

# ■ Prüfbericht / Test Report Trailer EBS D mit/with RSS

■ Technischer Bericht Nr. EB 134.1 für  
Trailer EBS D Generation mit  
Roll Stability support (RSS)

Technical Report No. EB 134.1E for  
Trailer EBS D generation with  
Roll Stability support (RSS)

■ 1. Ausgabe / 1. Edition

■ © Copyright WABCO 2002

**WABCO**

**Vehicle Control Systems**  
An American Standard Company

# Technischer Bericht

Nr. EB134.1

## über ein elektronisches Stabilitätssystem für Anhängfahrzeuge

Dieser Technische Bericht (TB) dient als Arbeitsunterlage für den amtlich anerkannten Sachverständigen oder für den Gutachter des akkreditierten Prüflabors bei der Begutachtung von Anhängfahrzeugen nach §§ 20 und 21 StVZO oder der Richtlinie 71/320/EWG in der Fassung vom 27. Januar 1998 (98/12/EG) bzw. ECE-Regelung Nr. 13/09 (Ergänzung 6).

**Der vorliegende Bericht beschreibt das weiterentwickelte Roll Stability Support (RSS) des TB EB134.0 unter Einbeziehung eines zusätzlich integrierten Querbeschleunigungssensors.**

RWTÜV Fahrzeug GmbH

Ein Unternehmen der  
RWTÜV Gruppe

Institut für Fahrzeugtechnik  
Adlerstraße 7  
D-45307 Essen  
Telefon: +49(0)201825-0  
Telefax: +49(0)201825-4150

Sitz der Gesellschaft: Essen  
HRB Essen 9975  
Aufsichtsratsvorsitzender:  
Elmar Legge

Geschäftsführung:  
Prof. Dr. Claus Wolff (Vors.)  
Friedo Schäfer

### 1. Allgemeine Angaben

- 1.1 Hersteller:** WABCO Vehicle Control Systems  
Am Lindener Hafen 21  
D - 30453 Hannover
- 1.2 Antragsteller:** s. 1.1
- 1.3 System:** **Trailer EBS**
- 1.3.1 Ausführung:** - **Trailer EBS D plus**  
- **Trailer EBS D plus mit TCE\***  
\* TCE: Trailer Central Electronic
- 1.3.2 Systemfunktion:** **Roll Stability Support (RSS)**

## 2 Verwendungsbereich

Sattel- und Zentralachs-Anhängerfahrzeuge der Klassen O<sub>3</sub> und O<sub>4</sub> gemäß der Rahmenrichtlinie 70/156/EWG bzw. gemäß Anhang 7 der “Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3)” mit den Systemkonfigurationen: 2S/2M - 2S/2M+SLV - 4S/2M - 4S/3M.

Für Fahrzeuge mit adhäsionsgelenkter Lenkachse ist RSS nur in Verbindung mit einem 2S/2M+SLV (Lenkachse über ein Select-Low-Ventil geregelt) oder 4S/3M EBS/ABS-System (Lenkachse MAR geregelt) zulässig.

### Anmerkung:

Die in den Anhängen 1 bis 5 dargestellten Versuche wurden mit dem im Anhang 1 beschriebenen Sattelkraftfahrzeug durchgeführt.

Dieses Gutachten gilt auch für Zentralachs-Anhängerfahrzeuge. Die Eignung des RSS-Systems für Zentralachs-Anhängerfahrzeuge wurde durch eigene Versuche des Herstellers im Rahmen der Erstbegutachtung (siehe Technischer Bericht EB134.0 des RWTÜV) nachgewiesen.

### 2.2 Einbaulage:

Der Einbau ist gemäß der Einbauvorschrift des Herstellers nach Anlage 1 vorzunehmen.

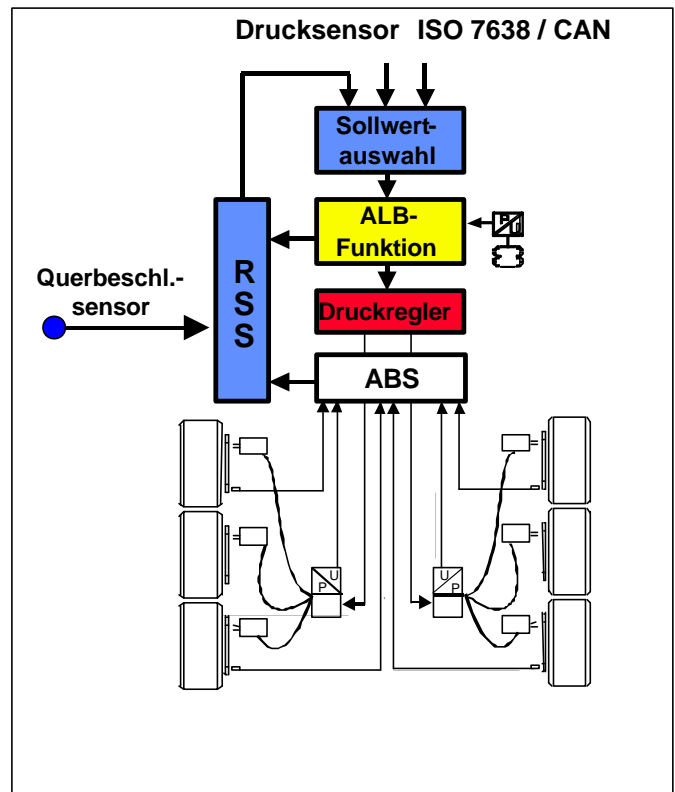
## 3 Technische Angaben

### 3.1 Allgemeine Funktionsbeschreibung:

Ein Fahrzeug kann umkippen, wenn die kippkritische Querschleunigung unterhalb der Kraftschlussausnutzung von Reifen und Straße liegt. Aufgrund ihrer oftmals relativ hohen Schwerpunktshöhen neigen besonders Anhängerfahrzeuge bei entsprechend schneller Kurvenfahrt zum Umkippen. Bei Sattelanhängern kann die kippkritische Querschleunigung, im Vergleich zu der des Motorwagens, relativ niedrig liegen.

Im Gegensatz zur Kippneigung des Motorfahrzeugs bemerkt der Fahrer die des Anhängerfahrzeugs oft zu spät, um entsprechende Gegenmaßnahmen (z.B. Bremsen) einzuleiten zu können.

Das System Roll Stability Support (RSS) erkennt die drohende Kippgefahr des Anhängerfahrzeugs und leitet im Bedarfsfall eine automatische Bremsung des Anhängerfahrzeugs ein. Dadurch verringert sich die Geschwindigkeit des Sattelzuges und damit auch die Kippgefahr.



**Bild 3.1 Bremsenmanagement**

Die RSS Funktion nutzt die bekannten Eingangsgrößen des Trailer EBS, wie z.B. Radgeschwindigkeiten, Beladungsinformation, Sollverzögerung sowie die vom einem Sensor gemessene Querbeschleunigung (siehe Bild 3.1).

**3.1.1 Funktionsablauf:**

**Querbeschleunigungsbe-  
rechnung:**

Die aktuelle Querbeschleunigung des Anhängers wird kontinuierlich sowohl durch einen in dem Anhängermodulator integrierten Querbeschleunigungssensor gemessen und darüber hinaus zusätzlich aus den vorliegenden Radgeschwindigkeiten berechnet. Der Einfluss unterschiedlicher Reifenabrollumfänge wird dabei durch einen automatischen Reifenabgleich eliminiert.

### **Kippgefahrerkennung:**

Kippgefahr besteht, wenn die kurveninneren Räder aufgrund einer hohen Querschleunigung stark entlastet werden.

Überschreitet die aktuelle Querschleunigung die kippkritische Querschleunigung (Anregelschwelle), die von der Beladung und der Spurweite des jeweiligen Anhängers abhängt und vom System berechnet wird, wird auf Kippgefahr erkannt. Zur Verifizierung dieser erkannten Kippgefahr wird eine Testdruckansteuerung mit geringem Druck durchgeführt.

Die Dauer dieser Testansteuerung ist zeitlich begrenzt. Sie wird bestimmt durch den Verlauf der aktuellen Querschleunigung (Höhe und Anstiegsgeschwindigkeit) während der Testansteuerung.

Anhand der Radreaktionen auf die Testbremsung wird vom System entschieden, ob tatsächlich eine Kippgefahr vorliegt oder (noch) nicht besteht. Solange die Kippgefahr anhand der Radreaktionen vom System nicht bestätigt wird (trotz Überschreitung der vorgegebenen Anregelschwelle), wird die Anregelschwelle erhöht und die Testbremsung fortgeführt.

Die Kippgefahrerkennung wird beendet, sobald die aktuelle Querschleunigung die kippkritische Querschleunigung wieder unterschreitet.

### **Kippvermeidung:**

Von der Differenz der bei Ende der Testbremsung adaptierten kippkritischen Querschleunigung zum Defaultwert (Wert nach Systemstart) wird, abhängig vom bisherigen Fahrverlauf, ein bestimmter Anteil vom System abgespeichert. Bei einem folgenden Regelvorgang (ohne Änderung der Beladung) wird auf die um den abgespeicherten Adaptionwert erhöhte Anregelschwelle zurückgegriffen.

Bei erkannter Kippgefahr erfolgt im Anhängerfahrzeug eine Bremsung mit hohem Druck, um die Fahrzeuggeschwindigkeit und damit die Querschleunigung und die Kippgefahr zu reduzieren bzw. das Umkippen zu verhindern. Die Höhe des eingesteuerten Druckes hängt von der möglichen Kraftschlussausnutzung ab und ist in der Regel fahrzeugseitig unterschiedlich. Außerdem wird die während der Testdruckansteuerung erhöhte kippkritische Querschleunigung auf den Defaultwert (Wert nach Systemstart) zurückgesetzt. Die Bremsung mit hohem Druck wird beendet, sobald die aktuelle Querschleunigung die kippkritische Querschleunigung wieder unterschreitet.

### 3.1.3 Aktivierung / Deaktivierung:

Vorraussetzung für die RSS-Funktion ist ein durchgeführter Reifenabgleich. Bei unterschiedlichen dynamischen Reifenabrollumfängen von mehr als 5 % (bezogen auf den größten Reifen) wird die RSS-Funktion solange gesperrt, bis alle Räder abgeglichen und die Korrekturparameter in der ECU gespeichert worden sind.

Bei Reifenunterschieden von weniger als 5 % ist die RSS-Funktion bei Geschwindigkeiten über >7 km/h sofort verfügbar. Sie erreicht jedoch erst ihre optimale Wirkung, wenn der Reifenabgleich beendet worden ist.

Bei bereits durchgeführtem Reifenabgleich ist die RSS-Funktion bei Geschwindigkeiten über >7 km/h immer sofort verfügbar.

Eine Abgleichung des Querschleunigungssensors wird während des Fahrbetriebs ständig vorgenommen.

Eine RSS-Regelung findet sowohl in teilgebremstem als auch ungebremstem Fahrzustand statt. Gibt der Motorwagen während einer schon laufenden RSS-Regelung dem Anhängfahrzeug einen pneumatischen oder elektrischen Bremssteuerdruck vor, der höher ist als der von der RSS-Regelung berechnete, wird die RSS-Regelung abgebrochen und das Anhängfahrzeug entsprechend dem Steuerdruck des Motorwagens gebremst.

### 3.1.4 Funktionsüberwachung:

Erreicht die während der Testdruckansteuerung kontinuierlich erhöhte Querschleunigungsschwelle physikalisch unplausible Werte, so wird die Testdruckansteuerung beendet.

## 3.2 Bauteile

### 3.2.1 Anhängerbremsventil:

WABCO Nr. 971 002 ... 0

### 3.2.2 Anhängermodulator:

WABCO Nr. 480 102 ... 0

### 3.2.3 TCE:

WABCO Nr. 446 122 ... 0

### 3.2.4 EBS-Relaisventil:

WABCO Nr. 480 207 ... 0

### 3.2.5 ABS-Relaisventil:

WABCO Nr. 472 195 0.. 0

### 3.2.6 Sensoren / Polräder

#### 3.2.6.1 ABS-Sensoren:

induktive Drehzahlsensoren - WABCO Nr. 441 032 ... 0  
Befestigung in Klemmbuchsen WABCO Nr. 899 760 510 4

#### 3.2.6.2 Polräder:

Polräder nach WABCO Spezifikation 895 905 000 4 mit  
z. B. 60, 80, 90, 100 und 120 Zähnen.

#### 3.2.7. Achslastsensoren

(Drucksensoren):

WABCO Nr. 441 040 07 0 bis 441 040 15 0 bzw. im  
Anhängermulator integrierter Achslastsensor

### 3.3 Elektrische Steckverbindungen (EBS) zum Anhängfahrzeug:

Über die Steckverbindung nach ISO 7638-1997 (7-polig)  
Teil 1 (24 V) **oder** nach ISO 7638-1985 (5-polig) (24 V)

### 3.4 Warneinrichtung:

Die Funktion „Roll Stability Support“ ist im Trailer EBS  
integriert. Störungen aller RSS-Komponenten einschließ-  
lich des integrierten Querbeschleunigungssensors werden  
durch das gelbe Warnsignal gemäß Absatz 5.2.1.29.2 der  
ECE-R13 über Pin 5 der ISO-Steckverbindung 7638 ange-  
zeigt (siehe auch Hinweis im Absatz 4.2 unten).

### 3.5 Prüfungen:

Die Funktion des Roll Stability Supports wurde an einem  
Sattelzug mit einem 3-achsigen Sattelanhänger überprüft.  
Die Angaben zu den Prüffahrzeugen enthält der Anhang 1.

#### 3.5.1 „Hundekurventest“

Dieser Test zeigt das Systemverhalten beim Befahren einer  
Kurve mit abnehmendem Kurvenradius (z. B. bei einer  
Autobahnausfahrt).

Die Testbedingungen und Ergebnisse sind im Anhang 2  
dargestellt.

#### 3.5.2 „Konstanter Kreistest“

Dieser Test zeigt das Systemverhalten beim Beschleunigen  
während einer Kurvenfahrt.

Die Testbedingungen und Ergebnisse sind im Anhang 3  
dargestellt.

#### 3.5.3 „J-Kurventest“

Dieser Test zeigt das Systemverhalten beim tangentialen  
Einfahren in eine Kreisbahn (z. B. beim Übergang von der  
Verzögerungsspur in eine Autobahnabfahrt).

Die Testbedingungen und Ergebnisse sind im Anhang 4  
dargestellt .

#### 3.5.4 „Doppelter Spurwechseltest“

Dieser Test zeigt das Systemverhalten beim plötzlichen  
Spurwechsel (z. B. Ausweichen vor einem Hindernis)

Die Testbedingungen und Ergebnisse sind im Anhang 5  
dargestellt.

### 3.5.5 Messdatenerfassung:

Zur Beurteilung und Dokumentation der Versuche wurden u. a. folgende Messgrößen aufgezeichnet:

- Bremsdrücke
- Radgeschwindigkeiten
- Querschleunigung
- Referenzmaß (Höhenabstand, gemessen in der Mitte der Achse 3 des Sattelanhängers) zur Fahrbahn mit Hilfe eines optischen Sensors („Abhebesensor“) als Kriterium für das Abheben der kurveninneren Räder

### 3.6 Sicherheitstechnische Beurteilung:

Die sicherheitstechnische Beurteilung des „Trailer EBS“ wurde im Rahmen des RWTÜV Technischen Berichtes EB 124.0E vorgenommen.

Bei erkannten funktionsbeeinflussenden Fehlern wird die RSS-Funktion dauerhaft bzw. zeitweise abgeschaltet.

### 3.7 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV):

Zur Erfüllung der rechtlichen Anforderungen bezüglich EMV sind die im Absatz 3.2. aufgeführten Elektronik nach der Richtlinie 72/245/EWG in der Fassung 95/54/EG geprüft und unter den Genehmigungszeichen

- e1-72/245/\*95/54\*1206\*00
- e1-72/245/\*95/54\*1665\*00

genehmigt worden.

### 3.8 Prüfunterlagen

Bei der Prüfung lagen zur Einsicht vor:

- Produktspezifikation
- System FMEA's

## 4. Gesetzliche Vorschriften

### 4.2 Abs. 5.2.1.21 der ECE-R13:

In der ECE-Regelung Nr. 13 (Ergänzung 4 zur Änderungsserie 9) und in der Richtlinie 98/12/EG (siehe Anhang I, Absatz 2.2.1.24) wird gefordert, dass bei einem Kraftfahrzeug, das für das Ziehen eines Anhängers der Klassen O<sub>3</sub> oder O<sub>4</sub> zugelassen ist, die Betriebsbremsanlage des Anhängers nur zusammen mit der Betriebs-, Hilfs- oder Feststellbremsanlage des Zugfahrzeugs betätigt werden kann. Damit soll während der Fahrt auf öffentlichen Straßen die Gefahr einer Überhitzung der Anhängerbremsen ausgeschlossen und darüber hinaus die Erfüllung der Kompatibilitätsanforderungen (vgl. ECE-R13, Anhang 10) sichergestellt werden.



In der Ergänzung 5 zur Änderungsserie 9 der ECE-R13 wurde diese Vorschrift weiter präzisiert und ausdrücklich zugelassen, dass die alleinige Betätigung der Anhängerbremsen (ohne Betätigung der Bremsung des Zugfahrzeugs) erlaubt ist, wenn diese zur Stabilisierung der Fahrzeugkombination vorgenommen wird.

Im Absatz 5.2.2.17.1 der Ergänzung 7\* zur Änderungsserie 9 der ECE-R13 wird zugelassen, dass das Anhängfahrzeug auch einen Fehler im elektrischen Teil der Übertragungseinrichtung des Stabilitätssystems mit dem gelben Warnsignal gemäß Absatz 5.2.1.29.2 der ECE-R13 über Pin 5 der ISO-Steckverbindung 7638 an das Zugfahrzeug senden darf.

\*Anm.: Zur Zeit noch nicht in Kraft getreten

## 5. Schlussbescheinigung

Im Trailer EBS ist die Funktion „Roll Stability Support“ integriert, die der Überrollneigung des Anhängfahrzeugs entgegenwirkt. Beim RSS werden die Signale der individuellen Raddrehzahlen und des Querschleunigungssensors ermittelt und vom System ausgewertet. Eine automatische Bremsung des Anhängfahrzeugs wird ausgelöst, wenn bestimmte vorgegebene oder vom System berechnete Grenzwerte überschritten werden.

In dem vorliegenden technischen Bericht wurden die Aspekte hinsichtlich der Vorschriftsmäßigkeit und des Fahrverhaltens dieser speziellen Funktion begutachtet.

In den vorgenommenen Versuchen konnte gezeigt werden, dass die Funktion „Roll Stability Support“ die Fahrsicherheit erhöht.

Die speziellen Anforderungen an „EBS-Anhängfahrzeuge“ gemäß dem Stand der ECE-Regelung Nr. 13, Ergänzung 6 zur Änderungsserie 9 wurden positiv überprüft.

Essen, den 03.09.2002

TDB/Gaupp

Auftr.-Nr. 204 390 30

Institut für Fahrzeugtechnik  
Technischer Dienst für Bremsanlagen



Dipl.-Ing. Gaupp



<b>Trailer EBS Roll Stability Support</b>	<b>Anhang 1 Fahrzeugdaten</b>
Seite 1 / 1	



## 1 Sattelkraftfahrzeug

### 1.1 Sattelzugmaschine

Hersteller:	RVI
Type:	Premium
Art:	4x2
Achse / Fahrwerk	
- Vorderachse:	5400 kg
- Hinterachse:	8600 kg
Radstand:	3640 mm
- Sattelvormmaß:	600 mm
- Federung:	Luftfederung

### 1.2 Sattelanhänger

Hersteller:	Renders
Achsanzahl:	3
Fahrzeugkategorie:	O <sub>4</sub>
Beladung:	Tankcontainer mit 22 000 l Wasser
Achslast:	je 7500 kg
Zugsattellast:	7500 kg
Federung:	Luftfederung
Bremsenart:	Trommel
Schwerpunktshöhe:	ca. 2100 mm
Radstand:	6800/1300/1300 mm
Fahrzeugbreite ohne Stützräder:	2500 mm
Fahrzeugbreite mit Stützrädern:	4500 mm
EBS/ABS Konfiguration:	2S/2M

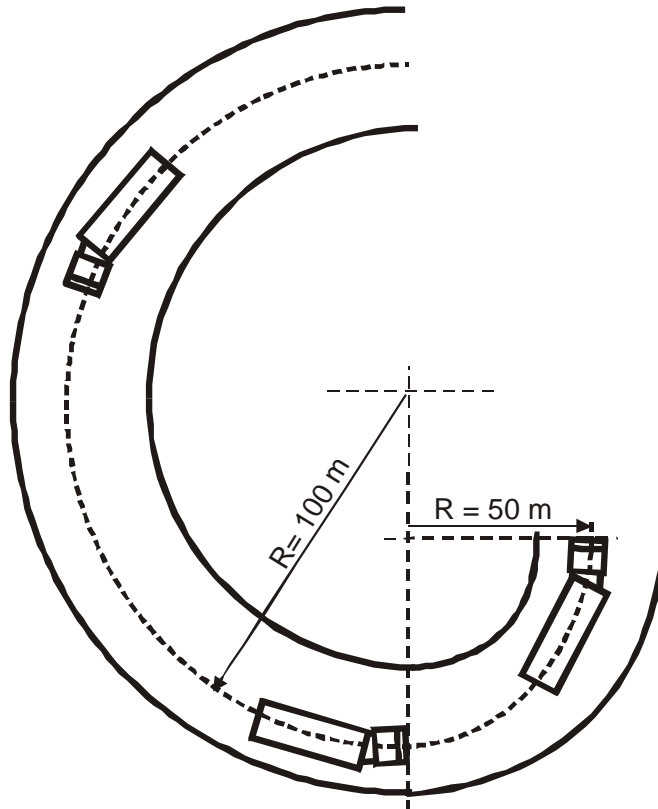
### 1.3 Fahrzeugkombination

Zug-Gesamtgewicht:	36 500 kg
--------------------	-----------

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 2</b>  <b>“Hundekurven Test”</b> (Increasing Curvature Test)
Seite 1 / 3	

## 1. Testbedingungen

Der Test wurde auf einer Fahrbahn mit folgendem Verlauf durchgeführt.



**Bild 1**

**Fahrbahnoberfläche:** trockener Asphalt

$R_o = 100$  m (Radius der Kreisbahn bei der Geschwindigkeit  $v_o$ )

$R_{min} = 50$  m (Radius der Kreisbahn bei maximaler Querbeschleunigung)

Es wurde bis zum Kurveneingang mit konstanter Geschwindigkeit  $v_o$  auf einer Kreisbahn mit ca. 100 m Radius gefahren. Am Kurveneingang nimmt die Kurvenkrümmung kontinuierlich zu bzw. der Kurvenradius (bezogen auf den Momentanpol) bis auf ca. 50 m ab, danach nimmt die Kurvenkrümmung wieder ab.

Trailer EBS Roll Stability Support	<h2>Anhang 2</h2> <h3>“Hundekurven Test” (Increasing Curvature Test)</h3>
Seite 2 / 3	



## 2. Testergebnisse

	ohne RSS			mit RSS				
$v_0$ [km/h] Kurveingangsgeschwindigkeit	< 50	<b>50</b>	> 50	58	<b>59</b>	60	61	63
$v_K$ [km/h] Geschwindigkeit der inneren Räder beim Abheben	-	<b>50</b>	= $v_0$	-	<b>50</b>	52	53	55
Aufsetzen des Stützrades	nein	<b>nein</b>	ja	nein	<b>nein</b>	ja	ja	ja
$v_G$ [km/h] Kurveingangsgrenzwgeschwindigkeit	<b>50</b>			<b>59</b>				

### Tests ohne RSS

- Ohne RSS wurde die Kurve mit konstanter Geschwindigkeit durchfahren. Bei  $v < 50$  km/h hatten die kurveninneren Räder während der gesamten Kurve Bodenkontakt.

Bei  $v_G = 50$  km/h hoben die Räder im Bereich der höchsten Krümmung leicht ab, das Stützrad setzte noch nicht auf (das Fahrzeug wäre auch ohne Stützräder nicht umgekippt). Für die gegebenen Testbedingungen ergab sich eine Kippgrenzgeschwindigkeit von 50 km/h.

Wurde die Geschwindigkeit auf über 50 km/h erhöht, so setzte das äußere Stützrad immer auf, d. h. der Sattelzug würde immer bei der jeweiligen Kurveingangsgeschwindigkeit umkippen.

### Tests mit RSS

- Bei diesen Tests konnten höhere Kurveingangsgeschwindigkeiten gewählt werden als ohne RSS, da das Anhängfahrzeug bei Erreichen der RSS Anregelschwelle selbsttätig eingebremst und damit die Fahrzeugkombination verzögert wurde.

Bei einer Kurveingangsgeschwindigkeit  $v_0 = 58$  km/h reichte die Verzögerung durch RSS aus, um die Fahrzeuggeschwindigkeit im Bereich der stärksten Kurvenkrümmung soweit zu reduzieren, dass die kurveninneren Räder nicht von der Fahrbahn abhoben.

Bei einer Kurveingangsgeschwindigkeit  $v_0 = 59$  km/h (=  $v_G$ ) kam es auch bei aktiviertem RSS zum leichten Abheben der inneren Räder, da die Gesamtverzögerung durch den Bremseneingriff der RSS-Funktion nicht ausreichte um die Fahrzeuggeschwindigkeit genügend zu reduzieren. Ein Aufsetzen des Stützrades wurde jedoch bei dieser Kurveingangsgeschwindigkeit noch vermieden (das Fahrzeug wäre auch ohne Stützräder nicht umgekippt).

Wurde die Kurveingangsgeschwindigkeit  $v_0$  auf über 59 km/h erhöht, so setzte das äußere Stützrad auf (der Sattelzug wäre ohne Stützräder umgekippt).

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 2</b>  <b>“Hundekurven Test”</b> <b>(Increasing Curvature Test)</b>
Seite 3 / 3	



Durch die weitere Erhöhung der Kurveneingangsgeschwindigkeit wurde das Aufsetzen des Stützrades (Ort des Kippens) nach vorn, zum weniger gekrümmten Bereich, verlagert (kippkritische Querschleunigung  $a_q = v^2/R$ ). Damit erfolgte das Aufsetzen des Stützrades bei höheren Geschwindigkeiten (52 bis 55 km/h).

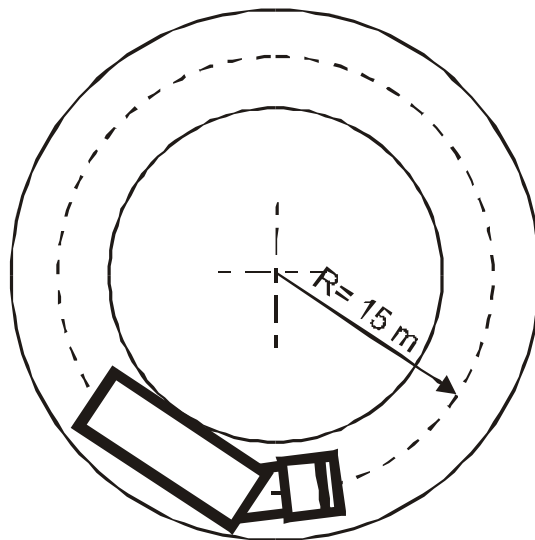
#### **$v_0$ ohne und mit RSS**

- Ohne RSS liegt, unter den oben aufgeführten Testbedingungen, die maximale mögliche Kurveneingangsgeschwindigkeit  $\mathbf{v_0}$  ( $= \mathbf{v_G}$ ), bei der das äußere Stützrad während der Kurvendurchfahrt noch nicht aufsetzt bei 50 km/h. Bei den Tests mit RSS-Funktion konnte die Kurveneingangsgeschwindigkeit  $\mathbf{v_0}$  auf 59 km/h erhöht werden, ohne dass ein kritischer Fahrzustand während der Kurvendurchfahrt auftrat.

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 3</b>  <b>„Konstanter Kreis Test“</b> <b>(Constant Circle Test)</b>
Seite 1 / 2	

## 1. Testbedingungen

Der Test wurde auf einer Fahrbahn mit folgendem Verlauf durchgeführt.



**Bild 2**

**Fahrbahnoberfläche:** trockener Asphalt

R = ca. 15 m

Dieser Test wurde mit und ohne RSS-Funktion durchgeführt:

- Ohne RSS wurde das Versuchsfahrzeug bis zu der Geschwindigkeit beschleunigt, bei der es zum Aufsetzen des äußeren Stützrades kam.
- Mit RSS wurde das Versuchsfahrzeug bis zu der Geschwindigkeit beschleunigt, bei der das Anhängefahrzeug automatisch eingebremst wurde.

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 3</b>  <b>„Konstanter Kreis Test“</b> <b>(Constant Circle Test)</b>
Seite 2 / 2	



## 2. Testergebnisse

	Mittelwerte ohne RSS	Mittelwerte mit RSS
<b>v<sub>1</sub></b> [km/h] Geschwindigkeit, bei der ersten RSS Regelbremsung (bei der die Anregelschwelle erreicht wurde)	-	23
<b>v<sub>2</sub></b> [km/h] Geschwindigkeit, bei der die Bremsung mit hohem Druck erfolgte	-	25
<b>v<sub>k</sub></b> [km/h] Geschwindigkeit der inneren Räder beim Abheben	28	-

### Tests ohne RSS

Die Fahrzeugkombination wurde auf eine Geschwindigkeit beschleunigt, bei der das Anhängfahrzeug zu Kippen begann. Bei den verschiedenen Testfahrversuchen ergab sich eine mittlere Kippgrenzgeschwindigkeit von 28 km/h.

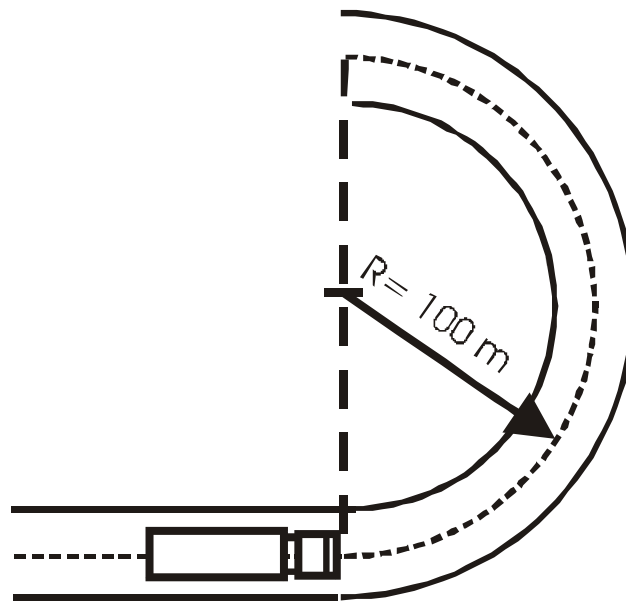
### Tests mit RSS

Mit RSS wurde vor Erreichen der kippkritischen Geschwindigkeit die automatische Bremsung des Anhängfahrzeugs eingeleitet. Die kippkritische Geschwindigkeit wurde dadurch nicht erreicht.

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 4</b>  <b>„J-Kurve Test“</b> <b>(J-Turn Test)</b>
Seite 1 / 2	

## 1. Testbedingungen

Der Test wurde auf einer Fahrbahn mit folgendem Verlauf durchgeführt.



**Bild 3**

**Fahrbahnoberfläche:** Blaubasalt nass

$R = \text{ca. } 100 \text{ m}$

Es wurde die Grenzggeschwindigkeit  $v_G$  ermittelt, bei der das Anhängfahrzeug beim Befahren der Kreisbahn aufgrund nicht mehr ausreichender Seitenführung auszubrechen beginnt. Die kippkritische Querbeschleunigung konnte aufgrund des niedrigen Reibwertes ( $\mu = \text{ca. } 0,2$ ) nicht erreicht werden. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wurde bei diesem Test innerhalb einer Messung konstant gehalten. Die Anfangsgeschwindigkeit vor Einfahrt in den Kreis wurde stufenweise bis zu der Geschwindigkeit erhöht, bei der das Anhängfahrzeug aufgrund nicht mehr ausreichender Seitenführungskräfte instabil wurde und das Heck des Anhängfahrzeugs nach außen aus der Kurve ausscherte.



<b>Trailer EBS Roll Stability Support</b>	<b>Anhang 4</b>  <b>„J-Kurve Test“</b> <b>(J-Turn Test)</b>
Seite 2 / 2	



## 2. Testergebnisse

	<b>ohne RSS</b> [Mittelwerte]	<b>mit RSS</b> [Mittelwerte]
<b>v<sub>G</sub></b> [km/h] Grenzgeschwindigkeit, bei der das Anhängfahrzeug instabil wurde (ausbrach)	ca. 47	ca. 47

### Tests ohne RSS

Ohne RSS betrug die maximal mögliche Kurvengeschwindigkeit, bei der das Anhängfahrzeug noch in der Fahrspur geführt werden konnte, ca. 47 km/h. Oberhalb dieser Geschwindigkeit brach der hintere Teil des Anhängfahrzeugs aus, da aufgrund der relativ niedrigen Kraftschlussbedingungen zwischen Rädern und Fahrbahn nicht genügend hohe Seitenführungskräfte übertragen werden konnten.

Ein Kippen des Anhängfahrzeugs konnte daher nicht herbeigeführt werden. Der Reibwert war zu niedrig, um die kippkritische Querbeschleunigung erreichen zu können.

### Tests mit RSS

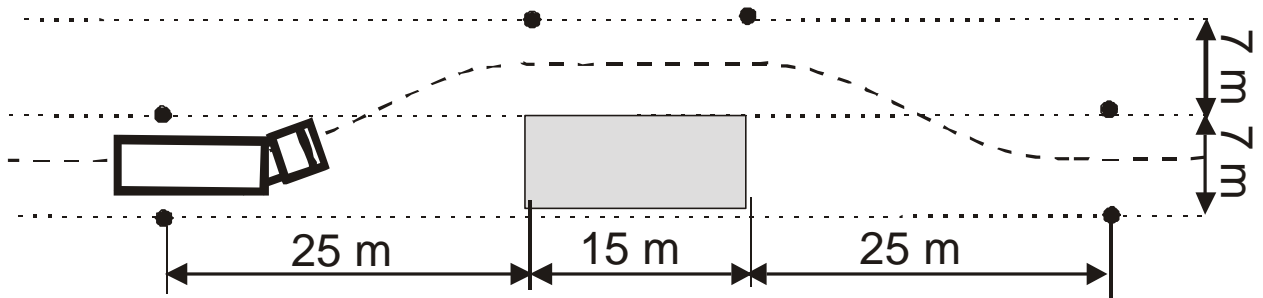
Aufgrund der physikalischen Bedingungen war die maximal mögliche Kurvengeschwindigkeit wie bei den Versuchen ohne RSS ebenfalls ca. 47 km/h. Das Anhängfahrzeug wurde instabil (tangenciales Ausbrechen des Anhängerhecks aus der Kreisbahn), noch bevor die RSS Anregelschwellen erreicht wurden.

Trailer EBS Roll Stability Support	<h1>Anhang 5</h1> <h2>„Doppelter Spurwechseltest“ (Lane Change Test)</h2>
Seite 1 / 3	



### 1. Testbedingungen

Der Test wurde auf einer Fahrbahn mit folgendem Verlauf durchgeführt:



**Bild 4**

**Fahrbahnoberfläche:** feucht-trockener Asphalt

Die Ausgangsgeschwindigkeit  $v_0$  ist die Geschwindigkeit bei Beginn des Ausweichmanövers.

Durch Vorversuche wurde ermittelt, bei welcher Ausgangsgeschwindigkeit  $v_0$  die Grenzausgangsgeschwindigkeit  $v_G$  erreicht wurde, bei der die kurveninneren Räder während des Spurwechselmanövers abhoben.

Diese Ausgangsgeschwindigkeit  $v_0$  wird jeweils als die Grenzgeschwindigkeit  $v_G$  angenommen, bei der das Fahrzeug gerade noch nicht umkippt.

Fahrten oberhalb der Grenzgeschwindigkeit  $v_G$  wurden aus Sicherheitsgründen nicht durchgeführt, da bei diesem Fahrmanöver das Stützrad am Anhängfahrzeug nur bis zu einer gewissen Grenze das Umkippen verhindern kann.

Trailer EBS Roll Stability Support	<b>Anhang 5</b>  <b>„Doppelter Spurwechseltest“</b> (Lane Change Test)
Seite 2 / 3	



## 2 Testergebnisse

ohne RSS			
	Messung 1	Messung 2	Messung 3
$v_o (= v_G)^*$ [km/h] Ausgangsgeschwindigkeit vor Ausweichmanöver	50	51	52
$v_o = v_G$ [km/h], Mittelwert aus Messungen 1, 2, 3	51		
$v_K$ [km/h] Geschwindigkeit der inneren Räder beim Abheben	49	50	51
$v_K$ [km/h], Mittelwert aus Messungen 1, 2, 3	50		

mit RSS			
	Messung 4	Messung 5	Messung 6
$v_o (= v_G)^*$ [km/h] Ausgangsgeschwindigkeit vor Ausweichmanöver	67	67	68
$v_o = v_G$ [km/h], Mittelwert aus Messungen 4, 5, 6	67		
$v_K$ [km/h] Geschwindigkeit der inneren Räder beim Abheben	50	- (noch kein Abheben)	- (noch kein Abheben)

\* Bei den hier aufgeführten Messungen handelt es sich um die Ausgangsgeschwindigkeiten  $v_o$ , bei denen es sich gleichzeitig auch um die Grenzggeschwindigkeiten  $v_G$  handelt. Während dieser Tests hoben die inneren Räder beim Spurwechselmanöver nicht oder leicht ab. Bei allen Versuchen setzte das äußere Stützrad noch nicht auf.

### Tests ohne RSS

Ohne RSS konnte der doppelte Spurwechsel mit einer Ausgangsgeschwindigkeit bis maximal 51 km/h (Mittelwert) gefahren werden. Das Abheben der kurveninneren Rädern (Einsetzen des Kippvorgangs) erfolgte bei ca. 50 km/h im hinteren Bereich des Spurwechsel (Wiedereinscheren in die rechte Fahrspur).

<b>Trailer EBS</b> <b>Roll Stability Support</b>	<h1>Anhang 5</h1> <h2>„Doppelter Spurwechseltest“</h2> <p>(Lane Change Test)</p>
Seite 3 / 3	



### Tests mit RSS

Die Ausgangsgeschwindigkeiten bei den Fahrversuchen mit RSS waren höher als bei denen ohne RSS. Sie wurden durch Vorversuche so gewählt, dass die Verzögerung durch RSS ausreichte, um die Fahrzeuggeschwindigkeit auf die kritische Grenzggeschwindigkeit  $v_K$  abzubremsen.

Mit RSS wurde das Anhängfahrzeug bereits beim Ausscheren auf die linke Spur mit hohem Druck eingebremst. Ab diesem Zeitpunkt verringerte sich die Fahrzeuggeschwindigkeit wesentlich stärker als bei den Testfahrten ohne RSS, bei denen die Geschwindigkeit lediglich durch geringes Gaswegnehmen beim unmittelbaren Spurwechsel reduziert wurde.

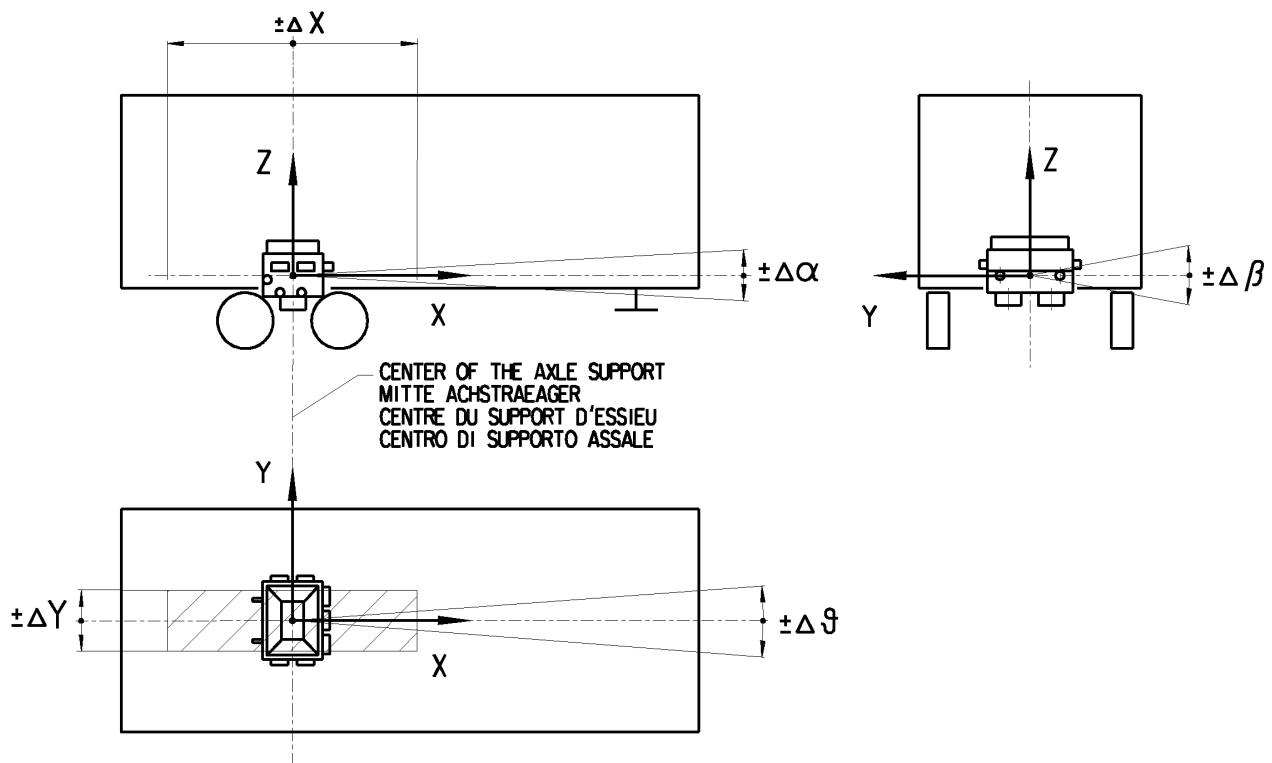
Mit RSS konnte daher der Spurwechseltest mit einer höheren Ausgangsgeschwindigkeit  $v_o$  durchgeführt werden (67 km/h gegenüber 51 km/h ohne RSS).

Aufgrund der physikalischen Grenzbedingungen ergab sich jedoch ungefähr die selbe Geschwindigkeit wie bei den Testfahrten ohne RSS, bei der es zum Abheben der kurveninneren Rädern kam.

## RSS mit Querbesehleunigungssensor Einbauvorschrift

### Zulässige Einbaulage RSS Modulator:

D X [mm]	D Y [mm]	D a	D β	D J
±2000	±300	±15°	±3°	±3°



Bremszylinder und Sensoren der jeweiligen Anhängerseite sind ausschließlich mit der zugewandten Modulatorseite zu verbinden.

Es ist zu empfehlen, die Modulatorneigung per PC-Diagnose zu kalibrieren bzw. zu überprüfen. Bei nicht durchgeführter Kalibrierung erfolgt eine Selbstkalibrierung im Fahrbetrieb.