

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Periodical Part, Published Version

Ehmann, Rainer; Deutscher, Martin; Gabrys, Ulrike

BAW-Brief Nr. 1 – Februar 2012

BAWBrief

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100485>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2012): BAW-Brief Nr. 1 – Februar 2012. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWBrief, 1/12).

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.



BAW-Brief Nr. 1 – Februar 2012

609 – B **Ermüdungssicherheit** **von geschmiedeten Hänger-** **anschlüssen**

1 Einleitung

Brücken sind nicht vorwiegend ruhenden Lasten ausgesetzt und müssen gegen Versagen infolge Ermüdung nachgewiesen werden. Dies gilt insbesondere für Hängeranschlüsse an Stabbogenbrücken (Bild 1), die ermüdungswirksamen Wechselbelastungen wie z. B. wirbelerregte Querschwingungen, Regen-Wind-induzierte Schwingungen, Verkehrslasten und Handaufschaukeln ausgesetzt sein können.

Die Ermüdungsfestigkeit ist im Wesentlichen von der inneren und äußeren Kerbwirkung abhängig. Die innere Kerbwirkung stellt sich durch das sehr heterogene Metallgefüge ein. Unter Belastung können sich im Gefüge Spannungsspitzen einstellen, die weit über die Nennspannung hinausgehen. Äußere Kerben wie Querschnittsprünge, Schweißnähte, Korrosionsnarben, etc. stören den Kraftfluss im Hängeranschluss und verursachen dadurch örtliche Spannungsspitzen. Daher ist es ersichtlich, dass sowohl bei der Herstellung als auch bei der Detailausbildung eine möglichst geringe Kerbschärfe erzeugt werden sollte.

In dem vorliegenden BAW-Brief werden Informationen zur Herstellung, zu den Materialeigenschaften und zur Gestaltung von geschmiedeten Hängeranschlüssen gegeben. Weiter werden die Ergebnisse von Ermüdungsfestigkeitsversuchen an geschmiedeten Hängeranschlüssen vorgestellt, die eine für die Bemessung erforderliche Einstufung als Kerbdetail erlauben.

2 Herstellung und Materialeigenschaften

Nach Angabe eines Herstellers wird das warmgewalzte Rundmaterial für die Hänger einer Stabbogenbrücke nach einer Ultraschallprüfung in drei Arbeitsgängen umgeformt. Im ersten Schritt wird das Stabende ca. 35 Minuten auf 1100 °C im Ofen erwärmt, um anschließend das benötigte Volumen für die vorab fest-



Bild 1: Geschmiedeter Hängeranschluss

gelegte Trapezgeometrie des Anschlussbereiches einzustauen. Danach wird das Volumen in einem zweiten Arbeitsgang in eine spezielle Geometrie umgeformt, um eine optimale Materialverteilung für den letzten Arbeitsgang zu gewährleisten. Dieser wird in einer Presse durchgeführt, bei dem das Material in die gewünschte endnahe Trapezform gepresst wird (Bild 2).

Durch anschließendes Normalglühen der Spatenenden werden innere Spannungen abgebaut und ein gleichmäßiges Gefüge mit ausreichenden Zähigkeits- und Festigkeitseigenschaften hergestellt. Die Abkühlung der Werkstücke erfolgt ohne gezielte Temperaturführung an der Luft. Mit einem Brennschnitt wird die genaue trapezförmige Spatenform nach Schablone angeschnitten. Dadurch werden die Außermittigkeit der Spaten gegenüber der Hängerachse und größere Toleranzen in der Spatenbreite minimiert. Die Spaten-



Bild 2: Schmiedevorgang

flächen werden anschließend kerbfrei beschliffen. Parallel dazu wird eine zusätzliche Spatenprobe unter gleichen Randbedingungen hergestellt. An dieser Probe werden die Materialeigenschaften im geschmiedeten Bereich überprüft.

Materialuntersuchungen an bereits ausgeführten Brückenbauwerken zeigen, dass die erforderlichen mechanischen Eigenschaften auch nach dem Schmiedevorgang und der anschließenden Wärmebehandlung erreicht werden. Die Streckgrenze und die Zugfestigkeit werden leicht reduziert, wobei die Bruchdehnung und die Kerbschlagarbeit im Vergleich zum Grundmaterial zunehmen.

Die Verwendung von Stahl der Festigkeitsklasse S235 wirkt sich nachteilig auf die Hängerkonstruktion aus. Bei der Verwendung eines höherfesten Stahls, z. B. S355, kann eine schlankere Geometrie gewählt werden. Dies reduziert u. a. die Knotensteifigkeit und somit die Momentenbeanspruchung. Der Einsatz von S355 oder besserer Güte wird daher empfohlen.

Die oberen und unteren Spaten werden aus konstruktiven Gründen und für eine gleichmäßigere Stabsteifigkeit des Hängers in Brückenlängs- und Querrichtung in der Regel um 90° verdreht hergestellt. Nach Herstellerangaben wird von einer Toleranz $\leq 2^\circ$ ausgegangen. Durch die leichte Überdicke der Spaten ist ein Beischieben an das Anschlussblech möglich.

Auf eine Feuerverzinkung der geschmiedeten Hänger sollte verzichtet werden, da die Gefahr des Verziehens besteht.

3 Montage

Auf der Baustelle werden die Spaten mit einer horizontalen Schweißnaht an das Anschlussblech des Hauptträgers angeschlossen. Die horizontale Schweißnaht ist einfach herzustellen und kann anschließend gut mittels Röntgen oder Ultraschall geprüft werden. Die Schweißnaht sollte als Stumpfnah in Sondergüte

(K112) ausgeführt und anschließend blecheben verschliffen werden.

4 Angabe von Entwurfsparametern

Die Geometrie des Hängeranschlusses ist für einen harmonischen Kraftfluss und minimierter Kerbschärfe zu entwerfen. Die konstruktive Ausbildung von geschmiedeten Hängeranschlüssen erfolgt in Anlehnung an den Leitfaden (2007-12) und an DIN EN 1993-2/NA (2010-12). Die dort aufgeführten Empfehlungen werden auf die besonderen Randbedingungen eines geschmiedeten Hängeranschlusses angepasst. Die angegebenen Empfehlungen sind als Hilfestellung für den Entwurf zu sehen und müssen durch den Nachweis der Tragsicherheit und Ermüdungsfestigkeit bestätigt werden. Die unten beschriebenen geometrischen Größen sind in Bild 3 abgebildet.

Hängerradius R

Die im Auftrag der BAW durchgeführten Parameterstudien von Schütz und Gitterle (2005) zeigen, dass die Ermüdungsbeanspruchung aus Verkehr und Wirbelerregung mit steigendem Hängerdurchmesser zunimmt und somit die Hänger nicht dicker als erforderlich ausgebildet werden sollten.

Der Hängerradius wird mit der maximalen Hängernormalkraft und den Spannungswerten nach dem Leitfaden (2007-12), Tabelle 3, bestimmt:

$$R = \sqrt{\frac{N_{\max}}{\pi \cdot \sigma}}$$

Spatendicke t

Als Spatendicke wird die Materialdicke des Spatenendes und die des Anschlussbleches bezeichnet. Der Spaten sollte nicht dicker ausgeführt werden als erforderlich, um die Einspannwirkung so gering wie möglich zu halten. Die Spatendicke wird nach dem Aufsatz von Schütz et al. (2006) mit

$$t \approx 0,5 \cdot R$$

vordimensioniert.

Spatenbreite b*

Die Spatenbreite b* in Höhe der Schweißnaht wird ebenfalls mit der maximalen Hängernormalkraft und den Spannungswerten nach dem Leitfaden (2007-12), Tabelle 3, bestimmt:

$$b^* = \frac{N_{\max}}{\sigma \cdot t}$$

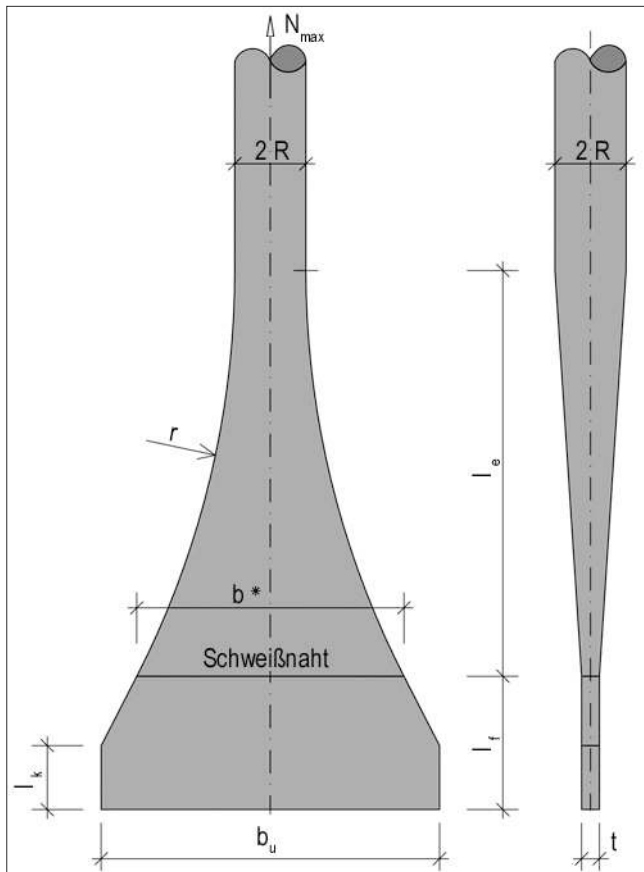


Bild 3: Bezeichnungen der einzelnen geometrischen Größen

Das Verhältnis von Spatenbreite zur Spatenlänge ist durch den Schmiedevorgang beschränkt und im Vorfeld mit dem Hersteller abzustimmen. Tabelle 1 zeigt die geometrischen Verhältnisse, die an Brücken mit geschmiedeten Hänger bereits ausgeführt wurden.

Stab-Ø [mm]	l_e [mm]	b^* [mm]	t [mm]
70	315	265	20
82	420	380	20/25
90	440	400	25/30
110	500	420	35
220	585	585	65

Tabelle 1: Abmessungen von bereits ausgeführten, geschmiedeten Hängeranschlüssen

Spatenlänge l_e

Um große Steifigkeitssprünge in der Hängeranschlusskonstruktion zu vermeiden, muss der Spaten ausgerundet auslaufen. Die vom Herstellungsprozess abhängige maximale Spatenlänge l_e sollte deshalb

ausgenutzt werden, um einen möglichst großen Außenradius r anschneiden zu können.

Außenradius r

Der im Leitfaden (2007-12) aufgezeigte Vorschlag zur Ermittlung des Außenradius kann auf Grund des Verhältnisses von Spatenbreite zu Spatenlänge beim Schmieden nicht erreicht werden. Der Außenradius des Schmiedestücks wird daher geringer ausfallen als bei Knotenblechen mit eingeschweißten Hängerstäben. Durch die Ausnutzung der maximalen Spatenlänge l_e sollte jedoch beim geschmiedeten Hänger der maximal mögliche Außenradius r angeschnitten werden.

Knotenblechbreite b_u

Die obere Knotenblechbreite wird durch die Brückenbogenbreite bestimmt. Im Bereich der Hauptträger besteht meist ein größerer Gestaltungsspielraum. Wird die Empfehlung aus dem Leitfaden (2007-12) auf eine geschmiedete Anschlusskonstruktion übertragen, sollte die Knotenblechbreite nicht größer als

$$b_u \leq 1,5 \cdot b^*$$

gewählt werden.

Freie Knotenblechhöhe l_f

Die Beanspruchung im Übergangsbereich zwischen Spaten und Hänger wird bei einem größeren Abstand zum Versteifungsträger reduziert, sodass von Schütz et al. (2006) empfohlen wird, den Rundstahlhänger „in einem größeren Abstand (freie Knotenblechhöhe l_f) vom Versteifungsträger/Querträger bzw. Bogen“ beginnen zu lassen.

5 Ermüdungsfestigkeit

Der Spaten und das Anschlussblech werden, wie oben bereits erwähnt, nach Schablone brenngeschnitten und nachträglich mechanisch bearbeitet. Bei dieser Ausführung und unter Beachtung der in DIN EN 1993-1-9 (2005-07) bzw. DIN Fachbericht 103 (2009-03) angegebenen Anforderungen an die Ausführungsqualität ist ein von Hand brenngeschnittener Werkstoff für den Kerbfall K125 und ein maschinell brenngeschnittener Werkstoff für den Kerbfall K140 nachzuweisen.

Ob für den geschmiedeten Hängeranschluss eine vergleichbare Kerbschärfe angenommen werden kann, wurde durch Ermüdungsfestigkeitsversuche am Fraunhoferinstitut für Betriebsfestigkeit, Darmstadt, ermittelt. Der Kerbfall des Anschlussdetails wurde mit Versuchen an 10 Prüfkörpern im Maßstab 1 : 1 aus S355 bestimmt. Der Hängerdurchmesser der Probekörper betrug 82 mm.

Die Versuche wurden an 10 Proben mit einer Frequenz von 5 Hz auf drei verschiedenen Lastniveaus durchgeführt. Das Spannungsverhältnis (maximale Spannung zu minimaler Spannung) betrug $R = 0,1$. Die Ergebnisse sind in Bild 4 dokumentiert. Für eine Über-

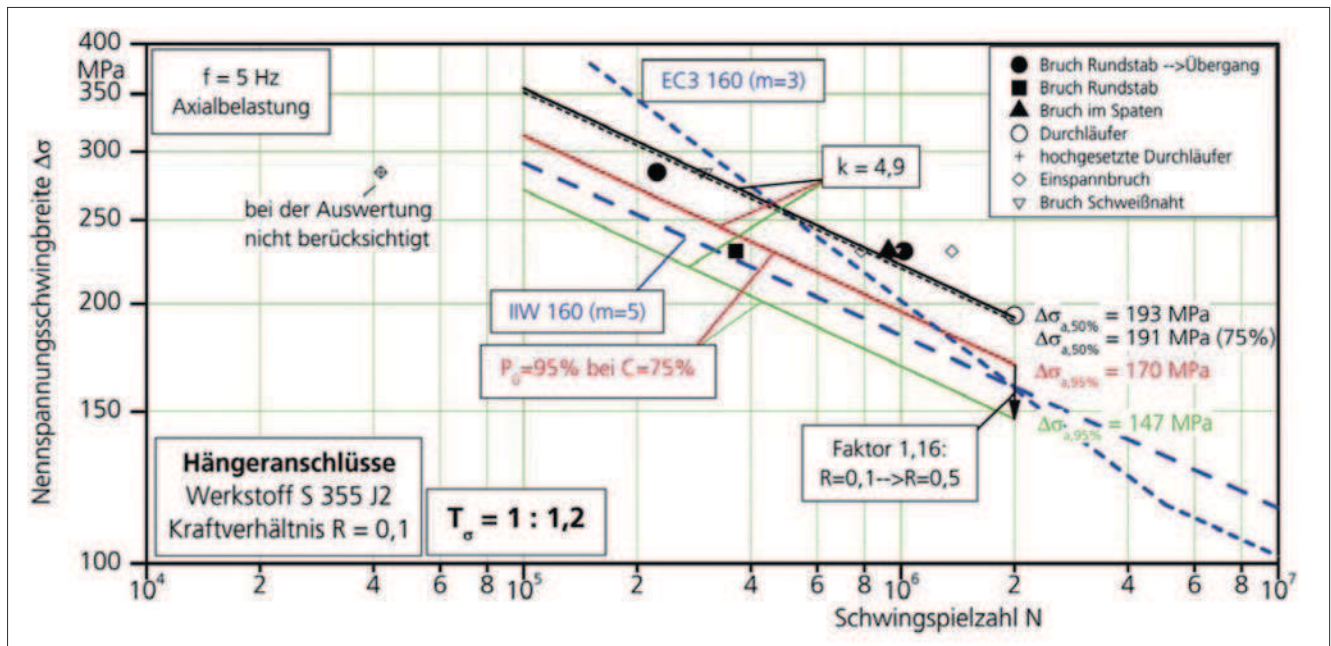


Bild 4: Ergebnisse der Ermüdungsfestigkeitsversuche aus LBF (2011)

lebenswahrscheinlichkeit von 95 % konnte eine ertragbare Spannungsschwingbreite von 147 MPa bei 2×10^6 Lastspielen bestimmt werden. Die Wöhlerlinienneigung stellte sich mit $m = 4,9$ ein.

6 Bewertung

Nach obigen Ausführungen und der Zusammenfassung der bis jetzt vorliegenden Informationen stellt der geschmiedete Hängeranschluss auf Grund des ermüdungstoleranten Verhaltens eine zu beachtende Alternative zum geschweißten Anschluss dar.

Die Bundesanstalt für Wasserbau empfiehlt, bei vergleichbaren geschmiedeten Hängeranschlüssen höchstens den Kerbfall K140 mit einer Wöhlerlinienneigung von $m = 5$ für Ermüdungsfestigkeitsnachweise anzunehmen.

7 Literatur

DIN EN 1993-1-9 (2005-07): DIN EN 1993-1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9 Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9: 2005, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.

DIN EN 1993-2/NA (2010-12): DIN EN 1993-2/NA: Nationaler Anhang-National festgelegte Parameter-Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten-Teil 2: Stahlbrücken, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.

DIN-Fachbericht 103 (2009-03): Stahlbrücken, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009.

LBF (2011): LBF-Bericht Nr. 281204: Ermüdungsversuche zum Einsatz von geschmiedeten Hängeranschlüssen an Stabbogenbrücken. Fraunhofer-Institut

für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, März 2011. Im Auftrag der BAW Karlsruhe, unveröffentlicht.

Leitfaden (2007-12): Leitfaden zum Anhang II-H, Hänger von Stabbogenbrücken des DIN-Fachberichtes 103:2009-03, Bundesanstalt für Straßenwesen und Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe Dezember 2007.

Schütz K.G., Ehmann R., Gitterle M. (2006): Wind-erregte Hängerschwingungen an Stabbogenbrücken. In: Der Prüferingenieur, Oktober 2006.

Schütz K.G., Gitterle M. (2005): Schwingungen von Hängern an Stabbogenbrücken, Weiterentwicklung der technischen Regelwerke. Erstellt für die Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, 2005 und 2006 (unveröffentlicht).

Dipl.-Ing. Martin Deutscher
Abteilung Bautechnik
Referat B1 Massivbau
Tel. 0721 9726-3680
Fax: 0721 9726-2150
E-Mail: martin.deutscher@baw.de

Dipl.-Ing. Ulrike Gabrys
Abteilung Bautechnik
Referat B2 Stahlbau, Korrosionsschutz
Tel. 0721 9726-4560
Fax: 0721 9726-2150
E-Mail: ulrike.gabrys@baw.de

610 – B Überprüfung der Ermüdungs- gefährdung von Hängeranschlüssen von Stabbogenbrücken im Bestand

1 Ausgangssituation

Für den Entwurf und die Bemessung von geschweißten Hängeranschlüssen von Stabbogenbrücken wurden – unter anderem ausgelöst durch BAW-Forschungsvorhaben – Regeln entwickelt, welche Eingang in die Normen gefunden haben. Die Regeln sind derzeit im Anhang II-H zum DIN-Fachbericht 103 : 2009 verankert. Als Hintergrund- und Erläuterungsbericht gibt es den „Leitfaden zum Anhang II-H“, siehe auch BAW-Brief Nr. 1/2008. Zwischenzeitlich sind diese Regeln auch eingegangen in den Eurocode 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 2: Stahlbrücken) und zwar als normativer Anhang NA.F zu DIN EN 1993-2/NA:2010-12.

Folgende ermüdungswirksame Einwirkungen sind bei Rundstahlhängern zu betrachten:

1. Wirbelerregte Querschwingungen.
2. Regen-Wind-induzierte Schwingungen.
3. Verkehr: Längs-(Versteifungs-)träger wird bei Überfahrten verformt (Biegung und Torsion) und bewirkt eine Zwangsverformung des Hängeranschlusses.



Bild 1: Hängeranschlusskonstruktion, bemessen nach neuem Regelwerk

4. Menscheninduzierte Schwingungen: Gefahr des mutwilligen Handaufschaukeln bei niedriger Hängereigenfrequenz und guter Erreichbarkeit.

Die ermüdungssichere Bemessung von Neubauten ist inzwischen eindeutig geregelt und führt in der Regel zu hohen, schlanken Anschlussblechen, die einen gleichmäßigen Krafffluss ermöglichen (Bild 1):

Demgegenüber unterscheiden sich die Anschlussformen bei bestehenden Stabbogenbrücken deutlich, wie Bild 2 beispielhaft zeigt:



Bild 2: Anschlusskonstruktion aus dem Baujahr 1997

Angesichts der geometrischen Verhältnisse und der bekannten früheren Bemessungspraxis stellte sich die naheliegende Frage, welche mögliche Gefährdung bei den rund 240 Stabbogenbrücken der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) besteht, zumal bei den Brückenprüfungen nach DIN 1076 immer wieder Risse im Hängeranschlussbereich entdeckt werden.

2 Entwicklung eines Näherungsverfahrens

Eine ingenieurmäßige Beurteilung wäre durch eine Nachrechnung nach gültigen Vorschriften möglich. Dies bedeutet allerdings einen hohen Berechnungsaufwand am räumlichen Stabwerksmodell sowie dynamische Berechnungen zur Bestimmung der Eigenfrequenz und Schnittkraftermittlung nach Theorie II. Ordnung. Daher wurde im Auftrag der BAW vom Büro Dr. Schütz Ingenieure ein Näherungsverfahren entwickelt, das für die Mehrzahl der vorhandenen Bauwerkskonstellationen ausreichend genaue Ergebnisse erzielt. Es gilt für Straßenbrücken mit geschweißten Anschlüssen von Rundstahlhängern.

Das Verfahren wurde unter MS Excel programmiert und ist durch das Einbinden von textlichen und bildlichen Erläuterungen relativ einfach zu bedienen. Im Wesentlichen werden geometrische Daten zur Brücke und zur Hängerkonstruktion sowie Kerbgruppen durch

Gesamtbewertung 2010	Note	Gesamtbewertung des Hängeranschlusses im Jahr 2010 erheblich ermüdungsgefährdet (bzw. ohne Handaufschaukeln: mäßig ermüdungsgefährdet)	Note 5 (3)
	Empfehlungen / Hinweise	<p>> An sämtlichen Hängeranschlusspunkten sind im Rahmen einer Bauwerksprüfung aus besonderem Anlass gemäß DIN 1076 Sicht- und Rissprüfungen, z.B. mittels Farbeindringverfahren, vorzunehmen. Vorab ist eine geeignete Oberflächenvorbereitung durchzuführen.</p> <p>> Es liegt eine hinsichtlich Ermüdung ungünstige Detailausbildung am Hängeranschluss vor (Übergang KG 56, Hänger S 235, Abarbeitung zu kurz).</p> <p>> Bei der vorliegenden Konstellation ist eine Gefährdung durch (mutwilliges) Handaufschaukeln des Hängers denkbar. Es werden hierzu weitergehende Untersuchungen empfohlen. Kann diese Gefährdung jedoch ausgeschlossen werden, so gilt die obige Wertung in Klammern.</p>	

VBE - Hänger - Version: 31.03.2010

© by DR. SCHÜTZ INGENIEURE - Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH

Bild 3: Auszug aus dem Ergebnisausdruck

Typenzuordnungen bei der konstruktiven Durchbildung des Rundstahlhängeranschlusses und des Hängerbleches eingegeben. Eine wichtige Größe ist noch die Hängernormalkraft aus ständigen Lasten, welche wesentlich die Hängereigenfrequenz bestimmt.

Nach vollständiger Eingabe und nach programminterner Überprüfung, ob der Anwendungsbereich des Näherungsverfahrens eingehalten wird, erscheint auf Knopfdruck das Ergebnis:

- Eine Einschätzung der Ermüdungsbewertung in Noten von 1 (nicht ermüdungsgefährdet) bis zur Note 5 (erheblich ermüdungsgefährdet).
- Erläuterungen zur Ermüdungsgefährdung, Empfehlungen zum weiteren Vorgehen (Untersuchungen), Hinweise für künftige Brückenprüfungen, das Jahr der voraussichtlichen Notenveränderung (Übergang in die nächst schlechtere Note, z. B. von 2 nach 3).

Ein Auszug aus dem Ergebnisausdruck enthält Bild 3.

3 Durchführung der WSV-weiten Untersuchung

Zunächst wurde das Näherungsverfahren am Brückenbestand des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Braunschweig auf Praxistauglichkeit erprobt, wodurch es zu geringen Modifikationen kam. Zur anschließenden flächendeckenden Beurteilung der 234 bestehenden WSV-eigenen Stabbogenbrücken wurden durch die BAW drei Ingenieurbüros beauftragt:

- Dr. Schütz Ingenieure, Kempten (Federführung),
- Professor Sedlacek und Partner, Aachen,
- Meyer + Schubart, Wunstorf.

In der Regel wurden die Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) durch Mitarbeiter der Ingenieurbüros aufgesucht und anhand der Bestandsunterlagen (Pläne, Statik) die

erforderlichen Angaben erhoben und dann in das Programm eingegeben. Die Erhebungsdaten und die automatischen Programmausdrucke wurden brückenweise dokumentiert. Bei einigen Brücken wurden Ortsbesichtigungen und zum Teil Frequenzmessungen vorgenommen. Dies führte in einigen Fällen zu einer Anpassung der Eingabewerte.

Bei der Ermüdungsbeanspruchung aus Verkehr wurde zunächst entsprechend den DIN-Fachberichten 101 und 103 von einem durchschnittlichen LKW-Gewicht von 40 Tonnen ausgegangen (LM 3 in Verbindung mit λ_2). Viele Brücken der WSV sind untergeordnete Wirtschaftswegbrücken mit geringem Verkehrsaufkommen, häufig mit geringer Fahrbahnbreite, die nur einen einspurigen Verkehr zulässt. In solchen Fällen wurde zur realitätsnäheren Beurteilung eine Reduzierung des Ermüdungsfahrzeuges LM 3 auf 24 t vorgenommen. Dieser Ansatz wurde auch bei Brücken mit einer Fahrbahnbreite bis 4,50 m gewählt, die als einspurig und als „örtliche Straße mit geringem LKW-Anteil“ nach Tabelle 4.5 des DIN-Fachberichtes angesehen werden.

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2010 durchgeführt, im Jahr 2011 erfolgte bei einigen Brücken noch eine Ortsbesichtigung mit entsprechender Nachbewertung. Durch die Koordination durch das federführende Ingenieurbüro ist ein einheitlicher Beurteilungsstandard gegeben. Die Ergebnisse wurden allen WSÄ auch in digitaler Form übergeben, damit diese in das Brückenprogramm SIB-Bauwerke eingepflegt werden und somit auch bei künftigen Brückenprüfungen die Empfehlungen zu den Hängern beachtet werden.

Mit diesen Untersuchungen konnte in kurzer Zeit nach einheitlichen Kriterien eine Beurteilung der Ermüdungsgefährdung an bestehenden Stabbogenbrücken der WSV mit geringen Kosten (ca. 500 € pro Brücke im Mittel) durchgeführt werden.

4 Ergebnisse

Von 234 WSV-eigenen Stabbogenbrücken konnten mit dem Näherungsverfahren 180 Brücken ausgewertet werden. Die 54 nicht auswertbaren Bauwerke gliedern sich wie folgt auf:

- Bei 23 Stück fehlten die Bestandsunterlagen! Bei Vorliegen kann hier leicht eine Nachbewertung erfolgen.
- Prinzipiell nicht geeignet waren 21 Brücken: Bahnbrücken, Hänger aus Flachstählen, Rohren oder anderen Querschnitten.
- Bei sechs Bauwerken gibt es keine unteren Knotenbleche, die Hänger wurden direkt in das Stegblech des Versteifungsträgers geführt und eingeschweißt.
- Bei vier Bauwerken wurden geschmiedete Hängeranschlüsse verwendet, die allerdings hinsichtlich der Ermüdung als günstig eingestuft werden können.

Von den 180 auswertbaren Brücken ergibt sich die in Bild 4 dargestellte Zuordnung nach Noten:

Die mittlere Note über alle Bauwerke beträgt

- Im Jahr 2011: 2,54 (mit Handaufschaukeln)
2,44 (ohne Handaufschaukeln)
- Im Jahr 2040: 2,85 (mit Handaufschaukeln)
2,75 (ohne Handaufschaukeln)

Insgesamt liegt ein zufriedenstellendes Ergebnis vor, allerdings bei zunehmendem Bauwerksalter mit einer Verschiebung zu schlechteren Noten. Zehn Bauwerke sind erheblich ermüdungsgefährdet. Bei diesen Brücken wurde eine Gefährdung durch Handaufschaukeln attestiert, die bei acht Bauwerken auch vor Ort bestätigt wurde. Es sind kurzfristig Bauwerksprüfungen aus besonderem Anlass zur Feststellung möglicher An-

risse vorzunehmen. Bei einer offensichtlichen Gefährdung durch mutwilliges Handaufschaukeln sind möglichst konstruktive Maßnahmen zu deren Unterbindung vorzunehmen.

5 Weitere Empfehlungen

Im automatisierten Ergebnisausdruck der Excelberechnung wird auf der ersten Seite eine Gesamtnote zur Ermüdungsgefährdung des Hängeranschlusses ausgegeben und daraus folgend eine standardisierte Empfehlung zur Überprüfung. Diese Handlungsempfehlungen sind immer ingenieurmäßig umzusetzen unter Beachtung bauwerksbezogener Gegebenheiten wie Bauwerkszustand, Erkenntnisse zum Bauwerk, Einschätzung des Schwerverkehrs, Bauwerksalter usw. Dabei sollte bis einschließlich Note 3 der Korrosionsschutz möglichst erhalten bleiben und nur im Zweifelsfalle oder z. B. bei älteren Bauwerken im Rahmen einer ersten tiefer gehenden Untersuchung entfernt werden.

Das Abschätzungsverfahren bezieht sich primär auf die Ermüdungsbeurteilung der Hänger und deren Anschlüsse an das Haupttragwerk (Bogen, Längsträger). Die programminterne Auswertung basiert dabei auf Hänger-Teilsystemen. Die Gefährdung von Rissbildungen wird damit an den Stellen 1 und 3 rechnerisch bewertet. Zudem wird auf konstruktiv ungünstige Ausbildungen hingewiesen, die unter anderem zu Rissen an der Stelle 2 führen können (siehe Bild 5 links).

Von der Software hingegen nicht erfasst werden Ermüdungsprobleme des Haupttragwerks. Hierdurch kann es selbst dann zu Schäden kommen, wenn eine insgesamt ermüdungssichere Ausbildung des Hängers und seiner Anschlüsse gewählt wurde.

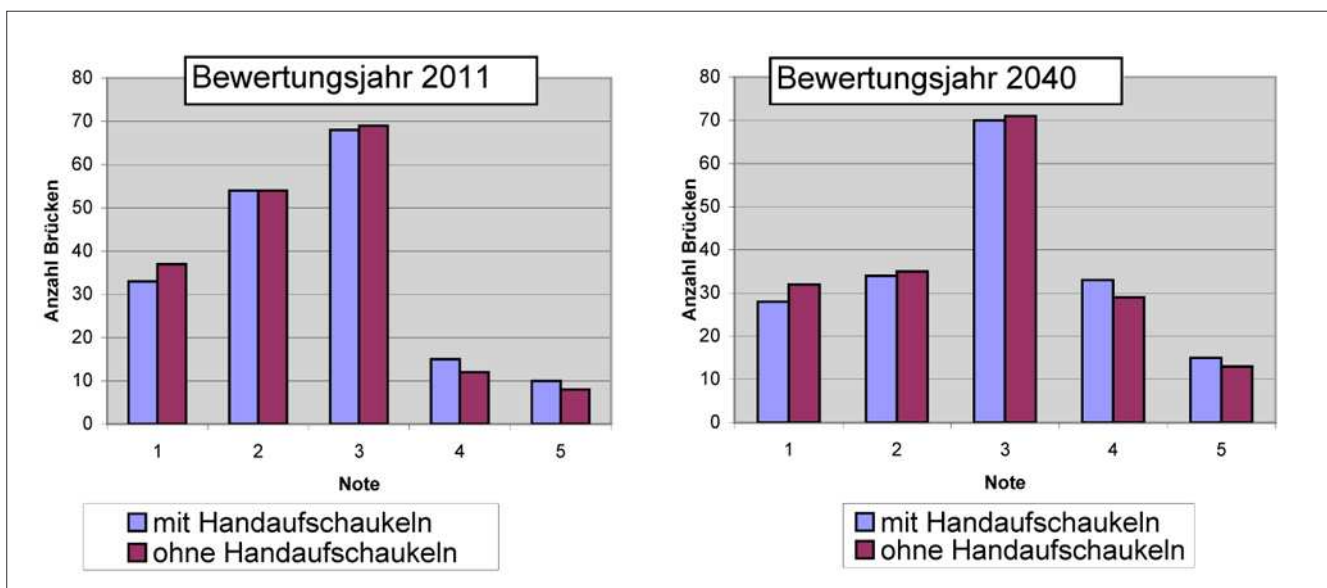


Bild 4: Untersuchungsergebnisse

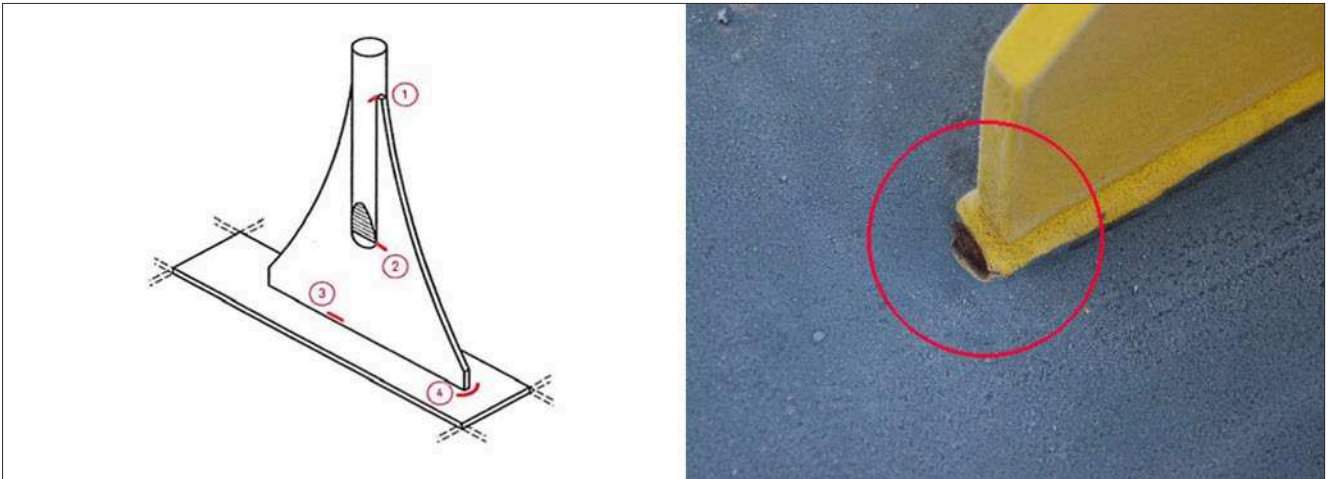


Bild 5: Lage von Ermüdungsschäden und Riss im Obergurt des Hauptträgers im Bereich der stirnseitigen Umschweißung (Stelle 4).

Beispielhaft sei diese Problematik am Obergurt des Hauptträgers erläutert (unterer Hängeranschluss). Die Durchdringungsstelle des Knotenbleches bildet eine Kerbstelle für die veränderlichen Normalspannungen aus Verkehr im Obergurt des Hauptträgers. Durch eine unsachgemäße konstruktive Ausbildung (z. B. einseitige Umschweißung, nicht ausgerundetes Knotenblech, etc.) kann es hier an der Stirnseite des Knotenbleches zu einer Rissbildung im Obergurt kommen. Ein solcher Schaden ist auf Bild 5 rechts zu erkennen und entspricht Stelle 4 in der linken Grafik. Ein Ausfugen und Wiederverschweißen stellt in solchen Fällen keine dauerhafte Lösung dar. Hier ist eine gutachterliche Beurteilung erforderlich.

Im Rahmen einer umfassenden Bauwerksprüfung nach DIN 1076 sind deshalb immer sämtliche ermüdungsrelevanten Stellen im Hängerbereich auf Schäden zu untersuchen.

Dipl.-Ing. Rainer Ehmann
 Abteilung Bautechnik
 Referat B1 Massivbau
 Telefon: 0721 9726-3760
 Fax: 0721 9726-2150
 E-Mail: rainer.ehmann@baw.de