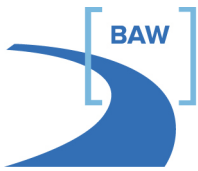


**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**BAWMerkblatt**

**Nachweis bestehender Brücken auf Schiffsanprall (MNaBS)**

Ausgabe 2010



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

## BAW-Merkblätter und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53

76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0

Fax: 0721 9726-4540

[info@baw.de](mailto:info@baw.de)

[www.baw.de](http://www.baw.de)

Normen-Bezüge sowie Errata wurden in 05/2013 angepasst.

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2013

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Vorbemerkung		1
1	Ermittlung der Stoßlast	2
1.1	Ermittlung der Einwirkung	2
1.2	Last-Stellungen	3
2	Nachweise	4
2.1	Pfeiler	4
2.2	Gründung	4
2.3	Überbau	4
3	Materialkennwerte/Sicherheitsbeiwerte	5
4	Bewertungen	5
5	Literatur	6

## **Bildverzeichnis**

Bild 1:	Abminderung der Stoßkraft $F = F(TN = 100 a)$ in Abhängigkeit der Restnutzungsdauer (FF: Frontalstoß; FL: Flankenstoß)	3
Bild 2:	Prinzipielle Wirkungsrichtungen von Schiffsstoßlasten	3



## Vorbemerkung

Der Anprall von Schiffen an Brücken, deren Pfeiler oder dessen Überbau, ist ein relativ seltenes Ereignis, für das im gesamten Bereich der Bundeswasserstraßen in den vergangenen drei Jahrzehnten eine kontinuierliche Abnahme zu verzeichnen ist, während die tonnenkilometrische Leistung des Verkehrsträgers Binnenschifffahrt, in der sich die Schiffsgröße, die Fahrzeugfrequenz und die Fahrweglängen wiederfinden, kontinuierlich zunimmt.

Schiffsanprall auf Brückenpfeiler war im Gegensatz zu Anprall von Kfz und Anprall von Schienenfahrzeugen über lange Zeit normativ nicht einheitlich und übergreifend geregelt. Nach früheren Ausgaben der DIN 1072, zuletzt die Ausgabe 1985, sollten die Angaben von der zuständigen Behörde erfragt werden. Lediglich für die Wasserstraße Rhein gab es einen Erlass des Bundesverkehrsministeriums von 1968, der Schiffsstoßlasten regelte; diese Regelungen fanden ihren Niederschlag in der Dienstvorschrift DS 804 der Bahn für die Anwendung auf Rheinbrücken.

Mit DIN 1055-9 (2003-08), Einwirkungen auf Bauwerke, Außergewöhnliche Einwirkungen, jetzt DIN EN 1991-1-7 (2010), wurden erstmals Lastannahmen und Vorgehensweisen für den Schiffsanprall auf Brücken allgemeingültiger geregelt. Während Brückenbauwerke in Wasserstraßen gegenüber Schiffsanprall regelmäßig direkt exponiert sind und deshalb einer verallgemeinerten Regelung bedürfen, können auch andere Bauwerke (z.B. Wasserentnahme-Bauwerke, Ufer-Bebauungen) durch Schiffsanprall gefährdet sein. Hierfür können aus DIN EN 1991-1-7, die Vorgehensweise und die Erläuterungen zur Stoßmechanik entnommen werden, es bedarf aber ggf. weiterer Betrachtungen.

DIN EN 1991-1-7 enthält unter Abschnitt 4.6 Regelungen für die Ermittlung von Stoßlasten auf Brücken, die neu hergestellt werden. Hierbei wird eine Nutzungsdauer von  $T_N = 100$  a für das neue Bauwerk unterstellt. Im Weiteren sind die für neue Bauwerke üblichen Sicherheiten impliziert, die sich auf die Bestimmung verallgemeinerter Lastwerte und begleitender Regelungen bezieht. Die in der Norm beschriebene Vorgehensweise für „Neubauten“ beinhaltet dabei Umstände, bei der die „Interaktion“ zwischen Wasserstraße und Brücke, d.h. wie Schiffe letztlich die Brücke passieren oder auch welche nautischen Bedingungen sich einstellen, noch nicht ausreichend bekannt ist und die Zielsetzung, eine für die Nutzungsdauer der Brücke möglichst ausreichende Lastgröße zu berücksichtigen. Sollen bestehende Brücken untersucht werden, so sind eingehendere Untersuchungen erforderlich, die gemäß DIN EN 1991-1-7 bei der Ermittlung der Stoßlast die Bauwerksgeometrie sowie das örtliche Verkehrs- und Unfallgeschehen berücksichtigen, bei der Nachweisführung am Bauwerk aber auch dessen Aufbau und Historie berücksichtigen.

## 1 Ermittlung der Stoßlast

### 1.1 Ermittlung der Einwirkung

Die Stoßlast für bestehende Brücken ist gemäß den Grundzügen von DIN EN 1991-1-7, mit den maßgebenden Randbedingungen des Wasserstraßenverkehrs und der Bauwerks-Nutzung auf probabilistischer Grundlage zu ermitteln, [DIN 1055-9, 2003], [Kunz, 2006], [DIN EN 1991-1-7, 2010].

Die gefährdeten Bauwerke bzw. Bauwerksteile können entsprechend den Überlegungen/Ermittlungen zum Gefährdungsraum ermittelt werden. Grundsätzlich sind bei Wasserstraßen Bauwerksteile, die ganzjährig von Schiffen erreicht werden können, anprallgefährdet. Am Ufer oder im Vorlandbereich befindliche Bauwerksteile sind dann gefährdet, wenn sich ein havarierendes Schiff auf den Uferbau aufschieben kann. Werden Vorländer bei HSW durch eine Wassertiefe von mindestens 1,0 m benetzt, so besteht eine Gefährdung durch zumindest leere Schiffe, ggf. auch teilbeladene Schiffe. Die Festlegung des Gefährdungsraums erfolgt nach Erlass WS 13/5257.3/1 vom 15.03.2010.

Vereinfacht dürfen in einem ersten Schritt die Tabellenwerte aus DIN EN 1991-1-7, Tabelle C.3, verwendet werden, wenn damit die Sicherheit des bestehenden Bauwerks nachgewiesen werden kann („1. Iterationsstufe“). Hierbei ist jedoch die Restnutzungsdauer der Brücke zu berücksichtigen, weil in der verbleibenden Zeit nicht mehr die jährliche Einzel-Zuverlässigkeit wie bei einem Neubau erzielt werden muss. Für Brücken ist von einer prinzipiellen, pauschalen Nutzungsdauer von  $T_N = 100$  a auszugehen. Die mit  $T_N = 100$  a ermittelten Stoßlasten, also z.B. die Werte nach DIN EN 1991-1-7, Tabelle C.3, sind dazu mit einer Abminderung gemäß Bild 1 dieses Merkblatts zu versehen. Hintergrund dieser Betrachtung ist, dass das für eine Nutzungsdauer konzipierte Bauwerk nach dieser Zeit „abgeschrieben“ ist und einer generellen Neu-Bewertung bedarf. Bei denkmalgeschützten Brücken kann eine fiktive Restnutzungsdauer mit dem Baulastträger festgelegt werden, vgl. auch DIN EN 1991-1-7, NDP zu 3.1(2), Anmerkung 4.

Für Bauwerksteile am Ufer oder in den Vorländern können Anprallkräfte im Einzelfall ermittelt werden. Werden keine genaueren Untersuchungen durchgeführt, so betragen diese Anprallkräfte:

- für Bauwerksteile am Ufer (d.h. Abstände von der Wasserlinie des maßgebenden Wasserstandes HSW bei geböschten Ufern  $\leq$  ca. 5 m, bei Senkrechtufern  $\leq$  ca. 2 m): 40%
- für Bauwerksteile in den Vorländern (d.h. Abstände von der Wasserlinie des maßgebenden Wasserstandes HSW bei geböschten Ufern  $>$  ca. 5 m, bei Senkrechtufern  $>$  ca. 2 m): 20%

der nach DIN EN 1991-1-7, Tabelle C.3, in Verbindung mit Bild 1 dieses Merkblatts ermittelten Werte.

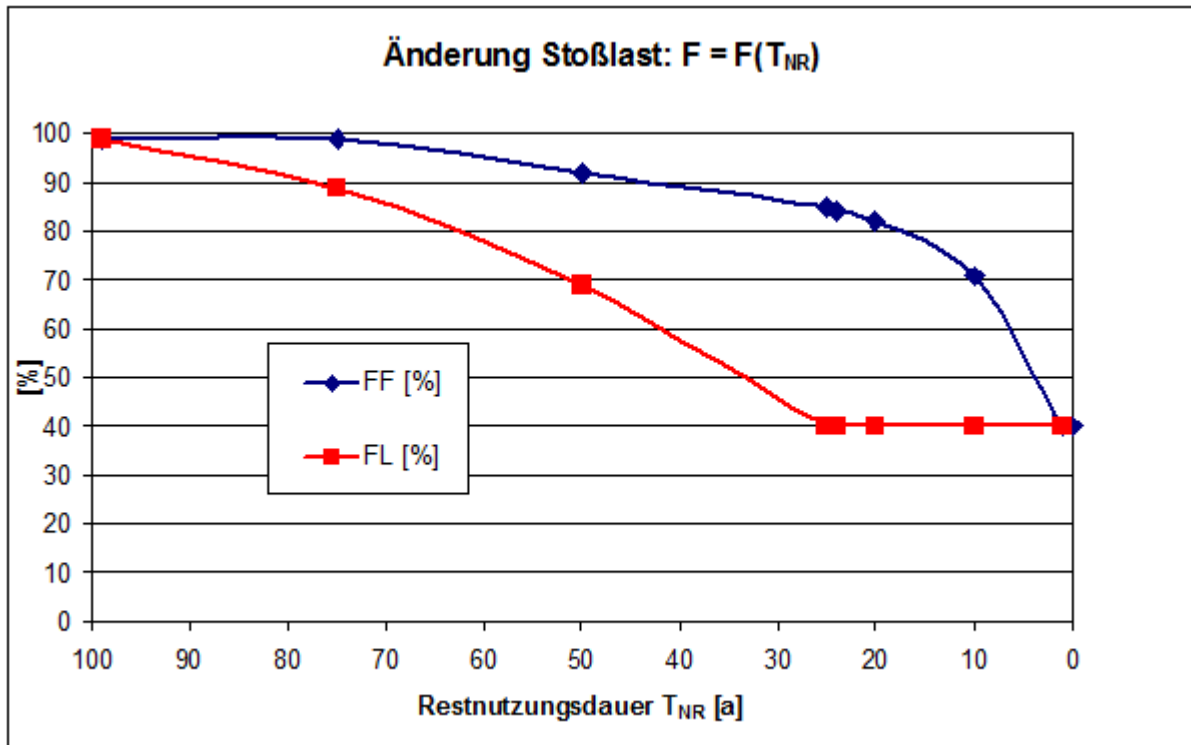


Bild 1: Abminderung der Stoßkraft:  $F = [\%] * F(T_N = 100 \text{ a})$ , in Abhängigkeit der Restnutzungsdauer, (FF: Frontalstoß; FL: Flankenstoß)

## 1.2 Last-Stellungen

Analog DIN EN 1991-1-7, sind als Last-Stellungen zu untersuchen:

- Frontalstoß
- Flankenstoß (als wandernde Last bis 1 m vor der Bauwerks-Stirnseite)

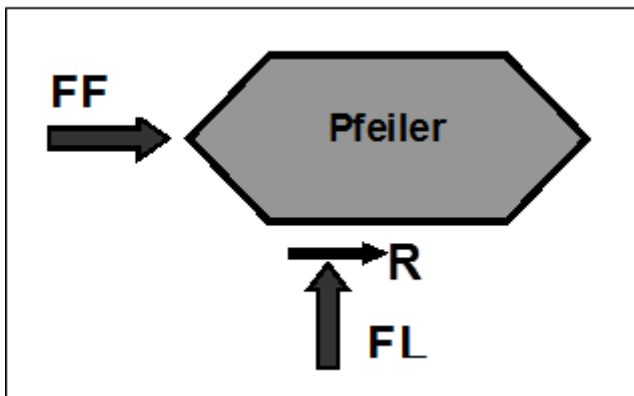


Bild 2: Prinzipielle Wirkungsrichtungen von Schiffsstoßlasten

## 2 Nachweise

Die Nachweisführung sollte möglichst mit realistischen Bauwerksangaben (Geometrien, statisches System, Materialien, ...) durchgeführt werden. Je nach Untersuchungstiefe sind weitere Informationen einzuholen. Da die dynamische Wirkung der Einwirkung auf das Bauwerk - auch aus Gründen wirtschaftlicher Nachweise - erfasst werden sollte, ist – auch wenn anschließende Nachweise quasi-statisch geführt werden – in der Regel eine dynamische Berechnung zur Bestimmung der Dynamischen Lastfaktoren DLF erforderlich. Nur wenn mit den in DIN EN 1991-1-7, angegebenen DLF die Standsicherheit nachgewiesen werden kann und wenn der Kraftfluss im Bauwerk (Lager !) zufriedenstellend eingeschätzt werden kann, darf eine quasi-statische Betrachtung erfolgen.

Bei sämtlichen Nachweisen, auch bei denen mit quasi-statischen Kräften, darf und kann der dynamische Effekt durch die Berücksichtigung der Energiedissipation berücksichtigt werden.

### 2.1 Pfeiler

Pfeiler als Unterbauten von Brücken sind hinsichtlich ihrer Standsicherheit und Tragfähigkeit zu untersuchen.

Als Nachweise der Standsicherheit gelten der Nachweis der Lagesicherheit mit den Einzel-Nachweisen Kippen (Lastexzentrizität), Gleiten und Aufschwimmen.

Als Nachweis der Tragfähigkeit sind Stahlbeton-Pfeiler auf Biegung mit Längskraft, Querkraft und Torsion nach der bauartspezifischen Norm (DIN EN 1992-1-1) zu untersuchen.

Unbewehrte oder schwach bewehrte Beton-Pfeiler sind im Rahmen der Nachweise zur Tragfähigkeit auf Kippen (Lastexzentrizität), Gleiten, Querkrafttragfähigkeit und Torsion zu untersuchen. Bei der Querkrafttragfähigkeit ist nach DIN EN 1992-1-1, Glg. (6.4) bzw. Abschnitt 12.6.3, vorzugehen, wobei angenommen werden darf, dass die Zugfestigkeit bei Stoßvorgängen mindestens der bei ruhender Belastung entspricht.

Mauerwerkspfeiler sind in Anlehnung an die Vorgehensweise bei unbewehrten/schwach bewehrten Pfeilern nach der bauartspezifischen Norm (DIN EN 1996) zu untersuchen.

Die Verformungen der Pfeiler sind auf Verträglichkeit zu untersuchen.

### 2.2 Gründung

Nachweise im Gründungsbereich umfassen den Grundbruch-Nachweis (vereinzelt vereinfacht Sohlpressung) und den Gleit-Nachweis. Früher ausgeführte Pfahlrost-Konstruktionen können von der Gründung her als Flachgründung mit Trennfuge zwischen Pfeiler und Pfahlrost wirken, was zu berücksichtigen ist.

### 2.3 Überbau

Der Nachweis von Überbauten bestehender Brücke darf gemäß DIN EN 1991-1-7 nach risikoanalytischen Überlegungen, wozu auch eine Nutzen-Kosten-Betrachtung gehört, entschieden werden. Derartige Betrachtungen haben wegen geringer Ereignis-Häufigkeiten und geringer Schäden bislang dazu geführt, dass eine Verstärkung von Überbauten bestehender Straßen- und Wegebrücken i.d.R. nicht wirtschaftlich ist, auch wenn die Stoßkraft oder alternativ die Stoßenergie durch den Überbau nicht aufgenommen werden kann. Bei Fußgängerbrücken bzw. bei Brücken, die der Überführung von Gefahrgutleitungen („Rohr-Brücken“) dienen, sind jedoch nähere Betrachtungen anzustellen, vgl. auch DIN EN 1991-1-7, NCI zu 4.6.2(4).



Gleichwertig der nach DIN EN 1991-1-7 vereinfachend anzusetzenden statischen Ersatzlast  $F = 1 \text{ MN}$  an den Überbau ist die Anprallenergie von  $E_{\text{def}} = 10 \text{ kNm}$ .

### 3 Materialkennwerte/Sicherheitsbeiwerte

Materialkennwerte sind, sofern in-situ-Untersuchungen nicht vorliegen, in Abhängigkeit der Bauzeit nach BARGMANN, 2008, oder nach DBV, 2008, anzusetzen.

Bei Brücken-Bauwerken ist eine Gleichzeitigkeit von Schiffsstoßlasten mit Verkehrslasten auf der Brücke nicht anzusetzen.

Für die Nachweise sind als (Teil-)Sicherheitsbeiwerte anzusetzen:

- Sicherheitsbeiwert der Einwirkung:  $\gamma_{G,A} = \gamma_{Q,A} = \gamma_A = 1,0$
- Sicherheitsbeiwert Material:  $\gamma_{M,A}$  nach bauartspezifischen Normen
- Reibbeiwert:  $\mu = 1,0$  (sowohl für Beton/Beton als auch Beton/Boden bzw. Beton/Pfahlkopffrost)
- Sicherheitsbeiwerte für Gleiten und Grundbruch:  $\gamma_{\text{Gleit},A} = \gamma_{\text{Gbruch},A} = 1,0$
- Sicherheitsbeiwert für Kippen:  $\gamma_{\text{Kipp},A} = 1,1$ , wobei die Bauteilpressung nachzuweisen ist.

### 4 Bewertungen

Eine Bewertung der jeweiligen Nachweise sollte letztlich durch die Gegenüberstellung des Erfüllungsfaktors  $a_{\text{vorh}}$  zu  $a_{\text{zul}}$  getroffen werden, vgl. [Bundesamt für Strassen, 2005]. Er gibt an, in welchem Maß ein bestehendes Tragwerk die rechnerischen Anforderungen erfüllt.

$$a_{\text{vorh}} = R_d / E_d$$

und kann auch direkt aus dem Vergleich der Stoßlasten  $F$  bestimmt werden:

$$a_{\text{vorh}} = F_{Rd} / F_{Ed}$$

In Abhängigkeit des Erfüllungsfaktors sind als Maßnahmen zu ergreifen:

$a_{\text{vorh}} \geq a_{\text{zul}} = 0,80$	keine Maßnahme erforderlich
$a_{\text{min}} = 0,40 \leq a_{\text{vorh}} < a_{\text{zul}} = 0,80$	Maßnahmen auf Angemessenheit/Wirtschaftlichkeit prüfen
$a_{\text{vorh}} < 0,40 = a_{\text{min}}$	Maßnahmen erforderlich.

Sollte sich daraus dann die Erfordernis von Maßnahmen ergeben, kann neben baulichen Maßnahmen zur Verstärkung des betroffenen Bauteils die Errichtung externer, separater Schutzbauwerke in die Überlegungen einbezogen werden.

## 5 Literatur

- Bargmann, H.; 2008: Historische Bautabellen. Werner-Verlag, Köln.
- BMVBS, 2010: Erlaß Schiffsanprall auf Bauwerke – Richtlinien für die Ermittlung des Gefährdungsräumtes an Bundeswasserstraßen. WS 13/5257.3/1; Bonn, 15.03.2010.
- Bundesamt für Strassen (Schweiz), 2005: Richtlinie „Anprall von Strassenfahrzeugen auf Bauwerksteile von Kunstbauten“, Ergänzung zur Norm SIA 261, Einwirkung auf Tragwerke, ASTRA, 2005.
- DBV, 2008: Merkblatt „Bauen im Bestand – Beton und Betonstahl“, Fassung Januar 2008, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.
- DIN 1055-9, 2003-08: Einwirkungen auf Bauwerke – Außergewöhnliche Einwirkungen. DIN, 2003-08.
- DIN EN 1991-1-7: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen; einschließlich Nationalem Anhang, Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; einschließlich Nationalem Anhang. Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 1996-1-1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; einschließlich Nationalem Anhang. Beuth-Verlag, Berlin.
- Kunz, 2006: DIN 1055, Teil 9 und probabilistische Verfahren. In: Der Prüferingenieur, Heft 10, 2006, Berlin, S. 53 – 63.