



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur  
Bundesnetzagentur  
Eisenbahn-Bundesamt



## Leitfaden

# Sicherstellung der technischen Kompatibilität für Fahrzeuge mit Seitenwindnachweis nach TSI LOC&PAS zu Anforderungen der Ril 807.04

Anwendung von Fahrzeugnachweisen nach  
EN 14067-6 für Verkehre auf dem betreffenden  
Netz

**Datum:** 07.09.2016

**Ersteller:** Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des  
Lenkungsreis Fahrzeuge

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Motivation und Zweck des Leitfadens.....	3
1.2	Einordnung in die Regelwerkslandschaft.....	4
1.2.1	Nationale Regelwerke .....	4
1.2.2	Europäische Normen .....	4
1.2.3	TSI'en .....	5
<b>2</b>	<b>Wirksamkeit dieses Dokumentes .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Anwendungsbereich .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Symbole und Abkürzungen .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Vorgehen für Fahrzeug-Seitenwindnachweise .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Referenzwindkennkurven konform zur EN 14067-6.....</b>	<b>9</b>
6.1	Fahrzeugklasse A .....	10
6.2	Fahrzeugklasse B .....	11
6.3	Fahrzeugklasse C .....	11
6.4	Fahrzeugklasse D .....	12
6.5	Fahrzeugklasse E .....	12
<b>7</b>	<b>Herleitung der Referenzwindkennkurven und Nachweispunkte .....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Freigabevermerk.....</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Quellen.....</b>	<b>14</b>
	<b>Anlage 1: Textauszug TSI LOC&amp;PAS .....</b>	<b>16</b>
	<b>Anlage 2: Textauszug TSI INS 2014.....</b>	<b>17</b>

Rev.	Datum (TT-MM-JJJJ)	Beschreibung der Änderung	Verfasst	Freigabe
01	22-08-2016	Erstausgabe zur Weitergabe an LK Fahrzeuge	Arbeitskreis Aerodynamik	Freigabe zur Weiterleitung an LK Fahrzeuge durch Arbeitskreis Aerodynamik am 17.08.2016
02	07.09.2016	Ergänzung des Freigabedatums des Lenkungskreis Fahrzeuge, Empfehlung Übernahme in Standards und Vermerk zur Überprüfung der Anwendbarkeit nach 2 Jahren im Kapitel 8 aufgenommen  Streichung eines Absatzes „Empfehlung Gutachter“ in Kapitel 5  Hinweis zur genehmigenden Stelle in Kapitel 2 gestrichen	Arbeitskreis Aerodynamik	Freigabe zur Veröffentlichung durch Lenkungskreis Fahrzeuge am 07.09.2016

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation und Zweck des Leitfadens

Zur grundlegenden Anforderung Sicherheit nach Richtlinie 2008/57/EG [8] gehört der Themenkreis Seitenwind. Die Sicherheit bei Seitenwind hängt von Eigenschaften der Fahrzeuge, der Infrastruktur und der Betriebsweise ab. Um die technische Kompatibilität sicherzustellen, sind Schnittstellen zwischen Fahrzeugen, Betrieb und Infrastruktur für den nationalen Eisenbahnverkehr zu definieren. Vor diesem Hintergrund erarbeitet der Arbeitskreis Aerodynamik mit diesem Leitfaden ein national abgestimmtes Anforderungsdokument zur Anwendung in Inbetriebnahmeverfahren von Fahrzeugen. Das Dokument stellt mit einer Schar von Referenzwindkennkurven eine klare Schnittstellendefinition bezüglich der Anforderungen an Fahrzeuge (ohne Güterverkehr) und an Infrastruktur auf. Die neue Schnittstellendefinition stellt eine ausgewogene Aufteilung der vom jeweiligen System beizutragenden Maßnahmen (Fahrzeuge: hinreichende Stabilität gegen Wind, Infrastruktur: hinreichender Windschutz an besonders exponierten Stellen) sicher, da sie auf existierenden und eingeführten Anforderungen aufbaut.

Durch die Einführung der neuen Bewertungsmethode für Fahrzeuge nach EN 14067-6:2010 [3], [4] in der TSI LOC&PAS [7] wurde eine Regelungslücke aufgetan, da keine<sup>1</sup> zugehörigen Referenzwindkennkurven vorgegeben werden und die seit 2006 national eingeführten Referenzwindkennkurven aus dem notifizierten Regelwerk Ril 807.04 [1] nicht auf Nachweise nach EN 14067-6 anwendbar sind. Mangels Kriterien ist die Schnittstelle Fahrzeug - Infrastruktur derzeit undefiniert und offen. Durch die Referenzwindkennkurven in Kapitel 6 wird die Regelungslücke zwischen der TSI LOC&PAS [7] und der Ril 807.04 [1] auf nationaler Ebene geschlossen und ein Vorschlag zur Übernahme in europäische Regelwerke bereitgestellt. Die hier aufgestellten Anforderungen ergänzen die Anforderungen des notifizierten Regelwerkes Ril 807.04, ohne Inhalte des Regelwerkes Ril 807.04 zu verändern.

Die Anforderungen in diesem Dokument sollen im Lenkungsbereich Fahrzeuge geprüft und freigegeben werden und anschließend durch EBA in zukünftigen Fahrzeuginbetriebnahmeverfahren angewendet werden. Eine spätere Überführung der regelnden Inhalte als ergänzendes Modul in das Regelwerk 807.04 und in die Norm EN 14067-6 wird empfohlen. Weiterhin wird eine Notifizierung des Leitfadens zu folgenden Checklistenpunkten<sup>2</sup> empfohlen um technische Kompatibilität des Fahrzeugs mit dem betreffenden Netz sicher zu stellen:

- 15.1 in „TSI LOC PAS 1302/2014/EU NNTR-Gesamtliste“
- 15.2 in „TSI CR LOC PAS 2011 NNTR-Gesamtliste Stand“
- 15.4 in „Nicht TSI-konforme Fahrzeuge NTR-Gesamtliste“

---

<sup>1</sup> Parallel zu diesem Leitfaden wurden Anforderungen an Fahrzeuge mit Höchstgeschwindigkeit größer gleich 250 km/h in der CEN TC 256 erarbeitet, siehe Abschnitt 1.2.2.

<sup>2</sup> Quelle : [http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Fahrzeuge/Zulassung/Inbetriebnahme/inbetriebnahme\\_node.html](http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Fahrzeuge/Zulassung/Inbetriebnahme/inbetriebnahme_node.html)

## 1.2 Einordnung in die Regelwerkslandschaft

Nachfolgend werden die nationalen und internationalen Regelwerke, Normen und TSI'en kurz vorgestellt. Bisher waren die Anforderungen an Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge im nationalen Regelwerk Ril 807.04 [1] harmonisiert mit den Nachweisforderungen der TSI HS RST 2008 [5]. Die „offenen Punkte“ in den TSI'en (betrifft alle nicht-HGV Fahrzeuge) wurden bisher ebenfalls durch die Ril 807.04 [1] aufgenommen und damit der sichere netzweite Betrieb für definierte Verkehrsklassen ab 140 km/h durch Anforderungen gewährleistet. Mit Einführung der TSI LOC&PAS [7] wird eine neue Bewertungsmethode nach EN 14067-6:2010 [3], [4] gefordert. Es werden weder in TSI LOC&PAS [7] noch in der EN 14067-6:2010 quantitative Nachweiskriterien genannt. Die vorhandenen Referenzwindkennkurven in der Ril 807.04 sind nicht in Nachweisen nach EN 14067-6 anwendbar.

### 1.2.1 Nationale Regelwerke

Als allgemein anerkannte Regel der Technik für den Nachweis der Sicherheit der Eisenbahnen bei Seitenwind in der Bundesrepublik Deutschland ist die **Richtlinienfamilie 80704 „Aerodynamik / Seitenwind“** der DB Netz AG [1] anzuführen. Das Regelwerk wurde durch den Arbeitskreis Seitenwind im Auftrag des Lenkungskreis Fahrzeuge unter Beteiligung des Eisenbahn-Bundesamtes, verschiedener Schienenfahrzeug Hersteller, des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen und der DB AG, DB Systemtechnik erarbeitet. Das Regelwerk wurde am 30.04.2006 von der DB Netz AG als Ril 807.04 veröffentlicht und in Kraft gesetzt. Die Richtlinie wird in der Verwaltungsvorschrift (siehe Anhang 1 01 in [2]) für die Inbetriebnahme von Eisenbahnfahrzeugen herangezogen und ist von Deutschland als NNTR (Liste für nationale Zulassungsanforderungen) notifiziert. Das Regelwerk stellt Anforderungen an Personenverkehre >140 km/h und beschreibt die anzuwendenden Nachweisverfahren für Fahrzeuge und Infrastruktur. Fahrzeuge werden abhängig von ihrer Höchstgeschwindigkeit und Betriebsweise den Klassen A bis E zugeordnet. Durch Referenzwindkennkurven werden je Fahrzeugklasse Anforderungen an Schienenfahrzeuge vorgegeben, die in der Konstruktion zu berücksichtigen sind. Die nationale Referenzwindkennkurve der Klasse A für Hochgeschwindigkeitsverkehr in der Ril 807.04 ist mit der europäisch etablierten Referenzwindkennkurve für Klasse 1 Fahrzeuge gemäß TSI RST 2008 harmonisiert. Die Referenzwindkennkurven der Fahrzeugklassen bilden ebenfalls die Grundlage für Seitenwind Sicherheitsnachweise der Infrastruktur. Für anforderungsgerechte Fahrzeuge wird so der sichere und freizügige Betrieb auf dem Schienennetz gewährleistet. Für Güterverkehre sind keine Regelungen enthalten.

### 1.2.2 Europäische Normen

Im Mai 2010 ist auf europäischer Ebene die Norm **EN 14067-6:2010** [3] mit Berichtigung [4] betreffend Anforderungen und Prüfverfahren für die Bewertung von Seitenwindanforderungen an Fahrzeuge veröffentlicht worden. Die Norm beschreibt Nachweismethoden, enthält aber keine Grenzwerte. Sie stützt weitgehend das methodische Vorgehen für Fahrzeugnachweise nach Regelwerk Ril 807.04 [1] ab, unterscheidet sich aber maßgeblich in der Art des Windkanalversuchs, der für die Berechnung von Windkennkurven im detaillierten Nachweis benötigt wird. Gemäß Ril 807.04 bestimmte Windkennkurven sind daher nicht zahlenmäßig vergleichbar zu Windkennkurven nach EN 14067-6:2010. Die EN 14067-6:2010 wird gegenwärtig überarbeitet und wird zeitnah als prEN 14067-6:2016 veröffentlicht. Wesentliche Neuerung ist die Aufnahme europäisch einheitlicher Referenzwindkennkurven für Fahrzeuge mit Höchstgeschwindigkeit größer gleich 250 km/h.

### 1.2.3 TSI'en

Die **TSI HS RST 2008** [5] enthält eine Nachweismethode und Anforderungen für Fahrzeuge mit Höchstgeschwindigkeit größer gleich 250 km/h. In TSI HS RST 2008 und **TSI CR LOC&PAS 2011** [6] sind Seitenwindanforderungen für folgende Fahrzeuge nicht vorgegeben und als „offener Punkt“ gekennzeichnet.

- **TSI HS RST 2008** [5], Abschnitt 4.2.6.3  
Alle Züge der Klasse 2 (Höchstgeschwindigkeit  $190 \text{ km/h} \leq v_{\text{max}} < 250 \text{ km/h}$ ) und alle Neigetechnikfahrzeuge der Klasse 1 ( $v_{\text{max}} \geq 250 \text{ km/h}$ )
- **TSI CR LOC&PAS 2011** [6], Abschnitt 4.2.6.2.5  
Alle Fahrzeuge des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems (Verbrennungstriebzüge, elektrische Triebzüge, Verbrennungstriebfahrzeuge, elektrische Triebfahrzeuge, Reisezugwagen und mobile Ausrüstungen für Bau und Instandhaltung von Eisenbahninfrastrukturen)

Der offene Punkt in obigen TSI'en wird in Deutschland durch Anwendung des notifizierten Regelwerkes Ril 807.04 geschlossen.

Mit Veröffentlichung der **TSI LOC&PAS** [7] wird die Weiterentwicklung und Zusammenführung der zwei TSI'en für HGV Fahrzeuge [5] und konventionelle Fahrzeuge [6] vorgenommen. Der Text in Abschnitt 4.2.6.2.4 der TSI benennt keine „offenen Punkte“ zur Thematik Seitenwind, siehe Textauszug in Anlage 1. Gemäß TSI LOC&PAS werden für Fahrzeuge über 140 km/h die Windkennkurven mit dem Verfahren der EN 14067-6:2010 [3] bestimmt und dokumentiert. Ein Vergleich der Windkennkurven zu einer Anforderung – wie in der TSI HS RST 2008 [5] - ist für Nachweise nach EN 14067-6 in der TSI LOC&PAS [7] nicht enthalten. Für Fahrzeuge mit EG-Konformitätserklärung nach TSI LOC&PAS konnte der Betrieb auf dem deutschen Netz bezüglich Sicherheit bei Seitenwind bisher nicht bewertet werden. Im Kapitel 6 dieses Leitfadens werden nun zugehörige Anforderungen aufgestellt.

Für die Infrastruktur des transeuropäischen Eisenbahnsystems sind die folgenden TSI'en von Bedeutung:

- **TSI HS INS 2002** [9], Abschnitt 4.3.3.23 Einwirkungen von Seitenwind
- **TSI HS INS 2008** [10], Abschnitt 4.2.17 Einwirkungen von Seitenwind
- **TSI CR INS 2011** [11], Abschnitt 4.2.11.5 Einwirkungen von Seitenwind
- **TSI INS 2014** [12], Abschnitt 4.2.10.2 Einwirkungen von Seitenwind

Die obigen TSI'en legen fest, dass für den interoperablen Verkehr auf TSI konformer Infrastruktur ausreichend hohe Sicherheit gegenüber Starkwindereignissen hergestellt werden muss, ggf. durch Maßnahmen wie Windschutzwände oder Windwarnsysteme. Es werden keine Nachweismethoden oder Sicherheitsziele für den Betrieb vorgegeben. Es obliegt jedem EU-Mitgliedsland eigenverantwortlich das Sicherheitsziel und Regelungen national festzulegen.

## 2 Wirksamkeit dieses Dokumentes

Dieser Leitfaden ist ab Datum der Freigabe durch den LK Fahrzeuge anwendbar. Er soll in allen Zulassungsvorhaben von Schienenfahrzeugen in Deutschland und bei erstmaliger Betriebsaufnahme von zugelassenen Fahrzeugen auf dem deutschen Schienennetz Anwendung finden können.

Regelnde Anforderungen sind in den nachfolgenden Kapiteln 3 bis 6 enthalten. Regelnde Inhalte des Leitfadens gelten nachrangig zur EN 14067-6:2010.

Sollte eine zukünftige Version der Ril 807.04 [1] Sachverhalte dieses Leitfadens aus Kapitel 6 aufnehmen, gilt der Leitfaden nachrangig zu diesem zukünftigen Stand der Ril 807.04. In Nachweisen, die nach Ril 807.04 [1] im aktuellen Stand geführt werden, findet dieser Leitfaden keine Anwendung.

## 3 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt analog zur Ril 807.0401 für

- konventionelle Personenverkehre mit einer Maximalgeschwindigkeit größer 140 km/h,
- bogenschnelle Personenverkehre im Geschwindigkeitsbereich  $140 \text{ km/h} < v_{\text{max}} \leq 160 \text{ km/h}$ .

Die Ril 807.04 enthält für Güterverkehre keine Anforderungen, siehe Grundlagen in Ril 807.0405 und Standsicherheit von Fahrzeugen in Ril 807.0439.

Der Anwendungsbereich dieses Dokuments ist zum Anwendungsbereich der Seitenwind Anforderung in der TSI LOC&PAS Abschnitt 4.2.6.2.4 (1) harmonisiert: „Diese Anforderung gilt für Einheiten mit einer vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von mehr als 140 km/h.“

## 4 Symbole und Abkürzungen

In diesem Dokument finden folgende Symbole und Abkürzungen Anwendung. Die Übereinstimmung der Symbole mit Ril 807.04 und EN 14067-6:2010 wird dargelegt. Alle weiteren Definitionen und Symbole sind in der Normenreihe EN 14067-6:2010 und in der Ril 807.04 vorgegeben.

	<b>Bezeichnung</b>	<b>Ril 807.04</b>	<b>EN 14067- 6:2010</b>
Ril-Ref-WKK	Referenzwindkennkurven der Klassen A bis E	X	
EN-Ref-WKK	EN konforme Referenzwindkennkurven		X
$a_q$ [m/s <sup>2</sup> ]	Unausgeglichene Quereschleunigung	X	X
$\beta_w$ [°]	Windwinkel zwischen Wind und Gleisrichtung	X	X
$\beta$ [°]	Schiebewinkel	X	X
$v_{max}$ [km/h]	Fahrzeughöchstgeschwindigkeit	X	X
$v_{max-bs}$ [km/h]	Fahrzeughöchstgeschwindigkeit bogenschnell	X	
$v_{tr}$ [km/h]	Fahrzeuggeschwindigkeit	X	X
$v_w$ [m/s]	Windgeschwindigkeit	X	X
$v_{WKK}$ [m/s]	Zulässige Windgeschwindigkeit	X	
$v_{CWC}$ [m/s]	Zulässige Windgeschwindigkeit		X

## 5 Vorgehen für Fahrzeug-Seitenwindnachweise

Zur Harmonisierung des Sicherheitsnachweis Seitenwind nach Ril 807.04 mit dem Vorgehen für den Fahrzeugnachweis gemäß TSI LOC&PAS [7] und EN 14067-6:2010 stellt der Leitfaden alternative Referenzwindkennkurven passend zum Berechnungsverfahren für Windkennkurven nach EN 14067-6 bereit. Dabei werden Fahrzeuge in Fahrzeugklassen analog zur Ril 807.04 eingeteilt.

Sicherheitsnachweise zum Seitenwind können mit Inkrafttreten dieses Leitfadens in Deutschland i) mit der Bewertungsmethode der notifizierten Ril 807.04 erfolgen oder ii) mit der Methode nach EN 14067-6 und den Anforderungen in Kapitel 6.

Nachweise nach Ril 807.04 oder EN 14067-6 mit Kapitel 6 gelten bezüglich der Feststellung einer hinreichenden Seitenwindstabilität als gleichwertig<sup>3</sup>, da die Schar der Referenzwindkennkurven jeweils aus der identischen Auswahl sicher erachteter Referenzfahrzeuge abgeleitet wurde. Das bedeutet, sind für ein Fahrzeug die nach EN 14067-6 gerechneten Windkennkurven im Einklang zu den Anforderungen nach Kapitel 6, so ist der Nachweis gleichwertig zum Nachweis einer „hinreichenden Seitenwindstabilität“ siehe Ril 807.0404 Kapitel 2 (6) und Ril 807.0431 Kapitel 2 (6). Der Nachweis gilt sodann für die untersuchten Betriebsweisen als erbracht und das Fahrzeug darf auf allen hinreichend seitenwindgeschützten Strecken freizügig verkehren, siehe Ril 807.0411 Kapitel 5 (9). Betriebliche Regelungen können in den aktuellen Schiennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG enthalten sein.

Wurde basierend auf der Ril807.04 eine hinreichende Seitenwindstabilität in einer Fahrzeugklasse festgestellt, kann davon ausgegangen werden, dass das Fahrzeug mindestens die Eigenschaften der der Fahrzeugklasse zugehörigen Referenzwindkennkurve nach Kapitel 6 aufweist.

Wird die Anforderungen aus Kapitel 6 bezüglich Seitenwind verfehlt, ist der freizügige Betrieb eines Fahrzeuges nicht sichergestellt. Ergänzende Nachweise sind für den geplanten Zugverkehr erforderlich. Die Ril 807.04 stellt für diesen Fall Vorgehensweisen bereit, siehe Gesamtnachweis in Ril 807.04 Kapitel 2 (11) folgend.

---

<sup>3</sup> Durch die Einführung einer neuen Nachweismethodik können nahe am Grenzwert ausgelegte Fahrzeuge in einem Nachweisverfahren konform und im anderen Verfahren nicht konform sein. Ein positiver Nachweis gilt als hinreichender Beleg der Seitenwindstabilität.

## 6 Referenzwindkennkurven konform zur EN 14067-6

Nachfolgend werden Referenzwindkennkurven für den konventionellen (d.h. nicht-bogenschnellen) Betrieb mit den vier Fahrzeugklassen A bis D und Referenzwindkennkurven für den bogenschnellen Betrieb mit der Fahrzeugklasse E vorgegeben. Die Zuordnung von Fahrzeugen zu Fahrzeugklassen erfolgt unverändert gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 gemäß der Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max}$  bei konventioneller Betriebsweise bzw. gemäß der Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max-bs}$  bei bogenschneller Betriebsweise:

- Klasse A: Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise im Geschwindigkeitsbereich  $230 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 350 \text{ km/h}$ ,
- Klasse B: Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise im Geschwindigkeitsbereich  $200 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 230 \text{ km/h}$ ,
- Klasse C: Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise im Geschwindigkeitsbereich  $160 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 200 \text{ km/h}$ ,
- Klasse D: Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise im Geschwindigkeitsbereich  $140 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$ ,
- Klasse E: Fahrzeuge mit bogenschneller Betriebsweise im Geschwindigkeitsbereich  $140 \leq v_{\max-bs} \leq 160 \text{ km/h}$ .

Nur Windkennkurven, die nach EN 14067-6 mit der Standardbodenkonfiguration „Einzelgleis mit Schotter und Schienen“ berechnet wurden, dürfen zu den Referenzwindkennkurven in diesem Kapitel verglichen werden.

Der Nachweis hinreichender Seitenwindstabilität ist für ein Fahrzeug in einer Fahrzeugklasse erbracht, wenn jeder Zahlenwert seiner Windkennkurve in Abhängigkeit von Zuggeschwindigkeit  $v_{tr}$ , unausgeglichenen Querbeschleunigung  $a_q$ , Windwinkel  $\beta_w$  und Windrichtung (nur bei Fahrzeugklasse E) den zugehörigen Wert der Referenzwindkennkurve erreicht oder überschreitet. Der Vergleich erfolgt für alle in den nachfolgenden Tabellen genannten Werte der Referenzwindkennkurven für alle Fahrzeuggeschwindigkeiten kleiner gleich der Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max}$  bzw.  $v_{\max-bs}$ .

Ist die Höchstgeschwindigkeit nicht in einer Zeile der Tabellen genannt, so sind hierfür Referenzwerte der Windkennkurve für  $v_{\max}$  bzw.  $v_{\max-bs}$  zu den drei Querbeschleunigungen  $a_q$  aus angrenzenden Werten der Fahrzeuggeschwindigkeit durch Interpolation zu bestimmen. Dies ist zum Beispiel der Fall bei  $v_{\max} = 330 \text{ km/h}$ .

Zusätzlich sind für ein bogenschnell verkehrendes Fahrzeug die Werte der Windkennkurven bei seiner maximalen Querbeschleunigung  $a_{q,max}$  zur Referenzwindkennkurve der Klasse E zu vergleichen. Ist der Wert  $a_{q,max}$  nicht in der Tabelle enthalten, so sind hierfür Referenzwerte der Windkennkurve für  $a_{q,max}$  für jede in der Tabelle genannte Fahrzeuggeschwindigkeit aus angrenzenden Werten der Querbeschleunigung  $a_q$  durch Interpolation zu bestimmen. Dies ist zum Beispiel der Fall bei  $a_{q,max} = 1,3 \text{ m/s}^2$ .

Nachfolgend sind die Zahlenwerte für die EN konformen Referenzwindkennkurven für die Referenzfahrzeugklassen A bis E nach Ril 807.04 tabellarisch angegeben.

## 6.1 Fahrzeugklasse A

Die Fahrzeugklasse A beinhaltet gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 (1) Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise des Geschwindigkeitsbereichs über 230 km/h bis einschließlich 350 km/h und repräsentiert Hochgeschwindigkeitszüge.

Die Festlegung von Referenzwindkennkurven für den Hochgeschwindigkeitsverkehr erfolgte auf europäischer Ebene durch CEN TC 256 WG 6 im Frühjahr 2016 zeitgleich zur Erstellung des Leitfadens. Die Referenzwindkennkurve wurde durch Schreiben der CEN TC 256 WG 6 an die ERA [13] übermittelt und sollen nach Revision der Norm als prEN 14067-6:2016 veröffentlicht werden. Die auf europäischer Fachebene abgestimmten Zahlenwerte der Referenzwindkennkurven für Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge werden hier auszugsweise<sup>4</sup> übernommen und als nationale Anforderung, siehe Tabelle 1, aufgestellt.

**Tabelle 1: Referenzwindkennkurven für die Klasse A**

Fahrzeug- geschwindigkeit $v_{tr}$ (km/h)	EN-Ref-WKK für Klasse A für $\beta_w = 90^\circ$ (m/s)		
	$a_q = 0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$
160	31,7		
180	31,0	kein	kein
200	30,3	Nachweis	Nachweis
220	29,6		
240	28,9	25,6 <sup>(1)</sup>	22,1 <sup>(1)</sup>
250	28,6 <sup>(2)</sup>	25,3 <sup>(2)</sup>	21,8 <sup>(2)</sup>
260	28,2	24,9	21,4
280	27,5	24,2	20,7
300	26,8	23,5	20,0
320	26,1	22,8	19,3
340	25,4	22,1	18,6
350	25,1	21,8	18,3
Fußnote <sup>(1)</sup> : Nur nachzuweisen wenn $V_{max} < 250 \text{ km/h}$			
Fußnote <sup>(2)</sup> : Nur nachzuweisen wenn $V_{max} = 250 \text{ km/h}$			

<sup>4</sup> Ein Nachweis nach prEN 14067-6 kann weitergehende Anforderungen enthalten.

## 6.2 Fahrzeugklasse B

Die Klasse B umfasst gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 (2) Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise des Geschwindigkeitsbereichs über 200 km/h bis einschließlich 230 km/h und repräsentiert Fahrzeuge des beschleunigten IC-Verkehrs.

Nachweispunkte und Zahlenwerte der Referenzwindkennkurve sind in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2: Referenzwindkennkurven für die Klasse B**

Fahrzeug- geschwindigkeit $v_{tr}$ (km/h)	EN-Ref-WKK für Klasse B für $\beta_w = 90^\circ$ (m/s)		
	$a_q = 0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$
160	29,2	26,6	24,0
180	28,3	25,8	23,4
200	27,6	25,3	23,0
220	26,6	24,7	22,4
230	26,4	24,3	22,0

## 6.3 Fahrzeugklasse C

Die Klasse C umfasst gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 (3) Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise des Geschwindigkeitsbereichs über 160 km/h bis einschließlich 200 km/h und repräsentiert Fahrzeuge des IC-Verkehrs bzw. schnellen Regionalverkehrs.

Nachweispunkte und Zahlenwerte der Referenzwindkennkurve sind in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3: Referenz-Windkennkurven für die Klasse C**

Fahrzeug- geschwindigkeit $v_{tr}$ (km/h)	EN-Ref-WKK für Klasse C für $\beta_w = 90^\circ$ (m/s)		
	$a_q = 0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$
160	27,9	25,4	22,8
180	27,0	24,6	22,2
200	26,3	24,1	21,8

## 6.4 Fahrzeugklasse D

Fahrzeugklasse D beinhaltet gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 (4) Fahrzeuge mit konventioneller Betriebsweise des Geschwindigkeitsbereichs über 140 km/h bis einschließlich 160 km/h und repräsentiert Fahrzeuge des schnelleren Regionalverkehrs.

Nachweispunkte und Zahlenwerte der Referenzwindkennkurve sind in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4: Referenzwindkennkurven für die Klasse D**

Fahrzeug- geschwindigkeit $v_{tr}$ (km/h)	EN-Ref-WKK für Klasse D für $\beta_w = 90^\circ$ (m/s)		
	$a_q = 0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$
140	25,5	23,7	21,3
160	24,7	22,7	20,3

## 6.5 Fahrzeugklasse E

Die Klasse E beinhaltet gemäß Ril 807.0411 Abschnitt 4 (5) Fahrzeuge mit bogenschneller Betriebsweise des Geschwindigkeitsbereichs von einschließlich 140 km/h bis einschließlich 160 km/h und repräsentiert Fahrzeuge bei aktiver Neigetechnik.

Nachweispunkte und Zahlenwerte der Referenzwindkennkurve sind in Tabelle 5 dargestellt. Analog zur Ril 807.0433 Kapitel 5 gelten die Zahlenwerte bis  $a_q \leq 1 \text{ m/s}^2$  für einen im Windkanal aufrecht stehenden Wagenkasten, die darüber für einen gegen den Wind geneigten Wagenkasten und Wind von Bogeninnen.

**Tabelle 5: Referenzwindkennkurven für die Klasse E**

Fahrzeug- geschwindigkeit $v_{tr}$ (km/h)	EN-Ref-WKK für Klasse E für $\beta_w = 90^\circ$ , Wind von bogeninnen ("ungünstig") (m/s)					
	$a_q = 0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,1 \text{ m/s}^2$	$a_q = 1,5 \text{ m/s}^2$	$a_q = 2,0 \text{ m/s}^2$
140	27,9	25,7	23,8	22,3	20,3	17,4
160	26,6	24,8	23,0	21,5	19,5	16,8

## 7 Herleitung der Referenzwindkennkurven und Nachweispunkte

Die Herleitung der EN konformen Referenzwindkennkurven wurde dokumentiert in [14]. Die Herleitung umfasst:

- Konzeptdarstellung über die prinzipielle Vorgehensweise bei der Herleitung der Referenzwindkennkurven
- Auswertung von Windkanal Modellversuchen zu 34 Schienenfahrzeugen je in den Windkanal Konfigurationen TFG (Ril 807.04) und STBR (EN 14067-6:2010)
- Einheitliche rechnerische Bestimmung des Einflusses auf Windkennkurven beim Wechsel „TFG auf STBR“
- Statistische Datenbasis zur Ableitung einer Transformationsvorschrift für den Wechsel von TFG (Ril 807.04) auf STBR (EN 14067-6:2010)
- Windkennkurven von Referenzfahrzeugen aus
  - dem Schreiben der CEN TC 256 WG an die ERA [13] für die Klasse A,
  - der Ril 807.0413 Kapitel 4 für die Klassen B, C und E
  - einer Neubestimmung der Windkennkurve des Silberlings in [15], [16], [17] für die Klasse D
- Bestimmung der Zahlenwerte der Referenzwindkennkurven
- Auswahl der Nachweispunkte für die Nachweisführung
- Einordnung der abgeleiteten Referenzwindkennkurven in Bezug auf das EU-geförderte Forschungsprojekt AeroTRAIN [18]

## 8 Freigabevermerk

Dieser Leitfaden wurde durch den Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungskreis Fahrzeuge erstellt und am 22.08.2016 zur Vorlage an den Lenkungskreis Fahrzeuge fachlich freigegeben.

Der Lenkungskreis Fahrzeuge hat am 07.09.2016 den Leitfaden zur Anwendung und Veröffentlichung freigegeben. Die Überführung regelnder Inhalte in nationale und internationale Standards wird empfohlen. Nach zwei Jahren ist eine Überprüfung der Anwendbarkeit des Leitfadens durch den AK Aerodynamik vorgesehen.

## 9 Quellen

- [1] DB Netz AG, „Bautechnik, Leit-, Signal- und Telkommunikationstechnik, Ausgewählte Maßnahmen für das Gesamtsystem Fahrweg / Fahrzeug - Aerodynamik / Seitenwind“, Ril 807.0401 bis Ril 807.0449, gültig ab 30.04.2006
- [2] Verwaltungsvorschrift für die Genehmigung zur Inbetriebnahme von Eisenbahnfahrzeugen gemäß §§ 6 ff TEIV im Zuständigkeitsbereich des Eisenbahn-Bundesamtes (VV IBG Fahrzeuge), Präsident Eisenbahn-Bundesamt Stand: 15.03.2010
- [3] DIN EN 14067-6, „Bahnanwendungen - Aerodynamik - Teil 6: Anforderungen und Prüfverfahren für die Bewertung von Seitenwind; Deutsche Fassung EN 14067-6:2010“, Norm, Ausgabe 2010-05
- [4] DIN EN 14067-6 Berichtigung 1, „Bahnanwendungen - Aerodynamik - Teil 6: Anforderungen und Prüfverfahren für die Bewertung von Seitenwind; Deutsche Fassung EN 14067-6:2010“, Berichtigung zu DIN EN 14067-6:2010-05, Ausgabe Ber 1 2011-09
- [5] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION vom 21. Februar 2008 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge“ des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems, 2008/232/EG, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 26.3.2008
- [6] 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, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 26.05.2011
- [7] VERORDNUNG (EU) Nr. 1302/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge - Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 12.12.2014
- [8] RICHTLINIE 2008/57/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATS vom 17. Juni 2008 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 18.07.2008
- [9] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION vom 30. Mai 2002 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäß Artikel 6 Absatz 1 der Richtlinie 96/48/EG, 2002/732/EG“, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 12.09.2002
- [10] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION vom 20. Dezember 2007 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems“, 2008/217/EG, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 19.03.2008
- [11] BESCHLUSS DER KOMMISSION vom 26. April 2011 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems, 2011/275/EU, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 14.05.2011
- [12] VERORDNUNG (EU) Nr. 1299/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, veröffentlicht im Amtsblatt der EU am 12.12.2014

- [13] CEN TC 256 WG 6 Aerodynamics, „Cross Wind Stability of High Speed Trains with Design Speed of 250 km/h or above – Requirements“, Summary based on findings of WG 6, Datum 03.05.2016, im Mai 2016 übermittelt an die ERA und verteilt über <http://www.din.de/livelink>
- [14] DB Systemtechnik GmbH, „Erläuterungsbericht für die Festlegung EN konformer Referenzwindkennkurven für die Fahrzeugklassen B, C, D und E“, Verfasser Peter Deeg und Dr. René Volkert, I.IVE 34(2) Aerodynamik und Klimatechnik, München, Entwurf vom 20.07.2016
- [15] SIMTES, „WKK Berechnung des BDnrzf740 Silberling Steuerwagens nach Ril 807.04 bzw. EN 14067-6 mit Flatground und STBR Aerodynamik“, Zwischenbericht, SIM042014BE, simtes – Simulation Technischer Systeme, Verfasser Prof. Dr.-Ing. Rolf Naumann und Sönke Lück, M.Sc., Bielefeld, 19.12.2014
- [16] SIMTES, „Ergebnisse WKK Berechnung des BDnrzf740 Silberling Steuerwagens nach RIL807.04 bzw. EN 14067-6 mit Flatground und STBR Aerodynamik“, Abschlussbericht, SIM032015BE, simtes – Simulation Technischer Systeme, Verfasser Prof. Dr.-Ing. Rolf Naumann und Sönke Lück, M.Sc., Bielefeld, 08.06.2015
- [17] DLR, „Cross-wind measurements of forces and moments on a Silberling model - scale 1:25 – in the SWG wind tunnel for different under-floor blockages and the ground configurations True Flat Ground and Single Track Ballast and Rail“, Bericht Nummer DLR IB\_224-2015-C-181, Verfasser Dr. Uwe Fey und Thomas Kowalski, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V., Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Göttingen, 16.08.2016
- [18] AeroTRAIN, “D3.5 – Vehicle dynamic simulations: complete CWC results, Document ID AeroTRAIN-WP3-D3.5”, Version VF, May 2012

## Anlage 1: Textauszug TSI LOC&PAS

Nachfolgend ein Auszug aus der Quelle [7]. Der Appendix J-1, Index 37 verweist auf Kapitel 5 „Verfahren zur Bewertung der Seitenwindstabilität von Fahrzeugen“ der EN 14067-6:2010 „Bahnanwendungen – Aerodynamik, Teil 6 Anforderungen und Prüfverfahren für die Bewertung von Seitenwind“.

### 4.2. Funktionale und technische Spezifikationen des Teilsystems

#### 4.2.6.2.4. Seitenwind

- (1) Diese Anforderung gilt für Einheiten mit einer vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von mehr als 140 km/h.
- (2) Bei Einheiten mit einer vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von mehr als 140 km/h und weniger als 250 km/h wird die charakteristische Windkennkurve des empfindlichsten Fahrzeugs gemäß der in Anlage J-1 Ziffer 37 genannten Spezifikation ermittelt und anschließend in das technische Dossier gemäß Abschnitt 4.2.12 eingetragen.
- (3) Bei Einheiten mit einer vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h oder darüber sind die Auswirkungen von Seitenwinden nach einer der folgenden Methoden unter Einhaltung der jeweils genannten Spezifikation zu ermitteln:
  - a) Ermittlung und Übereinstimmung gemäß der Spezifikation der TSI HS RST 2008 Abschnitt 4.2.6.3 oder
  - b) Ermittlung nach der Bewertungsmethode der in Anlage J-1 Ziffer 37 genannten Spezifikation; die entstehende charakteristische Windkennkurve des empfindlichsten Fahrzeugs der zu bewertenden Einheit wird gemäß Abschnitt 4.2.12 in die technische Dokumentation eingetragen.

...

### 6.2.3. Besondere Bewertungsverfahren für Teilsysteme

#### 6.2.3.16. Seitenwind (Abschnitt 4.2.6.2.4)

- (7) Das Verfahren zur Konformitätsbewertung wird in Abschnitt 4.2.6.2.4 umfassend beschrieben.

...

### 7.5.1. Aspekte in Bezug auf Eckwerte dieser TSI

#### 7.5.1.2. Aerodynamische Wirkungen — Seitenwind (Abschnitt 4.2.6.2.4)

Anforderungen betreffend „Seitenwind“ wurden für Einheiten mit vorgesehenen Höchstgeschwindigkeiten von 250 km/h oder darüber mit zwei Optionen aufgestellt:

- gemäß der TSI HS RST (2008) oder
- gemäß der TSI LOC&PAS CR (2011).

Dies muss überprüft werden, wenn die beiden Gruppen charakteristischer Windkennkurven in der TSI HS RST (2008) zusammengeführt werden.

## Anlage 2: Textauszug TSI INS 2014

Nachfolgend ein Auszug aus der Quelle [12].

- 4.2. Funktionale und technische Spezifikationen des Teilsystems
- 4.2.10.2. Einwirkungen von Seitenwind
- (1) Eine Strecke ist in Bezug auf Seitenwind interoperabel, wenn die Sicherheit für einen auf dieser Strecke fahrenden Referenzzug unter den kritischsten Betriebsbedingungen gewährleistet ist.
- (2) In den Bestimmungen für den Konformitätsnachweis sind die charakteristischen Windkurven der Referenzzüge gemäß der TSI LOC&PAS zu berücksichtigen.
- (3) Ist es aufgrund der geografischen Situation oder der spezifischen Streckenmerkmale nicht möglich, die Sicherheit ohne entsprechende Minderungsmaßnahmen zu gewährleisten, so muss der Infrastrukturbetreiber die notwendigen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit ergreifen, beispielsweise
- indem er die Fahrgeschwindigkeit, gegebenenfalls vorübergehend bei Sturmgefahr, stellenweise verringert;
  - indem er Vorrichtungen anbringt, die das betreffende Gleis vor den Wirkungen des Seitenwinds schützen;
  - durch andere geeignete Mittel.
- (4) Nach Abschluss dieser Maßnahmen ist nachzuweisen, dass die Sicherheit gewährleistet ist.
- ...
- 6.2.4. Besondere Bewertungsverfahren für das Teilsystem „Infrastruktur“
- 6.2.4.13. Bewertung der Einwirkungen von Seitenwind Dieser Nachweis der Sicherheit ist nicht Gegenstand dieser TSI und muss somit von der benannten Stelle nicht überprüft werden. Der Nachweis ist vom Infrastrukturbetreiber, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit dem Eisenbahnunternehmen, zu erbringen.