

Beispiel 13: Plattenbalkenbrücke

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| Aufgabenstellung | 13-2 |
| 1 System, Bauteilmaße, Betondeckung | 13-2 |
| 1.1 System | 13-2 |
| 1.2 Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung | 13-3 |
| 1.3 Baustoffe | 13-3 |
| 1.4 Querschnittswerte | 13-4 |
| 2 Einwirkungen | 13-5 |
| 2.1 Eigenlast | 13-5 |
| 2.2 Stützensenkung | 13-5 |
| 2.3 Temperatureinwirkung | 13-6 |
| 2.4 Vertikallasten aus Straßenverkehr | 13-6 |
| 2.5 Ermüdungslastmodell | 13-7 |
| 2.6 Windeinwirkungen | 13-7 |
| 3 Schnittgrößen | 13-8 |
| 4 Vorspannung | 13-9 |
| 4.1 Allgemeines | 13-9 |
| 4.2 Spanngliedführung | 13-10 |
| 4.3 Schnittgrößen infolge Vorspannung | 13-11 |
| 4.4 Zeitabhängige Spannkraftverluste | 13-12 |
| 5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit | 13-14 |
| 5.1 Allgemeines | 13-14 |
| 5.2 Rissbildungszustand | 13-15 |
| 5.3 Grenzzustand der Dekompression | 13-16 |
| 5.4 Begrenzung der Rissbreite | 13-17 |
| 5.5 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten | 13-18 |
| 5.6 Begrenzung der Betondruckspannungen und der Betonstahlspannungen | 13-19 |
| 5.7 Begrenzung der Spannstahlspannungen | 13-20 |
| 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit | 13-20 |
| 6.1 Allgemeines | 13-20 |
| 6.2 Biegung mit Längskraft | 13-21 |
| 6.3 Nachweis für Versagen mit Vorankündigung | 13-23 |
| 6.4 Nachweise für Querkraft und Torsion | 13-23 |
| 6.4.1 Querkraft | 13-23 |
| 6.4.2 Torsion | 13-25 |
| 6.4.3 Gurtanschluss | 13-27 |
| 6.5 Ermüdung | 13-29 |
| 6.5.1 Einwirkungen | 13-29 |
| 6.5.2 Biegung | 13-30 |
| 6.5.3 Querkraft | 13-32 |
| 7 Darstellung der Bewehrung | 13-34 |

Beispiel 13: Plattenbalkenbrücke

Aufgabenstellung

Zu bemessen ist der Überbau einer Richtungsfahrbahn einer im Grundriss geraden Autobahnbrücke mit zwei Fahrstreifen in Längsrichtung. Die Brücke wird in Längsrichtung elastisch gelagert. Der Betonüberbau wird als zweistegiger Plattenbalken (längs mit Vorspannung im nachträglichen Verbund vorgespannt, quer mit Betonstahl bewehrt) ausgebildet. Es werden keine Querträger vorgesehen.

Eine Bemessung für MLC-Lasten nach STANAG 2021 wird nicht durchgeführt.

Die Bemessungsanforderungen an die Brücke werden in Längs- und Querrichtung je nach Art der gewählten Vorspannung direkt im Eurocode 2 geregelt. Im Rahmen dieses Beispiels wird nur die Längsrichtung betrachtet.

1 System, Bauteilmaße, Betondeckung

1.1 System

In Längsrichtung stellt die Brücke einen Siebenfeldträger dar mit einer Gesamtlänge von $L = 210\text{ m}$. Die Spannweite der fünf Innenfelder beträgt jeweils $32,0\text{ m}$, die der beiden Randfelder $25,0\text{ m}$. Die Konstruktionshöhe beträgt $1,50\text{ m}$ (Bild 1).

Der Überbau wird in sieben Bauabschnitten (BA) mittels Vorschubrüstung hergestellt (Bild 2). Der statische Nachweis der einzelnen Bauzustände ist nicht Gegenstand dieses Anwendungsbeispiels.

Beachte auch die Auslegungen zu den Eurocodes auf: www.nabau.din.de

Hinweise zu den Eurocodes:
Die Bezeichnung der Regeln bedeutet:
(1)P verbindliche Regeln → Prinzip
(1) Anwendungsregeln, die die Prinzipien erfüllen

Hinweise zu den Nationalen Anhängen:
NDP National festzulegende Parameter
NCI Ergänzende nicht widersprechende Informationen zur Anwendung

MLC-Lasten: military load class
Kurzbezeichnung für militärische Verkehrslasten
STANAG: standardisation agreement
Standardisierungsabkommen der NATO.
Die Militärlasten werden gemäß Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau ARS Nr. 22/2012, Anlage 2 und Anlage 3 des BMVBS [1] behandelt. Die Teilsicherheitsbeiwerte und die Kombinationsbeiwerte entsprechen denen der zivilen Lasten.

EC2-2/NA, (NDP) 7.3.1 (105), Tabelle 7.101DE

Druckspannungen in diesem Beispiel negativ (abweichend vom EC2)

Hilfreiche Arbeitsdokumente für den Brückentragwerksplaner sind auch:
DIN-Normenhandbücher (Beuth-Verlag):
[E33] Eurocode 1 Einwirkungen – Band 3: Brückenlasten
[E35] Eurocode 2 Betonbau – Band 2: Brücken

Lasten für Bauzustände siehe EC1-6

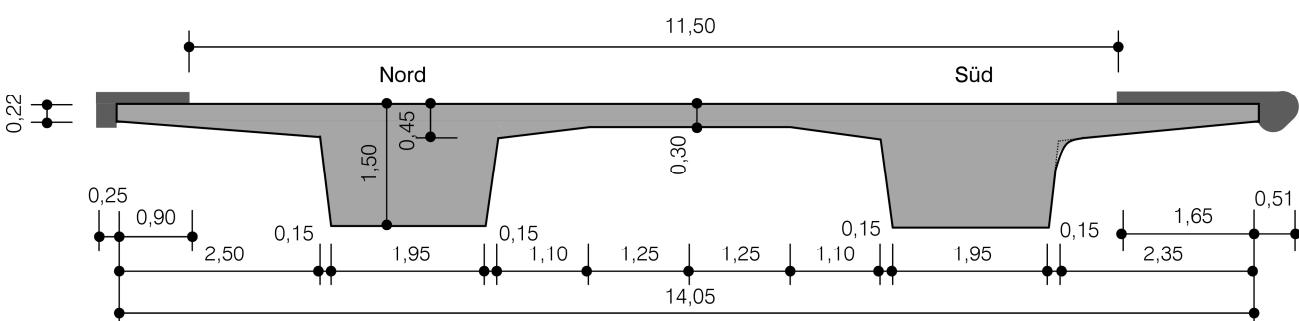


Bild 1: Regelquerschnitt der Brücke, Querschnitt einer Richtungsfahrbahn

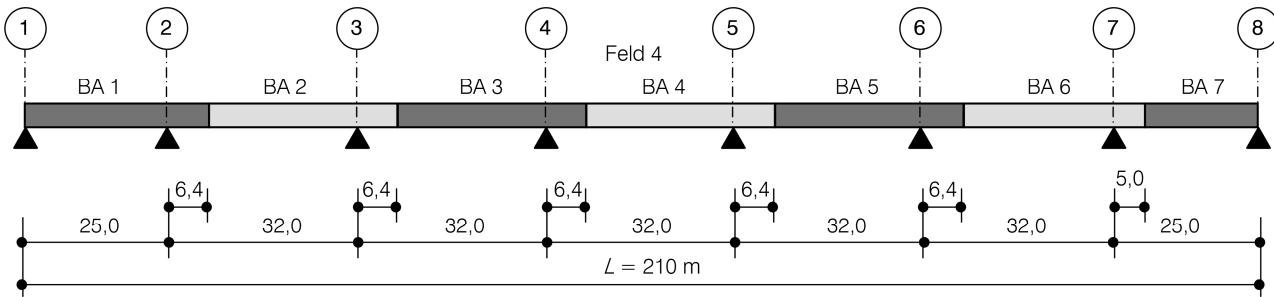


Bild 2: Statisches System, Bauphasen und Bauabschnitte

1.2 Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung

Umgebungsbedingungen: Außenbauteil

Expositionsklasse für Bewehrungskorrosion

→ infolge Karbonatisierung: → XC4

→ infolge Chloridangriff: → XD1

Expositionsklasse für Betonangriff

→ Frost mit Taumittel: → XF2

Mindestfestigkeitsklasse Beton ohne Luftporen → C30/37 [2]

→ Feuchtigkeitsklasse → WA [2]

Gewählt: C35/45 XC4, XD1, XF2, WA $E_{cm} = 34.000 \text{ MN/m}^2$

EC2-2/NA, (NCI) 4.2, Tabelle 4.1DE:

XC4 wechselnd nass und trocken
(Außenbauteile mit direkter Berechnung)

XD1 mäßige Feuchte (Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen)

XF2 mäßige Wassersättigung, mit Taumittel
(in DIN 1045-2: min C35/45 ohne LP für XF2)

WA langzeitige Alkalizufuhr

siehe auch [2] ZTV-ING, Teil 3, Abschn. 1

Kap. 3.1 (3) und Kap.4 (13) für Überbauten

→ Alle Bauwerke im Bereich der Bundesfernstraßen sind der Feuchtigkeitsklasse WA zuzuordnen.

Hier keine Expositionsklasse für chemischen Angriff und Verschleißbeanspruchung.
Die Expositionsklassen sind anzugeben

EC2-2/NA, (NDP) 4.4.1.2 (5)
die Betondeckung ist unabhängig von den Expositionsklassen geregelt
Das gegenüber EC2-1-1 reduzierte Vorhaltemaß ist auf erhöhte Qualitäts-sicherungsmaßnahmen zurückzuführen.

EC2-1-1, 4.4.1.2 (3) bzw.
EC2-2/NA, (NDP) 4.4.1.2 (3)
Hüllrohrdurchmesser ϕ_{duct} entsprechend allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)
EC2-2/NA, (NDP) 4.4.1.2 (3)
maßgebend!

Betondeckung

Betonstahl:

→ Mindestbetondeckung

$$c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$$

+ Vorhaltemaß

$$\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm}$$

= Nennmaß der Betondeckung

$$c_{nom} = 45 \text{ mm}$$

Hüllrohre allgemein:

$$c_{min,dur} \geq 50 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} = \phi_{duct} \leq 80 \text{ mm}$$

Längsspannglieder unter der Oberfläche der Fahrbahnplatte:

$$c_{min,b} \geq 100 \text{ mm}$$

1.3 Baustoffe

| | | |
|--------------|-----------|---|
| Beton C35/45 | f_{ck} | = 35 MN/m ² |
| | f_{cd} | = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 35 / 1,5 = 19,8 \text{ MN/m}^2$ |
| | E_{cm} | = 34.000 MN/m ² |
| | f_{ctm} | = 3,2 MN/m ² |

EC2-1-1, 3.1.2, Tab. 3.1

EC2-2/NA, (NDP) 2.4.2.4 (1)

EC2-2/NA, (NDP) 3.1.6 (101)P

| | | |
|-----------------------|----------|---|
| Betonstab-stahl B500B | f_{yk} | = 500 MN/m ² (hohe Duktilität) |
| | f_{yd} | = $f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MN/m}^2$ |
| | E_s | = 200.000 MN/m ² |

EC2-2/NA, (NCI) 3.2.2: (3) für Brückenüber-bauten nur hochduktiler Betonstahl

EC2-1-1, 3.2.7

EC2-2/NA, (NDP) 2.4.2.4 (1)

| | | |
|-------------------------------|--------------|---|
| Spannstahl Litze St 1570/1770 | $f_{p0,1,k}$ | = 1500 MN/m ² |
| | f_{pk} | = 1770 MN/m ² |
| | f_{pd} | = $f_{p0,1,k} / \gamma_s = 1500 / 1,15 = 1304 \text{ MN/m}^2$ |
| | E_p | = 195.000 MN/m ² |

Werte aus abZ

EC2-1-1, 3.3.6 (6), EC2-2/NA, (NDP) 2.4.2.4 (1)
EC2-1-1, 3.3.6 (3)

1.4 Querschnittswerte

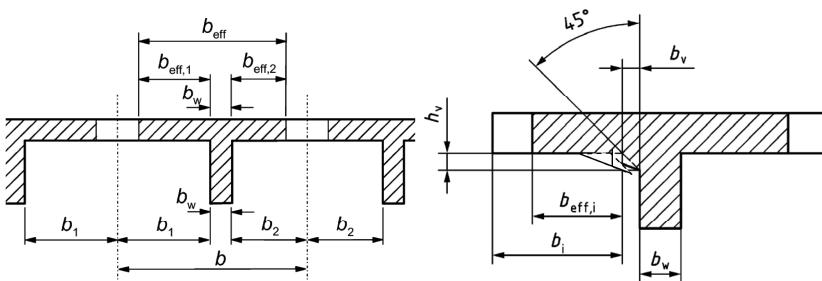
Für die Bemessung ist ein idealisierter Plattenbalkenquerschnitt unter Berücksichtigung der mitwirkenden Plattenbreite anzunehmen.

Dieser wird auch für die Schnittgrößenermittlung mit herangezogen, obwohl der Ansatz einer konstanten mitwirkende Breite über die Feldlänge auch möglich wäre.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und als genügend genaue Abschätzung für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit können die maßgebenden Querschnittswerte wegen der gleichmäßigen Stützweitenverteilung mit folgender vereinfachter Berücksichtigung der mitwirkenden Plattenbreiten ermittelt werden:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = \min \begin{cases} 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \\ 0,2 \cdot l_0 \\ b_i \end{cases}$$



$$\begin{array}{c} l_0 = 0,15 \\ l_0 = 0,85l_1 \quad (l_1 + l_2) \quad l_0 = 0,70l_2 \quad l_0 = 1,5l_3 \text{ bzw.} \\ l_1 \quad l_2 \quad l_3 \leq 0,5l_2 \end{array}$$

EC2-1-1, 5.3.2.1

EC2-1-1, 5.3.2.1 (4)

EC2-2/NA, (NCI) 5.3.2.1 (2)

EC2-1-1, 5.3.2.1, Gl. (5.7), (5.7a), (5.7b)

EC2-1-1, 5.3.2.1, Bild 5.3

EC2-2/NA, (NCI) 5.3.2.1, Bild NA.5.103.1

EC2-1-1, 5.3.2.1 Bild 5.2 mit NCI

Tab. 1.4-1: Berechnung der mitwirkenden Plattenbreiten (für den Hauptträger des Querschnitts in Bild 1)

| | l_{eff} [m] | l_0 [m] | b_w [m] | b_i [m] | $d_{i,\text{Feld}}$ [m] | $d_{i,\text{Ans}}$ [m] | b_r [m] | $d_{r,\text{Feld}}$ [m] | $d_{r,\text{Ans}}$ [m] | b_{vl} [m] | b_{vr} [m] | $b_{\text{eff},i}$ [m] | $b_{\text{eff},r}$ [m] | \mathbf{b}_{eff} [m] |
|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Hauptträger Nord | | | | | | | | | | | | | | |
| Randfeld | 25 | 21,3 | 2,25 | 2,5 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 2,50 | 2,35 | 7,10 |
| 1. Innenstütze | | 8,55 | 2,25 | 2,5 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 1,36 | 1,33 | 5,32 |
| Innenfeld | 32 | 22,4 | 2,25 | 2,5 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 2,50 | 2,35 | 7,10 |
| Innenstütze | | 9,6 | 2,25 | 2,5 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 1,43 | 1,46 | 5,52 |
| Hauptträger Süd | | | | | | | | | | | | | | |
| Randfeld | 25 | 21,3 | 2,25 | 2,35 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 2,35 | 2,35 | 6,95 |
| 1. Innenstütze | | 8,55 | 2,25 | 2,35 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 1,33 | 1,33 | 5,29 |
| Innenfeld | 32 | 22,4 | 2,25 | 2,35 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 2,35 | 2,35 | 6,95 |
| Innenstütze | | 9,6 | 2,25 | 2,35 | 0,22 | 0,45 | 2,35 | 0,3 | 0,45 | 0,23 | 0,15 | 1,38 | 1,40 | 5,49 |

Die Tabelle 1.4-1 zeigt, dass in den Feldquerschnitten für $b_{\text{eff},i}$ der kleinere Wert b_i maßgebend wird.

Gesamtquerschnitt – Querschnitt mit der gesamten vorhandenen Plattenbreite

siehe DAfStb-Heft [600], zu 5.3.2.1
→ bei den Nachweisen Bezug von:
 P_m auf den Gesamtquerschnitt,
 M_p auf den mitwirkenden Querschnitt.

Die Vorspannung wird bei der Schnittgrößenermittlung auf die Schwerelinie des Gesamtquerschnitts bezogen. Bei den Spannungsnachweisen werden die Schnittgrößen aus Vorspannung auf die Schwerelinie des idealisierten Querschnitts umgerechnet.

Die Bemessung erfolgt aufgrund der annähernd symmetrischen Querschnitte für eine Querschnittshälfte.

Die Querschnittswerte der Tab. 1.4-2 wurden mit Hilfe eines EDV-Programms unter Berücksichtigung der mitwirkenden Breiten ermittelt.
→ Gesamtquerschnitt – Querschnitt mit der gesamten vorhandenen Plattenbreite

Tab. 1.4-2: Querschnittswerte des idealisierten Betonquerschnitts Hauptträger Nord

| Querschnitts-wert | Einheit | Gesamt-querschnitt | mitwirkender Querschnitt | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|------------|----------------|-------------|
| | | | Feld | Koppelfuge | 1. Innenstütze | Innenstütze |
| A_c | [m ²] | 4,842 | 4,842 | 4,842 | 4,223 | 4,288 |
| z_s | [m] | 0,543 | 0,543 | 0,543 | 0,602 | 0,595 |
| I_z | [m ⁴] | 10,073 | 10,073 | 10,073 | 4,475 | 4,888 |
| I_y | [m ⁴] | 0,951 | 0,951 | 0,951 | 0,833 | 0,846 |
| I_t | [m ⁴] | 1,097 | 1,097 | 1,097 | 1,097 | 1,097 |
| W_o | [m ³] | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,384 | 1,422 |
| W_u | [m ³] | 0,994 | 0,994 | 0,994 | 0,927 | 0,935 |

2 Einwirkungen

Nachfolgend werden die charakteristischen Einwirkungen als Grundlage für die Schnittgrößenermittlung und die anschließenden Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zusammengestellt.

2. Eigenlast (gesamter Überbau)

Eigenlast des Tragwerks $g_{k,1} = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 9,688 \text{ m}^2 = 242,2 \text{ kN/m}$

Eigenlast des Fahrbahnbelages $g_{k,Bel} = (25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,08 \text{ m} + 0,50 \text{ kN/m}^2) \cdot 11,50 \text{ m} = 28,8 \text{ kN/m}$

Eigenlast der Kappen

Süd $g_{k,KS} = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,439 \text{ m}^2 = 11,0 \text{ kN/m}$

Nord $g_{k,KN} = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,253 \text{ m}^2 = 6,3 \text{ kN/m}$

Eigenlast der Leitplanke $g_{k,SPL} = 0,8 \text{ kN/m}$

Eigenlast des Geländers $g_{k,Gel} = 0,5 \text{ kN/m}$

Die Einwirkungen werden für den gesamten Überbau ermittelt. Die Aufteilung auf die Haupt- und Querträger erfolgt für ein Trägerrostsystem.

EC1-1-1 mit EC1-1-1/NA

[1] ARS 22/2012, Anlage 3 ($\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ für den Belag und zusätzliche Flächenlast für Mehreinbau von $0,50 \text{ kN/m}^2$)

Herstellerangaben

Herstellerangaben

EC2-1-1, 2.3.1.3 (1)

Von ihrer Art her gehören Baugrundsetzungen grundsätzlich zu den ständigen Einwirkungen, müssen aber wie veränderliche Einwirkungen auch ungünstig angeordnet werden. Generell sind die zu erwartenden Verschiebungen und Verdrehungen von Stützen infolge Baugrundbewegungen zu berücksichtigen.

EC2-1-1, 2.3.1.3 (2):

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen

EC2-2/NA, (NCI) 2.3.1.3, (NA.103):
Im Grenzzustand der Tragfähigkeit 0,6-fach wegen Abfall der Steifigkeit im Zustand II zu berücksichtigen

(Im Bodengutachten ist als mögliche Setzung $\Delta s_k = 15 \text{ mm}$ angegeben. Im Brückenbau wird üblicherweise als wahrscheinliche Stützensenkung mindestens 10 mm angesetzt.)

2.2 Stützensenkung

Nach Angaben im Bodengutachten sind für diese pfahlgegründete Brücke folgende Stützensenkungen in ungünstigster Kombination anzusetzen:

Wahrscheinliche Setzung: $\Delta s_m = 10 \text{ mm}$

Mögliche Setzung: $\Delta s_k = 15 \text{ mm}$

2.3 Temperatureinwirkung

Hinsichtlich der Temperatureinwirkung handelt es sich um ein Brückenbauwerk des Typs 3. Für die Bemessung des Überbaus kann der Einfluss des extremen konstanten Temperaturunterschiedes vernachlässigt werden, da daraus nur geringe Normalspannungen in Brückenlängsrichtung entstehen. Demgegenüber muss der lineare Temperaturunterschied zwischen Ober- und Unterseite des Brückenbauwerkes berücksichtigt werden.

$$\begin{aligned}\Delta T_{M,\text{heat}} &= 15^\circ\text{C} \\ \Delta T_{M,\text{cool}} &= -8^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Korrektur in Abhängigkeit von der Belagsdicke (Beton)

$$d_{\text{vorh}} = 80 \text{ mm}$$

Oberseite wärmer

$$K_{\text{sur}} = 0,82$$

Unterseite wärmer

$$K_{\text{sur}} = 1,0$$

Anzusetzende lineare Temperaturunterschiede für den Endzustand

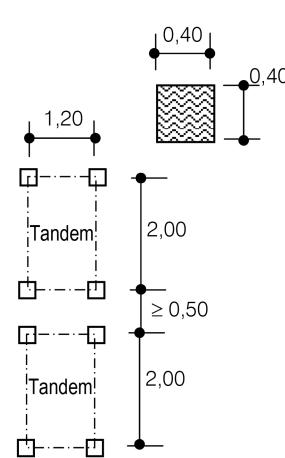
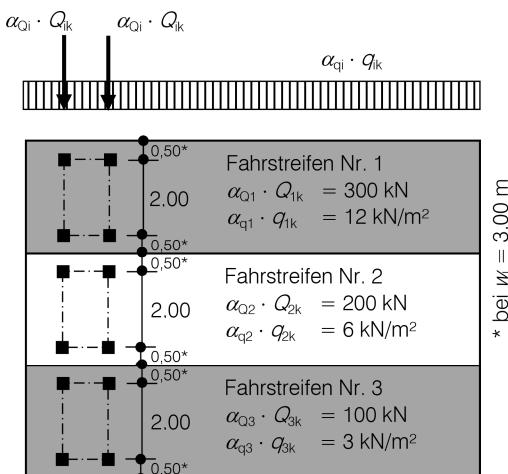
$$\begin{aligned}\Delta T_{M,\text{heat}} &= 15^\circ\text{C} \cdot 0,82 = 12,3^\circ\text{C} \\ \Delta T_{M,\text{cool}} &= -8^\circ\text{C} \cdot 1,0 = -8^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Zwangsschnittgrößen infolge Temperaturbelastung sind im GZT zu berücksichtigen (mit den 0,6-fachen Werten der Steifigkeiten des Zustandes I)

2.4 Vertikallasten aus Straßenverkehr

Im DIN EN 1991-2 sind die Einwirkungen aus Straßenverkehr durch Lastmodelle definiert, die für Brücken mit Einzelstützweiten < 200 m und Fahrbahnbreiten < 42 m angewendet werden können. Für größere Brücken liegen die angegebenen Lastmodelle auf der sicheren Seite, der Bauherr sollte jedoch die Verkehrslasten infolge Straßenverkehrs den jeweiligen Projektverhältnissen entsprechend festlegen. Mit den angegebenen Modellen sind alle normalerweise absehbaren Verkehrssituationen abgedeckt (Einwirkungen aus Straßenverkehr bestehend aus Personenkraftwagen und Lastkraftwagen in jeder Richtung auf jedem Fahrstreifen). Nicht berücksichtigt sind Einwirkungen von Lasten aus Straßenbauarbeiten infolge Schürfraupen, Lastwagen zum Bodentransport usw. Sind solche Nutzungen absehbar oder geplant, so sollten ergänzende Lastmodelle einschließlich der zugehörigen Kombinationsregeln durch den Bauherrn festgelegt werden.

Für die Bemessung des Überbaus (globale Nachweise) ist in Längsrichtung die Lastgruppe 1 (Vertikallasten) anzusetzen. Die Lastgruppe 1 beinhaltet das Lastmodell 1. Der Notgehweg auf den Kappen ist kein öffentlicher Gehweg und wird als Restfläche mit $\alpha_{q\text{gr}} \cdot q_{rk} = 3 \text{ kN/m}^2$ angesetzt.



EC1-1-5, 6.1.1

EC1-1-5, 6.1.4.1, Tabelle 6.1

[1] ARS 22/2012, Anlage 3

EC2-2/NA, (NCI) 2.3.1.2(3)

EC1-2, 4.

Lastmodell 1: Einzellasten und gleichmäßig verteilte Lasten, die die meisten der Einwirkungen aus LKW- und PKW-Verkehr abdecken.
→ nur für globale Nachweise

EC1-2, (NDP) 4.3.1(2) Anmerkung 2:
Lastmodell 2 ist nicht anzuwenden

EC1-2, (NDP) 4.3.4(1) Sonderlastmodelle sind nicht anzuwenden.

EC1-2, 4.5.1, Tabelle 4.4a
Lastmodell 4: Menschengedränge
→ EC1-2, 4.5.1 Tabelle 4.4a,
Fußnote b).

Das Lastmodell 1 besteht aus den Einzellasten (Tandem-System TS, als Doppelachse zweimal pro Fahrspur anzusetzen) und gleichmäßig verteilten Lasten (UDL-System). Für die Einzellasten ist eine Radaufstandsfläche entsprechend einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 0,40 m anzusetzen. Die Breite der Fahrspuren beträgt in der Regel 3,0 m.

UDL: unit distributed load
 α_{Qi}, α_{qi} – Anpassungsfaktoren

entsprechend EC1-2, Bild 4.2a: Lastmodell 1

Die Achse des Tandem-Systems liegt im Zentrum des Fahrstreifens.

Im vorliegenden Beispiel entspricht die Fahrbahnbreite dem Abstand der Schrammborde (da Schrammbordhöhe ≥ 75 mm):

$$w = 11,5 \text{ m}$$

Da $w \geq 9,0$ m ergibt sich die Anzahl der rechnerischen Fahrstreifen mit einer Breite von $b_i = 3,0$ m aus der nächstkleineren ganzen Zahl von $w / 3$:

$$n_i = \text{Int}(w / 3) = 3$$

Damit ergibt sich die rechnerisch verbleibende Restfläche zu:

$$R = w - 3 \cdot b_i = 2,5 \text{ m}$$

Die Lage der rechnerischen Fahrstreifen ist für jeden Einzelnachweis getrennt zu wählen, wobei jeweils die ungünstigste Anordnung entscheidend ist. Dies gilt ebenso für die Anordnung der Doppelachsen. In Querrichtung sind die Doppelachsen nebeneinanderstehend anzunehmen.

Fahrstreifen 1: (Gleichlast und 2 Achsen TS)

$$\text{TS: } \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 300 \text{ kN} \quad \text{UDL: } \alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 12 \text{ kN/m}^2$$

Fahrstreifen 2: (Gleichlast und 2 Achsen TS)

$$\text{TS: } \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 200 \text{ kN} \quad \text{UDL: } \alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 6,0 \text{ kN/m}^2$$

Fahrstreifen 3: (Gleichlast und 2 Achsen TS)

$$\text{TS: } \alpha_{Q3} \cdot Q_{3k} = 100 \text{ kN} \quad \text{UDL: } \alpha_{q3} \cdot q_{3k} = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Restfläche: (Gleichlast) $\text{UDL: } \alpha_{qr} \cdot q_{rk} = 3,0 \text{ kN/m}^2$

2.5 Ermüdungslastmodell

Bei der vorliegenden Brücke handelt es sich um eine Autobahnbrücke mit zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung und hohem LKW-Anteil:

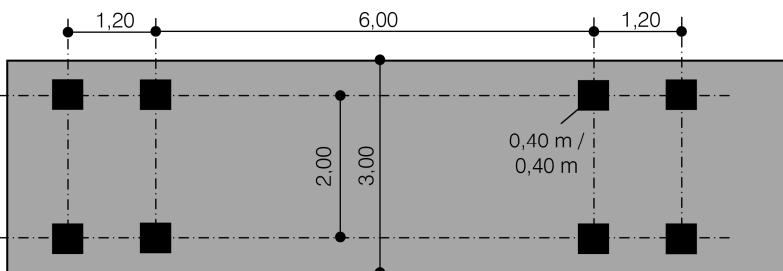
$$\text{Anzahl LKW: } N_{\text{obs}} = 2,0 \cdot 10^6$$

In der Nähe von Fahrbahnübergängen (Abstand von der Dehnfuge $< 6,0$ m) ist ein zusätzlicher Erhöhungsfaktor zu beachten:

$$\begin{array}{ll} \text{bei } \geq 6,0 \text{ m: } & \Delta\varphi_{\text{fat}} = 1,0 \\ \text{Endbereich: } & \Delta\varphi_{\text{fat}} = 1,3 \end{array}$$

Das anzusetzende Ermüdungslastmodell 3 besteht aus 2 Doppelachsen mit einem Abstand von 7,20 m, die zentral im Fahrstreifen anzuordnen sind:

$$\text{Achslast: } Q_{LM3} = 120 \text{ kN}$$



2.6 Windeinwirkungen

Wind wird für die vertikale Tragwirkung vernachlässigt.

EC1-2, (NDP) 4.2.3 (1)

siehe EC1-2, Bild 2

EC1-2, 4.2.3, Tabelle 4.1

EC1-2, 4.2.4 (1) und 4.2.5 (1)

EC1-2, (NDP) 4.3.2 (3) Anmerkungen 1 und 2 und Tabelle 4.2

Anmerkung: Ein dynamischer Erhöhungsfaktor (ähnlich dem Schwingbeiwert in DIN 1072) ist bereits in den Einwirkungen enthalten.

EC1-2, (NDP) 4.6.1 (2):

Es ist Ermüdungslastmodell 3 anzuwenden.

EC1-2, (NDP) 4.6.1 (3):

Es ist Tabelle 4.5 anzuwenden.

EC1-2, 4.6.1 (6), Bild 4.7 mit (NDP) 4.6.1 (6)

EC1-2, 4.6.4 (1)

EC1-2, 4.6.4 (1), Bild 4.8

EC1-1-4 mit EC1-1-4/NA

Anhang NA.N: Windeinwirkungen auf Brücken
Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Windkraft in x-Richtung (Querrichtung)