



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung  
Bundesnetzagentur  
Eisenbahn-Bundesamt



**DIE BAHNINDUSTRIE.**  
VDB VERBAND DER BAHNINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND E.V.



VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN



VEREINIGUNG DER PRIVATGÜTERWAGEN-INTERESSENTEN

# **Leitfaden**

## **Präzisierung bzw. Klärung offener Punkte zu den Aerodynamik Anforderungen der TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 in 4.2.6.2.1 Personen am Bahnsteig, 4.2.6.2.2 Gleisarbeiter und 4.2.6.2.3 Druckimpuls an der Zugspitze**

**Datum:** 12.06.13

**Ersteller:** Siemens AG (IC RL HC EN-M SE) Aerodynamik in  
Zusammenarbeit mit dem AK Aerodynamik für den  
LK Fahrzeuge

**Status:** Freigabe zur Veröffentlichung durch LK Fahrzeuge am  
12.06.2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung/Motivation.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Auflistung der offenen Punkte und Regelungslücken in der TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&amp;PAS 2011.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Wirksamkeit dieses Dokumentes .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Anwendungsbereich .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Definitionen und Symbole.....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Begrenzung der zuginduzierten Strömungslasten an der Strecke ....</b>	<b>5</b>
6.1	Wortlaut der TSI'en .....	5
6.1.1	TSI HS RST 2008 .....	5
6.1.2	TSI CR LOC&Pas 2011.....	6
6.2	Einführung.....	7
6.3	Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband für nicht trennbare oder vor-definierte Zugzusammenstellungen .....	8
6.4	Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband bei Einzelfahrzeugen mit Führerstand .....	8
6.5	Anforderungen für andere Schienenfahrzeuge.....	8
6.6	Vereinfachte Nachweismethode.....	9
<b>7</b>	<b>Begrenzung der zuginduzierten Druckänderungen.....</b>	<b>11</b>
7.1	Wortlaut der TSI'en .....	11
7.1.1	TSI HS RST 2008 .....	11
7.1.2	TSI CR LOC&PAS 2011.....	11
7.2	Einführung.....	12
7.3	an den zu prüfenden Zugverband für nicht trennbare oder vor-definierte Zugzusammenstellungen.....	12
7.4	Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband für Einzelfahrzeuge mit Führerstand .....	12
7.5	Andere Schienenfahrzeuge.....	13
7.6	Vereinfachte Nachweismethode.....	13
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>Freigabevermerk.....</b>	<b>15</b>
<b>10</b>	<b>Quellen.....</b>	<b>15</b>

## 1 Einleitung/Motivation

Für die Zulassung von Schienenfahrzeugen sind Nachweise hinsichtlich der Druckbelastungen bei Vorbeifahrt des Zugkopfes und hinsichtlich der Strömungslasten bei Vorbeifahrt des Zuges in seiner längsten (gekoppelten) Variante notwendig. Diese Nachweise sind anhand von 1:1 Messungen zu erbringen und in der TSI HS RST 2008 [1] und TSI CR LOC&PAS 2011 [2] sowie nachrangig in der EN 14067-4:2005+A1:2010 [3] dokumentiert. Die Nachweise sind für Konstruktionsgeschwindigkeiten > 160 km/h durchzuführen. Dies gilt sowohl für vordefinierte Zugzusammenstellungen als auch für Einzelfahrzeuge. Die in den zuvor genannten Regelwerken aufgeführten Grenzwerte dienen der Sicherheit der Personen am Bahnsteig und der Gleisarbeiter an der Strecke bei Vorbeifahrt eines Zuges. Zudem dienen sie der Begrenzung der aerodynamischen Belastungen der Infrastruktur, wie bspw. Schallschutzwänden oder der Belastungen auf andere Schienenfahrzeuge bei Vorbeifahrten.

In den zuvor genannten Regelwerken gibt es Bereiche die bisher nicht eindeutig geregelt sind. Dazu zählen insbesondere folgende Punkte:

- Der Nachweis zur Zulassung kleiner Änderungen an Fahrzeugen, für welche bereits eine Zulassung existiert. Diese Änderungen beziehen sich auf Veränderungen der äußeren Fahrzeuggeometrie, die wiederum eine Veränderung der Druck- und Strömungsverhältnisse am Schienenfahrzeug zur Folge haben können, jedoch so klein sind, dass sie entweder vernachlässigt werden können oder bspw. aufgrund ihrer Position keinen Einfluss auf die in den Regelwerken genannten Grenzwerte besitzen. Änderungen, die somit einen kleinen aber nicht signifikanten Effekt auf den Nachweis haben, können durch einen vereinfachten Nachweis behandelt werden.
- In der TSI CR LOC&PAS 2011 Kapitel 4.2.6.2. gibt es offene Punkte für den Nachweis der Strömungs- und Drucklasten von Einzelfahrzeugen, bzw. Fahrzeugen ohne vordefinierte Zugzusammenstellung, die durch nationale Regelungen hinterlegt werden können.
- Ebenfalls ist der Nachweis für Druck- und Strömungslasten für Einzelfahrzeuge in der TSI HS RST 2008 nicht konkret adressiert.

Dies bedeutet insbesondere, dass:

- Für Einzelfahrzeuge (insb. Lokomotiven) mit Führerstand keine konkreten Regelungen in welchem Verband mit welcher Länge der Nachweis zu erfolgen hat, hinterlegt sind.
- Für Einzelfahrzeuge ohne Führerstand keine konkreten Regelungen existieren in welchem Zugverband und mit welcher Länge der Nachweis zu erbringen ist..
- Hinsichtlich der von Einzelfahrzeugen mit und ohne Führerstand erzeugten Druckbelastungen neben der Strecke (Bugwelle) Lücken in der Definition der Wagenanordnung für den Nachweis vorhanden sind.

Ziel dieses Leitfadens soll es daher sein, vorab der Anwendung einer neuen TSI LOC&PAS (Entwurf siehe final Draft V2.5 [4]) sowie FprEN 14067-4:2013 (abgestimmter Entwurf siehe [5]), die vorhandenen Lücken zu schließen sowie Nachweismethoden und Vorgehensweisen zu erläutern. Zudem sollen bereits abgestimmte Änderungen in Normentwürfen aufgegriffen und mit diesem Dokument zumindest für den deutschen Raum vorgezogen werden, um den Nachweisprozess bis zum Inkrafttreten der Normen zu erleichtern und den Nachweisprozess für alle auf der TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 beruhenden Schienenfahrzeuge zu erleichtern. Damit soll dieser Leitfaden auf alle nach TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 durchgeführten Nachweise anwendbar sein.

## 2 Auflistung der offenen Punkte und Regelungslücken in der TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011

Offener Punkt TSI/EN / Regelungslücke	Problembeschreibung	Behandlung in diesem Leitfaden	Referenz in FprEN 14067-4:2013/Entwurf TSI LOC&PAS 2013
TSI CR LOC&PAS 2011 Kapitel 4.2.6.2.1 offener Punkt	Nachweis Strömungslasten am Bahnsteig für Einheiten im allgemeinen Fahrbetrieb (Zugverband nicht definiert, Einzelfahrzeuge)	Siehe Kapitel 6.4 und 6.5	Siehe Kapitel 4.2 (EN) /Kapitel 4.2.6.2.1 (TSI)
TSI CR LOC&PAS 2011 Kapitel 4.2.6.2.2 offener Punkt	Nachweis Strömungslasten am Gleis für Einheiten im allgemeinen Fahrbetrieb (Zugverband nicht definiert, Einzelfahrzeuge)	Siehe Kapitel 6.4 und 6.5	Siehe Kapitel 4.2 (EN) /Kapitel 4.2.6.2.1 (TSI)
TSI HS RST 2008 Kapitel 4.2.6.2.1 Regelungslücke	Nachweis Strömungslasten am Bahnsteig für nicht vordefinierte Zugzusammenstellun gen und Einzelfahrzeuge ist nicht adressiert	Siehe Kapitel 6.4 und 6.5	Siehe Kapitel 4.2 (EN) /Kapitel 4.2.6.2.1 (TSI)
TSI HS RST 2008 Kapitel 4.2.6.2.2 Regelungslücke	Nachweis Strömungslasten am Gleis für nicht vordefinierte Zugzusammenstellun gen und Einzelfahrzeuge ist nicht adressiert	Siehe Kapitel 6.4 und 6.5	Siehe Kapitel 4.2 (EN) /Kapitel 4.2.6.2.1 (TSI)
TSI HS RST 2008 Kapitel 4.2.6.2.3 Regelungslücke	Nachweis für Einzelfahrzeuge ist nicht adressiert	Siehe Kapitel 7.4 und 7.5	Siehe Kapitel 4.1.2 (EN) /Kapitel 4.2.6.2.2 (TSI)
Umgang mit kleinen Änderungen Zuggeometrie – nicht behandelt in TSI und EN	Kleine, für die Nachweise der Aerodynamik des Zuges nicht relevante geometrische Änderungen (z.B. anbringen einer Antenne Unterflur) sind nicht adressiert	Siehe Kapitel 6.6 und 7.6	Siehe Kapitel 4.1.4 und 4.2.4 (EN)

**Tabelle 1: Auflistung offener Punkte und Regelungslücken EN und TSI**

### 3 Wirksamkeit dieses Dokumentes

Dieser Leitfaden soll für die Zulassung von Schienenfahrzeugen in Deutschland gemäß TSI HS RST 2008 oder TSI CR LOC&PAS 2011 gelten.

Der Leitfaden präzisiert offene bzw. nicht adressierte Punkte in den TSI'en und vereinfacht (effiziente Zuglänge in 1:1 Messungen, bzw. Entfall erneuter Messungen) bzw. beschleunigt (Abstimmungsaufwand) den Zulassungsprozess.

Der Leitfaden stellt präzisierende Regelungen auf, welche in den zuvor genannten Regelwerken nicht bzw. unzureichend behandelt sind, ändert aber nicht vorhandene Anforderungen oder Grenzwerte der genannten TSI'en. Die regelnden Inhalte des Leitfadens bauen auf dem im Februar 2013 im Commons Resolution Meeting des CEN abgestimmten Stand der FprEN14067:2013 [5] auf, wodurch der Anschluss an die zukünftige Normung gewahrt wird. Nach Inkrafttreten einer neuen FprEN14067-4:2013 kann die Norm vorrangig zum Leitfaden herangezogen werden.

### 4 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Regelspurfahrzeuge nach EBO mit Betriebsgeschwindigkeiten über 160 km/h und ist nicht anwendbar für Güterverkehrsfahrzeuge.

### 5 Definitionen und Symbole

Für den Zweck dieses Dokumentes finden folgende Symbole Anwendung.

$\Delta p_{2\sigma}$	Spitze-Spitze-Druckänderung gemäß TSI
$\Delta C_p$	dimensionsloser Druckbeiwert gemäß EN 14067-4
$u_{2\sigma}$	Zuginduzierte Luftgeschwindigkeit gemäß TSI
$v_{tr}$	Zuggeschwindigkeit
$v_{tr,max}$	maximale Betriebsgeschwindigkeit des Zuges
CFD	Computational Fluid Dynamics

Weitere Begriffe und Symbole sind in der Normenreihe EN 14067 gegeben

### 6 Begrenzung der zuginduzierten Strömungslasten an der Strecke

#### 6.1 Wortlaut der TSI'en

Nachfolgend wird der Wortlaut der behandelten TSI'en in kursiver Schrift wiedergegeben. Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband werden fett hervorgehoben.

##### 6.1.1 TSI HS RST 2008

###### 4.2.6.2.1. Aerodynamische Belastung von Gleisarbeitern auf der Strecke

*Ein Zug mit maximaler Länge, der im Freien mit 300 km/h oder mit seiner maximalen Betriebsgeschwindigkeit  $v_{tr,max}$  fährt, wenn diese unter 300 km/h liegt, darf während seiner gesamten Durchfahrt (einschließlich Nachstrom) in einer Höhe von 0,2 m über der Schienenoberkante und in einem Abstand von 3,0 m vom Gleismittelpunkt die in Tabelle 9 aufgeführte gleisseitige Luftgeschwindigkeit  $u_{2\sigma}$  300 km/h nicht überschreiten.*

Für Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit über 300 km/h sind die vom Infrastrukturbetreiber zu ergreifenden Maßnahmen in Abschnitt 4.4.3 der TSI „Infrastruktur Hochgeschwindigkeit“ angegeben.

Maximale Zuggeschwindigkeit $v_{tr,max}$ (km/h)	Maximal zulässige gleisseitige Luftgeschwindigkeit (Grenzwerte für $u_{2\sigma}$ (m/s))
190 bis 249	20
250 bis 300	22

#### Prüfbedingungen

(Umfangreicher Text siehe TSI, hier kein Bezug zum Leitfaden)

#### Konformitätsbewertung

Die Konformität ist auf der Basis von Versuchen im Maßstab 1:1 und mit der **maximalen Länge der definierten Zusammenstellungen der Züge** zu bewerten.

#### Detaillierte Spezifikationen

(Umfangreicher Text siehe TSI, hier kein Bezug zum Leitfaden)

#### 4.2.6.2.2. Aerodynamische Belastung der Reisenden auf einem Bahnsteig

**Ein Zug mit maximaler Länge**, der im Freien mit der Referenzgeschwindigkeit  $v_{tr} = 200$  km/h (oder mit seiner maximalen Betriebsgeschwindigkeit  $v_{tr,max}$  fährt, wenn diese unter 200 km/h liegt), darf während seiner gesamten Durchfahrt (einschließlich Nachstrom) in einer Höhe von 1,2 m über dem Bahnsteig und in einem Abstand von 3,0 m vom Gleismittelpunkt keine Luftgeschwindigkeit erzeugen, die den Wert  $u_{2\sigma} = 15,5$  m/s überschreitet.

#### Prüfbedingungen

(Umfangreicher Text siehe TSI, hier kein Bezug zum Leitfaden)

#### Konformitätsbewertung

Die Konformität ist auf der Basis von Versuchen im Maßstab 1:1 und mit der **maximalen Länge der definierten Zusammenstellungen der Züge** zu bewerten.

#### Detaillierte Spezifikationen

(Umfangreicher Text siehe TSI, hier kein Bezug zum Leitfaden)

### 6.1.2 TSI CR LOC&Pas 2011

#### 4.2.6.2.1 Auswirkungen der Wirbelzone auf Personen am Bahnsteig

Die Luftgeschwindigkeit, die durch Fahrzeuge verursacht wird, die im Freien mit einer maximalen Betriebsgeschwindigkeit von  $v_{tr} > 160$  km/h fahren, darf beim Vorbeifahren des Fahrzeugs in einer Höhe von 1,2 m über dem Bahnsteig und einem

Abstand von 3,0 m von der Gleismitte einen Wert von  $u_{2\sigma} = 15,5$  m/s nicht überschreiten.

Der für den Test einzusetzende Zugverband ist nachstehend für unterschiedliche Arten von Fahrzeugen angegeben:

- Einheit, die in einer **nicht trennbaren oder vordefinierten Zusammenstellung** bewertet wird  
Die vollständige Länge der nicht trennbaren Zusammenstellung oder die maximale Länge der vordefinierten Zusammenstellung (d. h. die maximale Anzahl der Einheiten, die aneinander gekuppelt werden können).
- Einheit, die für den **Einsatz im allgemeinen Fahrbetrieb (Zugverband ist in der Planungsphase nicht definiert)** bewertet wird: **offener Punkt**

Die weiteren Angaben zur Prüfung nach o.g. Punkt in der TSI in Abschnitt 6.2.2.2.10 haben keinen Bezug zum Leitfaden.

#### 4.2.6.2.2. Auswirkungen der Wirbelzone auf Gleisarbeiter

Die Luftgeschwindigkeit, die durch Fahrzeuge verursacht wird, die im Freien mit einer maximalen Betriebsgeschwindigkeit von  $v_{tr} > 160$  km/h fahren, darf beim Vorbeifahren des Fahrzeugs am Gleis in einer Höhe von 0,2 m über der Schienenoberkante und einem Abstand von 3,0 m von der Gleismitte einen Wert von  $u_{2\sigma} = 20$  m/s nicht überschreiten.

Der für den Test einzusetzende Zugverband ist nachstehend für unterschiedliche Arten von Fahrzeugen angegeben:

- Einheit, die in einer **nicht trennbaren oder vordefinierten Zusammenstellung** bewertet wird  
Die vollständige Länge der nicht trennbaren Zusammenstellung oder die maximale Länge der vordefinierten Zusammenstellung (d. h. die maximale Anzahl der Einheiten, die aneinander gekuppelt werden können).
- Einheit, die für den **Einsatz im allgemeinen Fahrbetrieb (Zugverband ist in der Planungsphase nicht definiert)** bewertet wird: **offener Punkt**

Die weiteren Angaben zur Prüfung nach o.g. Punkt in der TSI in Abschnitt 6.2.2.2.11 haben keinen Bezug zum Leitfaden.

## 6.2 Einführung

Ein Zug erzeugt bei Vorbeifahrt ein sich veränderndes Strömungsfeld neben der Strecke, welches ungünstig auf die Standsicherheit von Personen an der Strecke und auf Bahnsteigen einwirken könnte. Um eine klare Schnittstelle zwischen dem Subsystem Schienenfahrzeug und der Infrastruktur (z.B. Festlegung von Gefahrenbereichen durch Infrastrukturverantwortliche) zu definieren, werden die zuginduzierten Strömungseffekte von Schienenfahrzeugen durch Anforderungen der TSI'en limitiert.

Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte für Strömungslasten neben der Strecke und am Bahnsteig erfolgt durch 1:1 Messungen mit dem jeweiligen Schienenfahrzeug nach TSI HS RST 2008 bzw. TSI CR LOC&PAS 2011, jeweils Abschnitt 4.2.6.2.1. und 4.2.6.2.2. Im Rahmen dieses Leitfadens wird abhängig vom zu prüfenden Fahrzeug in den Abschnitten 6.3, 6.4 und 6.5 präzisierend zu den TSI'en dargelegt, welche Zugzusammenstellungen in den Prüfungen heranzuziehen sind. Alle weiterhin gültigen Anforderungen und die Beschreibung der Vorgehensweise der 1:1 Nachweismessungen sowie die zu berücksichtigenden Grenzwerte sind in der TSI HS RST:2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 jeweils in den Kapiteln 4.2.6.2.1 und 4.2.6.2.2 beschrieben.

Werden Änderungen an anforderungskonformen Schienenfahrzeugen vorgenommen, stellt sich die Frage, ob der Konformitätsnachweis weiterhin erhalten bleibt bzw. welche Schritte für einen Konformitätsnachweis erforderlich sind. Analog zum abgestimmten Vorgehen des Entwurfs FprEN 14067-4:2013 soll in gegebenen Fällen eine vereinfachte Nachweismethode zur Anwendung kommen, welche im Abschnitt 6.6 detailliert erläutert wird.

### **6.3 Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband für nicht trennbare oder vor-definierte Zugzusammenstellungen**

Der Nachweis wird gemäß TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 (Abschnitte 4.2.6.2.1. und 4.2.6.2.2.) mit einem Verband maximaler Länge ermittelt. Für nicht trennbare oder vor-definierte Zusammenstellungen, die aus mehr als einer Zugeinheit gebildet werden, ist es ausreichend, eine Zugzusammenstellung aus zwei Einheiten mit einer Mindestlänge von 120 m zu untersuchen.

### **6.4 Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband bei Einzelfahrzeugen mit Führerstand**

Der Nachweis wird für eine Zugkonfiguration erbracht, bei der das Fahrzeug mit Führerstand am vorderen und hinteren Ende eines Zugverbandes aus Reisezugwagen mit einer Mindestlänge von 100 m eingereiht ist. Die Nachweise erfolgen entweder mit dem zu prüfenden Fahrzeug an einem Zugende in beiden Fahrtrichtungen oder mit zwei identischen zu prüfenden Fahrzeugen, eines am vorderen und eines am hinteren Ende des Zugverbandes.

Dabei sollen die Reisezugwagen denen entsprechen, die voraussichtlich im späteren Betrieb eingesetzt werden.

Anm. des AK Aerodynamik: Die Lage einer Lok im Wagenverband kann bei der Prüfung von Steuerwagen frei gewählt werden.

### **6.5 Anforderungen für andere Schienenfahrzeuge**

Für Schienenfahrzeuge, die nicht unter 6.3 oder 6.4 fallen, gilt wie folgt: Die unter dieses Kapitel fallenden Schienenfahrzeuge sind konform (auch ohne messtechnischen Nachweis), wenn sie im Hinblick auf folgende Eigenschaften ähnlich zu bereits existierenden oder konformen Fahrzeugen sind:

- Konstruktionsgeschwindigkeit (niedriger oder gleich bereits existierender) und;
- äußerliche Gestaltung des Drehgestells (Position, Kavität und Drehgestelleinschränkung (Hüllkurve)); und
- Änderungen der Fahrzeug Umgrenzung (z.B. Wagenkastenbreite und -höhe) oberhalb des Drehgestelles kleiner als 10 cm.

Die Prüfung der Ähnlichkeit zu im Betrieb befindlichen Fahrzeugen muss dokumentiert werden.

Wenn die oben genannten Kriterien nicht zutreffend sind, dann ist das Fahrzeug in zwei Zugkonfigurationen mit Schienenfahrzeugen, wie sie voraussichtlich im Regelbetrieb eingesetzt werden, zu prüfen. Dabei soll der Wagen direkt hinter einer zugelassenen und konformen, vorausfahrenden Lokomotive in einem Verband aus Wagen von mindestens 100 m Länge und am Ende eines Wagenverbandes im Abstand von 100 m hinter einer zugelassenen und konformen, vorausfahrenden Lokomotive positioniert werden. Wenn der Wagen einem bestimmten Zweck dient, z.B. Restaurantwagen, welcher immer eine definierte Position in der Mitte des Zugverbandes hat, dann soll seine Konformität nur über den Test an einer Position in der Mitte eines Zugverbandes von mindestens 100 m Länge erfolgen.



## 6.6 Vereinfachte Nachweismethode

Ein vereinfachtes Nachweisverfahren kann für Züge verwendet werden, welche nur kleinen Designänderungen unterworfen sind und für deren Ursprungszustand bereits ein vollständiger Nachweis erbracht worden ist.

Im Hinblick auf die resultierenden Strömungslasten am Bahnsteig und am Gleis sind nur Designunterschiede in der außenumströmten Zuggeometrie und Unterschiede der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für einen Zugverband ausschlaggebend.

Das vereinfachte Nachweisverfahren wird mit einer der in Tabelle 2 dargestellten Nachweismethoden erbracht.

Zudem müssen folgende Nachweise erbracht werden:

- eine Stellungnahme, dass die Designunterschiede keinen Einfluss auf die resultierenden Strömungsgeschwindigkeiten an der Strecke haben
- eine vergleichende Auswertung der relevanten Designunterschiede im Hinblick auf den Ursprungszustand, für den ein vollständiger Nachweis vorliegen muss

**Tabelle 2: Methoden und Voraussetzungen für den vereinfachten Nachweis**

Designunterschiede	Methode / Voraussetzung
<p>Beschränkungen der Unterschiede in der außenumströmten Geometrie auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— den inneren Bereich des Unterflurs des Zuges (Bereich unter dem Zug und zwischen den Schienen);</li> <li>— die Dachausrüstung, insbesondere Pantographen, Antennen, elektrische Verkabelung und Verrohrung;</li> <li>— andere Veränderung der Dachausrüstung in einer Größenordnung kleiner als 20 cm in jede Raumrichtung;</li> <li>— Anbauten, Verschlüsse, Dichtungen und Abdeckungen, Verklebungen, Griffe und Haltestangen, Scheibenwischer, Rückfahreinrichtungen (insbesondere Kameras), Oberflächenrauigkeit, Türen, Fenster, Lackierung, Signaleinrichtung, Verrohrung, Verkabelung und Stopfen;</li> <li>— Andere Teile mit Änderungen in lateraler Richtung kleiner als 5 cm.</li> </ul>	<p>Dokumentation der Unterschiede zum Ursprungszustand, Stellungnahme, dass Änderungen keinen Einfluss haben und Referenz auf den vorhandenen vollständigen Nachweis im Ursprungszustand</p>

Designunterschiede	Methode / Voraussetzung
Andere Unterschiede in der Außengeometrie bei gleichzeitiger Beibehaltung der grundlegenden Kopfform.	<p>Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis</p> <p>Nachweis der relativen Auswirkungen aufgrund der Unterschiede durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Versuche mit bewegten Modellen, siehe Kapitel 5.4.3 der EN 14067-4:2005+A1:2010 bzw. neuere Fassungen der EN 14067-4</li> </ul> <p>Nachweis und Dokumentation, dass</p> <p>a) die Unterschiede keine größeren Abweichungen von <math>U_{2\sigma}</math> hervorrufen als <math>\pm 10\%</math> und</p> <p>b) das neue zu untersuchende Design noch immer die Anforderungen an die Luftgeschwindigkeit <math>U_{2\sigma}</math> nach den TSI'en erfüllt (auf Basis des Originalwertes aus dem vollständigen Nachweis und der gefundenen relativen Abweichung)</p>
Verringerung der Zulassungsgeschwindigkeit	Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis
Erhöhung der Zulassungsgeschwindigkeit um max. 20 km/h oder 10 % für einen Zug mit ursprünglicher Zulassungsgeschwindigkeit unter 300 km/h	<p>Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis</p> <p>Ein Nachweis und eine Dokumentation, basierend auf einer Extrapolation der Strömungsgeschwindigkeit neben dem Zug <math>U_{2\sigma}</math> für die neue Zulassungsgeschwindigkeit, dass das zu untersuchende neue Design noch immer die Anforderungen an die Luftgeschwindigkeit <math>U_{2\sigma}</math> nach den TSI'en erfüllt</p>
Erhöhung der Zulassungsgeschwindigkeit für einen Zug mit ursprünglicher Zulassungsgeschwindigkeit von größer oder gleich 300 km/h	Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis

## 7 Begrenzung der zuginduzierten Druckänderungen

### 7.1 Wortlaut der TSI'en

Nachfolgend wird der Wortlaut der behandelten TSI'en in kursiver Schrift wiedergegeben. Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband werden fett hervorgehoben.

#### 7.1.1 TSI HS RST 2008

##### 4.2.6.2.3. Druckbelastungen im Freien

**Ein Zug mit maximaler Länge**, der im Freien mit einer gegebenen Geschwindigkeit (Referenzfall) fährt, darf während seiner gesamten Durchfahrt (einschließlich Zugspitze, Kupplungen und Zugende) über einen Bereich von 1,5 m bis 3,3 m Höhe über der Schienenoberkante und in einem Abstand von 2,5 m vom Gleismittelpunkt keine Spitze-Spitze-Druckänderungen erzeugen, die die in Tabelle 10 angegebenen Werte für  $\Delta p_{2\sigma}$  überschreiten. Die oberen Grenzwerte für Spitze-Spitze-Druckänderungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Zug	Referenzgeschwindigkeit des Zuges	Maximal zulässige Druckänderung $\Delta p_{2\sigma}$
Klasse 1	250 km/h	795 Pa
Klasse 2	Höchstgeschwindigkeit bei	720 Pa

##### *Konformitätsbewertung*

Die Konformität ist auf der Basis von Versuchen im Maßstab 1:1 und mit der **maximalen Länge der definierten Zusammenstellungen** der Züge zu bewerten.

##### *Detaillierte Spezifikationen*

(Umfangreicher Text siehe TSI, hier kein Bezug zum Leitfaden)

#### 7.1.2 TSI CR LOC&PAS 2011

##### 4.2.6.2.3 Druckimpuls an der Zugspitze

Bei Begegnungen von zwei Zügen entsteht eine aerodynamische Belastung für beide Züge. Die nachstehende Anforderung an den Druckimpuls an der Zugspitze im Freien ermöglicht die Definition eines Grenzwerts für die aerodynamische Belastung bei der Begegnung von zwei Zügen, der bei der Auslegung von Fahrzeugen unter Annahme eines Abstands von 4,0 m vom Gleismittelpunkt zu berücksichtigen ist.

Fahrzeuge, die im Freien mit einer Geschwindigkeit von über 160 km/h betrieben werden, dürfen während der Durchfahrt der Zugspitze über einen Bereich von 1,5 m bis 3,3 m Höhe über der Schienenoberkante und in einem Abstand von 2,5 m vom Gleismittelpunkt keine Spitze-Spitze-Druckänderungen erzeugen, die einen Wert  $\Delta p_{2\sigma}$  von 720 Pa überschreiten.

Der zu prüfende Zugverband ist nachstehend für unterschiedliche Arten von Fahrzeugen angegeben:

- **Einheit, die in einer nicht trennbaren oder vordefinierten Zusammenstellung bewertet wird**  
*Eine einzelne Einheit des nicht trennbaren Zugverbandes oder jede Konfiguration der vordefinierten Zusammenstellung.*
- **Einheit, die für den Einsatz im allgemeinen Fahrbetrieb (Zugverband ist in der Planungsphase nicht definiert) bewertet wird**
- **Einheiten, die mit einem Führerstand ausgestattet sind, müssen eigenständig bewertet werden.**
- **Sonstige Einheiten:** Diese Anforderung ist nicht anwendbar.

#### 6.2.2.2.12 Druckimpuls an der Zugspitze (Abschnitt 4.2.6.2.3)

Die Konformität wird auf der Grundlage umfassender Tests unter den in EN 14067-4:2005/A1:2009 Abschnitt 5.5.2 angegebenen Bedingungen bewertet. Für Geschwindigkeiten unter 190 km/h kann die Einhaltung alternativ auch anhand von validierten Simulationen unter Anwendung numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) gemäß Abschnitt 5.3 von EN 14067-4:2005/A1:2009 oder ebenfalls anhand von Versuchen mit bewegten Modellen gemäß EN 14067-4:2005/A1:2009 Abschnitt 5.4.3 bewertet werden

## 7.2 Einführung

Ein Zug erzeugt bei Vorbeifahrt ein sich veränderndes Druckfeld, welches als Last auf Objekte an der Strecke, wie Lärmschutzwände, Bahnsteigdächer oder begegnende Züge einwirkt. Die größten Drücke sind mit der Vorbeifahrt des Zugkopfes zu erwarten. Um eine klare Schnittstelle für das Subsystem Schienenfahrzeug zu definieren, werden Anforderungen an Schienenfahrzeuge gestellt um die aerodynamischen Druckbelastungen zu begrenzen. Die Durchführung von Druckmessungen als Konformitätsnachweis für Schienenfahrzeuge werden in der TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 jeweils im Kapitel 4.2.6.2.3 beschrieben.

Im Rahmen dieses Leitfadens wird abhängig vom zu prüfenden Fahrzeug in den Abschnitten 7.3, 7.4 und 7.5 präzisierend zu der TSI HS RST:2008 dargelegt, welche Zugzusammenstellungen in den Prüfungen heranzuziehen sind. Alle weiterhin gültigen Anforderungen und die Beschreibung der Vorgehensweise der 1:1 Nachweismessungen sowie die zu berücksichtigenden Grenzwerte sind in der TSI HS RST:2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 jeweils in den Kapiteln 4.2.6.2.1 und 4.2.6.2.2 beschrieben. Zur TSI CR LOC&PAS 2011 sind keine Präzisierungen der zu prüfenden Zugzusammenstellungen erforderlich.

## 7.3 an den zu prüfenden Zugverband für nicht trennbare oder vor-definierte Zugzusammenstellungen

Es gilt die TSI CR LOC&PAS 2011.

Es gilt die TSI HS RST 2008.

## 7.4 Anforderungen an den zu prüfenden Zugverband für Einzelfahrzeuge mit Führerstand

Es gilt die TSI CR LOC&PAS 2011.

Für Nachweise nach TSI HS RST 2008 wird nur das Einzelfahrzeug mit Führerstand an führender Stelle geprüft. Für Einzelfahrzeuge, die in zwei Fahrtrichtungen an

führender Stelle verkehren können, sind beide Fahrtrichtungen gegenüber den Anforderungen zu prüfen.

Anmerkung des AK: Die Auswertung der Messdaten erfolgt über einen Zeitraum von einer Sekunde vor und nach der Kopfvorbeifahrt gemäß [5]. Wenngleich keine Anforderung an die Auswahl der nachlaufenden Fahrzeuge besteht, empfiehlt sich die Länge des Zugverbandes so zu bemessen, dass die Heckwelle nicht in den Erfassungszeitraum fällt.

## 7.5 Andere Schienenfahrzeuge

Für andere Fahrzeuge muss kein Nachweis erbracht werden.

## 7.6 Vereinfachte Nachweismethode

Ein vereinfachtes Nachweisverfahren kann für Züge verwendet werden, welche nur kleinen Designänderungen unterworfen sind und für deren Ursprungszustand bereits ein vollständiger Nachweis erbracht worden ist.

Im Hinblick auf die Druckänderungen neben dem Zug sind nur Designunterschiede in der außen umströmten Zuggeometrie und Unterschiede der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für einen Zugverband ausschlaggebend.

Das vereinfachte Nachweisverfahren wird mit einer der in Tabelle 3 dargestellten Nachweismethoden erbracht.

Zudem sind folgende Nachweise zu erbringen:

- eine Stellungnahme, dass die Designunterschiede keinen Einfluss auf die resultierenden Druckänderungen an der Strecke haben
- eine vergleichende Auswertung der relevanten Designunterschiede im Hinblick auf den vollständigen Nachweis, welcher für das zu betrachtende Fahrzeug vorliegen muss.

**Tabelle 3: Methoden und Voraussetzungen für den vereinfachten Nachweis**

Designunterschiede	Methoden und Anforderungen
Beschränkungen der Unterschiede in der außen umströmten Geometrie auf: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Positionen hinter dem Zugkopf, die entweder stromab des ersten maximalen Querschnittes des Zuges oder stromab der minimalen Druckspitze liegen;</li> <li>- den inneren Bereich des Unterflurs des Zuges (Bereich unter dem Zug und zwischen den Schienen)</li> </ul> Kleine Unterschiede in der externen umströmten Geometrie <ul style="list-style-type: none"> <li>- Scheibenwischer und Griffe;</li> <li>- Antennen mit einem Volumen unter 5 Liter;</li> <li>- längliche alleinstehende herausragende Teile oder Einwölbungen, die nicht vertikal oder nah am Vorderkantenradius des Kopfes oder kleiner als 50 mm in Querrichtung sind;</li> </ul>	Dokumentation der Unterschiede zum Ursprungszustand; Stellungnahme, dass Änderungen keinen Einfluss haben, und Referenz auf einen bereits vorhandenen vollständigen Nachweis für den Ursprungszustand

<p>– Kleine alleinstehende herauschauende Teile und Einwölbungen die kleiner als 50 mm in jeder Dimension sind.</p>	
<p>Andere Unterschiede in der extern umströmten Geometrie, wie z.B. an Puffern, den Frontkupplungen, den Schneepflügen und Schienenräumern, der Frontscheibe oder den Seitenscheiben, welche die grundlegende Kopfform des Fahrzeugs nicht verändern.</p>	<p>Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis für den Ursprungszustand</p> <p>Nachweis der relativen Auswirkungen aufgrund der Unterschiede durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Versuche mit bewegten Modellen, gemäß Kapitel 5.4.3 der EN 14067-4:2005+A1:2010 bzw. neuere Fassungen der EN 14067-4</li> <li>– CFD-Simulationen gemäß der EN 14067-4:2005+A1:2010 Kapitel 5.3 bzw. neuere Fassungen der EN 14067-4</li> </ul> <p>Und einen Nachweis und die Dokumentation, dass</p> <p>(i) Der Unterschied verursacht keine Änderungen in <math>\overline{\Delta p}</math> die größer als <math>\pm 10\%</math> sind.</p> $\frac{\overline{\Delta p(B)} - \overline{\Delta p(A)}}{\overline{\Delta p(A)}} < 0,1$ <p>Hinweis: <math>B</math> bezieht sich auf das Fahrzeug mit Änderungen. <math>A</math> bezieht sich auf den existierenden zugelassenen Zug im Ursprungszustand.</p> <p>und</p> <p>(ii) Der Unterschied überschreitet nicht 50 % der folgenden Sicherheitsspanne</p> $(\overline{\Delta p(B)} - \overline{\Delta p(A)}) < 0,5 \cdot (\Delta p_{2\sigma, \max} - \Delta p_{2\sigma}(A))$
<p>Erhöhung der Zulassungsgeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kleiner als 10 % für einen Zug mit einer ursprünglichen Konstruktionsgeschwindigkeit &lt; 250 km/h</li> <li>– Für einen Zug mit einer ursprünglichen Konstruktionsgeschwindigkeit <math>\geq 250</math> km/h</li> </ul>	<p>Dokumentation der Unterschiede und Referenz zu einem vorhandenen vollständigen Nachweis</p> <p>und</p> <p>Nachweis und Dokumentation basierend auf einer Analyse des <math>\Delta C_p</math>, dass das neue zu untersuchende Design immer noch die Voraussetzungen den Grenzwert der heranzuziehenden TSI erfüllt.</p>

## 8 Zusammenfassung

Dieser Leitfaden schließt offene Punkte in der TSI CR LOC&PAS 2011 und konkretisiert einzelne Vorgehensweisen in der TSI HS RST:2008 bei den Zulassungsversuchen zu den durch die Bugwelle erzeugten Drucklasten und der bei einer Zugvorbeifahrt erzeugten Strömungslasten. Zusätzlich werden für den Fall kleiner Änderungen der Außengeometrie konformer Schienenfahrzeuge vereinfachte Nachweisverfahren dargestellt und die Voraussetzungen für diese erläutert.

Die Anwendung des Leitfadens betrifft Konformitätsnachweise für Schienenfahrzeuge zur Aerodynamik nach TSI HS RST:2008 und TSI CR LOC&PAS 2011. Vereinfachungen und Präzisierungen, die ebenfalls in der novellierten Fahrzeug TSI vorgesehen sind, können anhand des Leitfadens auch für Konformitätsnachweise basierend auf TSI HS RST:2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 nutzbar gemacht werden und den Zulassungsprozess signifikant erleichtern.

## 9 Freigabevermerk

Dieser Leitfaden wurde durch den Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungskreis Fahrzeuge erstellt und am 14.05.2013 zur Vorlage an den LK Fahrzeuge fachlich freigegeben. Der LK Fahrzeuge hat in der Sitzung am 12.06.13 den Leitfaden zur Veröffentlichung und Einreichung als Technical Opinion über das EBA an die EU freigegeben. Parallel dazu kann der Leitfaden über EBA / EBC bei NB Rail eingereicht werden.

## 10 Quellen

Als inhaltliche Vorlage für den Leitfaden dienten die bei der Erstellung vorhandenen Gremienentwürfe TSI LOC&PAS 2013 und der FprEN 14067-4:2013. Zusätzlich fanden die aktuell gültigen TSI'en TSI HS RST 2008 und TSI CR LOC&PAS 2011 und die Norm EN-14067-4:2005+A1:2010 Anwendung.

- [1] TSI HS RST 2008, „ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION vom 21. Februar 2008 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge“ des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems, 2008/232/EG, März 2008
- [2] TSI CR LOC&PAS 2011, „BESCHLUSS DER KOMMISSION vom 26. April 2011 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Fahrzeug-Teilsystems „Lokomotiven und Personenwagen“ des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems“, 2011/291/EU, Mai 2011
- [3] EN-14067-4:2005+A1:2010, Railway applications — Aerodynamics — Part 4: Requirements and test procedures for aerodynamics on open track
- [4] Final Draft der TSI LOC&PAS 2013, “EUROPEAN UNION RAIL SYSTEM, SUBSYSTEM ROLLING STOCK, TSI LOCOMOTIVES AND PASSENGER RST”, Version 2.5, 30/04/2013
- [5] FprEN 14067-4:2012, Railway applications — Aerodynamics — Part 4: Requirements and test procedures for aerodynamics on open track, CEN/TC 256 Date: 2012-12