

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gabrys, Ulrike

Instandsetzung von Stahlwasserbauten: Empfehlungen zu Ermüdungsfestigkeitsnachweisen, zur Materialauswahl und zu Schweißarbeiten

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105537>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

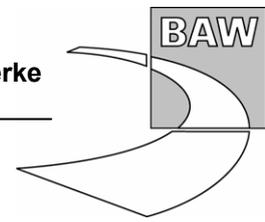
Gabrys, Ulrike (2006): Instandsetzung von Stahlwasserbauten: Empfehlungen zu Ermüdungsfestigkeitsnachweisen, zur Materialauswahl und zu Schweißarbeiten. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Sicherheit, Dauerhaftigkeit und Instandsetzung bestehender Wasserbauwerke. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 61-66.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Dipl.-Ing. U. Gabrys, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

Instandsetzung von Stahlwasserbauten: Empfehlungen zu Ermüdungsfestigkeitsnachweisen, zur Materialauswahl und zu Schweißarbeiten

Zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Dauerhaftigkeit von Stahlwasserbauten sind im Nutzungszeitraum dieser Bauwerke Instandsetzungen unterschiedlichster Art erforderlich.

Sicherheit und Dauerhaftigkeit

Was versteht man aber eigentlich unter den Begriffen „Sicherheit“ und „Dauerhaftigkeit“?

In der DIN 1055-100 /1/ wird die Sicherheit als die "Fähigkeit des Tragwerkes zur Sicherung von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, die eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung verhindert." bezeichnet und der Begriff Dauerhaftigkeit als "Fähigkeit des Tragwerkes und seiner Teile, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit während der gesamten Nutzungsdauer sicherzustellen." definiert. Auch die DIN 18800-1 /2/ liefert eine Definition zur Tragsicherheit, die unter anderem ausführt, dass mit dem Nachweis der Tragsicherheit belegt wird, dass das Tragwerk während seiner Errichtung und der gesamten Nutzung gegen Versagen ausreichend sicher ist.

Um die Tragsicherheit eines Stahlwasserbauwerkes über die gesamte Nutzungsdauer aufrecht zu erhalten, sind Instandsetzungen unterschiedlichster Art erforderlich. Unter einer Instandsetzung versteht man nach DIN 31051 Kap. 4.1.4 /3/ eine "Maßnahme zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen". Diese Instandsetzungen können an bestimmten Bauwerksteilen wie einzelnen Riegeln oder Aussteifungen erforderlich werden, aber auch den Teilersatz eines Tragwerkes umfassen. Auch die Erneuerung des Korrosionsschutzes einhergehend mit unterschiedlichsten Reparaturen, wie z. B. Rissverschweißungen, Ersatz fehlender oder loser Verbindungsmittel, Aufarbeiten beweglicher Teile und Dichtungersatz, sind Instandsetzungen.



Bild 1: Schiebetor Kiel-Holtenau



Bild 2: Schiebetor Schleuse Brienen

Des Weiteren waren in den letzten Jahren an einigen geschweißten Verschlüssen Verstärkungsmaßnahmen infolge mangelnder Ermüdungsfestigkeit erforderlich.

Ermüdungsfestigkeit

Mitte der 90ziger Jahre wurde per Erlass von den Wasser- und Schifffahrtsämtern (WSÄ'en) gefordert, dass für die vor 1987 gebauten, geschweißten Verschlüsse ein nachträglicher Ermüdungsfestigkeitsnachweis zu führen ist. In der Regel sind solche Ermüdungsfestigkeitsnachweise nur für geschweißte Schleusenverschlüsse relevant. In der DIN 18800-1 /2/ werden im Element (741) zwei Ausschlusskriterien genannt. Das auf die Spannungsspielzahl bezogene Kriterium macht z. B. bei geschweißten Wehrverschlüssen wegen der geringen Zahl der Lastspiele meistens den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit nicht erforderlich.

Wird jedoch, auch im Rahmen einer Instandsetzungsmaßnahme, ein Ermüdungsfestigkeitsnachweis geführt, so sind von Seiten des Auftraggebers, in diesem Fall seitens der ausschreibenden Wasser- und Schifffahrtsämter, dem beauftragten Ingenieurbüro spezielle Angaben bzw. Planungsunterlagen zu liefern, wie z.B.

- Bemessungswasserstand
- Lastspielzahl
- Statik (falls vorhanden)
- Ausführungszeichnungen (falls vorhanden)
- Auflistung der bekannten und dokumentierten Schäden

Beim Ermüdungsnachweis von Stahlwasserbauten wird i. d. R. das so genannte Wöhlerkonzept mit normierten Ermüdungsfestigkeitskurven (Kerbfallkategorien) zu Grunde gelegt. Durch den Auftragnehmer ist besonderes Augenmerk auf die Festlegung der Kerbfälle zu richten .

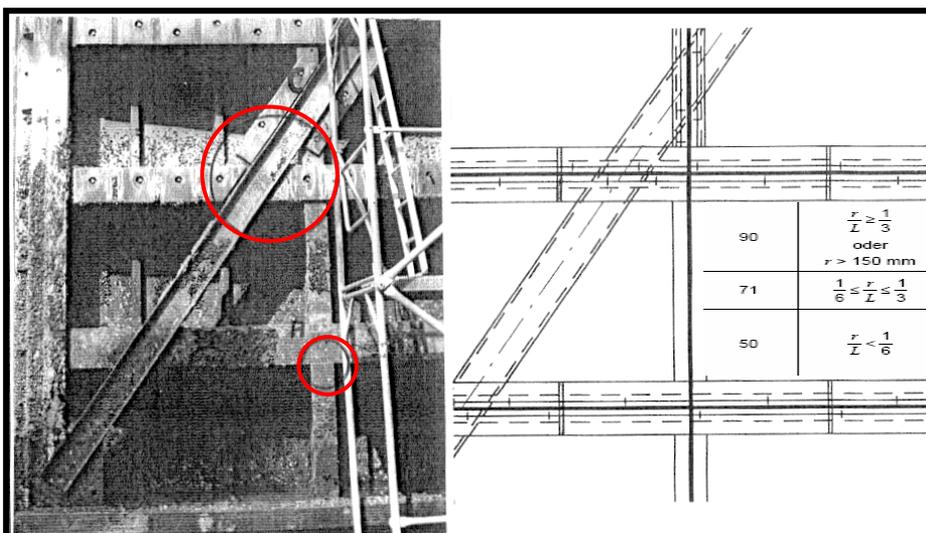
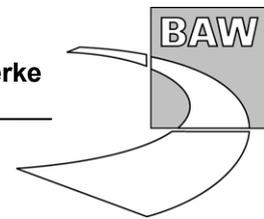


Bild 3: Eingruppierung eines geschweißten Anschlusses in eine Kerbgruppe

Nach der Festlegung der Kerbfälle kann unter Beachtung der tatsächlichen Lastspielzahl der Ermüdungsfestigkeitsnachweis geführt werden. Unter der Lastspielzahl versteht man die Schleusungen (Berg+Tal) pro Tag multipliziert mit den Betriebstagen pro Jahr multipliziert mit der Gesamtnutzungsdauer des Tragwerkes. Bei einer Ermüdungsfestigkeitsberechnung im Rahmen einer Instandsetzung sind die während der bisherigen Nutzung aufgetretenen Last-



spiele zu berücksichtigen und für die Restnutzung die für die Wasserstraße relevanten, prognostizierten Schleusungen.

In der Regel kann ein Ermüdungsfestigkeitsnachweis bei genieteten Verschlüssen erfolgreich geführt werden.

Sollte sich bei einem Ermüdungsfestigkeitsnachweis zeigen, dass ein Verschluss (meistens Schleusenverschluss) nicht ermüdungssicher ist, so sind die betroffenen Bereiche zu verstärken, um das vorhandene Spannungsniveau zu reduzieren oder um einen günstigeren Kerbfall zu erzeugen. Dies kann durch:

- Aufschrauben von Blechen/Profilen
 - Einschweißen von Blechen/Profilen
 - Aufschweißen von Blechen/Profilen
 - oder einer Teilerneuerung
- erfolgen.

Manchmal stellt aber auch der Ersatz des gesamten Verschlusses die wirtschaftlichere Lösung dar /4/.

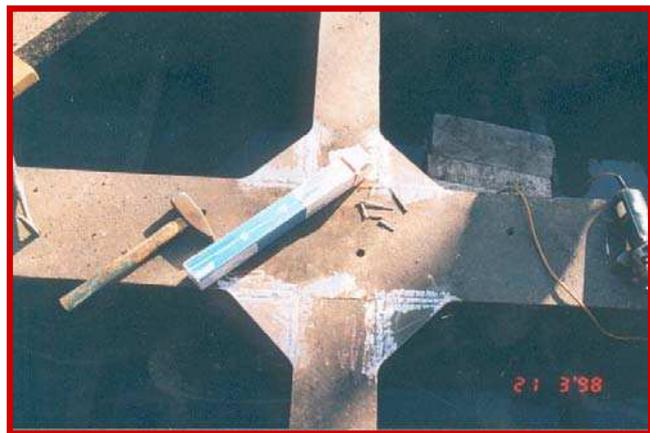


Bild 4: Ermüdungsgerechte Verstärkung

Um einige der in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) üblichen geschweißten Anschlüsse hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeit genauer berechnen zu können, wurde durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ein Forschungsprojekt initiiert. Untersuchungsbestandteil dieses Projektes war die zerstörende Prüfung von Teilkonstruktionen, die zwei häufig vorkommende Kerbfälle abbilden. Diese beiden Kerbfälle sind nicht im Kerbfallkatalog der DIN EN 1993-1-9 /5/ zu finden. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes liegen inzwischen der BAW vor. Bei Nachrechnung bestehender Konstruktionen oder auch beim Neubau von Schleusenverschlüssen können zukünftig auch diese beiden Kerbfälle einer Ermüdungsfestigkeitsberechnung zu Grunde gelegt werden.

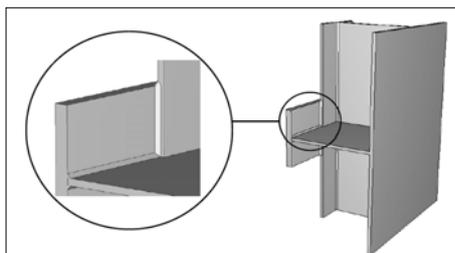


Bild 5: Version 1, Vertikalfansch wird hinter den Gurtflansch geführt

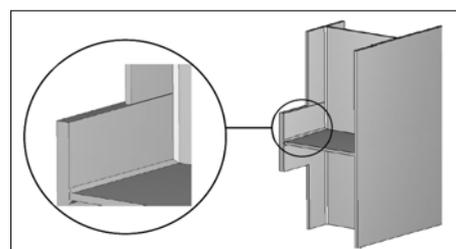
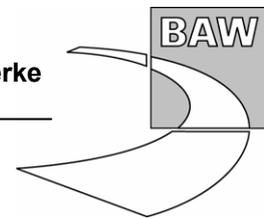


Bild 6: Vertikalfansch wird auf Gurtflansch geschweißt



Materialauswahl

Bei Instandsetzungen an Stahlwasserbauverschlüssen ist es oftmals erforderlich, vorhandene Profile und Bleche zu ersetzen, bzw. es müssen Verstärkungen eingeschweißt oder aufgeschraubt werden. Oftmals kann für den Stahl ein, laut ZTV-W 216, erforderliches 3.1 C-Zeugnis (nach neuer DIN EN 10204: 3.2 Zeugnis) nicht mitgeliefert werden. Jedoch lässt die ZTV-W 216 /6/ auch zu, dass bei kleineren Mengen davon abgewichen werden kann. Allerdings liefert die ZTV-W 216 keine Angaben hinsichtlich des Begriffs "kleine Mengen" und muss daher durch den Auftraggeber definiert werden. Anhand der ggfs. mitgelieferten Zeugnisse (2.2, 2.3 oder 3.1B) ist vorab zu prüfen, ob der Stahl den gewünschten Qualitätsanforderungen entspricht. Sollten hinsichtlich der bescheinigten Materialgüten Zweifel bestehen, so sind Nachprüfungen wie Zugprüfung, Kerbschlagbiegeprüfung und chemische Analyse am einzubauenden Stahl zu veranlassen. Soll der Stahl in hochbeanspruchten Bereichen (z.B. Zuggurte an Riegeln, Lasteinleitungsbereiche, Endschotte) eines Verschlusses eingesetzt werden, so empfiehlt es sich, eine Nachprüfung zu beauftragen, falls kein 3.1C-Zeugnis (nach neuer DIN EN 10204: 3.2 Zeugnis) vorliegt. Für untergeordnete Bauteile, wie Aussteifungen, kann von einem 3.1C-Zeugnis (nach neuer DIN EN 10204: 3.2 Zeugnis) abgesehen werden. In der Regel werden Stahlwasserbauten aus S235 hergestellt. Auch für Instandsetzungen ist dieser Stahl bevorzugt einzusetzen. Im BAW-Brief Nr. 3 /7/ von 1999 wurde detailliert auf die Verwendung von Feinkornbaustählen in der WSV eingegangen. Dies soll daher hier nicht weiter erörtert werden.

Seit Januar 2005 liegt eine überarbeitete DIN EN 10204 "Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen" vor. In dieser Norm werden neue Begriffe wie „Hersteller“, „Händler“, „Erzeugnisspezifikationen“ aufgeführt und die Anzahl der Prüfbescheinigungen verringert. Das Werkprüfzeugnis 2.3 wurde gestrichen, das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ersetzt das "alte" 3.1B-Zeugnis und das Abnahmeprüfzeugnis 3.2 ersetzt die 3.1A-; 3.1C- und 3.2-Zeugnisse.

EN 10204:2004 (D)

Anhang A
(informativ)

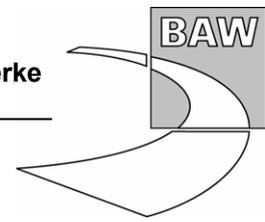
Zusammenstellung der Prüfbescheinigungen

Eine Zusammenstellung der Prüfbescheinigungen ist in Tabelle A.1 angegeben.

Tabelle A.1 — Zusammenstellung der Prüfbescheinigungen

Art	Bezeichnung der Prüfbescheinigungen nach EN 10204			Inhalt der Bescheinigung	Bestätigung der Bescheinigung durch
	Deutsch	Englisch	Französisch		
2.1	Werksbescheinigung	Declaration of compliance with the order	Attestation de conformité à la commande	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung	den Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Test report	Relevé de contrôle	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung	den Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Inspection certificate 3.1	Certificat de reception 3.1	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Inspection certificate 3.2	Certificat de reception 3.2	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller beauftragten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten

Bild 8: Tabellarische Übersicht der Prüfbescheinigungen aus der DIN 10204



Schweißen an Altstählen

Da viele Bauten in der WSV älter als 60 Jahre sind und an diesen auch immer wieder Instandsetzungen erforderlich werden, sind im Bezug auf eventuelle Schweißarbeiten an diesen Konstruktionen einige Aspekte zu beachten.

Generell ist anzumerken, dass von Schweißarbeiten an genieteten Konstruktionen abgesehen werden sollte.

Sind jedoch Schweißarbeiten unumgänglich, so sind an den zu verschweißenden Bereichen chemische Analysen durchzuführen. Diese werden an Spänen aus dem entsprechendem Bauteil vorgenommen. Oftmals liegen bei den Altstählen erhöhte Massengehalte an Stickstoff, Schwefel und Phosphor vor. Diese unerwünschten Stahlbegleiter können während und/oder nach dem Schweißen zu erneuter Rissbildung führen.

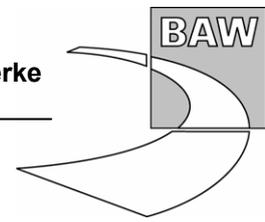
Um eine qualitativ gute Schweißung zu erhalten, sind zur Schweißnahtvorbereitung:

- das Abbohren des Rissendes
- die Kontrolle des Bohrloches auf Anrisse (visuell, mit Met-L-Check)
- das Thermische Ausfugen des Risses als Schweißnahtvorbereitung durchzuführen. /8/

Des Weiteren sind folgende Bedingungen nach /7/ zu beachten:

- Als Schweißzusatzwerkstoffe sind basische Elektroden zu benutzen. Die Elektrode ist nach der vorliegenden chemischen Analyse auszuwählen. Diese sind nach Herstellerangabe rückzutrocknen und auf der Baustelle aus dem Köcher zu verschweißen.
- Bei jedem Riss ist eine geeignete Schweißfolge festzulegen, so dass bei der Abkühlung lediglich geringe Schweißbeigenspannungen entstehen.
- Wenn bei geringen Temperaturen und feuchter Umgebung geschweißt wird, sollten die zu verschweißenden Bleche vorgewärmt werden, damit durch den Wärmeabfluss im Grundmaterial keine Martensit entsteht. Die Vorwärmtemperatur sollte 50-80 °C betragen. Bei ungünstigen Wetterverhältnissen ist eine Überdachung des Arbeitsbereiches vorzunehmen.
- Die Schweißer sollten nach DIN EN 287-1 geprüft sein.
- Auch für die Reparaturschweißungen gilt DIN 18800 Teil 7. Insbesondere sind die Anmerkungen zum Schweißen an nicht vorwiegend ruhenden Bauteilen zu beachten

Bei Schweißarbeiten in hochbeanspruchten Bauwerksbereichen wird empfohlen, einen externen Schweißfachingenieur zur Überwachung hinzuzuziehen.



Literatur

- /1/ DIN 1055: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln; Ausgabe März 2001
- /2/ DIN 18800-1: Stahlbauten - Bemessung und Konstruktion; Ausgabe November 1990
- /3/ DIN 31051: Grundlagen der Instandhaltung; Ausgabe Juni 2003
- /4/ Meinhold, W.: Instandsetzungsmöglichkeiten und –grenzen für Stahlwasserbauten, Mitteilungsblatt der BAW Nr. 83, Okt. 2001
- /5/ DIN EN 1993-1-9: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Ausgabe Juli 2005
- /6/ ZTV-W 216: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen Wasserbau für Stahlwasserbau, Leistungsbereich 216-1, Ausgabe 1998
- /7/ Gabrys, U.: BAW-Brief Nr. 3, 551-B: Schweißgeeignete höherfeste Feinkornbaustähle; Ausgabe 1999
- /8/ Gabrys, U.: BAW-Brief Nr. 2, 573-B: Schweißen an Altstählen; Ausgabe Juli 2003