

## Berechnung der Windkennkurven des Doppelstock-Steuerwagens 763 DBpbzf mit dem Windsafety-Verfahren von Bombardier



Dokument: 095-UN-0137-04

Datum: 18.02.2004

Durchführung: Deutsche Bahn AG  
DB Systemtechnik  
Simulation Strukturmechanik  
und Fahrtechnik (T.TZF95.1)  
Pionierstraße 10  
32423 Minden

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Angaben zum Auftrag .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung und Verfahren.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Koordinatensystem .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Eingabedaten.....</b>	<b>3</b>
4.1	Massen .....	3
4.2	Geometrie .....	4
4.3	Steifigkeiten .....	5
4.4	Anschlüsse .....	5
4.5	Aerodynamik.....	6
<b>5</b>	<b>Berechnung .....</b>	<b>7</b>
5.1	Berechnungsparameter .....	7
5.2	Beurteilungskriterien .....	7
5.3	Ergebnisse.....	7
<b>6</b>	<b>Unterschriften.....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>9</b>

**1 Angaben zum Auftrag**

Bearbeiter: Dr.-Ing. Rolf Naumann  
Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik  
Simulation Strukturfestigkeit und Fahrtechnik (T.TZF 95.1)  
Pionierstrasse 10  
32423 Minden

Auftraggeber: -

Verteiler: T.TZF95.1, T.TZF13

Seiten: 9

## 2 Einleitung und Verfahren

Für den Doppelstock Steuerwagen 763 DBpbzf soll die Stabilität gegen Seitenwind mit dem Windsafety-Verfahren (statisches Verfahren) von Bombardier berechnet werden. Das Verfahren ist ein statisches Verfahren, das die wesentlichen Fahrzeugparameter, die das Seitenwindverhalten beeinflussen enthält. Bei dem zu untersuchenden Fahrzeug handelt es sich um ein Einzelfahrzeug mit zwei 2-achsigen Drehgestellen das bis auf die Kupplung und die Puffer keine mechanische Kopplung zu nachfolgenden Fahrzeugen besitzt. Somit kann die Berechnung nach der Standardvorschrift durchgeführt werden.

Das Windsafety-Verfahren liegt als Matlab-Code vor. Eingesetzt wird die Matlab Release 12 (Version 6.0.0.88). Die Windsafety Version 3.4 stammt vom Dezember 2003 [1].

## 3 Koordinatensystem

Die Koordinatensysteme der Fahrzeugelemente (körperfeste Koordinatensysteme) besitzen dieselbe Ausrichtung wie das Inertialsystem gemäß Abbildung 1.

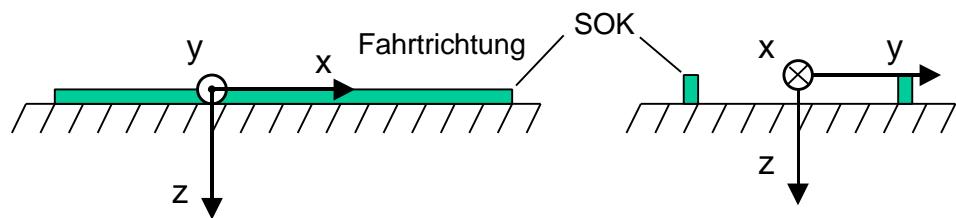


Abbildung 1: Inertiales Koordinatensystem

Die x-Achse zeigt in Fahrtrichtung, die z-Achse nach unten und die y-Achse nach rechts in Fahrtrichtung gesehen.

## 4 Eingabedaten

Die Eingabedaten stammen aus dem Bericht [2] für die Berechnung der Seitenwindeigenschaften des Doppelstock-Steuerwagens.

### 4.1 Massen

#### Sekundär gefederte Massen

Bezeichnung	Anzahl	Masse [kg]	Schwerpunkt (über SOK, SM)		
			x[m]	y [m]	z [m]
Wagenkasten	1	34744	0,036	-0,018	2,137
Ballast 1	1	706	7,7	0,5	0,4
Ballast 2	1	145	7,7	-0,12	0,4
Ballast 3	1	140	10,1	-1,1	1,2
Ballast 4	1	900	8,8	0,6	1,35
<b>Gesamt</b>	<b>-</b>	<b>36635</b>	<b>0,468</b>	<b>0,0026</b>	<b>2,074</b>

Primär gefederte Massen

Drehgestell 1:

Bezeichnung	Anzahl	Masse [kg]	Schwerpunkt (über SOK, SM)		
			x[m]	y [m]	z [m]
DG-Rahmen 1	1	4260	0,0	0,0	0,54
<b>Gesamt</b>	-	<b>4260</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,54</b>

Drehgestell 2:

Bezeichnung	Anzahl	Masse [kg]	Schwerpunkt (über SOK, SM)		
			x[m]	y [m]	z [m]
DG-Rahmen 2	1	4190	0,0	0,0	0,54
<b>Gesamt</b>	-	<b>4190</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,54</b>

Ungefederte Massen

Drehgestell 1:

Bezeichnung	Anzahl	Masse [kg]
Radsatz DG1	2	1600
Schwingarm	4	118
<b>Gesamt</b>	-	<b>3672</b>

Drehgestell 2:

Bezeichnung	Anzahl	Masse [kg]
Radsatz DG2	2	1600
Schwingarm	4	118
<b>Gesamt</b>	-	<b>3672</b>

Die Gesamtmasse des Fahrzeugs beträgt somit **52429 kg**.

#### 4.2 Geometrie

Folgende geometrische Daten des Fahrzeugs werden für die Berechnung benötigt:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
Schienenabstand <sup>1</sup>		1,5
Spurspiel		0,028
Drehzapfenabstand	<i>l</i> [m]	20,0
Radradius	<i>wr</i> [m]	0,46
Höhe (z) der Sekundärfedern über SOK	<i>hs</i> [m]	0,889
seitlicher Abstand (y) der Sekundärfedern	<i>bsec</i> [m]	1,8
seitlicher Abstand (y) der Primärfedern	<i>bpri</i> [m]	2,0

<sup>1</sup> Aus dem Schienenabstand und dem Spurspiel wird der Eingabeparameter *b* berechnet (*b*=Schienenabstand - 2\*Spurspiel)

Anmerkungen zu hs: Für den Parameter *hs* (Höhe der Sekundärfedern) wird die Höhe des Queran schlags zwischen Wagenkasten und DG-Rahmen verwendet, da dieser Punkt die Begrenzung für die seitliche Bewegung zwischen Wagenkasten und DG-Rahmen darstellt und an dieser Stelle die Querkräfte übertragen werden.

#### 4.3 Steifigkeiten

Für die Steifigkeiten des Fahrzeugs werden folgende Parameter verwendet:

Sekundärfederung:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
vertikale Steifigkeit (z) <b>pro Fahrwerkseite</b> (1 mal)	$kv [N/m]$	0,62e6
laterale Steifigkeit (y)	-	0,56e6
laterale Steifigkeit (y) <b>pro Fahrwerk (DG)</b> (2 mal)	$kI [N/m]$	2*0,5e6

Die laterale Steifigkeit wurde aus der Kennlinie (ca. 0,1 kN/mm) und dem Querpuffer (0,622 kN/mm nach 35 mm freiem Spiel) abgeschätzt.

Primärfederung:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
vertikale Steifigkeit (z)	-	1,318e6
vertikale Steifigkeit (z) <b>pro Fahrwerkseite</b> (2 mal)	$kbv [N/m]$	2*1,318e6
laterale Steifigkeit (y)	-	10,9e6
laterale Steifigkeit (y) <b>pro Fahrwerk (DG)</b> (4 mal)	$kbl [N/m]$	4*10,9e6

Wankstütze:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
Torsionssteifigkeit um x zwischen DG1 und WK	$kar1 [Nm/rad]$	5,832e6
Torsionssteifigkeit um x zwischen DG2 und WK	$kar2 [Nm/rad]$	5,832e6

#### 4.4 Anschläge

Besondere Bedeutung für das Seitenwindverhalten besitzen die Anschlüsse in der Sekundär- und Primärfederung. Die Lage der Anschlüsse befindet sich im Modell in den Federungen (s. o. Anmerkungen).

Anschlüsse der Primärfederung:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
vertikale maximale Auslenkung	$maxpriver [m]$	0,1
laterale maximale Auslenkung	$maxprilat [m]$	0,1

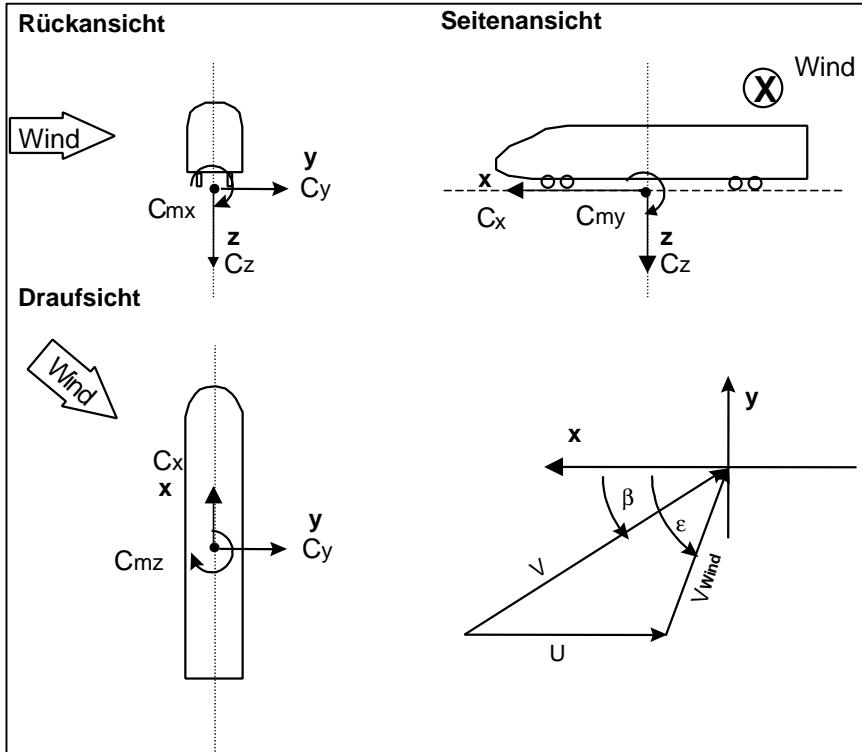
Über den lateralen und vertikalen Anschlag der Primärfederung sind keine Angaben verfügbar.

Anschlüsse der Sekundärfederung:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
vertikale maximale Auslenkung	$maxsecver [m]$	0,04
laterale maximale Auslenkung (harter Anschlag)	$maxseclat [m]$	0,05

## 4.5 Aerodynamik

Die aerodynamischen Beiwerte des Fahrzeugs stammen aus [3] und werden in folgendem Koordinatensystem angegeben:



Bezugsgrößen:  
Bezugslänge 3 m  
Bezugsfläche 10 m<sup>2</sup>

Abbildung 2 : Koordinatensystem für aerodynamische Beiwerte

Tabelle 1: Aerodynamische Beiwerte für den Doppelstock-Steuerwagen

Aerodynamik Doppelstock Schienenmitte Wind von rechts						
angle	cx	cy	cz	cmx	cmy	cmz
0	-0,242	0,006	0,158	0,116	-0,743	0,137
5	-0,286	0,553	0,030	0,388	-1,006	1,170
10	-0,342	1,244	-0,354	0,823	-1,341	2,289
15	-0,368	2,178	-1,006	1,424	-1,676	3,175
20	-0,357	3,342	-1,855	2,204	-1,571	3,587
25	-0,367	4,657	-2,210	3,036	-0,650	3,927
30	-0,371	6,203	-2,334	3,961	1,119	4,126
40	-0,155	9,449	-1,983	5,896	2,854	4,483
50	0,221	11,092	-2,385	6,618	2,056	5,162
60	0,205	9,820	-2,772	5,362	0,844	2,114
70	0,678	9,684	-3,429	4,989	0,504	0,886
80	0,720	9,208	-3,264	4,561	-0,072	-1,235
90	0,310	9,066	-3,281	4,370	-0,893	-3,785

Für die Berechnung der Windkräfte wird folgende Luftdichte angenommen:

Beschreibung	Bezeichnung	Wert
Luftdichte	rho [kg/m <sup>3</sup> ]	1,225

## 5 Berechnung

### 5.1 Berechnungsparameter

Die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit beträgt  $v_{max}=160$  km/h (evtl. Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit auf 200 km/h) und die maximale Querbeschleunigung des Fahrzeugs ist  $a_{qmax}=1,2$  m/s<sup>2</sup>. Mit den aerodynamischen Beiwerten werden die Punkte  $v=80$  km/h bis  $v=200$  km/h von  $a_{q}=0,0$  m/s<sup>2</sup> bis  $a_{q}=1,2$  m/s<sup>2</sup> berechnet. Weiterhin werden Werte für negative Querbeschleunigung bestimmt.

### 5.2 Beurteilungskriterien

Als Kriterium für das Erreichen der Windkenngeschwindigkeit wird eine maximale Radentlastung von 10%-Q<sub>0</sub> angesetzt. Die Radsätze eines Fahrwerks werden gemeinsam betrachtet. Da es sich um eine statische Betrachtung handelt werden dynamische Effekt nicht berücksichtigt.

### 5.3 Ergebnisse

Folgende Werte für die Windkennkurve wurden berechnet:

**Tabelle 2: WKK vom Doppelstock-Steuerwagen für positive Querbeschleunigung Wind von bogeninnen**

<b>WKK Doppelstock Steuerwagen mit Windsafety</b>							
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>						
<b>v [km/h]</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>
<b>80</b>	47,2	45,4	43,6	41,7	39,6	37,3	34,4
<b>100</b>	41,1	37,2	34,4	32,5	30,7	29,0	27,4
<b>120</b>	33,9	32,5	31,0	29,6	28,1	26,5	25,2
<b>140</b>	31,4	30,1	29,0	27,8	26,7	25,5	24,3
<b>160</b>	30,2	29,2	28,2	27,1	26,0	24,8	23,6
<b>180</b>	29,5	28,5	27,4	26,4	25,3	24,2	23,0
<b>200</b>	28,8	27,9	26,8	25,7	24,6	23,5	22,3

**Tabelle 3: WKK vom Doppelstock-Steuerwagen für negative Querbeschleunigung Wind von bogeninnen**

<b>WKK Doppelstock Steuerwagen mit Windsafety</b>							
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>						
<b>v [km/h]</b>	<b>0,0</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-1,0</b>	<b>-1,2</b>
<b>80</b>	47,2	48,8	50,5	52,0	53,6	55,1	56,6
<b>100</b>	41,1	44,6	47,1	48,9	50,6	52,2	53,8
<b>120</b>	33,9	35,2	36,7	38,1	39,6	41,3	43,5
<b>140</b>	31,4	32,7	34,0	35,3	36,5	37,7	38,9
<b>160</b>	30,2	31,2	32,2	33,2	34,3	35,3	36,4
<b>180</b>	29,5	30,5	31,5	32,4	33,3	34,2	35,1
<b>200</b>	28,8	29,8	30,8	31,7	32,7	33,6	34,5

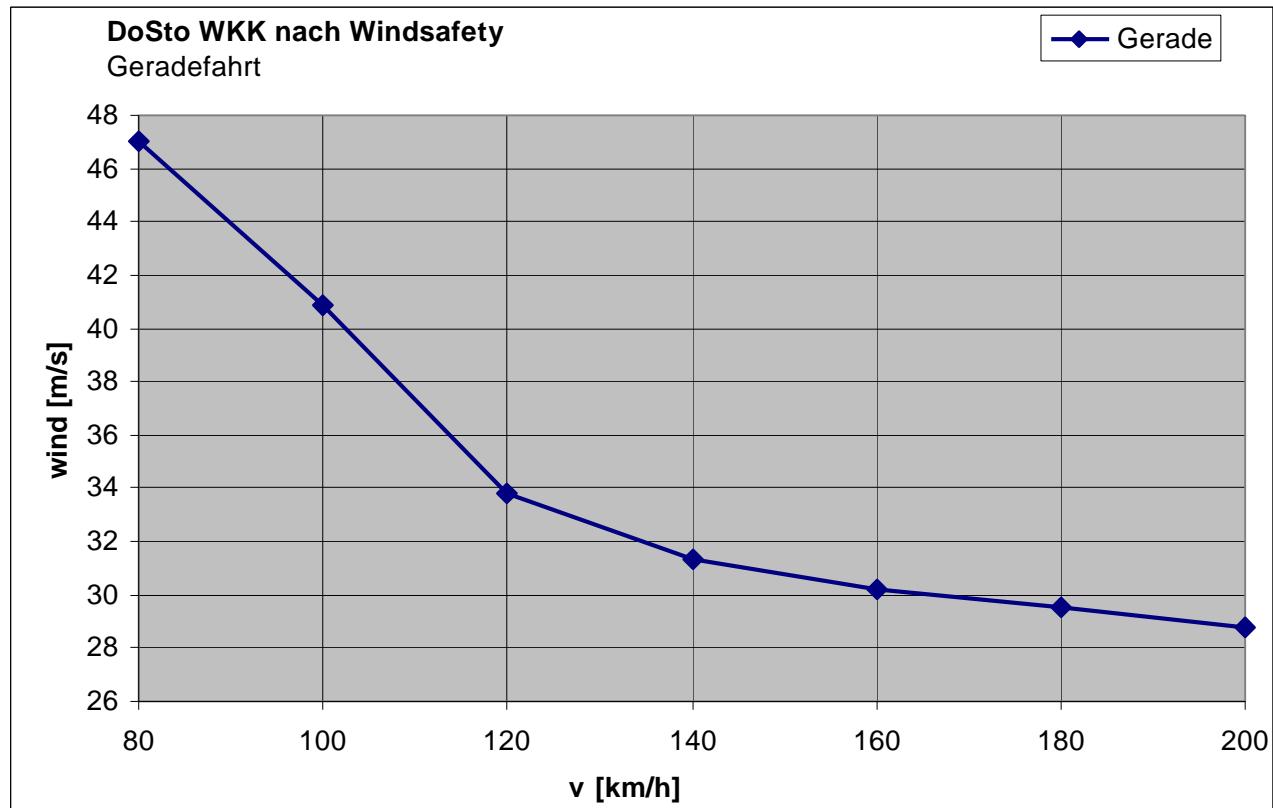


Abbildung 3: WKK vom Doppelstock-Steuerwagen in der Geradenfahrt

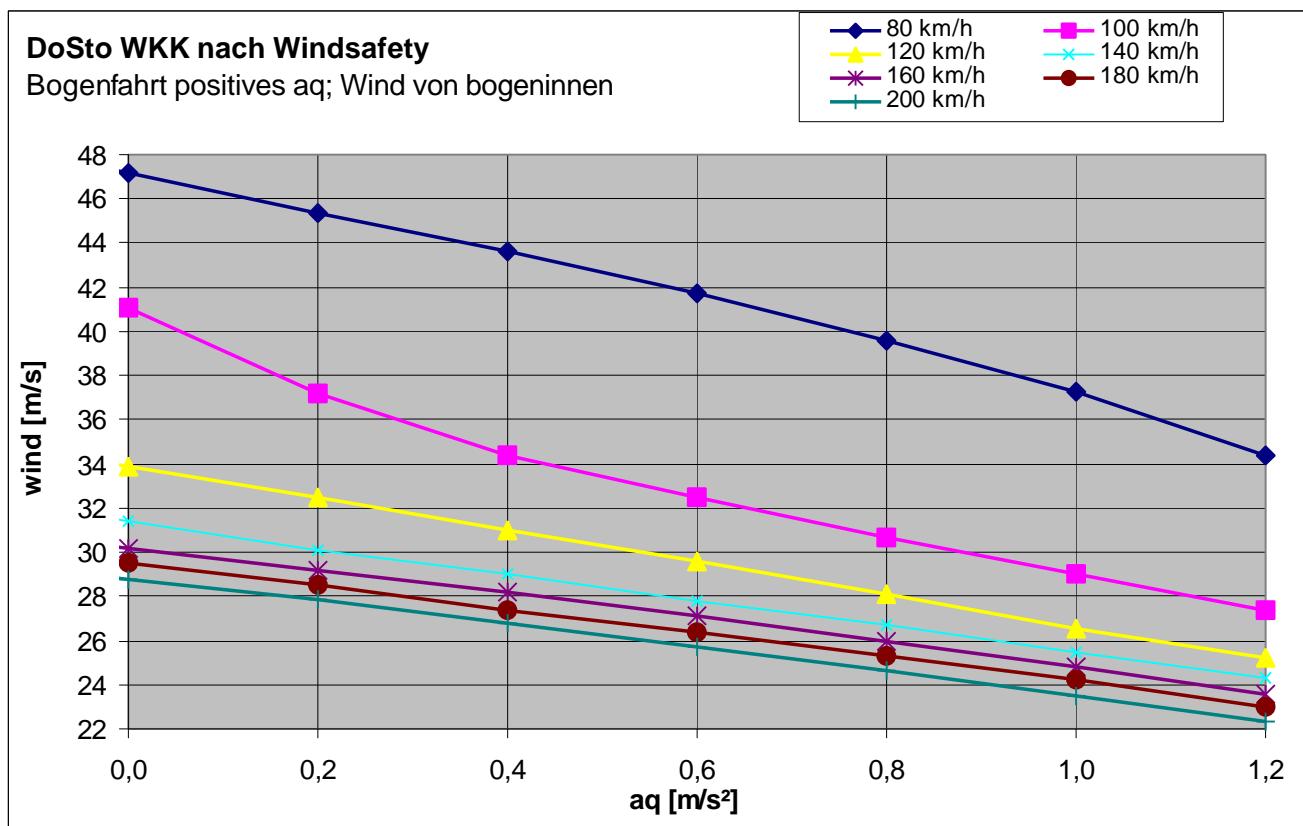
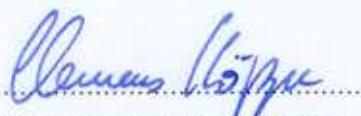


Abbildung 4: WKK vom Doppelstock-Steuerwagen in der Bogenfahrt positive Querbeschleunigung

## 6 Unterschriften

Minden, den 18.02.04



Dipl.-Ing. Clemens Höppe  
Leiter T.TZF 95.1



Dr.-Ing. Rolf Naumann  
T.TZF 95.1

## 7 Literatur

- [1] Mail vom 19.12.03 von Thorsten Tielkes, DB Systemtechnik, TZF102.
- [2] Beranek: „Nachweisrechnung der Laufdynamik im Vergleich mit Streckenfahrversuchen mittels dynamischer Simulationsrechnung an einem Doppelstock-Steuerwagen Dbpbzf 763.5 mit Drehgestellen der Bauart Görlitz VIII Teil1 und Teil 2 zu den Berechnungen der Seitenwindstabilität zur Vorlage beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) für die Zulassung einer Fahrgeschwindigkeit von 160 km/h“, Bericht Deutsche Waggonbau AG (DWA), Werk Görlitz, März 1998.
- [3] Windkanalmessungen von TZF102.