

Entwicklung konsistenter Verkehrslastmodelle für Schwertransporte – ein probabilistischer Ansatz

<https://doi.org/10.14459/mbs29.09>

*Thibault Tepho, Marcel Nowak,
Oliver Fischer*



Thibault Tepho, M.Sc.

2016 B. Sc. Bauingenieurwesen; TUM
2016-2017 Tragwerksplaner mit Schwerpunkt im
Ingenieurbau
2020 M. Sc. Bauingenieurwesen; TUM
seit 2020 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl
für Massivbau, TUM



Marcel Nowak, Dipl.-Ing. (FH), M.Sc

2010 Dipl.-Ing. (FH) (Bauingenieurwesen);
Technische Hochschule Deggendorf
2010-2014 Projektingenieur
(konstruktiver Ingenieurbau)
2015 M. Sc. Bauingenieurwesen; TUM
seit 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl
für Massivbau, TUM



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Oliver Fischer

Studium Bauingenieurwesen, TUM, Diplom 1988
1989-1995 Wissenschaftlicher Assistent, Universität der Bundeswehr München, Promotion 1994
1996-2009 Verschiedene Fach- und Führungspositionen in der Bauindustrie im In- und Ausland
2007 Diplomwirtschaftsingenieur, Univ. Hagen
seit 10.2009 Ordinarius für Massivbau, TUM
seit 2011 Prüfenieur und EBA-Prüfer

Schwertransporte spielen eine wichtige gesellschaftliche Rolle, insbesondere in der Bau- und Energiebranche. Aufgrund ihrer Maße und/oder ihres Gewichts benötigen sie i. d. R. eine behördliche Genehmigung. In diesem Zusammenhang regelt die BEM-ING 3-2 die Nachrechnung von Brücken für Schwertransporte – sowohl hinsichtlich der Nachweisführung als auch der anzusetzenden Verkehrslasten. Die zugrundeliegenden Verkehrslastmodelle basieren jedoch auf einem deterministischen Ansatz. Um das Lastmodell an den aktuellen Stand der Technik anzupassen, werden am Lehrstuhl für Massivbau der TUM im Rahmen eines Forschungsprojekts Untersuchungen durchgeführt. Ziel ist die Entwicklung eines probabilistischen Ansatzes, der die Defizite des derzeitigen Verkehrslastmodells der BEM-ING 3-2 beheben soll.

Permit vehicles play an important role in our society, particularly in the construction and energy sectors. Due to their dimensions and/or weight, they generally require official approval. In this context, the BEM-ING 3-2 regulates the assessment of bridges for permit vehicles – both in terms of the assessment procedure and the traffic loads to be considered. However, the underlying traffic load models are based on a deterministic approach. To align the load model with the current state of the art, investigations are being carried out as part of a research project at the Chair of Concrete and Masonry Structures at the TUM. The aim is to develop a probabilistic approach that addresses the shortcomings of the current traffic load model defined in BEM-ING 3-2.

Einleitung

Schwertransporte sind eine wichtige Grundlage für den Wirtschaftsstandort Deutschland, da sie in verschiedenen Industriezweigen eine besondere Rolle spielen – etwa in der Baubranche, im Energiesektor oder im Gütertransport [1]. Aufgrund ihrer Maße und/oder ihres Gewichts benötigen sie eine Genehmigung, da sie bei Überfahrt von Brückenbauwerken eine besondere Belastung darstellen, für die die Tragwerke bei ihrer Bemessung nicht explizit ausgelegt werden. In der Regel werden dabei die Gewichtsgrenzwerte gemäß §34 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung überschritten.

Das in Deutschland gültige Regelwerk zur Nachrechnung von Brücken für genehmigungspflichtige Schwertransporte (GST) ist in den Regelungen und Richtlinien für die Berechnung und Bemessung von Ingenieurbauten (BEM-ING), Teil 3: Berechnung von Straßenbrücken im Bestand für Schwertransporte, Abschnitt 2: Berechnungsverfahren (BEM-ING 3-2) enthalten. Darin sind neben dem Vorgehen für die Brückennachrechnung auch die Verkehrslastmodelle enthalten, mit denen die Nachweise zu führen sind. Die Lastmodelle bestehen dabei aus vier Lastbildern mit jeweils mehreren Unterlastbildern, um verschiedene Verkehrssituationen zu berücksichtigen (Richtungs- und Gegenverkehr sowie verschiedene Anzahl an Fahrstreifen). Das Lastbild 1 beinhaltet den GST sowie den begleitenden Regelverkehr (BRV), bestehend aus realitätsnahen, fünfachsigen LKW unterschiedlichen Gewichts (44 t oder 30,8 t) sowie weiteren, fiktiven Flächenlasten (vgl. Abb. 1). Kann der Nachweis für dieses Lastbild nicht erbracht werden, besteht die Möglichkeit, den Nachweis mit den nachfolgenden Lastbildern zu führen – wobei jedoch zusätzliche Auflagen bei der Umsetzung zu beachten sind. Das Lastbild 2 berücksichtigt dabei einen Abstand von 25 m vor und hinter dem GST, während das Lastbild 3 zusätzlich ein Überhol- bzw. Begegnungsverbot vorsieht. Im Lastbild 4 wird schließlich eine Alleinfahrt angesetzt (kein BRV). [2]

Entwicklung konsistenter Verkehrslastmodelle für Schwertransporte – ein probabilistischer Ansatz

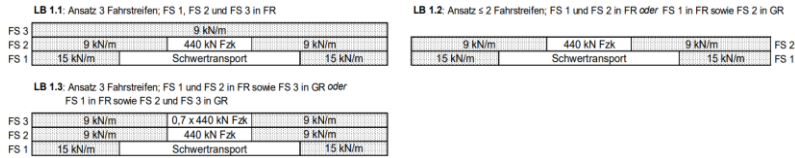


Abb. 1: Lastbild 1 aus der BEM-ING 3-2 [2]

Mangels erläuternder Hintergrundliteratur wird dabei vermutet, dass die Verkehrslastmodelle der BEM-ING aus historischen Regelungen und ergänzenden, deterministischen Lastkomponenten der alten Lastnorm DIN 1072 entwickelt wurden. Dies zeigt sich im Aufbau der Lastmodelle (Lücke für GST und 44 t Fahrzeug, Flächenlasten in Haupt- und Nebenstreifen), im 44 t Fahrzeug selbst sowie in den Auflagen für die Lastbilder 2 bis 4. [3],[4],[5],[6]

Die Lastbilder basieren somit auf einem deterministischen Ansatz, der weder das tatsächliche Aufkommen von GST noch eine Unterscheidung der Verkehrscharakteristik berücksichtigt – wie es bspw. in der Nachrechnungsrichtlinie der Fall ist. Um diesen Defiziten entgegenzuwirken und ein Verkehrslastmodell für GST und den zugehörigen BRV auf dem Stand der Technik zu entwickeln, werden am Lehrstuhl für Massivbau der TUM im Rahmen eines Projekts Untersuchungen durchgeführt. Ziel ist es, einen probabilistischen, ganzheitlichen Ansatz zu formulieren, der das Zusammenspiel zwischen GST und BRV sowie die Auftretenswahrscheinlichkeit von GST berücksichtigt, eine Unterscheidung zwischen Bundesfernstraßen und dem nachgeordneten Netz ermöglicht und dabei möglichst im Einklang mit den aktuell geltenden Normen und Regelungen steht.

Methode

Allgemeines Vorgehen zur Ermittlung von Verkehrslastmodellen

Verkehrslastmodelle werden i. d. R. auf der Beanspruchungsseite kalibriert. Das Vorgehen zur Ermittlung von Verkehrslastmodellen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis lässt sich in vier Schritte unterteilen:

1) Darstellung des lokalen Verkehrs, 2) Ermittlung der Verkehrsbeanspruchung aus dem lokalen Verkehr am Tragwerk, 3) Statistische Auswertung der resultierenden Beanspruchungs-Zeit-Verläufe zur Bestimmung repräsentativer Werte (wie bspw. der charakteristische Wert) und 4) Kalibrierung des Lastmodells. Die Abbildung des Verkehrs in Schritt 1 erfolgt über Verkehrsströme, die meist durch Verkehrssimulationen erzeugt werden. Weiter werden bei der Lastmodellkalibrierung die Beanspruchungen infolge eines fiktiven Lastbildes (z. B. LM1 aus dem Eurocode 1-2) den ermittelten repräsentativen Werten gegenübergestellt. Daraus ergeben sich sogenannte α -Faktoren, mit denen das gewählte Lastmodell multipliziert wird. Über einen definierten Untersuchungsumfang werden mehrere α -Faktoren bestimmt, aus denen schließlich eine Einhüllende gebildet wird. Dadurch dominieren Extremereignisse die resultierenden Lastmodelle. [7]

Anpassung der Methode auf die Verkehrssituation „genehmigungspflichtiger Schwerverkehr & begleitender Regelverkehr“

Wie zuvor beschrieben sind Brücken, die von GST befahren werden, im Zuge des Genehmigungsverfahrens nachzurechnen. Das dabei angesetzte Verkehrslastmodell berücksichtigt den zu genehmigenden Schwertransport sowie – je nach Lastbild – den vorhandenen BRV. Während der GST normalerweise klar definiert ist und nur relative geringe Streuungen erwarten lässt, ist der BRV deutlich komplexer, vorab unbekannt, und weist damit einen deutlich zufälligeren Charakter und entsprechend größere Streuungen auf. Aus diesem Grund wird für den BRV des GST ein Verkehrslastmodell entwickelt – und zwar auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis.

Der Ansatz orientiert sich am im vorherigen Unterkapitel beschriebenen Vorgehen. Es werden Verkehrsströme simuliert, die anschließend auf Brückenbauwerke appliziert werden, um an ausgewählten Nachweisstellen die Beanspruchungs-Zeit-Verläufe zu ermitteln. Diese Verläufe werden in sogenannte Brückenbelastungsevents (BBE) unterteilt. Dabei handelt es sich um zusammenhängende Zeiträume, in denen sich stets mindestens ein Fahrzeug auf der Brücke befindet [8]. Über die gesamte Simulationsdauer werden für alle BBE die maximale bzw. minimale Beanspruchung ermittelt. Ziel dieses Vorgehens ist es, alle während der Simulationsdauer maßgebenden Verkehrssituationen zu erfassen. Dabei wird zwischen Einzelüberfahrten und Überfahrten mit mehreren Fahrzeugen gleichzeitig auf dem Bauwerk unterschieden. Zur Berücksichtigung des GST werden anschließend die selektierten, maßgebenden Verkehrssituationen betrachtet.

Für jedes BBE wird zum Zeitpunkt der zugehörigen ungünstigsten Beanspruchung das maßgebende Fahrzeug (Fahrzeug mit größtem Beitrag zur Beanspruchung) im rechten Fahrstreifen bestimmt, und durch einen ausgewählten GST ersetzt. Dieser Austausch erfolgt für alle BBE einer Simulation. [9]

Danach werden die angepassten Belastungssituationen der BBE (mit GST) erneut auf das Bauwerk appliziert und die zugehörigen Verkehrsbeanspruchungen – differenziert für GST und BRV – ermittelt. So werden über die Simulationsdauer alle möglichen Situationen aus GST und BRV generiert. [9]

Im nächsten Schritt gilt es, die charakteristischen Werte (siehe Schritt 3 im vorherigen Unterkapitel) zu ermitteln. Üblicherweise erfolgt dies über statistische Extrapolation, da die Ergebnisse der Beanspruchungs-Zeit-Verläufe der Verkehrslastmodelle aus der Norm meist auf Extremwertverteilungen beruhen [10]. Dabei werden über bestimmte Zeiträume jeweils nur die maximalen bzw. minimalen Beanspruchungen betrachtet. Im Fall von GST würde dies jedoch zu konservativen Ergebnissen führen, da angenommen wird, dass der GST immer als Teil eines extrem ungünstigen BBEs über das Bauwerk fährt, das zu einer extrem ungünstigen BRV-Beanspruchung führt. Tatsächlich ist jedoch so, dass jede Situation aus GST und BRV aus der Simulation mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten kann. Dieses Verhalten soll bei der Ermittlung des repräsentativen Wertes berücksichtigt werden.

Alle vorhandenen, simulierten BBE (Einzelüberfahrten und Überfahrten mit BRV) werden als ein Pool an möglichen Überfahrten betrachtet. Anschließend wird für einen definierten Referenzzeitraum eine bestimmte Anzahl an Überfahrten angenommen (mehrere Überfahrten während des Genehmigungszeitraums bei Dauergenehmigungen). Diese Anzahl wird bezogen auf die Simulationsdauer aus dem Pool gezogen, wobei jeweils das ungünstigste Ereignis beibehalten wird. Dieses Prozedere wird sehr oft wiederholt. Die so gewonnenen maximalen Beanspruchungsevents bilden eine Stichprobenverteilung, aus der – in Anlehnung an andere (Verkehrs-)Lastansätze – der charakteristische Wert über das 95%-Quantil bestimmt wird. Im letzten Schritt erfolgt die Kalibrierung des Lastmodells. Hierfür wird ein fiktives Lastbild (Index LM) gewählt und mit dem ermittelten charakteristischen Wert (Index SIM) verglichen. Dabei wird auf beiden Seiten

die Gesamtschnittgröße betrachtet, jedoch nur der BRV kalibriert. Der Kalibrierungsfaktor α wird mit folgender Gleichung bestimmt. [9]

$$\alpha = \frac{SGR_{SIM,ges} - SGR_{LM,GST} \cdot \varphi_{DIN1072}}{SGR_{LM,BRV}} \quad (1)$$

In den Beanspruchungen der Verkehrssimulationen sind dynamische Effekte enthalten, weshalb die Beanspruchung $SGR_{LM,BRV}$ diese ebenfalls berücksichtigt. Für den GST ist zusätzlich eine dynamische Erhöhung gemäß DIN 1072 zu berücksichtigen, wie sie derzeit auch in der BEM-ING 3-2 Anwendung findet.

Das gewählte, fiktive Lastmodell für die Kalibrierung, wurde in Anlehnung an den Eurocode 1-2, Anhang A konzipiert. Dabei dient das LM1 als Basis, wobei die Tandemlast im Fahrstreifen 1 durch den GST und eine Lücke ersetzt wird (siehe Abb. 2; formuliert für Lastbild 1). Die BRV-Lasten werden anschließend mit dem ermittelten α -Faktor multipliziert. Dieses Vorgehen wird für eine Vielzahl von Fällen durchgeführt, wobei am Ende eine Einhüllende gebildet wird. [9]

Tandemachsen		
3,0 kN/m ²	□ □	3,0 kN/m ²
6,0 kN/m ²	□ □	6,0 kN/m ²
12,0 kN/m ²	Schwertransport	12,0 kN/m ²

Abb. 2: Gewähltes, fiktives Referenzlastbild für die Kalibrierung des Lastmodells (GST + BRV) für das Lastbild 1

Umsetzung

Untersuchungsumfang

Verkehrslastmodelle sind allgemeingültig und müssen daher an einem repräsentativen Umfang kalibriert werden. Dies betrifft sowohl die Systeme bzw. Nachweisstellen, für die die Beanspruchungen ermittelt werden, als auch den Verkehr, der zur Ermittlung der Beanspruchungs-Zeit-Verläufe angesetzt wird. Im Rahmen der Untersuchungen wird eine Konsistenz mit den aktuell in Deutschland geltenden Regelungen angestrebt – etwa mit der Nachrechnungsrichtlinie oder dem Eurocode 1-2. Die zugehörigen Hintergrunddokumente (siehe [10], [11]) dienen dabei als Orientierung.

Bezüglich der Systeme ergeben sich zwölf verschiedene Varianten (1-Feldträger, 2-Feldträger und 3-Feldträger) mit Stützweiten zwischen 10 und 90 m sowie unterschiedlichen Querschnittsformen (Platte, Plattenbalken, Hohlkasten). Es handelt sich dabei um Brücken aus Stahlbeton, Spannbeton, Fertigteilen und in Verbundbauweise. Die betrachteten Nachweisstellen umfassen Feldmomente in Feldmitte, Stützmomente, Auflagerkräfte sowie die Querkraft am Mittelaufleger.

Berücksichtigt werden Systeme mit Fahrbahnbreiten von acht bzw. zwölf Metern, was Verkehrsführungen mit zwei sowie drei bis vier Fahrstreifen entspricht. Dabei werden Fahrstreifenanordnungen sowohl in Fahrtrichtung als auch mit Gegenverkehr einbezogen. Hinsichtlich der Verkehrscharakteristik werden die Verkehrseigenschaften aus [10] und [11] übernommen. Es erfolgt eine Differenzierung zwischen Bundesfernstraßen und dem nachgeordneten Netz („Lange Strecke“, „Mittlere Strecke“ und „Ortsverkehr“). Die Verkehrssimulationen basieren auf einer durchschnittlichen täglichen Anzahl von 10.000 Schwerverkehrsfahrzeugen.

Zudem soll das Verkehrslastmodell am Ende für alle möglichen GST gültig sein. Daher wird ein Satz verschiedener Kranfahrzeuge sowie Fahrzeugkombinationen, bestehend aus einer Zugmaschine und einem oder mehreren Anhängern, untersucht.

Kalibrierungsbeispiel

Um das Vorgehen nochmal zu verdeutlichen, wird nachfolgend die Ermittlung des α -Faktors für das Stützmoment einer zweifeldrigen Plattenbalkenbrücke mit 30 m Feldstützweite dargestellt. Es wird der A61-Verkehr (also

der Bundesfernstraßenverkehr) betrachtet. Die Brücke verfügt über zwei Fahrstreifen, wobei der betrachtete Fall Verkehr in beide Fahrtrichtungen umfasst. Es werden zwei Verkehrsszenarien untersucht: einerseits reiner Fließverkehr, andererseits Fließverkehr mit zusätzlichen Stausituationen (in Anlehnung an [10]). Als GST wird ein Mobilkran mit 48 t angesetzt. Es wird das Lastbild 1 betrachtet, also der GST mit BRV ohne zusätzliche Auflagen.

Für die genannten Fälle werden die Simulationen durchgeführt und alle maßgebenden Verkehrsbeanspruchungen anhand der vorhandenen BBE ermittelt. Für eine Dauergenehmigung wird angenommen, dass ein GST im Extremfall einmal täglich fährt und somit das betrachtete Bauwerk ebenfalls einmal täglich passiert. Bei einer maximalen Genehmigungsdauer von drei Jahren ergeben sich somit 750 Überfahrten (Annahme: 250 Verkehrstage pro Jahr [10]). Nach dem zuvor beschriebenen Verfahren kann anhand der kumulierten Verteilungsfunktion das 95 %-Quantil bestimmt werden. Dies entspricht dann $SGR_{SIM,ges}$ aus Gleichung 1. Die Ergebnisse für die beiden Szenarien lauten: -2024,98 kNm infolge reinem Fließverkehr und -2828,57 kNm bei zusätzlicher Berücksichtigung von Stausituationen.

Da in diesem Beispiel Lastbild 1 betrachtet wird, ist für den gegebenen Fall das Lastbild 1.2 anzusetzen, da die Brücke lediglich zwei Fahrstreifen aufweist. Die Schnittgrößen sind in diesem Fall für beide Verkehrssituationen identisch, da das Lastmodell bzgl. der Fahrtrichtung des zweiten Fahrstreifens keine Unterscheidung trifft. Es kommen dabei folgende Schnittgrößen raus: $SGR_{LM,GST} = -815,83 \text{ kNm}$ und $SGR_{LM,BRV} = -3391,46 \text{ kNm}$. Weiter ist für gegebenes System nach DIN 1072 ein Schwingbeiwert von 1,16 anzusetzen.

Durch Einsetzen der Werte in Gleichung 1 ergeben sich die folgenden α -Faktoren: $\alpha_{\text{fließender Verkehr}}=0,32$ und $\alpha_{\text{Stau}}=0,55$. Würde der Untersuchungsumfang nur aus diesen beiden Beispielen bestehen, entspräche der Wert von 0,55 der Einhüllenden der Ergebnisse. Die Ergebnisse werden in diesem Fall durch die Verkehrssimulation bestimmt, da die Lastmodellseite für beide Szenarien identisch ist. Dass die Beanspruchung bei Stau größer ausfällt, ist nachvollziehbar, da die Brücke aufgrund der Form der Einflussfläche bei Stau vollständig mit Fahrzeugen belegt ist, während beim Fließverkehr größere Abstände zwischen den Fahrzeugen bestehen und somit die Verkehrsbeanspruchung geringer ausfällt.

Für die vollständige Kalibrierung der verschiedenen Lastbilder ist der im vorherigen Kapitel beschriebene gesamte Untersuchungsumfang zu berücksichtigen. Nach Einordnung in die entsprechenden Lastbilder wird eine Einhüllende über alle α -Faktoren gebildet. Die Untersuchungen zu diesem Projekt sind noch nicht abgeschlossen, weshalb an dieser Stelle nicht auf weitere Ergebnisse eingegangen wird.

Fazit

Anhand des vorgeschlagenen probabilistischen Ansatzes ist es möglich, ein Verkehrslastmodell für Schwertransporte zu entwickeln, das dem Stand der Technik entspricht und mit den aktuell geltenden Normen und Regelungen im Einklang steht. Durch das Vorgehen im Rahmen der Verkehrssimulationen wird das Zusammenspiel zwischen GST und BRV berücksichtigt. Darüber hinaus fließt die Auftretenswahrscheinlichkeit dieser Verkehrssituation in die Modellbildung ein, was – im Gegensatz zum üblichen Ansatz der Extremwertstatistik im regulären Normverkehr – zu wirtschaftlicheren Ergebnissen führt. Zudem ermöglicht der Ansatz eine Differenzierung zwischen Bundesfernstraßen und dem nachgeordneten Straßennetz. Damit werden die Defizite des derzeitigen Lastmodells der BEM-ING 3-2 adressiert, das auf einer deterministischen Grundlage basiert.

Dank

Die Autoren möchten der Autobahn GmbH des Bundes Dank aussprechen für die Beauftragung und die angenehme Zusammenarbeit im Rahmen des Projekts.

Literatur

- [1] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.; Bundesfachgruppe Schwertransporte und Kranarbeiten e.V.: Masterplan. Schwergut, 2015.
- [2] BEM-ING 3-2: Regelungen und Richtlinien für die Berechnung und Bemessung von Ingenieurbauten – BEM-ING, Teil 3: Berechnung von Straßenbrücken im Bestand für Schwertransporte, Abschnitt 2:

- Berechnungsverfahren. Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2023.
- [3] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr.14/1981. Bundesministerium für Verkehr, 1981.
 - [4] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr.13/2004. Bundesministerium für Verkehr, 2004.
 - [5] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen, 1967.
 - [6] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen, 1985.
 - [7] Nowak, M., Fischer, O.: Objektspezifische Verkehrslastansätze für Straßenbrücken. In: Beton- und Stahlbetonbau 112, Ernst & Sohn, Berlin, S.804-814, 2017.
 - [8] Caprani, C.: Probabilistic analysis of highway bridge traffic loading. Dissertation, National University of Ireland, University College Dublin, 2005.
 - [9] Tepho, T.: Verkehrslastansätze für den begleitenden Regelverkehr von genehmigungspflichtigen Schwertransporten – Entwicklung von Lastansätzen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis (Arbeitstitel). Dissertation (in Bearbeitung), Technische Universität München, 2026.
 - [10] Freundt, U., Böning, S.: Anpassung des DIN-Fachberichts 101 „Einwirkungen auf Brücken“ an Eurocodes – Zukunftsfähiges Lastmodell für Straßenverkehrslaste. In: Anpassung von DIN-Fachberichten „Brücken“ an Eurocodes, Bundesanstalt für Straßenwesen, S. 23-104, 2011.
 - [11] Freundt, U., Böning, S.: Verkehrslastmodelle für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand. Bundesanstalt für Straßenwesen, 2011.

Unser hoch qualifiziertes Team plant und prüft anspruchsvolle Tragwerke im Hoch- Industrie-, Ingenieur- und Brückenbau.

Gutachten und die zertifizierte Instandsetzungsplanung im Betonbau ergänzen unser Leistungsspektrum.

Dr.-Ing. Markus Rapolder

Prüfingenieur für Standsicherheit
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Beton, Stahlbeton- und Spannbetonbau

Dr.-Ing. Georg Frühe

Prüfingenieur für Standsicherheit

Tragwerksplanung



Prüfung Standsicherheit



Gutachten



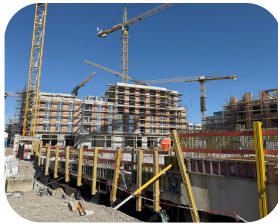
Instandsetzungsplanung



Grimm und Partner Beratende Ingenieure



Rheinbrücke Duisburg



Wohnquartier Orplid München



Talbrücke Thutba A7



Wohngebäude Appenzeller Straße



Firmenstandort Kempf in Rohrbach



Nachrechnung Innbrücke Suben



Aurachtalbrücke A3



Talbrücke Pfädchensgraben

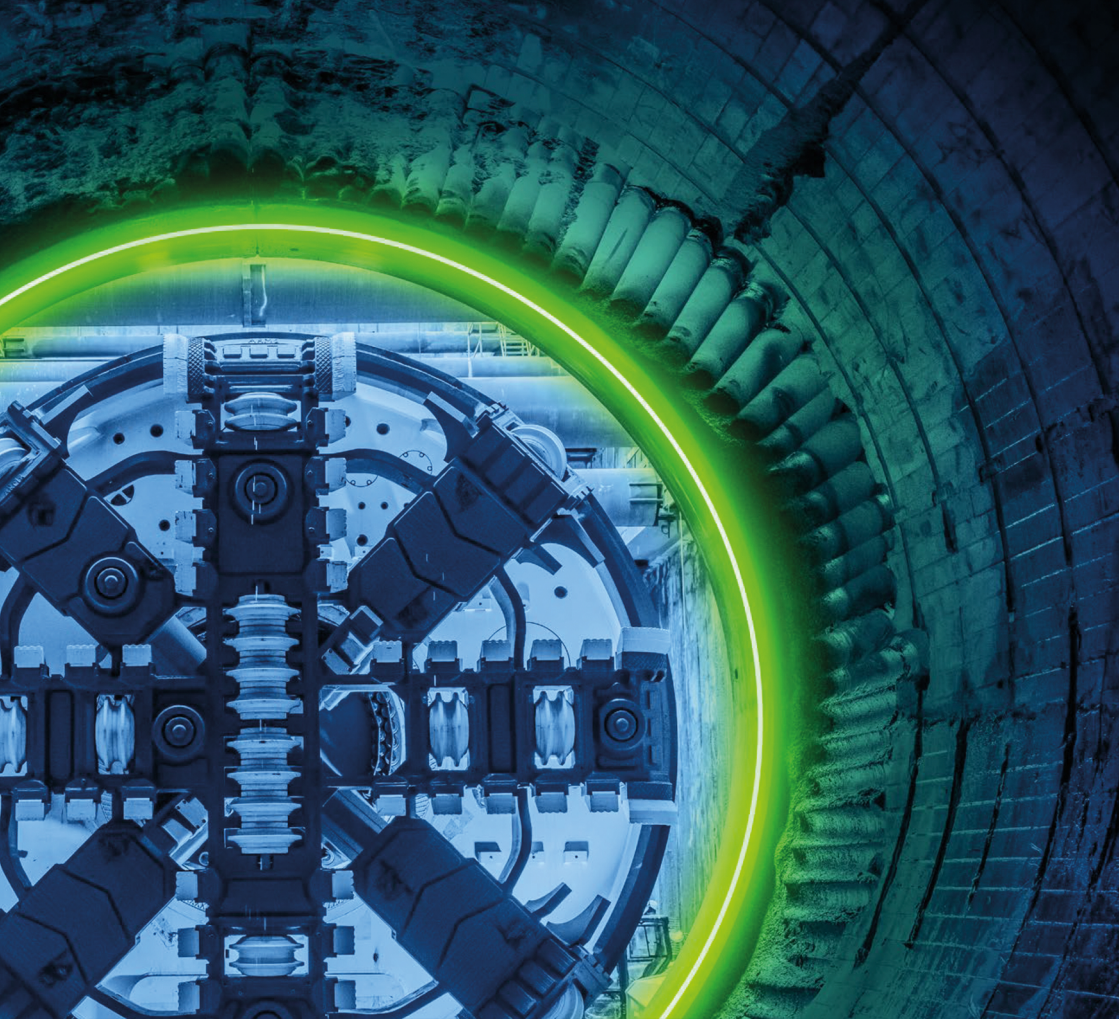


BMW Parkhaus Leipzig

Vom Wohnhaus bis zur Produktionshalle, von der Fußgängerüberführung bis zur Talbrücke, vom Durchlass bis zum innerstädtischen Tunnel - unser langjährig erfahrenes Team um Prüflingenieur Dr.-Ing. Rainer Grimm führt die statisch-konstruktive Prüfung anspruchsvoller Bauvorhaben des Massivbaus durch – vom Entwurf bis zur erfolgreichen Ausführung auf der Baustelle. Präzise, lösungsorientiert und stets mit dem Blick fürs Ganze.

Grimm und Partner
Beratende Ingenieure PartGmbH
Arnulfstr. 10, 80335 München
+49 89 4142418 0, info@gup-ing.de
www.gup-ing.de





Verbindungen fürs Leben

Mit unserer Kompetenz und Leidenschaft im Bau anspruchsvoller Ingenieurbauprojekte schaffen wir Verbindungen fürs Leben.

Seit Generationen und für Generationen.

W&F

WAYS & FREYTAG
INGENIEURBAU

Ways & Freytag Ingenieurbau AG
Eschborner Landstraße 130-132
60489 Frankfurt am Main

+49 (0)69 7929-0
info@wf-ib.de
www.wf-ib.de