

DB ProjektBau GmbH
Großprojekt Stuttgart 21 – Wendlingen-Ulm
Herr Dipl.-Ing. A. Plenter
Herr Dipl.-Ing. K. Meier
Herr Dipl.-Ing. G. Enge
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

2012-03-22
Dipl.-Ing. K.-F. Gilbert
tel: 0711 83076-18, fax: -76
karl-friedrich.gilbert@cdm-ag.de

Projekt-Nr. 74454
(bitte im Schriftverkehr
stets angeben)

Mit e-Mail: gerrit.enge@deutschebahn.com,
klauspeter.meier@deutschebahn.com

**Großprojekt Stuttgart 21 – Wendlingen – Ulm
S21, PFA 1.1 /Talquerung, PFA 1.5
Auswirkungen der geplanten Grundwasserabsenkung und Wasserinfiltration auf die Bau-
grubenstatik**

Hier:

- *Potentielle Betroffenheiten geotechnischer Art - Negativwirkungen auf die Baugrubenstatik infolge der Kreislaufwirkung erhöhter Wassermengen*
- *Schreiben der Stadt Stuttgart an das Eisenbahnbundesamt, 27.07.2011*
- *Behördengespräch am 14.12.2011 bei der DB ProjektBau GmbH in Stuttgart*

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrter Herr Plenter, sehr geehrter Herr Meier, sehr geehrter Herr Enge,

wie gewünscht erhalten Sie nachfolgend unsere gutachterliche Stellungnahme zu den zu erwartenden potentiellen Betroffenheiten geotechnischer Art infolge der Auswirkungen der geplanten bauzeitlichen Grundwasserabsenkung in den Planfeststellungsabschnitten PFA 1.1 und PFA 1.5. Die Stellungnahme bezieht sich auf die Bereiche mit Bauwerken, die in offener Baugrube hergestellt werden.

1 Zusammenfassung

Nach den Berechnungsergebnissen zum Grundwassermodell aus 2011 sind für einige Bereiche außerhalb der bautechnischen Beweissicherungsgrenzen der Planfeststellungsabschnitte PFA 1.1 und PFA 1.5 größere Grundwasserabsenkmaße bzw. größere Grundwasseraufhöhungen als nach den Berechnungen aus 2002 zu erwarten.

Sitz der Ingenieurgesellschaft Stuttgart 21 / Geotechnik:
c/o CDM Consult GmbH · Motorstraße 5 · 70499 Stuttgart

Technische Federführung: CDM Consult GmbH · Motorstraße 5 · D-70499 Stuttgart

Kaufmännische Federführung: DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH · Weilstraße 29 · D-73734 Esslingen

Bankverbindung: Baden - Württembergische Bank · BLZ 600 501 01 · Konto 109 368 3

Geschäftsführung: Dr.-Ing. Christian Wawrzyniak · Dipl.-Ing. Christian Spang

Q:\174000-74499\74454\Berichte\PFA1.1-Talquerung_Grundwasserabsenkung\20120316_StellungnahmeGWManagement_StatischeBetrachtungBaugruben\br20120322pfa11-TQ-GW-Absenkung_StatischeBetrachtungBaugruben.docx

In [U1] werden deshalb weitere fachgutachterliche Stellungnahmen gefordert. Im vorliegenden Bericht werden nach Vorstellung und Abstimmung in einem Behördentermin am 14.12.2011 die in [U1] angesprochenen befürchteten *Negativwirkungen auf die Baugrubenstatik infolge der Kreislaufwirkung erhöhter Wassermengen* aus geotechnischer Sicht erläutert und bewertet.

Unsere fachtechnische Stellungnahme kommt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Negativwirkungen auf die Baugrubenstatik infolge der Kreislaufwirkung erhöhter Wassermengen sind nicht zu erwarten, da die im aktuellen Grundwassermodell berücksichtigten größeren Wasserdurchlässigkeiten der Böden zu größeren Wassermengen und Reichweiten führen, jedoch nicht zu ungünstigeren Druckverhältnissen. Es bestehen für die Baugruben ausreichende Sicherheiten gegen hydraulischen Grundbruch, Auftrieb der Gründungssohlen, Suffosion und Materialtransport.

2 Vorgang/Vorbemerkungen

Im PFA 1.1 sollen zum Bau des neuen Hauptbahnhofes Baugruben in offener Bauweise mit Tiefen von rund 10 m im Zentrum (Trogbauwerk) bis zu Tiefen von rd. 20 m an den Übergängen zu den in bergmännischer Bauweise aufzufahrenden Tunneln ausgehoben werden. Hierfür ist das Grundwasser zwischen rd. 3 m am Tunnelnordkopf (Übergang zum PFA 1.5) bis zu rd. 10 m am Tunnelsüdkopf (Übergang zu den PFA 1.2/1.6) abzusenken. Um die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung zu minimieren, sollen der Aushub und die zugehörige Grundwasserabsenkung in durch Schotte gegeneinander abgetrennten Einzelabschnitten erfolgen. Zusätzlich wird das Pumpwasser zu großen Teilen in unmittelbarer Umgebung der Baugruben in geeigneten Bodenschichten infiltriert, was örtlich zu einer Erhöhung des Grundwasserspiegels führt.

Die Baugruben des PFA 1.5 für in offener Bauweise herzustellende Bauwerke sind weniger tief. Hier wird grundsätzlich in der gleichen Weise vorgegangen.

Von der Arge Wasser Umwelt Geotechnik (ARGE WUG) wurde im Auftrag der Deutschen Bahn AG ein Grundwassermodell mit den aus der Baugrunderkundung bekannten Baugrund- und Grundwasserverhältnissen aufgestellt. Mit Hilfe des Modells wurden im Jahr 2002 für die Baumaßnahmen voraussichtliche Grundwasserabsenkungen berechnet und als Grundlage der im Planfeststellungsbeschluss von 2005 festgelegten Beweissicherungsgrenzen verwendet.

In der Zwischenzeit wurden zahlreiche Infiltrationsbrunnen und Grundwasserkontrollmessstellen hergestellt. Mit den dabei gewonnenen ergänzenden Baugrunderkenntnissen wurden von der ARGE WUG weitere Berechnungen durchgeführt und im Februar 2011 die Ergebnisse vorgelegt. Es ergeben sich für die maßgebenden Grundwasserleiter Quartär und Bochinger Horizont des Gipskeupers bereichsweise größere Grundwasserabsenkbereiche oder Grundwasseraufhöhungsbereiche als aus den Berechnungen von 2002 bekannt.

Den Genehmigungsbehörden wurden daraufhin entsprechende Ergänzungsunterlagen vorgelegt. Mit Schreiben der Stadt Stuttgart vom 27.07.2011, [U1], u.a. wurden weitere Stellungnahmen gefordert. In einem Gespräch am 14.12.2011 mit der DB ProjektBau GmbH, dem Amt für Umwelt der Stadt Stuttgart, dem Eisenbahnbundesamt, dem Regierungspräsidium und den Fachgutachtern wurden die Stellungnahmen vorgetragen und diskutiert.

Nachfolgend wird die von unserer Ingenieurgesellschaft Stuttgart 21 Geotechnik zu bearbeitende Stellungnahme zum Thema *Negativwirkungen auf die Baugrubenstatik infolge der Kreislaufwirkung erhöhter Wassermengen* vorgelegt.

3 Unterlagen

Zur Ausarbeitung dieser Stellungnahme standen u. a. folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Landeshauptstadt Stuttgart, Beigeordneter für Städtebau und Umwelt:
Trassenprojekt Stuttgart 21; 7. Planänderung zu den Planfeststellungsabschnitten 1.1 (Talquerung/Tiefbahnhof) und 1.5 (Zuführungen Feuerbach und Bad Cannstatt) sowie 2. Planänderung zum Planfeststellungsabschnitt 1.6a (Zuführungen Ober- und Untertürkheim) - Änderung der wasserrechtlichen Tatbestände - Ergänzungsunterlagen, Schreiben vom 27. Juli 2011, gerichtet an das Eisenbahnbundesamt Außenstelle Karlsruhe/Stuttgart, Frau Monika Kaufmann, Olgastr. 13, 70182 Stuttgart.
- [U2] Regierungspräsidium Stuttgart, Abteilung Umwelt:
Projekt Stuttgart 21, Änderung Wasserrecht, 7. Planänderung PFA 1.1 und PFA 1.5, 2. Planänderung PFA 1.6a, Schreiben vom 29.07.2011, gerichtet an das Eisenbahnbundesamt, Olgastraße 13, 70182 Stuttgart.
- [U3] Arge Wasser Umwelt Geotechnik:
11 Blatt Berechnungsergebnisse zur Grundwasserabsenkung im Quartär, Bauschritte BS 1 bis BS 11, Februar 2011, 11 Blatt Berechnungsergebnisse zur Grundwasserabsenkung im Bochinger Horizont des Gipskeupers, Bauschritte BS 1 bis BS 11, Februar 2011, weitere Angaben zu Höhen des Ausgangsgrundwasserstandes und zu den Schichtdicken.
- [U4] Planfeststellungsbeschluss zum PFA 1.1, Bautechnische Beweissicherungsgrenzen, Anlagen 9.3.1. bis 9.3.4, Anlagendatum August 2001, Planfeststellungsdatum 28.01.2005.
- [U5] Smolczyk und Partner, Baugrund- und Gründungsgutachten zu:
Trogkonstruktion Bahnhofshalle, 16.10.2003,
DB-Tunnel Nordkopf, 04.06.2003,
DB-Tunnel Südkopf, 25.07.2003.

- [U6] Arge Wasser Umwelt Geotechnik:
2 Blatt Berechnungsergebnisse zur Grundwasserabsenkung im Quartär, Bauschritte BS 3 und BS 5, 16.06.2011, Anlagen-Nr. 1.9 und 1.10.
2 Blatt Berechnungsergebnisse zur Grundwasserabsenkung im Bochinger Horizont des Gipskeupers, Bauschritte BS 3 und BS 5, 16.06.2011, Anlagen-Nr. 1.11 und 1.12.
- [U7] Planfeststellungsbeschluss zum PFA 1.5, Übersichtslageplan Beweissicherungsgrenzen, nördlicher und südlicher Teil, Anlage 9.3, Blätter 1A von 2 und 2A von 2. Planfeststellungsdatum 13.10.2006.
- [U8] Smolczyk und Partner, Stuttgart, verschiedene Baugrund- und Gründungsgutachten zum PFA 1.5, Lose 1 bis 4, Februar bis Dezember 2010.
- [U9] igi Niedermeyer Institute, WBI – Prof. Dr.-Ing. W. Wittke, Smolczyk & Partner GmbH, Projekt Stuttgart 21, Planfeststellungsabschnitte 1.1 bis 1.6, Geologische, hydrogeologische, geotechnische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme, Teil 4: Handlungskonzept Problemszenarien. September 1999.
- [U10] Bundesanstalt für Wasserbau, Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Ausgabe 2005.

4 Stellungnahme gemäß [U1] und gemäß des Behördengesprächs am 14.12.2011 zum Thema Negativwirkungen auf die Baugrubenstatik, die infolge der Kreislaufwirkung erhöhter Wassermengen auftreten können (z. B. hydraulischer Grundbruch, Suffosion, Verformung/Setzungen des Verbaus).

4.1 Hydraulischer Grundbruch, Auftriebssicherheit, Suffosion, Verformung/Setzung des Verbaus, Materialtransport, Übersicht

Zu den Bauwerken der Talquerung im Planfeststellungsabschnitt PFA 1.1 mit Hauptbahnhof und Tunnel Nordkopf und Tunnel Südkopf liegen die Baugrund- und Gründungsgutachten [U5] vor. In diesen Gutachten wird ausführlich Stellung genommen zur Herstellung der Baugruben mit Wasserhaltungsmaßnahmen und zu Baumaßnahmen, die ein Umströmen der fertigen Bauwerke sicher stellen sollen.

U. a. sind in den Baugruben vorgesehen:

- Offene Wasserhaltungen mit Pumpensümpfen und Drängräben
- Kiesfilter auf den Baugrubensohlen

Im Folgenden wird zu den Themenbereichen Hydraulischer Grundbruch und Auftriebssicherheit der Baugrubensohlen, Suffosion in den Baugrubensohlen und an den Baugrubenwänden, Verformungen/Setzungen der Verbauten und Materialtransport in den Baugrubensohlen und an den Baugrubenwänden Stellung genommen.

4.2 Hydraulischer Grundbruch und Auftriebssicherheit

In [U5] werden Nachweise zum hydraulischen Grundbruch und zur Auftriebssicherheit in den Baugrubensohlen geführt und dokumentiert. In die Nachweisführung gehen u. a. ein die Ausgangsdruckverhältnisse (Wasserdruckpotenzial im Lettenkeuper/Muschelkalk), die Aushubtiefen und die Schichtdicke des Grundgipses. Es werden ausreichende Sicherheiten gegen hydraulischen Grundbruch und Auftrieb der Aushubsohlen festgestellt.

Im aktuellen, erweiterten Grundwasserströmungsmodell wurden die Erkenntnisse aus der Herstellung der Brunnen und Kontrollpegel mit aktualisierten Schichtdicken der oberen Bodenschichten und Wasserdurchlässigkeiten aus den Pumpversuchen verwendet. Änderungen hinsichtlich der bei den Nachweisen für hydraulischen Grundbruch und Auftriebssicherheit erforderlichen Parameter Ausgangsdruckverhältnisse, Aushubtiefen und Schichtdicke des Grundgipses ergaben sich nicht. Die in [U5] dokumentierten Nachweise behalten somit ihre Gültigkeit. Es bestehen somit auch unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse ausreichende Sicherheiten gegen hydraulischen Grundbruch und Auftrieb der Aushubsohlen.

4.3 Suffosion (Auswaschung von Feinanteilen)

In [U9], „9.3a Maßnahmen bei unerwartet hohem Wasserandrang“, wird das Thema Suffosion behandelt. Dort wird ausgeschlossen, dass die Bauwasserhaltung zu einer Suffosion führt, die die Wasserwegigkeiten erhöht. Dies wird nachgewiesen für den Übergang zwischen dem anstehenden bindigen Boden im Untergrund und der Kiesfilterschicht im Baugrubensohlbereich. Im Einzelnen wird das vorhandene Strömungsgefälle i gegenübergestellt einem kritischen Gefälle i_{krit} , ab dem ein Bodenteilchentransport möglich ist. Selbst in maximal beanspruchten Bereichen (tiefste Baugruben, höchster Wasserstand) beträgt $i < 1$. Das kritische Gefälle bei den hier vorhandenen kohäsiven Böden (z. B. Lößlehm und Gipskeuper-böden) ist aus Versuchen, z. B. für Lößlehm zu $i > 95$, zu erwarten, ein Wert, der sehr viel größer ist als das vorhandene hydraulische Gefälle.

Das Auftreten von Suffosionserscheinungen ist abhängig vom vorhandenen hydraulischen Gefälle und vom für die Bodenart charakteristischen kritischen Gefälle.

In den Berechnungsergebnissen zum erweiterten Grundwasserströmungsmodell werden aufgrund erhöhter Wasserdurchlässigkeiten größere Pumpwassermengen und größere Absenktrichter jedoch keine wesentlich andere hydraulische Gefälle angegeben. Da sich im Vergleich zu den Nachweisen aus [U9] keine wesentlichen Randbedingungen ändern, behalten die dort getroffenen Aussagen ihre Gültigkeit.

4.4 Verformung/Setzungen des Verbaus

Im Bereich der Verbauträger sind aufgrund der neuen Berechnungen keine Änderungen bis hin zu geringfügig kleineren hydraulischen Gradienten zu erwarten. Die Spannungsverhältnisse im Boden ändern sich deshalb nur unwesentlich. Auswirkungen der neuen Berechnungsergebnisse auf Verformungen/Setzungen des Verbaus sind nicht zu erwarten.

Bei der Ausführungsplanung für die einzelnen Baugruben werden im Rahmen der statischen Berechnungen Spannungs- und Verformungsanalysen vorgenommen und bei der Ausbildung und Bemessung der Verbauten im Detail berücksichtigt werden.

4.5 Materialtransport (Baugrubensohle und Baugrubenwand)

Seit dem Jahr 2005 liegt das „Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD)“ der Bundesanstalt für Wasserbau, [U10], vor. Dort werden u. a. Festlegungen zu Untersuchungen und Nachweisen von Materialtransport bei dauerhaft durchströmten Erddämmen getroffen. Unter Materialtransport werden Erscheinungen aus den Bereichen Suffosion, Kontakterosion und Fugenerosion (Piping) verstanden.

In [U10], Kapitel 5.6 findet sich der Hinweis „Bei bindigen Erdstoffen (d_{10} kleiner gleich 0,002 mm) ist auf Grund der Haftfestigkeit der Bodenteilchen im Allgemeinen nicht mit Materialtransport zu rechnen.“ Die durch die Grundwasserhaltung betroffenen natürlichen Böden bestehen ganz überwiegend aus bindigen Erdstoffen.

In diesem Zusammenhang wird auf [U9], Seite B.2c/10 verwiesen: „Suffosionserscheinungen im Innern des natürlichen Baugrunds - in Talablagerungen, Dunkelroten Mergeln, Bochinger Horizont und ausgelaugten Grundgipsschichten können aufgrund der abgestuften Kornverteilung im Feinkornbereich ganz ausgeschlossen werden. Auch im Bereich verfüllter Dolinen kann Suffosion ausgeschlossen werden, da auch hier abgestufte bindige Böden vorhanden sind.“

Ein Materialtransport ist somit nicht zu erwarten.

4.6 Folgerungen

Zusammenfassend wird festgestellt: hydraulischer Grundbruch, Auftriebssicherheit und Suffosion sind Erscheinungen, die von hydraulischen Gradienten, d. h. Druckverhältnissen und Strecken, über die unterschiedliche Wasserdrücke abgebaut werden, abhängen. Die im aktuellen instationären Grundwassermodell ermittelten Änderungen beruhen i. w. auf größeren Wasserdurchlässigkeiten der Böden. Daraus ergeben sich größere Pumpwassermengen und größere Reichweiten, jedoch keine grundsätzlich geänderten Druckverhältnisse und im Vergleich zum bisherigen Modell keine wesentlichen Auswirkungen auf die Baugrubenstatiken.

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Ingenieurgesellschaft Stuttgart 21 / Geotechnik

i. V. 

Dipl.-Ing. K.-F. Gilbert

i. A. 

Dr.-Ing. Martin Zimmerer