

Brücken – Übersicht

0. Inhalt

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>1</u>
<u>1.</u>	<u>Allgemeines</u>	<u>2</u>
<u>2.</u>	<u>Grundlagen</u>	<u>2</u>
<u>3.</u>	<u>Statische Systeme</u>	<u>2</u>
<u>4.</u>	<u>Querschnittsformen</u>	<u>3</u>
<u>5.</u>	<u>Montage</u>	<u>4</u>
<u>6.</u>	<u>Konstruktive Details</u>	<u>4</u>
<u>7.</u>	<u>Lasten</u>	<u>4</u>
7.1	Eigengewicht	4
7.2	Verkehrslasten	4
7.2.1	KFZ	4
7.2.2	Fußgänger und Radfahrer	7
7.2.3	Eisenbahn	8
7.2.4	Fliehkräfte	8
7.3	Wind	8
7.4	Schnee	8
7.5	Temperatur	8
7.6	Erdbeben	9
7.7	Anprall	9
7.8	Bauzustände	9
<u>8.</u>	<u>Kosten</u>	<u>10</u>
<u>9.</u>	<u>Schadensfälle</u>	<u>10</u>
<u>10.</u>	<u>Beispiele</u>	<u>11</u>
<u>11.</u>	<u>Quellen</u>	<u>11</u>
11.1	Normen und Regelwerke	11
11.2	Fachliteratur	11
11.3	Sonstige	11

1. Allgemeines

Kurzbeschreibung

Bemessung und Konstruktion von Stahlbrücken

Einordnung

Stahlbau – Spezifische Bauformen – Brückenbau – Übersicht

Lernziele

Übliche statische Systeme für Stahlbrücken beschreiben und bewerten können;
Übliche Querschnittsformen beschreiben und bewerten können;
Die wichtigsten konstruktiven Details beschreiben können;

Einschränkungen, Abgrenzung

keine

2. Grundlagen

Baustatik Ermittlung von Schnittgrößen und Verformungen
Verständnis für räumliche Stabilität
Verständnis für Dynamik

3. Statische Systeme

- Balken
- Fachwerk
- Bogen
hängend, stehend
- Hängebrücken
- Schrägseilbrücken

4. Querschnittsformen

- Kasten

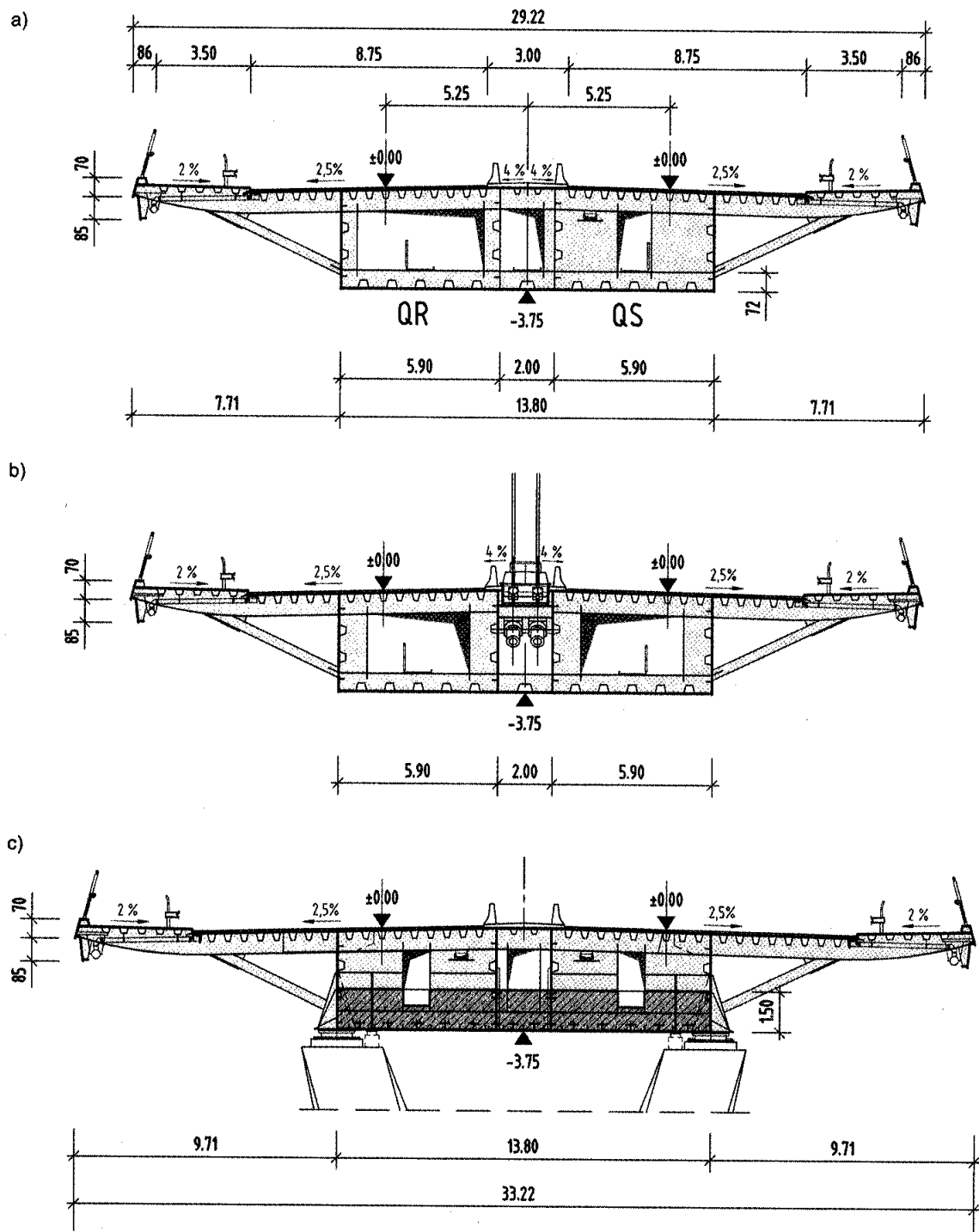


Bild 8. Querschnitte Strombrücke; a) Regelquerschnitt, b) Seileinleitung, c) Achse 80 mit Ballastbeton

Fig. 8. Cross-sections of the steel bridge; a) regular cross-section, b) cable anchorage, c) pier axis 80 with ballast concrete

Beispiel für Brückenquerschnitt (Gebert et al. 2007)

5. Montage

- Freier Vorbau
- Vershub

6. Konstruktive Details

- Orthotrope Platte
genauer Bezeichnung: orthogonal-anisotrope Platte
Erste Berechnungsverfahren von Prof. Dr.-Ing. Maria Esslinger (*1913) und Prof. Dr.-Ing. Pelikan.
(siehe obige Skizze eines Brückenquerschnittes)
- Hängeranschluss

7. Lasten

7.1 Eigengewicht

DIN 1055-1

7.2 Verkehrslasten

7.2.1 KFZ und LKW

Die Lasten für Straßenbrücken werden DIN FB 101 Kapitel IV Abs. 4 entnommen.

Tabelle 4.1: Anzahl und Breite von Fahrstreifen

Fahrbahnbreite w	Anzahl der rechnerischen Fahrstreifen	Breite eines rechnerischen Fahrstreifens	Breite der Restfläche
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w / 2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w / 3)$	3 m	$w - 3,0 \cdot n_l$

Anmerkung: Zum Beispiel ergibt sich für eine Fahrbahnbreite von $w = 11 \text{ m}$ $n_l = \text{Int}(w / 3)$ die Breite der Restfläche zu $11 - 3,0 \cdot 3 = 2,0 \text{ m}$.

(Tab. 4.1 aus DIN FB 101)

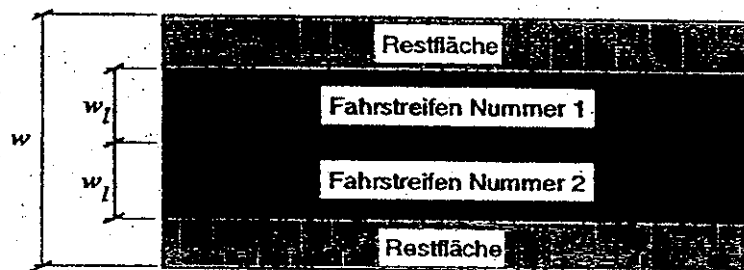


Abb. 4.1: *) Beispiel einer Streifennummerierung im allgemeinsten Fall

(Abb. 4.1 aus DIN FB 101)

4.3 Vertikallasten - charakteristische Werte

4.3.1 Allgemeines und zugehörige Bemessungssituationen

(2) *) Die Modelle für Vertikallasten geben die folgenden Einwirkungen aus Verkehr wieder:

- (a) Lastmodell 1: Einzellasten und gleichmäßig verteilte Lasten, die die meisten der Einwirkungen aus LKW- und PKW-Verkehr abdecken. Dieses Modell gilt nur für globale Nachweise.
- (b) Lastmodell 2: Eine Einzelachse mit typischen Reifenabstandsflächen, die die dynamischen Einwirkungen üblichen Verkehrs bei Bauteilen mit sehr kurzen Stützweiten berücksichtigt. Dieses Lastmodell sollte gesondert angewendet werden und gilt nur für lokale Nachweise.
- (c) Lastmodell 4: Menschengedränge. Dieses Modell sollte nur angewendet werden, wenn der Bauherr es verlangt. Es ist nur für globale Nachweise gedacht. Dieses Lastmodell gilt nur für gewisse vorübergehende Bemessungssituationen.

(3) Lastmodelle 1 und 2 sind zahlenmäßig zwar für ständige Bemessungssituationen festgelegt, sie können aber auch bei beliebiger Bemessungssituation angewendet werden (z.B. für vorübergehende Bemessungssituationen während Instandsetzungsarbeiten). Das Lastmodell 4 gilt nur für vorübergehende Bemessungssituationen.

(Abs. 4.3.1 aus DIN FB 101)

Tabelle 4.2: Grundwerte und angepasste Grundwerte

Stellung	Doppelachse			Gleichmäßig verteilte Last
	Grundwert	α_{Q1}	angepasster Grundwert	
	Achslast Q_{ik} in kN		Achslast $\alpha_{Q1} \cdot Q_{ik}$ in kN	q_{ik} (oder q_{rk}) in kN/m ²
Fahrsstreifen 1	300	0,8	240	9,0
Fahrsstreifen 2	200	0,8	160	2,5
Fahrsstreifen 3	100	0	0	2,5
Andere Fahrsstreifen	0	-	0	2,5
Restfläche (q_{rk})	0	-	0	2,5

Die Fahrsstreifen 1 und 2 sind unmittelbar nebeneinander ohne Restfläche zwischen diesen Fahrsstreifen anzuordnen. Die Doppelachsen in diesen Fahrsstreifen sind in Querrichtung als nebeneinander stehend anzusehen.

Im Fahrsstreifen 3 und den weiteren Fahrsstreifen sind keine Doppelachsen anzuordnen (siehe Abb. 4.2).

(Tabb. 4.2 aus DIN FB 101)

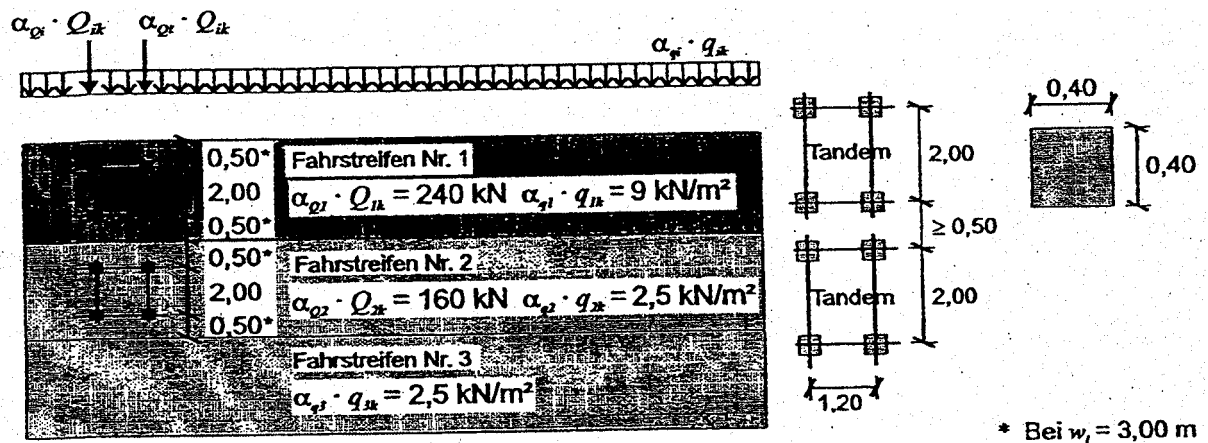


Abb. 4.2: Lastmodell 1 (angepasste Grundwerte)

(Abb. 4.2 aus DIN FB 101)

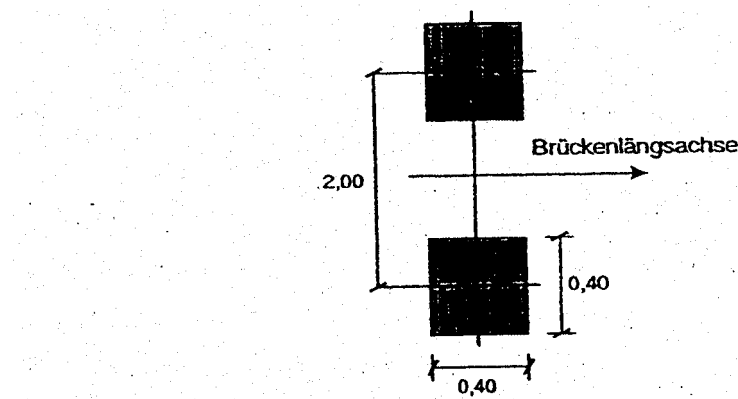


Abb. 4.3: *) Lastmodell 2

(Abb. 4.3 aus DIN FB 101)

Anprall

Bremsen und Anfahren

Wiederkehr der Lasten nach DIN FB 101 Tabelle 4.5

7.2.2 Fußgänger und Radfahrer

- Gleichmäßig verteilte Last nach DIN FB 101 Abs. 5.3.2.1 (1):
 $q_{\max} = 5,0 \text{ kN/m}^2$
 Für Einzelstützweiten über 10 m darf dieser Wert nach Abs. 5.3.2.1 (2) und Abb. 5.1 bis auf
 $q_{\min} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 abgemindert werden.
- Einzellast nach DIN FB 101 Abs. 5.3.2.2 (1)
 $Q = 10 \text{ kN}$ mit einer Aufstandsfläche von 10/10 cm
 Diese Einzellast braucht nicht angesetzt zu werden, wenn ein Betriebsfahrzeug berücksichtigt wird.
- Betriebsfahrzeug nach Angaben des Bauherrn.
- Unplanmäßige Anwesenheit eines Fahrzeuges nach DIN FB 101 Abs. 5.6.3, siehe Skizze

7.2.3 Eisenbahn

- Lokomotive und Wagen
Lastmodell 71 nach DIN FB 101

Entgleisung

7.2.4 Fliehkräfte

horizontal und vertikal !

Tabelle 4.3: Charakteristische Werte von Zentrifugallasten

$Q_z = 0,2 Q_v$ in kN	wenn: $r < 200$ m
$Q_z = 40 Q_v / r$ in kN	wenn: $200 \leq r \leq 1500$ m
$Q_z = 0$	wenn: $r > 1500$ m

Hierbei gilt:

r horizontaler Radius der Fahrbahnmittellinie (in m)

Q_v Gesamtlast aus den vertikalen Einzellasten der Doppelachsen des Haupt-Lastmodells, z.B.

$$\sum_i \alpha_{Q_i} \cdot (2 Q_{ik}) \quad (\text{siehe Tabelle 4.2})$$

(Tab. 4.3 aus DIN FB 101)

7.3 Wind

Auf den Brückenkörper selbst sowie auf das „Verkehrsband“

7.4 Schnee

sofern maßgebend

7.5 Temperatur

je nach Lagerung der Fahrbahnplatte maßgebend

Nach DIN FB 101 Abs. 6.3.1.3.1 (5) sind bei einer minimalen Außenlufttemperatur von -24°C als Minimaltemperaturen für Brücken anzunehmen:

-26°C	Stahlbrücken
-20°C	Verbundbrücken
-17°C	Betonbrücken

Nach DIN FB 101 Abs. 6.3.1.3.1 (5) sind bei einer maximalen Außenlufttemperatur von $+37^{\circ}\text{C}$ als Maximaltemperaturen für Brücken anzunehmen:

$+51^{\circ}\text{C}$	Stahlbrücken
$+41^{\circ}\text{C}$	Verbundbrücken
$+37^{\circ}\text{C}$	Betonbrücken

Als Aufstelltemperatur $T_{0,0}$ dürfen $+10^{\circ}\text{C}$ angenommen werden (DIN FB 101 Abs. 6.3.1.3.3 (2)).

Dazu kommen noch Temperaturunterschiede zwischen Ober- und Unterseite der Brücke nach DIN FB 101 Tab. 6.1, diese betragen zwischen 5°K und 18°K .

7.6 Erdbeben

Mitschwingende Massen aus der Brücke sowie aus x % der planmäßigen Verkehrslast.

7.7 Anprall

- auf Geländer und Schrammborde
- auf Brückepfeiler
- auf die Fahrbahn (unter der Brücke fahrender Transport mit hochstehender Baggerschaukel)

7.8 Bauzustände

- Anderes statisches System, z.B. während des Vorschubes
- Andere Lasten, z.B. durch Baufahrzeuge oder abgelegte Baumaterialien

8. Kosten

Richtwert für kleine Brücken (Wolfram Oktober 2007):

Je Quadratmeter Deckfläche 3.000 EUR

Richtwert für mittelgroße Brücken (Brückenbauer Oktober 2007):

3.400 EUR/Tonne

(aber woher weiß man vorher, wie viel eine Brücke wiegt?)

Brücke von Millau:

$400 \text{ Mio EUR} / (2460 \text{ m} * 26 \text{ m}) = 6.250 \text{ EUR/m}^2$

9. Schadensfälle

Der Stahlbrückenbau ist (wie auch der Massivbrückenbau) von spektakulären Schadensfällen und Brückeneinstürzen begleitet.

- Tacoma Bridge, USA (1940)
Winderregte Schwingungen bewirken eine Torsionsschwingung des Brückendecks (Flatterschwingung). Dies war seit kurz nach der Fertigstellung der Brücke bekannt, Kamerateams waren postiert, die das Ereignis dokumentierten.
Am ... bei einer Windgeschwindigkeit von ca. ... stürzten Teile der Brücke ein, nachdem sie stundenlang (!) Schwingungen mit vertikalen Amplituden von ... m an den Gehwegen ausgeführt hatten.
- Rheinbrücke Koblenz
Im Bauzustand knickte der auskragende Teil der Brücke ein (xxx Tote):
Ursache war der damals noch nicht ausreichend erkannte Zusammenhang zwischen geometrischen Imperfektionen (Schweißverzug) und der Beulfestigkeit des Kastenuntergurtes (orthotrope Platte).
- Millenium Bridge, London
Die Brücke wird am ... für den Verkehr freigegeben. Beim Begehen durch Fußgänger treten so starke Horizontalschwingungen auf, dass die Brücke wieder gesperrt und saniert werden muss.

10. Beispiele

Rheinbrücke Mannheim

Rheinbrücke Karlsruhe (Eisenbahn)

Rheinbrücke Karlsruhe (Straße)

Biesenbachbrücke (Sauschwänzlebahn)

Nesenbach-Viadukt

11. Quellen

11.1 Normen und Regelwerke

- [1] DIN-Fachbericht 101. Einwirkungen auf Brücken. Ausgabe März 2003.
- [2] DIN-Fachbericht 103. Stahlbrücken. Ausgabe März 2003.
- [3] DIN-Fachbericht 104. Verbundbrücken. Ausgabe März 2003.
- [4] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen. Dezember 1985.
Beiblatt 1: Erläuterungen. Mai 1988.
- [5] EN 1993 Eurocode 3 (EC3): Design of steel structures
EN 1993-1-1: General rules and rules for buildings. May 2005.
- [6] DIN 18800: Stahlbauten.
Teil 1: Bemessung und Konstruktion. November 1990.

11.2 Fachliteratur

- [7] Stiglat, K.: Brücken am Weg, Ernst & Sohn, Berlin 1997.
- [8] Gebert, G., Bohm, S., Sprinke, P., Hamme, M., Löckmann, H., Reinsch, H.: Die neue Rheinbrücke Wesel – Entwurfsplanung und Ausschreibung. Stahlbau 76 (2007), Heft 9, S. 657-670.

11.3 Sonstige

- [9] Wolfram, R. (Lehrbeauftragter für Brückenbau an der FH Karlsruhe): Persönliche Mitteilungen an P. Knödel.
- [10] www.bernd-nebel.de
- [11] [http://www.tech.plym.ac.uk/sme/Interactive_Resources/tutorials / FailureCases/sf1.html](http://www.tech.plym.ac.uk/sme/Interactive_Resources/tutorials/FailureCases/sf1.html)