

Chur, 21. Juni 2013

Geschäftsbereichsweisung Nr. 2331

Weisungen für die Projektierung von Gerüsten bei der Rhätischen Bahn

Inkraftsetzung: 21. Juni 2013
Letzte Änderung: 17. September 2012

Rhätische Bahn
Infrastruktur



Christian Florin
Leiter Infrastruktur



Reto Sidler
Leiter elektrotechnische Anlagen

Fachbereich	erstellt	geprüft
Kunstbauten	Karl Baumann	Christian Florin

Vernehmlassung	mit Meldung	ohne Rückmeldung

Verteilt an:

- I
- II
- III
- IV
- V
- VI

Dokumenteninformation / Verlauf

Vers.	Datum	Ersteller	Anlass	Änderungsverlauf
1.0	08.08.2012	I-KB		Ersterstellung
1.1	17.09.2012	I-KB		1. Änderung
1.2	21.06.2013	I-EA-EF		2. Änderung

Inhaltsverzeichnis

1. Normen und Richtlinien	5
1.1. Normen	5
1.2. Richtlinien	5
2. Einwirkungen auf Gerüste Typ 1	5
2.1. Kennwerte Windlasten	5
3. Einwirkungen auf Gerüste Typ 2	6
3.1. Kennwerte Anprallkräfte	7
3.2. Konstruktive Anforderungen für Gerüste Typ 2	8
4. Baustoffe	8
4.1. Stahl	8
4.2. Holz	8
5. Geotechnische Grundlagen	8
5.1. Bodenkennwerte	8
5.2. Erddruckbeanspruchung	9
5.3. Rechenmodell	10
6. Beispiele	10
6.1. Gerüste Typ 1	10
6.2. Gerüste Typ 2	10
6.3. Bezug	10
6.4. Zusammenstellung der Resultate für Gerüste Typ 1, Fälle A, B	11
7. Administrativ	12

Weisungen für die Projektierung von Gerüsten

Grundlagen und Definitionen

Die Grundlage dieser Weisung basiert auf dem Reglement RTE 20600 Anhang 1, Kapitel 3. Um sicheres Arbeiten im Bereich von Bahnstromanlagen zu gewährleisten werden alle Gerüstarten gleich behandelt. Die verschiedenen Gerüste wie Schutzgerüste, Baugerüste, Rollgerüste, Schutzwände und andere Gerüste werden im Folgenden als Gerüst bezeichnet. Diese Weisung betrifft nur Gerüste die sich in der Gefahrenzone, Annäherungszone und Erweiterungszone der Hochspannungsanlagen von Bahnen befinden.

Von dieser Definition sind alle Gerüste, die innerhalb einer Distanz von weniger als 5m vom nächst spannungsführenden Leiter oder von der näheren Schiene gemessen, entfernt sind betroffen. Denn diese sind in der Gefahren- und Annäherungszone und müssen immer vor der Montage mit dem Fachdienst I-EA-EF besprochen werden. Bei Gerüsten die mehr als 5m entfernt sind, ist die zu treffende Massnahme vom Fallradius der entsprechenden Einrichtung (Kran etc.) abhängig. Für den Fall eines Einsturzes muss verhindert werden, dass der Bahnstrom in die Baustelle geleitet wird. Im Zweifelsfall ist eine sachverständige Person von I-EA-EF beizuziehen.

Nach der Richtlinie RTE 20600, sind Gerüste bauliche Konstruktionen, die in der Regel (Ausnahme Rollgerüste) aus fest im Boden verankerten senkrechten Stangen bestehen, die unter sich durch Streichstangen, Bretter, Prallseile oder Maschengitter verbunden sind. Die horizontalen Elemente müssen die Gefahrenzone abschirmen.

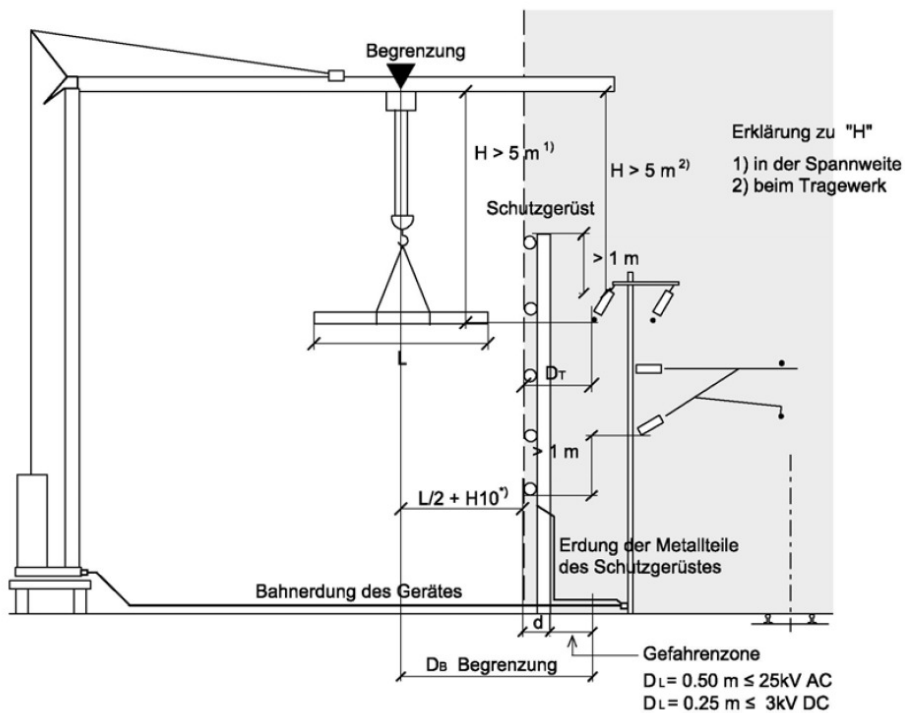


Bild 1: Schutzgerüst auf Seiten der Leitungsmasten, Auszug R RTE 20600

Legende

- D_T = Technischer Abstand (Erweiterungszone); = $D_L + d$
 D_A = Abstand zum Anschlag⁸ (Einstellung der Begrenzung des Arbeitsbereichs)
 D_E = Abstand zum Endschalter⁷ (Einstellung der Begrenzung des Arbeitsbereichs)
 L = Länge der Last
 H = Höhendifferenz zwischen dem Ausleger des Geräts und dem betreffenden unter Spannung stehenden Teil
 $L/2 + H/10^{*)}$ = Abstand zur Verhinderung des Eindringens von Personen und Gegenständen / Geräten in die Erweiterungszone
 D_L = Gefahrenzone (begrenzt durch Schutzgerüst, welches für Spannungen ≤ 25 kV AC im Abstand von wenigstens 0.5 m bzw. für Spannungen ≤ 3 kV DC 0.25 m von unter Spannung stehenden Teilen entfernt aufzustellen ist)
 d = Dicke des Schutzgerüsts

Der Abstand zum Anschlag bzw. Endschalter wird nach folgender Formel berechnet:

$$D_A \text{ (Anschlag)} = L/2 + H/10 + D_L + d$$

$$D_E \text{ (Endschalter)} = D_A + x \text{ (x ist aufgrund der Gerätedaten festzulegen)}$$

Die Gerüste haben folgende Funktionen und Aufgaben zu erfüllen:

- Markieren des zulässigen Arbeitsbereichs
- Schutz der Annäherung an die Hochspannung
- Schutz des Lichtraumprofils der Bahn beim Hantieren mit Baumaterialien wie Brettern, Stangen, Armierungseisen etc.
- Schutz vor pendelnden Lasten
- Sichere Arbeits- und Standflächen
- Absturzsicherung

Für die Dimensionierung der vertikalen Gerüste sind unter anderem zu berücksichtigen:

- Eigengewicht
- allfällige Nutzlasten
- Windkräfte
- Anprall von pendelnden Lasten

Die Rhätische Bahn unterscheidet prinzipiell zwei Typen von Gerüste.

- **Gerüste Typ 1 «Markierung»**
Die Schutzgerüste Typ 1 werden nur auf Windlasten ausgelegt. Sie sind nicht geeignet den Anprall von pendelnden Lasten aufzunehmen.
- **Gerüste Typ 2 «Entfallen von L/2 und H/10»**
Schutzgerüste Typ 2 bestehen aus geschlossenen Bretterwänden oder aus metallischen, bahngeerdeten Konstruktionen mit Öffnungen von höchstens 40 mm Weite (max. 1'200 mm² gemäss EN 50'122-1). Diese Schutzgerüste werden auf den Anprall von pendelnden Lasten bemessen.

Die vorliegenden Weisungen sind als verbindlich anzuwendende Vorschriften zu verstehen. Begründete Abweichungen und Berechnungsbeispiele sind per Mail bei netzleitstelle@rhb.ch zu beantragen.

1. Normen und Richtlinien

1.1. Normen

SIA 260 (2003)	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
SIA 261 (2003)	Einwirkungen auf Tragwerke
SIA 261/1 (2003)	Einwirkungen auf Tragwerke - ergänzende Festlegungen
SIA 262 (2003)	Betonbau
SIA 262/1 (2003)	Betonbau – ergänzende Festlegungen
SIA 263 (2003)	Stahlbau
SIA 265 (2012)	Holzbau
SIA 267 (2003)	Geotechnik
SIA 267/1 (2003)	Geotechnik – ergänzende Festlegungen

1.2. Richtlinien

Reglement R RTE 20600, Anhang A1 (Formular 4838),
Ausgabe 01.07.2012

Reglement R RTE 20012 Lichtraumprofil, Ausgabe 22.06.2006

2. Einwirkungen auf Gerüste Typ 1

Die Gerüste Typ 1 werden auf Eigengewicht, allfällige Nutzlasten und Windkräfte bemessen.

2.1. Kennwerte Windlasten

Die Kennwerte der Windlasten basieren auf der Norm SIA 261 (2003). Dabei werden jedoch folgende Anpassungen vorgenommen:

- Wiederkehrperiode 25 Jahre
- Geländekategorie III
- Profilbeiwert $c_h = 1.0$ (entspricht einer mittleren Höhe von 10 m über Boden)
- Kraftbeiwert für Profile $c_{f1} = 1.6$ (Basis Tabelle 75 SIA 261)
- Kraftbeiwert für runde Profile (Holzstangen) $c_{f1} = 1.2$ (Basis Tabelle 74 SIA 261)

- Kraftbeiwert für Schutznetze $c_{f1} = 2.0$ (Basis Tabelle 75 SIA 261)
- Die Faktoren c_{red} und c_{dyn} werden je mit 1.0 in Rechnung gestellt

Der anzusetzende Staudruck q_p beträgt:

$$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

Schutznetze dürfen Öffnungen von höchstens 40 mm Weite (max. 1'200 mm² gemäss EN 50122-1) aufweisen. Die Luftdurchlässigkeit dieser Netze beträgt 95%.

Für aussergewöhnliche geografische Lagen in Föhntälern ist der Staudruck q_p mit dem Faktor 1.25 zu multiplizieren.

3. Einwirkungen auf Gerüste Typ 2

Die Gerüste Typ 2 werden auf pendelnde Lasten oder Windkräfte bemessen. Das Gefährdungsbild Anprall plus Wind wird als unwahrscheinlich betrachtet. Die Stossbelastung beruht auf dem Anprall eines Betonkübels mit einem Gewicht von 1 to und einer Geschwindigkeit von 1 m/s frontal auf eine Stütze des Gerüsts.

Beim Lastfall Anprall ist nur der Anprall am Kopf des Gerüsts zu untersuchen. Dabei sind immer die beiden Nachweise für die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit zu führen. Bei hohen Gerüsten wird die zulässige Kopfauslenkung $f_{zul} = 0.15 \text{ m}$ massgebend (Gebrauchstauglichkeitsnachweis). Bei niedrigen Gerüsten steigt die Stosslast F_k überproportional an. In diesen Fällen wird der Tragsicherheitsnachweis für das Gerüst massgebend.

Die Gerüste Typ 2 müssen für die drei nachfolgenden Bemessungssituationen untersucht werden:

- Nachweis der Tragsicherheit Anprall
 $F_d = \gamma_F \times F_k$ nach Kap. 3.1
- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit Anprall
Anpralllast F_k , $f_{zul} = 0.15 \text{ m}$
- Nachweis der Tragsicherheit Wind
 F_d Wind nach Kapitel 2.1 (Tragsicherheit)

3.1. Kennwerte Anprallkräfte

Die Kennwerte der pendelnden Lasten können wie folgt festgelegt werden (siehe Bild 2):

Massgebend für die Bemessung wird der Anprall am Stützenkopf (nur Anprall am Stützenkopf untersuchen).

Die Anpralllast $F_d = \gamma_F \times F_k = F_d$ kann dem Diagramm in Bild 2 entnommen werden.

Beispiel: Höhe Gerüst $H = 9.50$ m
statische Ersatzkraft $F_k = 7.5$ kN
statische Ersatzkraft $F_d = 1.5 \times 7.5$ kN = 11.25 kN
 $\gamma_F = 1.5$ Lastbeiwert Tragsicherheit nach SIA 260/2003

Im Gegensatz zur Norm SIA 261/2003 wird der Lastfall Anprall nicht als aussergewöhnliche Bemessungssituation betrachtet.

Zulässige Verformung für die Anpralllast F_k am Stützenkopf $f_{zul} = 0.15$ m.

Der Schubnachweis ist unabhängig von der Höhe des Gerüses für eine statische Ersatzkraft $F_d = 80$ kN durchzuführen (gilt nur für den Stahlträger).

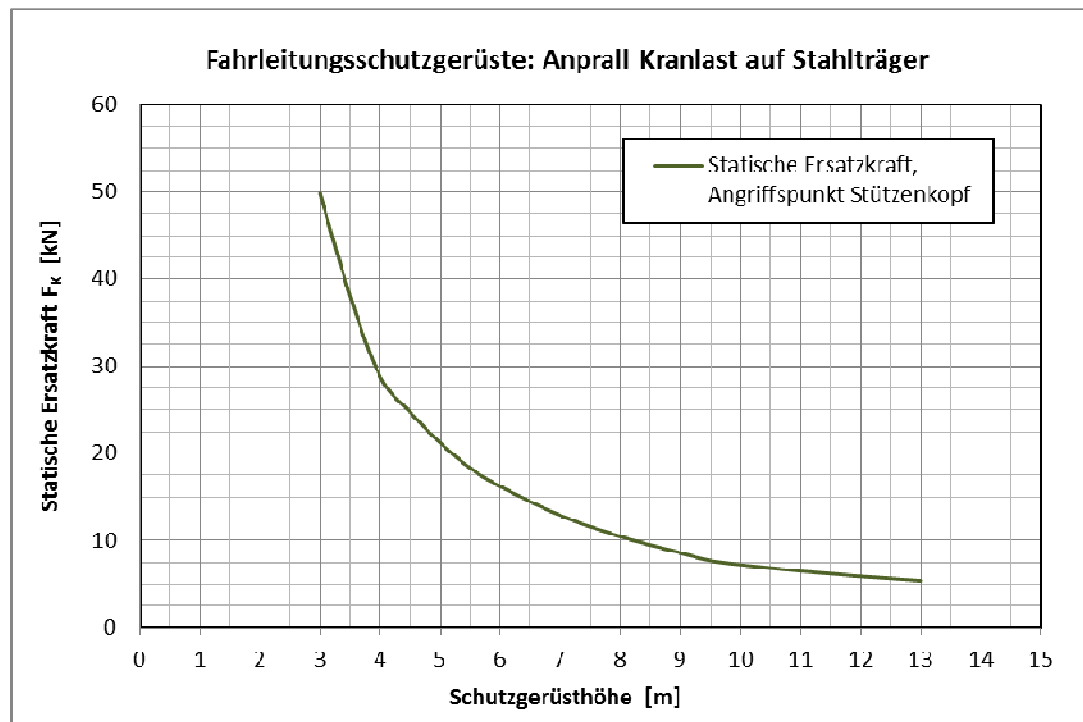


Bild 2: Statische Ersatzkraft F_k , Angriffspunkt Stützenkopf

3.2. Konstruktive Anforderungen für Gerüste Typ 2

Eine Ausbildung von Gerüsten Typ 2 mittels Rundhölzern ist nicht zulässig. Rundhölzer sind auf Grund der geringen Masse und Steifigkeit nicht geeignet, Stosslasten in der geforderten Dimension aufnehmen zu können.

4. Baustoffe

4.1. Stahl

Stahlsorte:	S 235
Fliessgrenze	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$
Widerstandsbeiwert	$\gamma_{M1} = 1.05$

Im Übrigen gelten die Angaben nach Norm SIA 263 (2003) Stahlbau.

4.2. Holz

Festigkeitsklasse:	Nadelholz C24
Bemessungswert Biegung	$f_{m,d} = 14 \text{ N/mm}^2$
Beiwerte	$\eta_w = \eta_t = 1.0$

Im Übrigen gelten die Angaben nach Norm SIA 265 (2012) Holzbau.

5. Geotechnische Grundlagen

Der Nachweis der Tragsicherheit erfolgt nach den Grundsätzen der Norm SIA 267 (2003) Geotechnik, Kapitel 12 «Stützbauwerke».

5.1. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte basieren auf der USCS-Klassifikation und gelten als Erwartungswerte (Mittelwerte).

Die für die statischen Nachweise erforderlichen charakteristischen Bodenkennwerte werden wie folgt ermittelt:

- Geschätzter Erwartungswert X_m aus USCS Klassifikation

- Ermittlung des charakteristischen Wertes X_k
- Der charakteristische Bodenkennwert X_k einer geotechnischen Grösse ist der für die betrachtete Bemessungssituation vorsichtige Erwartungswert (95% Fraktilwert) [SIA 267 (2003) Geotechnik].

$$\varphi'_k = \varphi'_m - 1.645 \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

s: Standardabweichung

n: Probenumfang

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = 1 \text{ (Annahme)}$$

$$\gamma'_k = \gamma'_m$$

Beispiel:

- Siltiger Sand SM-ML (Moränenmaterial)
- $\varphi'_m = 34^\circ \pm 3^\circ$
- $\frac{s}{\sqrt{n}} = 1$ (Annahme)
- $\varphi'_k = \varphi'_m - 1.645 \times 1 \cong 32^\circ$

5.2. Erddruckbeanspruchung

Die Erddruckbelastungen werden nach den Belastungsfiguren der SIA 267 (2003) Geotechnik, Figur 10, ermittelt. Die Erddruckbeiwerte können der Norm SIA 261 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke, Anhang B, Fig. 16, 17, entnommen werden.

Dabei gelten:

- aktiver Erddruck:

$$\delta = +\frac{2}{3} \times \varphi'_k$$

- passiver Erddruck:

$$\delta = -\frac{1}{2} \times \varphi'_k$$

5.3. Rechenmodell

Der statische Nachweis der Fundation kann zum Beispiel nach [Lang/Huder, Bodenmechanik und Grundbau] für die «nicht abgestützte, im Boden eingespannte Wand» erfolgen.

Die mitwirkende Breite kann mit $b' = 3 \times b$ angesetzt werden.

6. Beispiele

Die Beispiele für die nachfolgenden Fälle zeigen das prinzipielle Vorgehen für den statischen Nachweis von Standardgerüsten Typ 1 und 2.

6.1. Gerüste Typ 1

- Fall A: Höhe Gerüst 10.50 m
 - Pfostenabstand $b = 4.0 \text{ m}, 3.0 \text{ m}, 2.0 \text{ m}$
- Fall B: Höhe Gerüst 9.0 m
 - Pfostenabstand $b = 4.0 \text{ m}, 3.0 \text{ m}, 2.0 \text{ m}$
- Zusammenfassung der gewählten Profile

6.2. Gerüste Typ 2

- Gerüst – Anprall Kranlasten

6.3. Bezug

Die Beispiele können bezogen werden bei:

Rhätische Bahn AG
netzleitstelle@rhb.ch

6.4. Zusammenstellung der Resultate für Gerüste Typ 1, Fälle A, B

Die nachfolgende Zusammenfassung der Resultate für Gerüste Typ 1 zeigt eine mögliche Grössenordnung von Profilen und Fundamenten.

Gerüsthöhe 10.50 m

				Gerüstpfosten Stahltrüge S235	Foundation	
					Betonrohr d [m]	Einbindetiefe [m]
Fall A)	b = 4.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.30$ m	HEA 240	0.60	2.45
Fall B)	b = 3.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.25$ m	HEA 220	0.60	2.20
Fall C)	b = 2.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.25$ m	HEA 200	0.60	2.00

Gerüsthöhe 9.00 m

				Gerüstpfosten Stahltrüge S235	Foundation	
					Betonrohr d [m]	Einbindetiefe [m]
Fall A)	b = 4.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.30$ m	HEA 200	0.60	2.10
Fall B)	b = 3.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.25$ m	HEA 180	0.60	1.95
Fall C)	b = 2.00 m	d = 0.20 m	$d_T = 0.25$ m	HEA 160	0.60	1.75

7. Administrativ

Zu beachten gilt Folgendes:

Der statische Nachweis muss zehn Arbeitstage vor der Gerüstmontage bei der RhB unter folgender Adresse eintreffen:

Rhätische Bahn AG, Infrastruktur, RhB Strasse 1, 7302 Landquart
netzleitstelle@rhb.ch

Der statische Nachweis wird von der RhB oder einem von der RhB beauftragten Ingenieurbüro innerhalb von fünf Arbeitstagen kontrolliert. Die Kosten für diese Kontrolle werden bei internen Baustellen dem Projekt belastet und bei externen Baustellen dem Auftraggeber in Rechnung gestellt.