



Öffentlich bestellte und vereidigte
Sachverständige und Prüfsachver-
ständige für Erd- und Grundbau

Darwinstraße 13 · 10589 Berlin
Tel. +49-30-78 90 89-0 · Fax -89
E-Mail office@gudconsult.de
www.gudconsult.de

Standorte
Hamburg | Leipzig | Athen
Köln | Michendorf | New Delhi

Geotechnische Gutachterliche Beurteilung mit Risikoabschätzung

Baumaßnahme Alternativlösung Sternbrücke Hamburg

Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung

Auftraggeber: schlaich bergemann partner (sbp GmbH)
Brunnenstraße 110c
13355 Berlin

Geschäftsführer und Prokuristen
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg
Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹
Dr.-Ing. Jens Mittag¹
Dipl.-Ing. Univ. Nikolaus Schneider
Dr.-Ing. Silke Appel (ppa.)
Dipl.-Ing. Kerstin Deterding (ppa.)⁵
Dipl.-Ing. Hilmar Leonhardt (ppa.)
Dipl.-Ing. Josef A. Patron (ppa.)

Bearbeiter:

Senior-Partner
Prof. Dr.-Ing. Kurt-M. Borchert²
Dipl.-Ing. Hans L. Hebener³
Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter⁴
Univ. Prof. Dr.-Ing. Stavros Savidis

Berlin, den 16.04.2018

- ¹ Anerkannter Prüfsachverständiger für den Erd- und Grundbau.
² von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugruben, Injektionen und Bauwerksabdichtungen im Untergrund.
³ von der Baukammer Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Spezialtiefbau, Schwingungen im Baugrund und Bauwerk, Gründungsschäden.
⁴ von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gründungen, Wasserhaltungen, Erschütterungen im Baugrund.
⁵ EBA-Gutachter für Geotechnik bei Bau- maßnahmen im Eisenbahnbau.

Berichtsnummer: G 75/18

Dieser Bericht einschließlich Deckblatt und Revisionsseite umfasst 15 Seiten.

K:\Sternbrücke_G75.18\BERICHTE-GUTACHTEN\180416.G75-18. Gutachterliche Beurteilung_2.docx



Revisionsblatt für Bericht G 75/18

Revisio n	Datum	Bemerkung	erstellt	geprüft / freigegeben
00	16.04.2018	Ersterstellung	TR	

INHALTSVERZEICHNIS

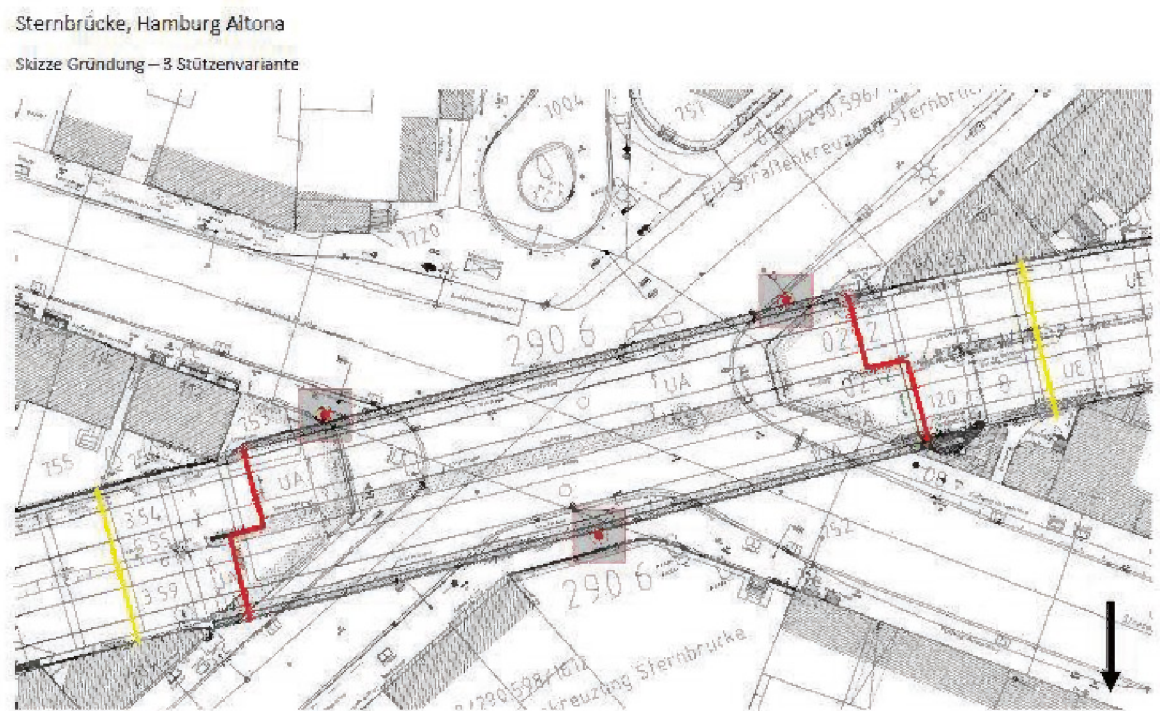
1	SITUATIONSBESCHREIBUNG UND VERANLASSUNG	4
2	UNTERLAGEN	6
3	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	7
4	GRÜNDUNGSKONZEPTION	10
5	BEWERTUNG UND RISIKOEINSCHÄTZUNG	14

1 SITUATIONSBESCHREIBUNG UND VERANLASSUNG

Der Ersatzneubau der Sternbrücke sieht vor, dass die bestehende dreifeldrige Brücke durch einen einfeldrigen und zusätzlich mit ca. 108 m längeren Einfeldträger ersetzt wird. Hierzu sind dann die vorhandenen Widerlager zu entfernen und die neuen Widerlager in den Damm- bzw. Kasemattenbereichen rück zu versetzen sind.

Für den Ersatzneubau der Sternbrücke der Deutschen Bahn AG in Hamburg-Altona wurden seitens des Büros schlaich bergemann partner verschiedene alternative Brückenentwürfe entwickelt.

Im hier zu beurteilenden Alternativentwurf wurde zur Realisierung einer im Vergleich zum Vorentwurf der DB filigraneren Gestaltung des Einfeldträgers vorgesehen, drei zusätzliche Abstützungen, zwei auf der Südseite und eine auf der Nordseite, vorzusehen (siehe Bild 1).



beiden südlichen Stützpunkte an die bestehenden und während der Baumaßnahme noch in Betrieb befindlichen Widerlager Ost und West besteht.

Im Alternativentwurf ist die Ausbildung und auch Erstellung der neuen Widerlager in gleicher Weise vorgesehen, wie dies im Vorentwurf der DB geplant ist.

Für die Ausführung der Tiefgründungen und deren Auswirkung auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Bestands-Widerlagerkonstruktionen wird die nachfolgende gutachterliche Bewertung mit Risikoeinschätzung vorgenommen.

2 UNTERLAGEN

Zur Bearbeitung dieser gutachterlichen Stellungnahme wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [U 1] 1. Bericht - Allgemeine Baugrundbeurteilung auf Grundlage vorliegender Baugrundaufschlüsse des Büros *Grundbauingenieure Steinfeldt und Partner GbR* vom 12.07.2014
- [U 2] 2. Bericht - Geotechnische Vorabangaben zur Bemessung der Gründung auf der Grundlage vorliegender Baugrundaufschlüsse des Büros *Grundbauingenieure Steinfeldt und Partner GbR* vom 22.04.2015
- [U 3] Diverse Unterlagen zur Erneuerung der EÜ Sternbrücke, erstellt vom *Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH*, im Einzelnen:
 - Bauphasenplan 4-gleisiger Überbau vom 08.04.2016
 - Ansichten und Schnitte 4-gleisiger Überbau vom 08.04.2016
 - Gleishilfsbrückenplan vom 08.04.2016
- [U 4] Prinzipskizzen Variante 3 - 3 Stützen der *Vössing Ingenieure* zur Bewertung der Entwurfsideen FHH-BSW
- [U 5] Vorstellung der Entwurfsideen Sternbrücke Hamburg von *schlaich bergemann partner* vom 27.11.2017
- [U 6] Weitere Untersuchungen zu diversen Varianten der Sternbrücke Hamburg von *schlaich bergemann partner* vom 22.02.2018
- [U 7] Baugrundaufschlüsse aus der näheren Umgebung, entnommen aus *Bohrinformation Geologisches Landesamt Hamburg* vom 11.04.2018
- [U 8] *Richtlinie der DB - Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke*, Ril 862.4302, Stützkonstruktionen und Stützmaßnahmen, Massive Stützmauern und Stützwände, gültig ab 1.10.2008
- [U 9] Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle der *DGGT*, 2. Auflage 2012
- [U 10] Eisenbahnspezifische Liste Technischer Baubestimmungen, des *Eisenbahn Bundesamtes* vom Oktober 2013

3 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

Die Baugrundverhältnisse anstehend im Bereich der Sternbrücke sind in den Unterlagen [U 1] und [U 2] beschrieben. Weitere Hinweise zur Bodenschichtung geben die in Unterlage [U 6] eingesehenen Bohrinformationen des geologischen Landesamtes.

Aus den Unterlagen [U 1] und [U 2] können die maßgebenden geotechnischen Kenngrößen entnommen werden und sind hier in den nachfolgenden Tabellen wiedergegeben.

Tabelle 1: Ergebnisse der vorliegenden Baugrundaufschlüsse aus [U 1]

Altaufschluss	vorh. GOK rd. [m NN]	Endtiefe rd. [m u. GOK] / [m NN]	Schichtunterkanten	
			Auffüllung rd. [m u. GOK] / [m NN]	Pleistozäner Sand rd. [m u. GOK] / [m NN]
RKS 4/B863	+19,3	7,0 / +12,3	1,2 / +18,1	> 5,8 / < +12,3
UB-BRNR 9519/ B905	+19,1	7,7 / +11,4	k. A.	6,4 / +12,7 ¹⁾
RKS 1b/B859	+19,9	8,0 / +11,9	1,2 / +18,7	6,9 / +13,0 ¹⁾
BS 1	+18,4	8,0 / +10,4	2,0 / +16,4	4,6 / +13,8 ¹⁾
BS 2	+18,2	10,4 / +7,8	1,3 / +16,9	3,6 / +14,6 ¹⁾
BS 3	+18,1	8,0 / +10,1	1,1 / +17,0	5,8 / +12,3 ¹⁾
BS 4	+18,0	8,0 / +10,0	3,0 / +15,0 ²⁾	3,8 / +14,2 ¹⁾

¹⁾ Unterlagerung durch bindigen Geschiebeboden.

²⁾ Einschließlich fraglicher Auffüllungen.

Tabelle 2: Bohrwasserstände in Altaufschlüssen nach Bohrende aus [U 1]

Altaufschluss	Ansatzhöhe [m NN]	Messdatum	Bohrwasserstand	
			[m unter GOK]	[rd. m NN]
RKS 4/B863	+19,3	26.05.2003	4,5	+14,8
UB-BRNR 9519/ B905	+19,1	15.04.2002	3,3	+15,8 ^{1) 2)}
RKS 1b/B859	+19,9	19.04.2001	5,4	+14,5
BS 1	+18,4	11.09.1995	4,0	+14,4
BS 2	+18,2	11.09.1995	3,6	+14,6
BS 3	+18,1	11.09.1995	3,8	+14,3
BS 4	+18,0	11.09.1995	3,6	+14,4

¹⁾ Ruhewasserstand in ausgebauter Grundwassermessstelle.

²⁾ Hoher Grundwasserstand derzeit nicht plausibel.

Tabelle 3: Vorläufige charakteristische Bodenkennwerte und Bodenklassen aus [U 2]

Schicht-Nr.	Bodenart	Wichte γ/γ^* (kN/m ³)	Scherfestigkeit		Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m ²)	Bodenklasse nach DIN 18300
			φ_k^* (°)	c_k^* (kN/m ²)		
1	Auffüllung: Sand, ggf. teilweise schluffig, bzw. steinig und/oder mit Bauschuttresten, überwiegend lockere Lagerung	18/10	27,5	0	10-15	3/4 ¹⁾
2	Sand, pleistozän mindestens annähernd mitteldicht gelagert und verdichtet eingebauter Austauschsand	19/11	35	0	≥ 50	3/4
3	Geschiebelehm/Geschiebemergel, mindestens steife Konsistenz	22/12	30	10	≥ 40	4/5 ²⁾

¹⁾ Bei größerem Anteil an Bauschuttresten auch Bodenklasse 5 - 7 (örtlich festzulegen).

²⁾ Bei größerem Anteil an Steinen auch Bodenklasse 6 bzw. bei einzelnen Findlingen (Blöcke > 600 mm) auch Bodenklasse 7.

Tabelle 4: Vorläufiges Bemessungsprofil aus [U 2]

Tiefe UK Schicht [rd. m NN]	Bodenart	Schicht-Nr.
+ 17,2 ¹⁾	Auffüllung	1
+ 13,0	Sand	2
+ 8,0 ²⁾	Geschiebelehm/Geschiebemergel	3

¹⁾ Entspricht etwa UK Fundament Kasematte

²⁾ Tiefste Erkundungstiefe der Altaufschlüsse

Tabelle 5: Charakteristische Pfahlwiderstandswerte aus [U 2]

Schicht-Nr.	Bodenart	Konventionelle Bohrpfähle nach DIN EN 1536:2010-12	
		Pfahlspitzen-widerstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Pfahlmantel-reibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
2	Sand, pleistozän, mitteldichte Lagerung	2,5	0,10
3	Geschiebelehm/-mergel, mind. steife Konsistenz	2,0	0,08

Im Hinblick auf die für die Sondergründungen im Lastabtrag benötigten Pfählen können gemäß EA-Pfähle [U 9] auch mantelverpresste Pfähle zum Einsatz kommen. Für diese lässt der Abschnitt 5.7 der EA-Pfähle eine Erhöhung der dort im Vorkapitel angegebenen Erfahrungswerte um 50 % zu.

Mithin können aus hiesiger gutachterlicher Sicht die hier in Tabelle 5 angegebenen Werte für Bemessungen von mantelverpressten Großbohrpfählen um eben diesen Wert erhöht werden.

Wie im Gutachten [U 2] weiter angegeben, können die an diesen Zwischenstützpunkten auftretenden Horizontalkräfte über horizontale Bettungen mit den üblichen Ansätzen berücksichtigt werden.

4 GRÜNDUNGSKONZEPTION

Die an den Zwischenstützungen abzutragenden Lasten betragen nach Auskunft des Büros *sbp*:

- für die zwei Abstützungen auf der Südseite je 32 MN als Bemessungswert
- für die Abstützung auf der Nordseite 43 MN als Bemessungswert.

Nachfolgende Skizze stellt die geometrisch angedachte Situation der Lastabtragungspunkte dar.

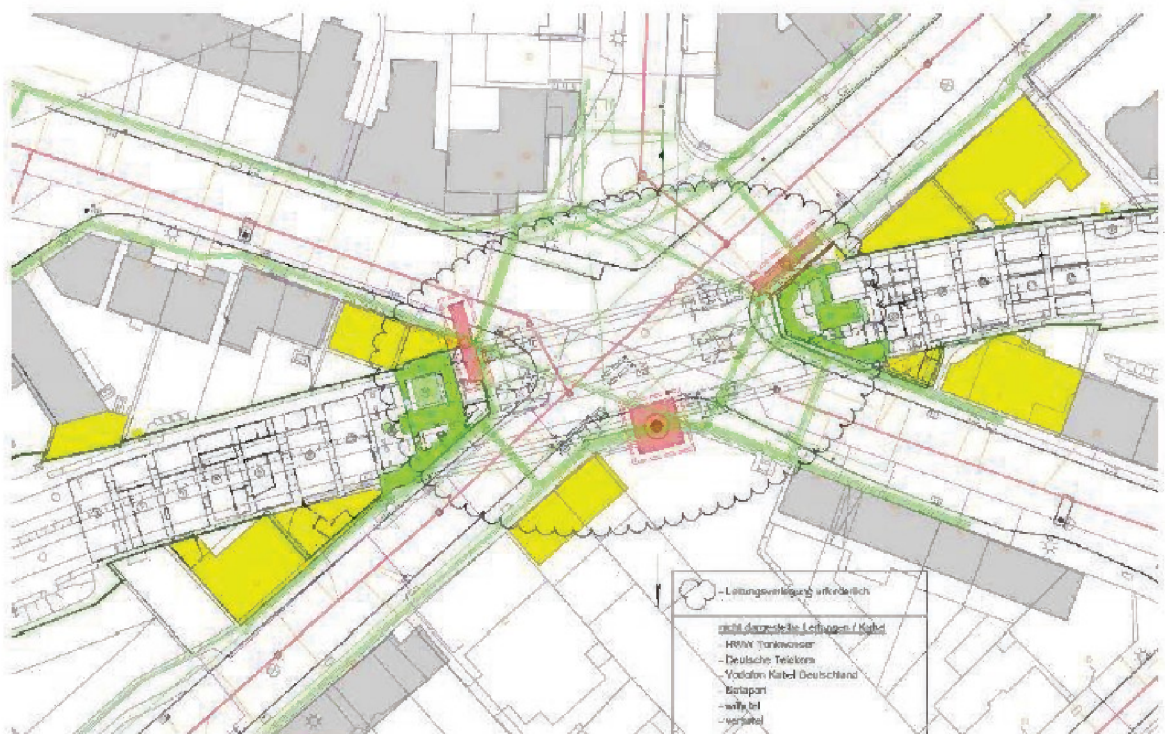


Bild 2: Lastabtragungspunkte in geometrischer Lage und Versorgungsleitungen

Ersichtlich ist, dass die Herstellung dieser Lastabtragungspunkte nur möglich ist, wenn eine gewisse Anzahl der im Bild grün eingetragenen Leitungen verlegt werden.

Darüber hinaus ergibt sich über eine längere Strecke eine enge Annäherung der Fundamente der Zusatzunterstützungen insbesondere am rechten, d.h. westlichen, Widerlager.

Bei Arbeiten im Lastausbreitungsbereich dieser Widerlager sind die Anforderungen der deutschen Bahn gemäß Ril 862.4302 [U 8] zu berücksichtigen.

Es lässt sich ablesen, dass das Widerlagerfundament eine Breite von ca. 1,80m und eine Einbindetiefe von ca. 1,5m besitzt.

Statische Abschätzungen der *sbp* haben für dieses Widerlager Bodenpressungen von ca. 200 kN/m² ergeben.

Unter Beachtung der hier in Tabelle 3 vom Büro Steinfeldt angegebenen Bodenkennwerte, der zugrunde gelegten Schichtung nach Tabelle 4 und obiger geometrischer Daten ergibt eine Grundbruchberechnung ausreichenden Sicherheiten, selbst wenn das Fundament bis zu dessen Unterkante freigelegt wird. D.H. für diesen Zustand sind keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen und somit nach Ril 836.4302 auch keine besonderen Genehmigungsanforderungen, wie UiG und ZiE, erforderlich.

Soweit nun eine größere statische Höhe des auf den Pfählen anzuordnenden lastverteilenden Balkens als 1,5m erforderlich ist, würde eine Untergrabung des Bestandsfundamentes erfolgen, sodass dann eine Unterfangung des Fundamentes erforderlich wird.

Hierzu bietet sich, wie auch für die Gleisbrücken vorgesehen (siehe nachfolgendes Bild), die Anwendung des Düsenstrahlverfahrens an.

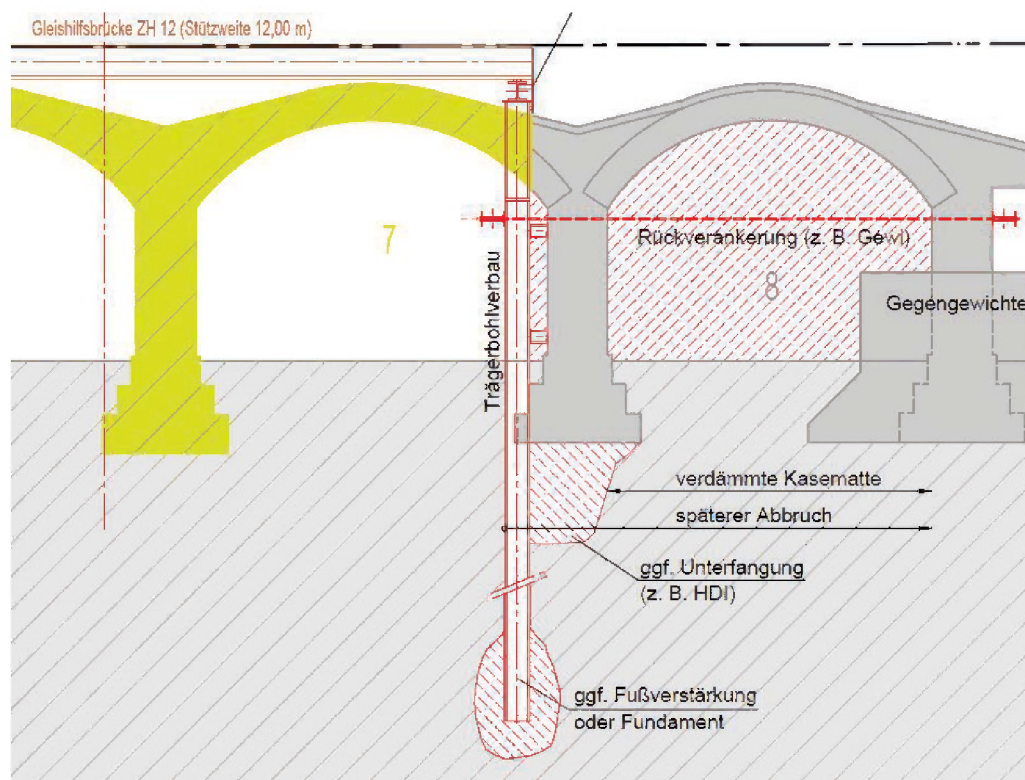


Bild 4: Sicherungskonstruktion an der Gleisbrücke aus [U 3]

Die zur Verfügung stehende lichte Höhe unter der Bestandsbrücke beträgt ca. 4.5 bis 4,8m. Da die Bohrpfahlarbeiten in Teilbereichen örtlich unter der vorhandenen Brücke ausgeführt werden, müssen deshalb hier speziell dafür ausgelegte Bohrgeräte zum Einsatz kommen(s. Bild 5).

Da im Bild ein System für Raumhöhen ab 5m zur Verfügung steht, muss die Herstellungsebene um > 20cm abgesenkt werden. Hierfür ist eine Arbeitsfläche von ca. 10m*15m erforderlich.



Hamburg, Kasematten: Herstellung unter beschränkter Höhe im Greiferverfahren

Bild 5: Herstellung unter beschränkter Höhe von 5m – Fa. Stump

Alternativ kann je Lastabtragungspunkt eine Kombination von mantelverpressten Großbohrpfählen nach DIN EN 1536 in den Bereichen mit ausreichender Herstellungshöhe und von Kleinbohrverpresspfählen (Mehrstab-Mikropfählen) nach DIN EN 14199 mit EBA-Zulassung gemäß [U 10] vorgesehen werden. Das Lastverformungsverhalten beider Pfahlsysteme muss dabei durch geeignete Berücksichtigung der Gruppenwirkung (EA-Pfähle [U 9]) aufeinander abgestimmt werden.

5 BEWERTUNG UND RISIKOEINSCHÄTZUNG

Die für die Ausführung der vorbeschriebenen geotechnischen Konstruktionen erforderlichen Anforderungen sind, da die Baumaßnahme in direktem Nahbereichs eines von der Bahn genutzten Fahrweges erfolgt, in Unterlagen [U 7], d. h. der Ril 836.4302 und [U 10] geregelt.

Soweit die Gründungen, wie im vorliegenden Entwurf vorgesehen, durch Bohrpfähle erfolgen, gilt die Anforderung, dass die DIN EN 1536 und der zugehörige DIN-Fachbericht einzuhalten sind. Wenn dies sichergestellt ist, werden weitere Zulassungsanforderungen nicht gestellt. Gleiches gilt für den Einsatz von Mikropfählen nach DIN EN 14199.

Hinsichtlich der Düsenstrahlarbeiten, die gegebenenfalls zur Fundamentsicherung erforderlich werden, ist die Situation vergleichbar mit der Situation im Bereich hinter den Bauhilfsbrücken. Hierzu ergibt sich aus der Ril 836.4302 im Abschnitt 6 (3) für verfestigte Bodenkörper an Gleisen:

„Die Herstellung von verfestigten Bodenkörpern als Stützkörper für dauerhafte Zwecke im Stützbereich von Gleisen nach Modul 836.201 bedarf der UiG durch die DB Netz AG und ZiE durch die EBA-Zentrale“.

Da jedoch diese Sicherungsmaßnahmen im vorliegenden Fall nicht für dauerhafte Zwecke vorgesehen sind, sondern nach Herrichtung der Pfähle und des Kopfbalkens dieser Bereich wieder mit Boden verfüllt wird, so dass dann der Unterfangungskörper außer Funktion ist und da darüber hinaus auch dieser Teil des Brückenwiderlagers nach erfolgter Erstellung des Ersatzbauwerkes entfernt worden ist, wird aus hiesiger Sicht für diese Düsenstrahlmaßnahmen (HDI-Maßnahmen) weder eine UiG noch eine ZiE für erforderlich gehalten.

Zu beachten ist jedoch, sowohl im Bereich der für die Gleisbrücke als auch den hier betrachteten Stützpunkten, dass bei allen Eingriffen in den Baugrund selbst bei normkonformer Herstellung mit herstellungsbedingten Verformungen der angrenzenden Bauwerke zu rechnen ist.

Soweit die Pfähle verrohrt und den Regeln der Technik entsprechend unter Einhaltung der maßgeblichen Regelwerke, d. h. insbesondere der DIN 1536 hergestellt werden und in der vorliegenden geologischen Situation insbesondere auf ein hinreichendes Voreilmaß und einen ausreichenden Wasserüberdruck geachtet wird, sind unvermeidbare Verformungen aus der Herstellung der Bohrpfähle, der Bohrträger der

Bohlwand und auch der Bohrarbeiten der HDI-Unterfangungen im Bereich bis zu einem Zentimeter möglich.

Während der Arbeiten sollte deshalb der betreffende Streckenabschnitt geodätisch mit einer Online-Dauerüberwachung versehen werden, so dass gegebenenfalls erforderlich werdende Stopfarbeiten frühzeitig veranlasst werden können.

Resümierend ist festzuhalten, dass nach hiesiger gutachterlicher Einschätzung die Auswirkungen auf die Bahnanlage technisch sicher beherrschbar sind und sich aus der vorgesehenen Sondergründungssituation weder qualitativ noch quantitativ andere Gefährdungslagen im Vergleich zum Vorentwurf der DB ergeben.

