

## **Ergänzungen zu Windkennkurven des VT612-Endwagens (Windsafety-Verfahren von Bombardier)**



Dokument: 095-UN-0139-04

Datum: 26.03.2004

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.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Berechnung .....</b>	<b>3</b>
3.1	Berechnungsparameter .....	3
3.2	Beurteilungskriterien .....	3
3.3	Ergebnisse.....	3
3.3.1	Aerodynamik Wagenkasten senkrecht.....	3
3.3.2	Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt .....	6
3.3.3	Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt.....	8
<b>4</b>	<b>Unterschriften.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>11</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: 11

## 2 Einleitung

Die Ergänzungen zu den Windkennkurven des VT612-Endwagens beziehen sich auf den Bericht für die Berechnung der Windkennkurven vom VT612 [1]. Die in dem Bericht enthaltenen Windkennkurven behalten weiterhin ihre Gültigkeit. In den Ergänzungen erfolgt eine feinere Diskretisierung der Windkennkurven hinsichtlich der Geschwindigkeit (10 km/h Schritte) und Querbeschleunigung (0,1 m/s<sup>2</sup> Schritte). Weiterhin werden zusätzlich für den Fall Wind von bogenaußen Windkennkurven ausgewiesen.

## 3 Berechnung

### 3.1 Berechnungsparameter

Die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit beträgt  $v_{max}=160$  km/h und die maximale Querbeschleunigung des Fahrzeugs ist  $aq_{max} = 2,0$  m/s<sup>2</sup>. Somit werden die Punkte  $v=80$  km/h bis  $v=160$  km/h und  $aq=0,0$  m/s<sup>2</sup> bis  $aq=2,0$  m/s<sup>2</sup> berechnet.

### 3.2 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.

### 3.3 Ergebnisse

Nachfolgende Werte für die Windkennkurve wurden berechnet.

#### 3.3.1 Aerodynamik Wagenkasten senkrecht

Tabelle 1: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht, Wind von bogeninnen

WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht Wind von bogeninnen											
wind [m/s]	aq										
v [km/h]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
80	41,8	41,2	40,7	40,1	39,5	38,9	38,3	37,7	37,1	36,5	35,9
90	40,6	40,0	39,4	38,9	38,3	37,7	37,1	36,5	35,9	35,3	34,7
100	39,4	38,8	38,3	37,7	37,1	36,5	35,9	35,3	34,7	34,1	33,4
110	38,1	37,6	37,0	36,4	35,8	35,1	34,5	33,8	33,1	32,3	31,5
120	36,6	35,9	35,2	34,5	33,7	33,0	32,2	31,5	30,7	29,9	29,2
130	34,2	33,5	32,8	32,1	31,4	30,8	30,1	29,5	29,0	28,5	28,0
140	32,2	31,7	31,2	30,7	30,2	29,7	29,3	28,8	28,3	27,9	27,4
150	31,4	30,9	30,5	30,1	29,6	29,2	28,7	28,3	27,8	27,3	26,9
160	30,8	30,4	30,0	29,5	29,1	28,7	28,3	27,8	27,4	26,9	26,5

**Tabelle 2: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht, Wind von bogeninnen bei  $v_{max}=160$  km/h, verschiedene Windwinkel**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht Wind von bogeninnen</b>											
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
v [km/h]	0,0	108,0	107,0	105,0	104,0	102,0	101,0	99,1	97,5	95,9	94,3
<b>10</b>	110,0	108,0	107,0	105,0	104,0	102,0	101,0	99,1	97,5	95,9	94,3
<b>20</b>	68,3	67,4	66,4	65,5	64,6	63,6	62,7	61,7	60,7	59,8	58,9
<b>30</b>	50,3	49,7	49,0	48,3	47,6	46,9	46,2	45,5	44,8	44,1	43,5
<b>40</b>	41,2	40,6	40,0	39,5	38,9	38,3	37,7	37,1	36,5	36,0	35,4
<b>50</b>	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	33,5	33,0	32,5	32,0	31,5	30,9
<b>60</b>	32,9	32,4	32,0	31,5	31,0	30,6	30,1	29,7	29,2	28,8	28,3
<b>70</b>	31,1	30,7	30,3	29,9	29,4	29,0	28,6	28,2	27,7	27,3	26,8
<b>80</b>	30,5	30,1	29,7	29,3	28,9	28,4	28,0	27,6	27,2	26,7	26,3

**Tabelle 3: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht, Wind von bogenaussen**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht Wind von bogenaus- sen</b>											
wind [m/s]	aq	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
v [km/h]	0,0	42,3	42,8	43,4	43,9	44,4	44,9	45,4	45,9	46,4	46,9
<b>80</b>	41,8	42,3	42,8	43,4	43,9	44,4	44,9	45,4	45,9	46,4	46,9
<b>90</b>	40,6	41,1	41,7	42,2	42,7	43,3	43,8	44,3	44,8	45,3	45,8
<b>100</b>	39,4	39,9	40,5	41,0	41,5	42,0	42,6	43,1	43,6	44,1	44,6
<b>110</b>	38,2	38,7	39,3	39,8	40,3	40,9	41,4	41,9	42,4	42,9	43,4
<b>120</b>	36,6	37,2	37,8	38,4	39,0	39,6	40,1	40,6	41,2	41,7	42,2
<b>130</b>	34,2	34,9	35,6	36,3	37,0	37,6	38,3	38,9	39,5	40,1	40,7
<b>140</b>	32,2	32,8	33,4	34,0	34,6	35,2	35,9	36,5	37,2	37,9	38,5
<b>150</b>	31,4	31,8	32,2	32,7	33,1	33,6	34,1	34,6	35,2	35,8	36,4
<b>160</b>	30,8	31,3	31,7	32,1	32,5	32,9	33,4	33,8	34,2	34,7	35,1

Tabelle 4: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht, Wind von bogenaussen bei  $v_{max}=160$  km/h, verschiedene Windwinkel

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht Wind von bogenaus- sen</b>											
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>										
<b>v [km/h]</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>
<b>10</b>	110,0	111,0	112,0	114,0	115,0	117,0	118,0	119,0	121,0	122,0	123,0
<b>20</b>	68,3	69,2	70,0	70,9	71,8	72,7	73,5	74,4	75,2	76,0	76,9
<b>30</b>	50,3	51,0	51,7	52,3	53,0	53,6	54,2	54,9	55,5	56,1	56,7
<b>40</b>	41,2	41,7	42,3	42,9	43,4	44,0	44,5	45,1	45,6	46,1	46,6
<b>50</b>	36,0	36,5	37,0	37,5	38,0	38,5	38,9	39,4	39,9	40,3	40,8
<b>60</b>	32,9	33,3	33,8	34,2	34,7	35,1	35,5	36,0	36,4	36,8	37,2
<b>70</b>	31,1	31,5	32,0	32,4	32,8	33,2	33,6	34,0	34,4	34,8	35,2
<b>80</b>	30,5	30,9	31,3	31,7	32,1	32,5	32,9	33,3	33,7	34,0	34,4

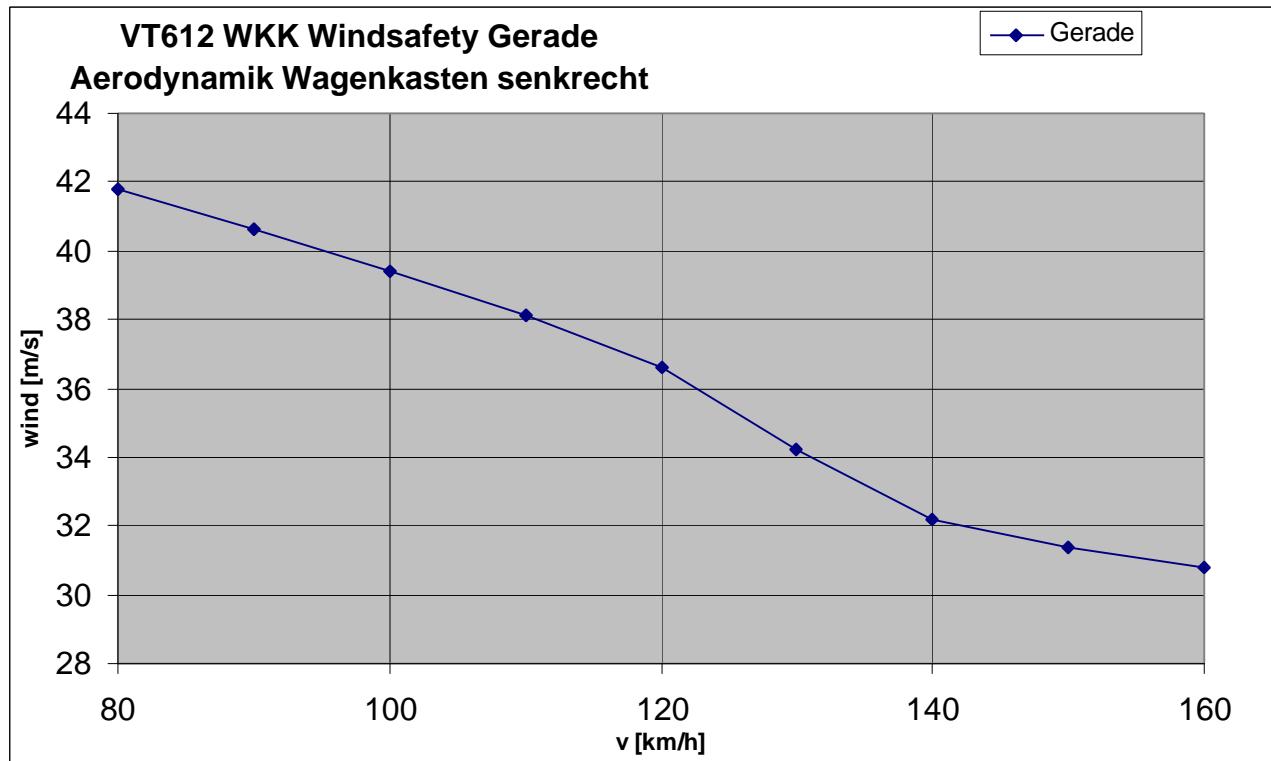


Abbildung 1: WKK VT612 mit Windsafety in der Geraden mit Aerodynamik Wagenkasten senkrecht

### 3.3.2 Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt

Tabelle 5: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogen-aussen für  $aq=0,0 \text{ m/s}^2$  bis  $aq=1,0 \text{ m/s}^2$

WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt											
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
80	37,9	38,5	39,0	39,5	40,0	40,5	41,0	41,5	42,0	42,5	43,0
90	36,9	37,4	37,9	38,4	38,9	39,3	39,8	40,3	40,8	41,2	41,7
100	36,1	36,6	37,1	37,5	38,0	38,5	38,9	39,4	39,8	40,3	40,7
110	35,1	35,6	36,1	36,6	37,1	37,6	38,1	38,5	39,0	39,5	39,9
120	33,9	34,5	35,0	35,5	36,0	36,5	37,0	37,5	38,0	38,5	39,0
130	32,8	33,3	33,8	34,3	34,8	35,3	35,8	36,3	36,8	37,3	37,8
140	31,8	32,3	32,8	33,2	33,7	34,2	34,7	35,2	35,7	36,2	36,7
150	31,3	31,7	32,2	32,6	33,0	33,5	33,9	34,4	34,8	35,3	35,8
160	30,9	31,3	31,7	32,2	32,6	33,0	33,4	33,9	34,3	34,7	35,1

Tabelle 6: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogen-aussen für  $aq=1,1 \text{ m/s}^2$  bis  $aq=2,0 \text{ m/s}^2$

WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt											
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]										
v [km/h]	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
80	43,5	44,0	44,5	44,9	45,4	45,9	46,3	46,8	47,3	47,7	
90	42,2	42,6	43,1	43,6	44,0	44,5	45,0	45,4	45,9	46,3	
100	41,2	41,6	42,0	42,5	42,9	43,4	43,8	44,2	44,6	45,1	
110	40,3	40,8	41,2	41,6	42,1	42,5	42,9	43,3	43,8	44,2	
120	39,4	39,9	40,3	40,8	41,3	41,7	42,2	42,6	43,0	43,5	
130	38,3	38,8	39,3	39,8	40,3	40,8	41,2	41,7	42,2	42,6	
140	37,2	37,7	38,2	38,7	39,2	39,7	40,2	40,6	41,1	41,6	
150	36,2	36,7	37,2	37,6	38,1	38,6	39,1	39,5	40,0	40,4	
160	35,5	35,9	36,3	36,8	37,2	37,6	38,1	38,5	39,0	39,4	

**Tabelle 7: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogen-aussen für aq=0,0 m/s<sup>2</sup> bis aq=1,0 m/s<sup>2</sup> bei vmax=160 km/h für verschiedene Windwinkel**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt Wind von bogen-aussen verschiedene Windwinkel bei vmax=160 km/h</b>												
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
10	111,0	112,0	114,0	115,0	116,0	118,0	119,0	121,0	122,0	123,0	125,0	
20	68,9	69,8	70,8	71,6	72,5	73,4	74,3	75,1	76,0	76,8	77,6	
30	50,9	51,6	52,3	52,9	53,6	54,2	54,9	55,5	56,1	56,8	57,4	
40	41,7	42,2	42,8	43,4	43,9	44,5	45,0	45,5	46,1	46,6	47,1	
50	36,3	36,8	37,3	37,8	38,2	38,7	39,2	39,6	40,1	40,5	41,0	
60	33,1	33,5	34,0	34,4	34,8	35,3	35,7	36,1	36,5	37,0	37,4	
70	31,3	31,7	32,1	32,5	32,9	33,4	33,8	34,2	34,6	35,0	35,4	
80	30,6	31,0	31,4	31,8	32,2	32,6	33,0	33,4	33,8	34,2	34,6	

**Tabelle 8: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogen-aussen für aq=1,1 m/s<sup>2</sup> bis aq=2,0 m/s<sup>2</sup> bei vmax=160 km/h für verschiedene Windwinkel**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt Wind von bogen-aussen verschiedene Windwinkel bei vmax=160 km/h</b>											
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
10	126,0	127,0	128,0	130,0	131,0	132,0	134,0	135,0	136,0	137,0	
20	78,5	79,3	80,1	80,9	81,7	82,5	83,3	84,1	84,8	85,6	
30	58,0	58,6	59,2	59,8	60,4	61,0	61,6	62,2	62,8	63,4	
40	47,6	48,1	48,6	49,1	49,6	50,1	50,6	51,1	51,7	52,1	
50	41,4	41,9	42,3	42,8	43,2	43,6	44,1	44,5	44,9	45,3	
60	37,8	38,2	38,6	39,0	39,4	39,8	40,2	40,6	40,9	41,3	
70	35,8	36,1	36,5	36,9	37,3	37,7	38,0	38,4	38,8	39,1	
80	35,0	35,4	35,8	36,2	36,6	36,9	37,3	37,7	38,0	38,4	

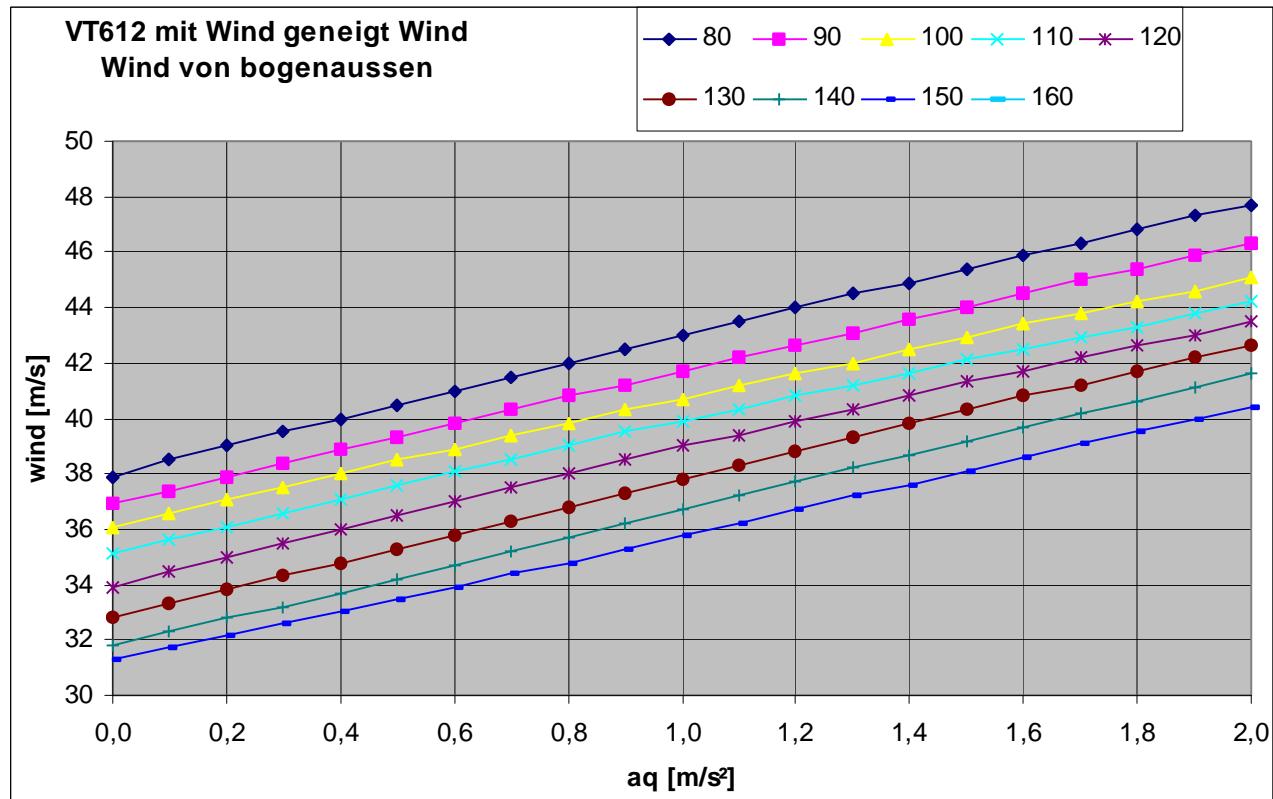


Abbildung 2: WKK VT612 mit Windsafety im Bogen mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogenaussen

### 3.3.3 Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt

Tabelle 9: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt, Wind von bogeninnen für  $aq=0,0 \text{ m/s}^2$  bis  $aq=1,1 \text{ m/s}^2$

WKK VT605 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt												
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
v [km/h]	0,0	42,7	42,1	41,5	40,9	40,3	39,7	39,0	38,4	37,7	37,1	36,4
80	42,7	42,1	41,5	40,9	40,3	39,7	39,0	38,4	37,7	37,1	36,4	
90	41,2	40,7	40,1	39,5	38,9	38,3	37,6	37,0	36,4	35,8	35,1	
100	39,9	39,3	38,8	38,2	37,6	37,0	36,3	35,7	35,0	34,4	33,7	
110	38,6	38,0	37,3	36,7	36,1	35,4	34,6	33,9	33,1	32,2	31,3	
120	36,7	35,9	35,1	34,3	33,5	32,6	31,7	30,9	30,0	29,2	28,3	
130	33,6	32,8	32,0	31,3	30,5	29,8	29,2	28,7	28,2	27,7	27,2	
140	31,3	30,8	30,3	29,8	29,4	28,9	28,5	28,0	27,5	27,1	26,6	
150	30,5	30,1	29,7	29,2	28,8	28,3	27,9	27,5	27,0	26,6	26,2	
160	29,9	29,5	29,1	28,7	28,3	27,9	27,5	27,1	26,7	26,2	25,8	

**Tabelle 10: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt, Wind von bogeninnen für aq=1,1 m/s<sup>2</sup> bis aq=2,0 m/s<sup>2</sup>**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt</b>										
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]									
v [km/h]	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
80	35,8	35,1	34,4	33,7	33,0	32,3	31,6	30,9	30,1	29,4
90	34,5	33,8	33,1	32,4	31,7	31,0	30,2	29,4	28,5	27,6
100	33,0	32,2	31,4	30,6	29,7	28,7	27,7	26,7	25,6	24,6
110	30,4	29,5	28,5	27,6	26,6	25,8	25,0	24,3	23,7	23,1
120	27,6	26,9	26,3	25,8	25,2	24,7	24,2	23,7	23,1	22,6
130	26,7	26,2	25,7	25,2	24,7	24,2	23,7	23,2	22,7	22,2
140	26,1	25,7	25,2	24,7	24,3	23,8	23,3	22,8	22,3	21,8
150	25,7	25,3	24,8	24,4	23,9	23,4	22,9	22,4	21,9	21,4
160	25,3	24,9	24,4	23,9	23,5	23,0	22,5	22,0	21,5	21,0

**Tabelle 11: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogeninnen für aq=0,0 m/s<sup>2</sup> bis aq=1,0 m/s<sup>2</sup> bei vmax=160 km/h für verschiedene Windwinkel**

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt Wind von bogeninnen verschiedene Windwinkel bei vmax=160 km/h</b>										
wind [m/s]	aq [m/s <sup>2</sup> ]									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	107,0	105,0	104,0	102,0	101,0	99,5	98,0	96,5	94,9	93,4
20	66,7	65,9	65,0	64,0	63,1	62,2	61,3	60,3	59,4	58,5
30	49,2	48,6	47,9	47,3	46,6	45,9	45,2	44,6	43,9	43,3
40	40,2	39,7	39,1	38,6	38,0	37,4	36,9	36,4	35,8	35,3
50	35,1	34,7	34,2	33,7	33,2	32,7	32,3	31,8	31,3	30,8
60	32,0	31,6	31,1	30,7	30,3	29,9	29,4	29,0	28,6	28,1
70	30,3	29,9	29,5	29,1	28,7	28,3	27,9	27,5	27,0	26,6
80	29,7	29,3	28,9	28,5	28,1	27,7	27,3	26,9	26,4	26,0

Tabelle 12: VT612 WKK nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt und Wind von bogeninnen für  $aq=1,1 \text{ m/s}^2$  bis  $aq=2,0 \text{ m/s}^2$  bei  $vmax=160 \text{ km/h}$  für verschiedene Windwinkel

<b>WKK VT612 nach Windsafety mit Aerodynamik Wagenkasten 8° mit Wind geneigt Wind von bogeninnen verschiedene Windwinkel bei vmax=160 km/h</b>											
<b>wind [m/s]</b>	<b>aq [m/s<sup>2</sup>]</b>	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
10	90,2	88,8	87,3	85,8	84,2	82,6	81,0	79,4	77,7	76,0	
20	56,7	55,7	54,8	53,8	52,8	51,8	50,8	49,8	48,7	47,6	
30	41,9	41,3	40,6	39,9	39,2	38,4	37,7	36,9	36,2	35,4	
40	34,2	33,6	33,0	32,5	31,9	31,3	30,7	30,1	29,4	28,8	
50	29,8	29,3	28,8	28,2	27,7	27,2	26,6	26,1	25,5	25,0	
60	27,2	26,8	26,3	25,8	25,3	24,8	24,3	23,8	23,3	22,7	
70	25,8	25,3	24,9	24,4	24,0	23,5	23,0	22,5	22,0	21,5	
80	25,2	24,8	24,3	23,9	23,4	23,0	22,5	22,0	21,5	21,0	

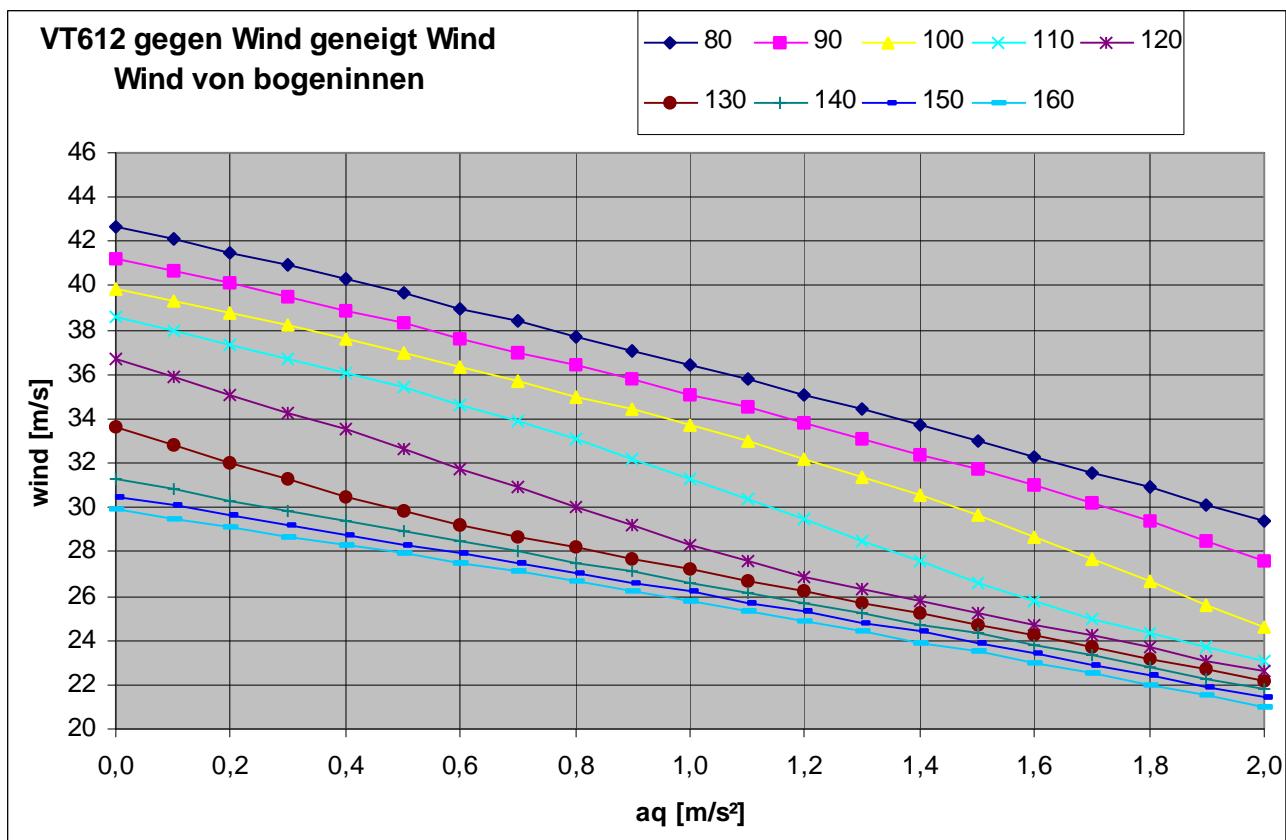


Abbildung 3: WKK VT612 mit Windsafety Bogenfahrt mit Aerodynamik Wagenkasten 8° gegen Wind geneigt Wind von bogeninnen

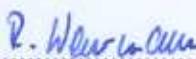
#### 4 Unterschriften

Minden, den 26.03.04



Dipl.-Ing. Clemens Höppe

Leiter T.TZF 95.1



Dr.-Ing. Rolf Naumann

T.TZF 95.1

#### 5 Literatur

- [1] Bericht: 095-UN-0131-04 von T.TZF95.1 „Berechnung der Windkennkurven des VT612-Endwagens mit dem Windsafety-Verfahren von Bombardier“ vom 04.02.04.