

1. Vorgang und Aufgabenstellung

Die Verlegung der Stadtbahn Heilbronner Straße ist eine Folgebaumaßnahmen aus der geplanten Neuerrichtung des Stuttgarter Hauptbahnhofes in Tieflage im Bereich des PFA 1.1 des Projektes Stuttgart 21. Die bestehende Stadtbahntrasse liegt in Höhe des geplanten DB-Tunnels und muss daher höhenmäßig tiefergelegt und weiter im Westen neu errichtet werden. Diese Folgebaumaßnahme ist für die Achsen 301, 302 und 634 (Außenschale) von der DB ProjektBau GmbH plan-/baurechtlich im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den PFA 1.1 des Projektes Stuttgart 21 beantragt und vom Eisenbahnbundesamt geprüft und mit Planfeststellungsbeschluss vom 28.01.2005 genehmigt worden.

Im Zuge der derzeit stattfindenden vertiefenden Planung seitens der Stuttgarter Straßenbahn AG und des Tiefbauamtes der LH Stuttgart ist folgende bautechnische Änderung vorgenommen worden, um eine Optimierung der Bauwerke zu erreichen:

- HDI-Unterfangung Fußgängerunterführung und Änderung des Baugrubenverbaus im Bereich der Teilbaugrube 4 (vgl. Anlage 0)

Bezüglich dieser angedachten Planänderung hat seitens des Auftraggebers eine erste Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz (AfU) der LH Stuttgart hinsichtlich der wasserrechtlichen Aspekte stattgefunden. Dabei wurde seitens des AfU angemerkt, dass gemäß PF-Beschluss bei Änderungen des bisher den Antragsunterlagen zugrunde gelegten Bauablaufs bzw. bei Änderungen der Bauwerksgeometrie und der Bauverfahren eine Untersuchung / Stellungnahme zu den Auswirkungen auf die Grund-, Heil- und Mineralwasservorkommen sowie auf die Stuttgarter Heil- und Mineralwasservorkommen erforderlich ist, um die Genehmigungsfähigkeit der geplanten Änderungen prüfen zu können.

Im vorliegenden Bericht wird auf Basis von aktualisierten Grundlagen bezüglich Geologie und Hydrogeologie eine Bewertung der bautechnischen Änderungen im Hinblick auf die wasserrechtlichen Aspekte vorgenommen.



2. Geologisch/hydrogeologische Grundlagen

Im Bereich des PFA 1.1 wurden nach dem 4. Erkundungsprogramm (ARGE Wasser Umwelt Geotechnik 2002), das dem Planfeststellungsantrag zugrunde gelegt wurde, das 5. Erkundungsprogramm (ARGE Wasser Umwelt Geotechnik 2003) sowie das Brunnenbohrprogramm für das Grundwassermanagement (ARGE Wasser Umwelt Geotechnik 2009) ausgeführt und ausgewertet. Damit konnten weitere Erkenntnisse zur Schichtlagerung und Durchlässigkeit gewonnen werden, die auch unter anderem in das instationäre Grundwasserströmungsmodell der Vorhabenträgerin (ARGE Wasser Umwelt Geotechnik 2010, 2011) eingeflossen sind.

Ebenso sind die Grundwasserstandsverhältnisse und die bauwerksspezifisch angesetzten Bemessungswasserstände im Bereich der Verlegung der Stadtbahn Heilbronner Straße anhand der ausgeführten Grundwasserstandsmessungen bis Juni 2011 ausgewertet worden.

Diese neuen Erkenntnisse zur Geologie und Hydrogeologie im Bereich der Verlegung der Stadtbahn Heilbronner Straße sind bereits in der eingereichten Anzeige zur Gradientenänderung der Stadtbahnverlegung (AQUASOIL 2011) dokumentiert worden und auch Grundlage der vorliegenden Stellungnahme zur Planänderung im Bereich der Teilbaugrube 4.

Hinsichtlich des neuen Kenntnistandes zur Geologie in Bezug zum Kenntnisstand zur Planfeststellung ist festzuhalten, dass

- a) der km1BH im Bereich der Achsen 301 und 302 lokal etwas höher liegt,
- b) die Mächtigkeit des km1GG im Bereich der Baugrube 4 bzw. dem Übergang zum bergmännischen Tunnel Achse 301 und 302 mit rd. 12 m statt rd. 8 m deutlich größer ist.

Hinsichtlich des neuen Kenntnistandes zur Hydrogeologie kann festgehalten werden, dass die bisher angesetzten Bemessungswasserstände über den bisher gemessenen höchsten Grundwasserständen liegen und dass der bisher angesetzte Bemessungswasserspiegel aus fachgutachterlicher Sicht weiterhin einem HGW_{200} -Ereignis zugeordnet werden kann. Detaillierte Ausführungen hierzu können AQUASOIL 2011 entnommen werden.

3. Stellungnahme zur Änderung des Baukonzeptes im Bereich der Teilbaugrube 4

- **Bautechnische Beschreibung der geplanten Lösung**

Wie bereits bei den Planungen zur Planfeststellung werden zur Aufrechterhaltung des laufenden Straßenverkehrs während der Bauzeit für die Baugrube des Abzweigungsbauwerks im Kreuzungsbereich der Heilbronner Straße / Friedrichstraße / Kriegsbergstraße und Arnulf-Klett-Platz Baugrubenabdeckungen für den Straßenverkehr notwendig. Die Brückenabdeckungen tragen ihre Lasten über eine Trägerkonstruktion an die bereits vorab erstellten Bohrpfähle der Baugrubenumschließungen ab. Die Bohrpfähle der Baugrubenumschließung werden bis zu 6 m tief unter Baugrubensohle mit einem Durchmesser von 0,9 m und Abständen von 1,0 m (östliche Verbauwand) bis 2,2 m (westliche Verbauwand) hergestellt. Die Pfähle werden mit einer Mantel- und Fussverpressung ausgeführt. Als Beton ist ein HS Zement C20/25 ausgewählt worden.

Nach dem abschnittswisen Einbau der Baugrubenabdeckungen für den Straßenverkehr beginnen der Baugrubenaushub und der Teilabbruch (Nordausgang) der bestehenden Fußgängerunterführung.

In den Planungen zur Planfeststellung war ein Teilabbruch des bestehenden Kreuzungsblocks der Fußgängerunterführung vorgesehen, um in diesem Bereich eine aufgelöste Bohrpfehlwand zur Baugrubensicherung herzustellen. Der Kreuzungsblock der Fußgängerunterführung ist als Gesamtbauwerk jedoch zwingend zu erhalten. Ein Teilabbruch sowie die später erforderlich Teilwiederherstellung ist wegen dem komplizierten Tragsystem und der geringen Überdeckung im Straßenbereich nicht realisierbar und würde ein Gesamtabbruch des Bauwerks mit weitreichenden Folgen für den vorhandenen Verkehrsknotenpunkt nach sich ziehen.

Der Kreuzungsblock wird daher erhalten und im Bauzustand durch entsprechende Unterfangungsmaßnahmen gesichert. Die Fußgängerverbindung zur Friedrich- / Kriegsbergstraße bleibt weitgehend ungestört erhalten und die Eingriffe in den Straßenraum im Kreuzungsbereich werden weiter zu reduziert. Zur Sicherung des Kreuzungsblockes ist westlich des Umbaubereiches eine ca. 13 m lange und rd. 16 m hohe HDI-Unterfangung vorgesehen, die gleichzeitig als Baugrubenumschließung dient. Die Unterfangung erstreckt sich höhenmäßig

auf den Bereich zwischen der Sohle der bestehenden Fußgängerunterführung (Höhe etwa 240,6 m NN) und einem Niveau von ca. 3 m unterhalb der Sohle des bestehenden Stadtbahntunnels Heilbronner Straße (Höhe etwa 225 m NN) am Arnulf-Klett-Platz. Auf der Südseite des Umbaubereiches verläuft die Unterfangung etwa in Höhe Km 1+187 (Achse 301) quer zum Bestandsblock 59/60 der Stadtbahn Heilbronner Straße und wird auf diesem abgesetzt. Die Abmessungen des HDI-Körpers betragen hier etwa 14 m in der Länge und ca. 5,5 m (zwischen UK-Fußgängerunterführung und OK-Stadtbahn) in der Höhe. Die Herstellung der HDI-Unterfangung ist von der Fußgängerunterführung aus vorgesehen und dient zur bauzeitlichen Abtragung der Lasten des bestehenden Kreuzungsblockes sowie der Baugrubensicherung /-umschließung. Der HDI – Körper kann bei Bedarf zusätzlich mit Bohrungen perforiert werden, um die Aufstauwirkung zu minimieren.

Die Baugrubengröße der TB 4 soll kleiner als bisher geplant ausgeführt, da an der Westseite der Baugrube die Bohrpfähle gestaffelt ausgeführt werden. Die neuen Planungen sind in den Plänen der Anlage 0 dargestellt.

- **Variantenuntersuchungen**

Da die Bohrpfähle und Verbauträger der vorstehend beschriebenen bautechnischen Lösung des Baugrubenverbaus der Teilbaugrube 4 bereichsweise in die Grundgipsschichten eingreifen und dies aber gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 28.01.2005 nicht zulässig ist, wurden folgende Varianten zur Vermeidung bzw. Minimierung eines Eingriffes in die Grundgipsschichten untersucht, mussten jedoch aus bautechnischer Sicht verworfen werden.

Die Fußeinbindung der Bohrpfähle wurde durch Variation der Ankerneigungen und Ausnutzung der lokal vorhandenen Bodenkennwerte weiter differenziert betrachtet. Im Ergebnis konnte die Fußeinbindung von max. 6 m unter Baugrubensohle um 50 cm auf 5,5 m unter Baugrubensohle reduziert werden. Der max. Eingriff unterhalb des Top Grundgips ergibt sich damit zu ca. 5 m bei Block 60 und reduziert sich auf ca. 2,0 m bei Block 64.

Zu berücksichtigen ist weiter, dass die Bohrpfähle nacheinander eingebracht werden, so dass es infolge des Herstellablaufs der Bohrpfähle zu keinem flächenhaften Eingriff in die Grundgipsschichten kommt, auch wenn im Endzustand die Bohrpfähle einen Abstand von kleiner 5 x Pfahldurchmesser aufweisen.

Als Alternative zu den zur Genehmigung vorgelegten, erforderlichen Fußeinbindungen in die Grundgipsschichten wurden weitere bautechnische Lösungen mit folgendem Ergebnis untersucht:

- **Variante 1**

Beschreibung:

Durchbohren der Seitenwände des vorhandenen Stadtbahntunnels und Herstellung von Rückverhängungen mit Ankern, so dass keine Fußeinbindung der östlichen Baugrubenwand bis in die in die Grundgipsschichten erforderlich wird und die Fußeinbindung der westlichen Bohrfahrlwand noch etwas reduziert werden kann.

Bautechnische Bewertung:

Eine Herstellung von Rückverankerungen durch den Stadtbahntunnel unter Betrieb ist nicht möglich, da dieser Tunnelabschnitt von mehreren Stadtbahnlinien hoch frequentiert ist. Eventuelle Nacharbeiten wurden überprüft. Eine dadurch wesentlich verlängerte Herstellzeit ist nicht realisier-/kompensierbar. Eine Abdichtung der für die Anker herzustellenden Durchbohrungen der Tunnelwände der vollständig im Grundwasser liegenden WU-Tunnelkonstruktion wäre nicht sicher herstellbar. Die Lösung scheidet daher aus.

- **Variante 2**

Beschreibung:

Durchsteifung der Baugrube gegen den Bestandstunnel, so dass keine Fußeinbindung der östlichen Baugrubenwand bis in die in die Grundgipsschichten erforderlich wird und die Fußeinbindung der westlichen Bohrfahrlwand noch etwas reduziert werden kann.

Bautechnische Bewertung:

Die Steifenlagen müssten im Decken- und Sohlbereich des Bestandstunnels vorgesehen werden. Dies ist unter Stadtbahnbetrieb nicht möglich und würde zu massiven Einschränkungen führen. Wie zuvor unter Variante 1 beschrieben, ist diese verlängerte Bauausführungszeit im Terminplan nicht realisierbar.

Weiter ergäben sich auch bei dieser Lösung Probleme im Detail mit der Abdichtung im Bereich von durchgeführten / einbetonierten Steifen für den Endzustand der vollständig im Grundwasser liegenden WU-Tunnelkonstruktion. Auch diese Lösung scheidet daher aus.

- **Variante 3**

Beschreibung:

Herstellung des Tunnelabschnittes in Deckelbauweise mit abschnittweiser Umlastung auf teiltfertiggestellte Tunnelsohlen im Zuge des Aushubs unter dem Deckel zur Reduzierung der Einbindetiefen der Pfahlwände.

Bautechnische Bewertung:

Auch eine Herstellung des Tunnels in Deckelbauweise wurde untersucht. Diese Lösung musste verworfen werden, da aufgrund der beengten Platzverhältnisse der Baugrube an der Hauptverkehrskreuzung Heilbronner Straße / Friedrichstraße / Kriegsbergstraße / Arnulf-Klett-Platz eine Zufahrtsrampe/Baustellenandienung unter den Deckel nicht möglich ist. Außerdem ist aufgrund der Umbausituation des Bestandstunnels eine Umlastung auf abschnittsweise teiltfertiggestellte Tunnelsohlen im Zuge des Aushubs unter dem Deckel nicht möglich.

- **Variante 4**

Beschreibung:

Herstellung der Bohrpfähle der Baugrubenumschließung im Abstand 5 x Pfahldurchmesser

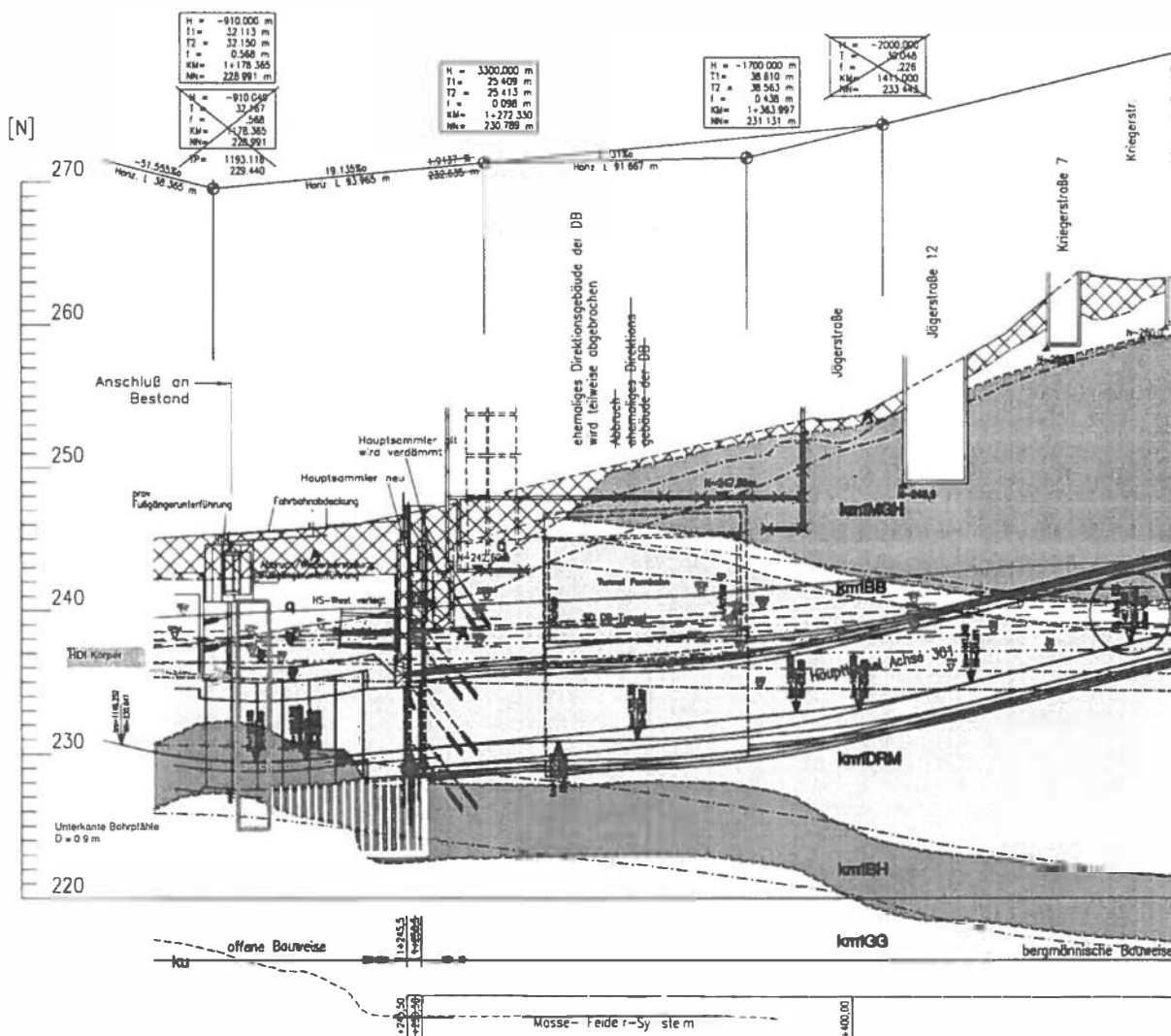
Bautechnische Bewertung:

Diese Lösung wurde untersucht. Aufgrund der großen Baugrubentiefen können die auftretenden Erdruckbelastungen auf die Baugrubenwand nicht abgetragen werden. Die Vertikallasten aus den Hilfsbrücken würden zu wesentlich größeren Einbindetiefen führen. Die Lösung scheidet daher aus.

Wasserwirtschaftliche Bewertung

Aufgrund der bereichsweise niveaumäßig höheren Lage der Grundgipsschichten gegenüber dem Erkenntnisstand Stand Planfeststellung wären bereits mit der Umsetzung der planfestgestellten bautechnischen Lösung Eingriffe in die Grundgipsschichten verbunden gewesen. Die nunmehr geplante temporäre HDI-Unterfangung der bestehenden Fußgängerunterführung wird nach den vorliegenden Baugrunderkundungen innerhalb der Schichten des Quartärs, der Dunkelroten Mergel, des Bochinger Horizonts ausgeführt werden und bindet unterhalb der Tunnelsohle ca. 2 m in die Grundgipsschichten ein. Die Unterkante des HDI-Unterfangungskörpers liegt höher als die Unterkante der ursprünglich vorgesehenen Bohrpfahlwand (vgl. Abbildung 1).

Abb. 1: Ingenieur- und hydrogeol. Längsschnitt entlang der Achse 301, ~ km 1,16 – km 1,36



Im Bauwerksbereich ist eine ausgeprägte Grundwasserstockwerksgliederung ausgebildet, die vom Liegenden zum Hangenden die Grundwasservorkommen im Oberen Muschelkalk, im Lettenkeuper, im Gipskeuper (Bochinger Horizont, Dunkelrote Mergel, Bleiglanzbank-schichten, die lediglich im Talhangbereich anstehen) und in den quartären Schichten (zentra-les Nesenbachtal) umfasst. Der HW-Grundwasserspiegel (Stichtag 08.05.2003, vgl. Anlage 1, Blatt 3) des oberen Grundwasservorkommens im Quartär/Dunkelroten Mergel liegt im Bauwerksbereich zwischen 238,8 m NN und etwa 239,1 m NN. Der Druckspiegel des GW-Vorkommens im Bochinger Horizont liegt im Bauwerksbereich bei 238,5 – 239 m NN, des GW-Vorkommens im Lettenkeuper bei 237,5 – 238 m NN und des GW-Vorkommens im Oberen Muschelkalk bei 236,0 – 236,5 m NN.

Der Bemessungswasserspiegel liegt in Höhe der HDI-Unterfangung bei 239,65 und steigt nach Norden im Verlauf der Stadtbahn bis zum Ende der offenen Bauweise auf 240,15 m NN an.

Aufgrund der großen Eingriffstiefe der HDI-Unterfangung, die in die Schichtabfolgen des Quartärs bis zu den Grundgipsschichten eingreift, spielen hinsichtlich des Tatbestandes des Aufstauens und Umleitens von Grundwasser durch die HDI-Unterfangung die Grundwasser-vorkommen im Bochinger Horizont des Gipskeupers, in den Dunkelroten Mergeln und im Quartär die maßgebliche Rolle. Die tieferen Grundwasservorkommen im Oberen Muschelkalk und im Lettenkeuper sind aber auch von Belang, da mit der Herstellung des HDI-Körpers zwei Meter tief in die dichtende Grundwasserdeckschicht des Mineralwassersys-tems (Grundgipsschichten) eingegriffen wird. Eingriffe in die Grundgipsschichten sind aber – abgesehen von den bisherigen Ausnahmen (z.B. Düker Nesenbach) – gemäß PF-Beschluss und der Heilquellenschutzgebietsverordnung nicht zulässig. Diese Forderung wurde aufge-stellt, um einen unkontrollierten Aufstieg von Mineralwasser und eine damit verbundene Quellschüttungsreduzierung der Heil- und Mineralquellen ausschließen zu können. Im natür-lichen Zustand weisen zwar die oberen Grundwasservorkommen im Gipskeuper (km1) und Quartär ein höheres Potenzial als das Mineralwassersystem auf, jedoch kehren sich diese Verhältnisse bei der notwendigen bauzeitlichen Wasserhaltung um, so dass ein Mineralwas-seraufstieg möglich wird.

Bei ordnungsgemäßer Ausführung des Unterfangungskörpers, bei der mit Hochdruck das anstehende Gestein zerkleinert und mit Zement vermengt wird, wird erfahrungsgemäß wie-

der ein dichter und fester Erdbaustoff entstehen, der hinsichtlich seiner Durchströmbarkeit mit den anstehenden Grundgipsschichten vergleichbar ist. Da zudem unterhalb der HDI-Sohle noch ungestörte Abfolgen der im Bereich der TB 4 über 10 m mächtigen Grundgipsschichten verbleiben und die HDI-Injektion ohne parallele Grundwasserabsenkung erfolgt, kann erwartet werden, dass die derzeit bestehende Grundwasserstockwerksgliederung auch nach Durchführung der HDI-Maßnahme erhalten bleibt.

Im Hinblick auf die dauerhaft wirksamen Beeinflussungen des Grundwassersystems nach Fertigstellung der Baumaßnahme ist festzuhalten, dass nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen und den Ergebnissen der Beweissicherung Wasser der Grundwasserabstrom in den Gipskeuper-Grundwasservorkommen und im Quartär mehr oder weniger nach Ost-Süd-Ost bis Ost gerichtet ist (vgl. Abbildung 3). Er verläuft damit mehr oder weniger quer zur Nord-Süd verlaufenden HDI-Unterfangung entlang des westlichen Baugrubenrandes (Länge ca. 10 m). Aufgrund der ungünstigen Lage zum Grundwasserabstrom und der Höhe des HDI-Körpers lässt sich nach SCHNEIDER ein oberstromiger Grundwasseraufstau von etwa 10 cm abschätzen, der sich jedoch im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 28.01.2005 bewegt (erlaubt sind bis zu 20 cm Aufstau).

Die Bohrpfähle der Baugrubenumschließung reichen bis zu 5,5 m tief unter die Baugrubensohle. Nach den Längsschnitten in Anlage 2 bzw. der Abbildung 2, in der die UK Bohrpfähle schematisch für die Achse 301 eingetragen ist, werden die Bohrpfahlsohlen auf dem Top Grundgipsschichten (km1GG) bzw. bis zu rd. 5 m unterhalb Top Grundgipsschichten zu liegen kommen. Die Grundgipsschichten selbst sind nach den Bohrergebnissen an den Notbrunnen N 1 und N2, die westlich und östlich der Baugrube 4 abgeteuft wurden, rd. 11 m mächtig, so dass für den ungünstigsten Fall von einer verbleibenden Restmächtigkeit des km1GG unterhalb der Bohrpfahlsohle von 6 m ausgegangen werden kann. Da die Bohrpfähle zum Einen ohne parallele Grundwasserabsenkung hergestellt und anschließend im Mantel und Fußbereich nochmals verpresst werden und zum anderen unterhalb der Bohrpfahlsohle noch ungestörte Abfolgen des km1GG verbleiben, kann erwartet werden, dass die derzeit bestehende Grundwasserstockwerksgliederung auch nach Fertigstellung der Bohrpfähle erhalten bleibt.

Die geplante Verkleinerung der Teilbaugrube 4 ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht zu begrüßen, jedoch wird sich dadurch der Umfang der Wasserhaltung nicht maßgeblich ändern,

da die Eingriffstiefe die gleiche bleibt. Ohne dies modelltechnisch nachgerechnet zu haben, wird geschätzt, dass der Wasserandrang um bis zu 5 % in der TB 4 geringer und der Mineralwasseraufstieg aufgrund der geringfügigen Verkleinerung der Potenzialumkehrfläche etwa 1 – 2 % geringer ausfallen wird.

Westheim, den 08.11.2011



Dr. Theo Westhoff
(Dipl.-Geol.)

4. Quellenverzeichnis

AQUASOIL INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH (2011):

Stuttgart 21, Planfeststellungsabschnitt 1.1, Talquerung mit Hauptbahnhof - Wasserwirtschaftliche Untersuchung und Bewertung einer Gradientenänderung und Bautaktoptimierung bei der Baumaßnahme Verlegung Stadtbahn Heilbronner Straße.- Westheim Sept. 2011

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2002):

Stuttgart 21, Planfeststellungsabschnitt 1.1, Talquerung mit Hauptbahnhof: Geologische, hydrogeologische, geotechnische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme, Teil 1.: Geologie und Hydrogeologie.- Westheim Januar 2002.

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2003):

Projekt Stuttgart 21, Planfeststellungsabschnitt 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof. 5. Erkundungsprogramm, Geologische, hydrogeologische, geotechnische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme, Teil 1: Geologie und Hydrogeologie. Westheim/Stuttgart/Ettlingen.

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2009):

Projekt Stuttgart 21, Planfeststellungsabschnitte 1.1, 1.2, 1.5 und 1.6a – Herstellung von Infiltrationsbrunnen, Steuer- und Beweissicherungspegeln für das zentrale Grundwasser- und Niederschlagsmanagement, Dokumentation und Bewertung (Stand: Dez. 2009). Westheim/Stuttgart/Ettlingen/Dresden.

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2010):

Aufbau, Eichung und Validierung des instationären Grundwasserströmungsmodells (Fassung vom 21.04.2011), Westheim, April 2011.

ARGE WASSER UMWELT GEOTECHNIK (2011):

Prognoseberechnungen mit dem instationären Grundwasserströmungsmodell, Westheim, April 2011.