

03/05 steeldoc

Wetterfester Stahl



Brücken aus wetterfestem Stahl

Jean-Paul Lebet und Thomas Lang

Brücken aus wetterfestem Stahl sind langlebig und robust. In einer Studie am Lehrstuhl für Stahlbau (ICOM) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) wurde das Langzeitverhalten dieser Brücken untersucht.

Die Zielsetzung der Studie «Brücken aus wetterfestem Stahl» besteht darin, einen Beitrag zur Verbesserung der Kenntnisse über das Langzeitverhalten von wetterfestem Stahl im Brückenbau in der Schweiz zu liefern. Dazu werden sämtliche in der Schweiz bekannten Brücken mit Bauelementen aus wetterfestem Stahl systematisch untersucht. Zusammen mit den Erfahrungen aus ähnlichen Studien in verschiedenen Ländern (namentlich in Deutschland, den USA, England und in Japan) sollen den Bauherrschaften sowie den projektierenden Ingenieuren Informationen zu folgenden Punkten vermittelt werden:

- Langzeitverhalten des wetterfesten Stahls der in der Schweiz vorhandenen Brückenbauwerke
- Grundvoraussetzungen für die Anwendung von wetterfestem Stahl im Brückenbau
- Empfehlungen für den materialgerechten Detailentwurf von Brücken aus wetterfestem Stahl
- Empfehlungen für die Überwachung und den Unterhalt von Brücken aus wetterfestem Stahl.

Resultate

In der Schweiz stehen 36 Brücken aus wetterfestem Stahl unter Betrieb (1999). 54 davon konnten einer systematischen visuellen Untersuchung unterzogen werden. Die Resultate zeigen, dass sich die Stahlkonstruktionen insgesamt in einem guten Zustand befinden. Gleichwohl vorhandene Schäden treten nur sehr lokal auf. Sie sind grösstenteils auf unplanmässigen, durch mangelhaften Detailentwurf und vernachlässigten Unterhalt verursachten Zutritt von Wasser auf die Stahlkonstruktion zurückzuführen.

Die durchgeführten Blechdickenmessungen zeigen, dass die Blechdicken auch nach bis zu 30-jähriger Bewitterung generell über den entsprechenden nominalen Werten liegen. Auch in ästhetischer Hinsicht hinterlassen die untersuchten Bauwerke generell einen durchaus überzeugenden Eindruck.

Um ein günstiges Langzeitverhalten des wetterfesten Stahls zu gewährleisten, muss die Entstehung von Dauerfeuchtigkeit auf der Stahlkonstruktion verhindert werden. Dazu sind die folgenden drei Grundvoraussetzungen zu erfüllen:

- **Umgebungsbedingungen:** Wetterfester Stahl soll nur dort eingesetzt werden, wo durch die lokalen klimatischen und topographischen Verhältnisse sichergestellt ist, dass die Stahlkonstruktion nicht über längere Zeit durch Schlagregen oder Spritzwasser oder infolge hoher Luftfeuchtigkeit nass ist.
- **Materialgerechter Detailentwurf:** Bauwerke aus wetterfestem Stahl sind grundsätzlich so zu entwerfen, dass Wasser von der Stahlkonstruktion ferngehalten wird. Da dies nie ganz gelingt, sind die Stahlbauteile so auszubilden, dass dennoch auftretendes Wasser kontrolliert abtropfen oder abfliessen kann. Stützenköpfe und Widerlagerbänke sind so zu gestalten, dass das von der Stahlkonstruktion abfliessende Wasser gefasst und abgeleitet wird, ohne die sichtbaren Bauteilflächen zu verschmutzen.
- **Überwachung und Unterhalt:** Durch regelmässige Überwachung können Mängel, welche den Zustand der Stahlkonstruktion beeinträchtigen, frühzeitig erkannt und allenfalls notwendige Massnahmen ergriffen werden. Durch regelmässigen Unterhalt soll der Zustand des gesamten Bauwerkes im Sinne



links: Strassenbrücke über die Rhone bis Illarsaz (Verbindungsstrasse Vionnaz-Aigle VD)
rechts: Strassenbrücke über die Saane (Enney-Estavannens FR)



der zwei erstgenannten Grundvoraussetzungen bewahrt werden. Gleichzeitig werden auch die während der Überwachung festgestellten Mängel beseitigt.

Soll die Stahlkonstruktion nachträglich ganz oder teilweise mit einem Oberflächenschutz versehen werden, so sind einige Besonderheiten des Werkstoffs wetterfester Stahl zu berücksichtigen.

Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Stahlkonstruktionen aus wetterfestem Stahl hinterliessen sowohl bezüglich ihres Korrosionsverhaltens wie auch in ästhetischer Hinsicht insgesamt einen guten Eindruck. Der mit dem Abrostungsvorgang verbundene Schwermetalleintrag in die Umgebung ist mengenmässig unbedenklich.

Auch wenn vertiefte wirtschaftliche Betrachtungen der realisierten Bauwerke fehlen, geht aufgrund von Schätzungen dennoch klar hervor, dass der Einsatz von wetterfestem Stahl auch aus ökonomischer Sicht eine interessante Alternative zum normalen Baustahl darstellt, nicht zuletzt dank dem Verzicht auf den unterhaltsintensiven Oberflächenschutz; dies wiederum ist auch in ökologischer Hinsicht vorteilhaft.

Literatur

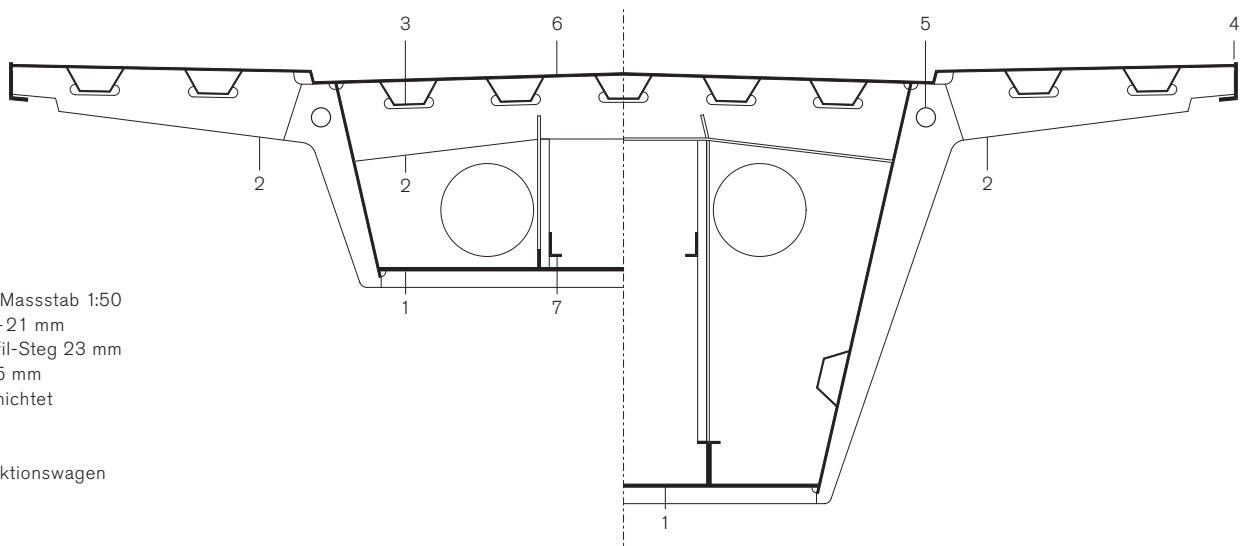
Lebet, J.-P., Lang, T. P., Brücken aus wetterfestem Stahl, VSS Nr. 562, Zürich, 2001 (Forschungsauftrag 87/98 AGB)



New-River-Gorge Brücke in West Virginia, USA, Spannweite 518 m, erbaut 1977.



Fussgänger- und Velobrücke über den Seerhein in Konstanz: Der Kastenträger ist gevoutet und spannt über drei Felder. Der Kragarm wurde ohne Untergurt als T-Träger mit dickerem Steg ausgebildet, um den Wasserabfluss zu optimieren (siehe Plan).



Brückenquerschnitt, Massstab 1:50

- 1 Kastenträger 14–21 mm
- 2 Querträger T-Profil-Steg 23 mm
- 3 Fahrbahnrippe 7,5 mm
- 4 Randträger, beschichtet
- 5 Abflussleitung
- 6 Brückenbelag
- 7 Schiene für Inspektionswagen

Planen und Bauen mit wetterfestem Stahl

Anwendungsgrenzen

Für den unbeschichteten wetterfesten Stahl liegen ungeeignete Standorte oder Bedingungen vor:

- wenn dauerfeuchtes Klima herrscht, so dass die Konstruktion mehr als 60 % der Zeit feucht bleibt und Feucht-Trocken-Wechsel nur selten auftreten.
- wenn hohe Luftfeuchtigkeit in Innenräumen bewirken kann, dass sich Kondenswasser auf der Konstruktion oder an und in Fassadenelementen niederschlägt (z. B. bei fehlender Dampfsperre).
- wenn Dauerfeuchtigkeit in speziellen Details der Konstruktion (z. B. in Spalten oder in offenen Hohlräumen) auftreten würde.
- wenn Konstruktionsglieder weniger als 1 m über der Erde oder über der Vegetation oder weniger als 2,5 m über stehendem und 3,0 m über fließendem Wasser liegen. Diese Werte gelten bei ungünstiger Belüftung.
- wenn Bewuchs von der Konstruktion nicht fern gehalten werden kann. Die Konstruktion bleibt dadurch nach dem Regen sehr lange feucht.
- bei starkem Meereseinfluss durch die dort vorhandenen hohen Chloridanteile in der Atmosphäre.
- in direktem Einflussbereich von besonders aggressiver Industrielatmosphäre, aggressivem Industrienebel oder Industrierrauch.
- wenn die Konstruktion regelmässig Streusalzwasser ausgesetzt ist, das der Regen nicht abspülen kann (z. B. bei Brückenteilen, die niedrig über oder unter Strassen mit Salzsprühnebel liegen).
- wenn Rostprodukte und ablaufendes Rostwasser empfindliche Materialien erreichen und verschmutzen können.

Verhindern von Dauerfeuchtigkeit

- Die Konstruktion ist so auszuführen, dass keine Wassersäcke entstehen.
- Es darf sich keine Erde, kein Staub, Schmutz oder Laub usw. ansammeln können, denn darin können sich Wasser und Kondenswasser halten.
- Ein Gefälle ist insbesondere bei direkt benetzten Stahloberflächen so vorzusehen, dass das Wasser rasch und gezielt abläuft.
- Wasser, das von anderen Bauteilen abläuft, darf die Stahlkonstruktion nicht erreichen und lange feucht halten können.

- Die Konstruktion ist so auszubilden, dass die Stahlteile gut belüftet sind.
- Bewuchs ist von der Konstruktion fernzuhalten, um eine gute Belüftung zu gewährleisten.
- Spalte, in denen sich Wasser aus direkter oder indirekter Benetzung oder durch Kapillarwirkung halten kann, sind zu vermeiden. Sehr dichte Spalten, die z. B. durch Verbindungsmittel so zusammengepresst werden, dass sie der sich in ihnen bildende Rost nicht aufweiten kann, sind nicht gefährlich.
- Innen unzugängliche Hohlkörper müssen insbesondere bei direkter Benetzung dicht sein, damit kein Wasser eindringen oder durch Unterdruck eingesaugt werden kann.
- Innen zugängliche Hohlkästen sollten keine grösseren Öffnungen besitzen, damit Kondenswasser durch eindringende Aussenluft möglichst vermieden wird.
- Kondenswasser auf wetterfestem Stahl in Innenräumen ist zu vermeiden, oder die betroffenen Stahlflächen sind mit geeigneten Beschichtungen zu versehen.
- Ins Innere von Fassadenelementen mit integrierter Wärmedämmung darf weder von der Gebäudeaussen- noch von der Innenseite aus Wasser oder Wasserdampf eindringen. Es entsteht sonst in ihnen Dauerfeuchtigkeit, und sie rosten von innen her.
- Die Verbindungsstellen von Fassadenelementen dürfen keine Überlappungen und ungünstige Spalte aufweisen, in die Feuchtigkeit einziehen kann. Auch undichte oder undicht werdende Fugen (z. B. bei so genannten «dauerelastischen» Materialien) sind schädlich.

Kontaktkorrosion vermeiden

- Leitende Verbindungen von wetterfestem Stahl mit elektrochemisch edleren Werkstoffen, wie z. B. hochlegierten Edelstählen, Kupfer, Blei oder Zinn, und unedleren Werkstoffen, wie z. B. Zink oder Aluminium, sind bei direkter Benetzung zu vermeiden. Bei indirekter Benetzung können solche Verbindungen je nach Massenverhältnis der Metalle vertretbar sein.

Ungleichmässige Färbung vermeiden

- Bei sichtbaren Oberflächen muss aus ästhetischen Gründen immer die Walzhaut entfernt werden, damit sich eine gleichmässige Färbung einstellen kann.
- Örtlicher Wasserablauf auf der Oberfläche führt zu Ablaufschlieren.
- Durch Bewuchs verunreinigtes oder mit Pflanzensäften angereichertes Wasser kann die Stahloberfläche verfärben.
- Bei Flächen, die teils direkt und teils indirekt oder durch Kapillarwasser benetzt werden, können vom Betrachter gewisse Farbunterschiede registriert werden.

Verschmutzungen bei Fertigung, Transport und Montage vermeiden

- Verschmutzungen, z. B. durch Öl, Farbkreiden, Putzmittel oder andere Stoffe, sind zu vermeiden.
- Fertigungs- oder Montagemarkierungen haben so zu erfolgen, dass sie einfach beseitigt werden können.
- Die Lagerung der Stahlteile vor oder während der Montage darf weder Schlieren, Verschmutzungen noch Schäden bewirken.

Vermeiden, dass schadhafte andere Bauelemente zu Verschmutzungen oder Schäden führen

- Entwässerungsleitungen und Wassereinläufe müssen so angeordnet oder ausgebildet werden, dass durch mögliche Lecks oder Verstopfungen derselben die Stahlkonstruktion nicht verschmutzt oder beschädigt wird.
- Die Konstruktion von Brücken ist so auszubilden, dass ein undicht gewordener Fahrbahnübergang keine Schäden oder Mängel an der benachbarten Stahlkonstruktion hervorrufen kann.
- Stahlteile sollten dort vorbeugend beschichtet werden, wo allenfalls undicht werdende Dampfsperren Kondensat erzeugen würden.

Verschmutzung angrenzender Bauteile vermeiden

- Die Ausbildung der ganzen Konstruktion sollte so erfolgen, dass Verschmutzungen angrenzender Bauteile durch Rostwasser nicht möglich sind.
- Der Wasserablauf muss geplant werden und somit kontrolliert erfolgen. Dabei sind auch Windwirkungen zu beachten, insbesondere bei Wasserspeichern.
- Kann nicht vermieden werden, dass Wasser mit Rostprodukten über angrenzende Bauteile abläuft, so müssen für diese Bauteile geeignete Baustoffe oder Farben gewählt werden.
- Auch bei Fertigung, Transport und Montage müssen Verschmutzungen durch geeignete Massnahmen vermieden werden. So kann z. B. beim Betonieren der wetterfeste Stahl oder während der Stahlbaumontage ein fertiges Betonbauteil verschmutzt werden. Möglicherweise kann die anschliessende Beseitigung solcher Verschmutzungen preisgünstiger sein als ihre Vermeidung.

Schädigungen von anderen Bauteilen durch auftreibenden Rost vermeiden

- In grösseren Spalten, die nicht hinreichend gepresst sind, kann auftreibender Rost entstehen. Dieser auftreibende Rost kann angrenzende Bauteile wie Glasscheiben, Betonteile oder Verbindungsmittel durch die dabei entstehenden Kräfte schädigen, z. B. Betonteile absprengen. Können Spalten nicht vermieden oder hinreichend gepresst werden, sind dort geeignete Beschichtungssysteme auf den Stahl aufzubringen.

Inspektion und Wartung der Konstruktion

- Die Konstruktionen müssen von Zeit zu Zeit kontrolliert werden. Hierbei ist zu prüfen, ob die ursprünglichen Rahmenbedingungen noch gegeben sind (z. B. Vegetationsnähe, Bewuchs, Bodenabstand).
- Allfällige Schäden oder Konstruktionsmängel sind zu beseitigen (z. B. undicht gewordene Fugen oder Dampfsperren, Schmutzansammlungen auf der Stahlkonstruktion).
- Entwässerungsleitungen und Wassereinläufe sind auf Dichtheit und Funktionsfähigkeit zu überprüfen und gegebenenfalls auszubessern.

Impressum

steeldoc 3/05, September 2005
Bauen in Stahl
Bautendokumentation des Stahlbau Zentrums Schweiz

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich
Evelyn C. Frisch, Direktorin

Designkonzept:
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Redaktion und Layout:
Evelyn C. Frisch, Zürich

Technische Korrekturlesung:
Stephan Zingg, SZS

Texte:
Manfred Fischer (Thema)
Evelyn C. Frisch (ef)

Fotos und Pläne:
Titel: Katsuhisa Kida, Tokio
Thema: Manfred Fischer, Stuttgart; Alessandra Chemollo,
Venedig (S. 5); Heinrich Helfenstein, Zürich (S. 9);
Eduard Hueber, New York (S. 10)
Brücken aus wetterfestem Stahl: Thomas Lang, Manfred Fischer
Museum in Matsunoyama: Katsuhisa Kida, Tokio
Museum in Kalkriese: Heinrich Helfenstein, Zürich;
Klemens Ortmeier, Braunschweig; Gigon&Guyer, Zürich

Quellen:
Thema: Merkblatt 434, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf;
Detail 4/2005. Museum Matsunoyama: Detail 4/2005.
Museum Kalkriese: Detailpläne aus Detail 1+2/2003. Übrige
Pläne und Projektangaben stammen von den jeweiligen Planern.

Administration, Abonnemente, Versand:
Andreas Hartmann, SZS

Druck:
Kalt-Zehnder-Druck AG, Zug

ISSN 0255-3104

Jahresabonnement Inland CHF 40.–/Ausland CHF 60.–
Einzelexemplar CHF 15.–
Preisänderungen vorbehalten.

Bauen in Stahl/steeldoc® ist die Bautendokumentation des
Stahlbau Zentrums Schweiz und erscheint mindestens viermal
jährlich in deutscher und französischer Sprache. Mitglieder
des SZS erhalten das Jahresabonnement und die technischen
Informationen des SZS gratis.

Die Rechte der Veröffentlichung der Bauten bleiben den
Architekten vorbehalten, das Copyright der Fotos liegt bei den
Fotografen. Ein Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit
schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei deutlicher
Quellenangabe gestattet.