

# 3D-Bestandsdokumentation von Empfangsgebäuden gemäß BIM-Methodik

Dreidimensionale Bestandsmodelle von komplexen Empfangsgebäuden als Ausgangspunkt für Projekte und Betrieb

KIRSTEN SANDER | HANS LINDOW

Bei der DB Station&Service AG (DB S&S) erfolgt im Zuge der Einführung der BIM-Methodik (Building Information Modeling) eine Umstellung der Bestandsdokumentation von Empfangsgebäuden auf modellbasierte Verfahren. Hierbei steht im Kontext von anspruchsvollen Projekten, komplexer Geometrie und betrieblichen Rahmenbedingungen der Einsatz modernster Hard- und Softwareverfahren durch erfahrene Spezialisten im Mittelpunkt. Die bei dieser Dokumentationsmethode gelieferten dreidimensionalen, geometrisch-semantischen Datenstrukturen stellen den Auftakt eines modellorientierten Planungs- und Bauprozesses dar, der am Ende durch die Übergabe digitaler Bauteilinformationen die Grundlage für einen digitalen Zwilling liefert.



Abb. 1: Aufstellung eines Laserscanners im 1. Untergeschoss, Frankfurt am Main Hbf

## Ausgangssituation

Die DB S&S wird in 2021 ein Projektvolumen in Höhe von ca. 1,5 Mrd. EUR umsetzen, mit steigender Tendenz in den Folgejahren. Davon wird ein bedarfsgerechter Anteil den Empfangsgebäuden in Form von Sanierungs-, Modernisierungs- und Ausbaumaßnahmen zugute kommen. Hiervon profitiert nicht nur die Kunden- und Nutzungsfreundlichkeit der teilweise historischen Empfangsgebäude, sondern es werden an den wichtigen Mobilitätsdrehscheiben die Kapazitäten für den Reisendenzuwachs der nächsten Jahrzehnte geschaffen.

Die Digitalisierung des Planungs- und Bauprozesses hat in den letzten Jahren durch die Etablierung von modell- und informationsobjektorientierten Ansätzen große Fortschritte gemacht. Durch die Einführung der „BIM-Methodik – Digitales Planen und Bauen“ im Juli 2017 hat die DB S&S [1] die Grundlage für einen effizienteren und konfliktarmen Planungs- und Bauablauf bis hin zur Übergabe digitaler Grundlagen für den anschließenden Betrieb geschaffen. Dabei wird die Strategie „erst digital, dann real bauen“ verfolgt. Hierbei stellen Projekte an komplexen Empfangsgebäuden, die fast ausschließlich im baulichen Bestand und unter laufendem Betrieb stattfinden, besondere Herausforderungen an die Bereitstellung von belastbaren, modellorientierten Bestandsgrundlagen. Da diese oft nicht in der erforderlichen Aktualität, Homogenität und Qualität existieren, müssen belastbare Bestandsdokumentationen mit entsprechendem Vorlauf und unter Berücksichtigung der jeweiligen projektspezifischen Anforderungen für die betroffenen Empfangsgebäude zunächst geschaffen werden. Dabei handelt es sich nicht „nur“ um eine anforderungsgerechte Vermessung der Gebäude, sondern vor allem um die Interpretation und Codierung der erhobenen Messdaten durch erfahrene Fachleute in intelligente, dreidimensionale und objektorientierte Gebäudebestandsmodelle und die daraus abgeleiteten Bestandspläne. Aufgrund des hierzu erforderlichen Spezialisierungsgrades, der besonderen baulichen und betrieblichen Verhältnisse, der anspruchsvollen Genauigkeits- und Qualitätsanforderungen und der terminlichen Einbindung in die Projekte existiert für diese Aufgabe bereits seit einigen Jahren eine eigene Abteilung bei der DB S&S. Diese be-

steht aus einem interdisziplinären Team von erfahrenen Ingenieuren und Fachleuten aus den Bereichen Vermessung, Bauingenieurwesen, Architektur und Bautechnik.

## 3D-gestützte Bestandserfassung und Modellierung

### Projektvorlauf und Organisation der Außendiensttätigkeiten

Die 3D-gestützte Bestandserfassung und Modellierung ist ein wesentlicher Anwendungsfall der BIM-Methodik. Die Grundlagen zur Bestandsmodellierung (Detaillierungsgrad, Struktur des Bestandsmodells, Datenquellen etc.), die ggf. projektspezifisch anzupassen sind, sind im BIM-Pflichtenheft als Bestandteil der „Vorgaben zur Anwendung der BIM-Methodik“, die mittlerweile in der Version 2.5 mit Stand Februar 2021 vorliegen, beschrieben. Im Dokument wird dargestellt, wie sich Umfang und Genauigkeit des Bestandsmodells aus der Planungsaufgabe und den Anwendungsfällen der BIM-Methodik im Projekt ergeben. Z. B. ergeben sich aus den Anforderungen der Tragwerksplaner explizite Vorgaben bzgl. der Erfassung in der Vermessung und der Auflösung der Objekte im BIM-Modell.

Vor Start der Vermessung müssen daher die örtlichen Bedingungen, die projektspezifischen Anforderungen mit dem Projekt und den involvierten Planern sowie der Rahmenplan geklärt werden. Das umfasst u. a.:

- Welche Bereiche müssen in welcher Qualität und Detailtiefe dokumentiert werden?
- Welche Anwendungsfälle der BIM-Methodik werden im Projekt vom Auftraggeber und vom Planer bearbeitet?
- Ist die technische Ausrüstung des Objektes (z. B. Wärmeversorgungsanlagen, lufttechnische Anlagen etc.) zu dokumentieren?
- Wo ist die Rohkonstruktion zu erfassen, sind also Verkleidungen und abgehängte Decken ggf. zu entfernen?
- Wie kann die Zugänglichkeit zu allen Messbereichen (z. B. Mieter, Bundespolizei, Technikräume) organisiert werden?
- Gibt es ein hohes Reisendenaufkommen (etwa an unterirdischen S-Bahnstationen)?
- Welche weiteren Störgrößen können die Bestandsaufnahme beeinflussen (z. B. vorhandene Baustellen, Nähe zu starken elektromagnetischen Feldern, Vegetation im Außenbereich etc.)?



Abb. 2: 3D-Bestandsmodell Hagen Hbf, Außenansicht mit Überlagerung der Punktwolke (hinten)

Quelle aller Abb.: DB Station&Service AG

- Gibt es Basisdaten oder historische Pläne, die im Rahmen der Bestandserfassung Verwendung finden können?

Auf Basis dieser Grundlagen und einer Vor-Ort-Begehung wird im nächsten Schritt die Aufwandsabschätzung kalkuliert und es werden die Terminplanung inkl. Ablauforganisation, die Team-/Ressourceneinteilung und die Außen dienstplanung aufgestellt.

Auch die Beratung des Bauherren hinsichtlich der Interpretation des in den BIM-Vorgaben definierten Detaillierungsgrads muss frühzeitig erfolgen. Es ist natürlich nicht notwendig, eine komplexe, historisierende Fassadengestaltung wie etwa beim Hauptbahnhof Frankfurt (Main) aufwendig korrekt dreidimensional nachzubilden, wenn die Fassade nicht Bestandteil des konkreten Projekts ist. Hier erfüllen abstrahierende Vereinfachungen mit einer Überlagerung der Punktwolken im Bestandsmodell den Zweck genauso gut. Das Bestandsmodell ist das erste Koordinationsmodell, das während der Planungsphase zur gewerkeübergreifenden Abstimmung und Koordination der Fachmodelle genutzt wird. Insbesondere bei Projekten im komplexen Bestand lassen sich dadurch Kollisions- und Konfliktfreiheit sicherstellen. In das Koordinationsmodell können zusätzlich lagerichtig verteilte 2D-Unterlagen integriert werden, um weitere Informationen zu hinterlegen (z. B. ein Baugrunduntersuchungsergebnis am Ort der Bohrkernsondierung).

### Netzplanung und Festpunktfeld

Quasi als hochpräzises „Rückgrat“ der gesamten späteren Vermessung muss zunächst ein

Festpunktfeld definiert und eingemessen werden. Hierzu wird umlaufend um das Empfangsgebäude sowie im Innenbereich ein dreidimensional dauerhaft vermarktes Lage- und Höhenetz (Baulagenetz) in Form von Messnägeln, Wandbolzen oder Reflexfolien angebracht. Dabei müssen sich die Festpunkte „netzartig“ in möglichst gleichschenkligen Dreiecken über das Messgebiet erstrecken, um jeweils überbestimmt von verschiedenen Standpunkten aus mit einem Präzisions-tachymeter eingemessen werden zu können. Zudem sollten die Festpunkte außerhalb von Gefahrenbereichen, möglichst geschützt vor Rückbau oder Vandalismus und unter Berücksichtigung von ggf. vorhandenem Denkmalschutz angebracht werden, um eine möglichst lange Nutzbarkeit zu ermöglichen. Durch ein geschicktes Netzdesign und eine Überbestimmung bei der Einmessung sollten bei der Netzausgleichsrechnung Genauigkeiten im Bereich  $\pm 1-2$  mm erzielt werden.

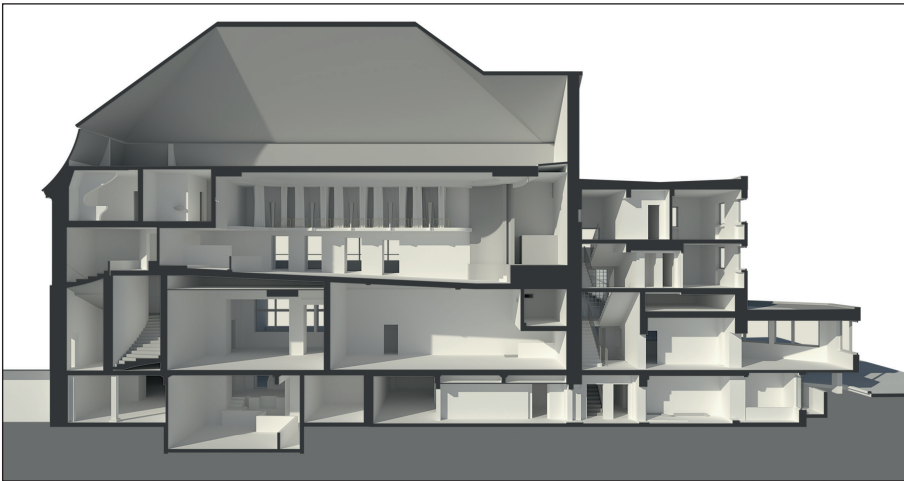
Das Festpunktfeld wird angepasst an die Projektgeometrie als lokales Projektkoordinatensystem berechnet und kann, falls notwendig, durch das zusätzliche Einmessen von übergeordneten Netzpunkten (meist DB\_REF2016, das geodätische Bezugs- und Abbildungssystem der DB) und anschließender Transformation in andere geodätische Bezugssysteme überführt werden. Hierbei wird ein projektspezifischer Transformationsparametersatz berechnet, mit dem Geometrien aus beiden Systemen ineinander überführt werden können. Parallel zur Netzmessung werden für die spätere automatische Punktwolkenregistrierung Zielmarken (Targets) gesetzt und ebenfalls ta-

chymetrisch bestimmt. Diese Targets bilden sich später in der Punktwolke ab und werden von der Auswertesoftware automatisch als Registrierungselemente zur Positionierung der Scans im lokalen Projektkoordinatensystem erkannt.

### Laserscanning

Der nächste Schritt ist das möglichst umfassende Vermessen des Empfangsgebäudes mit terrestrischen Laserscannern, die dreidimensionale Punktwolken liefern (Abb. 1). Hierbei sind die Parameter Auflösung (Messpunktdichte in einer gegebenen Distanz) und Qualität sowie das optionale Erstellen von 360°-Fotos in Abhängigkeit zur Aufgabenstellung (Genauigkeit) und Wirtschaftlichkeit zu wählen. Dabei werden derzeit Messraten bis zu 1 Mio. Punkte/Sekunde erreicht – gleichzeitig bedeutet eine Verdoppelung der Auflösung aber die Verdoppelung der Speichergröße. Es ist zu beachten, dass sich die Genauigkeit beim Aufmaß (Messgenauigkeit gemäß DIN 18710 Ingenieurvermessung) vom späteren Detaillierungsgrad bei der Modellierung (Modellierungsgenauigkeit, LOD, Level of Detail) unterscheidet.

Durch die rasche technische Entwicklung konnten die Hersteller in den letzten Jahren neue intelligente Werkzeuge zur Automatisierung des Mess- und Auswerteprozesses zur Verfügung stellen. Moderne Laserscanner verfügen über integrierte Positionierungssysteme (IMU, Inertial Measurement Unit = inertiales Messsystem) und können sich damit „räumlich orientieren“ (SLAM, Simultaneous Localization and Mapping = Echtzeit-Positionsbestimmung und Kartierung). Die erfassten einzelnen Punktwolken werden bereits vor



**Abb. 3:** 3D-Bestandsmodell Hagen Hbf, Schnittperspektive Hauptteil, Blickrichtung West (historischer Kinosaal im 1./2. OG)

Ort zueinander positioniert und über eine App bspw. auf dem Tablet vorregistriert. Damit hat der Bearbeiter schon während der Aufnahme die Kontrolle über die Vollständigkeit der zu erfassenden Messbereiche.

Aus physikalischer Sicht muss man beim Laserscanning beachten, dass die Reflexionseigenschaften der erfassten Oberflächen Einfluss auf die Refraktion und das „Rauschen“ der berechneten Punkte haben: Metallische, gläserne, feuchte oder sonst reflektierende Oberflächen erzeugen Streuungen und Reflexionen bis hin zu „falsch“ positionierten Artefakten (Spiegelungen ganzer Bereiche). Raue und sehr dunkle Flächen wiederum können das Lasersignal bis zur Unbrauchbarkeit dämpfen. Hier setzen erfahrene Bestandserfasser vor Ort unterstützend manuelle Aufmaße per Laserdistometer und Skizze ein.

Weitere Störgrößen im Ablauf der Vermessung stellen Personen im Aufnahmefeld oder auch haltende Züge an Bahnsteigen dar, die durch ihre großen Silhouetten ganze Bereiche ausblenden. Bewegte Objekte (Personen) lassen sich durch doppelte Scandurchläufe vom jeweils gleichen Standpunkt aus mittels Filteralgorithmen aus den Messdaten automatisch entfernen, jedoch für den Preis einer doppelten Aufnahmedauer. Oft sind hier nächtliche Aufmaße die effizientere Lösung.

Bei der Positionierung des Laserscanners sind Gefahrenbereiche (z.B. Nähe zu Gleisanlagen oder zu spannungsführenden Anlagen: Gefahr von elektrischen Überschlägen bei am Stativ hochgekurbeltem Laserscanner!) unbedingt zu vermeiden.

### Auswertung der Messdaten

Im Innendesign werden im nächsten Schritt die Messergebnisse nachbereitet, indem verbliebene Störelemente wie Spiegelungen oder einzelne Personen aus den Punktwolken entfernt werden.

Anschließend werden die im Feld vorregistrierten Punktwolken präzise über automa-

tisch in den Scans detektierte identische Ebenen und Punkte (Cloud-to-Cloud) in einer speziellen Ausgleichungssoftware endgültig dreidimensional zueinander ausgerichtet. Insbesondere bei der in Gebäuden üblichen Geometrie (Körper mit ebenen Oberflächen) ist das Verarbeiten automatisch erkannter Ebenen gegenüber punktbasierten Verfahren signifikant präziser. Durch statistische Algorithmen werden „Ausreißer“ wie etwa gestreute Punkte bei der Ebenenausgleichung nicht berücksichtigt. Während der abschließenden Bündelblockausgleichung werden die automatisch in den Punktwolken erkannten Targets als Transformationselemente in das projektspezifische Koordinatensystem eingeführt und positionieren die Punktwolken in den geodätischen Raumbezug.

Für den folgenden Verarbeitungsschritt werden die registrierten Punktwolken in ein Standardformat (\*e57) konvertiert, das in die Modellierungssoftware übertragen werden kann.

### Bestandsmodellierung

Für die nun erfolgende 3D-Modellierung wird durch die Verwendung einer Vorlagedatei der Projektstandard mit vordefinierten Objektfamilien festgelegt. Bei der typischerweise komplexen Geometrie von Empfangsgebäuden hat sich bewährt, zunächst anhand der Scans ganzheitlich die Lage von Fassaden, (Fenster-) Achsen, Stützen- und Wandraaster sowie geschossübergreifenden Elementen wie Gebäudesymmetrien zu ermitteln. Diese werden als 2D-Vorkonstruktion ebenfalls in der Vorlagedatei hinterlegt.

Durch das Erstellen eines Zentralmodells mit einer sinnvollen Aufteilung in Bereiche (z.B. geschoss- und bauteilweise) wird ein paralleles Modellieren durch mehrere Bearbeiter ermöglicht. Baulich und geometrisch zusammenhängende Bereiche oder geschossübergreifend in Beziehung stehende Elemente wie Fassaden, Treppenhäuser und Schächte werden immer als Ganzes modelliert. Für die

Modellierung lädt sich der Bearbeiter die korrespondierenden Punktwolken als Konstruktionsgrundlage in den jeweils zu bearbeitenden Modellbereich (Abb. 2). Die anderen Modellbereiche sind für die Bearbeitung gesperrt, werden jedoch durch Synchronisierung mit dem Zentralmodell für alle aktuell gehalten.

Bei der Modellierung können erfahrene Bearbeiter im Rahmen der erforderlichen Zielgenauigkeit (definiert durch den LOD) und bauteilabhängiger Maßtoleranzen zulässige Idealisierungen vornehmen. So werden etwa bei symmetrischen Fensterrastern durch die verformungstreue Aufnahme immer leicht unterschiedliche Größen der Fensterabmessungen im Bereich von einigen Millimetern in der Punktwolke abgebildet. Hier lassen sich für die Modellierung, in Anlehnung an die zulässigen Maßtoleranzen im Hochbau (DIN 18202), gewerkeabhängige Vereinheitlichungen vornehmen. Im Fensterbeispiel (bei lichter Breite im Bereich von 1-3 m) beträgt der „erlaubte Spielraum“ (Grenzabweichung) max.  $\pm 12$  mm. Das konkrete Fenster wird prototypisch ausgemittelt als Bauteilfamilie angelegt und im Modell an den korrekten Stellen platziert. Wenn die Objekte der Bauteilfamilien zusätzlich geometrisch parametrisiert werden, können tatsächliche Größenänderungen bei ansonsten gleichem Aufbau wie z.B. bei Türen schnell an die Messdaten angepasst werden.

Bei der Modellerstellung muss je nach Planungsaufgabe oder Anwendungsfall der erforderliche Aufbau der Bauteile beachtet werden. Wenn bspw. Boden- oder Treppenbeläge ausgetauscht werden sollen, sind die Bauteile, „Decke“ bzw. „Treppe“ entsprechend aus zwei Elementen aufzubauen (Konstruktion und Belag). Materialzuweisungen im Modell sind bei zerstörungsfreier Aufnahme mittels Laserscanner und beim Fehlen belastbarer Bestandsunterlagen nur bedingt möglich. Hier gilt immer, nur das im Bestandsmodell abzubilden, was nachweislich gesichert ist. Wenn zusätzliche Informationen aus anderen Quellen, wie z.B. historischen Plänen, übernommen werden, wird das in den jeweiligen Bauteilinformationen mit Quellenangabe eindeutig vermerkt. An dieser Stelle muss auf die systembedingte Begrenzung zerstörungsfreier Bestandserfassungsmethoden hinsichtlich des materiell-strukturellen Aufbaus von Bauteilen hingewiesen werden. Wenn im Rahmen eines Projektes in das Tragwerk des Gebäudes eingegriffen werden muss und keine weiteren statischen Informationen vorliegen, sind über das Erfassen von Punktwolken hinaus weitere Bauteilerkundungen notwendig, um Planungssicherheit zu erlangen.

Beim Modellieren im Bestand, insbesondere bei Empfangsgebäuden, gibt es etliche Herausforderungen. Das liegt auch daran, dass gängige 3D-Architekturkonstruktionsprogramme vorrangig auf die Planung von Neubauten ausgerichtet sind, die bei Anwendung auf komplexe Bestandsgeometrien an ihre Grenzen stoßen. So „versagen“ Treppengenerierungsmodule regelmäßig bei geschwungenen, teilgewendelten Treppen-

stufen, wie sie typischerweise in den repräsentativen Empfangsgebäuden des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts vorkommen. Hier muss dann jede Stufe einzeln auf Basis der 3D-Daten modelliert werden. Auch gewölbte Decken über Empfangshallen mit Pendentifs, Stützen mit in Vouten übergehende Kapitelle oder komplexe Durchdringungen bei Dachstühlen fordern große Expertise bei der Erstellung der Bauteile. Als ein Beispiel mit nicht horizontal verlaufenden Decken, geschwungenen Podesten und Emporen dient der historische Kinosaal im ersten Obergeschoss des denkmalgeschützten Empfangsgebäudes Hagen Hauptbahnhof (Abb. 3).

Weiterhin kann es bei der Generierung von Projektionen aus dem 3D-Modell zu Problemen kommen, etwa bei der architekturgerechten Darstellung der Grundrisse von Dachgeschossen mit Gauben in schrägen Dachflächen. Die aus dem Bestandsmodell abgeleiteten 2D-Pläne müssen daher für verwertbare, architekturgerechte Bestandspläne durch erfahrene Bearbeiter nachbearbeitet werden.

**Fazit**

Eine von Beginn an strikt modellorientierte Vorgehensweise durch anforderungsgerechte

Bestandsmodelle als Eingangsgröße schlägt sich in höherer Qualität und Effizienz des BIM-gestützten Planungs- und Bauprozesses nieder. Dieser Nutzen sollte jedoch nicht bei der Inbetriebnahme enden, sondern eröffnet durch die Übergabe eines nach erfolgtem Umbau aktualisierten und mit weiteren modell- und objektorientierten Informationen ausgestatteten Bestandsmodells (As-built-Modell) völlig neue Möglichkeiten für den Betrieb. Eine ist die Kombination des Modells mit Echtzeitdaten, die von fast allen Anlagen der Gebäudetechnik bereitgestellt werden. Hiermit lassen sich im Rahmen eines „digitalen Gebäudebetriebs“ Energie- und Medienverbräuche in Abhängigkeit von Nutzungs- und Umweltbedingungen optimieren sowie kostenintensive Wartungszyklen bedarfsgerecht prognostizieren (Predictive Maintenance). Eine andere Möglichkeit ist die Simulation der Auswirkungen bei Mieterwechsel mit geänderten Anforderungen an die technische Ausrüstung zunächst im Computermodell, um für den späteren Umbau eine belastbare Entscheidungsgrundlage zu erhalten.

Die heutigen Nutzungen der Technologie des „digitalen Zwillings“ stehen aber erst am An-

fang einer Reihe von vielversprechenden, zukünftigen Szenarien und werden in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. ■

**QUELLE**

[1] [https://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben-zur-Anwendung-der-BIM-Methodik/Vorgaben\\_zu\\_Anwendung\\_der\\_BIM-Methodik-1788426](https://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben-zur-Anwendung-der-BIM-Methodik/Vorgaben_zu_Anwendung_der_BIM-Methodik-1788426) (aufgerufen am 06.05.2021 um 19:30)



**Dipl.-Ing. (Architektur) Kirsten Sander**

Digitale Gebäudedokumentation  
DB Station&Service AG, Frankfurt a.M.  
kirsten.sander@deutschebahn.com



**Dipl.-Ing. (Architektur) Hans Lindow**

Leiter  
Dokumentation und digitale Services  
DB Station&Service AG, Frankfurt a.M.  
hans.lindow@deutschebahn.com

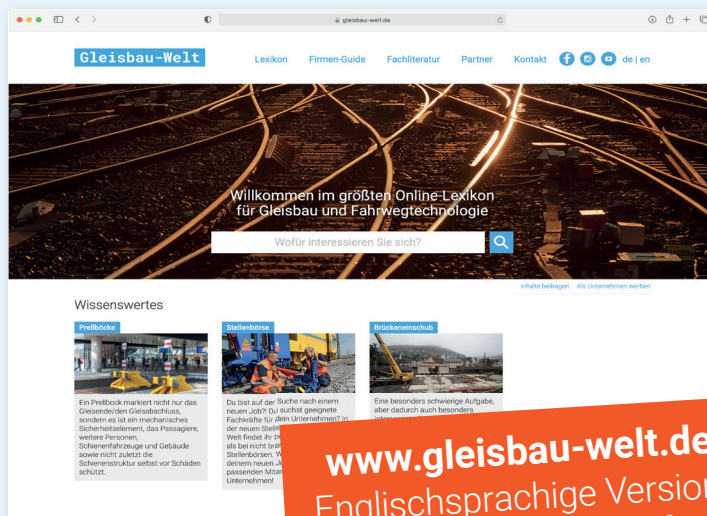
Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Station&Service AG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

# Gleisbau-Welt

[www.gleisbau-welt.de](http://www.gleisbau-welt.de)

## Gleisbau und Fahrwegtechnologie: Fachwissen für alle – jederzeit und frei zugänglich

Die Gleisbau-Welt ist die größte deutschsprachige, lexikalische B2B-Wissens-Plattform für alle Themen rund um Bahninfrastruktur, Fahrwegtechnologie sowie Gleisbau und -instandhaltung. Mit dem aktuellen Stand der Technik, stetig erweitert mit der Expertise von ausgewiesenen Fachleuten.



**www.gleisbau-welt.de**  
Englischsprachige Version:  
[www.trackopedia.info](http://www.trackopedia.info)

Gleisbau-Welt – powered by PMC Media

**Kontakt und Anregungen:**  
Tel.: +49 40 228679-500  
E-Mail: [office@pmcmedia.com](mailto:office@pmcmedia.com)

