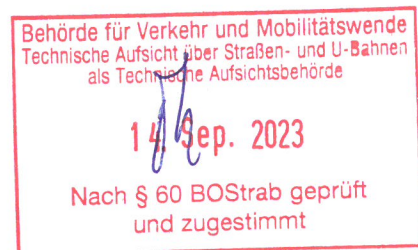


3R(-)651/0001b	 <b>HOCHBAHN</b>	Stand: August 2022
----------------	---	-----------------------

## 1.1 Brücken



In statischer und konstruktiver  
Hinsicht geprüft

Prüfnummer

017/22 R

Hamburg, den

13/12/2023

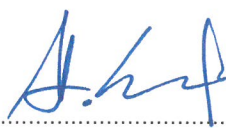

Dipl.-Ing. H.-U. Ordemann  
Dr.-Ing. F. Lüddecke

**Prüfingenieur für Bautechnik  
für Massivbau und Metallbau**  
gem. Prüfverordnung PVO vom 14.02.2006

Kaiser-Wilhelm-Str. 50 | 20355 Hamburg  
Tel.: 040-429292-0 | E-Mail: info@j-b-o.de

3R(-)651/0001b	1.1 Brücken	Stand:
	Genehmigungs- und Zustimmungsvermerke	August 2022

aufgestellt

Hamburger Hochbahn AG  
Fachbereich Ingenieurbauwerke


Datum : 27. APR. 2023

Hamburger Hochbahn AG  
Abteilung Bahnanlagen

Datum : 28. APR. 2023

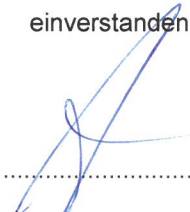
einverstanden



Hamburger Hochbahn AG  
Bereich Infrastruktur

Datum : 03. MAI 2023

einverstanden



Hamburger Hochbahn AG  
Betriebsleiter  
U-Bahn-Bau und -Betrieb

Datum : 10. MAI 2023

gem. BOStrab  
geprüft und zugestimmt

geprüft

Freie und Hansestadt Hamburg  
Technische Aufsicht über  
Straßen- und U-Bahnen

Datum : .....

In statischer und konstruktiver  
Hinsicht geprüft

017/22 B 15/2/2023

Dipl.-Ing. H.-U. Ordemann  
Dr.-Ing. E. Lüddecke

Prüfingenieur für Bautechnik  
für Massivbau und Metallbau  
gem. Prüfverordnung PVO vom 14.02.2006

Kaiser-Wilhelm-Str. 50 | 20355 Hamburg  
Tel.: 040-429292-0 | E-Mail: info@j-b-o.de

<b>3R(-)651/0001b</b>	<b>1.1 Brücken</b>	Stand: August 2022
	Inhaltsverzeichnis	

## Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	4
2.	Ständige Lasten	4
3.	Verkehrslast	4
4.	Schwingfaktor	5
5.	Seitenstoß	5
6.	Belastung durch Bremsen und Anfahren	5
7.	Windlast und Fliehkraft	5
8.	Druck-Sog-Einwirkungen aus Zugverkehr	6
9.	Bewegungswiderstände von Lagern	6
10.	Belastung von Bedienungs- und Revisionsstegen	6
11.	Vorübergehende Bemessungssituation	6
12.	Entgleisung	6
13.	Anprall durch Straßenfahrzeuge an Überbauten	7
14.	Vorschriftenregelung für Bauwerke die vor dem 01.08.22 geplant, genehmigt oder hergestellt wurden	7
15.	Nachweis von Bauwerksfugen	7
16.	Mindestblechdicke der Fahrbahntafel	7
17.	Ermüdungssicherheitsnachweise	8

3R(-)651/0001b	1.1 Brücken	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

### 1. Allgemeines

Wenn keine besonderen Angaben in dieser Vorschrift erfolgen, gelten die Regelungen der DIN EN 1990 ff und die mit geltenden Vorschriften in der jeweils aktuellen Ausgabe.

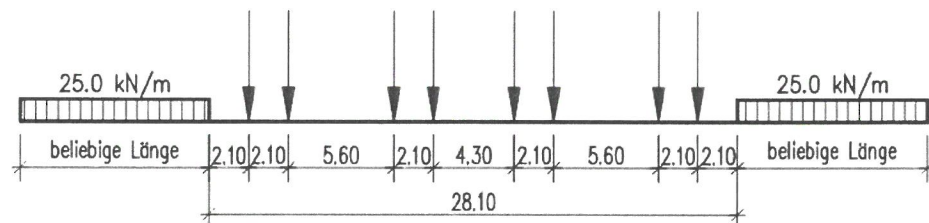
### 2. Ständige Lasten

Die Fahrbahnlasten nach DIN EN 1991-1-1 Anhang A sind an den Gleisoberbau (Schiene S49) der HOCHBAHN anzupassen. Es ist eine Hebungsreserve von 60 mm vorzusehen.

### 3. Verkehrslast

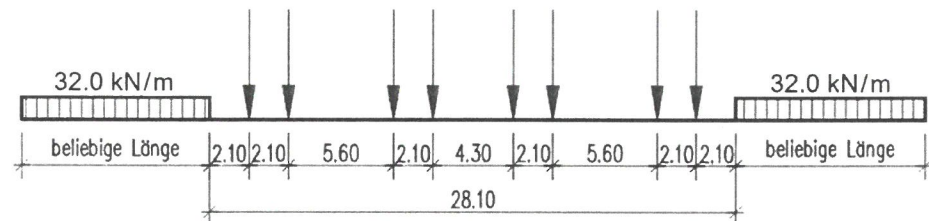
HOCHBAHN-Lastbild für die Linien U1 und U3, je Gleis  
(Lastanordnung und charakteristische Werte der Vertikallasten)

$$P = 8 \times 100 \text{ kN}$$



HOCHBAHN-Lastbild für die Linien U2 und U4 sowie die Linie U5, je Gleis  
(Lastanordnung und charakteristische Werte der Vertikallasten)

$$P = 8 \times 125 \text{ kN}$$

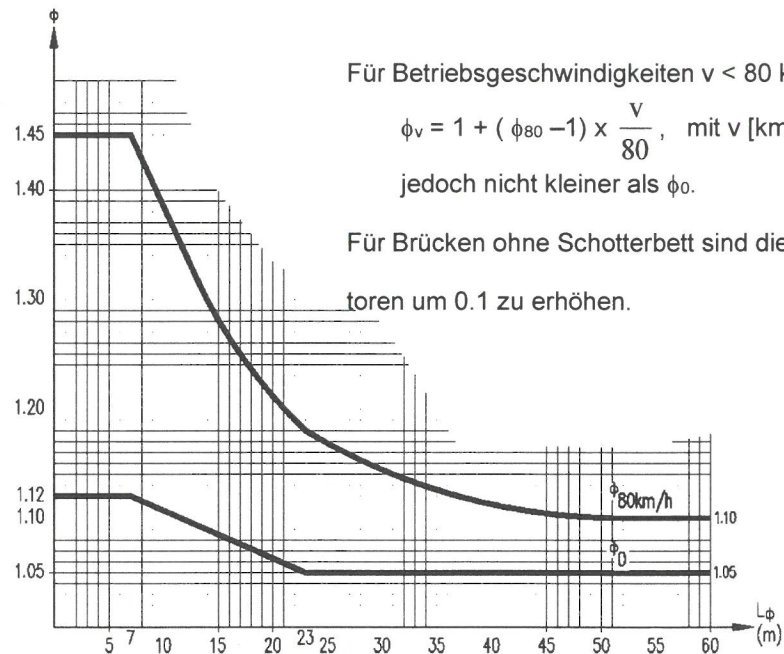


Es ist eine Exzentrizität der Gleislage von  $\pm 45 \text{ mm}$  zu berücksichtigen. Die Regelungen nach DIN EN 1991-2, 6.3.5 und 6.8.1 (2) sind nicht anzuwenden.

4.

**Schwingfaktor**

Für Stahlbrücken mit Schotterbettung, gültig auch für bestehende Brücken.



5.

**Seitenstoß**

Für die Linien U1 und U3 gilt:

Seitenstoß gemäß DIN EN 1991-2, 6.5.2, jedoch 20 kN. Bei Abstellanlagen 10 kN und bei Hilfsbrücken 30 kN, wenn  $v > 20 \text{ km/h}$ .

Der Beiwert  $\alpha$  nach DIN EN 1991-2, 6.5.2 (3) ist nicht zu berücksichtigen. ✓

Für die Linien U2 und U4 sowie die Linie U5 gilt abweichend:

Seitenstoß gemäß DIN EN 1991-2, 6.5.2, jedoch 25 kN. Bei Abstellanlagen 12,5 kN und bei Hilfsbrücken 37,5 kN, wenn  $v > 20 \text{ km/h}$ .

Der Beiwert  $\alpha$  nach DIN EN 1991-2, 6.5.2 (3) ist nicht zu berücksichtigen. ✓

6.

**Belastung durch Bremsen und Anfahren**

Die charakteristischen Werte der Brems- und Anfahrkräfte betragen 1/7 der Streckenlast des verwendeten HOCHBAHN-Lastbildes, die auf der Einflusslänge des betrachteten Bauteils wirken.

7.

**Windlast und Fliehkraft**

Höhe des Verkehrsbandes 3,40 m über Schienenoberkante (SO). Massenschwerpunkt 1,50 m über SO.



3R(-)651/0001b	<b>1.1 Brücken</b>	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

**8. Druck-Sog-Einwirkungen aus Zugverkehr**

Für die Anwendung der Regelungen nach DIN EN 1991-2, 6.6., ist eine Zuggeschwindigkeit von  $v = 120 \text{ km/h}$  anzusetzen.

**9. Bewegungswiderstände von Lagern**

Der Bewegungswiderstand eines Lagers errechnet sich aus der lotrechten Lagerkraft unter häufiger Lastkombination. Bewegungswiderstände, die entlastend wirken, sind nicht zu berücksichtigen.

Die Reaktionskräfte aus den Bewegungswiderständen der beweglichen Lager sind am festen Lager anzusetzen.

Im Fall von:

- Brücken, die aus einem oder mehreren Einfeldträgern bestehen und
- Brücken als Durchlaufträger mit einer Länge  $L < 120 \text{ m}$  vom Festlager, darf eine Überlagerung der Lasten aus den Bewegungswiderständen mit den Anfahr- und Bremslasten unterbleiben.

**10. Belastung von Bedienungs- und Revisionsstegen**

Es ist eine Verkehrslast von  $5,0 \text{ kN/m}^2$  anzusetzen.

Das Eigengewicht einer optional später anzuordnenden Lärmschutzwand ist durch Ansatz einer Linienlast von  $2,0 \text{ kN/m}$  am Ende der Dienstgehwegkonsolen zu berücksichtigen.

Für den Ansatz des Windes auf das Bauwerk ohne Verkehr ist die Höhe dieser Wand mit  $2,5 \text{ m}$  über SO anzunehmen.

**11. Vorübergehende Bemessungssituation**

Vorübergehende Bemessungssituationen aufgrund von Gleis- und Brückenunterhaltung (Lagerwechsel) sind nach DIN EN 1991-2, Anhang H nachzuweisen, falls nicht spezielle Regelungen für den Einzelfall von der HOCHBAHN festgelegt werden.

**12. Entgleisung**

Nachweise zur Entgleisung von U-Bahn-Fahrzeugen auf Brücken als außergewöhnliche Bemessungssituation entfallen.

3R(-)651/0001b	<b>1.1 Brücken</b>	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

### 13. Anprall durch Straßenfahrzeuge an Überbauten

Bei Brücken über Straßen mit lichten Höhen  $H < 5,00$  m sind am ungünstigsten Punkt des Tragwerks über der Fahrbahn folgende Anprallersatzlasten als außergewöhnliche Einwirkung anzusetzen:

- 500 kN horizontal und parallel zur unten liegenden Fahrbahn,
- 250 kN senkrecht nach oben zur unten liegenden Fahrbahn.

Die beiden Ersatzlasten brauchen nicht gleichzeitig angesetzt zu werden. Sie sind vom Angriffspunkt im Überbau bis in den Baugrund zu verfolgen.

Andere außergewöhnliche Einwirkungen sowie Wind und Schnee brauchen nicht gleichzeitig berücksichtigt zu werden.

Die Verkehrslasten auf der Brücke sind als vorherrschende Einwirkung mit dem Kombinationsbeiwert  $\Psi_1$  zu berücksichtigen. Bei mehrgleisigen Brücken braucht nur ein Gleis berücksichtigt zu werden. Weitere veränderliche Einwirkungen brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

### 14. Vorschriftenregelung für Bauwerke die vor dem 01.08.22 geplant, genehmigt oder hergestellt wurden

Für Umbauten und Instandsetzungen an Bauwerken, die vor dem 01.08.2022 geplant, genehmigt oder hergestellt wurden, gilt die Berechnungsgrundlage für Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke der Hamburger Hochbahn AG, Stand 2012 (3-R(-)651/0001a).

### 15. Nachweis von Bauwerksfugen

In Bauwerksfugen (z.B. Lagerfugen, unbewehrte Betonfugen, Mauerfugen jedoch keine Gründungsfugen), die nicht nach den Regeln des Stahl- oder Stahlbetonbaues untereinander zu homogenen Bauteilen verbunden sind, ist zusätzlich zum Nachweis der Lagesicherheit (Grenzzustand der Tragfähigkeit) die Einhaltung von Grenzwerten für das Klaffen der Fuge nachzuweisen.

Als zulässige Grenzwerte für das Klaffen der Fuge sind unter Annahme einer linearen Spannungsverteilung einzuhalten:

$A_{kl} = 0$  für die häufige Einwirkungskombination im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

$A_{kl} = 0,5 A_0$  für die außergewöhnliche Bemessungssituation im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

$A_0$  = gesamte Fugenfläche

$A_{kl}$  = klaffender Teil der Fugenfläche

Sind die Bedingungen für das Klaffen nicht erfüllt, sind Anker anzuordnen. Bei U-Bahn Brücken müssen diese Anker vorgespannt sein.

### 16. Mindestblechdicke der Fahrbahntafel

Abweichend von DIN EN 1993-2, Anhang C.2.2 ist als Mindestblechdicke des Fahrbahnblechs bzw. des Deckblechs der Wert  $t_b \geq 18$  mm maßgebend.

3R(-)651/0001b	1.1 Brücken	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

## 17. Ermüdungssicherheitsnachweise

### 17.1. Vorbemerkungen

Der Nachweis der Ermüdungssicherheit ist für alle tragenden Bauteile zu führen, bei denen Spannungsschwankungen auftreten.  
Da die Betriebslastenzüge der HOCHBAHN hinsichtlich Achsabstand, Achslast, Zugzusammensetzung und Zugfrequenz vom Mischverkehr der DB AG abweichen, müssen die Anpassungsbeiwerte  $\lambda$  nach DIN EN 1993-2, Abschn. 9 unter Ansatz hochbahnspezifischer Lasten gesondert ermittelt werden.  
Dabei werden die allgemeinen Grundlagen der DIN EN 1990 ff übernommen.

Die Betriebsbelastung während der Nutzungsdauer wurde aufgrund der derzeitigen Verkehrsbelastung und einer Abschätzung zukünftiger Entwicklungen für alle Tragwerke im Hochbahnnetz wie folgt zugrunde gelegt:

Linien U1 und U3:

- Züge mit DT5-Fahrzeugen entsprechend Typenübersichtsblatt Nr. 40.000.00.0332 Ausg. E.
- Platzangebot:
  - 6-Wagen-Züge: 672
  - 9-Wagen-Züge: 1.008
- Gemittelte Auslastung der Züge: 40% der zulässigen Auslastung:
  - 6-Wagen-Züge: 1.288 kN
  - 9-Wagen-Züge: 1.932 kN
- Maximale Auslastung einzelner Wagen: 80% der zulässigen Wagenbelastung.
- Jährliche Anzahl der Züge:
 

▪ 6-Wagen-Züge:	U1:	0	U3:	102.500
▪ 9-Wagen-Züge:	U1:	100.000	U3:	0
- Jährliche Gesamtbelastung bei einer mittleren Auslastung von 40%:
  - Linie U1: ca.  $19,3 \cdot 10^6$  t je Gleis
  - Linie U3: ca.  $13,2 \cdot 10^6$  t je Gleis
  - Linie U1 Strecke D (VF-OT) und D1 ca.  $12,0 \cdot 10^6$  t je Gleis



3R(-)651/0001b	<b>1.1 Brücken</b>	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

Linien U2 und U4:

- Züge mit DT5-Fahrzeugen mit erhöhter Achslast (+25%)
- Platzangebot:
  - 6-Wagen-Züge: nicht bekannt
  - 9-Wagen-Züge: nicht bekannt
- Gemittelte Auslastung der Züge: 40% der zulässigen Auslastung:
  - 6-Wagen-Züge: 1.608 kN
  - 9-Wagen-Züge: 2.412 kN
- Maximale Auslastung einzelner Wagen: 80% der zulässigen Wagenbelastung.
- Jährliche Anzahl der Züge Linie U2/U4 (JG - BT):
  - 6-Wagen-Züge: U2/U4: 100.000
  - 9-Wagen-Züge: U2/U4: 50.000
- Jährliche Gesamtbelastung bei einer mittleren Auslastung von 40%:
  - Linie U2/U4: ca.  $28,1 \cdot 10^6$  t je Gleis
  - Linie U4 Strecke W ca.  $12,4 \cdot 10^6$  t je Gleis

Linie U5:

- Züge mit DT6-A-Fahrzeugen.
- Platzangebot:
  - 8-Wagen-Züge: nicht bekannt
  - 12-Wagen-Züge: nicht bekannt
- Gemittelte Auslastung der Züge: 40% der zulässigen Auslastung:
  - 8-Wagen-Züge: 1.600 kN
  - 12-Wagen-Züge: 2.400 kN
- Maximale Auslastung einzelner Wagen: 80% der zulässigen Wagenbelastung.
- Jährliche Anzahl der Züge Linie U1 - Hauptast:
  - 8-Wagen-Züge: U5: 65.700
  - 12-Wagen-Züge: U5: 118.260
- Jährliche Gesamtbelastung bei einer mittleren Auslastung von 40%:
  - Linie U5: ca.  $38,9 \cdot 10^6$  t je Gleis (maximales Betriebsszenario)

## 17.2. Durchführung der Nachweise

Die Nachweise sind formal wie für Eisenbahnbrücken nach DIN EN 1993-2, Abschn. 9 zu führen.

Diese Berechnungsgrundlage ist eine anwendungsspezifische Ergänzung der DIN EN 1990 ff für die Verkehrsbelange der HOCHBAHN im Hamburger Streckennetz. Sie enthält abweichende Regelungen und Zahlenwerte zur DIN EN 1990 ff.

3R(-)651/0001b	1.1 Brücken	Stand: August 2022
	Berechnungsvorschrift	

### 17.3. Anpassungsbeiwert $\lambda$ für Hochbahnbrücken

Der Anpassungsbeiwert  $\lambda_1$  ist gemäß nebenstehender Tabelle anzusetzen. Die „kritische Länge L“ der Einflusslinie ist dabei nach DIN EN 1993-2, 9.5.3 bzw. DIN EN 1993-2/NA, Tabelle NA.6 anzunehmen.

Ansatz von  $\lambda_2$ :  $\lambda_2 = 1,0 = \text{konst.}$   
(Unabhängig von der Lage des Tragwerkes im Hochbahnnetz)

Für die Strecken D (Volksdorf bis Ohlstedt) und D1 der Linie U1 gilt abweichend:

$\lambda_{2,U1,Außenast} = 0,91 = \text{konst.}$

Für die Strecke W der Linie U4 gilt abweichend:

$\lambda_{2,U4,Außenast} = 0,85 = \text{konst.}$

Ansatz von  $\lambda_3$ :  $\lambda_3 = 1,0 = \text{konst.}$   
(Für eine Nutzungsdauer des Bauwerks von 100 Jahren)

Kritische Länge L [m]	Linien U1 & U3	Linien U2 & U4	Linie U5
2	2,31	2,36	1,98
4	2,31	2,36	1,98
6	2,15	2,21	1,79
8	1,98	2,06	1,59
10	1,82	1,91	1,35
12	1,65	1,75	1,34
14	1,49	1,60	1,33
16	1,32	1,45	1,32
18	1,31	1,43	1,31
20	1,29	1,41	1,31
22	1,28	1,39	1,30
24	1,26	1,37	1,29
26	1,25	1,35	1,28
28	1,23	1,33	1,27
30	1,22	1,31	1,26
35	1,18	1,26	1,24
40	1,14	1,21	1,24
Bemessungs- lastbild	Achslast 100 kN	Achslast 125 kN	Achslast 125 kN

Der Beiwert  $\lambda_4$  ergibt sich gemäß DIN EN 1993-2, 9.5.3 (8). Wenn keine explizite Vorgabe getroffen wird, ist von einer Begegnungshäufigkeit der Züge von  $n = 50\%$  auszugehen. Der Beiwert  $\lambda_4$  ergibt sich für  $n = 50\%$  gemäß DIN EN 1993-2, 9.5.3 (8) zu folgenden Werten:

$\Delta\sigma_1/\Delta\sigma_{1+2}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
$\lambda_4$	1,00	0,96	0,92	0,90	0,89	0,88

### 17.4. Vereinfachtes Lastmodell für Hochbahnbrücken

Für den vereinfachten Ermüdungsnachweis von Hochbahnbrücken müssen die charakteristischen Lasten des linienbezogenen HOCHBAHN-Bemessungslastbildes (vgl. Pkt. 3.) einschließlich des dynamischen Beiwertes  $\Phi$  (vgl. Pkt. 4.) angesetzt werden.

### 17.5. Ermüdungswiderstand (DIN EN 1993-2, 9.6)

Die Ermüdungswiderstände von Bauteilen sind anhand der Kerbfalltabellen nach DIN EN 1993-1-9 unter Beachtung der Ril 804 Modul 804.4101A04 (Anmerkungen zu den Kerbfalltabellen nach DIN EN 1993-1-9 bei Ausführung stählerner Eisenbahnbrücken) festzulegen.

Im Regelfall sollten Kerbfälle  $\Delta\sigma_c < 71 \text{ N/mm}^2$  vermieden werden, mit folgender Ausnahme:

- Anschluss durchgehender Längsrippen an den Querträger (vgl. DIN EN 1993-1-9, Tab. 8.9)