

Weiterentwicklung der Standardisierung von Rahmenbauwerken

Aufgrund von Erfahrungen und dem Verlangen nach weiteren Stützweiten wurde die Richtlinie 804.9040 auf Rahmenbauwerke von 2 m bis 16 m sowie Detailösungen erweitert.

MARKUS HENNECKE | TRISTAN MÖLTER

In der Richtlinie (Ril) 804.9040 der Deutschen Bahn AG (DB) wurden 2013 Rahmenbauwerke mit lichten Weiten von 2 m bis 6 m standardisiert. Seit deren Anwendung konnten zahlreiche Erfahrungen gesammelt werden. Zusätzlich wurde der Wunsch nach der Standardisierung von Rahmenbauwerken mit größeren Stützweiten immer lauter. Im Ergebnis wurden die bisherigen Erfahrungen und Optimierungswünsche gebündelt und in die überarbeitete Ril 804.9040 aufgenommen. Außerdem wurde diese Richtlinie um Regelungen für Rahmenbrücken mit lichten Weiten von bis zu 16 m erweitert. Für die Dimensionierung werden die aktuellen technischen Baubestimmungen berücksichtigt. Über die Entwicklung wird nachfolgend berichtet.

Vorteile und Notwendigkeit einer Standardisierung

Produkte und Prozesse zu standardisieren ist kein Selbstzweck, sondern dient dazu, in der Herstellung und Anwendung Fehler zu vermeiden und Vorgänge zu vereinfachen. Standardisierung umfasst die Vereinheitlichung von Maßen, Verfahren oder Methoden. Ingenieuren ist

diese Herangehensweise durch die Regulierung in Normen sehr vertraut. Werden nicht nur Herangehensweisen, sondern auch Produkte behandelt und deren Ausführungsformen auf bestimmte Typen vereinheitlicht, findet der Begriff Typisierung Anwendung. Die Typisierung ist in den Ingenieurwissenschaften unterschiedlich stark etabliert. Sie ist oder sollte dort anzutreffen sein, wo Produkte in großer Stückzahl hergestellt werden. Geschickte Typisierungen sind so angelegt, dass variierende Anforderungen mit einer möglichst geringen Anzahl von Typen erfüllt werden. Die Typisierung bietet den Vorteil, effizienter als eine Einzelproduktion zu sein; sie beinhaltet aber auch die Gefahr, den Pluralismus der Ideen einzuschränken und förderliche Kreativität zu unterbinden.

Kulturlandschaften zeichnen sich grundsätzlich dann positiv aus, wenn keine durchgängige Typisierung umgesetzt wird, sondern vielfältige Formen ein abwechslungsreiches Erscheinungsbild geben. In Deutschland gibt es eine gute Tradition, durch objektspezifische Planungen individuelle Lösungen zu finden. Neben der pluralistischen Gestaltung unserer Kulturlandschaft können weitere Vorteile in der Möglichkeit gesehen werden, Randbedingungen möglichst ohne Einschränkungen zu erfüllen.

Die Voraussetzung für eine sinnvolle Typisierung ist, dass Bauteile genügend oft hergestellt werden. Erfolgreiche Autohersteller zei-

gen dies mit ausgefeilten Modulbauweisen. Sie schaffen es – basierend auf gleichen Grundstrukturen –, sehr unterschiedliche Fahrzeuge zu produzieren. Dieses Wirtschaftsmodell auf Bauwerke übertragen bedeutet, möglichst eine gleichartige Tragstruktur zu entwickeln, die auf lokale Randbedingungen durch kleine Änderungen angepasst werden. Ausstattung und gestalterische Anforderungen können individuell umgesetzt werden. Da diese Bauwerke nicht als Produkt ausgeliefert werden, sondern als Planungsgrundlage dienen, ist der Begriff Standardisierung auch gerechtfertigt. Gerade aus der Sicht eines Betreibers großer Infrastrukturen können zahlreiche Vorteile für eine Standardisierung angeführt werden:

- Reduzierung der Planungskosten
- zeitlicher Planungsvorteil
- Massensicherheit
- Ausführungssicherheit
- einheitliche konstruktive Durchbildung
- Planungssicherheit hinsichtlich Einführung neuer Normen und Richtlinien
- gleichbleibende Planungsqualität
- Dauerhaftigkeit
- geringer Instandhaltungsaufwand.

Standardisierungen haben nicht nur bei der Herstellung, sondern eindeutig auch im Unterhalt und Betrieb Vorteile, da die Betreiber großer Infrastrukturen den Zustand der Struktur besser einschätzen und bewerten können. Die Bedeutung dieses Umstands offenbart sich insbesondere bei Brücken, wenn Nachrechnungen für geänderte Einwirkungen erforderlich werden. Der Umfang solcher Untersuchungen kann reduziert werden, wenn Bauwerke standardisiert hergestellt wurden und somit genaueste Kenntnisse ihres „Innenlebens“ verfügbar sind.

Für einen erfolgreichen Betrieb einer großen Infrastruktur, wie dem Schienennetz, ist es essenziell, dass der Infrastrukturbetreiber ein großes Wissen über die Elemente der Infrastruktur, in diesem Fall die Eisenbahnbrücken, hat. Diese Aufgabe lässt sich einfacher lösen, wenn die Verschiedenheit der Elemente begrenzt ist und nicht jedes Element, auch wenn es immer wieder sehr spezielle Anforderungen gibt, ein reines Unikat ist. Die Standardisierung eröffnet also die Möglichkeit, Brücken seriell und parallel zu entwickeln. Mit den Erfahrungen aus Bau und Betrieb werden die Grundlagen fortgeschrieben und Wissen kann vorgehalten und bewahrt werden.

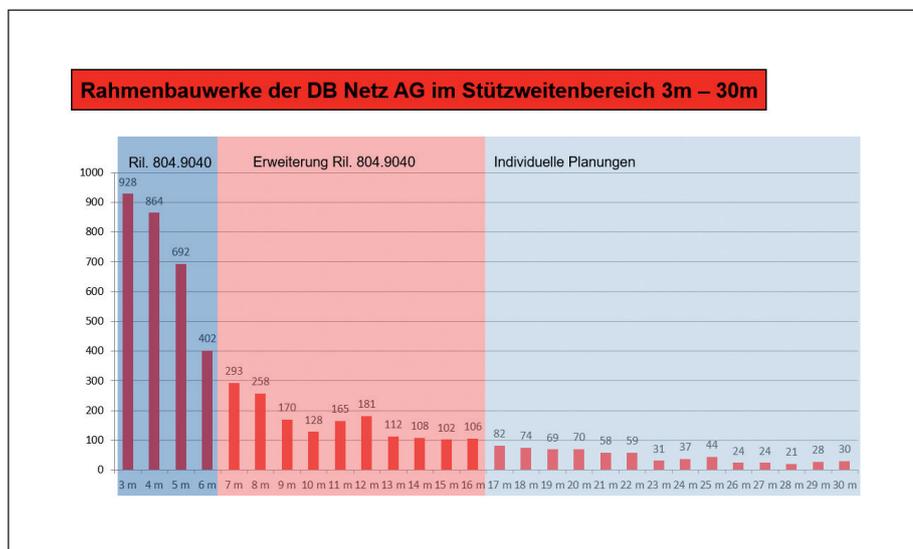


Abb. 1: Real gebaute Eisenbahnbrücken im Netz der DB Netz AG

Quelle: DB Netz AG

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Zilch + Müller Ingenieure /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

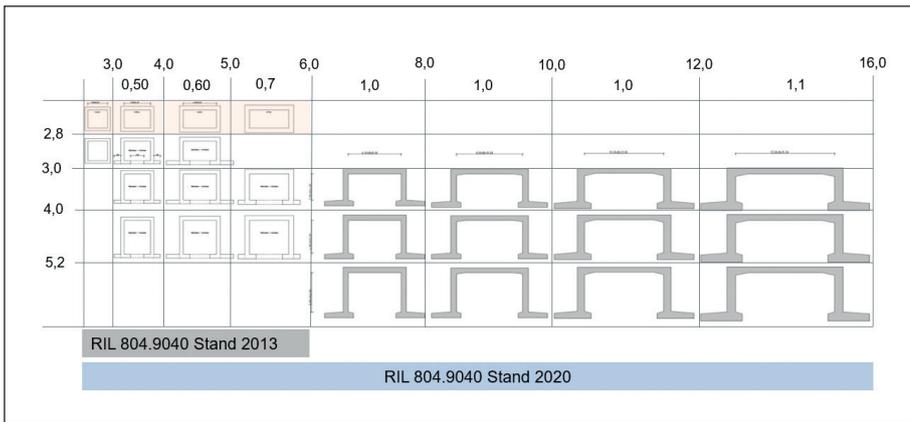


Abb. 2: Rahmentypen nach Standardisierung

Quelle: Ril 804.9040

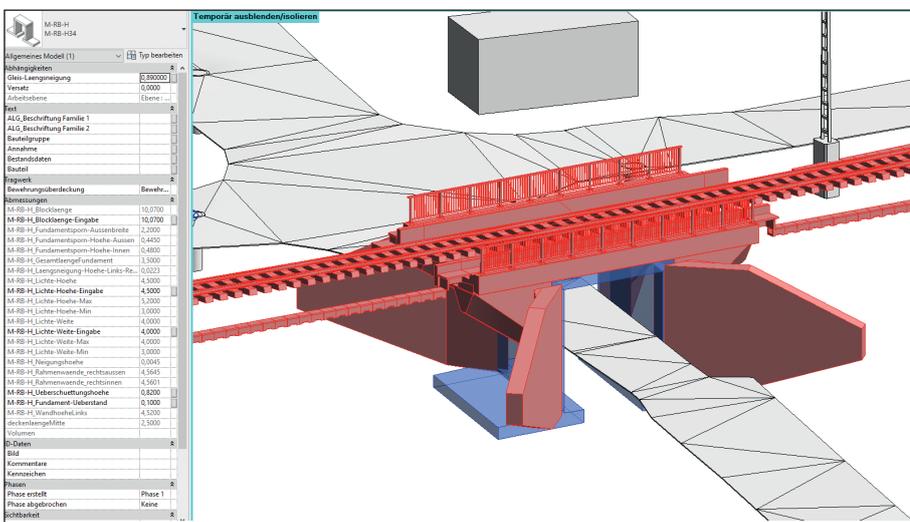


Abb. 3: Rahmen mit Anwendung des BIM-Tools

Quelle: DB Netz AG

Da im Netz der DB viele Brücken erneuert werden müssen, wird gerade hier die Philosophie der Standardisierung verfolgt. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Anteil der Brückenbauwerke mit Stützweiten bis etwa 15 m etwa 80 % ausmacht (Abb. 1).

Bereits in den 1970er Jahren wurden standardisierte Rahmenbauwerke erfolgreich als Fußweg- und Bahnsteigunterführungen (FBU) eingesetzt. Durch eine typengeprüfte Statik und deren Schal- und Bewehrungspläne konnte eine schnelle Umsetzung in der Entwurfs- und Ausführungsplanung erfolgen. Die Ausführungsqualität wurde durch die klar definierten Bedingungen gesteigert.

Gefährdet die Strategie der typisierten und standardisierten Planunterlagen die Arbeit der Ingenieure? Verbleiben dabei nur noch Ingenieure, die mit Paste und Copy Planunterlagen erstellen? Diese oft geäußerten, kritischen Fragen sind nicht unberechtigt. Aber es darf nicht übersehen werden, dass sich die Arbeit der Statiker schon seit Jahrzehnten ändert. Wenn wir heute Bestandsunterlagen alter Eisenbrücken durchsehen, haben wir großen Respekt vor der Leistung, mit großem mathematischen Geschick aufwendige Rech-

nungen von Hand zu lösen. Die richtige Modellbildung war dafür eine wesentliche Voraussetzung, lösbare mathematische Modelle aufzustellen. Statiker genossen daher großes Ansehen. Die Entwicklung der letzten drei Jahrzehnte hat allerdings viel verändert. Unsere heutigen Softwareprogramme liefern in kürzester Zeit Berechnungsergebnisse. Den Ingenieuren verbleiben die Aufgaben der richtigen Modellbildung, aber vor allem der Interpretation und Bewertung der Ergebnisse. Ob diese Aufgaben in naher Zukunft unter anderem auch durch die Entwicklung der künstlichen Intelligenz digitalisiert und automatisiert ablaufen werden, wird sich zeigen. Die Aufgaben der Ingenieure in der Planung von Bauwerken wird sich aber auf jeden Fall ändern.

Der Ansatz der DB Netz AG, standardisierte Lösungen für häufige Anwendungsfälle zu entwickeln, ist ein wichtiger Grundstein für automatisierte Planungen im „Brot- und Buttergeschäft“. Die systematische Bearbeitung in der Entwicklung der Standardisierung der Rahmen liefert Grundlagen, die für automatisierte Planungen einen wichtigen Entwicklungsschritt darstellen.

Erfahrungen mit Standardisierung von 2 m bis 6 m

Mit der Einführung der Ril 804.9040 im Jahre 2013 war der Wunsch des Infrastrukturbetreibers verbunden, diese Standardisierung auch in großer Zahl anzuwenden. Viele Planer suchten jedoch immer wieder nach Ausreden, um ihre individuellen Planungen anzuwenden. Die meisten Gründe, die angeführt wurden, waren die Bodenkenwerte, die Begrenztheit der Schiefwinkligkeit und dass es nicht möglich war, Rahmenbauwerke als Fertigteile zu planen. Auswertung real errichteter Rahmenbauwerke, die auch nach Ril 804.9040 hätten geplant werden können, zeigten, dass diese Ausflüchte zumeist unbegründet waren und es zu signifikanten Überdimensionierungen kam. Alles in allem ist das Prinzip der Standardisierung in der Baubranche derzeit jedoch noch nicht vollends akzeptiert. Im Vergleich zum Maschinenbau oder der Elektrotechnik wird hier noch individueller geplant und gebaut.

Neue Standardisierung für Rahmen bis 16 m lichte Weite

Aufgrund der Erfahrungen und des Wunsches, die Stützweiten wesentlich zu vergrößern und in Einklang mit den Regelquerschnitten des Straßenwesens zu bringen, wurde die Standardisierung weiterentwickelt. Dabei sind nun lichte Weiten von 2 m bis 16 m berücksichtigt. Des Weiteren werden Anforderungen an Baugrund und Baugrundverbesserungen mit Tabellen zur Bewertung der Maßnahmen ergänzt, um die Variation der Randbedingungen besser zu erfassen. Zusätzlich wurden Anforderungen an Baustoffe und Expositionsclassen ergänzt, um die Anwendungsgrenzen näher zu konkretisieren. Außerdem ist ein eigener Anhang entstanden, in dem die Bauweise mit Fertigteilen geregelt wird. Für Planer und Ingenieurbüros sind nun zwei Checklisten verfügbar. So behandelt die Checkliste in Anhang 05 der Ril 804.9040 allein die Vorplanung und die Checkliste in Anhang 06 die Entwurfsplanung.

Folgende maßgebende Parameter sind in Ril 804.9040 berücksichtigt:

1. Lichte Weiten von 2 m bis 16 m
2. Überschüttung von 0,0 bis 1,50 m
3. Die Ausrüstung mit Schotteroberbau und mit Fester Fahrbahn nach der Ril 804.5401 (Feste Fahrbahn auf Brücken)
4. Lastmodell LM71 mit Lastklassenbeiwert $\alpha = 1,21$
5. Bodenkenwerte
6. Konstruktive Lösungen für die Ausbildung verschiedener Flügelvarianten, Fugen- und Abdichtungsdetails werden vorgegeben.

In Abb. 2 sind die Rahmentypen in den verschiedenen Bereichen dargestellt. Die Ril 804.9040 beinhaltet aber nicht nur die Vorgaben für die Konstruktion der Rahmen und deren konstruktive Details, sondern auch die für Flügel in verschiedenen Varianten sowie die Brückenausstattung. Die Vorgaben der konstruktiven Details sind in Bezug auf Ab-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Zilch + Müller Ingenieure /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

dichtung, Anschlüsse oder auch andere konstruktive Vorgaben sehr detailliert. Parallel zur Fortschreibung der Ril 804.9040 wurde auch ein BIM (Building Information Modeling)-fähiges Tool erarbeitet (Abb. 3). Damit wird der Ansatz der Digitalisierung und Automatisierung der Planung vertieft. In dem Tool stehen alle Bauteile eines Rahmens mitsamt den Ausrüstungselementen parametrisiert zur Verfügung. Aus diesem „Baukasten“ können die Rahmen zusammengesetzt werden. In der traditionellen Anwendung der Ril 804.9040 sind im Einzelfall auf der Grundlage der Richtzeichnungen die Pläne für das Bauwerk zu erstellen. Mit der Anwendung des BIM-Tools werden die Bauteile aus dem „Baukasten“ entnommen und zusammengefügt. Auf diese Weise lassen sich Planungen noch einfacher durchführen.

Wirtschaftliche Bewertung

Die Clusterung von Brückenabmessungen nach Ril 804.9040 bedeutet eine vergrößerte Abbildung der tatsächlichen Struktur. Im ungünstigsten Fall, wenn die tatsächliche Spannweite gerade oberhalb des Sprungs zur nächsten Spannweite liegt, wird eine Statik herangezogen, die einen Rahmen abbildet, dessen Bauteilabmessungen einem Rahmen mit knapp 1,0 m größerer lichter Weite entspricht. Die Frage nach der Herangehensweise sowie der Wirtschaftlichkeit ist selbstredend berechtigt.

Diese Frage wurde aber bereits im Rahmen des Projektstarts zur Standardisierung intensiv bearbeitet. Aus dem ausgewerteten Datenbestand der Abrechnungen von Objekten zeigte sich, dass in dem Stützweitenbereich bis etwa 8,0 m der Anteil der Kosten des Betonstahls im Mittel bei 5 % aus Beton und Betonstahl bei etwa 3 % liegt. Mit steigenden Stützweiten nehmen diese Kostenanteile zu. Dabei hat sich gezeigt, dass Dimensionierungen, die auf eine Optimierung der Massen abzielen, bei diesen Abmessungen nur einen geringen Effekt haben. Dem gegenüber stehen insbesondere aktuelle im Rahmen von Brückennachrechnungen für höhere statische oder dynamische Einwirkungen gesammelte Erfahrungen, dass leicht überdimensionierte Bauwerke robuster sind und weniger sensibel auf diese höheren Anforderungen reagieren, sodass die Kostenmehrung bei der Erstellung hier mehr als ausgeglichen wird.

Ergänzend zu den Massen wurden auch die Leistungsphasen der Planung untersucht. Die Standardisierung hat den größten Einfluss auf die Entwurfsplanung (Leistungsphase 3) sowie auf die Genehmigungs- und Ausführungsplanung (Leistungsphasen 4 und 5).

In weiteren Untersuchungen wurden Schäden speziell an Rahmenbauwerken ausgewertet. Hier zeigten sich Planungsfehler, die zu gleichen oder ähnlichen Schäden führten. Dies ist durch eine Standardisierung sowie die Vorgabe von Konstruktionsdetails bzw. durch die Verwendung bestimmter Werkstoffgüten vermeidbar.

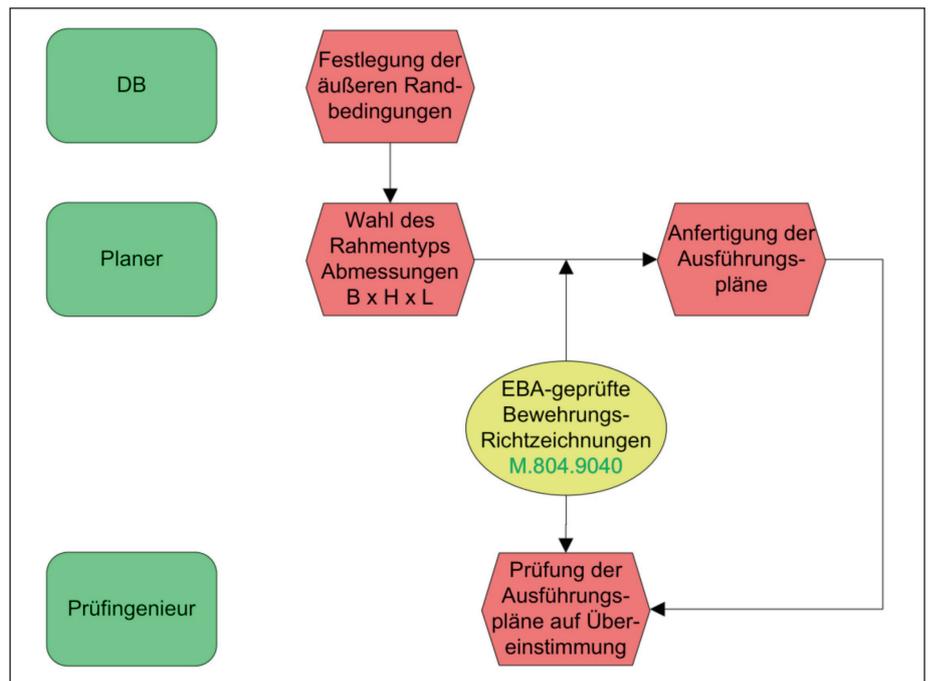


Abb. 4: Workflow der Standardisierung

Quelle: DB Netz AG

Anwendung der Ril 804.9040

Die Ril 804.9040 kann gemäß Abb. 3 prozessual dargestellt werden. Hier wird anhand von Checklisten 804.9040A05 (Vorplanung) und 804.9040A06 (Entwurfsplanung) überprüft, ob im Projekt die Parameter für die Anwendung der Standardisierung gegeben sind. Die Richtzeichnungen basieren auf den geprüften Typenstatiken. In den Richtzeichnungen sind mehrerer Typenstatiken berücksichtigt.

Für die Ausführungsplanung greift der Anwender auf die Vorgaben und Richtzeichnungen der Ril 804.9040 zurück. Maßgebend sind immer die Richtzeichnungen für den Rahmen mit der nächst größeren Abmes-

sung (lichte Höhe und lichte Weite). In diesen Richtzeichnungen findet der Anwender alle Angaben zur Bewehrung, Biegeform, Durchmesser, Bewehrungsraster und zu den Übergreifungsstößen. Die Angaben umfassen die Biege-, Schub- und konstruktive Bewehrung. Die Anpassung an die konkreten Abmessungen erfolgt über variable Schenkellängen und Verlegebereiche der Bewehrung. Die lichten Höhen und Überschüttungen haben Einfluss auf die Bewehrungsabstufung und die Schubbewehrung. Die Ausführungsvarianten für verschiedene Randbedingungen sind tabelliert in der entsprechenden Richtzeichnung aufgeführt. Das Paket der Richtzeichnungen umfasst nicht nur die Angaben



Abb. 5: Standardisierter Rahmen in der Realität

Quelle: Tristan Mölter

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Zilch + Müller Ingenieure /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

zur Konstruktion der Hauptbauteile, sondern auch der Nebenbauteile wie Flügel, Kappen sowie konstruktive Abdichtungsdetails.

Erstellung der Ausführungsplanung

Anhand der nach Ril 804.9040 erstellten Ausführungsplanung wird im Rahmen der Planprüfung abgeglichen, ob die Eingangsparameter richtig gewählt wurden und ob die Ausführungspläne mit den Richtzeichnungen übereinstimmen.

Auf dieser Basis können der Bauvorlageberechtigte und der Bauüberwacher Bahn schnell und einfach erkennen, ob die Ausführung grundsätzlich richtig ist.

Fazit

Einzellige Rahmenbauwerke mit lichten Weiten von bis zu 16,0 m haben am Brückenbestand im Streckennetz der DB einen sehr

großen Anteil. Um die Ausführungsqualität solcher Bauwerke zu verbessern und die Planungsabläufe zu beschleunigen, sind Typenstatiken entwickelt worden, die im Rahmen einer Bauartzulassung typengeprüft und damit zur Anwendung freigegeben wurden. Die neue Ril 804.9040 liefert damit für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung dieser Bauwerke eine umfangreiche Hilfestellung. ■

QUELLEN

- [1] Richtlinie 804.9040 Standardisierte Rahmenbauwerke, DB Netz AG, 01.09.2020
- [2] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Gesamtfassung, Teile 1-10, Bundesanstalt für Straßenwesen, Stand 04/2010
- [3] Richtlinienfamilie 804: Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke
- [4] Eisenbahn-Bundesamt: Zulassung für standardisierte Rahmenbauwerke in Stahlbetonbauweise mit lichter Weite von 2,5 bis 16 m zur Überführung von Strecken der Eisenbahnen des Bundes vorwiegend über Verkehrswege im Sinne von Modul 9040 der Richtlinie 804 als Bauart (24.03.2020)



Dr.-Ing. Markus Hennecke
EBA anerkannter Prüfsachverständiger
Geschäftsführender Gesellschafter
Zilch + Müller Ingenieure, München
markus.hennecke@zm-i.de



Dipl.-Ing. Tristan Mölter
EBA anerkannter Prüfsachverständiger
DB Netz AG, München
tristan.moelter@deutschebahn.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Zilch + Müller Ingenieure / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

► **17.05.2021**
63. VDEI Oberbau-
fachtagung, Darmstadt •
Heft Nr. 5/21

► **19.05. – 20.05.21**
2. Fachtagung Cyber
Security, Darmstadt •
Heft Nr. 5/21

► **08. – 09.06.21**
(In Planung)
Expertentreff: Mehr
Investitionen in die
Schieneninfrastruktur –
wir schaffen das!,
Kassel • **Heft Nr. 5/21**

► **09.06. – 10.6.21**
Acoustex, Dortmund •
Heft Nr. 5/21

► **21. – 22.09.21**
Fachtagung Oberbausch-
weißtechnik 2021,
Hannover • **Heft 9/21**

► **22.09.21**
21. VDEI Vermessungs-
technische Fachtagung,
Hannover • **Heft 9/21**

► **22.09. – 24.09.21**
18. Internationale
Schienenfahrzeugtagung,
Dresden • **Heft 9/21**

► **30.09.21**
17. VDEI Fachtagung
Konstruktiver Ingenieur-
bau, Berlin • **Heft 9/21**

► **30.09. – 01.10.21**
2. DACH-Kongress:
Grenzüberschreitender
Verkehr der Zukunft,
Friedrichshafen •
Heft 9/21

**MAI
2021**

**JUNI
2021**

**JULI
2021**

**SEPTEMBER
2021**

**OKTOBER
2021**

► **14. – 16.06.21**
VDV Jahrestagung 2021,
Hamburg • **Heft 6/21**

► **10. – 11.06.21**
Wiener Eisenbahn-
kolloquium, Wien •
Heft Nr. 6/21

► **21.07. – 22.07.21**
5. Additive
Manufacturing Forum,
Berlin • **Heft Nr. 7/21**

► **11.10. – 15.10.21**
ITS World Congress, Hamburg •
Heft Nr. 10/21

► **25. – 26.10.21**
19. VDEI Fachtagung Telekommu-
nikation, Fulda • **Heft Nr. 10/21**

Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

Änderungen vorbehalten. **Weitere Infos: Silke Härtel • 040/237 14-227 • silke.haertel@dvvmedia.com**