

<b>Ril Anpassung</b>	
- Als Handlungsanweisung gemäß Rahmenrichtlinie 138.0202 -	
<b>TM: 1-2017-10804 I.NPF 2</b>	
<b>Sachlich zugehörige Ril:</b>	<b>997</b>
<b>Geltungsbereich:</b>	<b>FuB und GE RN</b>

**TM-Titel / Handlungsbedarf:**

**1-2017-10804 I.NPF 2 zu Ril 997: Einführung eines Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der max. Fahrdrachtseitenlage**

Inkraftsetzung am :	01.12.2017		
Umsetzungsfrist bis :			
Rückmeldung bis :		An:	

Diese TM umfasst die Seiten 1 bis 5 (ohne Anlagen).

<b>Mitzeichnung:</b>		<b>Fachlinie:</b>	
<input type="checkbox"/>		LST	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Tk	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		EA	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Oberbau	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		KIB	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Betrieb	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Sonstige	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			

**Freigabe:**

gez. Werner Krötz, I.NPF 23 # 23.11.2017      gez. Christoph Klüh, I.NPF 23(O) # 23.11.2017

## **Sachverhalt / Anlass / Begründung:**

### **Technische Mitteilung zur Umsetzung der „Technical Opinion“ zur TSI ENE 1301/2014 als Ersatz des Anhangs D dieser TSI: Nationale Festlegungen zur Berechnung der max. Seitenlage des Fahrdrahtes**

Die TSI ENE 1301/2014 enthält im Anhang D eine Berechnungsvorschrift zur Bestimmung der maximalen Seitenlage des Fahrdrahts auf der Stromabnehmerwippe. Diese Berechnungsvorschrift führt insbesondere in Deutschland zu einer erheblichen Verkürzung der zulässigen Längsspannweiten.

Deshalb wurde über das Eisenbahnbundesamt (EBA) und das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) am 29.06.2017 eine „Technical Opinion“ an das Railway Interoperability and Safety Committee (RISC) und die European Railway Agency (ERA) geleitet, mit dem Ziel, das im neuen Entwurf der EN 50367 vorliegende Berechnungsverfahren zur maximalen Seitenlage des Fahrdrahtes sofort als Ersatz für den Anhang D der TSI ENE 1301/2014 anwenden zu dürfen. Mit Mail vom 17.11.2017 teilte das EBA mit, dass dieser Antrag im RISC positiv beschieden wurde.

Zur Umsetzung wird mit dieser TM zur Ril 997 das anhängende Berechnungsverfahren, basierend auf den Regelungen der prEN 50367:2017 Anhang D, für die DB Netz AG eingeführt.

Mit dem Berechnungsverfahren wird sowohl der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit als auch ein Sicherheitsnachweis geführt.

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird geprüft, ob durch die Nenngrößen des Rad-Schiene-Systems und der Oberleitung der Fahrdrabt überwiegend im Arbeitsbereich des Stromabnehmers bleibt.

Im Rahmen des Sicherheitsnachweis muss mit den für die Oberleitungsanlage gewählten Parametern überprüft werden, ob sich ein ausreichender Wippenüberstand ergibt. Dadurch wird eine Entdrahtung verhindert. Dazu müssen die Toleranzen aus der Gleislage und Toleranzen der Errichtung der Oberleitungsanlage berücksichtigt werden. Weiterhin sind die zu erwartende Arbeitshöhe des Stromabnehmers und die temperaturbedingten Bewegungen des Kettenwerks in die Berechnung einzubeziehen.

Das Berechnungsverfahren ist für alle Oberleitungsbauarten anwendbar. Dabei ist der Einfluss der unterschiedlichen Oberleitungs- und Gleisbauparameter zu beachten.

Die Beispielrechnungen beziehen sich ausschließlich auf die Werte der Oberleitungsbauarten Re 100 / Re 200 mit Schotteroberbau für Nennfahrdrabhöhen von 5,5m und maximalen Längsspannweiten von 80m bei Wippen nach DIN EN 50367 Bild A.7 (1950er-Wippe) bzw. 70m bei Wippen nach DIN EN 50367 Bild A.6 (1600er-Wippe) und DIN EN 50367 Bild B.1 (1450er-Wippe).

## **Folgende Parameter liegen dem Berechnungsverfahren zugrunde:**

### **Nachweis der Gebrauchstauglichkeit**

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit werden nur die Nenngrößen des Rad-Schiene-Systems verwendet und daraus die mögliche Seitenlage des Fahrdrahtes errechnet. Die Nenngrößen des Rad-Schiene-Systems sind in DIN EN 15273-1 Kap. 8.1.1.2 und DIN EN 15273-3 Kap. 11 angegeben:

- Geometrische Ausragung des Fahrzeugs im Gleis
- Querspiele
- Wanken des Referenzfahrzeugs / quasistatische Neigung
- Toleranzen der Stromabnehmer Montage

Die Breite des Arbeitsbereiches ist in DIN EN 50367 Bild A.6 ( $b_{w,c} = 600$  mm, 1600er-Wippe), DIN EN 50367 Bild A.7 ( $b_{w,c} = 725$  mm, 1950er-Wippe) und DIN EN 50367 Bild B.1 ( $b_{w,c} = 560$  mm, 1450er-Wippe) festgelegt.

### Sicherheitsnachweis

Für den Sicherheitsnachweis sind die geometrischen Auslenkungen von Referenzfahrzeug (siehe o.g. Nenngrößen des Rad-Schiene-Systems), Oberleitung und die Toleranzen zu beachten.

Durch die Errichtung und den Betrieb entstehen folgende Toleranzen des Rad-Schiene-Systems:

- Toleranz der Gleislage
- unsymmetrische Beladung
- Toleranz der Federeinstellung
- Querschwingungen des Fahrzeuges
- Querverschiebung des Gleises
- Wanken durch Überhöhungsfehler

Diese Toleranzen und die Parameter des Referenzfahrzeuges sind in DIN EN 15273-1 Tabelle G.1 Spalte G1 bis GC und DIN EN 15273-3 Tabelle B.1 angegeben.

Zusätzlich sind folgende übliche Toleranzen des Systems Oberleitung-Stromabnehmer zu berücksichtigen:

- 
- Bautoleranz der Fahrdrachtseitenlage
- Messfehler der Fahrdrachtseitenlage
- Auslenkung der Maste durch Windlast

- Zusätzliche seitliche Auslenkung am Auflaufhorn, die durch die Schräge des Auflaufhorns entsteht
- 
- Änderung der Seitenlage durch Drehbewegung des Auslegers bei Wanderung des Längskettenwerks
- Änderung der Seitenlage durch das im überhöhten Gleis schräg stehende Fahrzeug
- Änderung der Seitenlage aus Abweichungen der Spannkkräfte im Tragseil und im Fahrdraht bedingt durch den Wirkungsgrad der Nachspanneinrichtungen

Diese Toleranzen sind nicht voneinander abhängig. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher nicht erforderlich (DIN EN 15237-2, Kap. 7.3.1.9.3.3 und DIN EN 15273-3 Kap. 6.3.2).

Weitere Toleranzen wie z.B. Neigung des Zuges und des Stromabnehmers durch Windlast, Änderung der Strömungsverhältnisse durch das Triebfahrzeug, veränderliche Windlast im Bogen oder Dynamik durch Spitzenböen des Windes werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

### **Festlegung des maximalen Windabtriebes**

Für die Festlegung des max. Windabtriebes ist jeweils der kleinere der beiden Werte  $d_{lg}$  und  $d_{lv}$  zu verwenden. Zusätzlich sind die maximal zulässigen Abweichungen nach TSI ENE und EN 50367 zu beachten.

Der Anhub des Fahrdrahtes ist abhängig von der mittleren Andruckkraft und der Elastizität der Oberleitung. Diese Kraft ist wiederum abhängig von der Fahrgeschwindigkeit (aerodynamische Komponente) und der Anzahl der anliegenden Stromabnehmer.

Für die Beispielrechnung wird eine mittlere Andruckkraft von 109 N verwendet. Damit wird der Geschwindigkeitsbereich bis 200 km/h ausreichend abgedeckt.

Die Oberleitungsbauarten Re 100 und Re 200 sind jedoch für Doppeltraktion von zwei Lokomotiven geeignet. Für den Anhub in Feldmitte müssen daher die Werte gem. Ril 997.0101 5(3) und der Regelzeichnung Ebs 02.05.17 Bl. 2.2 verwendet werden.

Bei der Berechnung wurde berücksichtigt, dass beim 1600er- und 1450er-Stromabnehmer nur Mastabstände von 70 m ausgeführt werden können und sich dadurch der Anhub in Feldmitte reduziert.

In einem zweiten Schritt wurde überprüft, bis zu welcher Fahrdrathöhe der Sicherheitsnachweis erbracht werden kann. Für die Berechnung wurden die Toleranzen für Schotteroberbau angewendet und in den Kurven eine Überhöhung angesetzt, die Fahrgeschwindigkeiten von 160 km/h bis 200 km/h ermöglicht. Bis zu Fahrdrathöhen von 5,85 m (1950er Wippe) bzw. 5,80 m (1600er bzw. 1450er Wippe) ist ein ausreichendes Sicherheitsniveau gegeben.

Für die Planung ist es jedoch sinnvoll, von der Arbeitshöhe und der Fahrgeschwindigkeit unabhängige Seitenlagen vorzugeben. Es wurde daher für die verschiedenen Stromabnehmer eine Linie für den max. Windabtrieb festgelegt. Diese zulässigen Seitenlagen entsprechen den bisher in der Zeichnung Ebs 02.05.49 angegebenen Werten.

**Zuständigkeiten / Ansprechpartner:**

OE	Name	Mail-Adresse	Telefonnummer
I.NPF 23(O)	Christoph Klüh	Christoph.Klueh@deutschebahn.com	+49 069 26545234
I.NPF 23	Uwe Resch	Uwe.Resch@deutschebahn.com	+49 69 265 45237

- Verteiler gemäß TM-Abo-System (DB Netz AG)**
- Verteiler gemäß externem Postverteiler**
- Verteilung an Dritte durch Einstellung im DBPortal**
- Besonderer Verteiler**

**Zusätzliche Information an:**

<input checked="" type="checkbox"/>	DB Engineering & Consulting	<input checked="" type="checkbox"/>	EBA, Waltherm@eba.bund.de
<input type="checkbox"/>	DB Systemtechnik	<input checked="" type="checkbox"/>	Frau Miller, Einkauf
<input checked="" type="checkbox"/>	DB Bahnbau Gruppe GmbH	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	EBA Hormigu@eba.bund.de	<input type="checkbox"/>	

**Anlage:**

-Leer-

Berechnungsverfahren zur Bestimmung der max. Seitenlage nach DIN EN 50367

## Nachweisführung der maximalen Seitenlage des Fahrdrahtes entsprechend der Technical Opinion zur TSI ENE 1301/2014 (als Ersatz für Anhang D dieser TSI)

Für Wippen mit halber Wippenbreite  $b_w$  nach DIN EN 50367

Bild A.6 ( $b_w = 0,800$  m), Bild A.7 ( $b_w = 0,975$  m) und Bild B.1 ( $b_w = 0,725$  m)

### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

#### maximale Seitenlage $d_{lg}$ des Fahrdrahtes:

$$d_{lg} = b_{w,c} - \frac{l_{max} - d}{2} - \frac{2,5}{R} - \frac{s'_0}{L} \cdot (D - D_0) \cdot (h_{ref} - h_{c0}) - \left( e_{pu} + \frac{e_{po} - e_{pu}}{h'_o - h'_u} \cdot (h_{ref} - h'_u) \right)$$

$b_{w,c}$  (halber) Arbeitsbereich des Stromabnehmer nach DIN EN 50367

Bild A.6 ( $b_{w,c} = 0,600$  m), Bild A.7 ( $b_{w,c} = 0,725$  m), Bild B.1 ( $b_{w,c} = 0,560$  m)

Sonstige Parameter siehe Seiten 2 - 4

### Sicherheitsnachweis:

#### maximale Seitenlage $d_{lv}$ des Fahrdrahtes

$$d_{lv} = b_w^* - \frac{l_{max} - d}{2} - \frac{2,5}{R} - \frac{s'_0}{L} \cdot (D - D_0) \cdot (h_{ref} - h_{c0}) - \left( e_{pu} + \frac{e_{po} - e_{pu}}{h'_o - h'_u} \cdot (h_{ref} - h'_u) \right) - \sqrt{T_T^2 + T_{ocl}^2}$$

$b_w^*$  verringerte (halbe) nutzbare Breite der Wippe nach DIN EN 50367:

Bild A.6 ( $b_w^* = 0,746$  m), Bild A.7 ( $b_w^* = 0,954$  m), Bild B.1 ( $b_w^* = 0,676$  m)

$T_T^2$  Quadratische Summe der Toleranzen des Referenzfahrzeuges (nach DIN EN 15273-1 Tabelle G.1 Spalte G1 bis GC und DIN EN 15273-3 Tabelle B.1.)  
Details siehe Seiten 3 und 4

$T_{ocl}^2$  Quadratische Summe der Toleranzen der Oberleitungsanlage  
Details siehe Seiten 3 und 4

Sonstige Parameter siehe Seiten 2 - 4

### Festlegung des maximal zulässigen Windabtriebes

$$d_{max} = \min(d_{lg}, d_{lv}, d_{max,EN50367})$$

Die größte Seitenlage  $d_{max}$  darf die Werte  $d_{max,EN50367}$  gemäß DIN EN 50367:2012, Tabelle 2 (1950 mm Wippe: 0,55 m / 1600 mm Wippe: 0,4 m) nicht übersteigen.

**Allgemeine Parameter :**

(siehe EN 15273-1 Tabelle 1 bzw. EN 15273-3 Tabelle 1; unter Beachtung der Nenngrößen des Rad-Schiene-Systems nach DIN EN 15273-1 Kap. 8.1.1.2 und DIN EN 15273-3 Kap. 11)

**Querspiel des Fahrzeugs im Gleis:**

$$\frac{l_{max}-d}{2}$$

$l_{max}$  maximale Spurweite [m]  
 $d$  Spurmaß [m]

**Ausragung des Fahrzeuges in der Kurve:**

$$\frac{2,5}{R}$$

$R$  Gleisbogenradius [m]

**Fahrdrahthöhe:**

$h_{ref}$  max. Arbeitshöhe des Stromabnehmers (DIN EN 50119, Kap. 3.4.8 (ohne Höhentoleranz des Gleises, da in Grenzlinie enthalten))

**Wanken / quasi-statische Neigung des Referenzfahrzeugs:**

$$\frac{s'_0}{L} \cdot (D - D_0) \cdot (h_{ref} - h_{c0})$$

wobei:  $(D - D_0) > 0$  und  $(h_{ref} - h_{c0}) > 0$

$s'_0$  zwischen Fahrzeug- und Infrastrukturverantwortlichen für die Begrenzungslinie von Stromabnehmern vereinbarter Neigungskoeffizient  
 $L$  vereinbarter Abstand der Mittellinien der beiden Schienenstränge eines Gleises  
 $D$  Überhöhung (bzw. Überhöhungsfehlbetrag)  
 $D_0$  zwischen Fahrzeug- und Infrastrukturverantwortlichen vereinbarter Pauschalwert für die Überhöhung bei der kinematischen Begrenzungslinie  
 $h_{c0}$  für die Vereinbarung zwischen Fahrzeug- und Infrastrukturbetreibern festgelegter Wert der Wankpolhöhe

**Toleranzen der Stromabnehmer des Referenzfahrzeugs:**

$$e_{pu} + \frac{e_{po}-e_{pu}}{h'_o-h'_u} \cdot (h_{ref} - h'_u)$$

$e_{pu}$  Ausmittigkeit des Stromabnehmers im unteren Prüfpunkt  $h'_u$   
 $e_{po}$  Ausmittigkeit des Stromabnehmers im oberen Prüfpunkt  $h'_o$   
 $h'_u$  kleinste Höhe für die Überprüfung der Begrenzungslinie der Stromabnehmer in Arbeitsstellung  
 $h'_o$  größte Höhe für die Überprüfung der Begrenzungslinie der Stromabnehmer in Arbeitsstellung

**Quadratische Summe der Toleranzen des Referenzfahrzeuges:  $T_T^2$**

(nach DIN EN 15273-1 Tabellen 1 und G.1 Spalte G1 bis GC sowie DIN EN 15273-3 Tabellen 1 und B.1.)

$$T_T^2 = (T_{Voie})^2 + \left( \tan(T_{charge}) \cdot (h_{ref} - h_{c0}) \right)^2 + \left( \tan(T_{susp}) \cdot (h_{ref} - h_{c0}) \right)^2 + \left( \frac{h_{ref}}{L} \cdot T_D + \frac{s'_0}{L} \cdot T_D \cdot (h_{ref} - h_{c0}) \right)^2 + \left( \frac{s'_0}{L} \cdot T_{osc} \cdot (h_{ref} - h_{c0}) \right)^2$$

$T_{Voie}$	Querverschiebung des Gleises, die sich zwischen zwei Durcharbeitungen einstellt [m]
$T_{charge}$	Unsymmetrie-Winkel für ungünstige Lastverteilung [Grad]
$T_{susp}$	Unsymmetrie-Winkel für ungenaue Einstellung der Federung [Grad]
$T_D$	Querhöhenfehler des Gleises, der sich zwischen zwei Durcharbeitungen einstellt [m]
$T_{osc}$	Querhöhenfehler des Gleises, zur Berechnung der Verschiebungen aus Schwingungen infolge Gleislage-Unregelmäßigkeiten [m]

**Quadratische Summe der Toleranzen der Oberleitungsanlage:  $T_{ocl}^2$**

$$T_{ocl}^2 = d_{inst}^2 + d_{mess}^2 + d_{pole}^2 + u_p^2 + d_{supp}^2 + d_{cant}^2 + d_{tens}^2$$

$d_{inst}$	Bautoleranz der Fahrdrachtseitenlage
$d_{mess}$	Messfehler der Fahrdrachtseitenlage
$d_{pole}$	Auslenkung der Maste durch Windlast
$u_p$	Zusätzliche seitliche Auslenkung des Fahrdrahtes am Auflaufhorn, die durch die Schräge des Auflaufhorns entsteht. Deren maximaler Wert in Feldmitte errechnet sich mit folgender Formel:

$$u_p = \frac{l_{sp} \cdot F_m \cdot \tan \alpha}{4 \cdot S_{cw}}$$

$d_{supp}$	Änderung der Seitenlage durch Drehbewegung des Auslegers bei Wanderung des Längskettenwerks
------------	---

$$d_{supp} = d_{MVK} - \sqrt{d_{MVK}^2 + dl_{cw}^2}$$

$d_{MVK}$  MVK-Maß [m]

$dl_{cw}$  Wanderweg des Längskettenwerks [m]

Zur Reduzierung der Parameter wird eine vereinfachte Berechnung verwendet, die nur die komplette Nachspannlänge und ein MVK-Maß berücksichtigt.

$d_{cant}$  Durch den Anhub  $\Delta h$  des Fahrdrahtes in Gleisbögen mit Überhöhung entsteht eine zusätzliche Seitenverschiebung des Fahrdrahtes. Für den Fahrdrahtanhub kann der Wert des Tragseilanhubes gemäß Ebs 02.03.17 Bl. 2.2 Grafik D VIII herangezogen werden.

$$d_{cant} = \Delta h * \frac{D}{l_{max}}$$

$d_{tens}$  Durch den Wirkungsgrad der Nachspanneinrichtungen und die Drehbewegung der Rohrschwenkausleger ergeben sich Abweichungen der Spannkraften im Tragseil und im Fahrdraht. Diese Abweichungen erzeugen eine zusätzliche seitliche Auslenkung:

$$d_{tens} = \frac{Q_{wc} \cdot l_{sp}^2}{8 \cdot K_{eff} \cdot S_{cw}} - \frac{Q_{wc} \cdot l_{sp}^2}{8 \cdot S_{cw}}$$

$l_{sp}$  max. Mastabstand [m]

$S_{cw}$  Summe der Spannkraft des Fahrdrahtes und des Tragseils [N]

$F_m$  max. mittlere Kontaktkraft (EN 50367 Tabelle 6) [N]

$\alpha$  Winkel des Auflaufhorns [Grad]

$\Delta h$  Anhub des Fahrdrahtes in Gleisbögen mit Überhöhung

$Q_{wc}$  Windlast auf das Längskettenwerk [N/m]

$K_{eff}$  Wirkungsgrad der Nachspannvorrichtung

### Hinweis zu $T_T^2$ und $T_{ocl}^2$

Diese Toleranzen sind nicht voneinander abhängig. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher nicht erforderlich (DIN EN 15237-2, Kap. 7.3.1.9.3.3 und DIN EN 15273-3 Kap. 6.3.2).

Weitere Toleranzen wie z.B. Neigung des Zuges und des Stromabnehmers durch Windlast, Änderung der Strömungsverhältnisse durch das Triebfahrzeug, veränderliche Windlast im Bogen oder Dynamik durch Spitzenböen des Windes werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

**Nachweisrechnung für Re100 / Re200 für Nennfahrdrachhöhe 5,50 m und Längsspannweiten von 80 m für Wippe nach DIN EN 50367 Bild A.7 ( $b_w = 0,975$  m) bzw. 70 m für Wippen nach Bild A.6 ( $b_w = 0,800$  m) und Bild B.1 ( $b_w = 0,725$  m)**

Typische Werte für Fahrgeschwindigkeiten bis 200km/h bei Schotteroberbau:

(Bei anderen Anwendungsfällen wie z.B. feste Fahrbahn oder größeren Überhöhungen kann mit den Formeln auf den Seiten 1-4 die Seitenlage des Fahrdrachtes direkt errechnet und nachgewiesen werden. Dabei sind die in DIN EN 15273-3 Tabelle B.1 angegebenen Parameter zu beachten.

Querspiel des Fahrzeugs im Gleis (EN 15273-1 Tabelle G.1):

$l_{max}$	maximale Spurweite:	1,465 m
$d$	Spurmaß:	1,410 m

Wanken / quasi-statische Neigung des Referenzfahrzeugs (EN 15273-1 Tabelle G.1):

$s'_0$	Neigungskoeffizient:	0,225
$L$	Abstand zw. Schienenmitten eines Gleises:	1,500 m
$D_0$	Pauschalwert für die Überhöhung:	0,066 m
$h_{c0}$	Wankpolhöhe:	0,5 m

Toleranzen der Stromabnehmer des Referenzfahrzeugs (EN 15273-1 Tabelle G.1):

$e_{pu}$	Ausmittigkeit im unteren Prüfpunkt $h'_u$ :	0,110 m
$e_{po}$	Ausmittigkeit im oberen Prüfpunkt $h'_o$ :	0,170 m
$h'_u$	unterer Prüfpunkt:	5 m
$h'_o$	oberer Prüfpunkt:	6,5 m

Toleranzen aus der Bewegung des Referenzfahrzeugs:

siehe EN 15273-3 Tabelle B1 für Schotter bzw. feste Fahrbahn

Parameter	Symbol	Schottergleis		Feste Fahrbahn	
		Bogen- innenseite	Bogen- außenseite	Bogen- innenseite	Bogen- außenseite
Gleislage	$T_{voie}$	0,025 m	0,025 m	0,005 m	0,005 m
Querhöhenfehler	$V \leq 80$ km/h	0,020 m	0,020 m	0,005 m	0,005 m
	$V > 80$ km/h	0,015 m	0,015 m	0,005 m	0,005 m
Schwingungen	$T_{osc}$	Sehr gute Gleisqualität bis 0,007 m	0,039 m	0,007 m	0,039 m
		Sonstige Gleise bis 0,013 m	0,065 m		
Unsymmetrie der Beladung	$T_{charge}$	0,77°	0,77°	0,77°	0,77°
Unsymmetrische Einstellung der Federungen	$T_{susp}$	0,23°	0,23°	0,23°	0,23°

## Toleranzen der Oberleitungsanlage:

$d_{inst}$	Bautoleranz der Fahrdrabtseitenlage		0,030 m
$d_{mess}$	Messfehler der Fahrdrabtseitenlage		0,015 m
$d_{pole}$	Auslenkung der Maste durch Windlast		0,025 m
$u_p$	Zusätzliche seitliche Auslenkung des Fahrdrabtes am Auflaufhorn		
	für $b_w = 0,975$ m, $l_{sp} = 80$ m		0,092 m
	für $b_w = 0,800 / 0,725$ m, $l_{sp} = 70$ m		0,055 m
$S_{cw}$	Summe der Spannkräfte		20 kN
	des Fahrdrabtes	10 kN	
	und des Tragseils	10 kN	
$F_m$	max. mittlere Kontaktkraft		109 N
$\alpha$	Winkel des Auflaufhorns		
	für $b_w = 0,975$ m		40°
	für $b_w = 0,800$ m / $0,725$ m		30°
$d_{supp}$	Änderung der Seitenlage durch Drehbewegung des Auslegers		0,080m
$d_{MVK}$	MVK-Maß [m]	2,3 m	
$dl_{cw}$	Wanderweg des Längskettenwerks	0,6 m	
$d_{cant}$	Seitliche Auslenkung durch Anhub des Fahrdrabtes durch ein Fahrzeug im überhöhten Gleis		0,030 m
	Für den Fahrdrabtanhub kann der Wert des Tragseilanhubes gemäß Ebs 02.03.17 Bl. 2.2 Grafik D VIII herangezogen werden. Daraus ergibt sich für		
	$l_{sp} = 80$ m: $\Delta h = 0,25$ m: $d_{cant} = 0,027$ m		
	$l_{sp} = 70$ m: $\Delta h = 0,21$ m: $d_{cant} = 0,023$ m		
	(Für die weitere Berechnung wird ein einheitlicher Wert von 30 mm verwendet.)		
$d_{tens}$	Seitliche Auslenkung durch Abweichungen der Spannkräfte im Tragseil und im Fahrdrabt		
	$l_{sp} = 80$ m		0,014 m
	$l_{sp} = 70$ m		0,022 m
$Q_{wc}$	Windlast auf das Längskettenwerk	11,5 N/m	
$K_{eff}$	Wirkungsgrad der Nachspannvorrichtung	0,97	
$S_{cw}$	Summe der Spannkräfte	20 kN	

max. Arbeitshöhe des Stromabnehmers:  $h_{ref}$

Generell ist zu berücksichtigen:

Der Anhub des Fahrdrabtes ist abhängig von der mittleren Kontaktkraft  $F_m$  und der Elastizität der Oberleitung.

Die maximale mittlere Kontaktkraft ergibt sich nach EN50367:2012 Tabelle 6 bzw. Bild A.8 in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit (aerodynamische Komponente). Für 200 km/h beträgt die maximale mittlere Kontaktkraft 109 N. Bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten darf die Andruckkraft reduziert werden und der max. Windabtrieb optimiert werden.

Der Anhub in Feldmitte kann mit der statischen Elastizität ermittelt werden.

Anhub der Re 100 und Re 200 in Feldmitte bei zwei anliegenden Stromabnehmern gem. Ril 997.0101 5(3) und Ebs 02.05.17 Bl. 2.2:

$b_w = 0,975 \text{ m}, l_{sp} = 80\text{m}$	0,25 m
$b_w = 0,800 / 0,725 \text{ m}, l_{sp} = 70\text{m}$	0,21 m
Nennfahrdrabthöhe	5,50 m
Bautoleranz	0,1 m
<b>Resultierende Arbeitshöhe</b>	
<b><math>b_w = 0,975 \text{ m}, l_{sp} = 80 \text{ m}</math></b>	<b>5,85 m</b>
<b><math>b_w = 0,800 / 0,725 \text{ m}, l_{sp} = 70 \text{ m}</math></b>	<b>5,71 m</b>

## Maximale Seitenlagen des Fahrdrahtes (Rundungsfehler +/- 1mm)

<b>Radius [m]</b>	<b>5000</b>	<b>3000</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>	<b>900</b>	<b>700</b>	<b>600</b>	<b>300</b>	<b>180</b>		
<b>D [mm]</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>160</b>		
<b>1950-Linie [mm]<sup>1)2)</sup></b>	<b>550</b>	<b>550</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>480</b>	<b>480</b>	<b>450</b>	$h_{ref}$	$l_{sp}$
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	559	559	516	515	507	506	498	493	472	5,7 m	max. 80 m
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	612	612	570	568	560	559	551	547	526		
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	553	553	509	508	499	499	490	486	464	5,85m	
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	604	604	560	559	551	550	541	537	516		
<b>1600-Linie [mm]<sup>1)2)</sup></b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>360</b>	<b>360</b>	<b>350</b>	<b>340</b>	<b>320</b>	$h_{ref}$	$l_{sp}$
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	434	434	391	390	382	381	373	368	347	5,7 m	max. 70 m
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	420	420	378	376	368	368	359	355	334		
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	430	430	386	385	377	376	368	363	342	5,8 m	
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	415	415	371	370	362	361	353	348	327		
<b>1450-Linie [mm]<sup>1)</sup></b>	<b>340</b>	<b>340</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>290</b>	<b>290</b>	<b>280</b>	<b>270</b>	<b>250</b>	$h_{ref}$	$l_{sp}$
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	394	394	351	350	342	341	333	328	307	5,7 m	max. 70 m
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	350	350	308	306	298	298	289	285	264		
Gebrauchstauglichkeit $d_{ig}$ [mm]	390	390	346	345	337	336	328	323	302	5,8 m	
Sicherheit $d_{iv}$ [mm]	345	345	301	300	292	291	283	278	257		

<sup>1)</sup> nach Ebs 02.05.49<sup>2)</sup> Die größte Seitenlage darf die Werte gem. DIN EN 50367, Tabelle 2 nicht übersteigen.

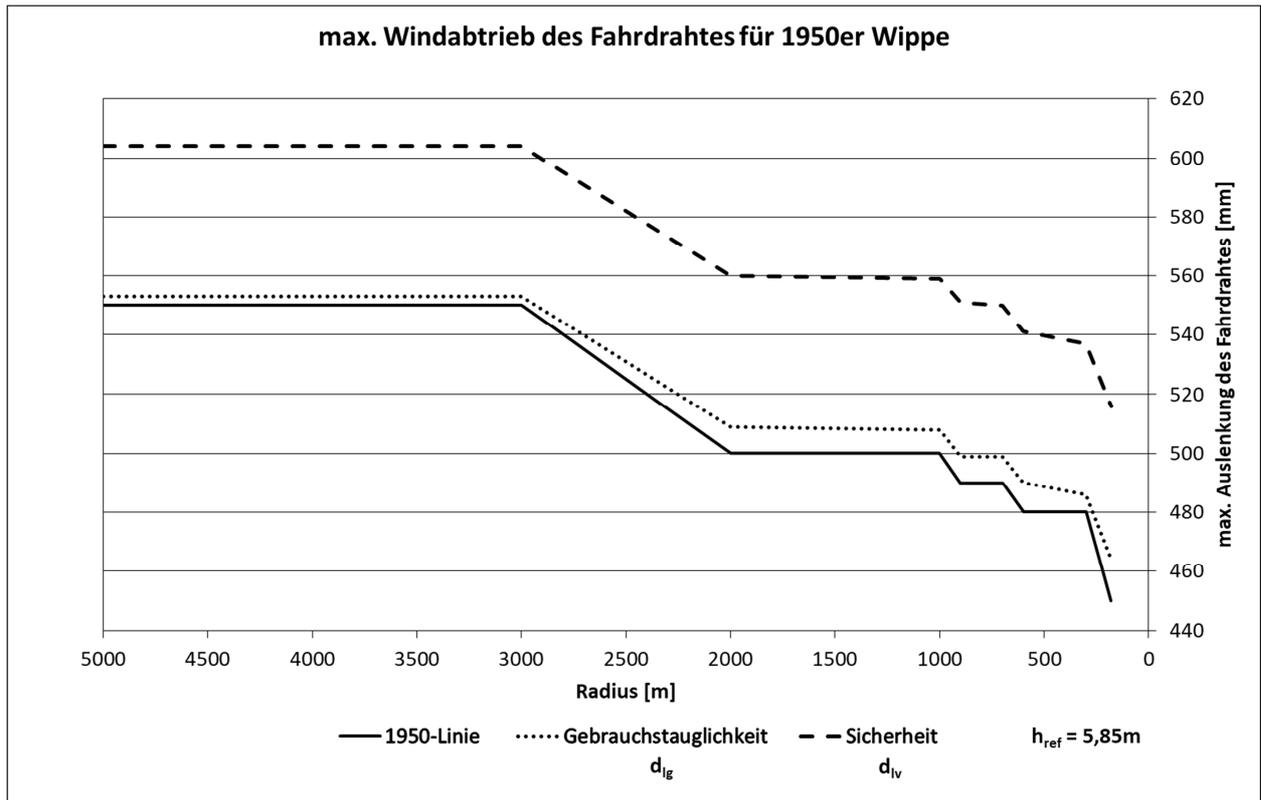


Bild 1a: max. Windantrieb des Fahrdrabtes 1950er-Stromabnehmer

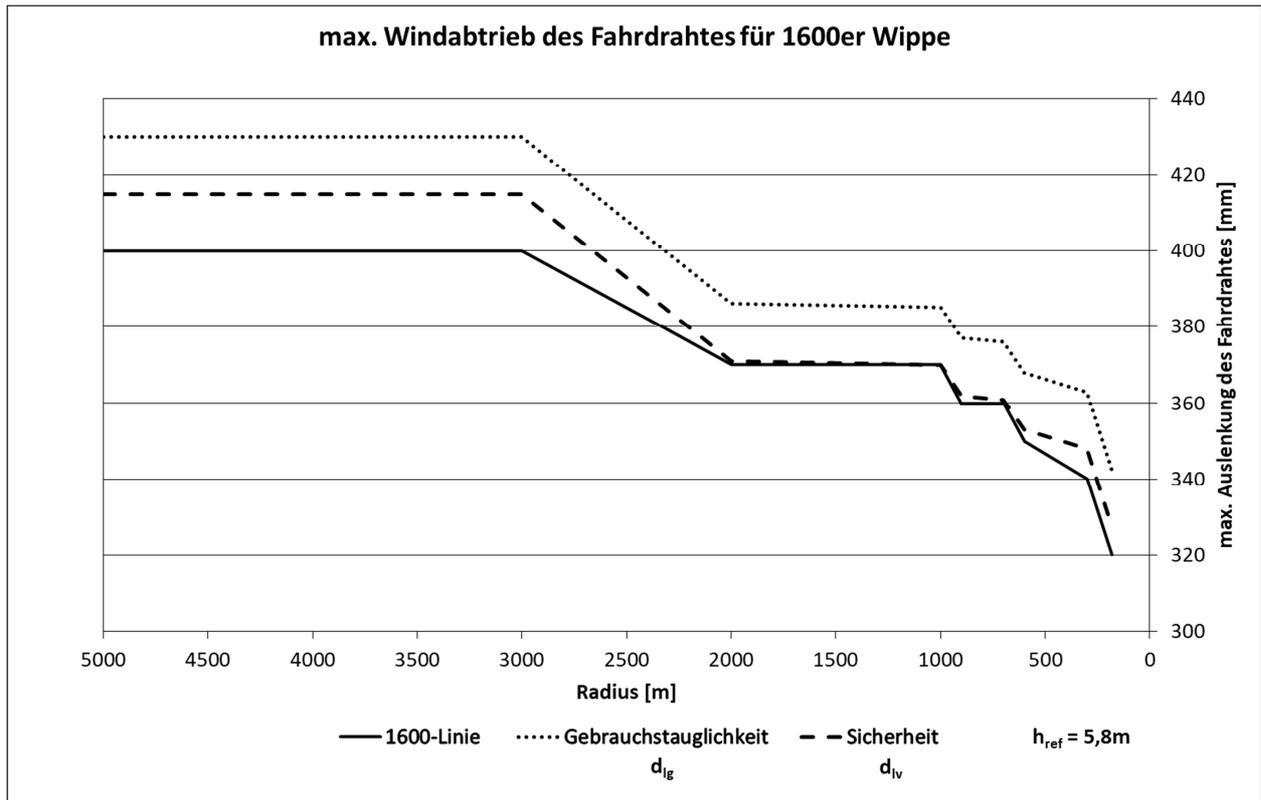


Bild 1b: max. Windantrieb des Fahrdrabtes 1600er-Stromabnehmer

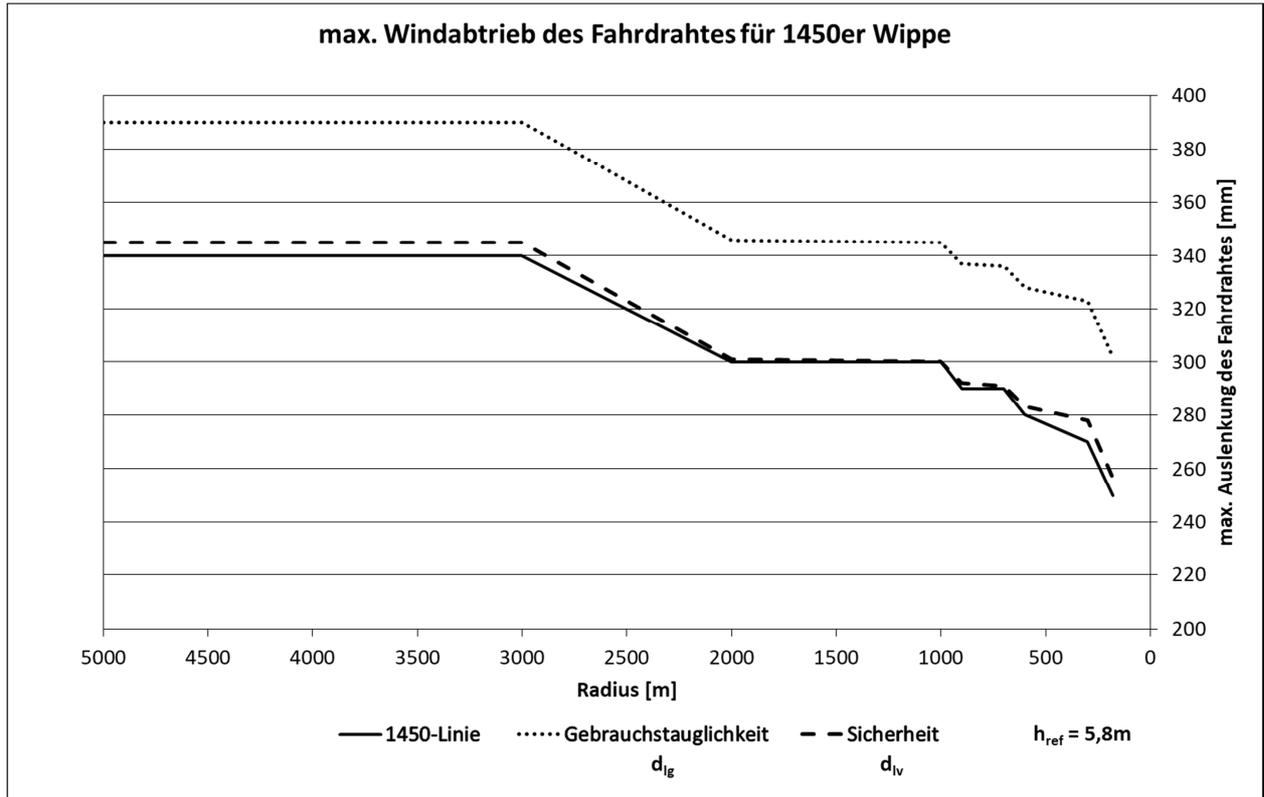


Bild 1c: max. Windantrieb des Fahrdrabtes 1450er-Stromabnehmer