustand ist der Spannungszustand, der vor bautechnischen Eingriffen im unverritzten Gebirge herrscht. Die Primärspannungsverhältnisse haben sich im Lauf geologischer Zeiträume entwickelt und sind von tektonischen Kräften, der Ablagerung und Verfestigung des Gesteins sowie der Geomorphologie geprägt.

Ergebnisse von Primärspannungsmessungen im Bereich der Süddeutschen Großscholle zeigen großräumig folgende Tendenzen:

- die Vertikale ist eine Hauptspannungsrichtung, die Vertikalspannung S_v entspricht i.a. dem Auflastdruck des Gebirges.
 - Die größere horizontale Hauptspannung S_H ist größer oder gleich S_v .
 - Die kleinere horizontale Hauptspannung S_h ist kleiner oder gleich S_v .
 - Die größere horizontale Hauptspannung S_H ist in etwa NW-SE ausgereichtet.
 - Nahe der Oberfläche sind die Spannungsverhältnisse durch die Geomorphologie sowie durch Verkarstung und verwitterungsbedingte Gebirgsentfestigung stark beeinflusst.
-

- In der Nähe von Störungen können Primärspannungsverhältnisse auftreten, die vom großräumigen Gesamtbild abweichen.

Hauptsächlich in den feinkörnigen Sedimentgesteinen des Braunjuras sind außerhalb der Verwitterungszone große Horizontalspannungen aufgrund der Belastungsgeschichte zu erwarten. Die Horizontalspannungen, die sich bei der Konsolidierung und Verfestigung unter hoher Gebirgsüberdeckung aufgebaut haben, wurden nach dem Abtrag der überlagernden Gesteine aufgrund unterschiedlicher Materialeigenschaften der Tone/Tonsteine während der Konsolidierung einerseits und während der Entlastung andererseits zumindest teilweise konserviert. Die Vertikalspannungen wurden dagegen während der Abtragung entsprechend der Verringerung der Auflast reduziert. Die Horizontalspannungen können jedoch in der Nähe von Störungszonen und in Bereichen, in denen die horizontale Ausdehnung nicht behindert wird (z.B. oberhalb von Talsohlen), abgebaut sein. In oberflächennahen Bereichen sind die Horizontalspannungen durch Bruch- und Kriechvorgänge verringert.

3 Geotechnische Eigenschaften der Schichtabfolgen

3.1 Braunjura

3.1.1 Aalenium 1, („Opalinuston“, al1)

Die stratigraphische Einheit des al1 ist im Projektgebiet ca. 120 m bis 130 m mächtig, wobei die unteren 80 m bis 90 m aus Tonsteinen und Tonmergelsteinen aufgebaut sind, die oberen 40 m dagegen stärker sandig (Sandflasern, dünne Sandsteinbänke) entwickelt sind. Das Lösen des Gebirges beim Tunnelvortrieb kann voraussichtlich mechanisch erfolgen. In bereichsweise härteren Partien (z. B. Sandsteinlagen und Mergelsteinlagen) kann ggf. Lösen mittels Sprengen erforderlich werden.

Die Gesteine des al1 sind quellfähig, wasserempfindlich und kriechfähig. Die Gesteine sind als Dammbaumaterial ohne Konditionierung ungeeignet. Die sandsteinarmen Tonsteine/Tonmergelsteine der unteren 80 m sind voraussichtlich als Rohstoff für die Ziegelindustrie verwendbar.

3.1.2 Aalenium 2, („Eisensandstein“, al2E)

Die heterogen aufgebauten Ablagerungen des al2E wechseln zwischen Sandsteinlagen, Sandstein/Tonstein-Wechselfolgen und sandigen Tonsteinen. Die Kornbindung ist im allgemeinen schlecht bis mäßig, insbesondere in den Wechselfolgen; bereichsweise ist die Kornbindung durch Zementation oder Vererzung gut bis sehr gut. Das Lösen des Gebirges beim Tunnelvortrieb kann voraussichtlich überwiegend mechanisch erfolgen. In den bereichsweise harten Sandsteinlagen können Sprengungen erforderlich werden.

Die Sandsteinbereiche und die Sandstein/Tonstein-Wechselfolgen sind grundsätzlich für den Dammbau geeignet (vorbehaltlich geeigneter Wassergehalte beim Einbau und geringer Luftporengehalte nach dem Verdichten). Die sandigen Tonsteinfolgen sind nicht oder nur mit Konditionierung als Dammschüttmaterial geeignet. Die Sandsteine des UDS und ODS, evtl. auch des PS sind möglicherweise als Ausgangsmaterial für qualitätsgeprüfte Mineralgemische verwendbar.

3.1.3 Bajocium 1-3 (bj1-bj3), Bathonium (bt), Callovium (cl)

Die Gesteine des Bajocium, Bathonium und des Callovium setzen sich überwiegend aus Tonsteinen zusammen, in denen Kalkstein-, Mergelstein-, und Sandsteinlagen in unterschiedlicher Ausbildung und Mächtigkeit zwischengeschaltet sind. Das Lösen des Gebirges beim Tunnelvortrieb erfolgt überwiegend mechanisch. In den bereichsweise härteren Sandstein- und Kalksteinlagen kann Sprengvortrieb erforderlich werden.

Die Abfolge besteht aus z.T. quellfähigen, wasserempfindlichen und kriechfähigen Gesteinen. Die Gesteine sind als Dammbaumaterial ohne Konditionierung ungeeignet. Eine Separierung der Sandstein- und Kalksteinlagen wäre mit hohem Aufwand verbunden. Die Tonsteinfolgen sind nicht oder nur mit Konditionierung als Dammschüttmaterial zu verwenden. Im Trassenbereich sollten sie nicht eingebaut werden.

3.2 Weißjura

3.2.1 Oxfordium 1 („Impressamergel“, ox1), Kimmeridgium 1 („Lacunosamergel“, ki1)

Die überwiegend aus Mergelsteinen, untergeordnet auch aus Kalkmergel- und Kalksteinen bestehenden Impressa- und Lacunosamergel stellen sich im unverwitterten Zustand überwiegend als hartes und dichtes Gebirge dar. Mit der Zunahme des Verwitterungsgrades nimmt sowohl der Abstand der Klüfte als auch die Härte und Festigkeit des Gesteins stark ab. Die Ausbildung der mittel- bis weitständigen Klüftung und die Bankung der einzelnen Schichten lassen darauf schließen, dass für den Lösevorgang im Tunnelvortrieb erhebliche Energie aufgebracht werden muss, d.h. dass Sprengvortrieb erforderlich wird. Das Lösen des stärker verwitterten Gebirges (z.B. im Tunnelleingangsbereich und im Nahbereich von Störungen) wird voraussichtlich mit mechanischen Mitteln möglich sein.

Die Gesteine des Oxfordium 1 und des Kimmeridgium 1 werden als grundsätzlich verwertbar für Dammschüttungen eingeschätzt. Im Fahrwegbereich können ausgeprägte Mergelsteinfolgen aufgrund des hohen Tonmineralanteils allerdings nicht oder nur im eingeschränkten Maße eingebaut werden.

3.2.2 Oxfordium 2 („Wohlgebankte Kalke“, ox2), Kimmeridgium 2 („Untere Felsenkalke“, ki2) und Untere Massenkalke (joMu)

Die Kalksteine des Oxfordium 2, des Kimmeridgium 2 und der Unteren Massenkalke besitzen eine hohe Festigkeit. Die weitständige Klüftung lässt darauf schließen, dass für den Lösevorgang erhebliche Energie aufgebracht werden muss. Das Lösen des unverkarsteten Kalksteins beim Tunnelvortrieb erfolgt durch Sprengen. Im Bereich größerer gefüllter Karststrukturen bzw. intensiver Verkarstung ist mechanisches Lösen möglich bzw. erforderlich. Die im Kalksteingebirge vorhandenen Verkarstungsstrukturen sind teilweise ungefüllt, z.T. mit locker gelagerten, z.T. kiesigen Sand/Schluffgemischen, z.T. mit weichen bis steifen Tonen und Schluffen gefüllt. In den Kalksteinen des Unteren Massenkalkes und des ki 2 können darüber hinaus in stärker dolomitisierten Bereichen auch Lochkarststrukturen und eine Vergrusung des Gesteins auftreten.

Die Karststrukturen können je nach Lage im Bezug auf den mittleren Karstwasserspiegel und in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen temporär oder ständig wassererfüllt sein. Größere Karststrukturen können die Spannungsumlagerungen beim Tunnelvortrieb

erheblich beeinflussen und müssen deshalb im Vorlauf des Hauptvortriebes durch Vorerkundungsmaßnahmen identifiziert werden. Analog müssen im Bereich der Freien Strecke Karststrukturen, die die Lagestabilität der Festen Fahrbahn gefährden können, durch detaillierte Erkundungsmaßnahmen erkannt und ertüchtigt werden.

Die Kalksteine des Oxfordium 2, des Kimmeridgium 2 und der Unteren Massenkalken sind grundsätzlich als Ausgangsmaterial sowohl für Dammbaumaterial als auch für qualitätsgeprüfte Mineralgemische geeignet. Die Eignung der Gesteine des Unteren Massenkalkes und des Kimmeridgium 2 kann durch einen hohen Grad der Dolomitisierung und der Verkarstung eingeschränkt sein. Karstfüllungen sind als Baumaterial nicht verwendbar.

3.3 Quartär

Quartäre Ablagerungen sind im Untersuchungsgebiet in unterschiedlicher Ausbildung und Mächtigkeit weit verbreitet. Durch den überwiegenden Verlauf der Trasse in Tunnellage sind die quartären Schichten im PFA 2.2 nur in den Portal- und Voreinschnittsbereichen der Tunnel und *des* Zwischenangriffsstollens, die Talablagerungen im Filstal und die Lockergesteinsschichten der Albhochfläche im Übergang zum PFA 2.3 relevant.

3.3.1 Ablehme/Lößlehme (qlol)

Die feinkörnigen Ablagerungen der Alb-, bzw. Lößlehme kommen im Trassenbereich am Portal Hohenstadt und an der anschließenden Strecke vor. Die im Regelfall geringe Mächtigkeit (< 2 m) nimmt nach Osten hin tendenziell zu. Aufgrund der ungünstigen geotechnischen Eigenschaften dieser Lockergesteine ist ein Verbleib der Ablehme innerhalb der Trasse nur eingeschränkt möglich.

Da die Ablehme nach DIN 18 196 überwiegend den Bodenklassen TA und TM zuzuordnen sind, ist die Verwendung bzw. der Verbleib im Untergrund aufgrund der Anforderungen für den Bau der Festen Fahrbahn bis 3 m unter Schienenoberkante nicht zugelassen. Der Einbau in Abroll- oder Lärmschutzwälle ist bei entsprechenden Böschungsneigungen möglich.

3.3.2 Hangschutt (qu), Fließerde (qfl)

Die als Hangschutt oder als Fließerde abgelagerten Schichten zeichnen sich durch eine heterogene Zusammensetzung und stark schwankende Mächtigkeiten aus. Lokal sind die Schichten durch Sickerwasserzutritte vernässt.

Die Schichten besitzen im allgemeinen eine geringe Tragfähigkeit. In bautechnischer Hinsicht werden die Lockergesteine des Hangschutts und der Fließerden als ungeeignet für eine weitere Verwendung als Erdbaustoff im Trassenbereich eingestuft.

Der Einbau in Abroll- oder Lärmschutzwällen ist potenziell möglich.

3.3.3 Auensedimente (qhl), Schwemmlerme (qswl)

Die feinkörnigen Ablagerungen der Auensedimente und Schwemmlerme zeichnen sich durch geringe Tragfähigkeit und Scherfestigkeit aus. Es kommt hinzu, dass sie bereichsweise organische Bestandteile enthalten können. Diese Ablagerungen müssen im Einflussbereich der Trasse bzw. im Gründungsbereich von Ingenieurbauwerken ausgebaut und durch geeignetes tragfähiges Material ersetzt werden.

Durch die ausgeprägte Setzungsfähigkeit und die organischen Beimengungen sind die Sedimente als Erdbaumaterial generell ungeeignet.

3.3.4 Flussablagerungen (qg)

Die als Flussablagerungen angesprochenen gemischtkörnigen Sedimente haben ebenfalls eine heterogene Zusammensetzung. Bedingt durch die Entstehung der Ablagerungen und durch Grund- und Sickerwassereinflüsse können die Zusammensetzung und die geotechnischen Eigenschaften der Flussablagerungen lokal stark variieren. Die Tragfähigkeit des Baugrundes muss für jeden Gründungsstandort individuell geprüft werden.

Die Flussablagerungen sind aufgrund der vorgenannten Eigenschaften nicht als Dammbaumaterial vorgesehen.

4 Geotechnische Beurteilung

4.1 Übersicht

Der Alaufstieg der NBS Wendlingen – Ulm erfolgt zwischen km 39,27 und km 48,04 in dem Boßlertunnel mit ca. 8.770 m Länge und zwischen km 48,59 und km 53,40 in dem Steinbühl-tunnel mit ca. 4.810 m Länge. Beide Tunnel bestehen aus zwei eingleisigen Röhren, deren Achsabstand zwischen 30 m (Weißjurastrecken) und 40 m (Braunjurastrecken) liegt. Die Überquerung des Filstals erfolgt mit zwei einzelnen Brückenbauwerken, deren Achsabstand 30 m beträgt.

Der Boßlertunnel mündet im Westen in den im Planfeststellungsabschnitt 2.1c gelegenen Voreinschnitt Aichelberg und im Osten in das Portal Buch im Filstal. Östlich den das Filstal überspannenden Filstalbrücken folgt das Portal Todsburg des Steinbühl-tunnels, der Steinbühl-tunnel und anschließend der Voreinschnitt Hohenstadt (km 53,40 – km 53,60). Bei den Portalen im Filstal wird durch das starke Relief kein Voreinschnitt benötigt. Vor der östlichen Grenze des Planfeststellungsabschnittes 2.2 bei km 53,834 verläuft die Trasse von km 53,60 bis km 53,70 in Dammlage/Geländegleichlage, um anschließend in den westlichen Vorein-schnitt (km 53,70 – km 53,834) der bereits außerhalb des Planfeststellungsabschnitts ge- legenen Eisenbahnunterführung unter der BAB A8 überzugehen.

Für den Bau des Boßlertunnels und des Steinbühl-tunnels in der Spritzbetonbauweise ~~sind~~ *ist* ~~ein~~ Zwischenangriffe erforderlich. Dabei handelt es sich ~~für den Boßlertunnel um die~~ *den* ~~Zwischenangriffe Roter Wasen (km 42,0) und Umpfental~~ *für den Boßlertunnel* (km 44,5). Im Bereich des Steinbühl-tunnels ist ~~bei km 51,07 der~~ *kein* ~~Zwischenangriff Steinbruch Stau-~~ ~~denmaier~~ *vorgesehen. Die* ~~Der~~ *Der* ~~Zwischenangriffstollen werden~~ *wird* ~~nach Fertigstellung der~~ *des Boßlertunnels* ~~Haupttunnelbauwerke~~ *wieder verfüllt.*

Es ist geplant, das beim Tunnel- und Erdbau anfallende Ausbruchmaterial, so weit es nicht für den Streckenbau verwendbar ist, als Rohstoff zu nutzen und einer industriellen Verwer-tung zuzuführen. Das für die Verfüllung ~~der~~ *des* ~~Zwischenangriffstollens~~ *vorgesehene* Mate- rial (überwiegend Opalinustonmaterial) wird in *einer* ~~Zwischendeponien~~ *abgelagert.* Über- schüssiges Ausbruchmaterial wird zum überwiegenden Teil in Seitenablagerungen verbaut. Restanteile des überschüssigen Materials werden außerhalb des Planfeststellungsabschnit- tes verbaut.

4.2 Erdbauwerke

4.2.1 Voreinschnitte

4.2.1.1 Voreinschnitt Aichelberg

Die westliche Grenze des Planfeststellungsabschnitts 2.2 fällt mit dem Portal des Boßlertunnels bei km 39,270 zusammen. Daher liegt der größte Teil des Voreinschnittes Aichelberg im Planfeststellungsabschnitt 2.1c. Der Einschnitt beginnt bei km 39,170 und erreicht bei km 39,275 mit ca. 9 m seine größte Tiefe. Die Trasse verläuft im Voreinschnitt in einem Rechtsbogen ($r = 2300$) mit einer Steigung von 2,5 %. Die nördliche Böschungsschulter geht, getrennt durch einen Feldweg, in die hier ca. 20 m hohe Dammschüttung der parallel zur Trasse verlaufenden BAB A8 über.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen stehen unter einer quartären Überdeckung aus feinkörnigem Lockergestein (Lößlehm, Verwitterungslehm, Hangschutt) Gesteine des mittleren Juras (Braunjura) in Form von Opalinuston (al1) an. Diese sind bis in Tiefen von ca. 10 m unter Gelände intensiv verwittert und stark entfestigt. Während in dem steileren Gelände unmittelbar unter der Geländeoberfläche Tonsteine anstehen, treten an der zur Talsohle hin verflachenden Bergflanke in einer Mächtigkeit von ca. 3 m bis 6 m feinsandige Tone als Verwitterungsprodukte des Opalinustons auf. Im Bereich Aichelberg sind fossile Rutschungen im verwitterten Opalinuston bekannt. Die Erkundungen weisen ebenfalls auf fossile Rutschungen im unmittelbaren Voreinschnittbereich hin.

Die im Einschnittsbereich anstehenden Gesteine sind mechanisch mittels Bagger lösbar. Aufgrund der ungünstigen geotechnischen Eigenschaften der verbreiteten Lockergesteine und der Verwitterungsempfindlichkeit der anstehenden Festgesteine müssen die Böschungen in diesem Einschnittsbereich relativ flach hergestellt werden. Weiterführende Erläuterungen und Aussagen sind den Planfeststellungsunterlagen zu PFA 2.1c zu entnehmen.

4.2.1.2 Voreinschnitt Hohenstadt und Einschnitt km 53,7 bis zur PFA-Grenze bei km 53,834

Der Voreinschnitt Hohenstadt beginnt bei km 53,4 am Portal Hohenstadt des Steinbühlunnels und geht bei km 53,6 in einen flachen Damm über. Der ca. 200 m lange Voreinschnitt hat seine größte Tiefe mit ca. 16 m im Portalbereich; die Einschnittstiefe nimmt nach Osten kontinuierlich bis zur Geländegleichlage bei km 53,6 ab. Die Trasse verläuft hierbei mit ei-

nem nach Osten gerichteten Gefälle von 9,89 ‰ in einem Linksbogen ($r = 2300$). Der Einschnitt km 53,7 bis km 53,834 schließt an den ca. 100 m langen flachen Damm östlich des Voreinschnittes Hohenstadt an und geht jenseits der Planfeststellungsgrenze in den Voreinschnitt West des Tunnels BAB A8 (PFA 2.3) über. Südlich und westlich des Voreinschnittes Hohenstadt ist die Errichtung der Seitenablagerung F8 geplant. Aus Luftbildern ist erkennbar, dass im gesamten Trassenbereich eine Vielzahl von kleineren Dolinen und eine als Karstwanne anzusprechende Struktur vorhanden sind.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen stehen unter quartärer Alblehmüberdeckung gebankte Kalksteine des Kimmeridgium 2 sowie massige Kalk- und Dolomitsteine des Unteren Massenkalks an. Die Mächtigkeit der quartären Deckschichten liegt überwiegend im Dezimeterbereich, bereichsweise liegt sie in der Größenordnung von wenigen Metern. Die Deckschichten bestehen direkt unter der Geländeoberfläche überwiegend aus tonigem Schluff mit geringem Kiesanteil. Zur Tiefe hin nimmt der Kiesanteil deutlich zu, und es tritt zusätzlich die Steinfraktion auf, so dass sich insgesamt ein schluffiges Kies/Stein-Gemisch ergibt. Der Übergang zu dem anstehenden Kalkstein wird durch einen 1 m bis 1,5 m mächtigen Verwitterungshorizont gebildet, in dem Kies, Steine und Blöcke zwar die Hauptbestandteile darstellen, diese aber zumindest zum Teil noch in der schluffigen Matrix „schwimmen“. Der Verwitterungsgrad nimmt mit der Tiefe relativ schnell ab, so dass ab ca. 4 m unter Gelände unverwittertes, bzw. angewittertes, jedoch verkarstetes Gebirge ansteht.

Die Erkundungsergebnisse zeigen, dass das Gebirge im Bereich der Einschnitte intensiv verkarstet ist. So wurden in einem Großschurf neben zahlreichen Kluftkarststrukturen auch bis zu 6 m hohe Hohlräume angetroffen, die überwiegend mit Schluffen und Tonen plombiert waren. Die seitliche Ausdehnung dieser Hohlräume wurde mit bis > 4 m festgestellt.

In den Einschnittsbereichen ist entsprechend dem anstehenden Gebirge nicht mit Grundwasseraufkommen zu rechnen. Eventuell kann es jedoch lokal über Karststrukturen zu Wasseraustritten mit stark schwankendem Wasseranfall kommen.

Gemäß den Planungsrichtlinien der Deutschen Bahn für Erdbauwerke (Ril 836, Modul 836.0506) sind in Bereichen mit Notwendigkeit von Gewässer- und Bodenschutz Damm- und Einschnittsböschungen möglichst flach auszubilden. Abzudichtende Böschungen sollen nicht steiler als 1 : 1,8 geneigt sein. Im Bereich Hohenstadt verläuft die NBS-Trasse durchgängig im Bereich des Wasserschutzgebietes der TGA Krähensteigquelle. Entsprechend den Forderungen der zuständigen wasserwirtschaftlichen Fachbehörden für den Grundwasserschutz wird in Anlehnung an die Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasser-

schutzgebieten (RiStWag 2002) das Einschnittsplanum und der Fuß der Einschnittsböschungen mindestens bis zu einem Niveau > 2 m über SO abgedichtet. Die Abdichtung der Böschungen erfolgt mit mineralischen Bodengemischen und einer Oberbodenschicht, die begrünt wird. Dementsprechend ist aus Gründen der Gleitsicherheit der abdeckenden Bodenschicht für den unteren Böschungsabschnitt eine Neigung mit max. $1 : 1,8$ möglich. Des Weiteren sind im Bereich von Dolinen oberflächennah größere Bereiche mit feinkörnigem Lockermaterial zu erwarten. Auch in größerer Tiefe unter dem derzeitigen Gelände ist mit Karststrukturen zu rechnen, deren Abmessungen im Meterbereich liegen und die überwiegend mit bindigem Material verfüllt sind. Zwar erlauben die Festgesteine im Weißjura in unverwittertem und unverkarstem Zustand steile Böschungsneigungen. Weil aber im Weißjura Gebirge in kleinräumigem Wechsel zahlreiche starke Verkarstungen vorhanden sind, wurde für die Planung der Einschnittsböschungen generell eine der Scherfestigkeit der Karstfüllungen entsprechende Böschungsneigung von $1 : 2$ gewählt. Damit können auch in stark verkarsteten Bereichen die Böschungen ohne umfangreiche zusätzliche Maßnahmen stand-sicher hergestellt werden. Das schließt allerdings nicht aus, dass lokale Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden, die im Zuge der Baumaßnahmen anhand eines typisierten Maßnahmenkatalogs festzulegen sind.

Da in dem Einschnitt kein nennenswerter Sickerwasseranfall zu erwarten ist, sind aus derzeitiger Sicht keine Maßnahmen zur Tiefenentwässerung vorgesehen.

Mit dem Antreffen von Karststrukturen unterschiedlicher Größenordnung ist beim Bau der NBS - Einschnitte zu rechnen. U. a. zur Sicherstellung einer durchgängig gleichmäßigen und hohen Untergrundsteifigkeit unter der Festen Fahrbahn werden bindige Lockergesteine und Karstspalten mit Lehmfüllungen, die beim Aushub in den Einschnittssohlen angetroffen werden, ausgehoben und durch tragfähige Korngemische oder ggf. Beton ersetzt. Ungefüllte Karstspalten werden mit tragfähigen Korngemischen ggf. in Verbindung mit hydraulischen Bindemitteln verfüllt. Größere offene Karststrukturen, von denen eine Gefährdung des Bahnbetriebs ausgehen könnte, werden durch vorauseilende Erkundungsmaßnahmen erfasst und individuell behandelt. Als mögliche Maßnahme zur Stabilisierung kommt die Verfüllung mit Kalksteinblöcken und Sand-Kies-Gemischen in Verbindung mit Injektionsmaßnahmen, die Sicherung größerer Hohlräume mit tunnelbautechnischen Verfahren, und ggf. die Überbrückung mittels lastverteilernder Tragkonstruktionen in Frage.

Die im Einschnitt anstehenden Gesteine sind im oberen Bereich mechanisch mittels Bagger lösbar. Das unverwitterte/angewitterte Gebirge ist nur mit hohem Aufwand mechanisch zu

lösen. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass bereichsweise, insbesondere im tieferen Teil des Einschnittes, Sprengungen zum Lösen des Gesteins erforderlich werden.

4.2.2 Seitenablagerungen und Zwischendeponien

4.2.2.1 ~~Seitenablagerung Falchgrund~~

~~Die geplante Seitenablagerung Falchgrund kommt nördlich der BAB A8, unmittelbar westlich der Anschlussstelle Aichelberg zu liegen. Es ist vorgesehen, in diesem Bereich ca. 110.000 m³ Aushubmassen des Oxfordium 1 der tonigen Fazies auf einer Fläche von ca. 1,6 ha abzulagern. Die Erdablagerung erreicht eine maximale Höhe von ca. 16 m. Die Fläche wird z. T. landwirtschaftlich genutzt.~~

~~Im Untergrund stehen, bereichsweise unter einer geringmächtigen Ablehmschicht, Ton- und Tonmergelsteine des Opalinuston (a1) und des Jurensemergels (tc2) an.~~

~~Im Zusammenhang mit der geplanten Auffüllung des Geländes sind Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Dies kann unter Umständen zu Mitnahmesetzungen im benachbarten Gelände einschließlich der hier vorhandenen Bauwerke führen. Eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit vorhandener Bauwerke ist jedoch nicht zu erwarten. Es ist vorgesehen, die Deponieaußenböschungen mit einer Neigung von 1 : 2 auszuführen.~~

~~Zur gesicherten Drainierung und zur Beschleunigung der Setzungen des Untergrundes werden Sohlfiler mit Tiefendrainage unter der Seitenablagerung eingebaut. Zur Erzielung einer Verzahnung der Schüttung der Seitenablagerung mit dem BAB Damm und zur gesicherten Entwässerung der BAB Dammschulter werden quer zur Dammschulter Kiosrigolen angeordnet.~~

4.2.2.2 ~~Zwischendeponie Roter Wasen~~

~~Die geplante Zwischendeponie Roter Wasen kommt im Nahbereich des Portals des Zwischenangriffs Roter Wasen, unmittelbar nördlich der L1213 zu liegen, d.h. ca. 2 km östlich von Weilheim an der Teck und ca. 1,7 km südwestlich des Kaltenwanghofs. Es ist vorgese-~~

~~hen, in diesem Bereich auf einer Fläche von ca. 1,6 ha etwa 124.000 m³ Aushubmaterial des Opalinustons zwischenzulagern, das nach Fertigstellung des Haupttunnels zur Wiederverfüllung des Zwischenangriffstellens verwendet werden soll. Der Deponiekörper erreicht eine maximale Höhe von ca. 12 m. Die Flächen werden z. T. landwirtschaftlich genutzt. Nach Abschluss der Baumaßnahmen wird das Gelände rekultiviert.~~

~~Im Untergrund stehen unter einer geringmächtigen Schicht quartärer Decklehme die Tonsteine des Aaleniums (a11, Opalinuston) an. Durch das oberflächennahe Vorkommen des Opalinustons ist dieser tiefgründig zu Ton verwittert und geht erst in einer Tiefe von 7–8 Metern in Tonstein über.~~

~~Im Zusammenhang mit der geplanten Auffüllung des Geländes sind Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Da die Deponiefläche an der südlichen Flanke an die L1213 grenzt, können geringfügige Mitnahmesetzungen unter der Straße nicht ausgeschlossen werden. Es ist vorgesehen, die Deponieaußenböschungen mit einer Neigung von 1 : 2 auszuführen.~~

~~Zur gesicherten Drainierung der Deponiebasis und zur Beschleunigung der Untergrundsetzungen werden an der Aufstandsfläche nach örtlicher Erfordernis Drainagen und / oder Flächenfilter eingebaut. Eventuell bergseitig der Zwischendeponie aus dem Hang austretendes Wasser wird durch Entwässerungseinrichtungen gefasst und außerhalb des Deponiekörpers abgeleitet werden. Die Zwischendeponie wird zur Vermeidung von Durchnässungen und Auswaschungen umweltbelastender geogener Bestandteile mit einer Oberflächendichtung versehen.~~

4.2.2.3 Seitenablagerung und Zwischendeponie *Humuslager* Hagenbrunnen

~~Das Areal der geplanten Seitenablagerung Hagenbrunnen liegt nördlich der BAB A8 nordwestlich der Park- und Raststätte Gruibingen an einem flach nach Südwesten geneigten Hang. Es ist geplant, auf einer etwa 10,5 ha großen Fläche ca. 300.000 m³ Ton- und Mergelsteine des Oxfordiums und des Kimmeridgiums, die beim Tunnelvortrieb am Zwischenangriffstellen Umpfental anfallen, abzulagern. Die Seitenablagerung wird im Hinblick auf eine landschaftsbildschonende Gestaltung mit einer maximalen Höhe von ca. 9 m ausgeführt (vgl. Querprofile in Anlage 17.3, Blatt 1). Es ist vorgesehen, dass die Seitenablagerung nach Fertigstellung wieder einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden kann. Dementspre-~~

~~ehend wird die Abfolge der Materialauffüllung und die Verdichtung der abgelagerten Massen ausgerichtet.~~

~~Die Zwischendeponie Hagenbrunnen kommt unmittelbar westlich der Seitenablagerung Hagenbrunnen zu liegen. Es ist vorgesehen, auf einer Fläche von etwa 2,1 ha ca. 87.000 m³ Aushubmaterial des Opalinustons zwischenzulagern, das nach Fertigstellung des Haupttunnels zur Wiederverfüllung des Zwischenangriffsstollens Umpfental verwendet werden soll. Die Ablagerung soll eine maximale Höhe von ca. 7 m erhalten. Nach Abschluss der Baumaßnahmen wird das Gelände rekultiviert.~~

~~Im Untergrund der Seitenablagerung und der Zwischendeponie stehen unter quartärem Hangschutt und Hanglehmdecken unbekannter Mächtigkeit voraussichtlich Mergelsteine und Tonmergelsteine des Oxfordium 1 an. Im Hangbereich kommt es witterungsabhängig zu zahlreichen Wasseraustritten.~~

~~Im Zusammenhang mit der geplanten Auffüllung des Geländes sind Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Zur gesicherten Drainierung der Ablagerungsbasis und zur Beschleunigung der Untergrundsetzungen sind an der Aufstandsfläche systematische Drainagen vorgesehen. Die an den Hängen vorhandenen Wasseraustritte werden durch Entwässerungseinrichtungen gefasst und außerhalb des Deponiekörpers abgeleitet. Die Zwischendeponie wird zur Vermeidung von Durchnässungen und Auswaschungen umweltbelastender geogener Bestandteile mit einer einer Oberflächenabdeckung versehen.~~

~~Oberflächenwässer, die aufgrund der Geländeneigung dem Zwischendeponiekörper und der Seitenablagerung zuströmen, werden durch ausreichend dimensionierte Entwässerungseinrichtungen (Graben, Drainage, u. ä.) gefasst und außerhalb des Zwischendeponiekörpers abgeleitet bzw. im Bereich der Seitenablagerung kontrolliert mittels Mulden durch die Ablagerungsfläche durchgeleitet, und letztendlich über die Passage eines Rückhaltebeckens kontrolliert in den natürlichen Vorfluter eingeleitet.~~

Das Areal des geplanten Humuslagers Hagenbrunnen liegt unmittelbar südlich der BAB A8 auf dem Gelände des Wanderparkplatzes zwischen der Ortsverbindungsstraße K1429 und der Park- und Raststätte Gruibingen. Es ist vorgesehen den beim Bau im Bereich der BE-Flächen und des Voreinschnittes des Zwischenangriffs Umpfental anfallenden Mutterboden während der Bauzeit zwischen zu lagern. Der Mutterboden wird nach Abschluss der Tunnel-

bauarbeiten für die Rekultivierung der in Anspruch genommenen Flächen im Umpfental wieder verwendet. Das Humuslager wird dabei vollständig zurückgebaut.

4.2.2.4 ~~Zwischendeponie Kölleshof~~

~~Das Areal der Zwischendeponie Kölleshof liegt an der westlichen Zufahrt des Steinbruchs Staudenmaier, ca. 150 m südlich des Kölleshofs und ca. 150 m westlich des derzeitigen Ababstiegs der BAB A8. Auf einer ca. 2,7 ha großen Ablagerungsfläche soll ca. 210.000 m³ Tunnelaushubmaterial des Weißjura für eine Verwertung, beispielsweise durch den Steinbruch Staudenmaier zwischengelagert werden. Die Zwischendeponie soll eine maximale Höhe von ca. 22 m erreichen und mit einer Böschungsneigung von 1 : 2 abgeböschet werden. Die Böschung wird umlaufend in einem Höhenabstand von 5 Höhenmetern von Bermen unterbrochen. Auf einer weiteren Teilfläche von ca. 1,5 ha Größe werden ca. 41.000 m³ Opalinustonausbruchmaterial für die Verfüllung des Zwischenangriffstellens Steinbruch Staudenmaier zwischengelagert. Die Ablagerungsflächen werden z. Z. landwirtschaftlich genutzt.~~

~~Im Untergrund der Deponiefläche stehen unter einer geringmächtigen Ablehmdecke Kalk- und Kalkmergelsteine des Kimmeridgiums (ki2) und des Unteren Massenkalkes (joMu) an. In dem für die Deponie vorgesehenen Areal kommen einige geringe Geländevertiefungen vor, die vermutlich Dolinenstrukturen darstellen. In diesen Bereichen muss mit einer deutlich erhöhten Mächtigkeit der Lockergesteine gerechnet werden.~~

~~Im Zusammenhang mit der geplanten temporären Auffüllung des Geländes sind in Bereichen größerer Lockergesteinsmächtigkeiten Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Da die Deponiefläche an der nördlichen Flanke an einen befestigten Weg grenzt, können Mitnahmesetzungen in den Wegen nicht ausgeschlossen werden. Bereiche, die Verkarstungsstrukturen aufweisen, müssen gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen (z. B. Bodenaustausch, Bodenvergütung, Geogitter-Lagen, o. ä.) behandelt werden.~~

~~Der geplante Standort des Zwischendeponiekörpers liegt vollständig in der festgelegten Zone II des Wasserschutzgebietes Kornberggruppe und damit im direkten Einzugsgebiet der Brunnen der Kornberggruppe und Tedsburgquelle. Um den Eintrag von Grundwasser belastenden Stoffen zu verhindern, ist in dem Areal für die Zwischenlagerung der zum Verfüllen des Zwischenangriffs Steinbruch Staudenmaier vorgesehenen Tonsteine des Aalenium 1 (Opalinuston) eine Abdichtung der Deponieaufstandsfläche geplant. Das zwischengelagerte~~

~~Tonsteinmaterial wird mittels einer dauerhaften Dichtung (Folien o. ä.) abgedeckt. Oberflächenwässer, die aufgrund der Geländeneigung dem Deponiekörper zuströmen, werden durch ausreichend dimensionierte Entwässerungseinrichtungen (Graben, Drainage, u. ä.) gefasst und außerhalb des Deponiekörpers abgeleitet.~~

4.2.2.5 Zwischendeponie Umpfental

Die Zwischendeponie Umpfental kommt im Bereich der BE-Flächen Umpfental zu liegen. Es ist vorgesehen, auf einer Teilfläche ca. 87.000 m³ Aushubmaterial des Opalinustons zwischenzulagern, das nach Fertigstellung des Haupttunnels zur Wiederverfüllung des Zwischenangriffsstollens Umpfental verwendet werden soll. Nach Abschluss der Baumaßnahmen wird das Gelände rekultiviert.

Im Untergrund der Zwischendeponie stehen unter quartärem Hangschutt und Hanglehmddecken unbekannter Mächtigkeit voraussichtlich Mergelsteine und Tonmergelsteine des Oxfordium 1 an.

Im Zusammenhang mit der geplanten Auffüllung des Geländes sind Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Die an den Hängen eventuell vorhandenen Wasseraustritte werden durch Entwässerungseinrichtungen gefasst und außerhalb des Deponiekörpers abgeleitet. Die Zwischendeponie wird zur Vermeidung von Durchnässungen und Auswaschungen umweltbelastender geogener Bestandteile mit einer einer Oberflächenabdeckung versehen.

Oberflächenwässer, die aufgrund der Geländeneigung dem Zwischendeponiekörper zuströmen, werden durch ausreichend dimensionierte Entwässerungseinrichtungen (Graben, Drainage, u. ä.) gefasst und außerhalb des Zwischendeponiekörpers abgeleitet und letztendlich über die Passage eines Rückhaltebeckens kontrolliert in den natürlichen Vorfluter eingeleitet.

4.2.2.6 Seitenablagerung F8

Die geplante Seitenablagerung F8 Hohenstadt kommt südlich der Neubaustrecke in der Einschlussfläche zwischen dem Voreinschnitt und der freien Strecke Hohenstadt und der bestehenden BAB A8 sowie westlich davon zu liegen. Die Ablagerung soll ca. 874.000 m³ Tunnel-

aushubmaterial des Weißjura aufnehmen. Die Ablagerungsfläche hat eine Größe von ca. 16 ha. Die Seitenablagerung erreicht im Endzustand eine maximale Höhe von ca. 17 m. Die Oberfläche der Ablagerung erhält ein Gefälle nach Norden, die Neigung der Außenböschung soll $\leq 1 : 2$ betragen. An der westlichen Begrenzung der Seitenablagerung ist ein Versickerungsbecken mit 2 vorgeschalteten Rückhalte- und Absetzbecken geplant. Hier wird das auf der Oberfläche der Seitenablagerung F8 anfallende Oberflächenwasser kontrolliert dem Grundwasserkreislauf zugeführt. Das Gelände wird z. Z. landwirtschaftlich genutzt.

Im Untergrund der geplanten Seitenablagerung F8 stehen unter einer wechselnd mächtigen Decke aus Ablehm und bereichsweise Fließerde Kalk- und Kalkmergelsteine des Kimmeridgiums (ki2) und Kalk- und Dolomitsteine des Unteren Massenkalks (joMu), die in engräumigem lateralen Wechsel auftreten, an. In dem Areal der geplanten Seitenablagerung gibt es mehrere, z. T. großflächige Geländevertiefungen, die vermutlich Dolinenstrukturen darstellen. In diesen Dolinen muss mit einer deutlich erhöhten Mächtigkeit der Lockergesteine gerechnet werden. Bereiche, die größere Verkarstungsstrukturen aufweisen, werden gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen (z. B. Bodenaustausch, Bodenvergütung, Geogitterlagen, o. ä.) vor Beginn der Ablagerungen ertüchtigt, um ungleichmäßige Untergrundsetzungen oder gar das Verstürzen von oberflächennahen Hohlräumen durch die Belastung auszuschließen.

Im Zusammenhang mit der geplanten Auffüllung des Geländes sind im Bereich von Verkarstungsstrukturen Untergrundsetzungen in der Größenordnung bis in den Dezimeterbereich nicht auszuschließen. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Deponiematerials kommen voraussichtlich noch Eigensetzungen hinzu. Mitnahmesetzungen an der BAB werden durch die o. a. Maßnahmen der Untergrundverbesserung vermieden.

4.2.3 Dämme

Zwischen dem Voreinschnitt Hohenstadt des Steinbühl隧nells und dem westlichen Voreinschnitt des Tunnels BAB A8 (letzter liegt bereits im Planfeststellungsabschnitt 2.3) verläuft die NBS-Trasse von ca. km 53,6 bis ca. km 53,7 auf einem flachen Damm. Die maximale Dammhöhe beträgt ca. 2 m.

Die Trasse verläuft in diesem Bereich durch den Südbereich einer weitgestreckten Senke, die voraussichtlich eine Karstwannen-Struktur darstellt, deren Zentrum nördlich der NBS-Trasse liegt. Dementsprechend ist hier mit intensiver Verkarstung des Untergrundes und tendenziell erhöhten Lockergesteinsmächtigkeiten zu rechnen. Die Lockergesteine bestehen

aus quartären Alblehmen und bindigem, mit Steinen und Blöcken durchsetztem Verfüllmaterial. Nach derzeitigem Erkundungsstand liegt die Lockergesteinsmächtigkeit bei ca. 1 m bis 2 m, örtlich können deutlich größere Mächtigkeiten auftreten. Darunter folgen Kalk- und Kalkmergelsteine, die dem Kimmeridgium 2 (ki2) bzw. dem Unteren Massenkalk (joMu) zuzurechnen sind. Der Übergang zu den anstehenden Kalk- und Dolomitsteinen wird durch einen 1 m bis 1,5 m mächtigen Verwitterungshorizont gebildet, in dem Kies, Steine und Blöcke zwar die Hauptbestandteile darstellen, diese aber zumindest zum Teil noch in der schluffigen Matrix „schwimmen“. Der Verwitterungsgrad nimmt mit der Tiefe relativ schnell ab, so dass ab ca. 4 m unter Gelände unverwittertes, bzw. angewittertes, jedoch verkarstetes Gebirge ansteht.

Durch die bereichsweise große Mächtigkeit setzungsfähiger Gesteine und die starke Verkarstung in diesem Gebiet werden voraussichtlich untergrundverbessernde, bzw. -sichernde Maßnahmen im Bereich der Trasse nötig werden. Dazu gehören u. a. Bodenaustausch, bzw. Bodenverbesserungsmaßnahmen unter der Dammaufstandsfläche.

Gemäß den Planungsrichtlinien der Deutschen Bahn für Erdbauwerke (Ril 836, Modul 836.0506) sind in Bereichen mit Notwendigkeit von Gewässer- und Bodenschutz Damm- und Einschnittsböschungen möglichst flach auszubilden. Abzudichtende Böschungen sollen nicht steiler als 1 : 1,8 geneigt sein. Im Bereich Hohenstadt verläuft die NBS-Trasse durchgängig im Bereich des Wasserschutzgebietes der TGA Krähensteigquelle. Entsprechend den Forderungen der zuständigen wasserwirtschaftlichen Fachbehörden für den Grundwasserschutz wird eine durchgehende Oberflächenabdichtung der Dammböschungen in Anlehnung an die Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag 2002) ausgeführt. Dementsprechend sind die Außenneigungen der Dammböschungen mit einer Neigung 1 : 2 geplant.

4.3 Ingenieurbauwerke

4.3.1 Tunnel

Im Planfeststellungsabschnitt 2.2 sind für den Alaufstieg zwei Tunnelbauwerke vorgesehen, die im Bereich der Filstalquerung durch zwei eingleisige Talbrücken verbunden werden. Nördlich des Filstals liegt der Boßlertunnel und südlich des Tals der Steinbühtunnel.

4.3.1.1 Boßlertunnel

Der Boßlertunnel beginnt mit dem Portal Aichelberg etwa bei NBS-km 39,270 am Fuße des Albtraufs. Die Höhe der Schienenoberkante liegt hier bei ca. 418 m NN. Das aus zwei näherungsweise parallel verlaufenden Einzelröhren bestehende Tunnelbauwerk steigt bis zum Erreichen des Nordrandes des Filstals zwischen Mühlhausen und Wiesensteig über eine Länge von ca. 8.772 m (Röhre Stuttgart – Ulm) bzw. 8.788 m (Röhre Ulm – Stuttgart) kontinuierlich an. Die Steigung im Tunnelbereich beträgt durchgehend ca. 24 ‰, wobei zwischen dem Portal Aichelberg und dem Portal Buch (Nordrand Filstal) ein Höhenunterschied von ca. 213 m überwunden wird.

Die beiden eingleisigen Tunnelröhren mit Kreisquerschnitt (lichter Innendurchmesser ca. 9,40 m) besitzen i. a. einen Achsabstand von 40 m. Vor dem Übergang auf die Filstalbrücken am Portal Buch wird der Achsabstand bis auf 30 m reduziert. Am Portal Aichelberg (Übergang zur freien Strecke) ist der Achsabstand mit ca. 17 m kleiner. Die beiden Röhren des Boßlertunnels werden im Abstand von maximal 1.000 m durch Verbindungsbauwerke verbunden, die für den Endzustand als Fluchtwege ausgebaut werden. Die größte Überlagerungshöhe wird im mittleren Abschnitt des Boßlertunnels erreicht. Sie beträgt ca. 275 m.

Mit den Tunnelröhren werden ausgehend vom Portal Aichelberg von unten nach oben zunächst alle Schichten des Braunjura (Aalenium 1 und 2, Bajocium 1 – 3, Bathonium, Callovium) durchfahren. Im Bereich zwischen dem Winkelbachtal und dem Filstal verlaufen die Tunnelröhren dann in den Schichten des Weißjura. Überwiegend wird hier das mächtige Schichtpaket des Oxfordium 1 durchfahren. In der Nähe des Filstals wird dann das Oxfordium 2 durchörtert und der unterste Abschnitt des Kimmeridgium 1 angeschnitten.

Der Braunjura besteht überwiegend aus geschichteten Ton- und Tonmergelsteinen, die meist mehr oder weniger feinsandig ausgebildet sind und mäßige Festigkeiten besitzen. In Abschnitten mit höheren Sandanteilen liegt eine sandflaserige Struktur der Ton-/Tonmergelsteine bzw. eine enge Wechsellagerung dünner Ton-/Tonmergelsteinbänke und dünner Sandsteinbänke vor. Bereichsweise kommen auch Mergelkalk- bis Kalksteinbänke vor, die in die überwiegend tonigen Abfolgen eingeschaltet sind. In den kalkig ausgebildeten Abschnitten sind die Festigkeiten im Mittel deutlich höher als in den tonigen Gesteinen.

Hervorzuheben ist innerhalb des Braunjura der Bereich des insgesamt ca. 30 – 35 m mächtigen Aalenium 2, das aus einer Wechselfolge von tonigen Feinsandsteinen und sandigen Tonsteinen besteht. An der Basis und am Top sind jeweils mehrere Meter mächtige Sand-

steinpakete ausgebildet (unterer und oberer Donzdorfer Sandstein). Ein weiteres ausgeprägtes Sandsteinpaket befindet sich im mittleren Bereich des Aalenium 2 (Personatensandstein). Die Abschnitte zwischen diesen Sandsteinpaketen bestehen aus Wechsellagerungen von sandflaserigen Tonsteinen und tonflaserigen Sandsteinen, z. T. mit eingeschalteten Sandsteinlagen. Insbesondere die tonflaserigen Sandsteine und die sandflaserigen Tonsteine, untergeordnet jedoch auch die reinen Sandsteinlagen, weisen häufig sehr schlechte Kornbindungen und sehr geringe Festigkeiten auf.

Unter Berücksichtigung der hohen Spannungen aus dem Gewicht der Überlagerungen ist insbesondere in Teilbereichen des Aalenium 2 beim Tunnelvortrieb mit dem sogenannten druckhaften Gebirgsverhalten zu rechnen. Durch Überschreitung der Gesteinsfestigkeit im Nahbereich des Hohlraums treten vortriebsbegleitend relativ große Hohlraumrandverschiebungen auf, die bei Ausbruch und Sicherung des Tunnels durch entsprechende Maßnahmen zu berücksichtigen sind (ausreichend großes Überprofil, vorübergehend nachgiebige Ausbildung der Sicherung).

Die oberhalb des Braunjura anstehenden Schichten des Weißjura beginnen mit dem ca. 90 – 95 m mächtigen Oxfordium 1, das aus einer geschichteten Abfolge überwiegend mergeliger und kalkiger Gesteine besteht. Die untersten 20 – 25 m zeichnen sich gegenüber dem hangenden Teil durch einen höheren Tongehalt aus. Es handelt sich hier überwiegend um Tonmergel- bis Mergelsteine, in die vereinzelt geringmächtige Kalksteinlagen eingeschaltet sind. Die Festigkeiten in den Schichten des Oxfordium 1 sind insgesamt deutlich höher als in den Braunjuraschichten.

Das Oxfordium 2 ist eine ca. 20 – 25 m dicke, relativ gleichförmige Folge gebankter Kalksteine mit hoher Festigkeit. Zwischen den Kalksteinbänken sind meist dünne, nur wenige Zentimeter dicke Mergelsteinzwischenlagen eingeschaltet. Oberhalb des Oxfordium 2 steht die geschichtete Folge aus mergeligen und kalkigen Gesteinen des Kimmeridgium 1 an, die vom Boßlertunnel am nördlichen Filstalrand nur im untersten Teil durchfahren bzw. angeschnitten wird. Hier stehen überwiegend feste Mergelsteine mit eingeschalteten Mergelkalk- bis Kalksteinlagen an.

Die Kalksteine des Oxfordium 2 sind generell verkarstungsfähig. Erfahrungsgemäß handelt es sich bei den Verkarstungen im Oxfordium 2 um vereinzelt auftretende Erscheinungen, mit denen im Durchfahrungsbereich des Boßlertunnels zu rechnen ist. Vorzugsweise ist von starker korrosiver Erweiterung einzelner Klüfte auszugehen. In Einzelfällen können Klüfte zu Röhren und höhlenartigen Systemen erweitert sein. Auch in der normalerweise nicht verkars-

tungsfähigen mergeligen Abfolge des Kimmeridgium 1 treten vereinzelt singuläre Verkarstungs- oder verkarstungsähnliche Strukturen auf, die die hydraulischen Verbindungen zwischen dem oberen (im Kimmeridgium 2 und in den unteren Massenkalken) und dem unteren (im Oxfordium) Karststockwerk darstellen. Im Bereich des Boßlertunnels können derartige lokale Verkarstungen im Kimmeridgium 1 (am nördlichen Filstalrand) nicht ganz ausgeschlossen werden.

Angaben zur Hydrogeologie und zur bauzeitlichen Wasserhaltung sind in der Anlage 15 enthalten.

Der über die gesamte Länge bergmännisch aufzufahrende Boßlertunnel soll in der Spritzbetonbauweise ausgeführt werden. Diese flexible Bauweise erlaubt jeweils eine optimale Anpassung der Ausbruchtechniken und der Sicherungsmittel an die heterogenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse. Der Vortrieb soll vom Portal Aichelberg sowie über ~~die zwei Zwischenangriffe Roter Wasen und~~ *den Zwischenangriff Umpfental* erfolgen (Zwischenangriffstollen s. Kap. 4.3.2). Vom Filstal aus ist kein Vortrieb vorgesehen.

Der Ausbruch der Tunnelquerschnitte erfolgt in Abhängigkeit von den jeweiligen Verhältnissen im Sprengvortrieb oder im kombinierten Bagger-/Sprengvortrieb. Die Auffahrung soll im Vollausbau mit abgestufter Ortsbrust oder in Teilquerschnitten (Kalottenvortrieb) durchgeführt werden. Die Sicherung der Tunnelröhren bzw. der Querschläge erfolgt im Regelfall mit bewehrtem Spritzbeton, Ausbaubögen und einer Systemankerung. Ggf. werden auch vorseilende Sicherungen, wie z. B. Spieße, eingesetzt. Falls erforderlich wird die Ortsbrust gesichert. Notwendige Sondermaßen, beispielsweise bei der Durchfahrung von Störungszonen, werden in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation ergriffen. Hierzu zählen auch Injektionsmaßnahmen zu Abdichtungs- oder Verfestigungszwecken.

Die Spritzbetonbauweise erlaubt auch im Bereich des druckhaften Gebirges einen sicheren Vortrieb. Um die dabei erforderlichen Spannungsumlagerungen im Gebirge zu ermöglichen, müssen hier vortriebsbegleitende Verformungen in größerem Umfang zugelassen werden. Die Sicherung des Tunnels ist daher vorübergehend nachgiebig auszubilden (z. B. geschlitzte Spritzbetonschale). Weiterhin ist das Überprofil beim Vortrieb entsprechend den zu erwartenden Verschiebungen des Hohlraumrandes ausreichend groß zu wählen.

4.3.1.2 Steinbühl tunnel

Südlich des Filstals wird die NBS auf einer Länge von 4.813 m (Röhre Stuttgart – Ulm) bzw. 4.825 m (Röhre Ulm – Stuttgart) im Steinbühl tunnel geführt, der etwa bei NBS-km 53,400 die Albhochfläche erreicht (Portal Hohenstadt). Die Längsneigung der beiden mit einem Achsabstand von 30 m parallel verlaufenden, vom Filstal aus stetig ansteigenden Röhren des Steinbühl tunnels beträgt überwiegend 23 – 25 ‰. Lediglich in einem Abschnitt von ca. 1 km Länge wird die Längsneigung auf ca. 17,5 ‰ reduziert. Der mit dem Steinbühl tunnel zu überwindende Höhenunterschied zwischen dem Filstal und der Albhochfläche beträgt ca. 104 m.

Die beiden eingleisigen Tunnelröhren mit Kreisquerschnitt (lichter Innendurchmesser 9,40 m) werden zwischen dem Filstal und etwa ~~NBS-km 52,785~~. *NBS-km 52,785 sowie zwischen NBS-km 52,935 und NBS-km 53,350 bergmännisch aufgeföhren. Lediglich der letzte, ca. 615 m lange Abschnitt vor dem Portal Hohenstadt wird in offener Bauweise hergestellt. Lediglich in dem Abschnitt zwischen NBS-km 52,785 und NBS-km 52,935 und zwischen NBS-km 53,350 und dem Portal Hohenstadt wird der Tunnel in offener Bauweise hergestellt.* Hier erhalten die Tunnelquerschnitte eine gerade Sohlplatte. Die Überlagerungshöhren betragen im bergmännisch aufzuföhrenden Bereich bis zu ca. 120 m. Die größte Überlagerung im Bereich der offenen Bauweise beträgt weniger als ~~44 m~~ *10 m*. Wie beim Boßlertunnel werden auch beim Steinbühl tunnel die beiden Röhren im Abstand von maximal 1.000 m durch Verbindungsbauwerke verbunden, die für den Endzustand als Fluchtwege ausgebaut werden.

Der Steinbühl tunnel liegt vollständig in den Schichten des Weißjura. Im Nahbereich des Filstals wird voraussichtlich die obere Hälfte des Oxfordium 2 durchföhren, das im wesentlichen aus gebankten Kalksteinen mit hoher Festigkeit besteht. Im Anschluß wird von unten nach oben die aus mergeligen und kalkigen Gesteinen bestehende Folge des Kimmeridgium 1 durchföhren. Die Gesteine besitzen hier mittlere bis hohe Festigkeiten.

Nördlich der Unterföhrenung des Gosbachtals tritt der Tunnel voraussichtlich in die Schichten des Kimmeridgium 2 ein. Infolge des Schichtversatzes an der Störung im Bereich des Gosbachtals folgt danach noch einmal ein Tunnelabschnitt im Kimmeridgium 1, bevor der zur Albhochfläche hin ansteigende Tunnel endgültig im Kimmeridgium 2 und in den sogenannten Unteren Massenkalken verläuft. Das bis über 100 m mächtige Schichtenpaket ist überwiegend massig ausgebildet. Daneben treten jedoch auch gebankte Mergelkalk- und Kalksteine auf. Im untersten Bereich der Abfolge stehen grundsätzlich gebankte Gesteine an (Kimme-

ridgium 2), während im Hangenden die Karbonatgesteine in massiger Ausbildung überwiegen (Untere Massenkalke). Bereichsweise ist dolomitisierter Kalkstein anzutreffen, wobei sich im Regelfall eine ausgeprägtere dolomitisierte Zone an der Basis des Massenkalks befindet. Die kalkigen und dolomitischen Gesteine besitzen zumindest im nicht verkarsteten Zustand hohe bis sehr hohe Festigkeiten.

Grundsätzlich verkarstungsfähig sind die Kalk- und Dolomitgesteine des Oxfordium 2 und des Kimmeridgium 2 / Untere Massenkalke. Im Oxfordium 2, das wie erläutert im Nahbereich des Filstales durchfahren wird, ist mit vereinzelt auftretenden Verkarstungserscheinungen zu rechnen. Es handelt sich dabei vorzugsweise um eine starke korrosive Erweiterung einzelner Klüfte, die in Einzelfällen zu Röhren und höhlenartigen Systemen erweitert sein können.

Im Kimmeridgium 2 (Bankkalke) ist mit ähnlichen Verkarstungserscheinungen zu rechnen. Die oberhalb der Bankkalke folgenden Massenkalke und Dolomite weisen häufig starke Verkarstungserscheinungen auf. Neben Klufthkarst sind auch Karströhren in den Massenkalken anzutreffen. Sowohl der Klufthkarst als auch die Karströhren können ganz oder teilweise mit Lehm plombiert sein.

Eine weitere Verkarstungsform ist der Lochkarst, der vorzugsweise in Dolomitformationen auftritt. Je nach Verkarstungsintensität kommen im Lochkarst von isolierten Hohlräumen über zusammenhängende Hohlräume mit intaktem Stützgerüst (Gesteinsbrücken) bis hin zum weitgehend zerstörten Stützgerüst alle denkbaren Stufen vor.

Die stärksten Verkarstungserscheinungen sind Höhlen, wobei in Abhängigkeit von der Orientierung zwischen den Grundformen der Vertikalhöhle und der Horizontalhöhle unterschieden wird.

Auch in der normalerweise nicht verkarstungsfähigen mergeligen Abfolge des Kimmeridgium 1 müssen vereinzelt Verkarstungs- oder verkarstungsähnliche Strukturen vorhanden sein, da sonst die vorhandenen hydraulischen Verbindungen zwischen dem Oberen Karstockwerk (Kimmeridgium 2 / Untere Massenkalke) und dem unteren Karstockwerk (Oxfordium 2) nicht zu erklären sind.

Bezogen auf den Steinbühlentunnel ist nach den bisherigen Erkundungsergebnissen im gesamten Kimmeridgium 2 und in den Unteren Massenkalken von stärkeren und flächenhaften Verkarstungen auszugehen. In Filstalnähe verläuft der Tunnel auf kurzer Länge im Oxfordium 2 und dann im Kimmeridgium . Verkarstungen wurden in diesem Bereich bisher nicht

~~angetroffen, können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf die infolge der Verkarstung zu erwartenden Risiken beim Bau des Steinbühltunnels ist es vorgesehen, im Bereich des bergmännisch aufzufahrenden Abschnitts zwei innerhalb der späteren Tunnelquerschnitte liegende Pilotstollen aufzufahren (s. Kap. 4.3.3). Diese Stollen dienen der Erkundung und ggf. der Sanierung bzw. Stabilisierung von Verkarstungen, bevor die Haupttunnelröhren aufgefahren werden.~~

~~Weiterhin soll über die Stollen~~ *Im Zuge des von Hohenstadt in Richtung Filstal vorgesehenen fallenden Vortriebs soll der* Wasserspiegel im oberen (schwebenden) Karstwasserstockwerk für die Dauer der Bauzeit abgesenkt werden. Das untere, sogenannte Hauptkarstwasserstockwerk liegt nach den bisherigen Erkundungsergebnissen zumindest bei Mittelwasserständen unterhalb der Tunnelsohle. Einzelheiten zu den hydrogeologischen Verhältnissen und zur bauzeitlichen Wasserhaltung finden sich in Anlage 15.

Im bergmännisch aufzufahrenden Abschnitt (Länge ca. 4,2 km je Röhre) soll der Steinbühltunnel in der Spritzbetonbauweise ausgeführt werden. Durch die Anpassungsfähigkeit der Bauweise ist auch unter Berücksichtigung der Karstproblematik ein sicherer Vortrieb möglich. Darüber hinaus ~~ist~~ *wird* durch ~~die über die Stollen vorab vorgesehene~~ *eine dem Vortrieb voraus eilende Erkundung* und ggf. die vorgezogene Ausführung einer Sanierung / Stabilisierung der maßgeblichen Verkarstungen das Gebirge im Tunnelnahbereich soweit "konditioniert", daß der Vortrieb der Haupttunnelröhren ohne übermäßige Beeinträchtigungen durchgeführt werden kann.

Der Ausbruch der Tunnelquerschnitte erfolgt im Sprengvortrieb. Aus baubetrieblichen Gründen ist von einer Auffahrung in Teilquerschnitten (Kalottenvortrieb) auszugehen. Die Sicherung der Tunnelröhren bzw. der Querschläge erfolgt im Regelfall mit bewehrtem Spritzbeton, Ausbaubögen und einer Systemankerung. Ggf. werden auch vorauseilende Sicherungen, wie z. B. Spieße, eingesetzt. Notwendige Sondermaßnahmen, beispielsweise bei der Durchföhrung von stark verkarsteten Bereichen oder Störungszonen oder beim Antreffen größerer Hohlräume, werden jeweils in Abhängigkeit von der vorliegenden Situation ergriffen. Hierzu zählen auch Injektionsmaßnahmen zu Abdichtungs- oder Verfestigungszwecken.

Der Tunnelvortrieb erfolgt vom bergmännischen Portal bei Hohenstadt (Übergang auf ~~die~~ *den Zwischenabschnitt in offener* Bauweise) und ~~über den Zwischenangriff Steinbruch Staudenmaier (Zwischenangriffstollen s. Kap. 4.3.2).~~ Vom Filstal aus ist kein Vortrieb der Tunnelröhren vorgesehen.

Im Bereich des Tunnels in offener Bauweise (~~Abschnittslänge ca. 615 m~~) werden die Blöcke der beiden Einzelröhren in einer gemeinsamen Baugrube hergestellt. Die Baugrubenwände sollen geböschet und nach statischer Erfordernis gesichert werden (z. B. mit Felsnägeln und Spritzbeton). In Abhängigkeit vom Trennflächengefüge und von der Verkarstung können die Böschungen mehr oder weniger steil ausgebildet werden. Es wird davon ausgegangen, daß die Böschungen unter 1 : 1,5 oder steiler geneigt werden.

4.3.2 Zwischenangriffstollen

Für die Dauer der Bauzeit ~~sind ist~~ beim Boßlertunnel ~~die zwei Zwischenangriffe Roter Wasen und der Zwischenangriff~~ Umpfental vorgesehen. Beim Steinbühlertunnel ist ~~nur ein kein~~ Zwischenangriff (~~Steinbruch Staudenmaier~~) geplant. ~~Alle drei Zwischenangriffe bestehen~~ ~~Der Zwischenangriff besteht~~ aus ~~einem~~ Stollen, die ~~der~~ von der Geländeoberfläche aus zum Tunnel geführt werden. Über einen Querschlag als Verlängerung des Zwischenangriffstollens wird ~~jeweils~~ die Zugangsmöglichkeit zu den beiden Einzelröhren geschaffen. ~~Alle Der~~ Zwischenangriffstollen ~~werden wird~~ nach Abschluß der Bauarbeiten unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Situation verfüllt.

4.3.2.1 ~~ZA Roter Wasen~~

~~Der Zwischenangriffstollen Roter Wasen wird ausgehend vom Stollenportal mit sehr geringer Steigung (ca. 1 %) bei km 42,000 auf den Boßlertunnel geführt. Die Stollenlänge beträgt ca. 1.405 m. Die größte Überlagerungshöhe wird im Bereich der Einmündung in den Tunnel erreicht. Sie beträgt ca. 110 m.~~

~~Der ZA Stollen Roter Wasen liegt durchgehend im Aalenium 1, das hier aus weitgehend unverwitterten Ton- bis Tonmergelsteinen (Opalinuston) besteht.~~

~~Der Regelquerschnitt des Stollens besteht aus einem Maulprofil, das näherungsweise einem Kreis mit ca. 9,50 m Ausbruchdurchmesser entspricht. Der Stollen wird im Sprengvortrieb, ggf. in Kombination mit einem Baggervortrieb aufgefahren. Als Sicherungsmittel werden im Regelfall eine bewehrte Spritzbetonschale und eine Systemankerung sowie ggf. Ausbaubögen eingebracht. Vorausseilende Sicherungsmittel (z. B. Spieße) und eventuell eine Ortsbrustsicherung kommen nach Erfordernis zur Anwendung. Die Stollensicherung wird so ausgelegt, daß sie hinsichtlich der Dauerhaftigkeit die Anforderungen über die gesamte Bauzeit erfüllt.~~

4.3.2.2 ZA Umpfental

Der Zwischenangriffstollen Umpfental wird ausgehend vom Stollenportal mit einem Gefälle von 7,2 % bei km 44,500 auf den Boßlertunnel geführt. Die Stollenlänge beträgt ca. 920 m. Die Überlagerungshöhe des Stollens nimmt vom Portal bis zur Einmündung in den Tunnel stetig zu. Sie erreicht im Tunnelbereich ca. 150 – 160 m.

Der ZA–Stollen Umpfental durchfährt ausgehend vom Stollenportal etwa über die halbe Stollenlänge die untere Hälfte des Oxfordium 1 (unterster Weißjura). Danach taucht er in die oberen Schichten des Braunjura ab und bindet nach Durchfahrung des Bathonium und Callovium im Bajocium 3 in den Tunnel ein. Die einzelnen Schichten wurden bereits beim Boßlertunnel näher beschrieben. Danach handelt es sich beim Oxfordium 1 im wesentlichen um mergelig – kalkige Gesteine und bei den oberen Braunjuraschichten überwiegend um tonige Gesteine.

Der Regelquerschnitt des Stollens Umpfental ~~ist aus bauleistungsrechtlichen Gründen größer geplant als der Querschnitt der anderen ZA Stollen. Das Maulprofil ist~~ *besteht aus einem Maulprofil mit* einer größten Ausbruchbreite von ca. 11 m und einer Ausbruchhöhe von ca. 10 m in der Stollenachse ~~geplant.~~

~~Bezüglich Ausbruch und Sicherung gelten die Angaben zum Zwischenangriffstollen Roter Wasen hier in gleicher Weise.~~

Der Stollen wird im Sprengvortrieb, ggf. in Kombination mit einem Baggervortrieb aufgeföhren. Als Sicherungsmittel werden im Regelfall eine bewehrte Spritzbetonschale und eine Systemankerung sowie ggf. Ausbaubögen eingebracht. Vorauseilende Sicherungsmittel (z. B. Spieße) und eventuell eine Ortsbrustsicherung kommen nach Erfordernis zur Anwendung. Die Stollensicherung wird so ausgelegt, dass sie hinsichtlich der Dauerhaftigkeit die Anforderungen über die gesamte Bauzeit erfüllt.

~~4.3.2.3 ZA Steinbruch Staudenmaier~~

~~Der Zwischenangriffstollen wird ausgehend vom Portal im Steinbruch Staudenmaier mit ca. 10,5 % Gefälle auf den Steinbühlertunnel geführt. Der im Grundriß bogenförmige, ca. 520 m lange Stollen bindet etwa bei km 51,065 in den Tunnel ein. Die größte Überlagerungshöhe wird mit ca. 100 – 110 m im Bereich des Anschlusses an den Tunnel erreicht.~~

~~Der ZA Stollen durchfährt vom Portal im Steinbruch aus zunächst den Unteren Massenkalk und das Kimmeridgium 2 um dann nach derzeitigem Erkundungsstand voraussichtlich im Kimmeridgium 1 in den Steinbühlentunnel einzubinden. Wie bereits beim Steinbühlentunnel beschrieben handelt es sich beim Kimmeridgium 1 um mergelige und kalkige geschichtete Gesteine, die i. a. nicht verkarstet sind. Die gebankten und massigen Kalksteine bzw. Dolomite des darüber anstehenden Kimmeridgium 2 und des Unteren Massenkalks dürften dagegen durchweg stärkere Verkarstungserscheinungen aufweisen (vgl. Steinbühlentunnel).~~

~~Der Regelquerschnitt des ZA Stollens Steinbruch Staudenmaier entspricht dem Querschnitt der ZA Stollen Roter Wasen. Hinsichtlich Ausbruch und Sicherung gelten grundsätzlich die zu diesem Stollen gemachten Ausführungen. Allerdings können beim Zwischenangriffstollen Steinbruch Staudenmaier trotz der grundsätzlich höheren Gesteinsfestigkeit wegen der zu erwartenden Verkarstung ggf. in größerem Umfang Sondermaßnahmen wie z. B. Injektionen erforderlich werden. Um zu verhindern, dass Niederschlagswasser über den durch den Vortrieb aufgelockerten Gebirgsbereich entlang des Zwischenangriffstollens ungehindert bis zum Steinbühlentunnel ablaufen kann, ist geplant, den obersten Bereich des Zwischenangriffes Steinbruch Staudenmaier gegen das umgebende Gebirge abzudichten.~~

4.3.3 Pilotstollen im Steinbühlentunnel

~~Der Weißjura im Bereich des Steinbühlentunnels ist über große Längen in mehr oder weniger stark verkarsteter Form zu erwarten (s. Kap. 4.3.1). Werden beim Tunnelvortrieb unerwartet Verkarstungsstrukturen angetroffen, so werden aufwendige Maßnahmen zur Sicherung erforderlich, die wiederum zu langen Stillstandszeiten führen können. Ohne eine genauere Kenntnis der Verkarstung ist das Auffahren der Tunnelröhren hinsichtlich der Baukosten und der Bauzeit mit großen Risiken verbunden. Deshalb muß angestrebt werden, Karsthohlräume im Bereich der Tunneltrasse rechtzeitig zu erkennen und nach Erfordernis vor der Auffahrung des Haupttunnels zu sanieren bzw. zu stabilisieren.~~

~~Die zuverlässige Erkundung der Verkarstung ist über Bohrungen und geophysikalische Messungen, die von der GOF bzw. in Erkundungsbohrungen von der GOF durchgeführt werden, nicht möglich. Deshalb sind im bergmännisch aufzufahrenden Bereich des Steinbühlentunnels zwei durchgehende Pilotstollen geplant, mit Hilfe derer die Risiken hinsichtlich der Bauzeit und der Kosten minimiert und vorträglich gehalten werden können.~~

~~Mit Hilfe der Pilotstellen und geophysikalischer Messungen sowie ergänzender Bohrungen von den Stellen aus ist eine hinreichende Erkundung der Karststrukturen des Gebirges um die geplanten Tunnelröhren möglich. Nachdem alle maßgebenden Verkarstungsstrukturen erkannt sind, werden diese von den Pilotstellen aus stabilisiert bzw. saniert. Hohlräume, deren hydraulische Durchgängigkeit aus Sicht der Wasserwirtschaft erhalten bleiben muß, werden mit Hilfe von Überbrückungs- bzw. Umleitungsbauwerken stabilisiert. Im Anschluss können dann die beiden eingleisigen Tunnelröhren ohne größere, aus der Verkarstung resultierende Risiken aufgefahren werden.~~

~~Geplant ist die Ausführung der zwei ca. 4,2 km langen Pilotstellen innerhalb der Querschnitte der beiden Tunnelröhren. Die Stellen sollen jeweils mit einem hufeisenförmigen Profil mit einem Querschnitt von etwa 17 m² in der Spritzbetonbauweise hergestellt werden. Sie werden ausgehend von einem Vereinschnitt am nordwestlichen Ende der geplanten offenen Bauweise der Tunnelröhren im fallenden Vortrieb sowie steigend vom Filstal aufgefahren. Zusätzlich wird der Vortrieb mit Hilfe des Zwischenangriffs Steinbruch Staudenmaier beschleunigt.~~

~~Der Ausbruch der Stellen ist im Sprengvortrieb vorgesehen. Die Sicherung der Stellen in den unverkarsteten Gebirgsabschnitten erfolgt durch eine stahl- oder kunststofffaserarmierte Spritzbetonschale und örtlich nach Erfordernis durch eine Systemankerung.~~

4.3.4 Filstalbrücken

Zwischen dem Portal Buch des Boßlertunnels und dem Portal Todsburg des Steinbühl-tunnels werden die Gleise durch zwei parallelverlaufende 485 m (rechtes Gleis) bzw. 472 m (linkes Gleis) lange und max. 75 m hohe Talbrücken über das Filstal geführt. Der Achsabstand zwischen den beiden Brücken beträgt 30 m.

Für die beiden Filstalbrücken sind jeweils ein Brückenpfeiler im nördlichen Filstalhang sowie zwei Brückenpfeiler im südlichen Filstalhang geplant. Im Talbereich sind am nordwestlichen/nördlichen bzw. südöstlichen/südlichen Rand des flachen Talbodens vor den Füßen der Filstalhänge y-förmige Hauptpfeiler der beiden Filstalbrücken geplant. Die Widerlager der beiden Filstalbrücken schließen unmittelbar an die Portalbauwerke des Portals Buch des Boßlertunnels bzw. des Portals Todsburg des Steinbühl-tunnels an. Die Widerlager sind etwa 70m oberhalb des Filstalbodens in den 30° bis 40° steilen Talhängen zu gründen. Auf den Widerlagern werden zudem die talseitigen Abschnitte der Portalhauben und die Verbindungsbauwerke gegründet, mit denen an den Portalen bzw. Brückenwiderlagern eine für die

Rettungsfahrzeuge befahrbare Verbindung zwischen den benachbarten Tunnelröhren bzw. Brückenbauwerken hergestellt wird.

Die geplanten Brückenbaumaßnahmen kommen in der Schutzzone II der Brunnen des Zweckverbandes Wasserversorgung Kornberggruppe mit den genutzten Brunnen V, VI, VII und VIII zu liegen. Die Hauptpfeiler werden außerhalb des 10 m-Gewässerrandstreifens der Fils in der Nähe der Schutzzone I der Brunnen VI und V der TGA Kornberggruppe gegründet. In der Fachbeilage 15.1 zu den Planfeststellungsunterlagen sind die hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Auswirkungen der Eingriffe durch die baulichen Anlagen erläutert.

Für die Bauzeit wird im Talbereich eine Behelfsbrücke über die Fils errichtet, die den Baustellenverkehr beider Filstalseiten verbinden soll. Die Behelfsbrücke kommt ~~unterstromig und außerhalb der Wasserschutzzone~~ *im Bereich der Filstalbrücken* im Überschwemmungsgebiet der Fils zu liegen.

Im Talboden stehen unter bis zu ca. 10 m mächtigen quartären, überwiegend kiesigen, teils tonigen Talablagerungen Mergelsteine mit Kalksteineinschlüssen des Oxfordiums 1 (ox1) an, denen die Tonsteine des Callovium und die Ton-, bzw. Mergelsteine des Bathonium und darunter die Tonsteine, Mergelsteine und Sandsteine des Bajocium folgen. Die Gesteinsabfolge ist durch mehrere nachgewiesene Störungen um bis zu 50 m in der Höhe versetzt.

Im Bereich der geplanten Hangpfeiler steht im nördlichen Filstalhang bis zu ca. 10 m mächtiger Hangschutt und im südlichen Filstalhang bis zu ca. 5 m mächtiger Hangschutt an. In allen Hangpfeilerstandorten wird der Hangschutt von Kalkmergelsteinen und Kalksteinen des Oxfordium 1, die ab ca. 10 m unter der Hangschuttbasis relativ unverwittert anstehen, unterlagert. Die Brückenpfeiler liegen auf beiden Talseiten in kriechgefährdeten Hangbereichen.

Im Bereich der nordwestlichen Widerlager (Widerlager Stuttgart) stehen unter etwa 5 m – 10 m mächtigem Hangschutt Kalksteine mit Mergelsteinzwischenlagen des hier ca. 24 m mächtigen Oxfordium 2 (ox 2) an. Die Schichtgrenze ox 2/ox 1 liegt bei etwa 602 m ü. NN, ca. 10 m unter den geplanten Unterkanten der Brückenwiderlager. Bedingt durch die Hangschuttmächtigkeit sowie die Hangneigung ist der Filstalhang in diesem Bereich kriechgefährdet.

Im Bereich der südlichen Widerlager (Widerlager Ulm) stehen unter etwa 5 m mächtigem Hangschutt Mergelsteine und Kalksteine des ca. 90 m mächtigen Oxfordium 1 bzw. des darüber lagernden ox2 an. Die Schichtgrenze ox1/ox2 liegt bei etwa 632 m ü. NN, ca. 4 m über

der geplanten Unterkante des Widerlagers. Der Filstalhang weist in diesem Bereich eine im Vergleich zum Gegenhang geringere Kriechgefährdung auf.

Die Baugrundverhältnisse im Bereich der geplanten Filstalbrücken sind im Talboden durch mächtige, unzureichend tragfähige Flussablagerungen und durch Grundwasserspiegellagen, die oberhalb der ausreichend tragfähigen Festgesteinsschichten liegen sowie in den Hangbereichen durch nicht tragfähige kriechgefährdete Lockergesteinsdecken und durch mächtige geringtragfähige Verwitterungszonen gekennzeichnet. Aufgrund dieser Baugrundverhältnisse ist vorgesehen, alle Pfeiler und die Widerlager der Filstalbrücken mit Pfählen tief zu gründen.

Die Pfähle der Hauptpfeilergründung beider Brücken binden voraussichtlich in ein durch die Filstalstörungen stark zerlegtes und tiefgründig verwittertes Gebirge ein. Zudem ist mit gespanntem Grundwasser in den Pfahlstrecken der Hauptpfeilergründungen zu rechnen. Überschlägliche Dimensionierung führen deshalb für die Hauptpfeiler zu erforderlichen Pfahllängen von mindestens 20 m bis ca. 40 m.

Angesichts der nach derzeitiger Kenntnislage vorsichtig eingeschätzten Trageigenschaften der stark gestörten und tiefgründig aufgewitterten Schichten des ox1 und des oberen Braunjura im Filstal werden zur Überprüfung der Trageigenschaften der Störungszonen und der oberflächlich stark verwitterten Festgesteinsschichten Großversuche mittels Probepfählen durchgeführt. Ziel ist es, günstigere Tragwerte als bisher angenommen werden konnten durch Großversuche abzusichern, um eine wirtschaftliche Pfahldimensionierung zu ermöglichen. Die Durchführung der Probepfahluntersuchungen erfolgt vor der Ausschreibung der Baumaßnahmen. Die Probepfähle werden zwischen den beiden Brücken in den Achsen 30 und 40 angeordnet. Die Probepfähle werden nach Abschluss der Versuche oberhalb der Sohle des quartären Aquifers rückgebaut.

Die geplanten Pfahlkopfplatten der Hauptpfeiler liegen im Bereich oder unterhalb des quartären Grundwasserspiegels im Filstal. Zur Minimierung der Auswirkungen auf das genutzte Grundwasservorkommen werden die Gründungsarbeiten im Schutz eines Spundwandverbau durchgeführt, wobei die Spundwandbohlen bis in das Oxfordium 1 bzw. das Callovium einbinden. Das evtl. über undichte Spundwandschlösser oder über die Baugrubensohle in die Baugrube eintretende Wasser wird in offener Wasserhaltung abgeführt und nach Passage eines Absetzbeckens und einer Neutralisationsanlage unterstromig der TGA Mühlhausen i.T. in die Fils eingeleitet.

Während der Baumaßnahmen werden die Brunnen V und VI der TGA Kornberggruppe außer Betrieb genommen und eine Ersatzwasserversorgung eingerichtet. Nach Beendigung der Baumaßnahmen für die Pfeilergründungen werden die Spundwandbohlen wieder gezogen und die Pfahlkopfplatten können unter- sowie umströmt werden. Da unter der Pfahlkopfplatte bei einzelnen Gründungen nur rd. 1,0 m quartäre Restmächtigkeit verbleibt, wird dieser Bereich sowie der Arbeitsraum mit einem hochdurchlässigen Mineralgemisch ausgetauscht bzw. aufgefüllt, um ein Aufstauen des Grundwasserstroms zu vermeiden.

Alle in der Zone II des Wasserschutzgebietes der Kornberggruppe zu errichtenden Baustraßen und Bauflächen werden abgedichtet, und das anfallende Niederschlagswasser wird aus dem Wasserschutzgebiet herausgeleitet. Eine Versickerung von i. w. mit Trübstoffen belastetem Wasser in den genutzten Grundwasserleiter unmittelbar oberstromig des Brunnens V oder im Absenktrichter des Brunnens VI wird somit vermieden. Gleiches gilt bei nie gänzlich ausschließbaren Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen, wobei das von Bauflächen abzuleitende Wasser über Absetzbecken geführt wird. Bei Betankungen von ortsgebundenen Baufahrzeugen werden wasserdichte Wannen untergestellt. Mobile Fahrzeuge werden außerhalb des Wasserschutzgebietes Zone II betankt, Wartungsarbeiten sind ebenfalls außerhalb der Zone II durchzuführen. Das Lagern von Kraftstoffen, Ölen, Schmiermitteln und sonstigen wassergefährdenden Stoffen erfolgt außerhalb der Zone II in wasserundurchlässigen Lagerungsbehältnissen. Ölbindemittel wird in ausreichender Menge mitgeführt und einsatzbereit vorgehalten.

Da die in den Filstalhängen anstehenden Hangschuttdecken kriechgefährdet sind und in diesen unter ungünstigen Witterungsbedingungen oberflächennah Kriechbewegungen der Hangschuttdecken auftreten können, ist für die in den Hangbereichen gelegenen Pfeilergründungen zum Schutz gegen solche Belastungen eine Abschirmung vorgesehen (z. B. „Knopflochgründung“ oder bergseitige Stützwand). Für die Aufnahme des Erddrucks aus der Hangschuttdecke sind ggf. Rückverankerungen mit Vorspannankern erforderlich.

Im Zuge der 6. EPH wurden im nördlichen und südlichen Widerlagerbereich jeweils eine Verformungsmessstelle zur Ermittlung von Hangkriechbewegungen eingerichtet. Außerdem ist vorgesehen, während des Baus eventuelle Bewegungen der Abschirmkonstruktion und mögliche Änderungen der Ankerkräfte durch Messungen in regelmäßigen Abständen solange zu überwachen, bis sich die Stabilität des Gesamtsystems erwiesen hat.

Im Zusammenhang mit den Baumaßnahmen im Filstal wird der vorhandene Forstweg im Bereich des Portals Buch verlegt und über das Portal hinweg geführt. Angesichts der gerin-

gen Standsicherheit der Lockergesteinsschichten an den Filstalhängen werden die für den Wegebau erforderlichen Eingriffe in den Hang möglichst gering ($\leq 3\text{m}$ Höhe) gehalten und mittels Gabionen u.ä. gesichert. Abschnittsweise werden talseitig zusätzliche Stützmaßnahmen (z.T. mittels Mikropfählen tief gegründet) errichtet, um bergseitig höhere Hanganschnitte zu vermeiden.

Im Portalbereich Todsburg werden Zufahrten von der Ortsverbindungsstraße Mühlhausen – Eselhöfe zu den Brückenwiderlagern geschaffen. Für die Zufahrt zum Widerlager Gleis Ulm - Stuttgart sind Maßnahmen analog zu denen am Portal Buch vorgesehen. Für die Zufahrt zum Widerlager Gleis Stuttgart – Ulm wird der erforderliche, ca. 4m bis 5m hohe Hanganschnitt durch eine auf dem Fels gegründete Stützmauer gesichert.

5 Verwendete Unterlagen

ARGE WUG, 2006:

Ausbau und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, Planfeststellungsabschnitt 2.2 Alaufstieg, Ingenieur-, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme zur Planfeststellung (6. EPH), Westheim, Stuttgart, Ettlingen 2006.

wbi, 2004:

NBS Wendlingen-Ulm, PFA 2.2, Alaufstieg Bosslertunnel und Steinbühlentunnel, Baugrundgutachten, Aachen 2004

ARGE WUG, 2003:

Ausbau und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg Bereich Wendlingen – Ulm, Hydrogeologische Untersuchung im Filstal (PFA 2.2), Bericht zu Pumpversuchen im Lockergesteinsaquifer der Fils; Bewertung der Versuchsergebnisse, Westheim, Stuttgart, Ettlingen 25.09.2003.

LAGA , Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 2003:

Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil – Mainz, 06.11.2003.

RiStWag, 2002:

Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten.- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Bonn.

igi NIEDERMEYER INSTITUTE, 2000:

ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, Planfeststellungsabschnitt (PFA) 2.2 Alaufstieg, , Optimierte Antragsstrasse, Filstalquerung, Ingenieurgeologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme zum Aufschluß- und Untersuchungsprogramm der 5. Bohr- und Erkundungsphase (5. EPH); Westheim, Dez. 2000.

igi NIEDERMEYER INSTITUTE, 1994:

ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Ingenieurgeologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche sowie ökologische und schalltechnische Beratungen im Rahmen der Abstimmung mit den Belangen der Raumordnung, Band 15, Teilbericht 2: Ingenieurgeologische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme zum Aufschluß- und Untersuchungsprogramm der 3. Bohr- und Erkundungsphase (3. EPH), (Stand 31.12.1994). - Westheim.