

**Anlage 1 zum Technischen Lastenheft für
modulare Bahnsteigsysteme aus Stahlbetonfertigteilen und
aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK)**

**Bemessung von modularen Bahnsteigsystemen
aus Stahlbetonfertigteilen und aus Glasfaserver-
stärktem Kunststoff (GFK)**

Inhaltsverzeichnis

Bemessung von modularen Bahnsteigsystemen aus Stahlbetonfertigteilen und aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK)	3
1. Berechnungsgrundlagen	3
2. Lastannahmen	4
3. Standsicherheitsnachweise	7

Bemessung von modularen Bahnsteigsystemen aus Stahlbetonfertigteilen und aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK)

1. Berechnungsgrundlagen

Alle zu beachtenden und einzuhaltenden Normen und Regelwerke sind im Lastenheft, Kapitel 5.2 zusammengestellt. Nachfolgend sind nur die für die Standsicherheitsnachweise relevanten Normen und Regelwerke aufgeführt.

Regelwerke/ Normen		Ausgabe
Ril 813.0201	Bahnsteige konstruieren und bemessen	01.05.2012
Ril 813.0204	Ausstattung der Bahnsteige und ihrer Zugänge	01.05.2012
TM 2014-07 I.SBA Rev. 01	Beleuchtungsanlagen; Beleuchtungsmaste, hier Änderung des Anhangs 813.0502A05	01.01.2016
DIN EN 1990	Grundlagen der Tragwerksplanung	2010-12
DIN EN 1991-1-1/NA	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau	2010-12
DIN EN 1991-2/NA	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken	2010-12
DIN EN 1991-1-3/NA	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten	2010-12
DIN EN 1991-1-4/NA	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten	2010-12
DIN EN 1992-1-1/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	2011-01
DIN EN 1997-1/NA	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln	2014-03
DIN 1054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1	2012-08
DIN 4085	Baugrund - Berechnung des Erddrucks	2017-08
Ril 804	Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten	2018-11

2. Lastannahmen

Die modularen Bahnsteigsysteme einschließlich der zugehörigen Gründung sind ausreichend zu bemessen. Anzusetzen sind hierfür folgende Einwirkungen E 1 bis E8

E1: Eigengewicht

Das Eigengewicht der Stahlbetonfertigteile oder der Konstruktionselemente aus GFK muss nach den in DIN EN 1991-1-1/NA angegebenen Lastannahmen als ständige Einwirkung berücksichtigt werden.

E2: Hinterfüllung und Baugrund (Bodenkennwerte)

Für Außenbahnsteige, hinterfüllt oder Mittelbahnsteige mit konventionellem Mittelbereich darf als Hinterfüllung nur frostsicheres Material nach ZTV E - StB 09 eingebaut werden.

Die Hinterfüllung muss in Lagen $\leq 30\text{cm}$ mit körnigen, ungebundenen Baustoffen analog den Anforderungen aus DWA-A 139, Bild 3 erfolgen. Die Verdichtung der Lagen darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät durchgeführt werden und muss mindestens 97% Dpr betragen.

Auf Grund der vorgeschriebenen Güte der Hinterfüllung sind als Bodenkennwerte die Bodenparameter nach Tabelle 1 anzusetzen.

Tabelle 1: Bodenparameter

Bodengruppe nach DIN 18196	Bemerkung	Lagerung	Wichte γ_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]
GU, GT, GW, GI, GE, SU, ST, SW, SI, SE	F1-Böden gemäß ZTV E - StB 09	mindestens mitteldicht	19,5	32,5	0

E2a: Erddruck aus Bodeneigengewicht bis UK vertikale Fertigteile/Längsträger (gilt nur für hinterfüllte Bahnsteige)

- Bodenparameter für Hinterfüllung gemäß Tabelle 1
- für Nachweis der inneren Standsicherheit ist der Ruhedruck mit $k_0 = (1 - \sin 32,5^\circ)$ anzusetzen
- für Nachweis der äußeren Standsicherheit ist der aktive Erddruck anzusetzen
- der Wandreibungswinkel ist wegen der Erschütterungen aus Eisenbahnbetrieb mit $\delta = 0$ anzusetzen

E2b: Baugrund ab OK Fundament (gilt auch für nicht hinterfüllte Bahnsteige)

- Bodenparameter für Baugrund ab OK Fundament gemäß Tabelle 1
- Ansatz aktiver Erddruck
- Die Fundamente sind für Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands entsprechend DIN 1054: 2010-12, Tabelle A6.2 zu bemessen.

E3: Verkehrslast (Nutzlast) auf der Bahnsteigoberfläche

- gleichmäßig verteilte Nutzlast auf dem Bahnsteig mit 5 kN/m^2 nach Ril 813.0201
- Erddruck infolge Nutzlast: Ansatz aktiver Erddruck
- Bodenparameter gemäß Tabelle 1

E4: Verdichtungserddruck (außergewöhnliche Einwirkung) für Hinterfüllung

- Einbau der Hinterfüllung -Verdichtungserddruck mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$
- Lastbild gemäß DIN 4085, Abschnitt 11, Tabelle 5

Erläuterungen zum Ansatz für den Verdichtungserddruck:

Verdichtung erfolgt mit leichtem Verdichtungsgerät - Lastannahme für leichte Verdichtung mit Vibrationsplatten mit einer Betriebsmasse $\leq 250 \text{ kg}$ mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ entsprechend DIN 4085 Beiblatt 1: 2011-12 bzw. auch Artikel Franke, D. Bautechnik 85 (2008), Heft 3, Seite 197 – 198

E5: Wind und Aerodynamische Einwirkungen aus Zugverkehr

- Der Lastansatz für Wind ist gemäß DIN EN 1991-1-4/NA, Anhang N wie folgt zu berücksichtigen
 - ohne Aufbauten und ohne Verkehrsband mit $w_{1k} = 1,75 \text{ kN/m}^2$ und
 - mit Aufbauten und Verkehrsband mit $w_{2k} = 1,10 \text{ kN/m}^2$ (Menschenverkehrsband $h = 1,80 \text{ m}$)
- für Druck und Sog aus Zugverkehr ist eine Ersatzlast von $q_{1,1k} = \pm 1,36 \text{ kN/m}^2$ auf die Fläche der gleisseitigen Stirnseite der Bahnsteigplatte (Bahnsteigkante) sowie eine Ersatzlast von $q_{1,2k} = \pm 0,80 \text{ kN/m}^2$ auf die Fläche des gleisseitigen Längsträgers anzusetzen.
- für Druck und Sog aus Zugverkehr ist eine Ersatzlast von $q_{1,3k} = \pm 0,50 \text{ kN/m}^2$ auf die Fläche des angenommenen Verkehrsbandes anzusetzen
- bei Ansatz der aerodynamischen Einwirkung aus Zugverkehr auf Bauteile aus GFK sind die vor genannten Ersatzlasten mit dem dynamischen Beiwert 2,0 zu vervielfachen
- Eine Überlagerung mit den Druck-/Sogeinwirkungen aus Eisenbahnverkehr sowie Wind braucht für die Einwirkung auf das Verkehrsband nicht durchgeführt werden. Der Lastfall Windeinwirkung auf Verkehrsband ist dem Lastfall aus der Kombination aus Lastfall Druck-/Sogeinwirkungen infolge Eisenbahnverkehr (DIN EN 1991-2 bzw. DIN EN 1991-2/NA) sowie Windeinwirkung auf dem Bahnsteig selbst – einschl. evtl. Bahnsteigausstattungen – gegenüberzustellen. Der ungünstigere Lastfall ist dabei maßgebend.
- Die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sind mit den Kombinationsregeln der DIN EN 1990/NA zu führen. Die Kombinationsbeiwerte sind der DIN EN 1990, Tabelle A2.3 zu entnehmen. Für die Kombination der Aerodynamischen Einwirkung infolge Zugverkehr mit der Windeinwirkung sind Tragfähigkeitsnachweise für die aerodynamische Einwirkung infolge Zugverkehr als vorherrschende Einwirkung in Kombination mit der Windeinwirkung sowie für alleinige Windeinwirkung zu führen. Der Kombinationsbeiwert ψ_0 für die Windeinwirkung wird mit 0,6 festgelegt.
- die Ersatzlasten sind quasi-statisch wirkend zu betrachten

Erläuterungen zur Ermittlung der Werte der Ersatzlasten:

Die Ansätze zur Einwirkung aus natürlichen Wind entsprechen den Angaben nach DIN EN 1991-1-4/NA, Tabelle NA.N.8 mit den Voraussetzungen, dass die Höhe des Bahnsteiges gegenüber dem umgebenden Gelände nicht mehr als 20 m und das geometrische Verhältnis aus der Breite der Windangriffsfläche zur Bauteildicke $b/d \geq 5$ beträgt.

In der DIN EN 1991-2: 2010-12, Bild 6.22 sind nur Werte bis zu einem minimalen Gleisabstand von 2,30 m angegeben. Für die Ermittlung des anzusetzenden Wertes für den kleinsten Gleisabstand der Bahnsteigkanten mit 1,62 m nach Ril 813.0201A03, Abschnitt 3 wurde nach Ril 804.5501A05 „Lärmschutzwände,

Dynamischen Analyse für Druck-Sog-Einwirkungen“ die Gleichung aus Abschnitt 2 (2) verwendet. Unter Berücksichtigung der Zuggeschwindigkeit von 200 km/h ergibt sich die 4,26-fache Beanspruchung gegenüber einem Gleisabstand von $a_g = 3,80$ m bzw. dann ein Wert von $\pm q_{1,1k} = 1,36$ kN/m². Die Längsträger sollen gegenüber der Bahnsteigkante um ca. 0,70 m versetzt angeordnet werden. Daraus ergibt sich ein Gleisabstand von 2,30 m. Entsprechend DIN EN 1991-2, Abschn. 6.6.2 ergibt sich eine charakteristische Ersatzlast von $\pm q_{1,2k} = 0,80$ kN/m².

Für die Ermittlung des anzusetzenden Wertes auf das Verkehrsband wird unter Berücksichtigung einer Zuggeschwindigkeit von 200 km/h ein Mindestgleisabstand von 3,00m zugrunde gelegt. Entsprechend DIN EN 1991-2, Abschnitt 6.6.2 ergibt sich ein Wert von $\pm q_{1,3k} = 0,50$ kN/m².

E6: Einwirkungen infolge Schnee

- Die Schneeeinwirkung auf das modulare Bahnsteigsystem ist entsprechend DIN EN 1991-1-3/NA zu ermitteln.
- Die Scheelast ist mit $s_k = 3,00$ kN/m² anzusetzen.
- Die Schneelast braucht analog DIN EN 1990, Abschnitt A2.2.3 nicht mit den Lasten aus Fußgängerverkehr (Verkehrslast (Nutzlast) auf der Bahnsteigoberfläche) kombiniert werden.
- Der Sonderlastfall „Norddeutsches Tiefland“ ist grundsätzlich als außergewöhnliche Einwirkung zu berücksichtigen. Die Ersatzlast hierfür beträgt: $s_a = 1,96$ kN/m²

Erläuterungen zur Ermittlung des Wertes der Schneelast:

Der Ansatz zur Einwirkung aus Schnee erfolgt entsprechen den Angaben nach DIN EN 1991-1-3/NA, NDP zu 4.1(1) für Orte der Scheelastzone 3 und einer geodätischen Höhe von 600 m über Meeresniveau.

*Für den Ansatz „Norddeutsches Tiefland“ sind nur Orte bis Schneelastzone 2 mit einer Höhe von max. 285 m über Meeresniveau zu betrachten.
($s_a = 2,3 \cdot 0,85 = 1,96$ kN/m²)*

E7: Sonstige Hinweise zu den Lastannahmen

Die Bahnsteigsysteme sind so auszubilden, dass Einflüsse von Temperaturänderungen, Schwinden des Betons und Baugrundbewegungen vernachlässigt werden dürfen. Ist dies nicht möglich, so sind diese Einflüsse entsprechend den anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

Eine dynamische Anregung der Bahnsteigkonstruktion infolge Eisenbahnbetrieb kann aufgrund der Trägheit der Bahnsteigkonstruktion sowie der kurzen Spannweite in der Regel von $L \leq 7,50$ m ausgeschlossen werden. Der Ansatz von Schwingbeiwerten ist daher entbehrlich. Nachweise zur Materialermüdung brauchen nicht geführt werden.

Betriebsnotwendige Aufbauten und Ausstattungen sind bei der Systembemessung und bei den Nachweisen zu berücksichtigen. Die Lastangaben aus den Standardbemessungen der Aufbauten sind je Einwirkungsart und Fußpunkt tabellarisch in Abschnitt E8 zusammengefasst.

Notwendige Anker bzw. Einbauteile sind ebenfalls nachzuweisen. Die zulassungsbedingten Randbedingungen für die Einbauteile sind dabei zwingend zu beachten.

E8: zu berücksichtigende Aufbauten und Ausstattungen:

Ausstattung	Einwirkung	Anschluss-Schnittgrößen		
		V _k [kN]	H _k [kN]	M _k [kNm]
Vitrinen	Eigengewicht	1,00	-	-
	Wind (Windzone 3+4)	-	4,03	5,60
	Nutzlast (Anlehnen)	-	1,50	1,50
	Aerodynamik aus Zugverkehr	-	1,04	1,44
Geländer	Eigengewicht	0,43	-	-
	Wind (Windzone 3+4)	-	0,31	0,19
	Holmlast	-	1,00	1,10
	Aerodynamik aus Zugverkehr	-	0,12	0,07
Beleuchtungsmaste	Eigengewicht	1,22	-	-
	Wind und Aerodynamik	-	4,87	15,72

Hinweise:

Die angegebenen Ersatzlasten infolge Windes sowie Aerodynamik aus Zugverkehr sind als quasi-statisch wirkend zu betrachten.

Der Abtrag der horizontalen Einwirkungen aus den Beleuchtungsmasten ist für beide Plattenrichtungen nachzuweisen.

Aerodynamische Einwirkungen aus Zugverkehr für max v = 200 km/h

Lastangaben für Vitrinen siehe hierzu IseB Vit 40

Lastangaben für Geländer siehe hierzu Statik Standardgeländer 2019-04

Lastangaben für Beleuchtungsmaste siehe hierzu TM 2014-07 I.SBA

3. Standsicherheitsnachweise

1.1 Allgemein

Die bautechnischen Unterlagen (Standsicherheitsnachweise einschließlich Schal- und Bewehrungspläne) müssen durch einen vom Eisenbahn-Bundesamt anerkannten bautechnischen Prüflingenieur (Prüfsachverständigen) mit dem Tätigkeitsbereich Massivbau geprüft sein.

Hinweis:

Werden im Zuge der bautechnischen Prüfung Änderungen erforderlich, sind die Unterlagen vom Aufsteller zu berichtigen und erneut zur Prüfung vorzulegen. Zum Antrag auf Anwenderfreigabe sind nur Unterlagen ohne Änderungseinträge in grüner Farbe einzureichen.

1.2 Modulare Bahnsteigsysteme aus Stahlbetonfertigteilen

Modulare Bahnsteigsysteme aus Stahlbetonfertigteilen einschließlich Gründung sind entsprechend den anerkannten Regeln der Technik ausreichend zu bemessen (innere Standsicherheit), Bauzustände beim Einbau der Systemelemente sind dabei zu betrachten und nachzuweisen.

Für die Bemessung der Schachtdeckel, der zugehörigen Auflagerrahmen und deren Verankerungen sind die Einwirkungen E3 anzusetzen und die entsprechenden Nachweise zu erbringen.

Für die Stahlbetonplatten des modularen Bahnsteigsystems ist die maximal zulässige Durchbiegung auf $l/500$ bzw. max. 20 mm zu begrenzen (Zustand I, unter Eigengewicht, ohne Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden) – siehe Ril 813.0201.

Im Rahmen der Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) muss der Nachweis zur Rissbreitenbeschränkung für alle Bauteile erbracht werden. Die Rechenwerte der maximal zulässige Rissbreite w_{\max} wird mit 0,2 mm festgelegt. Die maßgebenden Schnittgrößen für den Nachweis der Rissbreitenbeschränkung sind mit der häufigen Einwirkungskombination zu führen (vgl. DIN EN 1992-2/NA).

Auch an Stellen, an denen nach dem verwendeten Stabwerkmodell rechnerisch keine Bewehrung erforderlich ist, können Zugkräfte entstehen, die durch eine geeignete konstruktive Bewehrung abgedeckt werden müssen. Die Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite ist überwiegend am gezogenen Querschnittsrand anzuordnen, mit einem angemessenen Anteil aber auch so über die Zugzone zu verteilen, dass die Bildung breiter Sammelrisse vermieden wird.

1.3 Modulare Bahnsteigsysteme aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK)

Modulare Bahnsteigsystemen aus GFK einschließlich Gründung sind ausreichend zu bemessen. Für die einzelnen Konstruktionselemente aus GFK gelten die Bemessungsregeln gemäß DBS 918 010, Abs. 4.2 mit Ausnahme des Abs. 4.2.2. Anzusetzen sind die in unter Punkt 2 Lastannahmen aufgeführten Einwirkungen.

Kommen zur Gründung des modularen GFK-Bahnsteigsystems Fertigteilfundamente aus Beton zum Einsatz sind diese gemäß der Bemessungsregeln für Beton nachzuweisen.

Für die maßgebenden Konstruktionsteile des GFK-Bahnsteigsystems wie Bahnsteigplatten und Tragbalken ist die maximal zulässige Durchbiegung auf $l/200$ gemäß DBS 918 010 zu begrenzen.

Für die Bemessung der Schachtdeckel, der zugehörigen Auflagerrahmen und deren Verankerungen sind die Einwirkungen E3 anzusetzen und die entsprechenden Nachweise zu erbringen.