

**TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG**  
**Fachgruppe Ladungssicherung**  
**Am TÜV 1**  
**30519 Hannover**

**Prüfbericht zur Ladungssicherung**

**8108816180**

**Auftraggeber:**

**Heidelberger Cement AG**

**Berliner Straße 10**  
**69120 Heidelberg**

**Auftrag:**

**Dynamische Fahrversuche in Dreierwalde ab 6.3.2012**  
**mit kraftschlüssig gesicherten unterschiedlichen Zementladungen**

## Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen.....	3
2. Prüfung der Funktion der Ladungssicherung durch dynamische Prüfungen .....	3
2.1 Angaben zur Ladung und zum Fahrzeug: .....	4
Versuchsreihe 1 Big Bags .....	4
Versuchsreihe 2 Portlandzement 90 µ Folienhaube .....	4
Versuchsreihe 3 Bergbaupaletten .....	4
Versuchsreihe 4 Dämmer 80 µ Folienhaube .....	5
3. Versuchsreihe 1.....	5
Ladung Big Bags .....	5
Prüfung der Querbeschleunigung (0,5g) .....	5
Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis.....	7
Prüfung Spurwechseltest mit Querbeschleunigung (0,5g) .....	9
Einfahrversuch Spurwechseltest .....	10
4. Versuchsreihe 2.....	12
Portland Zement 90 µ Streckfolie.....	12
Prüfung der Querbeschleunigung (0,5g) .....	12
Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis.....	13
Prüfung Spurwechseltest mit Querbeschleunigung (0,5g) .....	14
Einfahrversuch Spurwechseltest .....	14
5. Versuchsreihe 3 Bergbaupaletten .....	16
Prüfung der Querbeschleunigung (0,5g) .....	16
Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis.....	16
Prüfung Spurwechseltest mit Querbeschleunigung (0,5g) .....	18
6. Versuchsreihe 4 Dämmer 80 µ Folienhaube .....	20
Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis.....	20
Prüfung Spurwechseltest mit Querbeschleunigung (0,5g) .....	21
7. Versuchsreihe 17.4.2012 Kraftmessung bei Vollbremsungen in Fahrtrichtung ....	23
8. Ergebnis .....	25

## 1. Grundlagen

Die gesetzlichen Anforderungen zur Ladungssicherung sind enthalten in Vorschriften der StVO und StVZO.

Die Technische Regel zur Ausführung und Berechnung ist die VDI-Richtlinie 2700 „Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen“.

Die erforderlichen Ladungssicherungskräfte ergeben sich aus VDI 2700 Ziff. 1.3.2.1 mit:

- 0,8 x G in Fahrtrichtung
- 0,5 x G entgegen der Fahrtrichtung
- 0,5 x G quer zur Fahrtrichtung bzw.
- 0,7 x G quer zur Fahrtrichtung für nicht standfeste Güter.

Dabei ist G die Gewichtskraft der jeweils zu sichernden Ladung.

## 2. Prüfung der Funktion der Ladungssicherung durch dynamische Prüfungen

Die Prüfung der Funktion der Ladungssicherungsmaßnahmen erfolgte durch direkte Beaufschlagung durch die Ladungskräfte. Die Beschleunigungen wurden mit dem Messsystem Racelogic V-Box mit 2 angeschlossenen triaxialen Beschleunigungsaufnehmern gemessen und aufgezeichnet. Die Beschleunigungsaufnehmer wurden in Ladungsschwerpunkthöhe vorne und hinten unterm Fahrzeugboden am Sattelanhänger angebracht. Die Geschwindigkeit wurde über GPS gemessen.

Die Prüfungen erfolgten am Fahrzeugaufbau im vorgesehenen Betriebszustand und mit allen Aufbauteilen in Betriebsstellung.

Anwesende Personen bei den Versuchen waren:

- Herr Künne, Herr Mentrup, Herr Wiggelinghoff Firma Heidelberger Cement
- Frau und Herr Bode Firma Lasiconsulting

Die Temperatur am Versuchstag betrug ca. 10° C.

## **2.1 Angaben zur Ladung und zum Fahrzeug:**

Die Beladedaten waren wie folgt:

### **Versuchsreihe 1 Big Bags**

22 Big Bags auf Europaletten

gefüllt mit Zement, Gewicht ca. 1.000 kg

Höhe ca. 1.000 mm

Durchmesser Big Bag ca. 1.200 mm

Ladungsgewicht 22.000 kg

Ladungsbreite ca. 2.400 mm

Gesichert durch einen Zurrurt / 2 Big Bags LC 2.500 daN S<sub>TF</sub> 500 daN

### **Versuchsreihe 2 Portlandzement 90 µ Folienhaube**

18 Europaletten

8 x 25 kg Sack pro Lage, 7 Lagen hoch

1.200 x 900 x 940 mm

Ladungsgewicht pro Palette 1.400 kg

Ladungsgewicht 25.200 kg

Gesichert durch einen Zurrurt / 2 Paletten LC 2.500 daN S<sub>TF</sub> 500 daN

### **Versuchsreihe 3 Bergbaupaletten**

36 Bergbaupaletten

1.450 x 570 x 630 mm

Ladungsgewicht pro Palette 450 kg

Ladungsgewicht 16.200 kg

Gesichert durch einen Zurrurt / 4 Paletten LC 2.500 daN S<sub>TF</sub> 500 daN

#### **Versuchsreihe 4 Dämmer 80 $\mu$ Folienhaube**

18 Europaletten

8 x 25 kg Sack pro Lage, 7 Lagen hoch

1.200 x 900 x 940 mm

Ladungsgewicht pro Palette 1.400 kg

Ladungsgewicht 25.200 kg

Gesichert durch einen Zurrgurt / 2 Paletten LC 2.500 daN  $S_{TF}$  500 daN

Fahrzeugdaten: *Sattelkraftfahrzeug* MAN TGS 18.400  
Kennzeichen WAF- HC 603

*Sattelanhänger* Hersteller Schmitz Cargobull  
Kennzeichen WAF- HC 103

FIN: 3123036

Typ: S 01/ DIN EN 12642 Code XL

Abmessungen im Lichten:

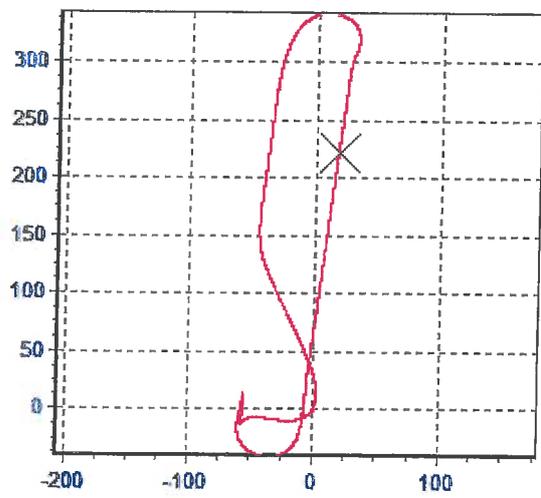
Länge: 13.620 mm; Breite 2.480 mm, Höhe 2.700 mm

### **3. Versuchsreihe 1**

#### **Ladung Big Bags**

#### **Prüfung der Querschleunigung (0,5g)**

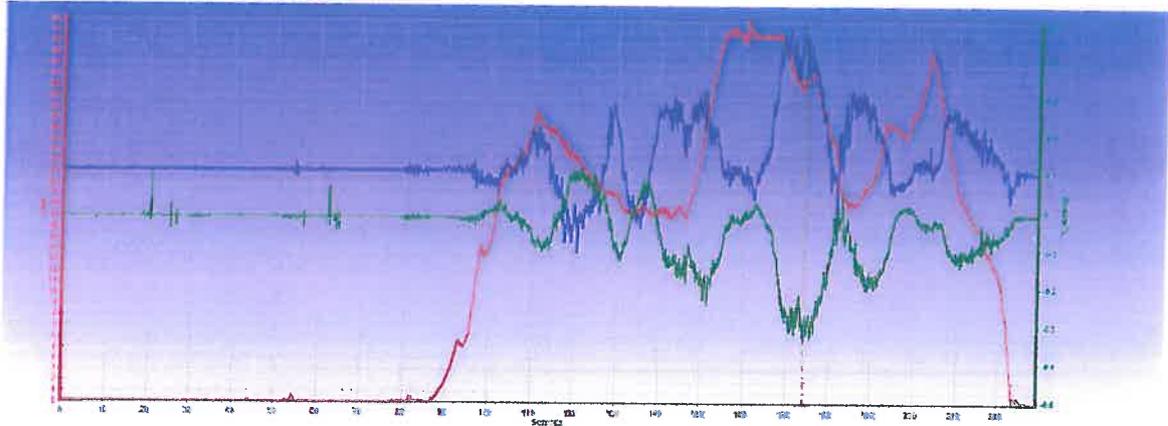
Bei drei hintereinander durchgeführten Prüfungen zur Querschleunigung soll die Kreisbahn als Halbkreis mit einer Geschwindigkeit von  $\geq 30$  km/h durchfahren werden. Dabei soll jeweils eine Querschleunigung von  $\geq 0,5g$  erreicht werden.



Skizze 1 Strecke Halbkreis

## Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis

### 1. Fahrversuch am 6.3.2012

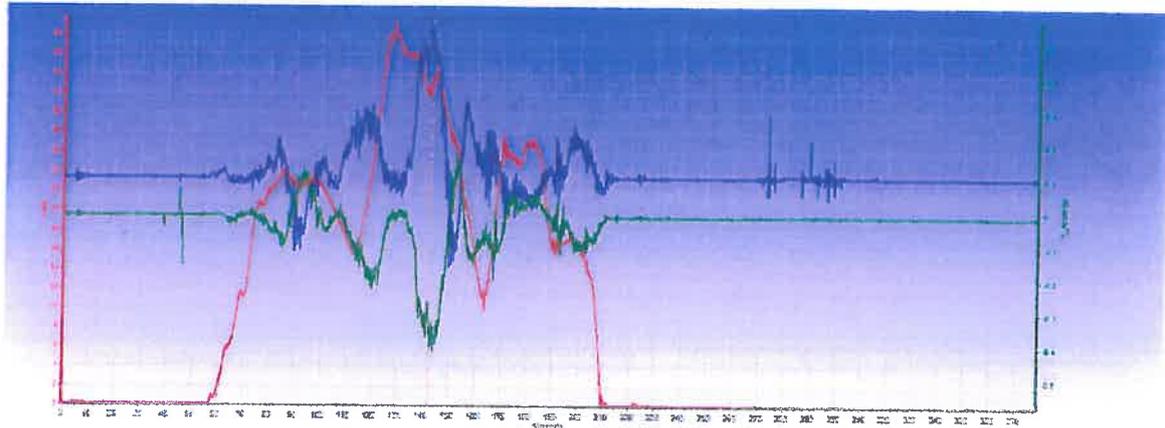


**Max. Geschwindigkeit = 34,21 km/h**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,34$  g**

### 2. Fahrversuch am 6.3.2012

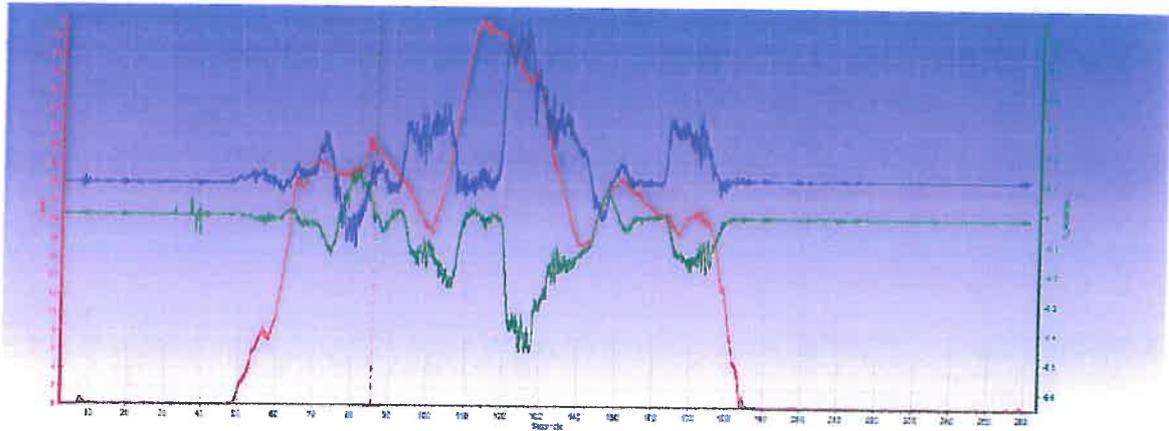


**Max. Geschwindigkeit = 37,47 km/h**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,40$  g**

3. Fahrversuch am 6.3.2012

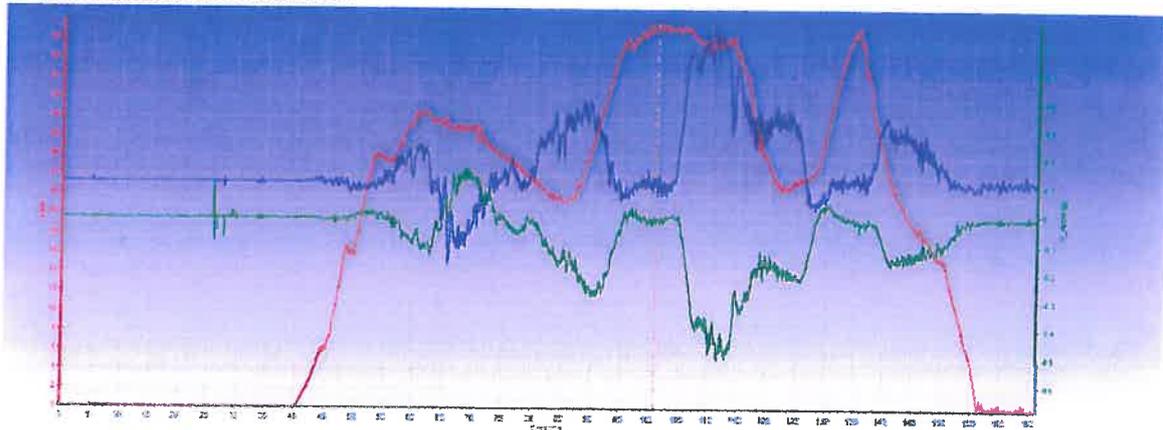


**Max. Geschwindigkeit = 41,09 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

4. Fahrversuch am 6.3.2012

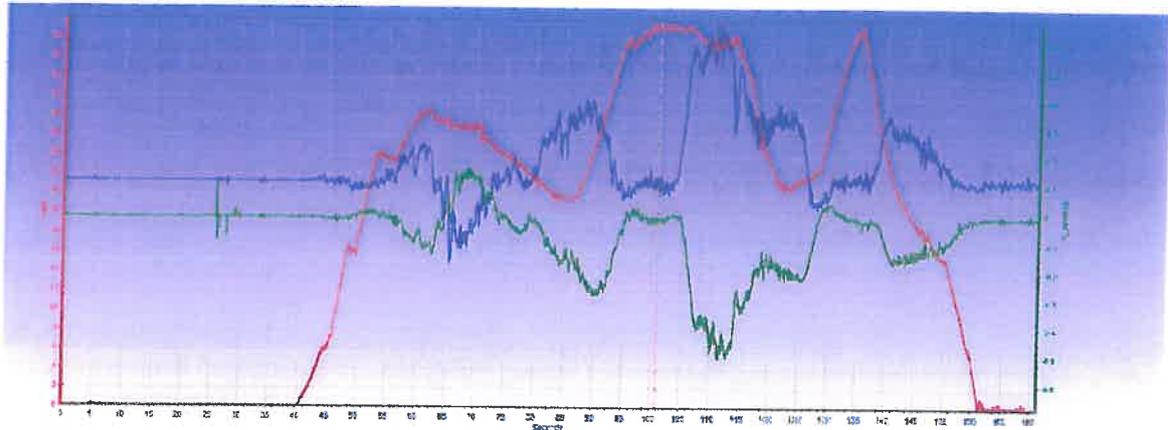


**Max. Geschwindigkeit = 39,60 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

5. Fahrversuch am 6.3.2012

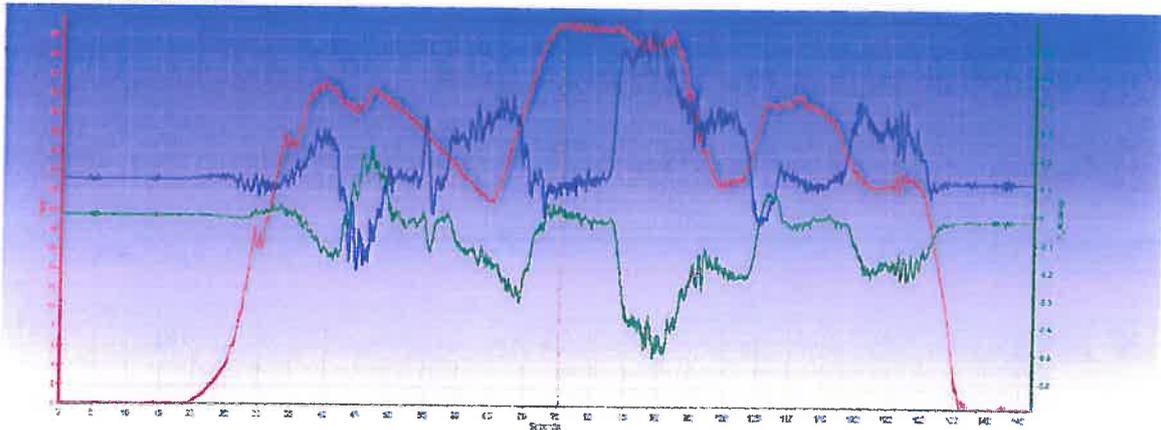


**Max. Geschwindigkeit = 39,60 km/h**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

6. Fahrversuch am 6.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 39,71 km/h**

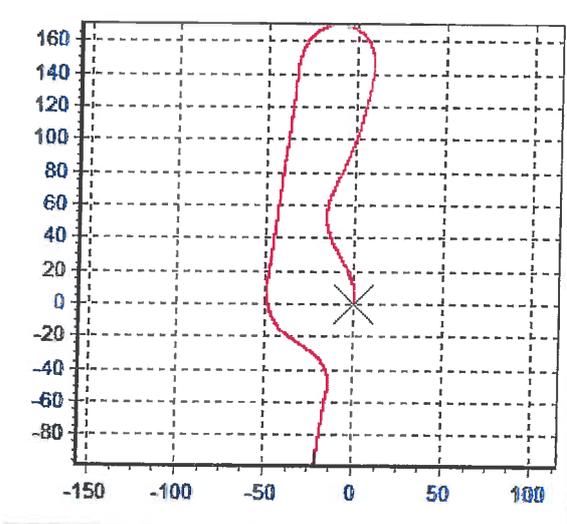
**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

**Prüfung Spurwechseltest mit Querbeschleunigung (0,5g)**

Bei drei hintereinander durchgeführten Prüfungen zur Querbeschleunigung sollen zwei gegenläufige, ineinander übergehende Kreisbahnen (Rechts- und Linksbogenkreiseinfahrt) mit einer Geschwindigkeit von  $\geq 30$  km/h,  $\leq 40$  km/h durchfahren werden. Dabei soll jeweils eine

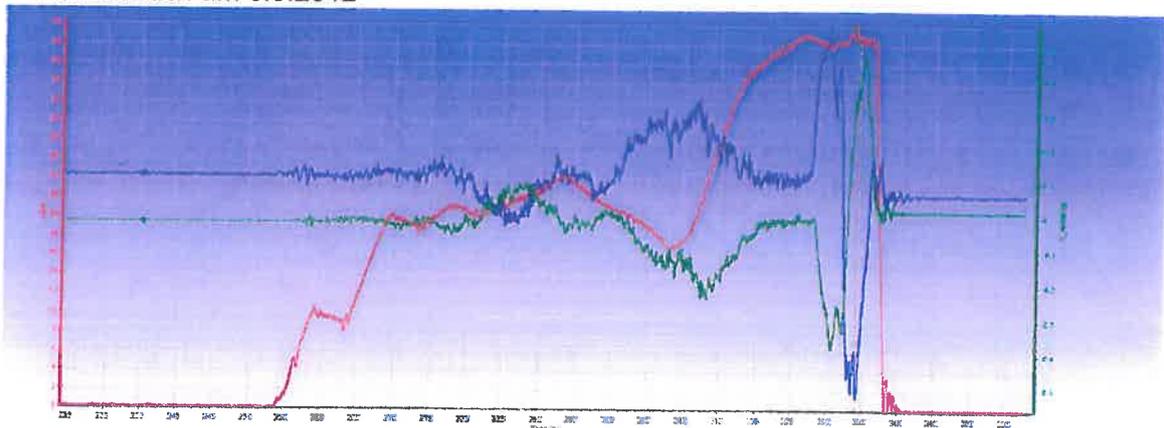
Querbesehleunigung von  $\geq 0,5g$  erreieht werden. Naeh jedem Spurweehseltest soll eine Vollbremsung mit einer Langsverzogerung  $\geq 0,6$  durhgefuhrt werden.



Skizze 2 Strecke Spurweehseltest

### Einfahrversueh Spurweehseltest

7. Fahrversueh am 6.3.2012

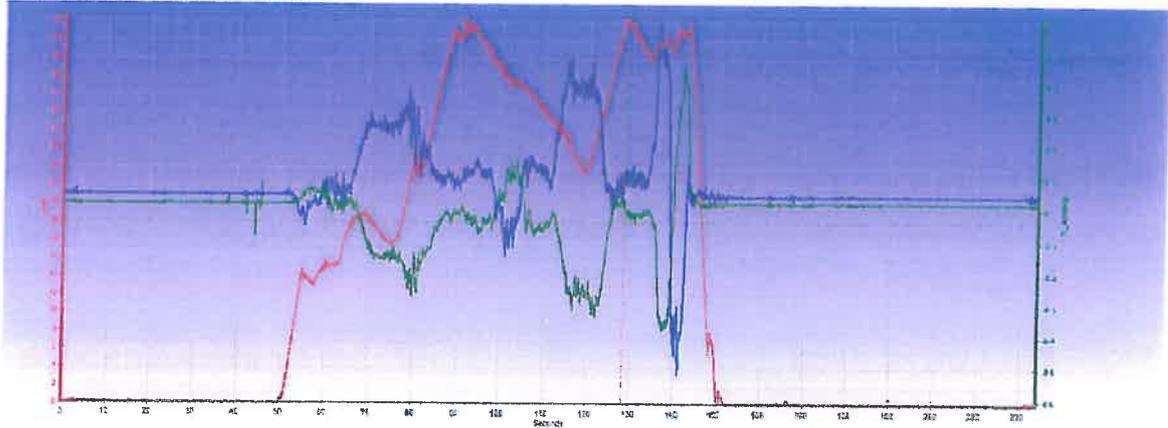


**Max. Geschwindigkeit = 40,27 km/h**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 1  $\geq 0,5 g$**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 2  $\geq 0,5 g$**

8. Fahrversuch am 6.3.2012

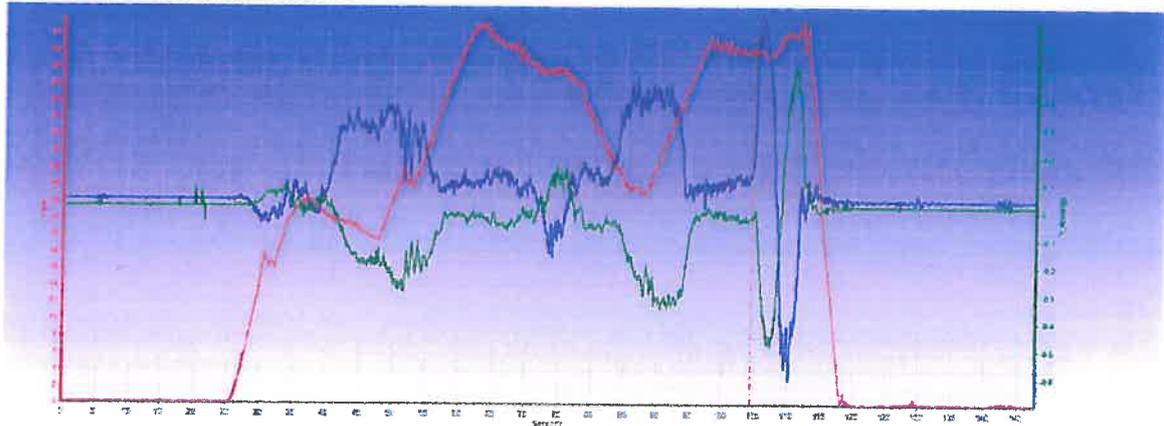


**Max. Geschwindigkeit = 40,93 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

9. Fahrversuch am 6.3.2012

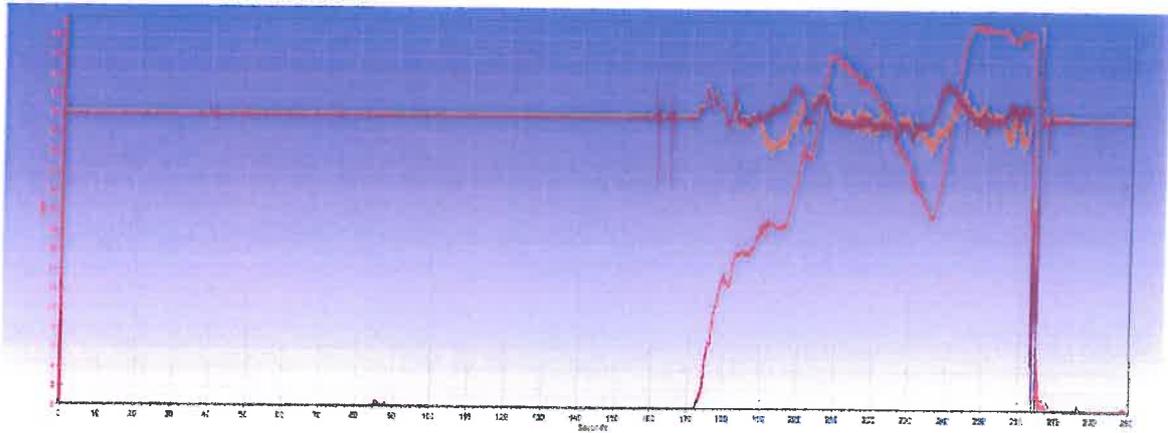


**Max. Geschwindigkeit = 42,14 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

10. Fahrversuch am 6.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 42,18 km/h**

**Max. Verzögerung Sensor 1  $\geq 0,6$  g**

**Max. Verzögerung Sensor 2  $\geq 0,6$  g**

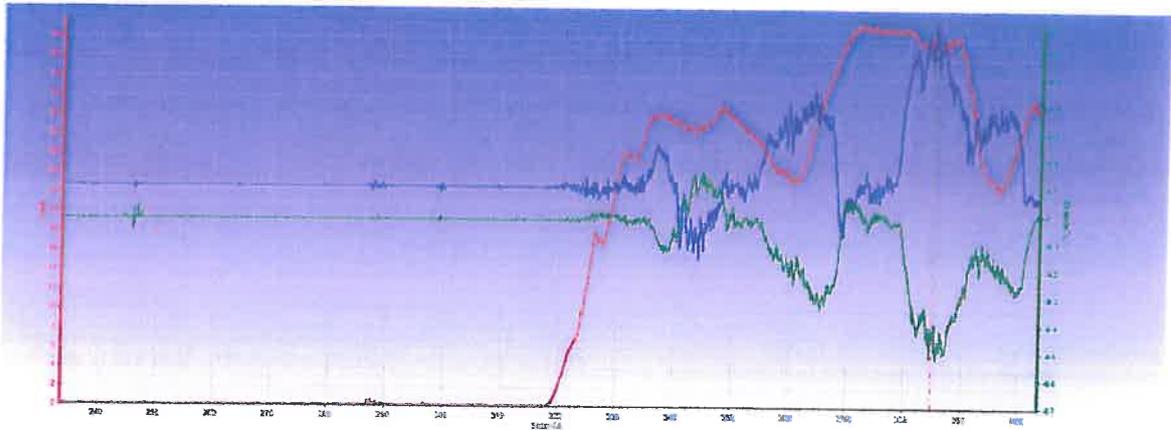
**4. Versuchsreihe 2**

**Portland Zement 90  $\mu$  Streckfolie**

**Prüfung der Querschleunigung (0,5g)**

**Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis**

**11. Fahrversuch am 6.3.2012**

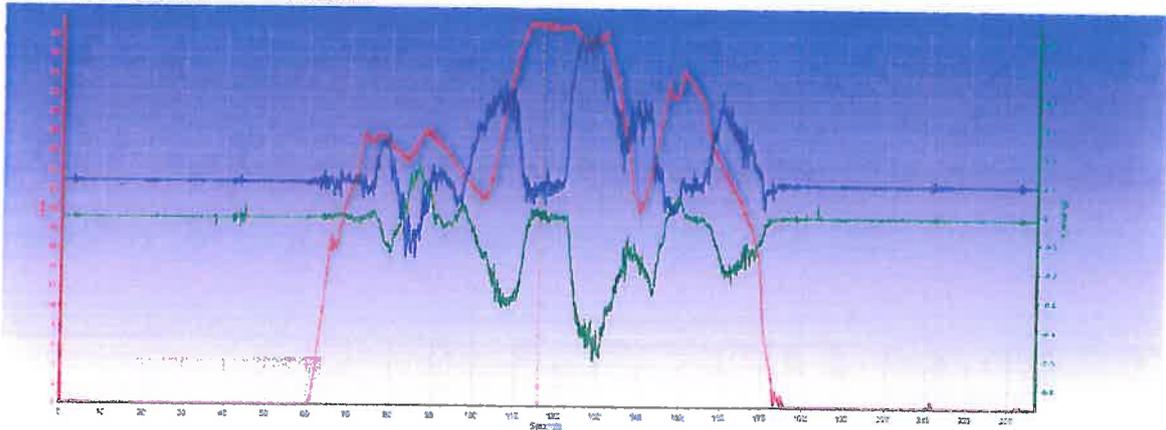


**Max. Geschwindigkeit = 39,37km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

**12. Fahrversuch am 6.3.2012**

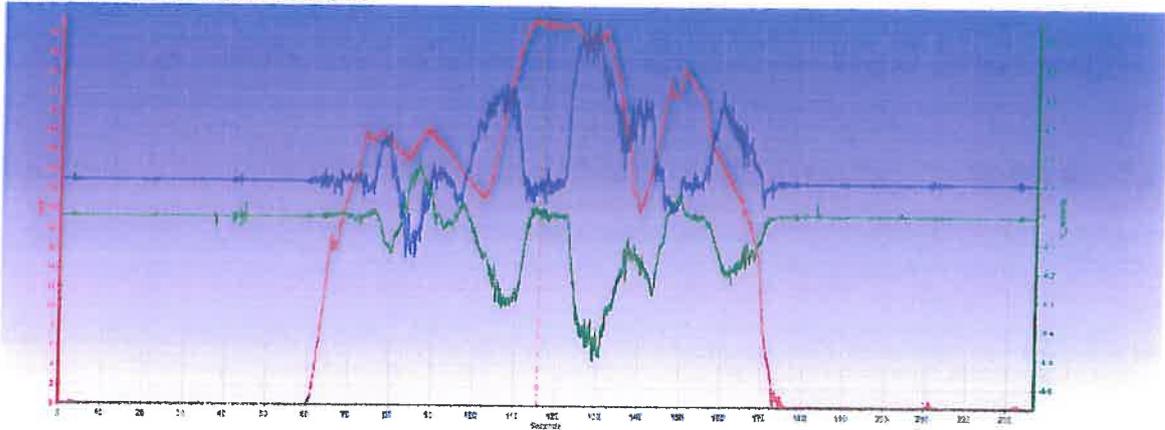


**Max. Geschwindigkeit = 39,36km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

13. Fahrversuch am 6.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 39,36km/h**

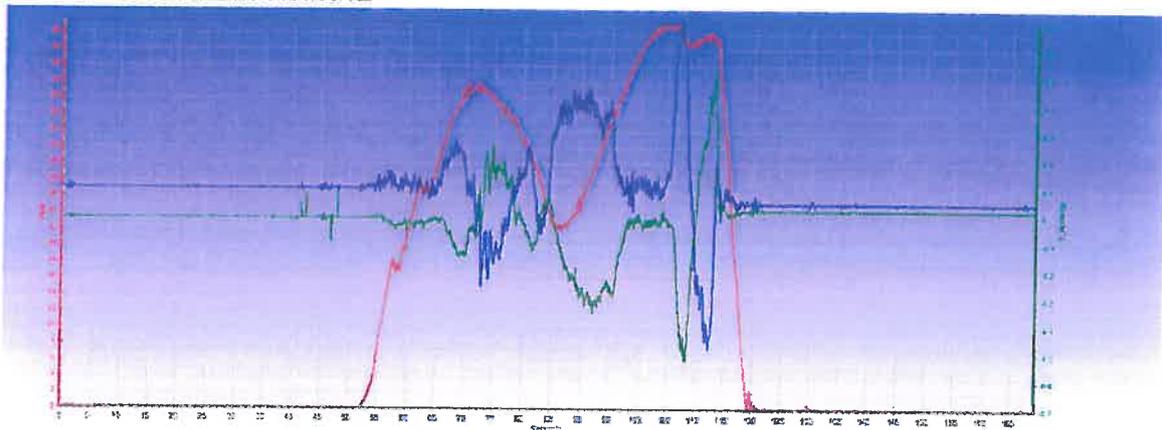
**Max. Querbearhleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbearhleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

Prüfung Spurweehseltest mit Querbearhleunigung (0,5g)

Einfahrversuch Spurweehseltest

14. Fahrversuch am 6.3.2012

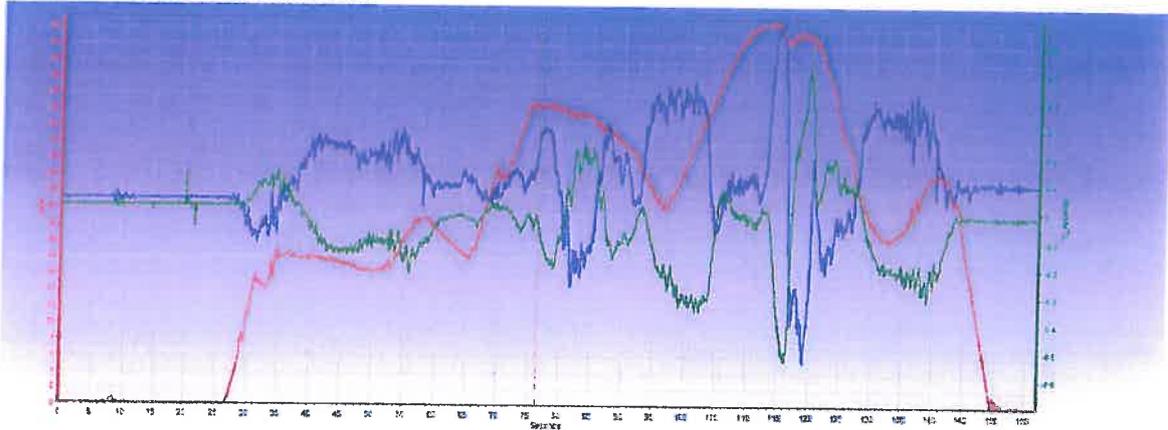


**Max. Geschwindigkeit = 45,99km/h**

**Max. Querbearhleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbearhleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

15. Fahrversuch am 6.3.2012

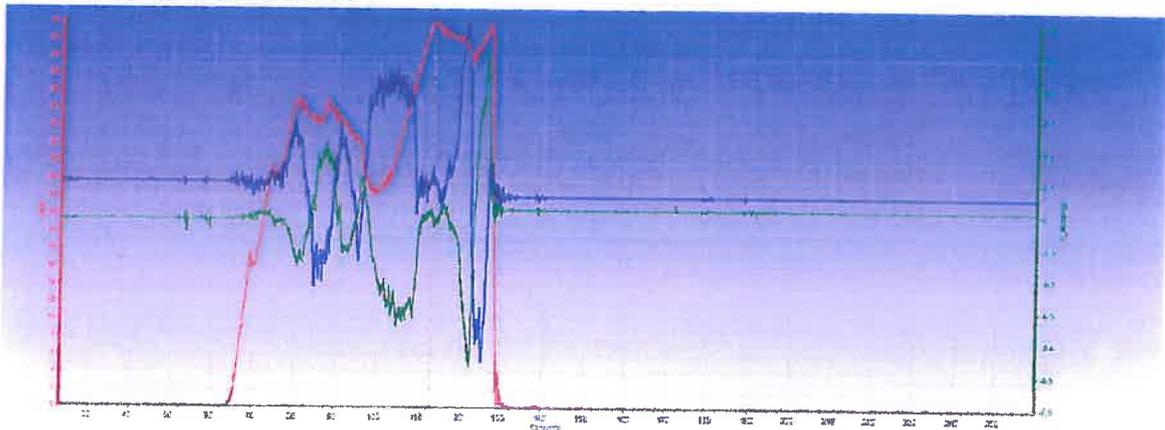


**Max. Geschwindigkeit = 46,58 km/h**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

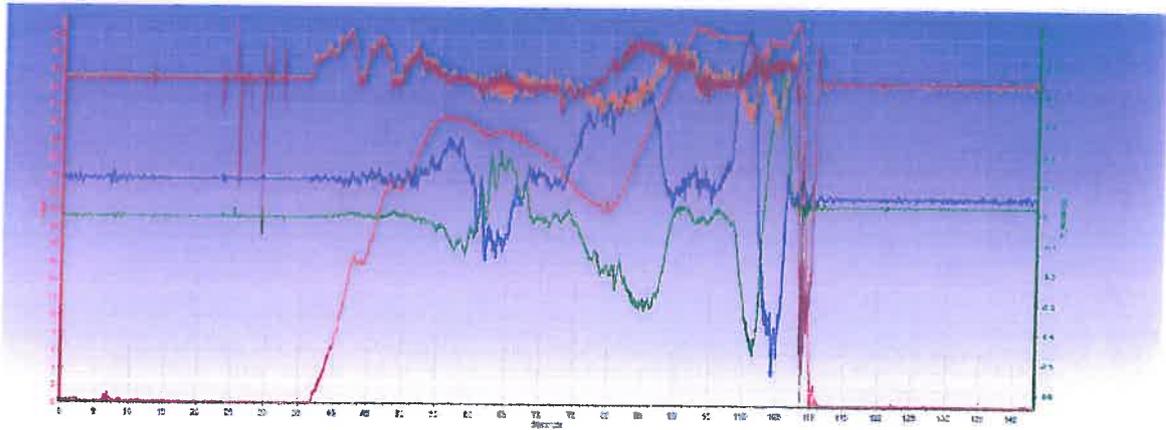
16. Fahrversuch am 6.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 44,38 km/h**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**



**Max. Geschwindigkeit = 43,28 km/h**

**Max. Verzögerung Sensor 1  $\geq 0,6$  g**

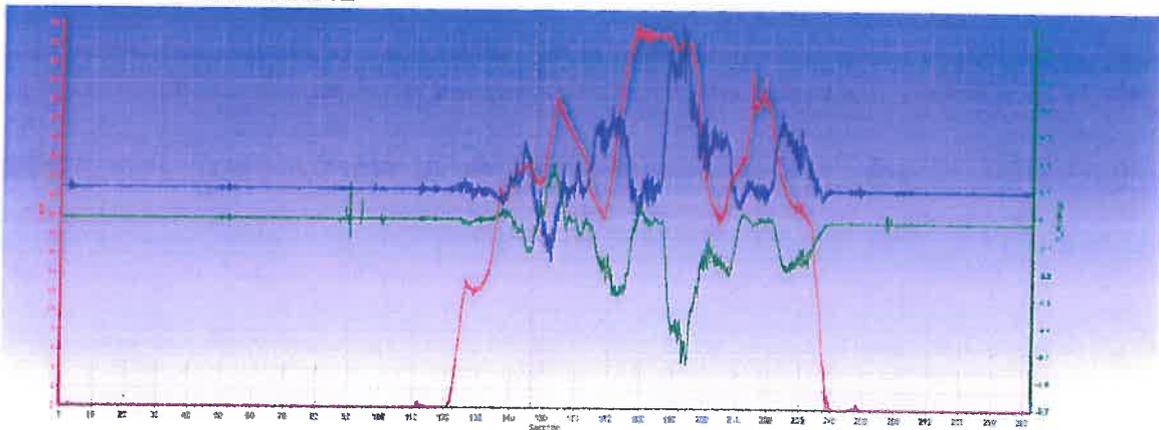
**Max. Verzögerung Sensor 2  $\geq 0,6$  g**

#### 5. Versuchsreihe 3 Bergbaupaletten

Prüfung der Querschleunigung (0,5g)

#### Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis

1. Fahrversuch am 7.3.2012

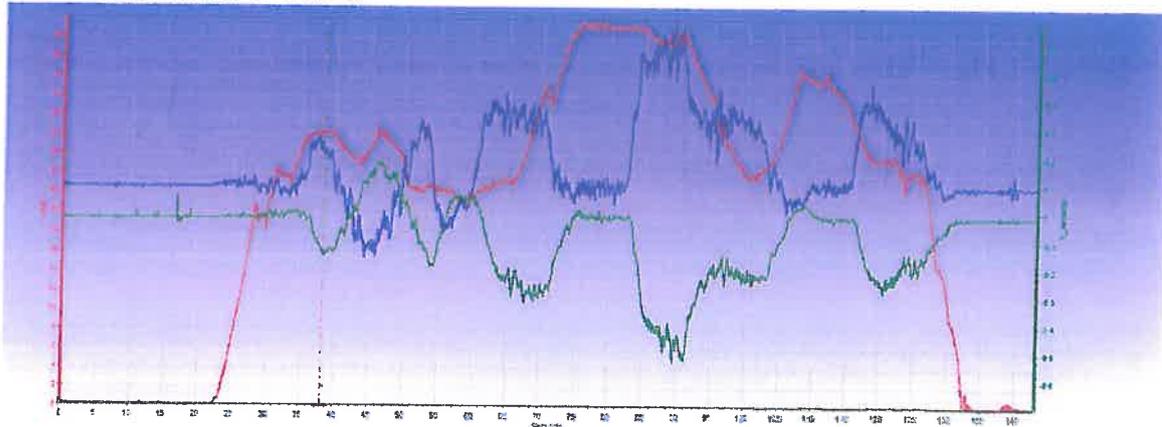


**Max. Geschwindigkeit = 39,60 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

2. Fahrversuch am 7.3.2012

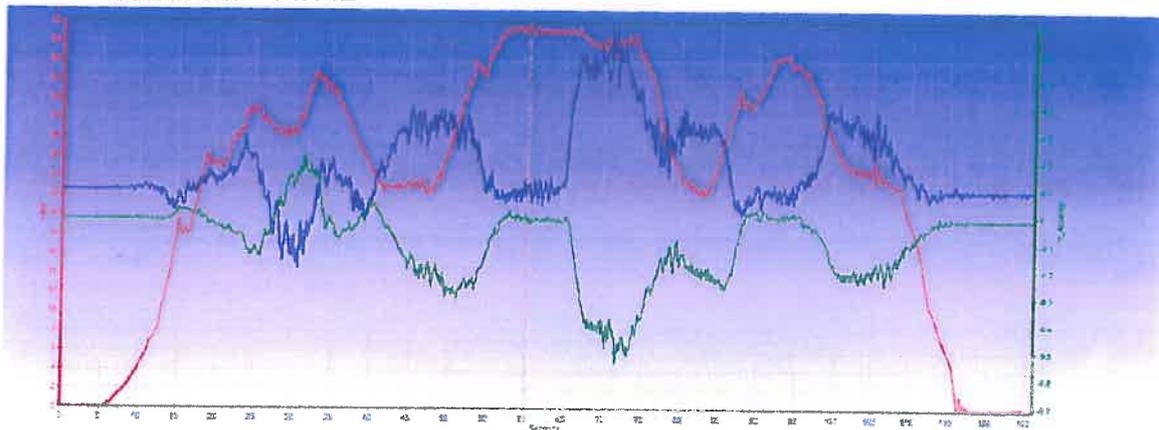


**Max. Geschwindigkeit = 39,20 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

3. Fahrversuch am 7.3.2012



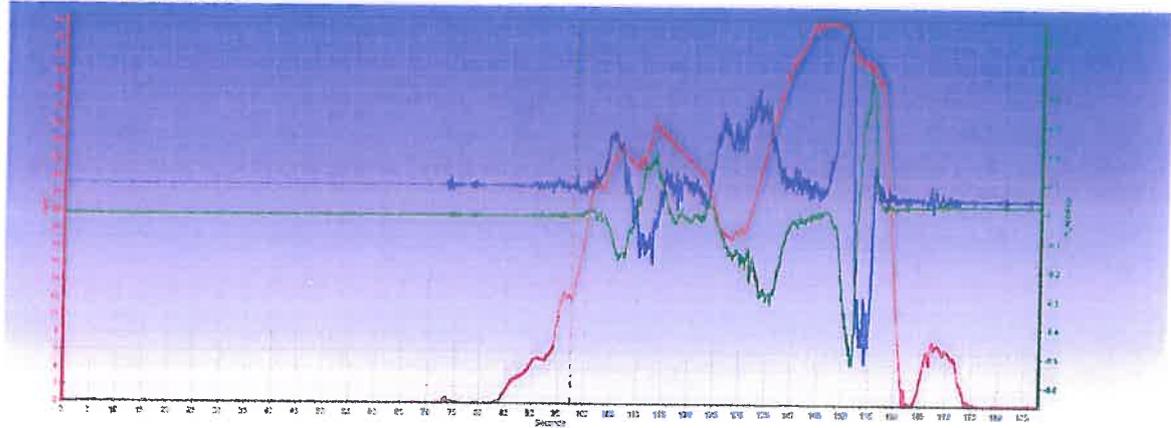
**Max. Geschwindigkeit = 40,01 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

Prüfung Spurwechselfest mit Querbearchleunigung (0,5g)

4. Fahrversuch am 7.3.2012

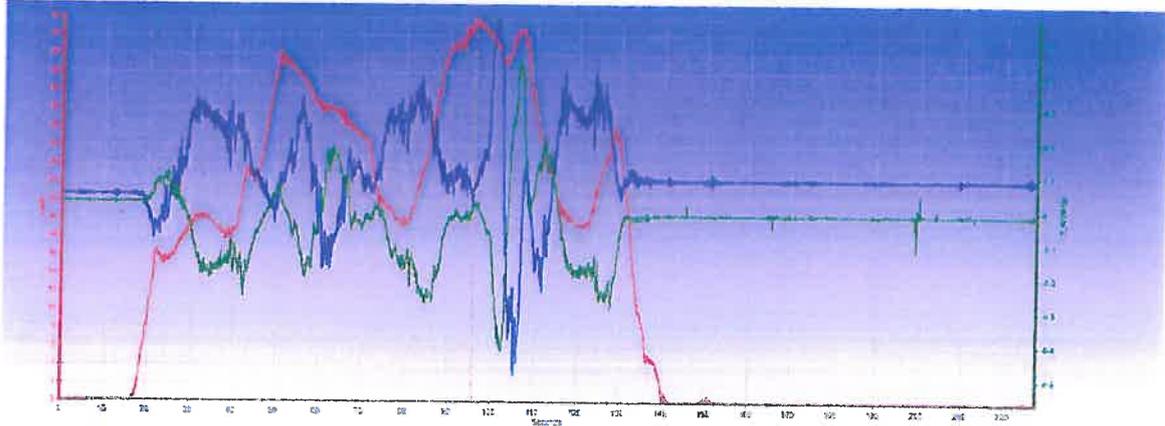


**Max. Geschwindigkeit = 44,19 km/h**

**Max. Querbearchleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbearchleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

5. Fahrversuch am 7.3.2012

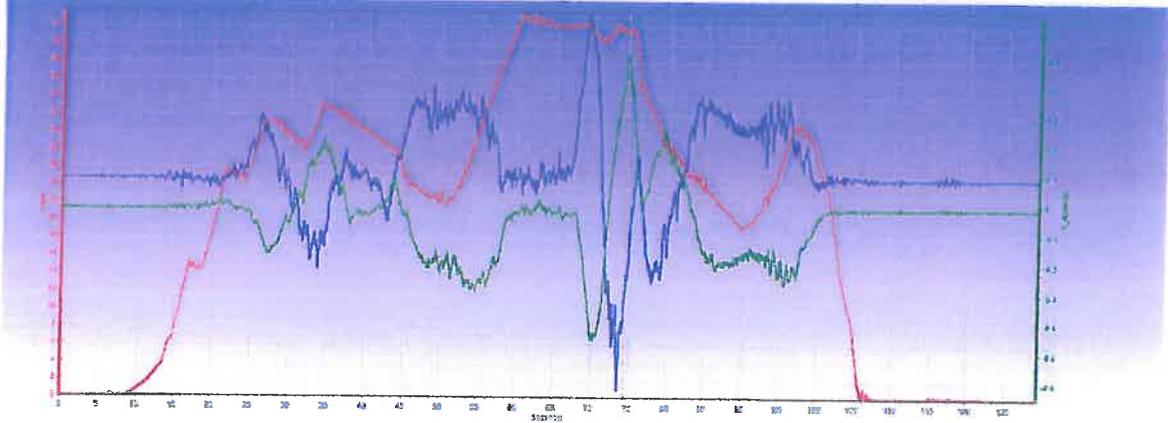


**Max. Geschwindigkeit = 42,10 km/h**

**Max. Querbearchleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbearchleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

6. Fahrversuch am 7.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 42,08 km/h**

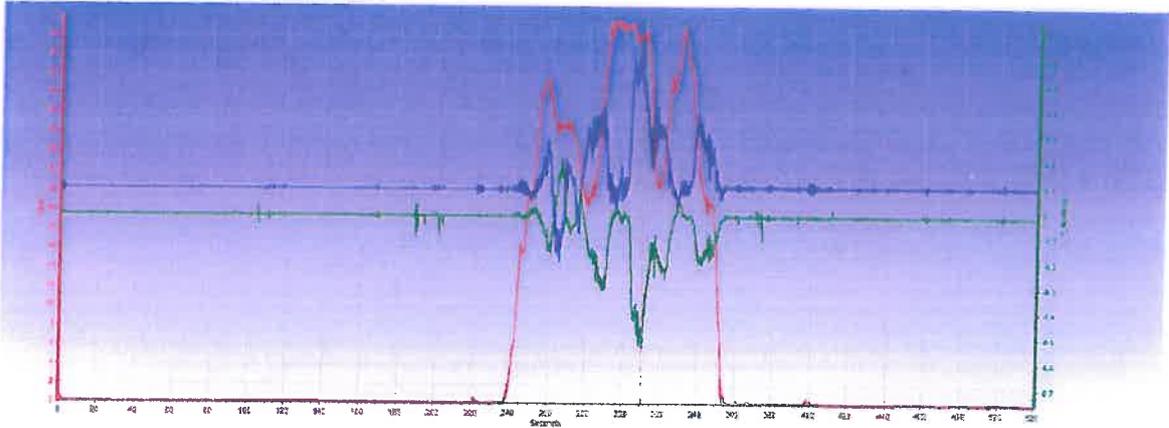
**Max. Querbeschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbeschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

## 6. Versuchsreihe 4 Dämmer 80 µ Folienhaube

### Einfahrversuch Kreisbahn als Halbkreis

7. Fahrversuch am 7.3.2012

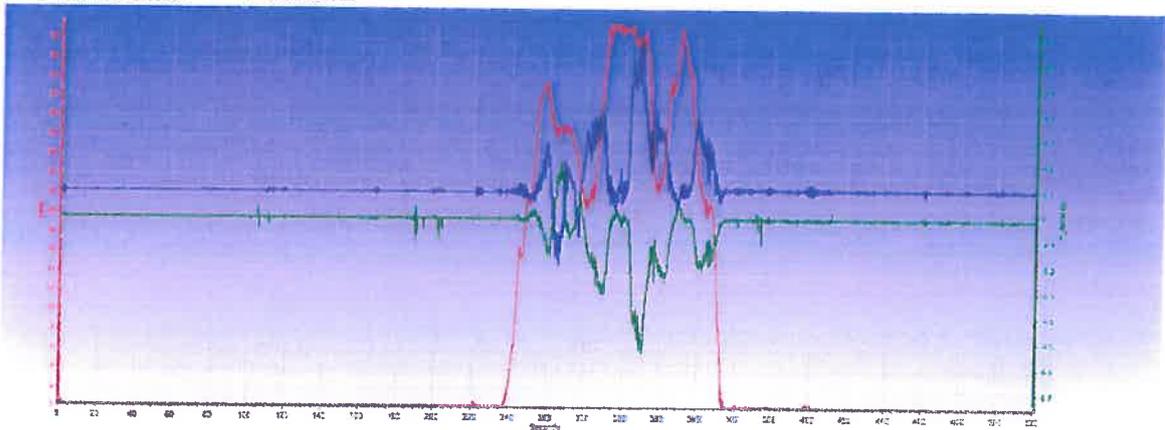


**Max. Geschwindigkeit = 39,34 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

8. Fahrversuch am 7.3.2012

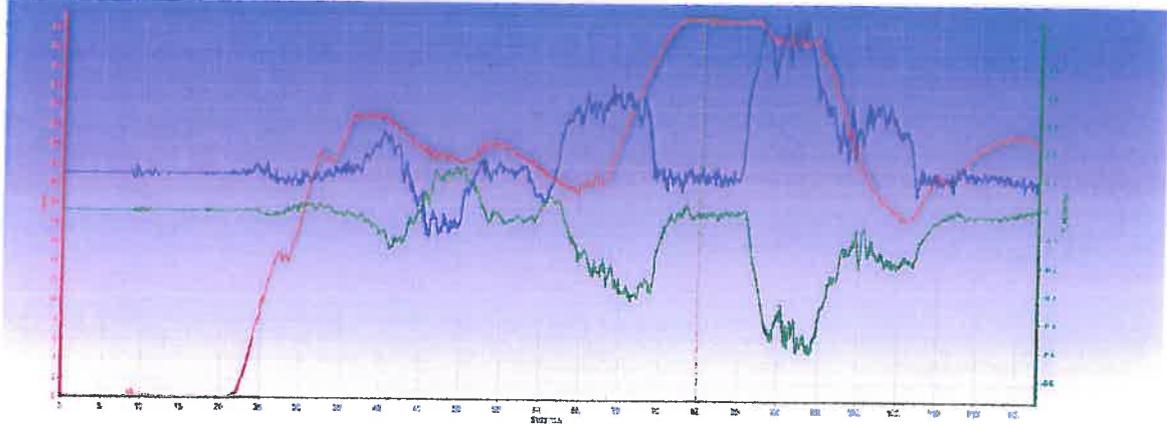


**Max. Geschwindigkeit = 39,41 km/h**

**Max. Querschleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querschleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

9. Fahrversuch am 7.3.2012



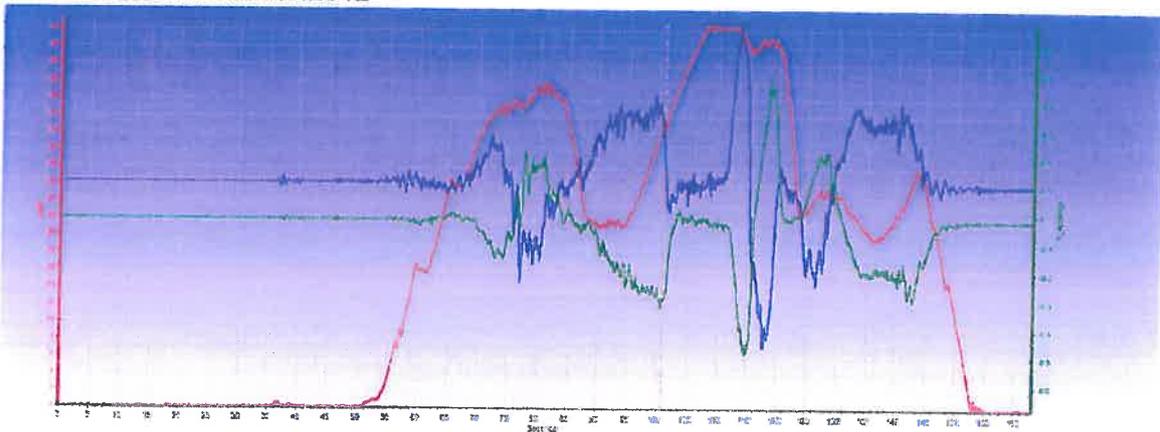
**Max. Geschwindigkeit = 39,19 km/h**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

**Prüfung Spurwechseltest mit Querbesehleunigung (0,5g)**

10. Fahrversuch am 7.3.2012

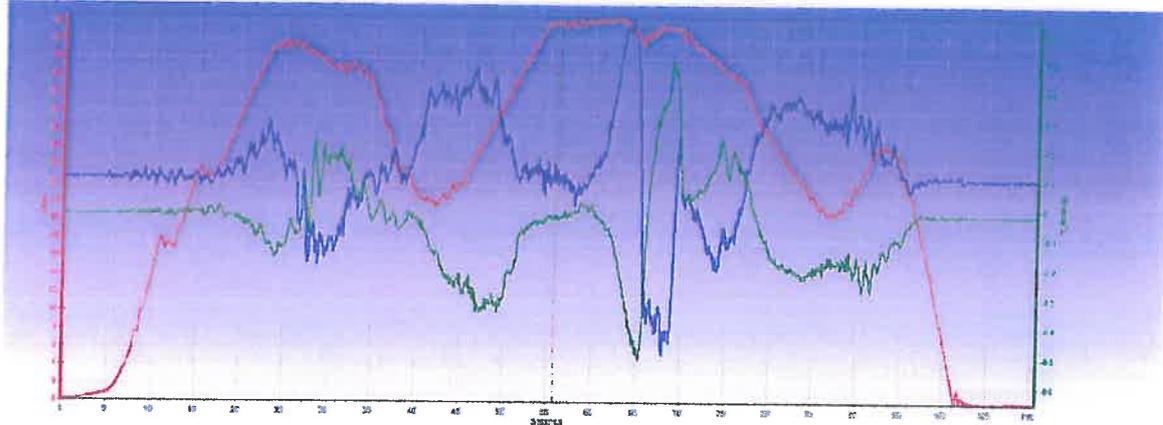


**Max. Geschwindigkeit = 44,20 km/h**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

11. Fahrversuch am 7.3.2012

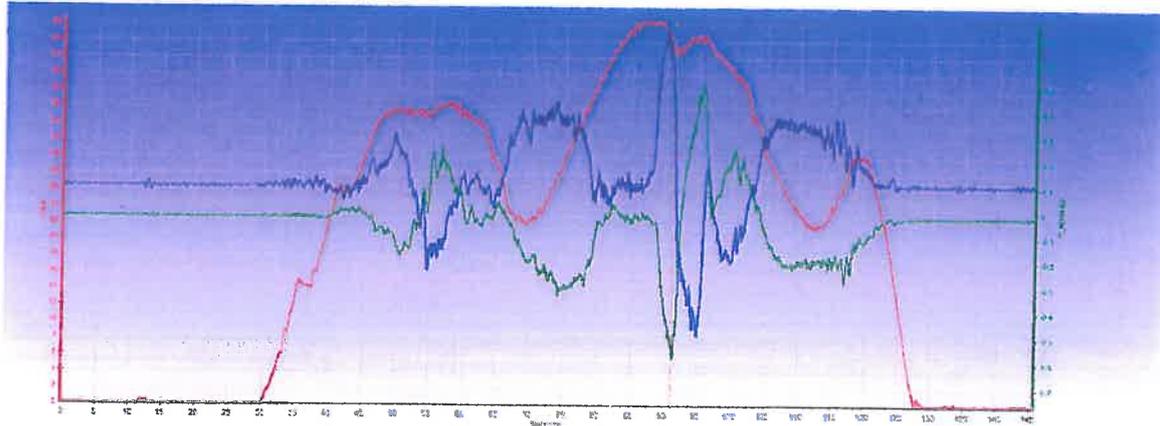


**Max. Geschwindigkeit = 42,04 km/h**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

12. Fahrversuch am 7.3.2012



**Max. Geschwindigkeit = 46,61 km/h**

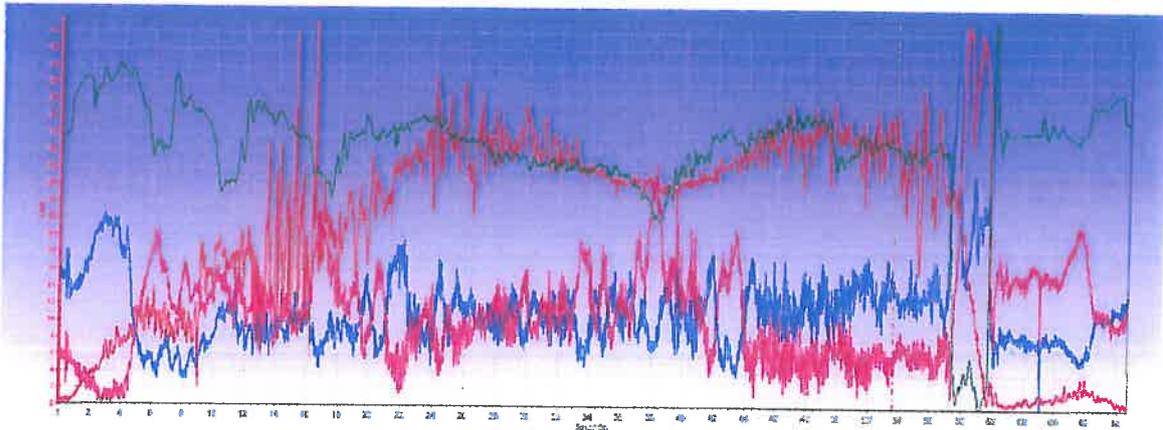
**Max. Querbesehleunigung Sensor 1  $\geq 0,5$  g**

**Max. Querbesehleunigung Sensor 2  $\geq 0,5$  g**

## 7. Versuchsreihe 17.4.2012 Kraftmessung bei Vollbremsungen in Fahrtrichtung

Für diese Versuchsreihe wurde das Versuchsfahrzeug mit 18 Paletten á 1.400 kg beladen. Die Ladung wurde mit ca. 20 cm Abstand zur Stirnwand geladen. Ein Kopflashing wurde mit 2 Europaletten und einem Zurrurgurt LC 2.500 daN im Ladungsschwerpunkt angebracht und diagonal nach hinten gespannt. Zur Kraftmessung wurden 2 Zugaufnehmer in den Zugstrang rechts und links eingebaut, die Verzögerung und Geschwindigkeit und auch die wirksamen Kräfte wurden mit dem Messsystem Racelogic V-Box 3 zeitgleich aufgezeichnet.

Versuch 1 am 17.4.2012



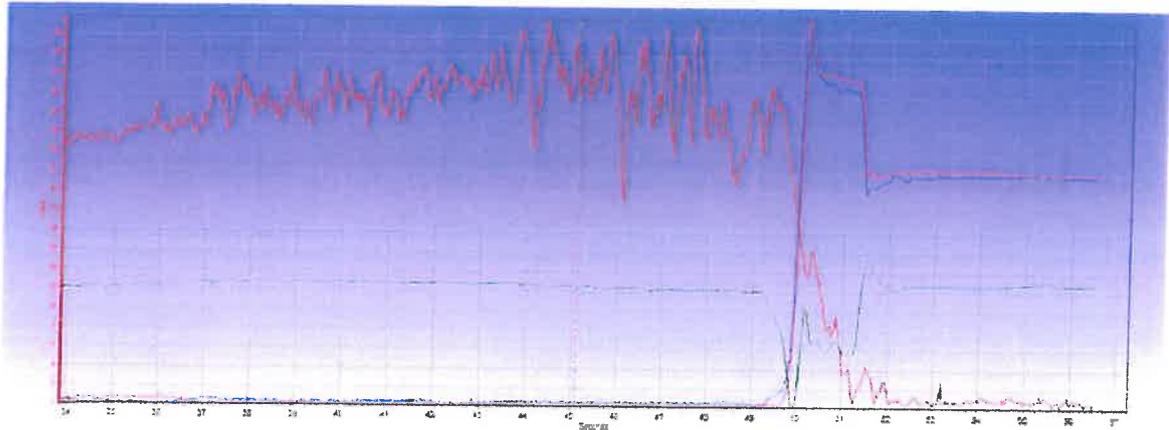
**Geschwindigkeit max. :20,46 km/h**

**Verzögerung max. :0,33 g**

**Kraft Sensor 1: 1,16 KN**

**Kraft Sensor 2: 0,83 KN**

Versuch 2 am 17.4.2012



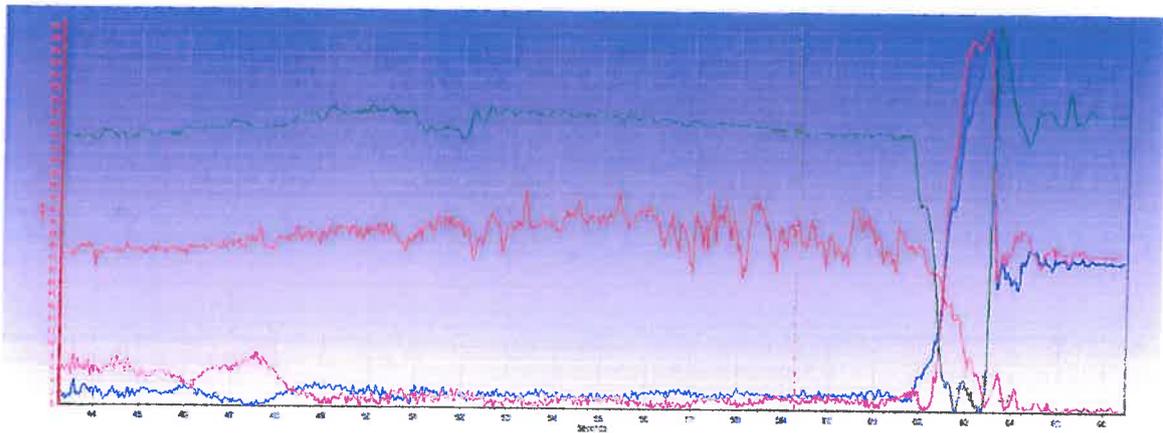
**Geschwindigkeit max. :20,46 km/h**

**Verzögerung max. :0,79 g**

**Kraft Sensor 1: 15,9 KN**

**Kraft Sensor 2: 16,9 KN**

Versuch 3 am 17.4.2012



**Geschwindigkeit max. : 33,18 km/h**

**Verzögerung max. :0,69 g**

**Kraft Sensor 1: 15,3 KN**

**Kraft Sensor 2: 14,4 KN**

## 8. Ergebnis

Nach den durchgeführten Prüfungen hatte der Fahrzeugaufbau keine bleibenden Verformungen oder Einrisse an den Aufbauwänden bzw. ihrer Rahmenanbindung.

Sämtliche Ladungssicherungshilfsmittel wiesen keine Beschädigungen auf, die einen bestimmungsgemäßen Gebrauch einschränken oder ausschließen.

Die Fahrzeugabmessungen laut StVZO wurden nicht überschritten.

Die Ladungssicherungsmethode „formschlüssige / kraftschlüssige Ladungssicherung“ hielt den Anforderungen nach VDI 2700 ff und DIN EN 12 195 Teil 1 Straßenverkehr stand. Ein Ladungsverschub war bei einer Querschleunigung  $> 0,5 \text{ g}$  und Längsbeschleunigung  $0,8 \text{ g}$  nicht feststellbar. Die maximale Kraft während der Bremsungen im Kopflashing war deutlich geringer als  $5.000 \text{ daN}$ , somit kann auf ein Kopflashing bei Code L Fahrzeugen verzichtet werden.



**Hannover, 7.5.2012**

**TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG**  
**Fachgruppe Ladungssicherung**



**Uwe Manter**

**Fotodokumentation zu 8108816180**



**Abbildung 1 Seitenansicht Versuchsfahrzeug**



**Abbildung 2 Heckansicht**



**Abbildung 3 Ansicht Ladung Versuchsreihe 1 Big Bags**



**Abbildung 4 Versuchsladung 2 Portlandzement**



**Abbildung 5 Ansicht Ladung Portlandzement**



**Abbildung 6 Versuchsladung 3 Bergbaupaletten**



**Abbildung 7 Ansicht Versuchsladung Bergbaupaletten**



**Abbildung 8 Versuchsladung 4 Dämmer**



**Abbildung 9 Querbeschleunigungsfahrt**



**Abbildung 10 S-Schlag**



**Abbildung 11 Versuchsvorbereitung Bremsproben 17.4.2012**



**Abbildung 12 Versuchsladung Bremsproben**