
Meinhold, Wilfried

Klassifizierung stahlwasserbaulicher Kerbdetails

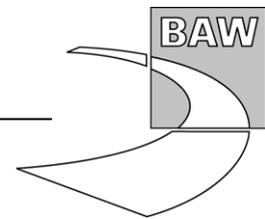
Verfügbar unter / Available at:

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/102083>

Vorgeschlagene Zitierweise / Suggested citation:

Meinhold, Wilfried (2010): Klassifizierung stahlwasserbaulicher Kerbdetails. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Forschung und Entwicklung Binnenverkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 19-23.

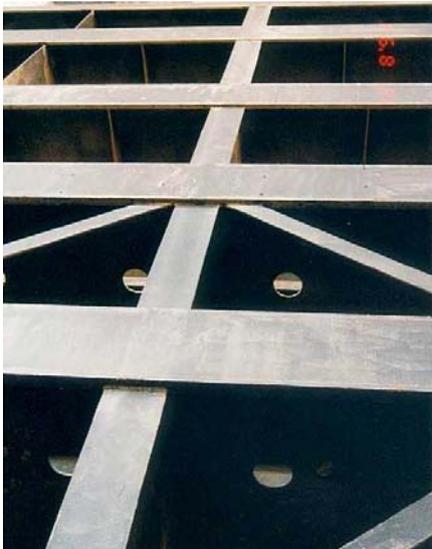




W. Meinhold, BAW Karlsruhe / Max Spannaus, Universität Karlsruhe
Klassifizierung stahlwasserbaulicher Kerbdetails

1 Problemstellung und Ziel

Wegen aufgetretener Risschäden haben in den zurückliegenden Jahren Problemstellungen der Ermüdungsfestigkeit für die Bemessung und Konstruktion geschweißter Stahlwasserbaukonstruktionen eine zunehmende, für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung letztlich auch kostenmäßige Bedeutung erlangt. Bekannt ist, dass konstruktions- und fertigungsbedingte Kerbwirkungen die entscheidende Ursache von Ermüdungsrissen in geschweißten Konstruktionen bilden.



Im Regelwerk sind einige Kerbdetails nicht erfasst bzw. anhand der Darstellung nicht eindeutig zuordnungsfähig.

Eine ältere, geschweißte, jedoch noch nicht schadhafte Riegelkonstruktion eines Hubtores zeigt Bild 1.

Bild 1: Typische Kerbfallsituation im Druckgurt-Bereich (Gurtkreuze) eines älteren geschweißten Riegeltors

Bei Ertüchtigungsmaßnahmen, Ersatzinvestitionen oder beim Entwurf neuer Verschlusskonstruktionen kann es bei bestimmten Konstruktionsdetails zur Fehleinschätzung vorliegender oder konstruktiv gewählter Kerbfallsituationen kommen. Der Nachweis ausreichender Ermüdungsfestigkeit dieser Tragwerksdetails kann aus diesem Grunde nicht oder nicht korrekt geführt werden. In einigen Fällen kann es auch zu einer zu ungünstigen Einschätzung der vorliegenden Kerbfallsituation kommen, so dass Ertüchtigungsbedarf angezeigt wird, der ggf. vermeidbar wäre.

Ziel des FuE-Vorhabens war es deshalb, zwei stahlwasserbautypische Konstruktionsformen, die bisher nicht Bestandteil des verfügbaren Regelwerks sind bzw. gemäß Regelwerk nicht eindeutig zugeordnet werden können, numerisch und experimentell zu untersuchen.

Im Ergebnis von Dauerschwingversuchen waren für die beiden ausgewählten stahlwasserbautypischen Konstruktionsformen kerbfallabhängige normierte Wöhler-Kennlinien aufzustellen. Die so definierten neuen Kerbfallklassen sollen beim Ermüdungsnachweis unter Verwendung der Nennspannungsschwingbreiten für entsprechende Stahlwasserbauten genutzt werden.

2 Untersuchungsmethoden

Die theoretischen und experimentellen Untersuchungen übernahm die Universität Karlsruhe; zur Unterstützung der Arbeiten wurde unter der Schirmherrschaft der Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) ein projektbegleitender Arbeitskreis (AK P 589) gebildet. Nach der Festlegung möglichst praxisbezogener Querschnittswerte im Bereich der ausgewählten Kerbdetails (Bild 2) erfolgte im Rahmen einer F-E-Parameterstudie zunächst die Untersuchung des Einflusses der Breiten- und Wanddickenverhältnisse der Bleche auf den zu berücksichtigenden Spannungskonzentrationsfaktor (SCF). Bild 3 zeigt am Beispiel des Kerbdetails 1 die Lage numerisch ermittelter Spannungskonzentrationen.

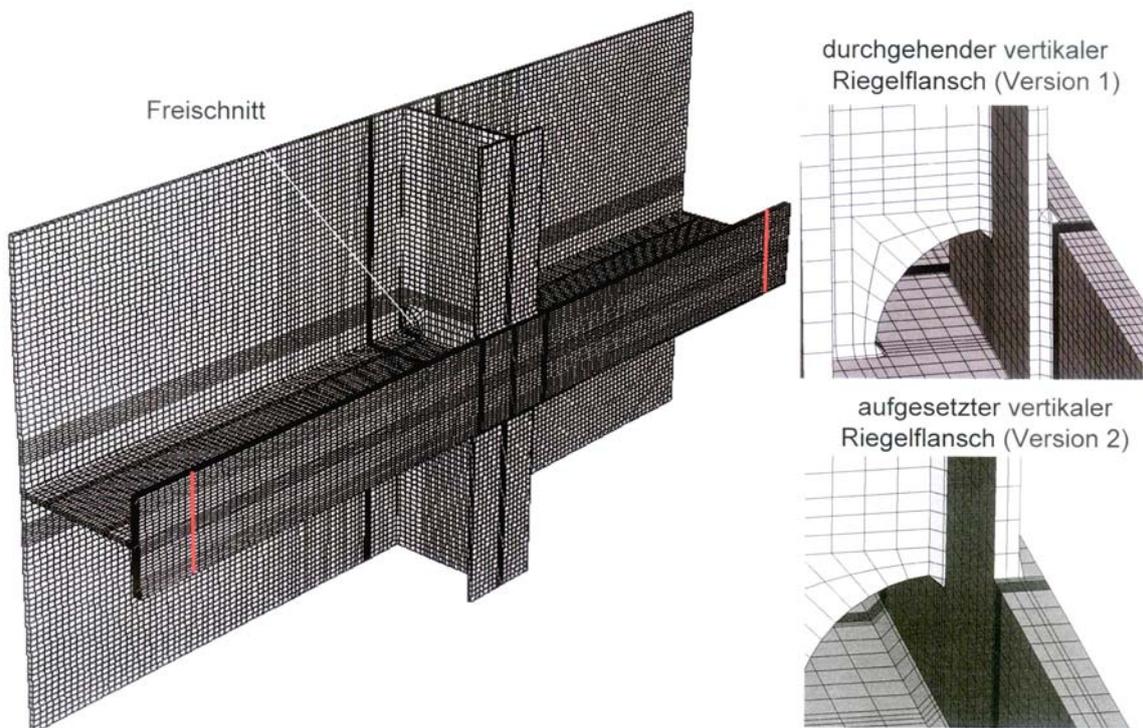


Bild 2: FE-Modell der Probekörper für den Bauteilversuch, Kerbdetail 1 und 2

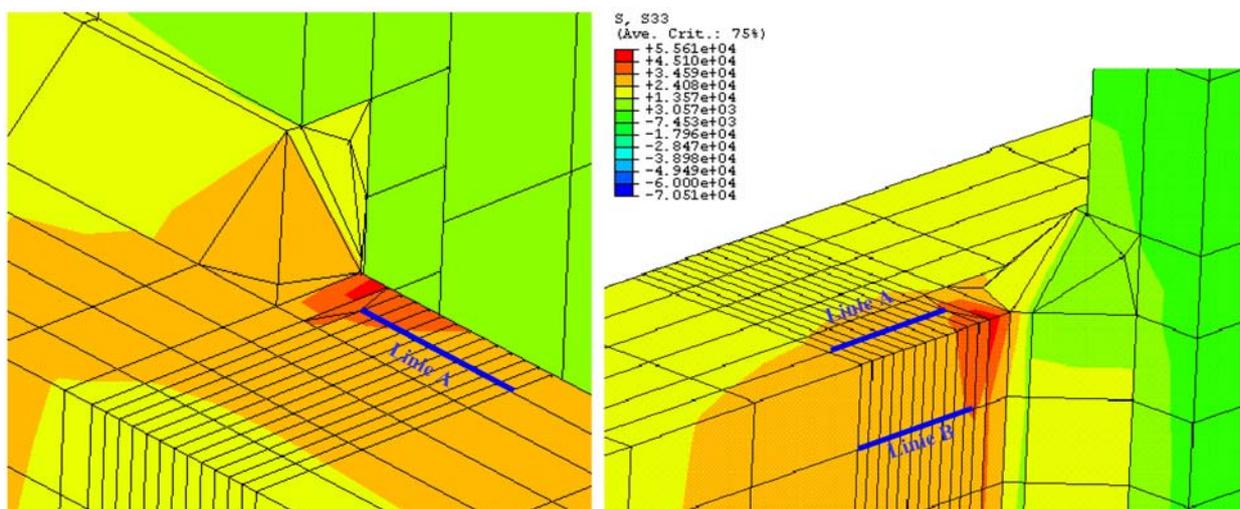
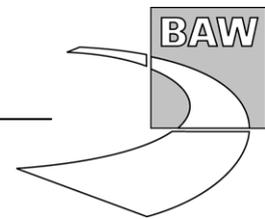


Bild 3: FEM-Ausschnitt Kerbdetail 1 (Lage von Spannungskonzentrationen)



In einem weiteren Schritt wurden von den bei der Projektrealisierung mitwirkenden Stahlbau-firmen für die Konstruktionsdetails verschiedene Probekörper hergestellt. Diese wurden schließlich bei der Universität Karlsruhe im Dauerschwingversuch geprüft. Die experimentellen Untersuchungen bestanden aus jeweils einem großmaßstäblichen Bauteilversuch (Bild 4) und aus der zusätzlichen Untersuchung von für beide Kerbdetails angefertigten Kleinprobekörpern (Bild 5), deren Geometrien anhand der Bauteilversuche und durch die vorangegangenen F-E-Berechnungen optimiert worden waren.

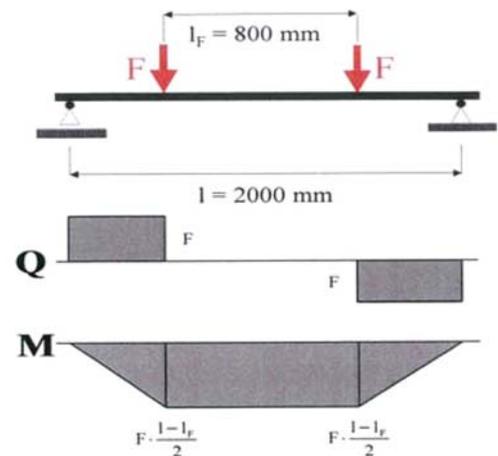


Bild 4: Bauteilversuch Kerbdetail 1 und Lastbild für die Bauteilversuche

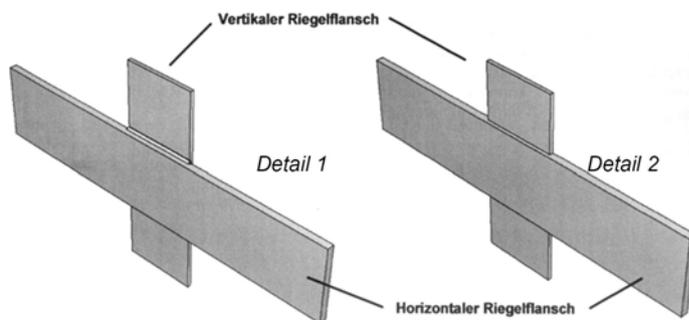


Bild 5: Kleinprobekörper Kerbdetail 1 und 2

3 Ergebnisse der Untersuchungen

Die im Vorfeld aufgestellte numerische Untersuchung zur Auswirkung des Breiten- und Wand-dickenverhältnisses auf den Spannungskonzentrationsfaktor ergab, dass der Einfluss nur ge-ringfügig ist.

Die Dauerschwingversuche an den beiden großformatigen Probekörpern und an den anhand des Versagensbildes hergestellten Ausschnitts-Probekörpern konnten nach Überwindung ei-niger unvorhersehbaren Schwierigkeiten letztlich erfolgreich abgeschlossen werden.

Auf der Grundlage der an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Technische Universität Karlsruhe, durchgeführten numerischen und experimentellen Untersuchungen wurden in der Folge für das Kerbdetail 1 (hinter dem Riegelgurt durchlaufender Vertikalträger-Gurt) und für das Kerbdetail 2 (auf den Riegelgurt aufgesetzter Vertikalträger-Gurt) kerbfallabhängige Wöhler-Kennlinien aufgestellt und es ließ sich eine erste Zuordnung zu Kerbklassen vornehmen.

So wurde für das Kerbdetail 1 anhand der Bauteil- und Kleinprobenversuche eine Wöhlerkennlinie ermittelt, die der Kerbkategorie $\Delta\sigma_c = 71 \text{ N/mm}^2$ zugeordnet werden kann (95%-Fraktile: $\Delta\sigma_{c,95\%} = 77,5 \text{ N/mm}^2$, Steigung: $m = 2,6 \approx 3,0$; vgl. Bild 6), während eine Auswahl gemäß EC 3 (EN 1993-1-9) nur eine Zuordnung zur Kerbkategorie $\Delta\sigma_c = 40 \text{ N/mm}^2$ (Detail ohne Nachbehandlung und Ausrundungsradius) bzw. gemäß GL-Kerbfallkatalog $\Delta\sigma_c = 50 \text{ N/mm}^2$ ($t_2 \leq 0,7 t_1$) zuließe. Ähnliches ergab sich für das Kerbdetail 2. Es zeigte sich jedoch, dass für eine ausreichende statistische Absicherung der Ergebnisse noch einige ergänzende Untersuchungen an Kleinprobekörpern vorgenommen werden sollten.

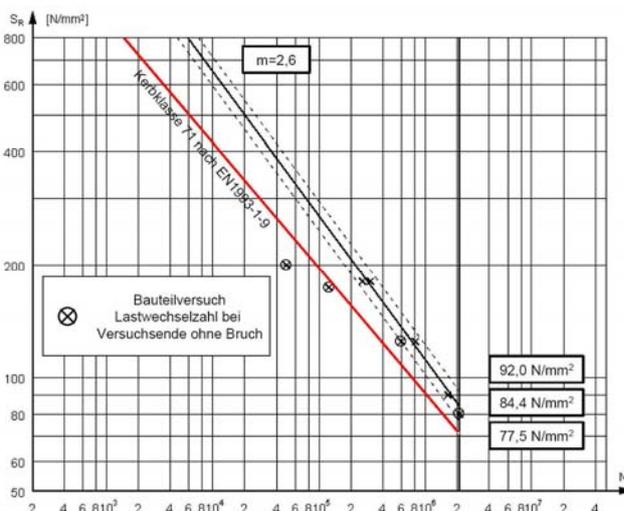


Bild 6: Wöhlerlinie für Kerbdetail 1 (hinter dem Riegelgurt durchlaufender Vertikalträger-Gurt)

Die im Rahmen des FuE-Projekts „Klassifizierung stahlwasserbautypischer Kerbdetails“ gewonnenen Ergebnisse werden dabei helfen, die Lebensdauer bestehender Stahlwasserbauten und ermüdungsrelevant beanspruchte Tragwerksteile zukünftiger Verschlusskonstruktionen hinsichtlich ihres Ermüdungswiderstands besser beurteilen zu können. Letztlich konnten für beide Kerbdetails kerbfallabhängige Wöhler-Kennlinien aufgestellt werden und es konnte eine Zuordnung zu Kerbklassen vorgenommen werden, die deutlich günstiger als im verfügbaren Regelwerk liegen.

In Bild 7 ist für die bei Stahlwasserbauten typische, im Zeitfestigkeitsbereich liegende Lastspielzahl $N = 500.000$ ein Beispiel für die Erhöhung der ertragbaren Betriebsfestigkeitsspannung $\Delta\sigma_R$ durch Verbesserung der Detailkategorie von $\Delta\sigma_c = 50 \text{ N/mm}^2$ auf $\Delta\sigma_c = 71 \text{ N/mm}^2$ dargestellt. Im praktischen Fall wäre damit für ein ermüdungsrelevant beanspruchtes Bauteil eine entsprechend erhöhte rechnerische Lebensdauer nachweisbar.

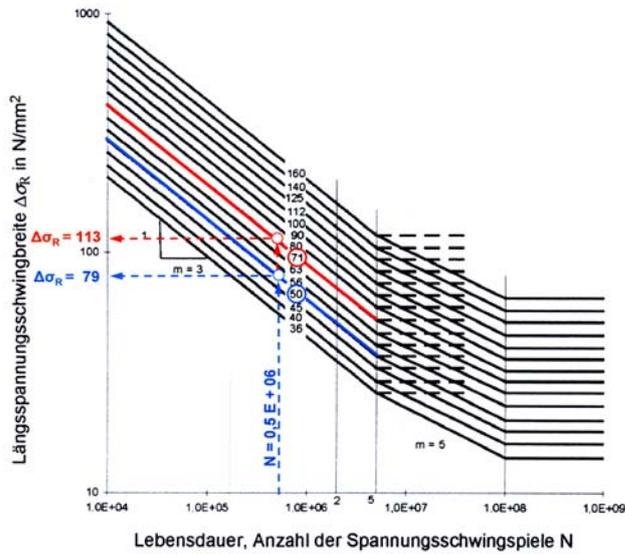
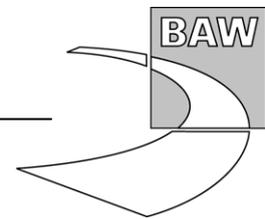


Bild 7: Betriebsfestigkeitsspannung $\Delta\sigma_R$ für $\Delta\sigma_c = 50$ bzw. 71 N/mm^2 bei $N = 500.000$

Einige ergänzende, für die zusätzliche statistische Absicherung gedachte Untersuchungen werden ggf. noch im Rahmen eines fortführenden Themas abgehandelt.

