



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH

DB ProjektBau GmbH  
Regionalbereich Mitte  
Nahverkehrsvorhaben Süd (I.BV-MI-P (5))  
Hahnstraße 52  
60528 Frankfurt am Main

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
28.2288	P2288BHydro_Ergänzung2-100330.docx	CSp/Fe	Witten	30.03.2010

## **S-Bahn Rhein-Main / Nordmainische S-Bahn**

### **2. Ergänzung zum Hydrogeologischen Gutachten - zementverfestigte Bodensäulen -**

#### **ANLAGE 12.6.0.2**

Auftrag vom 25.03.2010

**Gesellschaft:** HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Christian Spang

**Zentrale Witten:** Westfalenstraße 5 - 9, D-58455 Witten, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, dr.spang@t-online.de  
<http://www.dr-spang.de>

**Niederlassungen:** 09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798789-0, Fax 798789-20, freiberg@dr-spang.de  
73734 Esslingen/Neckar, Weilstr. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de  
06618 Naumburg, Jakobsring 4a, Tel. (03445) 762-153, Fax (03445) 762-162, naumburg@dr-spang.de  
90441 Nürnberg, Waldaustraße 13, Tel. (0911) 964 5665-0, Fax (0911) 964 5665-5, nuernberg@dr-spang.de

**Banken:** Stadtparkasse Witten, BLZ 452 500 35, Kto. 4911, Deutsche Bank AG, Witten, BLZ 430 700 24, Kto. 8139511



---

INHALT	SEITE
<b>1. ALLGEMEINES</b>	<b>3</b>
1.1 Projekt	3
1.2 Auftrag	3
1.3 Unterlagen	4
<b>2. FOLGERUNGEN / BEWERTUNG</b>	<b>5</b>
2.1 Allgemeines Bauverfahren	5
2.2 Geologische / hydrogeologische Verhältnisse	5
2.3 Bewertung des Eingriffs	6
<b>3. BEWEISSICHERUNG</b>	<b>8</b>
<b>4. ANLAGEN</b>	

Anlage 12.6.0.2.1: Aufstauberechnung (2)



## **1. ALLGEMEINES**

### **1.1 Projekt**

Die DB Netz AG, vertreten durch die DB ProjektBau GmbH, plant den Neubau der „Nordmainischen S-Bahn“. Die Nordmainische S-Bahn soll an das Bestandsnetz der Frankfurter S-Bahn in der Nähe der Station Konstablerwache anschließen und über den Bahnhof Frankfurt/Main – Ost zum HBF Hanau führen. Dabei soll die Streckenführung auf der nördlichen Mainseite, im Wesentlichen in Bündelung mit der bestehenden Schnellbahnstrecke Frankfurt – Fulda, erfolgen. Mit der Nordmainischen S-Bahn soll somit das Frankfurter S-Bahn-Netz mit der neuen, nördlich des Mains geführten S-Bahn-Strecke, ergänzt werden.

Für die Gesamtstrecke wurde mit Datum vom 30.10.2009 ein hydrogeologisches Gutachten vorgelegt sowie mit Datum vom 12.01.2010 die 1. Ergänzung.

### **1.2 Auftrag**

Die DB ProjektBau GmbH hat am 25.03.2010 der Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH den Auftrag erteilt, eine Ergänzung zum hydrogeologischen Gutachten im Hinblick auf die wasserrechtliche Genehmigung zur Ausführung der Baugrundverbesserung auf Basis der vorliegenden Erkundung und der aktuellen Planung (Stand: März 2010) zu erstellen.

Im Bereich zwischen km 61,700 bis km 62,170 (Strecke 3658) verläuft die geplante S-Bahn Strecke über eine z.T. locker und inhomogen verfüllte ehemalige Kiesgrube. In diesem Abschnitt wird eine Baugrundverbesserung mit zementverfestigten Rüttelsäulen empfohlen. Der gegenständliche Abschnitt liegt nicht in einem Wasserschutzgebiet.



In den nachstehenden Ausführungen erfolgt eine Diskussion möglicher Auswirkungen auf das Grundwasserregime durch die geplante Bodenverbesserung. Insbesondere wird zu folgenden Fragen Stellung genommen:

- 1. Erfolgt eine Veränderung der Fließrichtungen des Grundwassers?**
- 2. Ergeben sich chemische Veränderungen des Grundwassers infolge der Baumaßnahmen?**

Die vorliegende Stellungnahme basiert auf den Ausführungen des hydrogeologischen Gutachtens vom 30.10.2009 zur geplanten Gesamtstrecke. Eine wiederholende Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse erfolgt hier nicht – hierzu wird auf das o.g. Gutachten verwiesen. Es erfolgt eine Bewertung der geplanten Baugrundverbesserung mit aktuellem Planungsstand.

### **1.3 Unterlagen**

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlage zur Erstellung des Gutachtens herangezogen:

- [U 1] Hydrogeologisches Gutachten, S-Bahn Rhein-Main / Nordmainische S-Bahn, Strecke km 54,310 – km 71,900; Dr. Spang GmbH, Witten, 30.10.2009.**
- [U 2] Geotechnisches Gutachten, S-Bahn Rhein-Main / Nordmainische S-Bahn, Strecke km 54,310 – 71,900; Dr. Spang GmbH, Witten, 25.01.2010.**
- [U 3] Geotechnisches Gutachten Lph 3, S-Bahn Rhein-Main / Nordmainische S-Bahn, Strecke km 54,310 – 71,900; Dr. Spang GmbH, Witten, 25.01.2010.**
- [U 4] Geotechnisches Gutachten Lph 3 – Ergänzende Angaben zur Baugrundverbesserung, S-Bahn Rhein-Main / Nordmainische S-Bahn, Strecke km 54,310 – 71,900; Dr. Spang GmbH, Witten, 17.03.2010.**



## **2. FOLGERUNGEN / BEWERTUNG**

### **2.1 Allgemeines Bauverfahren**

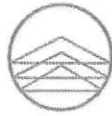
Im Bereich zwischen km 61,700 bis km 62,170 (Strecke 3658) verläuft die zweigleisige Strecke der neu zu errichtenden S-Bahn über eine ehemalige Kiesgrube. Nach den Erkundungsergebnissen ([U 2]) ist die Kiesgrube inhomogen mit Bodenmaterialien verfüllt. Nach den vorliegenden Unterlagen der Stadt Maintal zu der Wiederverfüllung der Kiesgrube kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass auch andere Materialien eingebaut wurden. Um eine sichere und dauerhaft verformungsarme Gleislage zu erreichen ist eine Baugrundverbesserung erforderlich.

Als Baugrundverbesserungsverfahren werden zementverfestigte Rüttelsäulen gemäß [U 4] empfohlen. Bei verfestigten / vermörtelten Säulen wird durch i.d.R. seitlich am Rüttler angebrachte Injektionsleitungen während des Stopfens eine Zementsuspension eingepresst. Verfestigte / vermörtelte Säulen können auch mit einem Schleusenrüttler hergestellt werden, wobei neben den Zuschlagsstoffen auch das Bindemittel über die Schleuse zugeführt wird. Der Durchmesser der Säulen beträgt je nach Baugrund und eingesetzter Rüttelenergie i.d.R. zwischen ca. 0,5 m und 1,0 m. Die Säulen sind in einem dreiecksförmigen Raster mit Abständen von meistens zwischen 1,3 m und 3,0 m anzuordnen.

Zementverfestigte / vermörtelte Rüttelsäulen sind als unbewehrte Pfähle im Sinne der DIN 1054 anzusehen und gemäß Ril 836.4203 zu bemessen. Die zementverfestigten Säulen sind im Wesentlichen als Wasserundurchlässig anzusehen.

### **2.2 Geologische / hydrogeologische Verhältnisse**

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung [U 2] stehen im Bereich der geplanten Baugrundverbesserung bis maximal ca. 95,4 m NHN Auffüllungen (Schicht I nach [U 2]) an. Die Auffüllungen setzen sich gemäß den Erkundungsergebnissen überwiegend aus Sanden, Kiesen und Schluffen



zusammen. Die Auffüllungen können eine breite Spannweite an Durchlässigkeiten ca. zwischen  $k_f = 10^{-7}$  m/s und  $k_f = 10^{-2}$  m/s aufweisen.

Darunter folgen bis mindestens 87,75 m NHN tertiäre Ablagerungen des Pliozäns (Schicht II.1 nach [U 2]). Diese pliozänen, fluviatil gebildeten Sedimente sind als Wechsellagerung von bindigen und rolligen Schichtgliedern anzusprechen. Die bindigen Teile des Pliozäns bestehen meist aus feinsandigem bis sandigem Schluff. Die rolligen Schichtglieder bestehen hingegen aus Feinsanden mit wechselnden Mengenanteilen von Schluff, teilweise mit organischen Beimengungen. Für das Pliozän ist i.d.R. bei überwiegend bindiger Ausbildung von Durchlässigkeiten  $k_f < 1 \cdot 10^{-6}$  m/s auszugehen.

Z.T. sind zwischen den anthropogenen Auffüllungen und dem Pliozän noch Reste der Mainterrasse (Schicht I.4 nach [U 2]) vorhanden. Für die Sande und Kiese der Mainterrasse kann von einer Durchlässigkeit von  $k_f = 1 \times 10^{-5}$  bis  $1 \times 10^{-2}$  m/s ausgegangen werden.

Die Auffüllungen sowie die verbliebenen Terrassensedimente des Mains bilden den oberen Aquifer. Der Bemessungswasserspiegel liegt ca. auf 98,4 m NHN.

Die Grundwasserfließrichtung ist großräumig von N bis NE auf den Main zu gerichtet und verläuft somit in etwa senkrecht zur Trassenachse und somit zur Hauptachse der geplanten Baugrundverbesserung. Der Gradient der Grundwasserströmung ist gering und beträgt ca.  $i \leq 0,004$ .

### 2.3 Bewertung des Eingriffs

Mit Bezug auf obige Ausführungen wird der quartäre Aquifer, insbesondere die anthropogenen Auffüllungen, durch die geplante Baugrundverbesserungsmaßnahme im Hinblick auf die Durchströmung dauerhaft eingeengt. Aufgrund des Abstands der gering durchlässigen, säulenförmigen Elemente der Baugrundverbesserungsmaßnahme, von ca. dem 3-fachen Durchmesser reduziert sich der verfügbare Aquiferquerschnitt um ca. 1/3. Die vermörtelten Rüttelsäulen sind mit einer Länge von 6,0 m unter Planum (99,0 m NHN) vorgesehen und reichen somit bis in eine Tiefe



von ca. 93,0 m NHN und somit ca. 5,4 m in das Grundwasser bei höchstem Grundwasserstand. Die Säulen werden bis in das Pliozän geführt und durchteufen somit den oberen Grundwasserleiter.

Zur Abschätzung der Aufstauwirkung der zementverfestigten Säulen wurde eine Aufstauberechnung nach Schneider ausgeführt. Die Berechnungsergebnisse liegen für Säulen mit 0,5 m Durchmesser und einem Achsabstand von 1,5 m in der Anlage 12.6.0.2.1.1 bei. Für einen Säulendurchmesser von 1,0 m und einem Achsabstand von 3,0 m sind die Berechnungsergebnisse als Anlage 12.6.0.2.1.2 beigelegt. Es wird davon ausgegangen, dass das Säulenraster so ausgerichtet wird, dass sich Säulenreihen in Fließrichtung des Grundwassers ergeben, da so die Einwirkungen minimiert werden. Insgesamt ergeben sich durch die zementverfestigten Säulen rechnerische Aufstau- und Absenkbeträge von jeweils 1 – 2 mm. **Eine nachhaltige Beeinträchtigung der Grundwasserströmung in dem quartären Aquifer ist daher nicht zu besorgen.**

**Die Absperrung der bindigen Schichten des Pliozäns ist hydraulisch nicht relevant**, da diese Schichten um den Faktor von mind. 3 Zehnerpotenzen geringer durchlässig sind und keinen Grundwasserleiter darstellen. Eine Veränderung des Grundwasserregimes in den tertiären Schichten des Pliozäns ist nicht zu prognostizieren.

Da aufgrund der geringen Absperrwirkung der Baugrundverbesserungsmaßnahme und der geologischen / hydrogeologischen Randbedingungen mit der guten Umströmbarkeit zwischen den Säulen keine Auswirkungen auf die Grundwasserfließrichtung zu erwarten sind, können negative Auswirkungen ausgeschlossen werden.

Bei der Herstellung der Baugrundverbesserungsmaßnahme wird Zementsuspension eingesetzt. Dadurch ist es kurzzeitig möglich, dass sich wegen der stark alkalischen Baustoffe eine Veränderung des pH-Werts des Grundwassers einstellt. Weiterhin muss ebenfalls bis zum Abbinden des Zements mit einer kurzzeitigen Aufsalzung des Grundwassers (z.B. Sulfat) im Umfeld der Baugrundverbesserungsmaßnahme gerechnet werden. Chemische Zusätze zum Zement / Beton sind planmäßig nicht erforderlich. Die o.g. chemischen Veränderungen des Grundwassers treten nur während des Einbringens der Baustoffe in den Untergrund und beim Abbinden auf, d.h. innerhalb





DR. SPANG

Projekt: 28.2288

Seite 8

30.03.2010

weniger Tage. **Danach ist eine chemische Veränderung des Grundwassers auszuschließen.** Die Baumaßnahme ist räumlich begrenzt, so dass bei den geringen Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers (berechnet nach SCHNEIDER) von ca. 1,7 m/d und dem starken räumlichen Verdünnungseffekt nicht damit zu rechnen ist, dass messbare Veränderungen feststellbar sind. Zudem handelt es sich nicht um den Eintrag giftiger oder schädlicher Schadstoffe. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass aus der Verfüllung der angrenzenden Kiesgrube deutlich höher chemische Belastungen bekannt sind.

### 3. BEWEISSICHERUNG

Aufgrund des Eingriffs der Baugrundverbesserungsmaßnahme in das Grundwasser wird empfohlen, eine hydrogeologische Beweissicherung durchzuführen. Hierzu wird empfohlen jeweils 2 Grundwassermessstellen im Anstrom und im Abstrom der Baugrundverbesserungsmaßnahme zu errichten und vor, während und nach der Baumaßnahme zu beobachten. Hierdurch können Änderungen in der Fließrichtung und ggf. ein Grundwasseraufstau rechtzeitig erkannt werden. Außerdem wird die chemische Analytik von Grundwasserproben empfohlen, um die Auswirkung des einzubringenden Zements in die Rüttelsäulen und somit den Aquifer kontrollieren zu können.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Unterzeichner gerne zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Christian Spang  
(Geschäftsführer)

i.V.

Dr.-Ing. Gerd Festag  
(Projektleiter)

**Verteiler:** - DB ProjektBau GmbH, Frau Platen, Frankfurt am Main, 3 x, davon 1 x vorab per Email <claudia.platen@deutschebahn.com>





DR. SPANG

Projekt: 28.2288

Seite 9

30.03.2010

- 
- DB ProjektBau GmbH, Herr Balogh, Frankfurt am Main, 1 x per Email  
<gabor.balogh@deutschebahn.com>
  - DB ProjektBau GmbH, Herr Schmidt, Frankfurt am Main, 1 x per Email  
<uwe.za.schmidt@ deutschebahn.com >
  - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x