



DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Euro 32,60 | Februar 2024

2|24

Konstruktiver Ingenieurbau –
Eröffnung des Technologieparks
für Bahntechnik in Mühl Dorf

Geoinformatik –
Messwertgestützte Überwachung
der Filstalbrücken

LiDAR-Technologie –
Automatisierte 3D-Vermessung
für digitale Zwillinge

Geotechnik –
Mit Mikropfählen eine
Holzpfahlgründung ertüchtigen

SFS Wendlingen – Ulm –
Erste Bilanz nach
einem Jahr (ETCS-) Betrieb

VDEI

**Kongress BIM
in der Infrastruktur
Verkehr & Energie**
04.-05. März 2024
in Dresden

HERAUSGEBER
VERBAND DEUTSCHER
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

VDEI

Langenthal: Bau einer neuen Stadtverbindung unter Bahnbetrieb

Herausforderungen bei der Planung und dem Bau einer neuen Personen- und Fahrradunterführung sowie eines direkt angrenzenden Hochwasserkanals



Abb. 1: Visualisierung der geplanten Unterführung

Quelle: SBB AG

FABIAN NAUER | SVEN ISABO

Der Bahnhof (Bf) Langenthal erhält ein neues Gesicht und rückt ins Zentrum der Stadt. Die bestehende Unterführung und der Hochwasserkanal (HWK) werden abgebrochen, und es wird eine neue großzügige Personen- und Fahrradverbindung sowie ein neuer HWK unter laufendem Bahnbetrieb gebaut. Dazu sind aufwendige Hilfsbrückenkonstruktionen und Baugrubensicherungen notwendig, welche mit der BIM-Methode (Building Information Modeling) geplant werden. Auch die Publikumsanlagen wie der Mittelbahnsteig werden barrierefrei um- und ausgebaut sowie auf den neuesten Stand der Technik gebracht.

Überblick über das geplante Projekt

Der Bahnhof rückt ins Zentrum der Stadt
Die Stadt Langenthal spricht beim Umbau des Bf von einem Jahrhundertprojekt. Jahrhun-

dertprojekt wohl auch deshalb, weil damit der letzte „Makel“, welcher der 1856 eröffnete Bf der damaligen Centralbahn für die Langenthaler war, so besagt es jedenfalls die Stadtchronik, behoben wird. Der damals außerhalb des „Dorfzentrums“ gelegene Bf rückt mit dem Bau der neuen großzügig angelegten Personen- und Fahrradverbindung definitiv näher ins Zentrum der Stadt und verbindet dessen Quartiere.

Der Bf verbindet aber auch die Langenthaler auf der Linie Bern–Olten, Wolhusen–Huttwil–Langenthal und Solothurn–Langenthal mit dem Rest der Schweiz. Der Bf wird neben der SBB AG auch von der Bern Lötschberg Simplon Bahn (BLS), Südostbahn (SOB) und Aare Seeland mobil (ASM) angefahren.

Die neue Personen- und Fahrradverbindung mit einer Breite von bis zu 14,7 m und einer Länge von rund 115 m wird als 3,1 bis 4,7 m hohe Unterführung (PU) ausgebildet (Abb. 1). Die durch einen Absatz mit Geländer getrennte Fahrradverbindung liegt dabei etwas tiefer als die Personenverbindung. Dadurch kann der Personenfluss unabhängig vom Fahrrad-

verkehr geführt werden. Der direkt angrenzende, unter den Gleisen verlaufende 20 m³/s fassende HWK wird durch das Projekt tangiert und ebenfalls erneuert.

Im selben Zeitraum wie die Unterführung wird auch der Mittelbahnsteig ausgebaut. Der Mittelbahnsteig mit einer aktuellen Breite von bis zu 7,4 m genügt den heutigen Anforderungen nicht mehr. Er wird daher einerseits auf bis zu 10,4 m verbreitert und andererseits auf 55 cm erhöht, damit ein barrierefreier Zugang zu den Zügen gewährleistet wird und damit die Vorgaben des Behindertengleichstellungsgesetzes erfüllt sind. Die zusätzliche Fläche für den breiteren Bahnsteig kann nur durch den Entfall einer heute bestehenden Gleisachse gewonnen werden.

Weitere Projektbestandteile sind der Ausbau des Bahnsteigs am Gleis 14, neue Bushaltekanten, eine Fahrradstation und ein neuer Pausenraum für die ASM.

Bauen unter laufendem Bahnbetrieb

Der Bf ist während des Baus der neuen PU und des Mittelbahnsteigs stets in Betrieb und

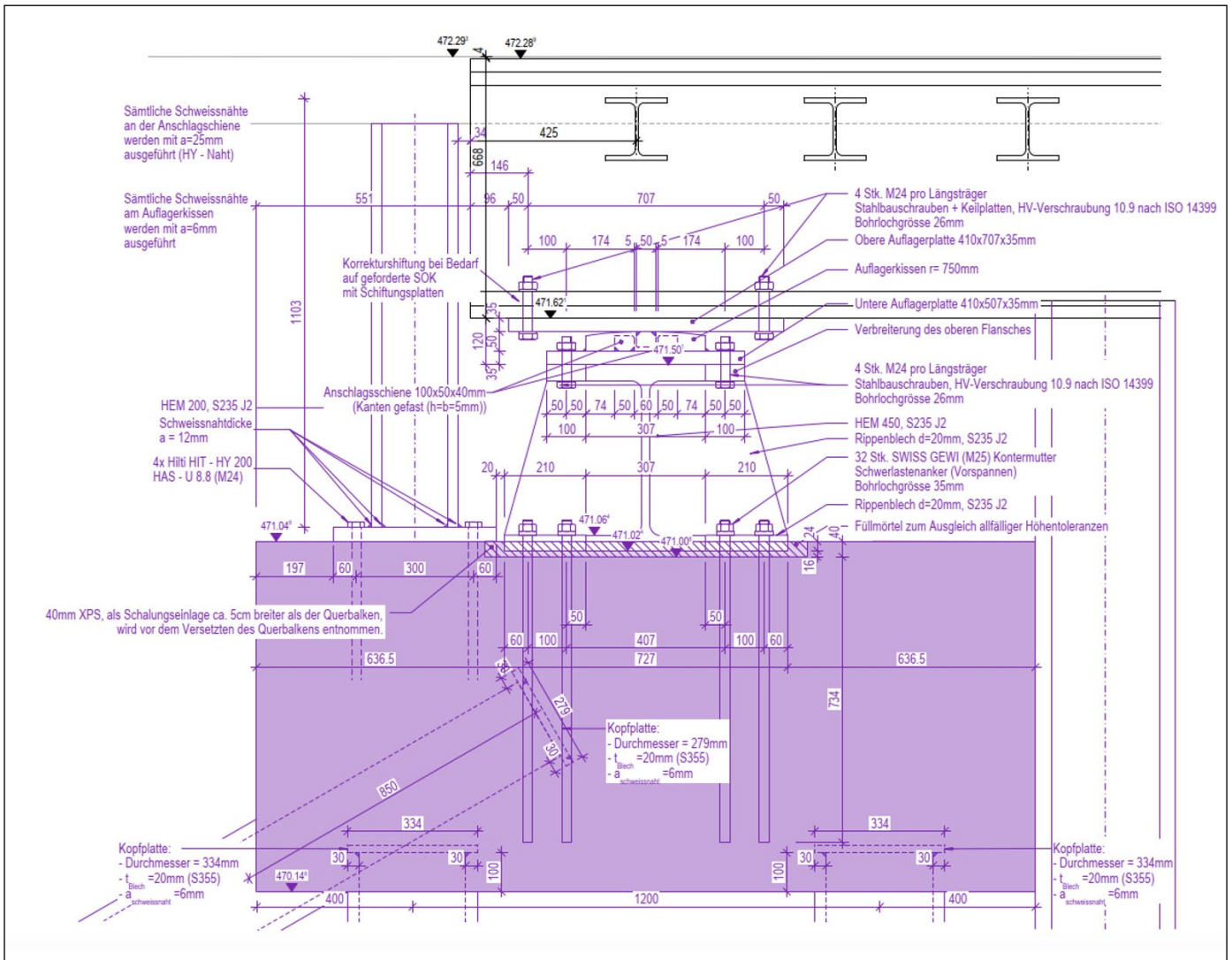


Abb. 2: Auflagerschema Endauflager Gleis 4

Quelle Abb. 2-8: Gähler und Partner AG

durch Reisende frequentiert. Der Bau tangiert insgesamt 13 Gleise, davon acht Gleise der SBB und fünf Gleise der ASM. Die Unterführung selbst unterquert insgesamt elf Gleise. Die Aufrechterhaltung des Bahnverkehrs und Gewährleistung der Personenflüsse stellten das Projektteam vor große Herausforderungen, denn eine so große Unterführung lässt sich nicht vorfabrizieren und einschieben. Zusätzlich wäre da noch der HWK, der neu gebaut wird und während der Bauphase jederzeit ein Hochwasser führen kann.

Hilfsbrücken

Beidseitig des bestehenden Mittelbahnsteigs werden für den Bau der PU und des HWK auf Gleis 2 und 4 Hilfsbrückenketten mit jeweils zwei Brückenkörpern eingebaut. Gelagert sind die zwei Brückenkörper auf drei Fundamenten (End- und Mittelaufleger), weshalb man auch von einer Hilfsbrückenkette spricht. Über eine Stahlkonstruktion werden die Einwirkungen aus der Gleishilfsbrücke in bewehrte Betonfundamente übertragen. Diese Fundamente sind wiederum über einen biegesteifen An-

schluss mit Mikropfählen verbunden. Über dieses System werden die Einwirkungen aus den Zugüberfahrten über die Reibung und den Pfahlspitzenwiderstand in den Baugrund abgetragen. Die Hilfsbrückenketten sind auf eine maximale Fahrgeschwindigkeit von v_{max}=80 km/h ausgelegt. Die kürzeste Gleishilfsbrücke hat eine Länge von 12,30 m, und die längste ist 18,20 m lang. Abb. 3 zeigt die beiden Endauflager (außenliegende Fundamente), diese müssen neben den Vertikallasten auch den größten Teil der Horizontallasten, primär Bremskräfte und Schlingerkräfte, aufnehmen. Aus diesem Grund ist das Fundament mit vertikalen und schrägen Mikropfählen verbunden. Über die vertikalen Pfähle werden die Eigenlast der Brückenkörper und die veränderlichen Lasten aus dem Bahnverkehr abgetragen. Mit den schrägen Pfählen längs zum Gleis werden die Bremskräfte aufgenommen, und an gesonderten Stellen benötigt es Pfähle rechtwinklig zum Gleis, um der Schlingerkraft entgegenzuwirken. Um die Lasten im Baugrund abtragen zu können, waren bis zu 16 m lange Mikro-

pfähle erforderlich. Auf dem Betonfundament sind sogenannte Auflagerbalken aus Stahlträgern (HEM 450), welche mit bis zu 32 Swiss Gewi-Bolzen im Fundament verankert sind. Auf dem Auflagerbalken ist die untere Auflagerplatte mechanisch verbunden, auf welcher sich das Auflagerkissen befindet. Dieses ist so ausgebildet, dass sich die Durchbiegung im Brückenkörper bei der Zugüberfahrt ohne Behinderung einstellen kann. Neben dem Auflagerkissen sind die Anschlagsschienen angeschweißt. Die zwei äußeren Anschlagsschienen sind auf der unteren Auflagerplatte angeschweißt. Die obere Anschlagsschiene liegt dann mit einem beidseitigen Spalt von 5 mm zwischen den unteren Anschlagsschienen und ist dadurch horizontal gehalten. Diese ist auf der oberen Auflagerplatte befestigt, welche mit dem Brückenkörper durch Stahlbauschrauben verbunden ist. Das genaue Detail ist der Abb. 2 zu entnehmen. Das Mittelaufleger der Gleishilfsbrücke wird im Grundsatz analog zu den Endauflagern ausgeführt. Der große Unterschied ist jedoch, dass die Brückenkörper mit einem Gleitlager

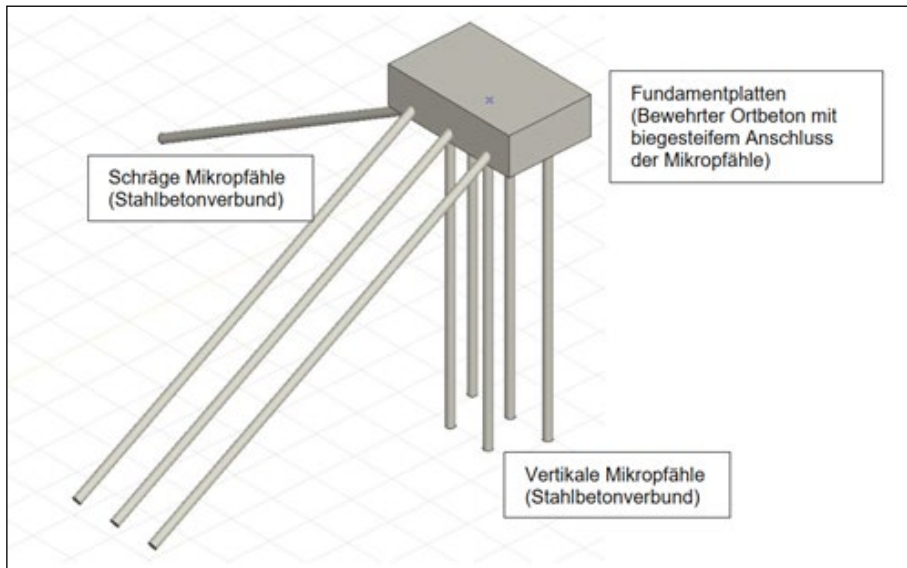


Abb. 3: 3D-Modell Endauflager Gleis 4

ausgebildet werden und dadurch in Gleislängsrichtung verschieblich sind. Abb. 4 zeigt die Konstruktion der Mittelaufleger, bestehend aus einer 80 cm starken Fundamentplatte mit einer Breite von 3,20 m und einer Länge von 2,30 m, welche auf ver-

tikalen Mikropfählen gelagert ist. Über die Fundamentplatten werden die vertikalen und horizontalen Auflagerlasten aus dem System der Hilfsbrücke in das Fachwerk und die Mikropfähle weitergeleitet und von dort aus in den Baugrund abgetragen. Für die Lagerung



Abb. 4: Mikropfähle mit Fachwerk Mittelaufleger

der Fundamentplatte sind insgesamt zwölf Mikropfähle erforderlich. Die Pfähle werden biegesteif an die Fundamentplatte angeschlossen, um die horizontalen Lasten über die Einspannung abtragen zu können. Der weitere Kräftefluss erfolgt über die horizontalen und diagonalen Streben. Diese werden über ein Knotenblech und Schweißverbindungen mit den Mikropfählen verbunden. Der Einbau des Fachwerks zur horizontalen Stabilisierung des Fundamentturms erfolgte unter Bahnbetrieb und in Etappen. Erst wenn das Fachwerk kraftschlüssig geschweißt wurde, durfte ein weiterer Aushub in Meterschritten bis zur Baugrubensohle erstellt werden. Die Ausführung der Arbeiten für die Fundamentierung der Gleishilfsbrücken erfolgte ausschließlich in bahnbetrieblichen Nacht- und Wochenendsperrungen. Die Mikropfähle wurden vorwiegend in Nachtsperrungen erstellt. Der Aushub, das Bewehren und Betonieren erfolgte in Wochenendsperrungen. Da die Fundamente mit einem Spezialbeton erstellt wurden, war es möglich, die geforderte Druckfestigkeit im Beton bereits nach 120 Minuten zu erreichen. Ab diesem Zeitpunkt war es dann möglich, die Gleishilfsbrücken auf den Betonauflägern zu versetzen. Dies dauerte für beide Hilfsbrückenketten maximal zwei Stunden. Der Abschluss des Einbaus war der Startschuss für den Aushub und den Rückbau der bestehenden PU und dem HWK unter den Gleishilfsbrücken. Mit den Abb. 5 und 6 wird aufgezeigt, wie die Umsetzung in der Praxis, beispielsweise über das Osterwochenende 2023 bei Gleis 2 aussah.

Baugrubensicherung

Aufgrund der tiefen Aushubhöhen von bis zu 7 m für den Neubau der PU und der bahnbetrieblichen Randbedingungen war ein spezielles Konzept für die Ausführung der Baugrubensicherung erforderlich. Daher wurden die Rühlwandträger in der Nacht während Gleissperrungen eingebracht. Die erforderlichen Bohrgeräte konnten während dieser Sperrungen über Baggermatzen eingefahren und kurz vor Ende der Sperrzeiten aus dem Gleisfeld manövriert werden. Die Abb. 7 zeigt die engen Platzverhältnisse. Aufgrund der Höhenbeschränkung infolge der Fahrleitung war lediglich ein Einsatz von Kleinbohrgeräten für die Bohrungen der Rühlwandträger im Bereich der Gleise möglich. Daraus resultiert ein maximaler Bohrdurchmesser von 323 mm. Aus Sicht der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sind bei diesem Durchmesser die Möglichkeiten für geeignete Trägerprofile reduziert. Um eine ausreichende Steifigkeit der Rühlwandträger zu erreichen, wurde ein Rohrprofil gewählt. Als geeignete Lösung zeigte sich ein System mit einem Verbundquerschnitt – Rohr in Rohr (ROR 323 x 12,5 + ROR 273 x 28), ausinjiziert mit Injektionsmörtel. Durch den Einsatz mehrerer Lagen mit



Abb. 5: Vermessung Ankerbolzen im Mittelaufleger



Abb. 6: Einbau Gleishilfsbrücke 1 von 2

Vorspannkern konnte eine ausreichende Tragfähigkeit und die Einhaltung der Verformungskriterien unmittelbar neben den befahrenen Gleisen erreicht werden. Um sämtliche Anforderungen bzgl. Ankerabständen unter Berücksichtigung der tolerierten Bohrabweichungen einhalten zu können, war eine stetige Beurteilung und Prüfung der Machbarkeit anhand von einem BIM-Modell unumgänglich. Auch weitere Randbedingungen, wie z.B. der Bauablauf, die Aushubkoten gegenüberliegender Baugrubensicherungen, ein Vermeiden eines Konfliktes mit bereits erstellten Rühlwandträgern und Mikropfählen der Hilfsbrückenaufleger erforderten eine hohe Sensibilität. Die Komplexität dieses Projekts führte jederzeit zu einem intensiven Austausch zwi-

schen den Projektverfassenden, den Sachverständigen, der Bauherrschaft und den Ausführenden. So wurde auch das Thema der Ausfachung zwischen den Rühlwandträgern rege diskutiert. Die Ausfachung wurde, wo möglich, als bewehrte Spritzbetonausfachung ausgeführt. In Etappen ohne Gleisperrungen bestand allerdings die Gefahr, dass die Erschütterungen die Festigkeitsentwicklung des Betons ungünstig beeinflussen könnten, was einen Materialausbruch mit resultierenden Gleissetzungen zur Folge haben konnte. In diesen Aushubetappen wurde als Ausfachung daher eine Stahlplatte eingesetzt. Die Stahlplatten wurden hinter den Rühlwandträgern einviertelt. Die Abb. 8 zeigt, wie auf engstem Raum die Vorspannanker eingebracht wurden.

In den Bereichen außerhalb der Fahrleitung konnte die Baugrubensicherung mit Großbohrpfahlgeräten umgesetzt werden. Ein weiteres Thema war der Hochwasserschutz in der Baugrube infolge des querenden HWK des Flusses „Langete“. Mit dem Rückbau des HWK und dem Aushub bestand im Fall eines Hochwasserereignisses HQ300 die Gefahr, dass die Baugrube geflutet werden kann. Die flächige Erosionswirkung, infolge hoher Fließgeschwindigkeiten, könnte dabei zu stark ausgeprägten Kolk- und Rinnenbildungen führen. Dadurch besteht die Gefahr, dass der passive Erdwiderstand auf Höhe Baugrubensohle reduziert wird und die Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit stark beeinträchtigt sind. Durch einen Kolkschutz, bestehend aus einer bewehrten



Abb. 7: Erstellung Rühlwandträger in der Nachtspernung



Abb. 8: Rühlwandträger gesichert mit Vorspannanker

Betonsohle, wurden die eingeteilten Gefährdungszonen (Abhängigkeit Fließschubspannungen) entsprechend gesichert, sodass keine weitere Gefährdung bestand.

Einsatz der BIM-Methode im Projektalltag

Die heute bestehenden Bahn- und Publikumsanlagen werden für die PU und die neuen Bahnsteige abgebrochen oder angepasst. Bauen im Bestand führt zwangsläufig zu geometrischen Konflikten in der Planung und auf der Baustelle. Dabei ist zwischen vorhersehbaren oder planbaren und unvorhersehbaren oder unplanbaren Konflikten zu unterscheiden. Die unvorhersehbaren Konflikte beruhen auf ungenauen Angaben von nicht direkt messbaren Bestandsobjekten wie bei Fundamenten und Werkleitungen in Lage und Abmessung. Aber auch die Außenabmessungen von Unterführungen lassen sich durch Sondagen und Bestandspläne nur ungefähr bestimmen. Ist man sich dieser Ungenauigkeit bewusst, können Konflikte nicht vollumfänglich vermieden, aber die Ungenauigkeiten können in der Planung der neuen Bauteile berücksichtigt werden. Die vorhersehbaren Konflikte lassen sich durch eine koordinierte Planung

vermeiden. Vorhersehbare Konflikte treten zwischen vollständig messbaren Bestandsobjekten wie Fahrleitungsmasten und neu projektierten Bauteilen auf. Solche Konflikte sollen vermieden werden. Die Vermeidung von Konflikten zwischen Projekt und Bestand, aber auch zwischen den einzelnen Gewerken ist eines der Hauptziele bei der Anwendung der BIM-Methode im vorliegenden Projekt.

Bei der Planung der komplexen Baugrubensicherung für die Erstellung der PU und des HWK wurden mithilfe von Kollisionserkennungen die Anker untereinander, mit den Rühlwänden sowie den bestehenden und neuen Bauteilen koordiniert. Dies war ein iterativer Prozess zwischen den einzelnen Gewerken, aber auch zwischen Konstrukteurin und Tragwerksplaner. Zusammengefasst wurden die Fachmodelle Baugrubensicherung, Schalung, Bewehrung, Architektur sowie HLKSE auf Konflikte überprüft. Die Koordination der Konflikte erfolgte über eine Kollaborationsplattform. Auch alle weiteren Dokumente wie Pläne, Listen, Protokolle und Berichte wurden über die Plattform ausgetauscht, geprüft und freigegeben. Die Steuerung erfolgte über definierte Workflows.

Ein weiteres Ziel ist die Erprobung der modellbasierten Ausführung vor Ort. Dazu wird ein neuer Treppenaufgang genutzt, welcher die notwendige Komplexität aufweist. Die Absteckung und die Erstellung der Schalung vor Ort wird ab dem Schalungsmodell erfolgen. Auch die Verlegung der Bewehrung und Einlage der Leitungen sowie die Abnahmen werden modellbasiert erfolgen.



Fabian Nauer
Teamleiter
Projektmanagement Region Mitte
SBB AG, CH-Olten
fabian.nauer@sbb.ch



Sven Isabo
Projektleiter Tragwerksplanung
Gähler und Partner AG,
CH-Ennetbaden
s.isabo@gpag.ch

Unser **“LSW Schlager-Trio”**
bundesweit im Einsatz!

MEHR INFORMATIONEN UNTER

+49 2065 49994-30

Bergheimer Str. 121 • D-47228 Duisburg
info@lswand.de • www.lswand.de



BOHREN



RAMMEN



SCHLAGEN

LSW // Planung, Herstellung & Montage
von Lärmschutzwandsystemen
Lärmschutzwände

PRÄQUALIFIKATIONEN



PARTNERUNTERNEHMEN

