

# Schraubverbindungen im Stahlbau und bei Verankerungen

Im Bereich des Konstruktiven Ingenieurbaus gelten für Schraubverbindungen zusätzliche Regelungen, die bei der Planung und Ausführung zu beachten sind.

**ALEXANDER SCHMACKPFEFFER | MAGNUS HELLMICH | IVO LEHMANN | JÖRG LUTZENS**

**Bei der stichprobenhaften Überprüfung der Ausführung nach den freigegebenen Plänen auf der Baustelle werden auch die Verschraubungen durch den durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) anerkannten Prüfsachverständigen in Augenschein genommen. Im Zuge der Errichtung einer Lärmschutzanlage kam es zur fachlichen Diskussion bzgl. der Verschraubungen an einem Stahltorsionsbalken. Daraus entstand die Motivation, den aktuellen Regelungsstand hier zusammenzufassen.**

Im Infrastrukturbereich der Eisenbahnen des Bundes sind Schraubverbindungen allgegenwärtig, z. B. bei Brücken, Signalanlagen, Lärmschutzanlagen, Bauzuständen, Baubehelfen, Instandsetzung u. a. m.

Im Folgenden wird ein Überblick gegeben, was bei der Planung und Ausführung von Schraubverbindungen zu beachten ist. Aufgrund der umfangreichen Normierung sind verschiedene Regelwerke zusammenzuführen.

Geschraubte Verbindungen gehören zu den lösbaren Verbindungen und ermöglichen im Schadens- oder Bedarfsfall den Austausch von einzelnen Konstruktionsbauteilen. Im Folgenden werden die Regelungen im An-

wendungsbereich der Konzernrichtlinie Handbuch 80400 [1] betrachtet. Der Artikel befasst sich hauptsächlich mit den reinen Stahlbauschraubverbindungen nach DIN EN 1993-1-8 [2]. Untergeordnet werden noch Verankerungen in Beton mittels zugelassener Bauprodukte betrachtet.

## Geschraubte Stahlbauverbindungen

Bei der Planung von Stahlbauverbindungen als Schraubverbindungen sind die unterschiedlichen Belastungsarten bzw. -richtungen zu unterscheiden. Schraubverbindungen werden nach [2] unterschieden in Scherverbindungen und Zugverbindungen. Eine weitere Unterteilung erfolgt in fünf Kategorien:

- Kategorie A: Scher-/ Lochleibungsverbindung
- Kategorie B: Gleitfeste Verbindung im Grenz-zustand der Gebrauchstauglichkeit
- Kategorie C: Gleitfeste Verbindung im Grenz-zustand der Tragfähigkeit
- Kategorie D: Zugverbindung – nicht vorgespannt
- Kategorie E: Zugverbindung – vorgespannt.

Nach DIN EN 1993-1-8/NA [3] gilt zum einen, dass die Verwendung von Schrauben der Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 für die Anwendung im Stahlbau nicht zulässig ist und zum anderen, dass galvanisch verzinkte Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 aufgrund der bestehenden Gefahr von Wasserstoffversprödung

nicht verwendet werden dürfen. Galvanisch verzinkte Schraubengarnituren dürfen nicht im Geltungsbereich der RILF 804 verwendet werden [9].

Bei Sacklochverbindungen werden Schrauben über den Schraubenkopf angezogen. Verfahren zum planmäßigen Vorspannen solcher Verbindungen sind in dem aktuellen Normenwerk dahingehend geregelt, dass für das Vorspannen von Schrauben in Sacklochverbindungen nach [3] immer eine Verfahrensprüfung erforderlich ist. Die Anforderungen dafür sind in [8] enthalten. Bei der Montage muss dazu eine Verfahrensweisung auf Basis der Verfahrensprüfung auf der Baustelle vorliegen. Regelungen zu erforderlichen Einschraub-tiefen bei Sacklochverbindungen sind DIN EN 1993-1-8 NCI zu 3.5 zu entnehmen.

Um bei Schraubverbindungen im Brückenbau Schlupf zu vermeiden, sind nach DIN EN 1993-2 [4] in der Regel alle Verbindungen in Tragwerksteilen der Brücke als vorgespannte Schraubverbindungen der Kategorie B oder C auszuführen. Alternativ dürfen Passschrauben oder Nietverbindungen verwendet werden. Durch die Prägung am Schraubenkopf kann zwischen den unterschiedlichen Schraubklassen HV (hochfest vorgespannte Schraube) und HVP (hochfest vorgespannte Passschraube) unterschieden werden.

Nach [4] i. V. m. Nationaler Anhang DIN EN 1993-2/NA [5] ist bei Verwendung



**Abb. 1:** Ansicht Stahltorsionsbalken

Quelle: A. Schmackpfeffer



Abb. 2: Einsatz von HVP-Schrauben bei einem Stirnplattenstoß

Quelle: A. Schmackpfeffer

verschiedener Verbindungsmittel im selben Anschluss oder Stoß auf die Verträglichkeit der Formänderungen zu achten. Nach [1], Ril 804.4101, sind hybride Verbindungen im Eisenbahnbrückenbau nicht zulässig. Ausnahmen bei der Sanierung bestehender Brücken sind in der Konzernrichtlinie Handbuch 80500 [16] geregelt.

Die Ril 804.4101 regelt weiterhin, dass bei Wirken von Eisenbahnverkehrslasten vorgespannte Verbindungen der Kategorien C oder E nach DIN EN 1993-1-8, Abs. 3.4 mit „voller Vorspannung“ zu verwenden sind. Kleinere Vorspannkraft sind nur bei Berücksichtigung in der Bemessung zulässig. Teile von Schraubengarnituren voll vorgespannter Verbindungen dürfen nicht wiederverwendet werden. Werden im Zuge der Ausführungsplanung planmäßig vorgespannte Schraubverbindungen vorgesehen, so ist die zugehörige Vorspannkraft auf den Ausführungszeichnungen mit anzugeben. Die statisch-konstruktive Prüfung erfolgt i. d. R. durch den beauftragten Prüfsachverständigen (PSV) Tätigkeitsbereich Stahlbau.

Zu den Fertigungs- und Montageunterlagen gehören nach ZTV-ING [6] auch die Ausführungs-

anweisungen (Schraubenweisung) für planmäßig vorgespannte Verbindungen. Diese werden bei der Zertifizierung von Stahlbaubetrieben nach DIN EN 1090 für das Verschrauben geprüft. Vor der Herstellung der Verschraubungen sind diese Anweisungen von der ausführenden Firma vorzulegen.

Durch die Bauüberwachung des Bauherrn ist die Ausführung der Verschraubung auf Grundlage der Schraubenweisung zu überwachen. Im Zuge der Herstellung des Stahlbaus sind „Ausführungsprotokolle der planmäßigen Vorspannarbeiten an Schraubverbindungen“ gem. ZTV-ING 4-1, 8 (1) d [6] zu erstellen. Für gleitfeste Schraubverbindungen ist die Protokollierung in M-BÜ-ING 4-1, 5 (32) [14] geregelt. Beispiele zu Protokollen sind in [15] enthalten. Die aufgebrachten Anziehungsmomente sind zu kontrollieren. Häufigkeit und Umfang der Überprüfungen sind abhängig von der Ausführungsklasse (EXC) des Bauteils. Auch diese Arbeiten sind zu dokumentieren. Das Verschraubungsprotokoll ist gemäß [9], Tab. 14 Bestandteil der Bauteildokumentation.

Durch die „Verwaltungsvorschrift für die Überwachung der Erstellung im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau“ (VV BAU IOH)

des EBA, Anhang 4 [10] ist vorgegeben, dass die Abnahme von planmäßig vorgespannten Verbindungen (HV-Schrauben) zu den protokollpflichtigen Tätigkeiten gehört und durch die zuständige Bauüberwachung oder durch die Qualitätssicherung Projekte Infrastruktur der DB AG zu erfolgen hat. Die Abnahme kann unter Beteiligung des mit der Prüfung der bautechnischen Unterlagen beauftragten PSV erfolgen.

Unterliegen die Arbeiten der „Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem“ (EIGV) [10], so sind die Abnahmeprotokolle der planmäßigen Vorspannarbeiten an Schraubverbindungen auch der Inbetriebnahmedokumentation bei der Erstellung von Bauwerken gem. § 16 (1) 7. bzw. bei Aufrüstung oder Erneuerung gem. § 30 (1) hinzuzufügen.

Stahlbau ausführende Firmen mit HPQ-Zertifizierung EXC3DB sind für das Ausführen bzw. Herstellen vorgespannter Schraubverbindungen auf Grundlage der DIN EN 1090-2 hinreichend qualifiziert.

Um Schraubverbindungen auf die Soll-Kraft anzuziehen, stehen verschiedene Anziehverfahren zur Verfügung. Die verschiedenen Ver-



Abb. 3: Stahlbauschrauben

Quelle: I. Lehmann





**Abb. 4:** Die Struktur der Keilsicherungsscheiben prägt sich durch das Vorspannen ins Grundmaterial ein.

Quelle: A. Schmackpfeffer

fahren sind in der DIN EN 1090-2 [7] und in der DASt-Richtlinie 024 [8] ausführlich beschrieben. Bei der Auswahl der Anziehverfahren macht der DBS 918 005 [9] Einschränkungen, so ist das Modifizierte Drehmomentverfahren nur unter den in [7] genannten Randbedingungen anwendbar

Darüber hinaus gibt es in [9] noch weitere konstruktive Festlegungen. Z.B. muss bei vorgespannten Schrauben sowohl kopfseitig als

auch mutterseitig eine flache Scheibe mit Fase angeordnet werden, und für die Anwendung von HV-Garnituren M39 bis M72 gilt DASt-Richtlinie 021 unter Berücksichtigung der Vorgabe, dass es bei Anwendung dieser Garnituren einer Unternehmensinternen Genehmigung (UiG) bedarf. Im Geltungsbereich der RilF 804 [1] müssen Schraubverbindungen aufgrund von Schwingungsbeanspruchungen gesichert werden. Es sind nur Losdrehsicherungen zu-



**Abb. 5:** Anschluss eines in die LSW integrierten OLA-Mastes

Quelle: A. Schmackpfeffer

lässig. Dazu gehören das Vorspannen und die Sicherung mittels Keilsicherungsscheiben. Die Verwendung von Klebstoffen und Beschichtungen als Losdrehsicherung ist ausgeschlossen.

Beim Einsatz von Keilsicherungsscheiben ist auf einen gültigen Verwendbarkeitsnachweis zu achten, da hier angepasste Drehmomente vorgegeben werden. Beim Festlegen des erforderlichen Vorspannkraftniveaus ist zu berücksichtigen, dass in den Zulassungen der Hersteller üblicherweise von [7] abweichende Vorspannkraften angegeben sind. Zum Erreichen des Vorspannniveaus werden in Abhängigkeit des zulässigen Anziehverfahrens weiterführende Angaben gemacht.

### Verankerung in Beton

Bei Verankerungen in Beton stehen dem Planer unterschiedliche Varianten zur Verfügung. Es können schon bei der Herstellung des Massivbaus Verankerungselemente (z.B. Ankerkörbe) einbetoniert werden, oder die Verbindungsmittel werden nachträglich durch Bohrungen in den Beton eingebracht. Auf die entsprechenden Entscheidungskriterien soll hier nicht weiter eingegangen werden. Allerdings sei an dieser Stelle angemerkt, dass bei der Auswahl auch zu berücksichtigen ist, durch welche Schnittgrößen die Verankerung beansprucht wird. So dürfen Verankerungen aus Betonstählen nur Axialkräfte übertragen, und es ergibt sich die Notwendigkeit, zusätzliche Querkraft im Anschluss durch weitere Bauteile (z.B. Knaggen) abzuleiten. Bei der Auswahl von Verankerungen in Beton ist somit der jeweils zum Bauprodukt zugehörige, zugelassene Anwendungsbereich zu beachten (z.B. Außenbauteile, gerissener Beton, dynamische Beanspruchung).

Bei dem Einsatz von nur mechanisch wirkenden Verankerungen (z.B. Spreizanker) wird das Bohrloch nicht abgedichtet. Ohne zusätzliche Maßnahmen kann somit Feuchtigkeit eindringen und durch Korrosion oder Frost zur Schädigung des Bauteils führen. Bei sogenannten Verbund- oder Klebeankern kommt zusätzlich zum Stahlanker auch noch ein Verbundklebstoff zum Einsatz. Dieser hat dann auch eine abdichtende Wirkung im Bereich der Bohr- löcher. In Hinblick auf die Dauerhaftigkeit infolge Korrosion sei auch noch auf die Materialsortenwahl der Verbindungsmittel hingewiesen. Grundsätzlich sind Verankerungen in Beton nicht mehr ohne größeren Aufwand austauschbar. Somit entspricht die Einsatzdauer der Verankerungsmittel in Beton der Lebensdauer des Bauteils. Wenn kein zusätzlicher Korrosionsschutz vorgesehen ist und es das Lastniveau erlaubt, sind daher nichtrostende Stähle zu bevorzugen. Dabei sollten nach Ansicht der Autoren für Verbindungen im Regelungsbereich nach [1] nichtrostende Stähle unter Berücksichtigung der Korrosionsbeständigkeitsklasse (CRC) mind. III nach DIN EN 1993-1-4 [12] bzw. der Gruppe mind. A4 nach DIN EN ISO 3506-1 [13] zur Anwendung kommen (siehe auch [6]).



Abb. 6: Beispiele aufwendiger Verschraubungen

Quelle: I. Lehmann

**Zusammenfassung**

Geschraubte Verbindungen sind durch unser Normenwerk umfangreich geregelt. Im Eisenbahnbrückenbau sind hauptsächlich planmäßig vorgespannte Verbindungen erforderlich. Bei den vorgespannten Verbindungen sind die bahnspezifischen Vorgaben bei Planung und Ausführung zu beachten. Insbesondere die spezifischen Regelungen verwendeter Bauprodukte dürfen nicht unberücksichtigt bleiben.

Erforderliche Vorspannkräfte und das dazugehörige Anziehverfahren sind durch den Planer zu ermitteln und müssen auf den bautechnisch geprüften und freigegebenen Ausführungsplänen angegeben werden. Im Rahmen der weiteren Fertigungs- und Montageplanung sind Schraubenanweisungen vorzulegen. Bei der Ausführung der Verschraubungen sind die in Abhängigkeit des gewählten Anziehverfahrens aufgebrauchten Drehmomente bzw. Weiterdrehwinkel durch das ausführende Unternehmen zu protokollieren. Dabei ist die Bauüberwachung des Bauherrn im Zusammenhang mit der Protokollabnahme zu beteiligen. Zum Abschluss sind die Verschraubungen gemäß [8] zu überprüfen. Dabei ist die Bauüberwachung des Bauherrn mit einzubinden.

Vonseiten der Autoren wird insbesondere darauf hingewiesen, dass eine sorgfältige Ausführung der Verschraubung immer auf Basis einer Schraubenweisung zu erfolgen hat. Die Qualität der Arbeiten hängt von der Qualifikation des mit den Verschraubarbeiten beauftragten Unternehmens und der Erfahrung des ausführenden Personals ab. Bei Verankerungen in Beton sind Verbundanker aus nichtrostenden Stählen der Korrosionsbeständigkeitsklasse (CRC) mind. III bzw. der Gruppe mind. A4 zu bevorzugen. ■

**QUELLEN**

- [1] Handbuch 80400 / RILF 804 – Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Stand 01.10.2023
- [2] DIN EN 1993-1-8: 2010-12 – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [3] DIN EN 1993-1-8/NA:2020-11 – Nationaler Anhang zu Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [4] DIN EN 1993-2:2010-12 – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 2: Stahlbrücken
- [5] DIN EN 1993-2/NA:2022-02 – Nationaler Anhang zu Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 2: Stahlbrücken
- [6] ZTV-ING:2022-10 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
- [7] DIN EN 1090-2:2018-09 – Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
- [8] DAST-Richtlinie 024:2018 – Anziehen von geschraubten Verbindungen der Abmessungen M12 bis M36
- [9] DBS 918 005:2020-12 – Technische Lieferbedingungen für die Ausführung von stählernen Eisenbahnbrücken und sonstigen Ingenieurbauwerken
- [10] „Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem“ (EIGV)
- [11] VV Bau Verwaltungsvorschrift für die Überwachung der Erstellung im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau, Ausgabe 2019/I
- [12] DIN EN 1993-1-4:2015-10 – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nicht-rostenden Stählen
- [13] DIN EN ISO 3506-1:2020-08 – Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben
- [14] M-BÜ-ING:2022-01 – Merkblatt für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten
- [15] Schmidt, H.; Korth, J.-D.; Machura, G.; Podleschny, R.; Kammel, C.; Volz, M.: Ausführung von Stahlbauten. Kommentare zu DIN EN 1090-2 und DIN EN 1090-4. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2019, Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth-Verlag, Berlin, 2019
- [16] Handbuch 80500 / RILF 805 – Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken, Stand 01.01.2024



**Alexander Schmackpfeffer**  
 Prüfsachverständiger  
 IngenieurGruppe Bauen, Karlsruhe  
 alexander.schmackpfeffer  
 @ingenieurgruppe-bauen.de



**EURAIL-Ing., Dipl.-Ing.(FH), Ing. Magnus Hellmich**  
 SeniorExperte / ÜGG-Beauftragter  
 eurailing.hellmich@web.de



**Ivo Lehmann**  
 Leiter Qualitätssicherung  
 DB Bahnbau Gruppe GmbH  
 Brückenwerkstatt Dresden  
 ivo.lehmann@bahnbaugruppe.com



**Jörg Lutzens**  
 Prüfsachverständiger  
 Ingenieurbüro Lutzens, München  
 jlutzens@ib-lutzens.de