

## 2. S-Bahn-Stammstrecke München

### Planfeststellung

### Erläuterungsbericht (nachrichtlich)

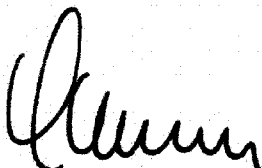
### Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Wasserwirtschaft

### Planfeststellungsabschnitt 2

München, den 31.05.2005

Erstellt im Auftrag der  
DB AG

Vorhabenträger:



**Die Bahn** 

DB ProjektBau GmbH  
Niederlassung Süd

## **2. S-Bahn-Stammstrecke München**

Planfeststellungsabschnitt 2

Anlage 18.1 Erläuterungsbericht

---

# **Beteiligte Planer und Gutachter:**

### **Planungsgemeinschaft 2. S-Bahn-Stammstrecke München**

#### **Gesamtkoordinierung und Generalplanung Los 2 und 4**

OBERMEYER Planen+Beraten GmbH / DE-Consult GmbH/ PSP Beratende Ingenieure München

### **Planungsgemeinschaft 2. S-Bahn-Stammstrecke München**

#### **Generalplanung Los 1 und 3**

Lahmeyer München Ingenieurgesellschaft mbH / Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft-mbH

### **Fachplaner, Gutachter**

DB Energie GmbH

DB PB TB3

DB Telematik

DB Systemtechnik

DB ProjektBau GmbH, NL Süd TB 82

DB AG Sanierungsmanagement

Balfour Beatty Rail GmbH, Power Systems

BPI Consult GmbH

ARGE RA

Meidert und Kollegen, Rechtsanwälte

RA Hartmut Heinrich

m-Plan eG

STUVA – Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V.

Zentrum Geotechnik, TU München

## Inhaltsverzeichnis

## Seite

<b>1</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>3</b>
1.1	Allgemeine Projektbeschreibung.....	3
1.2	Aufgabenstellung.....	3
1.3	Verwendete Unterlagen/Literatur.....	3
<b>2</b>	<b>Lage und Beschreibung der begutachteten Maßnahme .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Geologischer / Hydrogeologischer Überblick.....</b>	<b>6</b>
3.1	Allgemeine geologische Verhältnisse .....	6
3.2	Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse.....	7
3.3	Altlastenverdachtsflächen, weitergehende chemische Gutachten .....	8
3.4	Lagerstätten .....	8
3.5	Erdbebenzonen .....	8
<b>4</b>	<b>Untersuchungsumfang oberirdische Strecke .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Untersuchungsumfang Tunnelstrecken.....</b>	<b>10</b>
5.1	Verwendete Untersuchungen aus Fremdprojekten .....	10
5.2	Projektspezifische Untersuchungen.....	10
5.2.1	Bohrungen nach DIN 4021 .....	10
5.2.2	Bohrlochversuche .....	11
5.2.2.1	BDP nach DIN 4094-2 .....	11
5.2.2.2	Bohrlochaufweitungsversuche nach DIN 4094-5.....	12
5.2.2.3	Durchlässigkeitsversuche in Anlehnung an DIN E 18130-2 .....	12
5.2.3	Rammsondierungen nach DIN 4094-3 .....	13
5.2.4	Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	13
5.2.5	Chemische Laboruntersuchungen Boden .....	13
5.2.6	Chemische Laboruntersuchungen Grundwasser .....	14
5.2.6.1	Grundwasseruntersuchungen nach DIN 4030.....	14
5.2.6.2	Grundwasseruntersuchungen auf umweltrelevante Parameter .....	14
5.2.7	Bodenluftuntersuchungen .....	14
<b>6</b>	<b>Beurteilung der Baugrundverhältnisse .....</b>	<b>15</b>
6.1	Eigenschaften der anstehenden Böden / Bodenschichten .....	15
6.1.1	Oberboden und Auffüllungen / Schicht I .....	15
6.1.2	Quartäre bindige Deckschichten / Schicht II.....	16
6.1.3	Quartäre Kiese / Schicht III .....	16
6.1.4	Tertiäre Schluffe und Tone / Schicht IV .....	18

6.1.5	Tertiäre Sande / Schicht V .....	20
<b>6.2</b>	<b>Geotechnische Streckenabschnitte / Bodenschichtung .....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Hydrologie und Hydrogeologie .....</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>Oberflächengewässer .....</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>Niederschlagsituation .....</b>	<b>23</b>
<b>7.3</b>	<b>Grundwasserverhältnisse .....</b>	<b>23</b>
7.3.1	Verteilung der Grundwasseraquifere und Grundwasserhemmer .....	23
7.3.2	Grundwasserstände .....	25
7.3.3	Grundwasserströmung .....	26
7.3.4	Durchlässigkeitsverhältnisse .....	26
<b>7.4</b>	<b>Bemessungswasserstände .....</b>	<b>27</b>
7.4.1.1	Allgemeines .....	27
7.4.2	Bauzustand .....	27
7.4.3	Endzustand .....	27
<b>8</b>	<b>Folgerungen für die Baumaßnahmen oberirdische Strecke .....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Folgerungen für die Baumaßnahmen Tunnelstrecken .....</b>	<b>30</b>
<b>9.1</b>	<b>Haltepunkte in offener Bauweise .....</b>	<b>30</b>
9.1.1	Gründungen .....	30
9.1.2	Baugruben und Grundwasserhaltung .....	31
9.1.3	Beeinflussung bestehender Bauwerke .....	33
<b>9.2</b>	<b>Tunnel und Haltepunkte in geschlossenen Bauweisen .....</b>	<b>34</b>
9.2.1	Maschinellem Vortrieb .....	34
9.2.2	Spritzbetonvortrieb .....	37
9.2.3	Grundwasserhaltung .....	40
9.2.4	Beeinflussung bestehender Bauwerke .....	41
<b>9.3</b>	<b>Schächte und Stollen .....</b>	<b>42</b>
9.3.1	Herstellung .....	43
9.3.2	Grundwasserhaltung .....	45
9.3.3	Beeinflussung bestehender Bauwerke .....	46
<b>9.4</b>	<b>Sonderbauwerke .....</b>	<b>46</b>
<b>9.5</b>	<b>Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial / Einbauklassen .....</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>Grundwasserinanspruchnahme .....</b>	<b>48</b>
<b>10.1</b>	<b>Grundsätzliches - Grundwassernutzungen .....</b>	<b>48</b>
<b>10.2</b>	<b>Berechnungsmethoden .....</b>	<b>48</b>
<b>10.3</b>	<b>Schutzzonen im Einwirkungsbereich des Vorhabens .....</b>	<b>48</b>
<b>10.4</b>	<b>Beeinträchtigungen durch Änderung der Grundwasserverhältnisse .....</b>	<b>49</b>

10.4.1	Beeinflussung von Grundwassernutzern .....	49
10.4.1.1	Beeinflussung durch Injektionen .....	49
10.4.1.2	Beeinflussung durch Bauwasserhaltungen.....	49
<b>10.5</b>	<b>Auswirkungen auf das Grundwasser in den einzelnen Streckenabschnitten</b> .....	<b>52</b>
10.5.1	Maschinellem Tunnelvortrieb (Bau-km 105,9+96 bis 106,7+17 und 106,9+27 bis ca. 107,8+53 ) .....	52
10.5.1.1	Wasserhaltung zur Bauzeit .....	52
10.5.1.2	Grundwasserfördermengen der Bauwasserhaltung .....	52
10.5.1.3	Injektionen und Suspensionen.....	52
10.5.1.4	Bauwerksteile des fertiggestellten Bauwerks im Grundwasser .....	53
10.5.1.5	Grundwasseraufstau des Bauwerks im Bau- und Endzustand .....	53
10.5.1.6	Kontrollen und Grundwassermessstellen .....	53
10.5.2	Haltepunkt Marienhof (Bau-km 106,7+17 bis Bau-km 106,9+27) .....	53
10.5.2.1	Wasserhaltung zur Bauzeit .....	53
10.5.2.2	Grundwasserfördermengen der Bauwasserhaltung .....	54
10.5.2.3	Ableitung des zu Tage geförderten Grundwassers zur Bauzeit .....	55
10.5.2.4	Injektionen.....	55
10.5.2.5	Bauwerksteile des fertiggestellten Bauwerkes im Grundwasser .....	56
10.5.2.6	Grundwasseraufstau des fertigen Bauwerkes .....	56
10.5.2.7	Kontrollen und Grundwassermessstellen .....	57
10.5.3	Rettungsschächte: (RS 5 Bau-km 106,2+18 und RS 6 Bau-km 107,5+27) .....	57
10.5.3.1	Baugrube und Wasserhaltung zur Bauzeit .....	57
10.5.3.2	Grundwasserfördermengen der Bauwasserhaltung .....	57
10.5.3.3	Ableitung des zu Tage geförderten Grundwassers zur Bauzeit .....	58
10.5.3.4	Baugrubenumschließungen und Injektionen .....	59
10.5.3.5	Bauwerksteile des fertig gestellten Bauwerks im Grundwasser .....	59
10.5.3.6	Grundwasseraufstau des fertigen Bauwerkes .....	59
10.5.3.7	Kontrollen und Grundwassermessstellen .....	59
<b>10.6</b>	<b>Zusammenfassung der geförderten rechnerischen Wassermengen .....</b>	<b>60</b>

## Tabellenverzeichnis

## Seite

Tab. 5.1: Durchgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	13
Tab. 6.1: Tabellarische Beurteilung der quartären Kiese.....	18
Tab. 6.2: Tabellarische Beurteilung der tertiären Schluffe und Tone.....	20
Tab. 6.3: Tabellarische Beurteilung der tertiären Sande .....	22
Tab. 7.1: Grundwasserstände der Messung vom 31.08.2004 .....	25
Tab. 7.2: Durchlässigkeitsbeiwerte für Grundwasserförderung und –versickerung.....	26
Tab. 9.1: Maßgebliche Knoten für den Haltepunkt Marienhof (offene Bauweise) .....	31
Tab. 9.2: Angaben zu vorgesehenen Umschließungsvarianten, Ausbildung Baugrubensohlen, Grundwasserhaltung .....	33
Tab. 9.3: Maßgebliche Knoten für die maschinellen Tunnelvortriebe .....	34
Tab. 9.4: Tabellarische Darstellung der Streckenabschnitte .....	35
Tab. 9.5: Maßgebliche Knoten für den Bereich Haltepunkt Marienhof .....	38
Tab. 9.6: Maßgebliche Knoten für die Rettungsschächte .....	43
Tab. 10.1: Rechnerisch geförderte Wassermengen mit ungefährender Dauer der Maßnahmen.....	60

## Verzeichnis der Anhänge

- Anhang 1: Hydraulische Berechnungen ; Haltepunkt Marienhof: Bau-km 106,7+17 bis Bau-km 106,9+27); 2 Blätter.
- Anhang 2: Hydraulische Berechnungen; Rettungsschächte: (RS 5 Bau-km 106,2+18 und RS 6 Bau-km 107,5+27); 7 Blätter.

## Abkürzungsverzeichnis

### A

A<sub>Re</sub> Ersatzradius

### B

Bbf Betriebsbahnhof

BDP Bohrlochrammsondierung

BE Baustelleneinrichtung

Bf Bahnhof

Bft Bahnhofsteil

BK Bohrung mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden nach DIN 4022

### C

### D

D Durchmesser

DB AG Deutsche Bahn AG

DIN Verbandzeichen des Deutschen Instituts für Normung e.V.

### E

EN Euro-Norm

### F

FRS Deutsche Bahn AG Sanierungsmanagement (FRS-S)

### G

GOK Geländeoberkante

GW Grundwasser

GWM Grundwassermessstelle

### H

Hbf Hauptbahnhof

Hp Haltepunkt

HW<sub>10</sub> 10-jährlichen Grundwasserstände

HW<sub>200</sub> 200-jährlichen Grundwasserstände

HW<sub>1940</sub> rekonstruierter Hochwasserstand aus dem Jahre 1940

---

HW <sub>Bau</sub>	Höchster angenommener Grundwasserstand zur Bauzeit
HW <sub>End</sub>	Höchster angenommener Grundwasserstand im Endzustand
<b>I</b>	
i	hydraulischer Gradient
<b>K</b>	
k	Durchlässigkeitsbeiwert
k <sub>h</sub>	Wasserdurchlässigkeit in horizontaler Richtung
k <sub>mittel</sub>	mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert bei Grundwasserförderung
k <sub>sick</sub>	Durchlässigkeitsbeiwert für die Versickerung von Wasser
k <sub>v</sub>	Wasserdurchlässigkeit in vertikaler Richtung
<b>L</b>	
L	Längsneigung
l	Liter
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LHKW	Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe
<b>M</b>	
M	Maßstab
MAMP	München Abzw. Max-Weber-Platz
MLEU	Bf München Ostbahnhof - Bft München Leuchtenbergring
ML	Bf München Laim
MOPS	Bf München Ostbahnhof Pbf - Bft München Ost (S-Bahn)
MSB	Magnetschnellbahn
müNN	Meter über Normal Null
<b>N</b>	
NN	Normal Null
NNO	Himmelsrichtung Nord-Nord-Ost
NO	Himmelsrichtung Nord-Ost
<b>O</b>	
OK	Oberkante
<b>P</b>	
PAK	Kohlenwasserstoffe
Pbf	Personenbahnhof
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und -schutzmittel
PDH	Plesiochrone Digitale Hierarchie (Übertragungssystem)



PE	Polyäthylen
PFA	Planfeststellungsabschnitt
POK	Oberkante von Grundwasserpegeln
PVC	Poly-Vinyl-Chlorid

**Q**

Q/T-Aquifer	Aquifer in dem Quartär und Tertiär nicht hydraulisch getrennt sind
-------------	--

**R**

R	Radius
RGU	Referat für Gesundheit und Umwelt
Ril	Richtlinie
RS	Rettungsschacht

**S**

SBSS	S-Bahn-Stammstrecke
SO	Schienenoberkante
SpB	Spritzbeton
SWM	Stadtwerke München

**T**

TUM-ZG	Zentrum Geotechnik der Technischen Universität München
TVM	Tunnelvortriebsmaschine

**U**

UG	Untergeschoss
UK	Unterkante

**V**

**W**

WWA	Wasserwirtschaftsamt München
-----	------------------------------

**Z**

## **Begriffsdefinitionen**

### **2. S-Bahn-Stammstrecke**

Bezeichnet wird hiermit die neu zu errichtende zweigleisige S-Bahn-Stammstrecke, beginnend im Bf Laim und endend im Bf Ostbahnhof bzw. Bf Leuchtenbergring mit den dazwischen liegenden Stationen Hauptbahnhof und Marienhof.

### **Hauptast / Nebenast**

Beide Äste sind Bestandteil 2. S-Bahn-Stammstrecke München. Als Hauptast werden die durchgehenden Gleise vom Bf Laim bis Bf Ostbahnhof bezeichnet. Als Nebenast werden die Gleise vom Abzweig Max-Weber-Platz bis zum Bf Leuchtenbergring bezeichnet.

### **Bf Hauptbahnhof**

S-Bahnhof Hauptbahnhof (Tiefelage) 2. S-Bahn-Stammstrecke

---

**PLANFESTSTELLUNGSABSCHNITT 2,  
BAU-KM 105,9+96 - 107,8+53**

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Allgemeine Projektbeschreibung**

Das Projekt 2. S-Bahn-Stammstrecke Laim – Ostbahnhof / Leuchtenbergring umfasst den Neubau einer zweigleisigen elektrifizierten S-Bahn-Strecke zwischen den S-Bahnhöfen Laim und Ostbahnhof sowie eine zweigleisige elektrifizierte S-Bahn-Strecke zwischen der Abzweigstelle Max-Weber-Platz und dem S-Bahnhof Leuchtenbergring. Des Weiteren beinhaltet das Bauvorhaben zwei neue Stationen am Hauptbahnhof und am Marienhof, sowie den Umbau der bestehenden S-Bahnanlagen im Bahnhof Laim und im Ostbahnhof zwischen dem Bahnhofsteil Ostbahnhof (östliche Bahnsteigenden) und dem Bahnhofsteil Leuchtenbergring. (vgl. auch Erläuterungsbericht Anlage 1).

### **1.2 Aufgabenstellung**

Der vorliegende Erläuterungsbericht "Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Wasserwirtschaft", erstellt durch das Zentrum Geotechnik der Technischen Universität München (TUM-ZG) bezieht sich auf den Planfeststellungsabschnitt 2 von Bau-km 105,9+96 bis 107,8+53. Mit dem Erläuterungsbericht werden die Ergebnisse der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Untersuchungen im Hinblick auf die Planfeststellung für den Planfeststellungsabschnitt 2 dargestellt und beurteilt.

Die Bearbeitungsschwerpunkte im Erläuterungsbericht "Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Wasserwirtschaft" ergeben sich aus den Erfordernissen der Planfeststellung. Neben der Erfassung des Untergrundaufbaus, der Grundwasserverhältnisse sowie der Gewässer werden die sich hierdurch ergebenden bautechnischen Konsequenzen aufgezeigt und beurteilt. Zur Beschreibung der möglichen Auswirkungen der Baumaßnahmen auf das Schutzgut Boden und Wasser werden hier die geotechnischen Maßnahmen beschrieben. Die Bewertung erfolgt in Anlage 21.1.3.

### **1.3 Verwendete Unterlagen/Literatur**

- U 1: EDR (2003): Geotechnische Bestandsaufnahme 2. S-Bahn-Stammstrecke, Erläuterungsbericht
- U 2: DIN 4021 (1990/10): Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Deutsches Institut für Normung

- U 3: DIN 4094-2 (2003/05): Baugrund – Felduntersuchungen, Teil 2: Bohrlochrammsondierung; Deutsches Institut für Normung
- U 4: DIN 4094-3 (2002/01): Baugrund – Felduntersuchungen, Teil 3: Rammsondierungen; Deutsches Institut für Normung
- U 5: DIN 4094-5 (2001/06): Baugrund – Felduntersuchungen, Teil 5: Bohrloch-aufweitungsversuche; Deutsches Institut für Normung
- U 6: DIN 18130-2 Entwurf (2003/10): Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 2: Feldversuche; Deutsches Institut für Normung
- U 7: DIN 4149-1 (1981-04): Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Deutsches Institut für Normung
- U 8: DIN 4149 Entwurf (2002-10): Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Deutsches Institut für Normung
- U 9: Stadtkarten der Landeshauptstadt München, Baureferat, U-Bahn-Bau:  
Grundwasserisohypsen, Rekonstruktion des Hochwassers Sommer 1940 (HW 1940), M 1:10000  
Grundwasserisohypsen vom August 1984, M 1:5000  
Grundwasserisohypsen vom Juli 1988, M 1:5000  
Grundwasserisohypsen vom Juli 1990, M 1:5000  
Grundwasserisohypsen vom Juli 1992, M 1:5000
- U 10: Lageplan 1:5000, Stadtbäche links der Isar, Zeichen 10-1A, Baureferat Tiefbau, Abt. Wasser- und Brückenbau, 12.08.1968.
- U 11: Stellungnahme zur Festlegung von Bemessungswasserständen auf der Grundlage statistischer Analysen langjähriger Grundwasserbeobachtungen (TU München, Zentrum Geotechnik vom 17.5.2004)

## **2 Lage und Beschreibung der begutachteten Maßnahme**

Die Trasse des PFA 2 schließt im Westen an den PFA 1 bei Bau-km 105,9+96 in Tunnellage an und unterquert den U-Bahnhof U4 / U5 Karlsplatz (Stachus) im Bereich Lenbachplatz. Anschließend verläuft die Trasse in östlicher Richtung unterhalb der Maxburgstraße und Löwengrube, passiert nördlich die Frauenkirche und erreicht den Haltepunkt Marienhof nördlich des Rathauses. Im Bereich des Haltepunktes werden die beiden Röhren der U-Bahnlinie U3 / U6 unter der Weinstraße und Dienerstraße unterquert. Nach der Ausfahrt aus dem Haltepunkt schwenkt die Trasse Richtung Norden, unterquert weitere Gebäude um anschließend unterhalb der Maximilianstraße zu verlaufen. Anschließend schwenkt die Trasse leicht in südöstliche Richtung und erreicht westlich des Praterwehrs die Planfeststellungsgrenze zum PFA 3.

Die Trassenlage und Gradienten sind in den Anlagen 18.3 und 18.4 der Planfeststellungsunterlagen dargestellt.

## 3 Geologischer / Hydrogeologischer Überblick

### 3.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Im Bereich der 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Planfeststellungsabschnitt PFA 2 stehen ab der Geländeoberfläche in der Regel zunächst geringmächtige Decklagen, überwiegend aus Humus und Verwitterungsschichten oder teils mehrere Meter dicke künstliche Auffüllungen an. Der PFA 2 befindet sich vollständig im Bereich einer etwa zwischen Hauptbahnhof und Isar liegenden Flussterrasse auf der nacheiszeitlicher Kies teilweise über fluvioglaziale eiszeitlichem (Hochterrasse und Niederterrasse) Quartärschotter der Münchner Schotterebene anstehen, wobei die Kiese bis in Tiefen zwischen ca. 3 m und 8 m reichen. Als geologisch junges Abtragungsprodukt der nördlichen Kalkalpen wird der Geröllbestand des Quartärkieses von Kalksteinen und Dolomitsteinen geprägt, neben denen auch Schluff- und Sandsteine sowie Kristallingerölle vorkommen. Aufgrund ihrer Ablagerung im fließenden Wasser sind die Kiese erfahrungsgemäß etwa horizontal und teilweise auch kreuzgeschichtet, wobei Sand-, Feinkorn- oder Rollkieslagen bzw. Linsen zwischengeschaltet sein können. Die Anteile der genannten Kornfraktionen sind bildungsbedingt innerhalb eines betrachteten Baugrundabschnittes Schwankungen unterzogen und es treten neben überwiegend scharfen etwa horizontalen Schichtgrenzen sowohl horizontale als auch vertikale Schichtübergänge und seitliches Auskeilen von Bodenschichten auf. Die Quartärschotter sind unterschiedlich stark verwittert, wobei der Anteil entfestigter, zu Feinkorn zerfallender Gerölle mit steigendem Grad der Verwitterung zunimmt. Aus den quartären Schottern sind Verfestigungen zu Konglomerat (Nagelfluh) mit unregelmäßiger Verteilung, Häufigkeit und Ausdehnung bekannt.

Unter dem Quartär folgen bis in sehr große Tiefe die früher abgelagerten Bodenschichten des Tertiärs, die tektonisch zur ungefalteten Oberen Süßwassermolasse gehören. Die Tertiärablagerungen sind durch etwa horizontal verlaufende lebhaft Wechsellagerung von Sand-, Ton-, Schluff- und in geringerem Umfang auch Kiesschichten gekennzeichnet. Charakteristisch für das Münchner Tertiär ist der hohe Quarzanteil der Sande und Kiese sowie die häufig ausgeprägte Glimmerführung (Flinzsand). Stärker als im Quartärschotter sind die Anteile der genannten Kornfraktionen bildungsbedingt innerhalb eines betrachteten Baugrundabschnittes starken Schwankungen unterzogen und es treten neben schar-

fen Schichtgrenzen sowohl horizontale als auch vertikale Schichtübergänge sowie seitliches Auskeilen von Bodenschichten auf. Aus dem Münchner Stadtgebiet sind Reliefunterschiede der Tertiäroberfläche von mehreren Metern innerhalb weniger Meter Horizontaldistanz bekannt, die eine Form von Rinnen, Mulden, Erhebungen oder vom Quartärschotter überdeckten alten Terrassenstufen aufweisen. Die tertiären Böden sind bereichsweise durch Kalk zu Festgestein verfestigt.

### **3.2 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse**

Aufgrund der gegenüber dem Tertiär vielfach höheren Wasserdurchlässigkeit der Quartärschotter liegt grundsätzlich eine Trennung zwischen einem oberem quartären Aquifer (Grundwasserleiter) und darunter folgenden tertiären Aquiferen vor. Sofern durch Sande in den oberen Partien ab der Tertiäroberfläche keine wirkungsvolle hydraulische Trennung zum Quartär vorliegt, entsteht ein gemeinsamer Quartär/Tertiär - Aquifer, in dem sich die Potentiale des Quartäraquifers einstellen.

Die quartären Schotter sind grundwasserführend und besitzen überwiegend einen ganzjährig geschlossenen Grundwasserspiegel, wobei lokale Tertiärauftragungen den quartären Grundwasserspiegel insbesondere um den Marienplatz häufig schon bei mittleren Grundwasserständen überragen und dann im Quartäraquifer umströmt werden. Die Grundwasserfließrichtung folgt dem großräumigen Gefälle der Geländeoberfläche nach N bis NO, wobei in Isarnähe eine Beeinflussung durch den jeweiligen Flusswasserstand vorliegt. Die Grundwasserfließrichtung weist bei Isarhochwasser nach NW von der Isar weg, ansonsten nach NO auf die Isar zu.

Auch die tertiären Schichten sind grundwasserführend. In von feinkörnigen Schichten überdeckten Sanden wird gespanntes Grundwasser angetroffen, dessen Druckwasserspiegel großräumig etwa bis zur Höhe des Quartärwasserstands zu erwarten ist. Durch die Wechsellagerung von durchlässigen Sand-schichten mit schwach bis sehr schwach durchlässigen Ton-/Schluffschichten kann im Tertiär auch eine Gliederung in mehrere Grundwasserstockwerke gegeben sein, wobei die tieferliegenden Aquifere teils geringere Potentiale aufweisen als die Höheren.



### **3.3 Altlastenverdachtsflächen, weitergehende chemische Gutachten**

Im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Sanierungsmanagement (F.FRS-S) wurden im Rahmen eines 4-Stufen-Programms sämtliche Bahnliegenschaften hinsichtlich vorhandener ökologischer Altlasten untersucht.

Da sich in diesem Planfeststellungsabschnitt keine Bahnliegenschaften befinden wurde in diesem Bereich noch keine Untersuchungen durchgeführt. Weitergehende chemische Gutachten liegen seitens der DB AG nicht vor.

### **3.4 Lagerstätten**

Grundsätzlich sind die Kiese der Münchner Schotterebene als Rohstoff für die Bauindustrie (Schüttmaterial für den Erd- und Straßenbau, Herstellung von Betonzuschlag) geeignet und werden lokal ausgebeutet.

Aufgrund der dichten Bebauung und intensiven Flächennutzung im Bereich der 2. SBSS im PFA 2 stellen die genannten Quartärkiese keine wirtschaftlich relevanten Vorkommen zur Ausbeute dar. Sie haben lediglich bei der Verwertung von Baugrubenaushub Bedeutung.

### **3.5 Erdbebenzonen**

Nach DIN 4149-1, Ausgabe:1981-04 Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten liegt das ganze Projektgebiet in der Erdbebenzone 0.

Die „Seismic Hazard Map of the D – A – CH Countries“, wurde 1998 von Grünthal, Mayer-Rosa & Lenhardt veröffentlicht und im Norm-Entwurf DIN 4149, Ausgabe:2002-10 berücksichtigt. Diese zeigt, welche makroseismischen Intensitäten (in Halbgradabstufungen) mit einer statistischen Wiederkehrperiode von 475 Jahren auftreten. Dies entspricht einer Wahrscheinlichkeit von 90 %, dass der betrachtete Maximalwert in 50 Jahren nicht überschritten wird.

Für das Projektgebiet werden dort Zonen der makroseismischen Intensität von V angegeben.

## **4      **Untersuchungsumfang oberirdische Strecke****

entfällt



Aus den Lageplänen der Anlagen 18.3 ist die Lage der Bohrungen zur geplanten 2. SBSS ersichtlich.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen sind - schematisiert vereinfacht dargestellt - in den Schnitten der Anlagen 18.4 höhenbezogen eingezeichnet.

Die in den Grundwassermessstellen am 31.08.04 gemessenen Grundwasserstände sind in den Schnitten der Anlagen 18.4 eingetragen. Die Messstellen werden weiterhin regelmäßig gemessen.

Während der Bohrarbeiten und der nachfolgenden Bodenansprache (Bohrkernaufnahme) durch Mitarbeiter von TUM-ZG wurden Bodenproben der jeweils erforderlichen Güteklasse nach DIN 4021 zur Untersuchung im bodenmechanischen Labor entnommen.

Die Bohrlöcher wurden im Bereich tertiärer Bodenschichten mit Dämmersuspension und im Bereich der quartären Kiese mit dem erbohrten Bodenmaterial sowie zur Oberflächenabdichtung mit Quellton verfüllt.

## **5.2.2 Bohrlochversuche**

Im Rahmen der Bohrarbeiten wurden in Bohrteufen, die durch Mitarbeiter von TUM-ZG festgelegt wurden, Bohrlochversuche zur Bestimmung von Bodenkennwerten festgelegt und von der Firma Ivers Brunnenbau GmbH durchgeführt.

Folgende Versuchsarten wurden in situ durchgeführt:

- Bohrlochrammsondierungen (BDP) zur Ermittlung von Lagerungsdichten
- Bohrlochaufweitungsversuche zur Abschätzung der Baugrundsteifigkeit
- Durchlässigkeitsversuche zur Abschätzung der Baugrunddurchlässigkeit

### **5.2.2.1 BDP nach DIN 4094-2**

In den Bohrlöchern im Bereich der Rettungsschächte wurden je 3 bis 5 Bohrlochrammsondierungen BDP pro Bohrung (ehem. Standard-Penetration-Test SPT) nach DIN 4094-2 (insgesamt 27 Stück im PFA 2) in Tiefen zwischen ca. 3 m und ca. 15 m unter Ansatzpunkt durchgeführt.

Die Ergebnisse aus den Bohrlochrammsondierungen BDP sind in die Beurteilungen der Abschnitte 6.1 ff eingeflossen.

#### **5.2.2.2 Bohrlochaufweitungsversuche nach DIN 4094-5**

Zur Abschätzung von Verformungskennwerten für das anstehende Gebirge wurden bevorzugt im Bereich der Firste und der Sohle der geplanten Tunnelbauwerke in Tiefen von ca. 22 m bis 45 m unter GOK insgesamt 16 Bohrlochaufweitungsversuche nach DIN 4094-5 durchgeführt. 13 Versuchsstrecken lagen in tertiären Tonen / Schluffen von überwiegend halbfester bis fester Konsistenz und 3 Versuchsstrecken lagen in tertiären Sanden mit unterschiedlichen Anteilen an Feinkorn. Zum Einsatz kamen Seitendrucksonden (Durchmesser 101 mm und 146 mm) sowie Dilatometer (Durchmesser 101 mm), wobei Sondentyp und Durchmesser in Abhängigkeit von Bohrverfahren, Bohrdurchmesser und den geologischen Verhältnissen im Bereich der Versuchsstrecke gewählt wurden.

Die Ergebnisse aus den Bohrlochaufweitungsversuchen sind in die Beurteilungen der Abschnitte 6.1 ff eingeflossen.

#### **5.2.2.3 Durchlässigkeitsversuche in Anlehnung an DIN E 18130-2**

Im Einflussbereich der Tunnelbauwerke und der Schächte wurden in grundwasserführenden Schichten Durchlässigkeitsversuche zur Ermittlung der k-Werte in den Bohrlöchern und in fertig ausgebauten Grundwassermessstellen durchgeführt. Dabei wurden ausschließlich in tertiären Sanden im Regelfall sowohl stationäre Auffüllversuche mit konstanter Wassermenge und Druckhöhe als auch instationäre Auffüllversuche mit variabler Druckhöhe in Anlehnung an Entwurf DIN 18130-2, Okt. 2003 durchgeführt. In den Grundwassermessstellen erfolgten sowohl Auffüllversuche als auch Pumpversuche. Insgesamt wurden 14 Durchlässigkeitsversuche (9 Auffüllversuche im Bohrloch und 5 Auffüllversuche in GWM) durchgeführt.

In quartären Bodenschichten wurden aufgrund der bekanntermaßen überwiegend hohen Durchlässigkeiten und der damit verbundenen Erfordernis der Abdichtung der Baugrubenumschließungen im PFA 2 gegen quartäres Grundwasser keine Durchlässigkeitsversuche durchgeführt.

Die Ergebnisse aus den Durchlässigkeitsuntersuchungen sind in die Beurteilungen der Abschnitte 6.1 ff eingeflossen.

### 5.2.3 Rammsondierungen nach DIN 4094-3

Im PFA 2 wurden keine Rammsondierungen durchgeführt.

### 5.2.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Es wurden in allen drei Planfeststellungsabschnitten insgesamt 367 Bohrproben für bodenmechanische Untersuchungen ausgewählt und folgende bodenmechanische Untersuchungen durchgeführt:

Anzahl	Versuch	DIN
200	Visuelle Beurteilung	4022
170	Visuelle und manuelle Beurteilung	
95	Wassergehalt (Ofentrocknung)	18121-1
245	Gesamtprobe Gesamtprobe und $\varnothing < 0,4$ mm	
169	Fließ- und Ausrollgrenze	18122-1
85	Siebung, nass	18123
81	Siebung / Sedimentation	
10	Sedimentation	
131	Trockendichte und Wassergehalt	18125-1
62	Einaxiale Druckfestigkeit mit Verformungsmessung	in Anlehnung an 18136 und Empfehlung 1 des Arbeits- kreises 3.3 DGGT
30	Korndichte	18124
18	Dreiaxialer Druckversuch CU-Versuch	18137-2
15	Wasserdurchlässigkeit	18130-1
8	Wasseraufnahmevermögen	18132
8	Quelldruck	-

Tab. 5.1: Durchgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen

### 5.2.5 Chemische Laboruntersuchungen Boden

Bei Bohrungen, die im Bereich einer geplanten offenen Bauweise liegen, wurden Proben aus der anthropogenen Auffüllung auf die Parameter nach LAGA im Original und im Eluat untersucht. Zusätzlich wurden 4 von TUM-ZG ausgewählte Proben aus dem Tertiär auf geogene Schwermetallgehalte analysiert. Beide Untersuchungen fanden im Hinblick auf die Materialverwertung /-entsorgung statt.

Im Bereich von Rettungsschacht 5 wurde keine anthropogene Auffüllung erbohrt. Im Bereich Hp Marienhof wird die Auffüllung auf Grund eines erhöhten Zinkgehalts in LAGA Z 1.1 eingestuft. Beim geplanten Rettungsschacht 6 wurden keine

erhöhten Schadstoffgehalte festgestellt. Hier kann die Auffüllung als Z 0 -Material verwertet werden.

Bei den Tertiärproben wurde einmal im Eluat ein Arsengehalt gemessen, der eine Einstufung nach Z 1.2 notwendig macht. Die übrigen 3 Proben lagen unter Z 0.

## **5.2.6 Chemische Laboruntersuchungen Grundwasser**

### **5.2.6.1 Grundwasseruntersuchungen nach DIN 4030**

Aus fertig gestellten Grundwassermessstellen wurden im Bereich grundwasserführender Schichten, die im Einflussbereich der Tunnelbauwerke liegen (Entnahmetiefen ca. 8 m bis 53 m unter GOK ), gleichmäßig über die Gesamtstrecke (PFA 1 bis 3) verteilt insgesamt 13 Grundwasserproben zur Untersuchung hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase) entnommen und nach dem Referenzverfahren untersucht. Hierzu liegen vier Proben im PFA 2 vor.

Alle 13 untersuchten Grundwasserproben sind gemäß DIN 4030 als nicht betonangreifend einzustufen.

### **5.2.6.2 Grundwasseruntersuchungen auf umweltrelevante Parameter**

Im Rahmen der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Untersuchungen wurden keine Analysen von Grundwasser auf umweltrelevante Parameter durchgeführt.

## **5.2.7 Bodenluftuntersuchungen**

Bodenluftuntersuchungen waren nicht Gegenstand des Untersuchungsprogramms.

## 6 Beurteilung der Baugrundverhältnisse

### 6.1 Eigenschaften der anstehenden Böden / Bodenschichten

Gemäß den in Abschnitt 5.2 genannten Untersuchungen und den gewonnenen Untersuchungsergebnissen lässt sich der Baugrund in die folgenden 5 Schicht-einheiten untergliedern:

- Schicht I : Oberboden / Auffüllungen
- Schicht II quartäre bindige Deckschichten
- Schicht III : quartäre Kiese
- Schicht IV : tertiäre Schluffe und Tone
- Schicht V: tertiäre Sande

Entsprechend den mit den Baugrundaufschlüssen angetroffenen Bodenschichtungen werden auf Grundlage aller vorliegenden Untersuchungen und der örtlichen Erfahrungen die einzelnen zu erwartenden Bodenarten und ihre Eigenschaften in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben und in tabellarischer Form beurteilt.

Eine exakte massenmäßige Quantifizierung der einzelnen Bodenschichten und -klassen ist wegen der nur punktuellen Aufschlüsse, der Heterogenität quartärer und insbesondere tertiärer Bodenschichten und des wellenförmigen Reliefs der Tertiäroberfläche vorab nicht möglich.

#### 6.1.1 Oberboden und Auffüllungen / Schicht I

Schwach humose bis humose Oberböden wurden nur lokal und in sehr geringer Mächtigkeit angetroffen.

Die Auffüllungen sind über die gesamte Strecke bis in Tiefen zwischen ca. 2,0 m bis 6,8 m unter GOK erkundet worden. Sie weisen eine unterschiedliche Zusammensetzung aus sandigen, teilweise auch schluffigen Kiesen auf und enthalten z.T. Steine, Beton-, Ziegel-, Holz-, Metall- und Asphaltreste. Teilweise wurden



auch Bauwerksreste (Ziegelmauerwerk bzw. Betonfundamente) erkundet. Feinkörnige Auffüllungen waren nur bei Bohrung 2 S-7/S01 enthalten.

Die Auffüllungen sind aufgrund ihrer meist lockeren Lagerung bzw. ihrer geringen Konsistenz nur wenig tragfähig. Sie eignen sich nicht zur verformungsarmen Abtragung von konzentrierten Fundamentlasten. Bei Abgrabungen ist eine kurzzeitige Standfestigkeit nur bedingt gegeben. Alte Bauwerksreste können beim Aushub bzw. bei der Herstellung der Baugrube zu Erschwernissen führen.

### **6.1.2 Quartäre bindige Deckschichten / Schicht II**

Im PFA 2 wurden keine quartären bindigen Deckschichten erkundet.

### **6.1.3 Quartäre Kiese / Schicht III**

Die quartären Kiese sind über die gesamte Strecke bis in Tiefen zwischen ca. 6,5 m unter GOK im Westen, ca. 3,0 m im Mittelteil (Bereich Marienhof) und ca. 7,5 m unter GOK im Osten des PFA 2 erkundet worden. Bei den quartären Kiesen wechseln sich unterschiedlich stark sandige, unterschiedlich stark schluffige Lagen mit fast sand- und schlufffreien Lagen ab. Überwiegend handelt es sich um schwach schluffige, sandige Kiese. Die Feinschichtung kommt in den Bohrprofilen nicht deutlich zum Ausdruck, da technisch bedingt beim Bohrvorgang eine Vermischung der Bodenschichten stattfindet.

Bautechnisch von Bedeutung sind sand- und feinkornarme Kieslagen (Rollkiese), die in der Regel Schichtdicken von ca. 15 cm bis 50 cm aufweisen, jedoch auch schon mit bis zu 1,5 m erkundet wurden. Sie sind anhand der Bohrprofile weder genau quantifizierbar noch genau lokalisierbar. Sie können dort gehäuft vermutet werden, wo die Bohrprofile „schwach sandige, ev. schwach schluffige Kiese“ anzeigen, doch ist ihr Auftreten an keiner Stelle der Trasse auszuschließen.

Gleichsam bedeutsam, jedoch in den Bohrproben infolge der mechanischen Beanspruchung beim Bohrvorgang teilweise nicht erkennbar sind angewitterte und verwitterte Schotter, die mitunter in den älteren Schottern der Hochterrasse in Mächtigkeiten von Zentimetern bis Dezimetern auftreten können. Diese bestehen überwiegend aus stark verwitterten Kalk- und Dolomitsteingeröllen, die bei Beanspruchung zu Feinsand und Schluff zerfallen.