

Magnus Hellmich / Gerhard Reis / Baldur Rögner

Feste Fahrbahn Frostplatte

Durchpressung eines Rahmens nach dem Schwellenersatzträgerverfahren

Am Rande von Weingarten (Baden) kreuzt eine Ortsverbindungsstraße schienengleich die stark befahrene Hauptabfuhrstrecke Heidelberg – Karlsruhe. Im Rahmen der Realisierung einer EKRg-Maßnahme erstellte man eine Eisenbahnüberführung. Die geologischen Verhältnisse sowie der Eisenbahnbetrieb der stark befahrenen Strecke mit nur sehr geringen Zugpausen erforderten besondere Berücksichtigung bei der Entwurfs- bzw. Ausführungsplanung. So wurde zur Auflagerung der Vershubträger eine biegesteife Platte aus gefrorenem Boden durch Stickstoffvereisung hergestellt. Dieses Verfahren wurde damit bereits zum sechsten Mal erfolgreich angewandt.

Aufgabenstellung

Der Bahnübergang in Weingarten (Baden) war durch eine Eisenbahnüberführung mit Zugang zu den beiden

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) **Magnus Hellmich**, Sachbearbeiter beim EBA, Karlsruhe, Abteilung Konstruktiver Ingenieurbau, Dipl.-Ing. **Gerhard Reis**, Mitarbeiter im Ingenieurbüro für Bodenmechanik und Grundbau Dr.-Ing. Orth GmbH, Karlsruhe, und Dipl.-Ing. (FH) **Baldur Rögner**, bis 1998 Teamleiter für Brücken- und konstruktiver Ingenieurbau, Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich Netz, Planungsbüro Fahrbahn, Karlsruhe

außenliegenden Bahnsteigen, eine Straßenüberführung mit kombiniertem Rad- und Gehweg für das anschließende Industriegebiet und eine Fußgängerbrücke parallel zum Gleis Karlsruhe – Heidelberg zu ersetzen. Der Eisenbahnbetrieb auf der elektrifizierten Strecke 4000 ist von einer hohen Zugdichte durch gemischten Reisezug-, Güter-, Regional- und S-Bahnverkehr (250 bis 300 Züge/Tag) und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h geprägt. Durch die fest vorgegebene Baubetriebsplanung der DB AG musste die Eisenbahnüberführung unter laufendem Betrieb gebaut werden. Es wurden jeweils nur Sperrpausen von maximal 9 Stunden für ein Gleis am Wochenende Sa/So und So/Mo zugelassen. Während der Bauzeit stieg die Streckenbelastung auf ungefähr das Doppelte an, d.h. ca. alle drei Minuten passierte ein Zug die Baustelle, was durch einen Brand des Streckenkabels der Strecke 4020 Karlsruhe – Mannheim in Blankenloch und der damit verbundenen Umleitung des gesamten Zugverkehrs dieser Hauptstrecke über die Strecke 4000 bedingt war.

Baugrundsituation

Geologisch liegt die Baumaßnahme im Bereich der „Kinzig-Murg-Rinne“, einem zweiten Flusssystem des jüngsten Pleistozäns im Oberrheingraben. Dieses Randflusssystem hat verlandete Bach- und Flussläufe hinterlassen, welche auch im Bauwerksbereich angetroffen wurden. Unter den oberflächennahen Auffüllungen

(Gleis-, Straßenunterbau) setzt bis ca. 4 m unter Gelände eine weiche bis steife bindige Deckschicht (meist schluffiger Ton) ein. Darunter wurden mit Mächtigkeiten von bis zu 1,3 m weicher und breiiger, stark zersetzter Torf sowie torfige Schluffe erkundet. Diese sind ab ca. 5,5 m unter Gelände durch überwiegend dichte Kies-Sand-Gemische in wechselnder Zusammensetzung bis in größeren Tiefen unterlagert. Das Grundwasser ist unter der bindigen Deckschicht gespannt und steht maximal ca. 2 m unter Schienenoberkante.

Festlegung des Bauverfahrens/Ausschreibung

Nach Vorgabe des Bauherrn war die Eisenbahnüberführung für die zweigleisige Strecke als Stahlbetonrahmen seitlich zu erstellen und unter Eisenbahnbetrieb einzupressen. Die daran anschließenden Rampen, Zugänge und querenden Brücken waren anschließend zu erstellen. Aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse war eine Wasserhaltung zum Trockenlegen der Baugrube wegen den hierbei anfallenden sehr großen Wassermengen und den daraus resultierenden Konsequenzen (räumlich großer Absenktrichter mit Risiken von unkontrollierbaren Gebäudesetzungen im Einflussbereich, Herbeiziehen von Altlasten im Grundwasserzufluss, usw.) nicht genehmigungsfähig. Zur Herstellung des Rahmens und der anschließenden Rampen sowie für das Einpressen des Rahmens unter dem Gleiskörper war eine, in sich mehrfach unterteilte, wasserdichte Baugrube herzustellen. Hierzu waren zur vertikalen Abdichtung im Bereich der Rampen Spundwände und im Bereich des Gleiskörpers HDI-Wände (HDI-Fächer) sowie zur horizontalen Abdichtung eine tiefliegende Injektionssohle vorgesehen. Die Dichtigkeitsanforderung an die Baugrube wurde mit 3 l/s und 1000 m² benetzter Fläche definiert.

Das Durchpressen des Rahmens nach dem Schwellenersatzträgerverfahren (SEV) (Definition: Gleisrost mit einzelnen Vershubträgern als Schwellenersatz und zusätzlichen verstärkten Kleinhilfsbrücken (KHBv) wirkt als Trägerrost) war für den speziellen Baubehelf unter rollendem Rad als betriebsschonendes und Betriebser-schwerniskosten sparendes Bauverfahren geplant. Zur Auflagerung der Vershubträger war eine Bodenverfestigung durch Stickstoffvereisung (Frostplatte) der bindi-

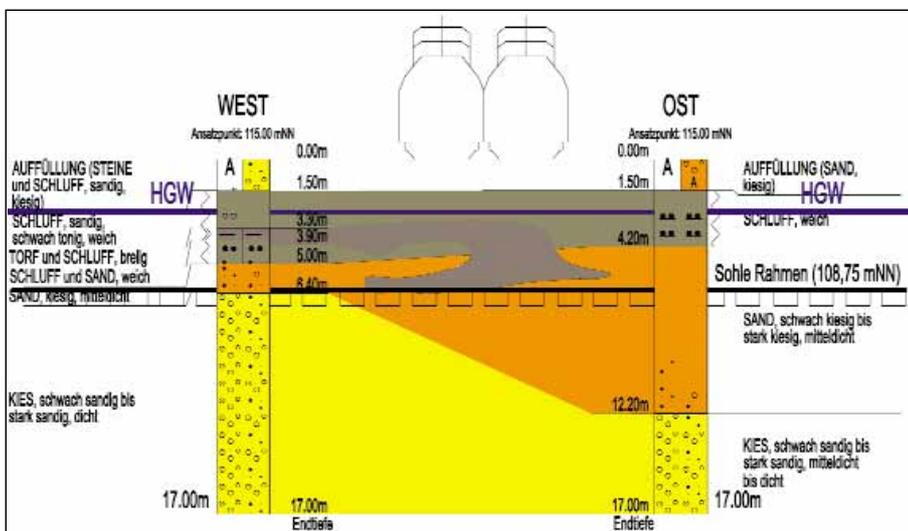


Abb. 1: Querprofil mit Baugrund und Grundwasser

(Quelle: IBO)

gen Deckschichten vorgegeben. Die herkömmliche Auflagerung der Vershubträger im SEV auf ca. 6,00 bis 7,00 m lange Holzpfähle bzw. Stahlprofile war zum einen wegen den hierbei auflaufenden hohen Betriebserschwerungskosten (Arbeiten im Gleisbereich, Verschwenken der Oberleitungen, GWB, längere La-Zeiten...) und der geforderten Betriebssicherheit/Gleislage (weiche Schichten bis 5 m unter Schienenoberkante) nicht möglich.

Auf der Grundlage einer öffentlichen Ausschreibung nach VOB erfolgte die Vergabe des Bauauftrages. Die Ausführungsplanung der Baubehelfe einschließlich des Genehmigungsprocedere oblag dem Auftragnehmer.

Die auf Biegung statisch beanspruchte Frostplatte aus gefrorenem Boden, die sogenannte „Feste Fahrbahn Frostplatte – FFF“, erforderte eine Unternehmensinterne Genehmigung (UiG) der DB AG und eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) des Eisenbahn-Bundesamtes Bonn (EBA).

Unternehmensinterne Genehmigung (UiG) und Zustimmung im Einzelfall (ZiE)

Bedingt durch die schlechten Baugrundverhältnisse für den Einsatz des Schwellenersatzträgerverfahrens, das bereits als bewährtes Verfahren gilt, war zur Auflagerung der Vershubträger eine vereisten Bodenplatte – FFF – konzipiert worden. Da die Bodenvereisung zwar bereits fünfmal mit Erfolg angewandt wurde, aber noch keine Regelbauweise ist, musste eine UiG bei dem Fachdienst der Zentrale der DB AG TZF 62 eingeholt und anschließend eine ZiE beim EBA beantragt werden. Dazu wurden die Unterlagen gemäß DS 804 Abs. 402 für das Vereisungskonzept durch das Ing.-Büro Dr. Orth GmbH einschließlich der statischen Berechnung und die Einpressanweisung durch den Auftragnehmer, die ARGE Züblin, Bilfinger+Berger, M. Früh, erstellt und dem vom EBA beauftragten Gutachter, Prof. Dr.-Ing. Gudehus der Universität Karlsruhe, zur Prüfung der Standsicherheit des vereisten Bodens vorgelegt.

Durch den Gutachter und das EBA wurde der vorgesehenen Geschwindigkeit von 70 km/h während der Gefrier- und Einpressphase zugestimmt. Diese Geschwindigkeit war nicht durch die Frostplatte, sondern allein durch das SEV bzw. die eingebauten verstärkten Kleinhilfsbrücken (KHBv) begrenzt. Gemäß der ZiE für die Frostplatte wäre sogar eine Geschwindigkeit bis 120 km/h bei entsprechenden Kontrollmessungen zulässig gewesen. Während der Frostkörperherstellung war laut Gutachten mit Hebungen der Gleise zwischen 2 und 4 cm zu rechnen. Daher

CARD/1

Die Sprache des Ingenieurs



iaf 2003
Halle 1, Stand 128B

Gestern 50, heute 350 km/h

Mit Hochgeschwindigkeit fahren, mit Hochgeschwindigkeit planen. Schienenwege sind heute Hochleistungsstrassen. Ihre Planung komplex. Ganz gleich, ob Deutsche Bahn, Stadtbahn oder Transrapid, mit CARD/1 haben Sie die richtige Softwarelösung. Ob Sie vermessen, planen, begutachten, entwerfen, gestalten, abrechnen, kalkulieren, visualisieren oder Ergebnisse präsentieren – CARD/1 unterstützt Sie wirksam in Ihrer Arbeit ...

... mehr unter www.card-1.com

IB&T GmbH – Thomas Tornow Haus –
An'n Slagboom 51
22848 Norderstedt
Telefon 040/534 12-0 · Telefax -100
E-Mail info@card-1.com

CARD/1: ein Produkt der IB&T GmbH

Noch zulässige Abweichung der Gleisollage (statisch)		Ausgleichsrampe (Bauzustand)	Dynamisch wirksame Gleislagefehler und Verwindungen	
Vertikal	± 20 mm	1:6 V	1/1000	Amplitude/Länge
Horizontal	± 10 mm	höchstens 1:400	1/1000	
Verwindung	± 10 mm		1/1000	

Tab. 1: Verformungskriterien für das Gleis

wurde zusätzlich eine messtechnische Überwachung vorgeschrieben, wobei Hebungen mit einer maximalen Neigung von 1:400, gemäß einer Nebenbestimmung der ZiE, anzurampen sind. Dieser Wert war als Grenzwert vorgegeben. Durch die DB Netz Zentrale, Geschäftsbereich Systeminnovation Technik (vormals BZA München) wurden aus Erkenntnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen, den Erfahrungen vorangegangener Bodenverweisungen und Vorgaben für die Feste Fahrbahn die in Tab. 1 angegebenen Verformungskriterien für das Gleis unter dem rollenden Rad (Eisenbahnlasten) in Bauzuständen vorgegeben, die auch Bestandteil der ZiE waren.

Freigabe und Bauaufsicht durch das EBA

Durch den Bauherrn wurde dem EBA im Rahmen der Freigabe u.a. die Ausführungsunterlagen, sowie die Arbeits-, Einpressanweisung und Messkonzepte gemäß DS 804 (402/ 403) für die Erstellung der HDI-Säulen, der Dichtsohle, der Frostplatte, dem Einpressvorgang des Rahmens und dem Abbruch der Frostplatte zur bau- bzw. eisenbahntechnischen Prüfung vorgelegt. Hierbei wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, inwieweit die Vorgaben bzw. Nebenbestimmungen der ZiE in der Ausführungsplanung berücksichtigt wurden, um die Sicherheit des Eisenbahn-

betriebes stets zu gewährleisten. Auch wurden die Zwischenabnahmen festgelegt, die sich das EBA selber vorbehalten hat. Weiterhin wurde u.a. die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik (u.a. DS 804, RiL 836, RiL 821, RiL 824, DIN 4028, DIN 4093, Umweltschutz) geprüft. In diesem Zusammenhang wurde z.B. noch eine UiG für die Erstellung des HDI-Fächer nachgefordert. Im Rahmen der Bauaufsicht erfolgten, z.T. mit Unterstützung des Baugrundgutachters, die erforderlichen Zwischenabnahmen der protokollpflichtigen Arbeiten nach der Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau, Hochbau (BAU) (Stand 10.1998). Damit wurde abschnittsweise die fachgerechte Erstellung der Baubehelfe, die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik und daraus resultierend die Sicherheit des Bauverfahrens dokumentiert.

Baubehelfe / Bauverfahren

Dichte Baugrube

Spundwandverbau parallel zum Gleis

Beim Einbringen der Querspundwände entlang der Gleise wurden durch unerwartet hohe Rammwiderstände Hindernisse im Baugrund festgestellt. Durch Rammsondierungen im Gleisbereich und seitlich angesetzte Schürfungen wurde ein altes Sandstein-Brückenwiderlager mit Uferbe-

festigung des in den 70er Jahren um ca. 20 m nach Süden verlegten Walzbaches sowie ein alter Sandstein-Durchlass (Rechteckprofil) auf ganzer Länge der Durchpressstrecke geortet und deren Lage im Gleisbereich annähernd genau bestimmt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde eine Umplanung des Rahmens in seinen Abmessungen notwendig, da beim Durchpressen die Hindernisse „überfahren“ und mit beseitigt werden sollten.

HDI-Dichtschirm quer zum Gleis

Im Rahmen der Eignungsprüfung der HDI-Dichtsäulen nach DIN 4093 wurden neben dem Feldversuch auch die Herstellungsparameter überprüft. Die Schwierigkeiten lagen im räumlichen Nachweis des Prüfkörpers im Baugrund. Verfahren wie Georadar und Radiomagnetotellurik erwiesen sich hierbei als nicht brauchbar, so dass nunmehr nur das Freilegen des Prüfkörpers den visuellen Nachweis erbringen konnte. Damit konnte die Eignungsprüfung positiv abgeschlossen werden.

Für die Herstellung der HDI-Wände zur seitlichen Abdichtung der Durchpressstrecke unter den Gleisen gegen das hoch anstehende Grundwasser wurde im Zuge der Baufreigabe eine UiG eingeholt, nach deren Auflagen diese auch ausgeführt wurde. Danach durfte das Verfahren nur in natürlichen Zugpausen angewandt werden. Für die Baustelle wurde eine La-Stelle 70 km/h eingerichtet.

Von beiden Gleisseiten aus wurde durch den Subunternehmer, die Firma GKN Keller Renchen, mittels im Triplexverfahren hergestellter HDI-Dichtsäulen (Bodenverfestigung/HDI-Säulen nach DIN 4093) eine zweilagige, fächerförmige und z.T. gestaffelte Dichtwand während der Zugpausen im Baugrund erzeugt. Als Bohrgerät kam das Keller-Bohrgerät KB 3 zum Einsatz, die Misch- und Pumpstation bestand aus AKM und HAT 400 mit entsprechenden Vorratsbehältern. Die Soilcrete-Suspension bestand aus Wasser und dem Bindemittel Dorodur, die Produktionskontrollen erfolgten entsprechend der bauaufsichtlichen Zulassung Z-34.1-1. Die Herstellparameter jeder Soilcrete-Säule

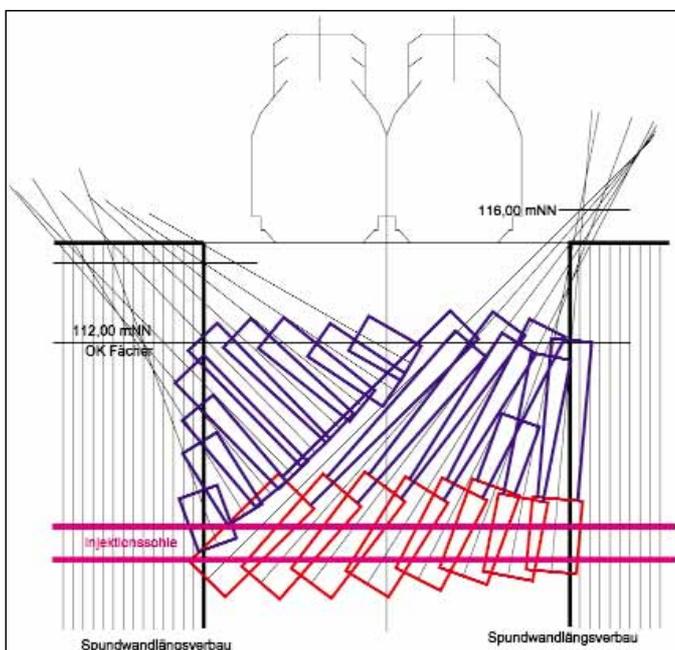
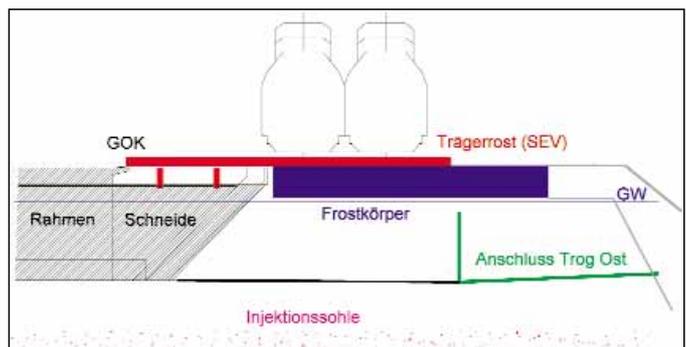


Abb. 2: Soilcretefächer unter dem Gleis
(Quelle: IBO)

Abb. 3: Querprofil mit Baubehelfe
(Quelle: IBO)



wurden mit einem M4-Schreiber am Bohrgerät aufgezeichnet. Über in-situ-Versuche neben der Baustelle wurde das Aufbruchverhalten des Bodens bei flacher Neigung von ca. 27° bei einer Deckung von nur 1,60 m unter SO geprüft. Dabei zeigte sich, dass beim Injektionsvorgang mit ca. 400 bis 600 bar mit „Ausbläsern“ und Hebungen der Gleise zu rechnen ist. Auf eine Gleissicherung durch Kleinhilfsbrücken konnte nach Vorlage eines Sachverständigengutachtens von Prof. Dr.-Ing. Katzenbach, TU Darmstadt, verzichtet werden.

Injektionssohle unter dem Gleis

Die tiefliegende Injektionssohle zur Abdichtung der gesamten Baugrube wurde unter einer Zementkappenlage mittels Wasserglas (Monosolverfahren) erstellt. Dafür wurden die Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Materialien mit der Grundwasseranalyse durch die untere Wasserrechtsbehörde bzw. den Sachbearbeiter für Umweltschutz des EBA abgeglichen.

Auf eine Grundsatz- bzw. Eignungsprüfung der Silikateinpressung in Lockergestein nach DIN 4093 konnte nach Zustimmung des Baugrundgutachters verzichtet werden. Für die Erstellung der Dichtsohle wurde eine ABI-Ramme 12/14300 mit 6, 8 und 10 m langen Lanzen verwendet. Die verschiedenen Lanzenlängen waren zum Erreichen der Injektionspunkte unter dem Gleiskörper vom Standort neben dem Gleis aus und der dadurch verschiedenen Neigungswinkel erforderlich. Die Injektionen wurden in der vorgesehenen Tiefe in einem definierten Raster ausgeführt. Dabei zeigte sich, dass die neuartige Gelverbindung instabil war und vom Grundwasser an die Oberfläche gedrückt wurde. Erst durch zusätzliches Nachinjizieren und anschließender Überprüfung der Restwassermenge in der Baugrube konnte deren Dichtigkeit mit einer Restwassermenge

von weniger als 2 l/s und 1.000 m² benetzter Fläche nachgewiesen werden.

Trägerrost für das SEV

Die Konzeption zur statischen Auflagerung des Gleisrostes wurde unter Einbeziehung der baupraktischen Erfahrungen der Vergangenheit in Abstimmung mit der Zentrale der DB AG aufgestellt.

Zur Auflagerung des Gleisrostes auf die Vershubträger im Baustellenbereich wurden je Gleis drei hintereinander gekoppelte verstärkte Kleinhilfsbrücken (Einzellänge KHBv 12,51 m, Gesamtlänge 37,60 m) eingebaut, wobei sich die mittlere KHBv zentrisch im Bereich der Vershubträger bzw. Frostplatte befand. Durch biegesteife Verlaschung der KHBv, Zwischenlagerung auf den Vershubträgern und Endauflager auf Breitschwellen wurde ein Durchlaufträgersystem geschaffen, das ausreichend über den Trägerrostbereich hinaus in den Regeloberbau des anschließenden Gleissystems einbindet und die Radsatzlasten sicher übertrug. Damit wurde auch der nichtstabilisierte Boden im Bereich der Vershubschneiden sicher überbrückt.

Zur Erstellung des Schwellenersatzträgersystems bzw. des Trägerrostes wurden anschließend die neun Vershubträger HE-400-B mit einer Länge von 15 m unter dem Gleisrost bzw. der KHBv eingezogen, die auf der Frostplatte mittels einer Mörtelschicht satt aufgelagert und isoliert wurden. Im Bereich der Startbaugrube wurde ein Horizontalverband erstellt, der an der Spundwand der Startbaugrube bzw. den Gleislängsverbau fixiert war und den Trägerrost bei der Durchpressung in Querrichtung stabilisierte.

Herstellung der Frostplatte

Die „Feste Fahrbahn Frostplatte“ (FFF) wurde aufgrund der angetroffenen Hindernisse im Bereich der Durchpressstrecke nur zwischen den Hindernissen ausgeführt. Die technische Ausrüstung dafür wurde durch

IAF 2003 
Stand 4 / 406



Langschienenablademaschine EMD



Schwellenverlegeaggregat PTV 895



Vierspindelschraubautomat T 2004



Anbaustopfaggregat MB8 AC

CEMAFER 
GLEISBAUMASCHINEN
UND -GERÄTE GMBH
Ihringer Landstraße 3
D-79206 BREISACH
TELEFON +49 7667 9059-0
TELEFAX +49 7667 9059-59

die Fa. Botec geliefert. Die Bodenstabilisierung zur Auflagerung des Schwellenersatzträgersystems erfolgte mittels einer biegesteifen Frostplatte mit den Abmessungen Länge 9,00 m, Breite 16,00 m und ca. 1,75 m Dicke aus gefrorenem Boden, die mit flüssigen Stickstoff gefroren wurde. Dazu wurden im Abstand von 1,25 m ca. 1,50 m unter SO die mantelverpressten Gefrierrohre eingebracht, deren Öffnungen durch die Spundwand in die Startbaugrube hineinreichten. Die FFF reichte auf der Zielbaugrubenseite ca. 10 m über den Gleisbereich hinaus, da dies aus statischen Gründen (Kippsicherheit) notwendig war. Im Bereich der Hindernisse wurden die Verkehrslasten durch die Hindernisse hindurch in den tragfähigen Untergrund abgetragen. Die teilweisen hohlen Hindernisse wurden zuvor mit tragfähigem Material verfüllt. Das nördliche Hindernis erwies sich als nicht grundbruchsicher und wurde mit einem zusätzlichen Frostkörper von 1 m Höhe unterfüttert. Über den Hindernissen musste der bindige Boden gegen Magerbeton ausgetauscht werden, um die Auflagerung der Verschubträger verformungsfrei zu gewährleisten.

Für die FFF waren durch den Fachplaner für die Vereisung Frosthebungen von 2 bis 4 cm aufgrund der unregelmäßigen Untergrundverhältnisse prognostiziert. Es zeigten sich in der Ausführung maximale Frost-

hebungen im Bereich der mittleren KHBv von 3,5 bis 4,3 cm, also im üblichen Schwankungsbereich bei dieser Bauweise. Die langsam wachsenden Hebungen während der Auftrostungsphase von ca. vier Tagen wurden während des Aufbaues der Bodenvereisung durch Ausgleichsrampen (äußere KHBv) im angrenzenden Gleisbereich mit einer maximalen Neigung von 1:400 ausgeglichen. Weiterhin wurde die Sicherheit der Gleislage über die Verwindung kontrolliert. Nach sechs Tagen hatte der Frostkörper seine planmäßige Dicke erreicht. Anschließend wurde die Vereisungsanlage noch zwei Tage aus betrieblichen Gründen im Haltebetrieb gefahren, bevor die Durchpressung begann und der Rahmenblock mit den Schneiden an das Spundwandquerschott bewegt wurde.

Durchpressung

Zur Durchpressung wurden vier Hydraulikpressen mit jeweils 7500 kN Presskraft paarweise an den Pressenansatzpunkten des Rahmens zwischen Spundwandwiderlager an der Startbaugrube und dem Rahmenblock (Gesamtmasse 1500 Tonnen) eingebaut. Nachdem die Spundwandquerschotte mit Sauerstofflanzen im Bereich der Schneiden geöffnet wurden, erfolgte wechselseitig das Einpressen während natürlicher Zugpausen und Ab-

trennen der Spundwandteile im Schneidenbereich. Die Einpressgeschwindigkeit betrug ca. 3 bis 5 cm/ min, wobei je nach nutzbarer Zugpause Einzelhübe zwischen 30 und 60 cm getätigt wurden. Im Bereich der Zielbaugrube wurde der zur Verbreiterung der Frostplatte aufgeschüttete Erdwall durchfahren. Die Zielbaugrube war durch ein im Rampenbereich angeordnetes Spundwandquerschott wasserdicht ausgebildet und hatte eine gemeinsame Weichsole mit der Durchfahrungsstrecke. Als beide Schneiden vollständig im Baugrund eingepresst waren, wurde das Spundwandquerschott während des Einpressvorganges abschnittsweise ausgebaut.

Abbruch der Frostplatte

Der Abbruch der FFF wurde mittels Lockerungssprengen und Abmeißeln parallel zum Einpressvorgang geplant. Zur allgemeinen Sicherung der umliegenden Bebauung gegen Erschütterungen aus dem Baubetrieb wurden ein Gutachten eingeholt und die betroffenen Gebäude in einem Beweissicherungsverfahren erfasst. Die Sprenglöcher in der FFF wurden mittels eines Höchstdruckwasserstrahl von bis zu 1500 bar erstellt. Nachdem der eingebrachte Sprengstoff verdämmt worden war, wurden die Sprengstellen mittels Gummimatten abgedeckt. Anschließend erfolgten bei



DR.-ING ORTH GMBH

Ingenieurbüro für Bodenmechanik und Grundbau
Geführt im Verzeichnis der anerkannten Sachverständigen
für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht

Tiroler Straße 7 Tel.: 0721 / 400 89 - 0
76227 Karlsruhe Fax: 0721 / 400 89 - 22 info@orth-ingenieure.de

- Beratung bei Bodenvereisungen
- Baugrunduntersuchung
- Gründungsberatung
- Erdbauüberwachung
- Altlastenuntersuchung
- Rückbaukonzepte

Sonder-Reinigungstechnik für Tunnelentwässerung



Sonderspülgerät für beengte Verhältnisse wie in ICE-Tunnels, S- und U-Bahn-Tunnels, Fabrikhallen etc..

Mit Wasserrückgewinnung und Rohr-TV bis 400 mm Ø, Leistungsdaten 280 l/min, 220 bar, Baumaße 1,15 m breit, 2,20 m hoch, 6,00 m lang und Selbstfahrend.

So leistungsfähig wie ein großer 3-achsiger Saug- und Spülwagen. Kein Auf- und Abrüsten. Sofortiger Arbeitsbeginn, wenn Gerät vor Ort.

AUV Haas
SYSTEMHAUS für ganzheitliche
Rohr- und Kanalunterhaltung

Stuttgart ☎ 0711 - 955 950 - 0



Abb. 5: Ortsbrust beim Einpressen mit Abbau der Frostplatte
(Quelle: Botec)

Abb. 4: Gesamtansicht der Baustelle
(Quelle: Volk)

gesperrtem Gleis die Sprengung und der Abbruch des gefrorenen Bodens. Sämtliche Arbeiten verliefen problemlos. Die Erschütterungen durch Lockerungssprengungen blieben durchweg unter den Anhaltswerten der DIN 4150, Teil 3 und wurden durch einen Sprengsachverständigen kontrolliert. Risse an der vorhandenen Bebauung traten durch die Sprengarbeiten nicht auf.



Besuchen Sie uns
auf der iaf in Münster
13.-15.Mai 2003
Halle 2, Stand 202 B




Das **Ingenieurbüro Vössing** gehört zu den führenden Consulting-Unternehmen im Bereich des Bau- und Verkehrswesens. Die Kernkompetenzen liegen in den Bereichen: Projektmanagement, Verkehrsplanung, Verkehrsuntersuchung, Vermessung, Konstruktiver Ingenieurbau, Tunnelbau, Hochbau/Architektur, Ausrüstung Bahn und Bauüberwachung.

Alle Leistungen werden sowohl als Generalplaner für Gesamtgewerke aber auch als Fachplaner für Einzelgewerke angeboten und qualitätsgerecht abgewickelt.

Unsere Niederlassungen sind in Berlin, Bochum, Dresden, Düsseldorf, Duisburg, Erfurt, Frankfurt, Halle, Hamburg, Hannover, Kassel, Köln, München, Nürnberg, Stuttgart und Bern (Schweiz).

Wir sind auch in Ihrer Nähe; was können wir für Sie tun?

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH
 Brunnenstraße 29-31 40223 Düsseldorf
 Telefon: 0211 9054-5 Fax: 0211 9054-619
 Internet: www.voessing.de
 E-Mail: duesseldorf@voessing.de

Geotechnische Begleitung durch Baugrundgutachter

Die Herstellung der Injektionssohle und das Einbringen des Spundwandlängsverbaus wurden anhand routinemäßiger Baustellenbesuche mit Sichtung der Herstellungsprotokolle überwacht.

Zur Herstellung des HDI-Fächers wurde vorab eine unter 50° geneigte Probesäule mit Durchmesser 150 cm im unteren und 120 cm im oberen Profilabschnitt ausgeführt. Hierbei wurden die Herstellungsparameter über einen am Bagger installierten M4 – Schreiber erfasst, wobei Suspensionsmengen, -druck und Ziehgeschwindigkeit bei $d = 120$ cm und $d = 150$ cm dokumentiert wurden. Zusätzlich wurde mit der Spülungswaage die Suspensionswichte im Vor- und Rücklauf überwacht. Der in-situ erzielte Säulendurchmesser wurde über eine Kernbohrung nachgewiesen.

Mit den Erkenntnissen aus der Probesäule wurden der zweilagige HDI-Fächer ausgeführt. Neben den Suspensionswichtenbestimmungen wurde von jeder Säule ein Herstellungsprotokoll aufgezeichnet. Bei Druckerausfall mussten die HDI-Arbeiten unterbrochen werden. Jedes Protokoll wurde durch den Gutachter zur Vorbereitung der Abnahme anerkannt. Ergaben sich aus den Protokollen infolge unregelmäßiger Ziehgeschwindigkeiten (Stopfer,...) und/oder Suspensionsdrücke Bedenken hinsichtlich der Säulengeometrie, wurden zusätzliche „Füll“-Säulen ausgeführt.

Die Entwicklung des Frostkörpers wurde durch den Fachgutachter für die Vereisung laufend überprüft und mit den Prognosewerten verglichen. Nach Erreichen der erforderlichen Frostkörperdicke sowie der erforderlichen Temperaturen wurde die Frostplatte für ihre Verwendung als tragendes Bauteil freigegeben. Während der gesamten Betriebszeit wurden die Mächtigkeit und Temperaturen des Frostkörpers laufend durch Temperaturmessungen über-

wacht. Die Messwerte dienten gleichzeitig als Entscheidungsgrundlage für die Steuerung der Kälteleistung.

Im Zuge der Frostkörperüberwachung wurden ferner das Anwachsen der Frosthebungen im Zusammenhang mit der Frostkörperdicke permanent überprüft, woraus bereits nach einem frühen Stadium der Frostkörpererstellung Prognosen über die zu erwartenden Maximalfrosthebungen erstellt werden konnten. Damit konnten die erforderlichen Maßnahmen der Oberbaukolonnen vorab geplant und koordiniert werden. Die Gesamtabnahme der dichten Baugrube erfolgte über den Nachweis der Leckwasserrate, welche über Absenkbrunnen innerhalb der Baugrube nachgewiesen wurde. Die zulässige Leckwasserrate wurde in allen Baugrubenabschnitten deutlich unterschritten.

Überwachung der Gleislage

In den für die Gleislage relevanten Phasen der Bauarbeiten bzw. nach Erstellung des Trägerrostes wurde die La-Stelle mit 70 km/h eingerichtet. Zur steten Gewährleistung des sicheren Eisenbahnbetriebes bzw. der Gleislage nach RIL 821 wurde durch das EBA sehr großen Wert auf ein aussagefähiges Mess- bzw. Kontrollprogramm für alle Maßnahmen am bzw. unter dem Gleis gelegt, damit zu keinem Zeitpunkt eine Gefährdung gegeben ist. Speziell waren es die Bauzustände für die Erstellung der HDI-Säulen, der Herstellung der FFF, der Durchpressung des Rahmenblockes und dem Abbruch der Frostplatte. Deshalb wurde nach Auflage in der Baufreigabe für die Ausführungsunterlagen ein ständiges Messsystem mit gekoppeltem optisch- und akustischem Warnsystem installiert und zusätzlich die Sichtprüfung des Gleises bzw. der Gleislage permanent durchgeführt. Wichtig war auch bei der Erstellung des HDI-Fächers die Beobachtungszeit wegen möglicher Bodenbewegungen bis 30 Minuten nach

der Beendigung der Säulenerstellung zu erweitern. Während der Erstellung der HDI-Dichtsäulen und der FFF bzw. während der Durchpressung erwies es sich, dass die Gleislage messtechnisch mit einfachen Mitteln nur schwer zu kontrollieren und die Einhaltung der Rampenneigung von 1:400 nur schwer beherrschbar ist. Die Überwachung der Gleislage wurde nunmehr an den Grenzwerten der Verwindungskurve nach RIL 821.2001 „Oberbau inspizieren“ Abb. 5 geregelt. Maßgebend für den Grenzwert (SRLim) war die Verwindungskurve 3, die eine Verwindung bis zu 7 ‰ zulässt. Als Schwellwert (SR100m) war die Verwindungskurve 1 mit 3,5 ‰ gegeben. Damit ergab sich in Abstimmung mit dem Eisenbahn-Bundesamt eine einfachere und praktikablere Lösung für die messtechnische Überwachung der Gleislage und damit der steten Gewährleistung der Betriebssicherheit. Für die Baufirma bzw. den Bauherrn wurde damit auch ein wirtschaftliches Risiko weitgehend ausgeschlossen.

Vor Beginn der Arbeiten wurde ein Messsystem mit einem Raster von 4 bzw. 5 m in Gleislängsrichtung je Schiene aufgebaut. Nachdem sich eine Messwerterfassung mit Laser auf Grund der Erschütterungen an der Schiene als nicht bahnhofest erwies, erfolgte diese permanent mittels eines Barcodemesssystems der Fa. Intermetric. Dabei wurde computergesteuert gleichzeitig die Messwerterfassung und optische Auswertung am Bildschirm mit einem Warnsystem gekoppelt, welches eine Schwell- bzw. Grenzwertüberschreitung (3,5 bzw. 7 ‰) akustisch und optisch signalisieren konnte. Der Grenzwert von 7 ‰ stellte sich bei der Erstellung der Frostplatte mehrmals ein, während des Einpressens des Rahmens und dem Ab Sprengen der Frostplatte wurde der Grenzwert ebenfalls kurzfristig oft tangiert. Zweimal wurde der Grenzwert sogar überschritten, wobei sofort das Gleis gesperrt und die Gleislage korrigiert wurde.

Vergleichende Betrachtung konventioneller Bauweise/FFF

Das Bauen unter Betrieb, speziell unter dem „rollenden Rad“, erfordert in den Bau- behelfszuständen besondere Beachtung. Die Ausführung aller Maßnahmen mittels des Verfahrens FFF erfolgte weitgehend außerhalb des Regellichtraumprofils bzw. unter Beachtung des Gefahrenbereiches von der Seite aus und in natürlichen Zug- pausen, um den Bahnbetrieb so wenig wie möglich zu behindern.

Das konventionelle Durchpressen bzw. Einschieben unter Hilfsbrücken erfordert unter Beachtung der Bauhöhe und Durchbiegung einen größeren Abstand zur Bauwerksoberkante und Gewährleis- tet damit nicht die reguläre Konstruktio- onshöhe des Schienenoberbaus. Die herkömmliche Auflagerung der Ver- schubträger im SEV mittels Holzpfähle bzw. Stahlprofile wiederum verursacht längere Sperrpausen und stellt zugleich eine nicht geringe Beeinträchtigung der Betriebssicherheit dar.

Die Bauzeit des Verfahrens FFF in Wein- garten betrug sechs Tage für die Erstel- lung der Frostplatte und sieben Tage für die Durchpressung mit Abbruch der Frost- platte. Der Eisenbahnbetrieb wurde insge- samt nur 13 Tage mit einer La-Stelle 70 km/h beeinträchtigt. Bei entsprechender technischer Gestaltung ist sogar eine La- Stelle mit 120 km/h möglich.

Zusammenfassung

Die DS 804 schreibt im Absatz 284 vor, dass das anzuwendende Bauverfahren fol- gende Bedingungen erfüllen muss:

- keine Beeinträchtigung der Sicherheit des Eisenbahnbetriebes,
- geringe Störungen des Eisenbahnbetrie- bes und
- Wirtschaftlichkeit.

Diese Bedingungen werden durch ein komplexes Messprogramm, die weitge- hende Ausführung der Bauarbeiten außer- halb des Gefahrenbereiches und mit einer relativ kurzen Bauzeit, d.h. geringsten Be- triebserschwerernskosten, erfüllt. Mit seiner hohen, zähelastischen Tragfähigkeit ge- währt die FFF:

- eine gute Gleislagestabilität und Fahr- dynamik während der Durchpressphase,
- die Gewährleistung des erforderlichen Fahrkomforts und
- eine kontrollierte Bodenstabilität der Ortbrust beim Bodenabbau.

Aus der Sicht des Unfall- und Gesund- heitsschutzes garantiert die FFF:

- eine hohe Betriebssicherheit für den Bahnbetrieb und
- ein geringes Unfallrisiko auf der Bau- stelle.

Zusätzliche wirtschaftliche Vorteile erge- ben sich aus der FFF:

- geringe Fahrzeitverluste durch eine La- Stelle von 70 km/h,
- nur kurzzeitige baubetriebliche Eingriffe (Sperrzeiten) in den Bahnbetrieb und
- mögliche Geschwindigkeitserhöhung künftig auf bis zu 120 km/h.

Auch unter Umweltgesichtspunkten ist das Vereisen mit flüssigem Stickstoff güns- tig zu bewerten, es entweicht lediglich der aus der Atemluft entzogene natürliche Stickstoff wieder gasförmig in die Atmos- phäre. Der Boden bleibt in seinem natürli- chen Zustand.

Die aktuelle Ausgabe der Verwaltungs- vorschrift BAU des EBA (Ausgabe 12/2002) weist in § 6 (4) auf die Be- triebssicherheit bei Bauzuständen hin. Der Eingriff in den Bereich des Regellich- traumprofils, d.h. der Gleisbereich zwi- schen Fahrbahn und Fahrleitung, soll so gering wie möglich gehalten werden. Daher wird angeregt, dieses Verfahren FFF bei den gegebenen Voraussetzungen zielstrebig einzusetzen.

Angestrebt wird daher eine Vereinfachung des Genehmigungsverfahrens durch eine UiG unter den entsprechenden Auflagen bzw. die Anerkennung als bewährte Bau- weise für die Bodenvereisung in Kombina- tion mit dem SEV auf Grund der bishi- rigen erfolgreichen Einsätze und den daraus gewonnenen Erkenntnissen. Hier sollten in enger Zusammenarbeit zwischen EBA und DB AG neue Wege aufgezeigt werden. Die geotechnischen Voraussetzungen für das Bauverfahren FFF werden von allen nichtbindigen und/oder bindigen Böden

mit natürlichen Wassergehalten von mindestens 5 Prozent auch unabhängig vom Grundwasserstand erreicht, nötigen- falls kann der Wassergehalt durch Bewäs- serung erhöht werden.

Summary / Résumé

Slab track frost plate

At the edge of Weingarten (Baden) there is a level crossing where a local road crosses the busy Heidelberg-Karlsruhe main line. In compli- ance with railway crossings legislation, an over- bridge was built. The geological conditions and the very short headway times on the heavily used railway line had to be given special atten- tion in the project planning and implementa- tion. One result of this was the creation of a rigid plate of frozen ground using nitrogen freezing as load bearer for the traversing car- riers. This was the sixth time that technique was successfully applied.

Dalle de terre gelée pour l'enfoncement d'un cadre sous la voie

A l'entrée de Weingarten (Bade), une route de liaison locale traversait la grande ligne très fré- quentée entre Heidelberg et Karlsruhe. Dans le cadre de la réalisation d'une mesure prévue par la loi sur les croisements à niveau, l'on a créé un passage routier souterrain. Les conditions géologiques ainsi que la circulation ferroviaire très dense avec peu d'intervalles disponibles ont nécessité une prise en considération parti- culière lors de la planification du projet et de l'exécution. C'est ainsi que les supports des en- gins de pousse ont été placés sur une dalle de terre rigidifiée par congélation azotique. Ce procédé a été utilisé, ici, pour la sixième fois avec succès.

AUTECH

Das Unternehmen für Schienenunterhaltmaschinen

Autech AG
Wiesenweg 36
CH-5102 Rapperswil
Telefon +41 (0)62 897 02 84
Telefax +41 (0)62 897 02 81
info@autech.ch
www.autech.ch

- Elektrische Riffelschleifmaschinen
- 2-Wege-Schienenschleiffahrzeuge
- Schienenschweissmaschinen
- Schienenmessgeräte
- Schienenkopf-Reinigungsmaschinen



Wir sehen uns an der IAF in Münster in der Messehalle Mitte (1) am Stand Nr. 1/111 vom 13.05. – 15.05.2003