Projekt Stuttgart 21 PFA 1.5 Los 4 Süd, Wolframstraße: Einsatz moderner Bohr- und Sprengtechnik zum Abbruch einer massiven Betonbodenplatte in einem S-Bahntunnel am Stuttgarter Bahnhof unter laufenden Betriebsbedingungen.

Guido Alexander Schmücker
Engineering Service Schmücker

Rainer Kraile
ARGE Tunnel Wolframstraße (August Reiners Bauunternehmung GmbH)

Jens Rapp
Lothar Rapp GmbH Bohr- und Sprengunternehmen

1 Einleitung

Das Projekt Stuttgart 21 ist die komplette Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart. Das Gemeinschaftsprojekt wurde 2009 mit dem Finanzierungsvertrag von Bund, Land Baden-Württemberg, Landeshauptstadt Stuttgart, Verband Region Stuttgart, Flughafen Stuttgart GmbH und der Deutschen Bahn beschlossen.

Im Rahmen des Großprojektes Stuttgart 21, bei dem die Umwandlung des bestehenden 17-gleisigen Kopfbahnhofes in Stuttgart in einen 8-gleisigen tiefer liegenden Durchgangsbahnhof für den Fern- und Regionalverkehr geplant ist, wird der Hauptbahnhof gegenüber seine heutigen Lage um circa 90 Grad gedreht. Der neue Hauptbahnhof sowie die S-Bahn werden durch unterirdische Zulaufstrecken aus Richtung Feuerbach, Bad Cannstatt, Ober- und Untertürkheim und der Filderebene angebunden. Die darunter liegende zweigleisige S-Bahn-Station soll erhalten bleiben und von Norden über eine neue unterirdische Strecke erschlossen werden.

Zentrales Bauwerk des Projekts ist der künftige Hauptbahnhof. Sein vom Büro ingenhoven architects entworfenes Dach besteht aus 28 Kelchstützen — eine noch nie gebaute Betonschalenkonstruktion. Darüber hinaus wird der Bahnknoten Stuttgart in einem deutschlandweiten Pilotprojekt vollständig mit digitaler Leit- und Sicherungstechnik ausgerüstet.

Stuttgart 21 trägt dazu bei, die Reisezeiten im Fern- und im Regionalverkehr erheblich zu verkürzen, schließt den Flughafen an die Fernbahn an und verlagert so Verkehr von der Straße auf die Schiene. Über zehn Millionen Fahrgäste im Fernverkehr in ganz Deutschland sollen jährlich vom Ausbau des Bahnknotens Stuttgart in Verbindung mit der sich anschließenden Neubaustrecke Wendlingen-Ulm profitieren. Zudem ermöglicht Stuttgart 21 die Realisierung des Deutschlandtakts im Südwesten.

Dank Stuttgart 21 werden überdies auf bisherigen Gleisflächen im Herzen der Landeshauptstadt 100 Hektar Fläche frei für die künftige städtebauliche Entwicklung.

Der Planfeststellungsabschnitt 1.5 selbst ist Teil des Großprojektes Stuttgart 21 und umfasst das Dreieck zwischen dem Bahnhof in Feuerbach, dem Bahnhof in Stuttgart Bad Cannstatt und der Einfahrt in den Hauptbahnhof. Im Planfeststellungsabschnitt 1.5 wird die neue Streckenführung durch die S-Bahneinführung von der Übergabestrecke des Los 4 Nord „Engstelle“ bis zur Anbindung an den Bestandstunnel vor dem Hauptbahnhof durch das Los 4 Süd (Hauptbahnhof bis Wolframstraße) realisiert. Ziel der geplanten Maßnahme ist die Verlegung der derzeit offen im Gleisvorfeld verlaufenden S-Bahn in eine unterirdische Führung im Tunnel. So entsteht auf einer Länge von circa 500 m ein neuer zweigleisiger S-Bahntunnel, welcher teilweise in einen vorhandenen Rechtecktunnel eingebaut wird.

Dabei soll der Betrieb der S-Bahn durchgehend aufrechterhalten werden. Los 4 Süd schließt nach Fertigstellung an den bereits hergestellten Teilabschnitt an und stellt damit einen durchgängig befahrbaren Tunnel für die S-Bahn her, welcher den Bestandstunnel mit dem fertiggestellten Los 4 Nord verbindet. Die Lage der Einzellose ist Abbildung 1 und Abbildung 2 zu entnehmen.

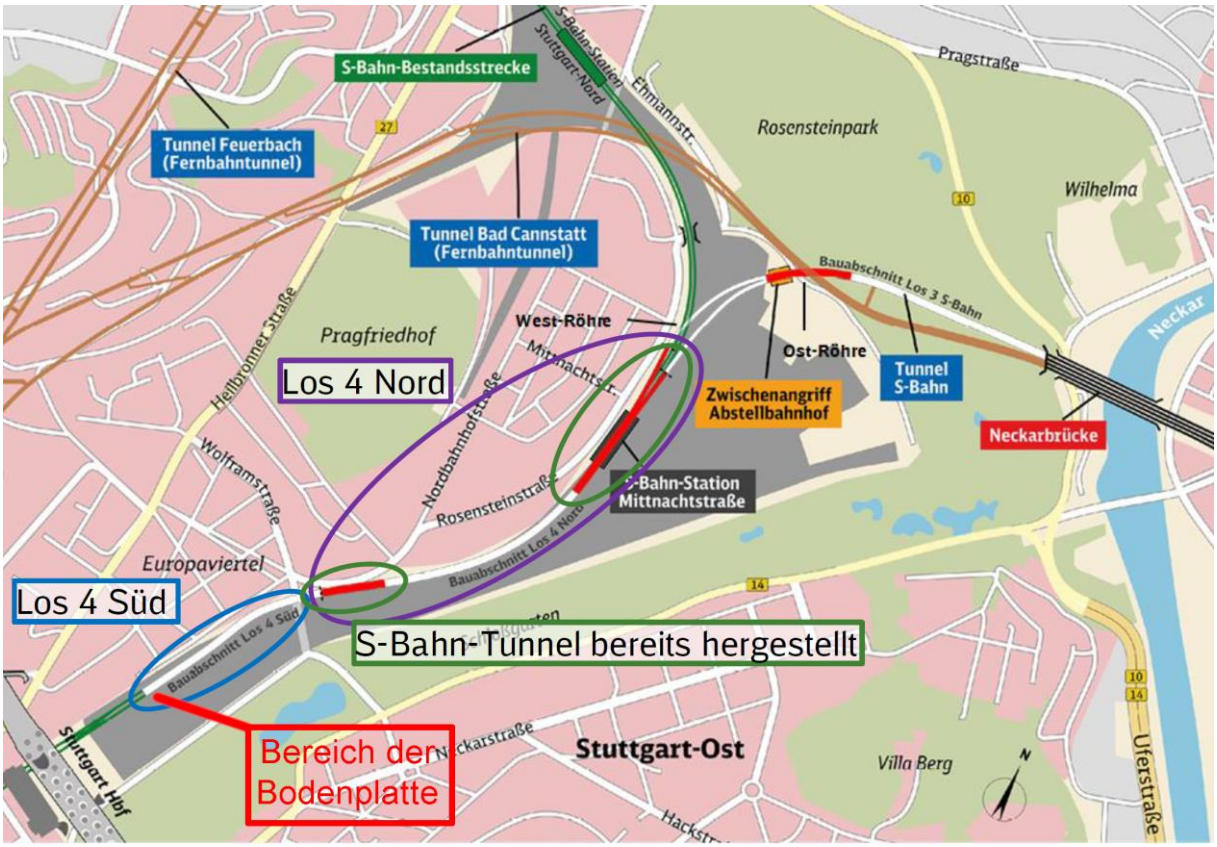

Abbildung 1: Übersicht der Einzellose [DB]

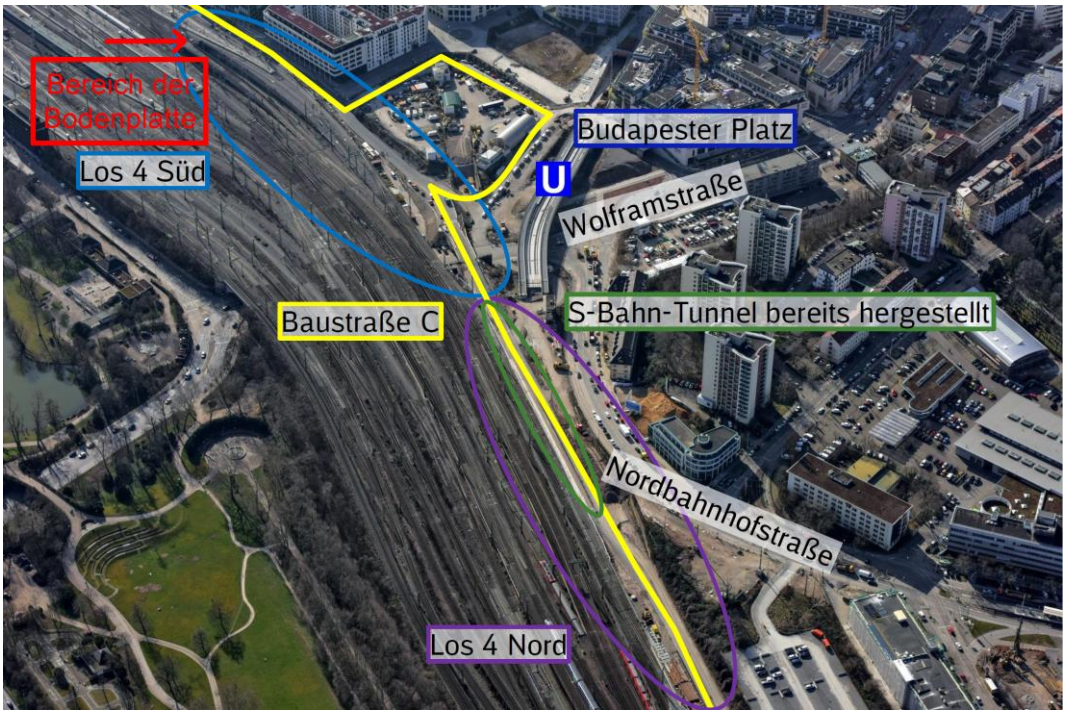

Abbildung 2: Lage der Einzellose in der Detailansicht

Die ARGE Tunnel Wolframstraße wurde durch die DB Netz AG (vertreten durch die DB PSU) beauftragt, die Bauleistung im Los 4 Süd zu erbringen. Unter anderem ist damit der Teilabbruch des bestehenden S-Bahntunnels für den Anschluss an den neu zu bauenden S-Bahntunnel verbunden.

2 Aufgabenstellung

Ziel ist somit ein Neubau der Rampe mit einer Tieferlegung um bis zu circa 4 m (am Block 9) im Portalbereich. (Abbildung 3)

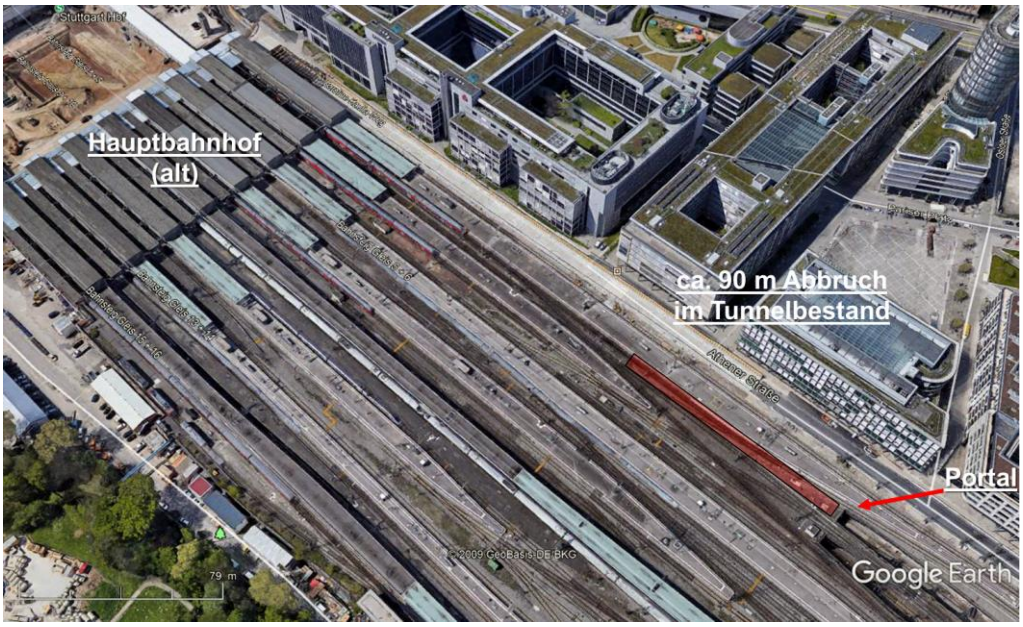

Abbildung 3: Lage der Abbruchstrecke in der Detailansicht (Draufsicht)

Aus geologischen Gründen (Untergrund zum Beispiel aus Gips) war eine Erstellung des S-Bahntunnels mittels bergmännischer Bauweise nicht möglich war, so dass diese aufwendigere Variante umgesetzt werden musste.

Erforderlich waren dazu diverse Abbrucharbeiten des Bestandtunnels (Nordrampe), unter anderem Abbruch der Wände und Stützen sowie der circa 1,2 - 1,3 m mächtigen Bodenplatte aus stark bewehrten Beton über insgesamt neun Blöcke (circa 90 m) beginnend am Portal. Abbildung 4 verdeutlicht die Abrissmaßnahme im Querschnitt, wobei die Wandbereiche und die Sohlplatte schraffiert unterlegt dargestellt sind.

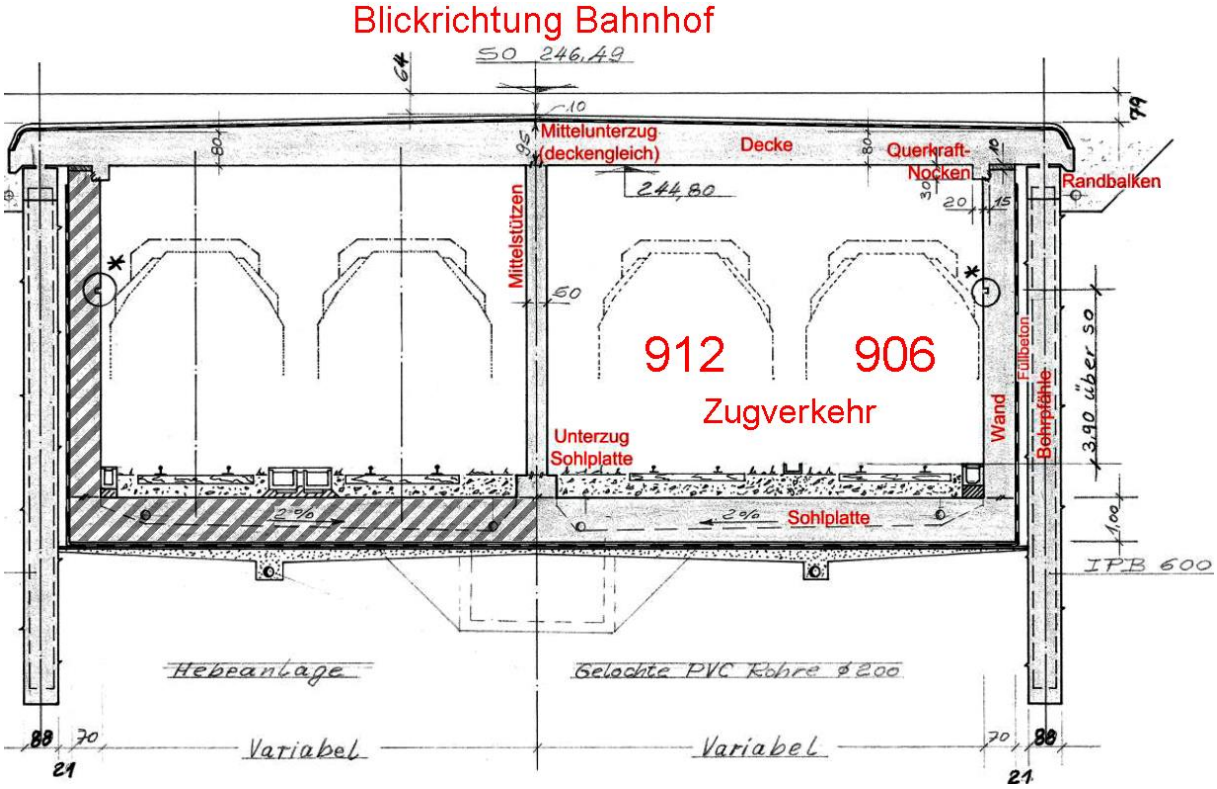

Abbildung 4: Schnittdarstellung der notwendigen Abrissmaßnahmen (schraffiert dargestellt) [Bericht Bautechnische Nachweise ILF]

Die Abbruch- und Bauarbeiten zum neuen Tunnel mussten bei laufendem Zugverkehr der S-Bahnzüge unmittelbar neben dem Tunnel und der DB-Züge direkt oberhalb des Bauwerks erfolgen. Daher stand zum einen die Unversehrtheit der Statik des Gesamtbauwerks und zum anderen die der benachbarten Gleisanlagen im Vordergrund.

Da die Bodenplatte statisch mit der Bodenplatte der in Betrieb bleibenden Südrampe (Gleis 912, Gleis 906) verbunden war, musste der Rückbau sorgfältig geplant werden. Dazu wurden im Vorfeld mehrere Verfahren untersucht, wie mechanischer Abriss mit Hydraulikmeißeln, Schneiden, hydraulisch Spalten und/oder mit Auflockerungssprengungen lösen und dann mit einem geeigneten Bagger ausräumen.

3 Ausführung

Der Rückbau mit mechanischen Lösemethoden (zum Beispiel Hydraulikmeißel) wurde als schwierig und sehr zeitintensiv, verbunden mit hoher Lärm- und gegebenenfalls hoher Erschütterungsbelastung (unter Umständen Dauererschütterungen) und letztendlich als nicht praktikabel und umsetzbar beurteilt. Dieses auch, da die sehr beengten Platzverhältnisse durch das Einbringen von Stahlstützen, Traggerüst und blockweise eingebrachten Steifen nicht für jede Maschinentechnik geeignet waren.

Aufgrund der sehr positiven Erfahrungen in Stuttgart mit dem Einsatz moderner Bohr- und Sprengtechnik zum Abriss von stark bewehrten Betonbodenplatten und Fundamenten, wurde dem Auftraggeber ein Konzept verbunden mit einem Spreng- und immissionstechnischen Gutachten von Engineering Service Schmücker vorgelegt, das die Verwendung von Lockerungssprengungen und die Immissionsauswirkungen auf die schützenswerten Objekte im Nahfeld ausführlich beschreibt.

Nach Prüfung durch die Verantwortlichen der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH und deren Sachverständige (unter anderem Prof. Keuser / Bung GmbH und Hellmann / Sachverständigen Büro Hellmann) wurde die Entscheidung zum Einsatz von Lockerungssprengungen als Lösemethode für die Sohlplatte getroffen.

Da in der stark bewehrten Sohlplatte sowohl eine asbesthaltige Abdichtungsschicht als auch schützenswerte Gussrammpfähle in engem Raster vorhanden waren, konnte keine Standardsprengtechnik zum Einsatz kommen. Mit der zusätzlichen Beauftragung der Lothar Rapp GmbH Bohr- und Sprengunternehmen wurde die zwingend einzuhaltende Anforderung zum Einsatz der computerunterstützen Sprengplanung verbunden mit dem Einmessen der Bohrlochansatzpunkte im Tunnel umgesetzt.

Das notwendige Erschütterungsmonitoring für die Beurteilung der Immissionen verursacht durch die Lockerungssprengungen diente zum einen zur Beurteilung der eingesetzten Sprengtechnik und der Einhaltung der festgelegten Anhalts- beziehungsweise Immissionswerte und zum anderen als weitere Beweissicherung zu den bereits durchgeführten Lagemessungen am Bauwerk. Mit Hilfe des Schutzkonzeptes konnten Belastungen von gefährlichen dynamischen Beeinflussungen auf das Bauwerk beziehungsweise die Gleise verursacht durch das Bohren und Sprengen geeignet beurteilt werden und gegebenenfalls Maßnahmen für den jeweils nächsten Sprengabschnitt getroffen werden.

Bei allen Überlegen wurde berücksichtigt, dass bereits das Einrammen der Gussrammpfähle dynamische Belastungen auf die schützenswerten Objekte ausgeübt hat.

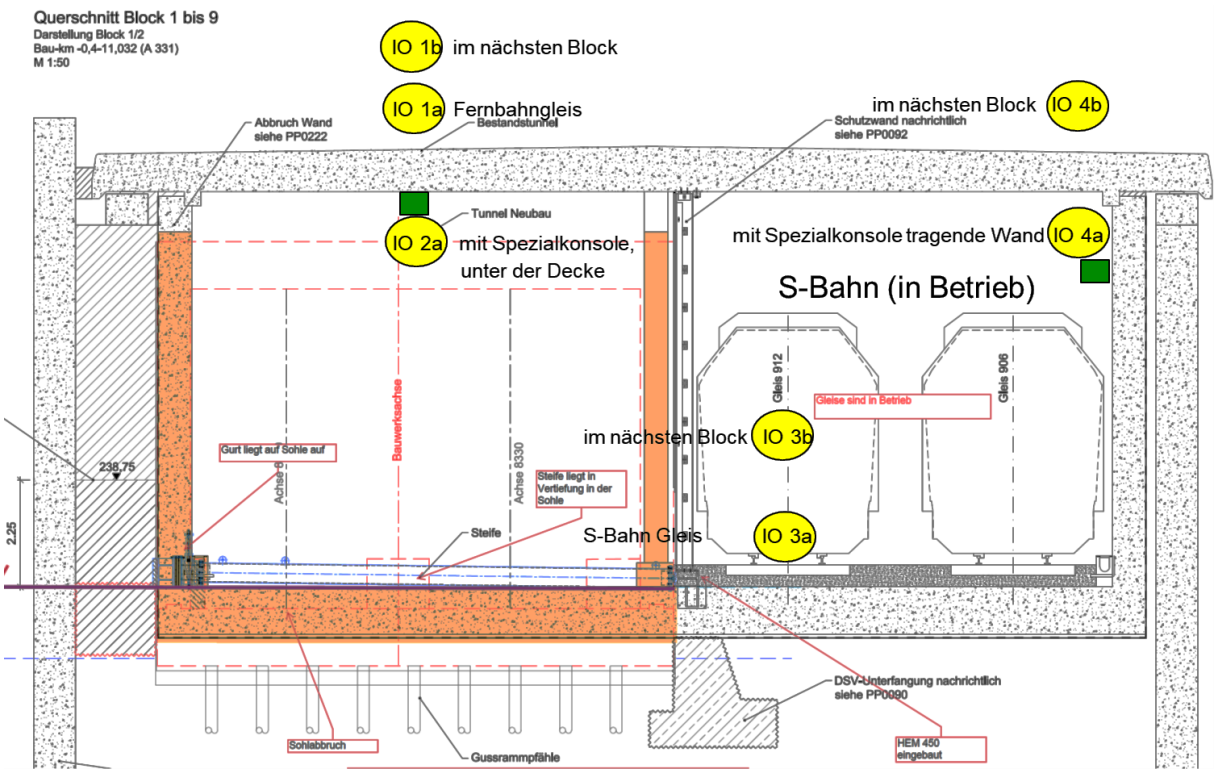

Abbildung 5: Positionen der Messorte gemäß Schutzkonzept

Wie in der Abbildung 5 dargestellt, wurden mehrere Immissionsorte mit modernen digitalen Erschütterungsmessgeräten vom Typ Menhir (Semex-Engcon) instrumentiert und die Online-Verbindung mit der Datencloud Smart-Data-Center hergestellt. Der Bestandstunnel selbst, der parallel verlaufende S-Bahn-Tunnel mit den Gleisanlagen sowie die oberhalb des Bestandstunnels befindlichen Gleise der Fernbahn standen bei dem Monitoring im Focus.

Bei jeder Sprengung waren somit jeweils sieben Immissionsorte mit einem Schwingungsmessgerät instrumentiert. In Anlehnung an die Norm DIN 4150 Teil 3 waren die Immissionsorte in die drei Kategorien Bahnschwelle, aufsteigendes Mauerwerk und Deckenebene unterteilt.

Nach den Vorgaben des Spreng- und immissionstechnischen Gutachtens wurde die Sprengplanung für jeden Block — aufgeteilt in jeweils drei Teilsprengungen — computerunterstützt ausgearbeitet. Die verwendete Systematik ist in der Abbildung 6 dargestellt: Alle roten Bohrlöcher befanden sich entweder im Nahbereich der Steifen und wurden daher mit Neigung gebohrt oder aber nahe an den zwingend nicht zu beschädigenden Gussrammpfählen (Mindestabstand 0,485 m). Diese Bohrlöcher konnten nur mit Sprengschnur (Füllgewicht 100 g Nitropenta pro Meter) geladen werden.

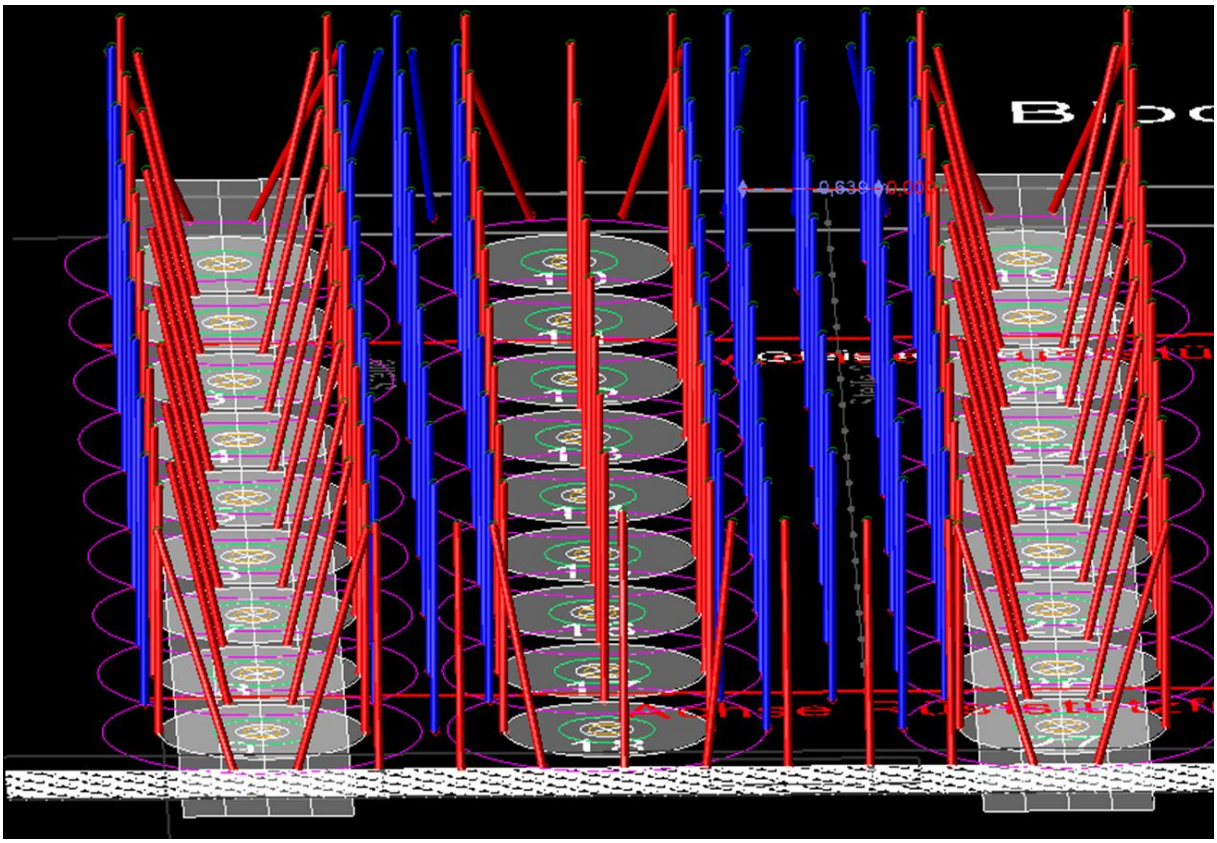

Abbildung 6: Computerunterstützte Sprengplanung

Die blauen Bohrlöcher waren bereits circa 0,75 m zu den Gussrammpfählen entfernt. Daher konnten hier 250 g-Patronen (gelatinöser Sprengstoff) geladen werden. Sofern über der Längsachse der Gussrammpfähle (senkrecht zur Gurtung) keine Steifen vorhanden waren, konnte zwischen die Gussrammpfähle ein Bohrloch gebohrt und ebenfalls mit Sprengschnur (Füllgewicht 100 g Nitropenta pro Meter) geladen werden (vergleiche zweite Reihe der Gussrammpfähle, Abbildung 6).

Mit dem anfänglich verwendeten nichtelektrischen Zündsystem mit Zündverzögerern in Kombination mit aufwendiger Sektorenzündung und später mit dem elektronischen Zündsystem, konnte sichergestellt werden, dass ausschließlich eine Bohrlochladung je Zündzeitstufe detoniert und somit alle festgelegten Anhalts- beziehungsweise Immissionswerte für Erschütterungen eingehalten wurden. Somit wurden auch keine Schäden an schützenswerten Objekten — verursacht durch die Sprengungen — festgestellt. Im Zeitraum Juni 2020 bis Januar 2022 wurden insgesamt 26 Sprengungen im Nachtzeitraum während Zugsperrpausen durchgeführt.

4 Schlussfolgerung

Trotz erheblichem Planungs- und Genehmigungsaufwand wurde mit der Bohr- und Sprengtechnik das am besten geeignetste Abbruchverfahren für die Sohlplatte ausgewählt. Abbildung 7 zeigt das sehr gute erzielte Sprengergebnis. Somit zeigt sich wieder einmal, dass es sich mit fachmännischer Planung und einem geeigneten und motivierten Team lohnt über Alternativen zu konventionellen mechanischen Abbruchmethoden nachzudenken und sich für deren Umsetzung einzusetzen. Besonders in Innenstadtbereichen werden heutzutage Immissionen durch die Anwendung von Sprengtechnik eher akzeptiert als dauerhafte Immissionen beispielsweise verursacht durch den Einsatz von Hydraulikmeißeln.

Abbildung 7: Sprengergebnis im Sprengfeld zwischen den Steifen

Dieser Beitrag wurde mit freundlicher Unterstützung der DB Netze AG erarbeitet.

Dieses ist ein Auszug aus:

Bohr- und Sprengtechnisches Kolloquium 2023

Langefeld, O.; *Tudeshki*, H. (Hrsg.):
Bohr- und Sprengtechnik
23. Kolloquium, TU Clausthal,
1. und 2. Februar 2023

© Papierflieger Verlag GmbH, Clausthal-Zellerfeld, 2023

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, Clausthal-Zellerfeld, 2023

ISBN 978 3 86948 904 9

© 2023 bei den Autoren der Beiträge. Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich. Der Herausgeber übernimmt keine Verantwortung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

Guido Alexander Schmücker
guido.schmuecker@es-schmuecker.eu

Engineering Service Schmücker
Kreuzgasse 1
7307 Jenins
Schweiz

Rainer Kraile
rainer.kraile@hegemann-reiners.de

ARGE Tunnel Wolframstraße
August Reiners Bauunternehmung GmbH
Frankfurter Ring 213
80807 München

Jens Rapp
jens.rapp@lothar-rapp.de

Lothar Rapp GmbH
Bohr- und Sprengunternehmen
Hinter der Ziegelhütte 7
71665 Vaihingen/Enz-Horrheim