

# Bericht für eine Verladeempfehlung

## zur Ladungssicherung von

# Altpapierballen auf Schubbodenfahrzeugen

Der Bericht orientiert sich an den Verladeempfehlungen zur Ladungssicherung von Altpapierballen auf Straßenfahrzeugen vom September 2013 und basiert in der technischen Umsetzung auf den Vorgaben der Richtlinien VDI 2700 (2004) ff. sowie den Fahrversuchskriterien gem. Anlage B der DIN EN 12642 (2007) und dem im Konsens der nachfolgend genannten Beteiligten erstellten Pflichtenheft.

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (bvse) e.V.

Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.

Gesamtverband Verkehrsgewerbe Niedersachsen (GVN) e.V.

Verband Verkehrswirtschaft und Logistik Nordrhein-Westfalen (VVWL) e.V.

Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) e.V.

Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr)

Bundesamt für Güterverkehr (BAG)

Polizei Niedersachsen

Polizei Nordrhein-Westfalen

Technische Unterstützung: Fahrzeugwerk Reisch GmbH

Wissenschaftliche Begleitung:

**Kooperation der vier Prüfinstitutionen**



## 1. Vorwort

Auf Grund offener Fragestellungen hinsichtlich der rechtssicheren und praktikablen Umsetzung der bisherigen Ergebnisse der Fahrversuche vom 31.08.2013 mit Schubbodenfahrzeugen für eine entsprechende Verladeempfehlung erfolgte am 19.05.2015 bei der BG Verkehr in 30163 Hannover eine Sitzung des VVWL-Arbeitskreises „Ladungssicherung von Altpapierballen“ zur Erarbeitung eines weiterführenden Pflichtenheftumfangs. Im Rahmen dieser Sitzung wurden von den Vertretern der Altpapierentsorgung zwei bei der Altpapierballenverladung übliche Verlademuster als Grundlage zur Pflichtenhefterstellung vorgestellt.

Auf der Basis des im VVWL-Arbeitskreis erstellten Pflichtenheftumfangs wurden im Nachgang vom TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG und der DEKRA Automobil GmbH Bielefeld jeweilige Pflichtenhefte erstellt, die in einer weiteren Arbeitskreissitzung im Dezember 2015 zusammengeführt wurden. Im Rahmen dieser Sitzung beim VVWL in Münster schlugen die Teilnehmer vor, außer der DEKRA Automobil GmbH Bielefeld und der TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG auch noch die beiden anderen in Deutschland maßgeblichen Prüforganisationen für Ladungssicherung, namentlich das Fraunhofer Institut IML in Dortmund und die TÜV SÜD Auto Service GmbH, einzubeziehen.

Hierzu erfolgte am 25.02.2016 bei der DEKRA Automobil GmbH in Bielefeld eine gesonderte Sitzung bestehend aus Vertretern der vier vorgenannten Organisationen sowie des VVWL und des BGL mit der Verabschiedung eines gemeinsam getragenen Pflichtenhefts für die Durchführung von entsprechenden Versuchen.

Nachdem Anfang Juni 2016 die Durchführung der Versuche finanziell gesichert war, konnten diese dann in der Zeit vom 25.07.2016 bis 28.07.2016 auf dem DEKRA VSZ Versuchsgelände in Bielefeld-Sennestadt durchgeführt werden. Bei den Versuchen waren die verantwortlichen Vertreter der Prüforganisationen für die wissenschaftliche Begleitung sowie die Vertreter der Verbände und der Polizei zugegen.

## 2. Spezifikation von Altpapierballen

Aus den vorgenannten Versuchen im August 2013 hatte sich die Altpapiersorte Kaufhaus Altpapier 1.04 (alt B19) als „rutschfreudigste“ der vier geclusterten Papiersorten herausgestellt. Die seinerzeit ermittelten Reibwerte sind in der Anlage A zu diesem Bericht noch einmal aufgeführt.

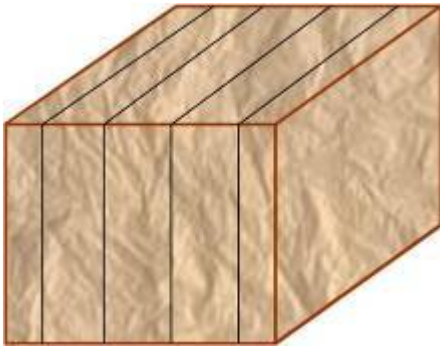
Die Pressmaße der Papierballen bewegen sich hierbei zwischen 1,1 x 0,75 x 0,8 m bzw. 1,1 x 0,8 x 1,2 m oder 1,1 x 1,1 x 1,3 m mit Ballenmassen von 420 kg bis 1.200 kg.

Bezeichnung, Merkmale	Bild	Typische Kenndaten
<p><b>Sortiertes gemischtes Altpapier:</b></p> <p><b>1.02 (alt B12)</b></p> <p>Eine Mischung verschiedener Papier- und Pappenqualitäten, die maximal 40 % an Zeitungen und Illustrierten enthält</p>		<p><b>Pressmaße der Papierballen</b></p> <p><b>B x H x L [m]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,10 x 0,75 x 1,10</li> <li>• 1,10 x 0,80 x 1,20</li> <li>• 1,10 x 1,10 x 1,30</li> </ul> <p><b>Gewicht der Ballen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400 kg bis 1.200 kg</li> </ul>
<p><b>Kaufhausaltpapier:</b></p> <p><b>1.04 (alt B19)</b></p> <p>Gebrauchte Papier- und Kartonverpackungen, die mindestens 70 % Wellpappe enthalten, Rest: Vollpappe und Packpapier</p>		<p><b>Pressmaße der Papierballen</b></p> <p><b>B x H x L [m]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,100 x 0,75 x 0,80</li> <li>• 1,100 x 0,80 x 1,20</li> <li>• 1,100 x 1,10 x 1,30</li> </ul> <p><b>Gewicht der Ballen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400 kg bis 1.200 kg</li> </ul>
<p><b>Alte Wellpappe-Verpackungen</b></p> <p><b>1.05 (alt W 52)</b></p> <p>Gebrauchte Verpackungen und Bogen aus Wellpappe verschiedener Qualitäten</p>		<p><b>Pressmaße der Papierballen</b></p> <p><b>B x H x L [m]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,100 x 0,75 x 0,80</li> <li>• 1,100 x 0,80 x 1,20</li> <li>• 1,100 x 1,10 x 1,30</li> </ul> <p><b>Gewicht der Ballen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 600 kg bis 1.200 kg</li> </ul>
<p><b>Deinkingware</b></p> <p><b>1.11 (alt D 39)</b></p> <p>Sortiertes grafisches Papier aus haushaltsnaher Erfassung, Zeitungen und Illustrierte mit einem Mindestanteil von jeweils 40 %.</p>		<p><b>Pressmaße der Papierballen</b></p> <p><b>B x H x L [m]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,10 x 0,75 x 1,10</li> <li>• 1,10 x 0,80 x 1,20</li> <li>• 1,10 x 1,10 x 1,30</li> </ul> <p><b>Gewicht der Ballen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400 kg bis 1.200 kg</li> </ul>

Tab. 1: Arten von Altpapierballen mit Altpapiersorten nach DIN EN 643

## 2.1. Bildung von transportsicheren Ladeeinheiten

Eine stabile Ladeeinheit in Form von Altpapierballen wird erreicht durch maschinelles Verpressen von losem Altpapier zu Altpapierballen mit vertikalen und ggf. horizontalen Umreifungen mit Bindedraht (Vergleiche Bild 1 u. 2). Die Ladeeinheit muss so beschaffen sein, dass sie innerhalb der gesamten Transportkette formstabil bleibt.



*Bild1: Schema der Altpapierballen-Bänderung/Umreifung*



*Bild 2: Altpapierballen mit mindestens 4 Umreifungen/Bänderungen*

Die einzelnen Ballen sind durch Bindedraht mind. vierfach vertikal umreift. Der Abstand der Umreifungsdrähte zueinander soll 25 cm nicht überschreiten, der Abstand der äußeren Umreifungsdrähte zum Ballenrand soll nicht mehr als der halbe Abstand der inneren Umreifungsdrähte betragen (Vergleiche Abbild 1 und 2). Bei weniger als vier vertikalen Bänderungen oder im Falle von anderen Umreifungssystemen sind diese hinsichtlich ihrer Sicherungswirkung nachweislich mindestens gleichwertig auszuführen. Die Drahtgüte nach DIN 177 des Drahtes sollte eine Zugfestigkeit von mehr als 350 N/mm<sup>2</sup> aufweisen, wobei der resultierende Drahtdurchmesser sich aus der Forderung nach einer Belastung der einzelnen Umreifung im gerödelten Zustand von mind. 250 daN ergibt. Andere als mit Draht gewählte Umreifungsarten müssen ein dem Draht vergleichbares Rückstellmoment aufweisen.

Das Herausstehen der Drahtenden soll aus Gründen des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung vermieden werden.

Neben der vorgegebenen Umreifung in vertikaler Richtung können ggf. zusätzliche anwenderspezifische Umreifungen in horizontaler Richtung vorgenommen werden.

## 3. Anforderungen an das Transportfahrzeug

Bei dem hier in Rede stehenden Schubbodenfahrzeug als Transportfahrzeug soll dieses den jeweils geltenden Regeln der Technik entsprechen, wobei für das Schubbodenfahrzeug der Nachweis der Vorgaben des Anforderungsprofils nach der Norm DIN EN 12642 Code XL erbracht werden soll.

Das heißt, die Mindestfestigkeit des Fahrzeugaufbaus bzgl. der Stirnwand muss bei der normgerechten Prüfung dem 0,5 fachen der Nutzlast des Fahrzeugs entsprechen. Für die Rückwand ist das 0,3 fache der Nutzlast als Belastung aufzunehmen. Die Seitenwände müssen bei der Prüfung für eine Belastung vom 0,4 fachen der Nutzlast ausgelegt sein.

Bei dem eingesetzten Schubbodenaufleger handelte es sich um ein Fahrzeug offenen Aufbaus mit verschweißten Aluminiumdoppelkammersteckprofilen und einem Cargo-Floor-Schubboden mit glatter Bodenstrukturausführung ( dieser bei den Versuchen eingesetzte Schubboden weist aufgrund seiner glatten Oberfläche die ungünstigste Reibwertpaarung Kaufhausaltpapier /Cargofloor mit  $\mu = 0,29$  auf, (siehe Reibwerttabelle im Anhang A), des Herstellers Fahrzeugwerk Reisch GmbH. (Die detaillierte Spezifikation des Auflegers ist in der Anlage B aufgeführt.) Die Schubbodenausführung entsprach der Vorgabe des Pflichtenheftes mit einer Stegbreite von 112 mm und einer Stärke von 6 mm. Der Schubbodenaufleger verfügte über ein entsprechendes Aufbaufestigkeitszertifikat nach DIN EN 12642 Code XL des TÜV NORD: LS 0405229 und 8112517583-PB1-Z1-A2.

### 3.1 Verladung der Altpapierballen

Grundsätzlich gilt für die Verladung, dass diese in Fahrzeuglängsrichtung formschlüssig zur Stirnwand erfolgen soll. Weiterhin ist zur Vermeidung einer Überlastung der Stirnwand grundsätzlich an der Stirnwand mind. zweilagig auf der gesamten Stirnwandbreite, das heißt mit mind. 2 Ballenstapelsäulen nebeneinander, die Beladung zu beginnen. Die Ladungsbreite muss hierbei mind. 2 x 1,1 m betragen. Im Anschluss an diese erste Ladungsreihe erfolgt eine zweilagige Verladung eines Einzelstapels auf dem Fahrzeug mittig zur Fahrzeuglängsrichtung, um eine Überlastung der Antriebsachse zu vermeiden. In Abhängigkeit der Ballenmassen können auch 1 oder 2 Reihen Ballenstapel bestehend aus einer Lage mit 2 Ballen nebeneinander und einem mittig aufgesetzten Ballen geladen werden. (siehe Bild 3)



Bild 3: Prinzipbild einer möglichen Testbeladung

Daran anschließend können wiederum zweilagig und mit jeweils zwei Stapeln nebeneinander drei Ladereihen geladen werden. Danach erfolgt eine dreilagige Beladung in Form von Ladereihen mit zwei Stapeln nebeneinander über drei Ladereihen. Daran schließt sich ein Einzelstapel dreilagig mittig geladen an, dem sich wiederum bis zum Fahrzeugheck zweilagige, aus zwei Stapeln nebeneinander bestehende Ladereihen, anschließen. Die Ladungssicherung



Bild 4: Prinzipbild Sperrbalken vor 3. Lage

der obersten Ladereihe nach vorne erfolgt über einen Sperrbalken mit einer BC > 750 daN in fester Position, wobei der Abstand dieser Sperrbalkenposition zu der Ladeeinheiten variiert werden kann. (Bild 4) Anstelle des Sperrbalkens kann auch ein „dehnungsarmes“ Gurtband mit einer Dehnung von < 1% als Sperrsystem eingesetzt werden. (Bild 5) Die Kräfteübertragung des Komplettsystems muß für die Kräfteinleitung geeignet und in Analogie zur DIN EN 12640 geprüft sein.



Bild 5: Prinzipbild Gurt vor 3. Lage

Besteht nach beendeter Beladung ein rückwärtiger Freiraum zwischen der Ladung und der Hecktür, (Bild 6) sind rückwärtig die untere und die mittlere Lage durch an der jeweiligen Lage anliegende Sperrbalken bzw. in gleicher Weise eingesetzte „dehnungsarme“ Gurtbänder oder Gurtketten (Spezifikation siehe Anlage C) bei Freiräumen • 10 cm zu sichern. Alternativ können bei Freiräumen • 15 cm Leerpaletten hochkant verschachtelt eingestellt werden, so dass beim Öffnen eines Türflügels durch die Schachtelung die Paletten nicht herausfallen können. Hierzu in der Anlage D die Muster möglicher Verschachtelungen als Beispiel.



Bild 6: Prinzipbild rückwärtige Sicherung

Man könnte von dieser rückwärtigen Sicherung aus den Vorkenntnissen der Prüfinstitutionen nur absehen, wenn ein Freiraum von  $\leq 10$  cm zu den Hecktüren vorliegt.

(Die von der Firma Kastrup Recycling GmbH & Co. KG in Bielefeld zur Verfügung gestellte Ladung bestand aus 50 Altpapierballen der unter Punkt 2 genannten Spezifikationen (vgl. hierzu auch die Fotodateien). Die durchschnittliche Ballenmasse lag bei 433 kg.

### 3.2 Versuchserkenntnisse

Bei der Beladung des Fahrzeuges am Morgen des 25. Juli 2016 zeigte sich, dass nach dem Aufsetzen der ersten Ladereihe und Betätigen des Schubbodens die beabsichtigten alternierenden Ladeanordnungen - mit zwei Ballenreihen an der linken Seitenwand anstehend und nachfolgend zwei Ballenreihen an der rechten Seitenwand anstehend (Bild 7) - bis zum Ladeende nicht realisierbar war. Die Ursache hierfür liegt in der Funktionsweise des Schubbodens: Die Gegenläufigkeit der einzelnen Schubbodenelemente bedingt ein

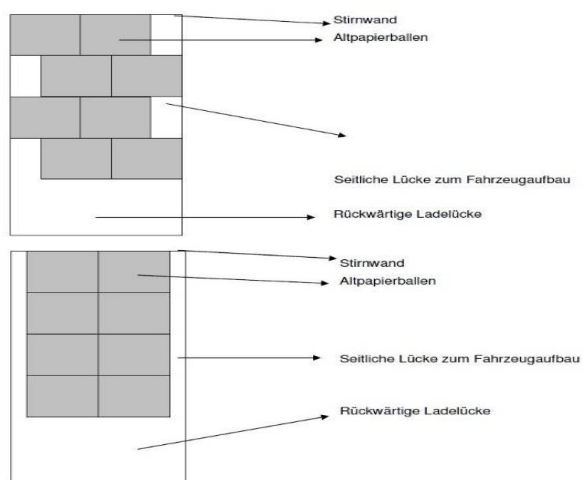


Bild 7: Prinzipbild der angedachten Verlademuster

seitliches Verschieben der bewegten Ladung. Aus diesem Grund ist eine zentrierte mittige Beladung ebenso nicht möglich. Auch hier ist nicht auszuschließen, dass schon nach kurzer Zeit durch die Bewegung der Schubbodenelemente eine seitliche Verschiebung mit teilweiser Verkantung der Ladeeinheiten in mehr oder weniger ausgeprägter Form eintritt, so dass diese entweder an der Seitenwand anliegen und sich Freiräume zwischen den beiden Ladungsstapeln einer Ladereihe bilden oder diese nach links oder nach rechts an der Seitenwand formschlüssig untereinander anliegen. Auch durch das notwendige Nachsetzen mittels Klammerstapler beim Betätigen des Schubbodens mit der nächsten Ladegutreihe lässt sich diese Art der „Fehlbeladung“ nicht verhindern. Hierbei sind die Vorgaben der DGUV 70 der BG beim Beladen zu beachten.



Bild 8: „Nachsetzen“ mit Klammerstapler bei der Beladung und Betätigung des Schubbodens

Aufgrund dieses schubbodentypischen Ladeverhaltens wurde auf Vorschlag der Prüforganisationen DEKRA und TÜV NORD entschieden, dass die Beladung entsprechend dem schubbodentypischen Ladeverhalten vorgenommen wird.

Zwischenzeitlich erfolgte durch Messtechniker der DEKRA eine Bestückung des Schubbodensattelauflegers mit triaxialen Beschleunigungssensoren. Diese wurden an der Stirnwand, unter dem Ladeboden in der vertikalen Schwerpunktsebene (gemäß den Vorgaben der DIN EN 12642 Anhang B) und im Heckbereich zwischen der letzten Fahrzeugachse und dem Fahrzeugheck (in Hinblick auf die Normrevision prEN 12642 (2015)) angebracht. Weiterhin wurde ein GPS-Sensor installiert.



Bild 9: Sensor unter dem Fahrzeugboden

Zur rückwärtigen Ladungssicherung wurden in der unteren und in der mittleren Lage 2 Sperrbalken mit je einer BC von 2000 daN eingesetzt. Vor die vordere Ladereihe der 3. Lage wurde ein Sperrbalken mit einer BC von 900 daN eingesetzt. Die Fahrzeuggesamtmasse (SZM samt Sanh mit Ladung) zu Beginn der Fahrversuche betrug 37,5 t.

### 3.3 Konditionierungsfahrt

Mit dem o.g. Fahrzeuggespann erfolgte, am Spätnachmittag des 25.07.2016 beginnend, nach der Beladung eine Konditionierungsfahrt, die in den Morgenstunden des 26.07.2016

fortgesetzt wurde und entsprechend der Messtechnikauswertung sich über eine Zeitdauer von 5 Std. und 20 min. erstreckte.

Hierbei wurde eine Wegstrecke gewählt, bestehend aus Bundesstraßen in ebenem und bergigem Gelände, sowie einem Autobahnabschnitt im sogenannten Drittmix (1/3 ebene Landstraße, 1/3 bergige Landstraße, 1/3 Autobahn, einschl. Ortsdurchfahrten). Die zurückgelegte Wegstrecke und die befahrene Route waren durch die GPS-Verfolgung verifizierbar. Die elektronischen Messdaten wurden mit einer Aufzeichnungsrate von 400 Hz gespeichert. Die erhobenen Daten wurden nach Ende dieser Konditionierungsfahrt am späten Vormittag des 26.07.2016 auf dem DEKRA VSZ-Versuchsgelände in Bielefeld-Sennestadt ausgelesen.



Bild 10: Teststrecke Konditionierungsfahrt

Die Auswertung musste auf Grund der Datenmenge für die bildliche Darstellung der Beschleunigungen in Längs- und Querrichtungen bei gleichzeitiger Darstellung per GPS gemessenen Geschwindigkeit durch die DEKRA Bielefeld in mehreren Teilen erfolgen. Für die Anfahrbeschleunigungen bzw. Bremsungen bei Rückwärtsfahrt wurden Beschleunigungen in einer Größenordnung von max. 1,4 bzw. 2,0  $\text{m/s}^2$ , für die maximalen Verzögerungen in Längsrichtung im Fahrbetrieb bis zu 3,7  $\text{m/s}^2$  registriert. In Querrichtung ergaben sich die maximalen Beschleunigungen im Bereich von  $\pm 3,2 \text{ m/s}^2$  bis  $\pm 3,3 \text{ m/s}^2$ . (Siehe Anlage E als Beispiel der Beschleunigungsaufzeichnungen für den Sensor vor dem Achsaggregat)

Im Rahmen einer Frequenzanalyse wurden die Häufigkeiten der erzielten Beschleunigungen in Längs- und Querrichtung über den nach Normvorgabe (EN 12642) zu berücksichtigenden 80 Millisekunden-Bereich ausgewertet. Hierzu wird auf die beigefügten Diagramme verwiesen. (siehe Anlage F Summenhäufigkeit der aufgetretenen Längs- und Querbeschleunigungen am Bodensensor vor dem Achsaggregat)

Im Anschluss an die Konditionierungsfahrt und nach Montage der vom TÜV NORD bereitgestellten Stützachse wurden für die (gemäß der in der Anlage beigefügten Excel Tabelle Anlage G) vorgenommenen Beladungsvarianten Fahrversuche nach den Vorgaben der Fahrzyklen gem. Anhang B DIN EN 12642 von den Vertretern der beiden TÜV's durchgeführt. Die Auswertung erfolgte durch Fraunhofer IML für den Sensor im Anbringungsbereich  $1\text{m} \pm 0,5 \text{ m}$  längsmittig unter dem Fahrzeugboden vor dem Achsaggregat. Dieser Messort stellt aus den Versuchserkenntnissen die höchste Anforderung an die aufzubringende Fahrzeugbeschleunigungen dar. D.h. die Beschleunigungen an den beiden anderen Messpositionen weisen höhere Werte auf. Die Auswertungsergebnisse sind ebenfalls in der Tabelle G eingetragen. Als jeweils bestanden



bewertet wurden die Varianten, bei denen die Beschleunigungsanforderungen der Richtlinie VDI 2700 (2004) und der Norm DIN EN 12195-1(2011) im fahrdynamischen Versuchsprogramm Anhang B der DIN EN 12642 drei Mal in Folge erfüllt wurden.

Im Rahmen der Versuche wurde nach dem normalen Verladevorgang ein Verdichtungshub des Bodens von 200 mm durchgeführt und die Stirnwandbelastung mit Druckelementen gemessen. Hierbei ergaben sich maximale Anpresskräfte von 4000 daN, die auch in den Versuchsreihen gemäß Anhang B DIN EN 12642 bei den Vollbremsvorgängen mit 0, 8 G nach vorherigen Rückwärtsbremsversuchen und den setzungsbedingten Ladegutbewegungen nicht überschritten wurden.

#### 4. Ergebnis und Anforderungsprofil Altpapierballentransport auf Schubbodenaufleger

Für die Übertragung der vorstehenden Versuchsergebnisse auf Schubbodenaufbauten anderer Hersteller sollen bei einer statischen Prüfung gem. Anhang A DIN EN 12642(2007) die folgenden Randbedingungen nachgewiesen sein:

- Die elastische Verformung der Stirnwand bei einer über deren gesamter Fläche gleichmäßig aufgetragenen Prüfbelastung von 13.500 daN soll 55 mm nicht überschreiten.
- Die elastische Verformung der Seitenwände darf bei einer flächigen Prüfbelastung von 10.800 daN über  $\frac{3}{4}$  der Seitenwandhöhe 75 mm nicht überschreiten.
- Bei der Prüfung des Heckportals darf bei einer aufgetragenen Prüfkraft von 8.100 daN über einer Fläche mit  $\frac{3}{4}$  der Gesamthöhe des Heckportals die elastische Verformung nicht mehr als 100 mm betragen.
- Die plastische Verformung nach den Prüfungen darf nicht mehr als 20 mm betragen und es dürfen keine die Funktion beeinträchtigenden Deformationen vorliegen.

Anstelle der statischen Prüfung kann eine dynamische Prüfung entsprechend dem Anhang B der DIN EN 12642 erfolgen, wobei die Ausladung mit den zuvor definierten Altpapierballen – vorzugsweise mit den Dimensionen 1,1 x 0,75 x 1,1 m mit einer Ballenmasse von 430 kg plus/minus 20 kg oder– erfolgen sollte. Hierbei müssen mind. 3 Ladereihen im mittleren Bereich der Ladung dreilagig ausgeführt sein. Daran muss sich ein dreilagiger Stapel mittig zur Fahrzeuglängsrichtung geladen - anschließen, bevor die weiteren Ladereihen bis zum Abschluss in zweilagiger Ausführung erfolgen können.

Demnach können Schubbodenfahrzeuge mit der hier vorliegenden Festigkeitsbeschreibung, in Form der Erfüllung des Code XL gemäß Anhang B DIN EN 12642 (2007) oder dem statischen Nachweis der Belastbarkeit gem. vorstehenden Tabelle, eingesetzt werden. Weiterhin sind folgende Randbedingungen bei der Verladung einzuhalten.

1. Die Verladung muss in Fahrzeuglängsrichtung weitgehend formschlüssig erfolgen, soweit dies die Schubbodenverladetechnik zulässt. Die Breite der Ladereihen muss an der Stirnwand mind. 2,1 m betragen und mind. zweilagig ausgeführt sein.
2. Daran anschließen können sich eine oder zwei Reihen mit einem mittigen zweilagig geladenen Stapel zur Einhaltung der zulässigen Achslast der Antriebsachse.

3. Nach zwei mittigen Ladungsreihen ist die Beladung wieder mit der Mindestladereihenbreite von 2,1 m fortzusetzen.
4. Eine dreilagige Beladung kann ab der 5. Ladereihe erfolgen. Bei der beschriebenen formstabilen Ladeeinheit reicht eine zuvor eingesetzte Sperrvorrichtung in Form eines dehnungsarmen (< 1% Dehnung) Zurrgurtes (Anlage C) oder eines Sperrbalkens in einem Abstand von maximal 20 cm zur vordersten 3-lagigen Ladereihe. Dieser Abstand ist erforderlich, um bei einer möglichen Notbremsung des Fahrzeugs und dem dabei unweigerlich eintretenden Setzen der Gesamtladung einen ausreichenden Verschiebefreiraum zu erhalten, ohne dass die Ladereihenstapelung zerstört wird.
5. Zur rückwärtigen Ladungssicherung können Sperrbalken oder dehnungsarme (< 1% Dehnung) Zurrgurte hinter den durchgehenden Lagen eingesetzt werden, wobei diese insgesamt 20 % der Ladungsmasse der durchgehenden Lagen aufnehmen können müssen. Bei Freiräumen zwischen der letzten Ladungsreihe und den Hecktüren • 15 cm können auch Leerpaletten verschachtelt (Anlage D) eingesetzt werden. Nur bei Freiräumen < 10 cm zwischen den durchgehenden Lagen und den Hecktüren kann auf eine zusätzliche rückwärtige Ladungssicherung verzichtet werden.
6. Wenn keine zusätzliche Sicherung nach hinten in der dritten Reihe erfolgt, dürfen keine Einzelballen in der oberen Lage auf den letzten beiden Ladereihen liegen. Hierbei sind die Vorgaben der DGUV 70 der BG beim Entladen zu beachten.
7. Freiräume zur Seite müssen bei dem beschriebenen Verlademuster nicht mit zusätzlichem Sicherungsmaterial ausgefüllt werden, wenn die Verladung in Längsrichtung optisch zwischen den Ballenreihen formschlüssig erfolgt. (siehe Bild 3)

gez: Gerrit Hasselmann Fraunhofer IML

Wolfgang Bühren DEKRA Automobil GmbH Bielefeld

Martin Keller TÜV NORD Mobilität

Markus Otremba TÜV SÜD Auto Service

Anlage A: Tabelle Reibwertermittlungen Fraunhofer IML 2013

Anlage B: Spezifikation Testschubbodenaufleger

Anlage C: Spezifikation Dolezych Sicherheitsausrüstung Gurte und Gurtketten

Anlage D: Muster der Palettenverschachtelung zur rückwärtigen Ladungssicherung TÜV SÜD

Anlage E: Konditionierungsfahrt Beschleunigungsauswertung mit Geschwindigkeit DEKRA

Anlage E: Summenhäufigkeit der Beschleunigungen für 80 ms Intervalle DEKRA

Anlage G: Excel Tabelle Versuchsdokumentation und Auswertung Fraunhofer IML

## Anlage A Reibwertermittlung 2013 Fraunhofer IML

Reibbeiwerte $\mu$ D der Paarung Altpapier / Schubboden						
Sortierung	Masse	Abmessung	Boden 1	Boden 2	Boden 3	
nach DIN EN 643	(kg)	L x B x H (m)	Reisch 1	Reisch 2	Schwarz Müller	
1.04	1200	1,8 x 1,1 x 1,1	0,29 / 0,43	0.44	0.42	
Kaufhaus Altpapier		5-fach umreift				
1.05	340	1,2 x 0,75 x 0,9	0.42	0.35	0.48	
Wellpappe Verpackungen		5-fach umreift				
1.11	800	1,2 x 1,2 x 1,1	0.5	0.41	0.46	
Deinking Ware	860	1,4 x 1,2 x 1,1				
5-fach umreift						
Zugkraftmessungen jeweils längs und quer zur Umreifung						
Alle Reibbeiwerte mit 5 % Abzug gemäß VDI 2700, Blatt 14						

Anlage B Spezifikation Reisch Schubbodenaufleger (Auszug) für die Testtage 25.07. bis 27.07.2016

Martin Reisch GmbH Fahrzeugbau Hollenbach  
Reischstraße 14  
86676 Ehekirchen-Hollenbach  
Tel.: 0 84 35 / 15-0  
Fax: 0 84 35 / 15-18  
Internet-Adresse: <http://www.reisch-fahrzeugbau.de>  
E-mail: [info@reisch-fahrzeugbau.de](mailto:info@reisch-fahrzeugbau.de)

Technische Beschreibung zu Fzg-Ident- W09107335GHR30426  
REISCH - 3-ACHS-SCHUBBODEN-SATTELANHÄNGER

Typ: RSBS-35/24LK

Gesamtgewicht: 35.000 kg  
Sattellast (vorne): 11.000 kg  
Achslast (hinten): 24.000 kg  
Leergewicht nach DIN 70020: ca. 7.650 kg  
Nutzlast nach DIN 70020: ca. 27.350 kg  
Brückengröße: ca. 13.525 x 2.470 mm  
Gesamthöhe (unbelastet/belastet): max. 4.000 / 3.970 mm  
Bordwandhöhe (vorne/mittig/hinten): ca. 2.685 / 2.742 / 2.800 mm  
Volumen: ca. 91,6 m<sup>3</sup>  
Bodenstärke: 6 mm (mit GLATTER Oberfläche)  
Bordwandstärke: 30/3/2 mm  
Aufsattelhöhe (unbelastet) nach ISO 1726: ca. 1.150 mm  
Achsfabrikat: SAF - INTRADISC-PLUS II - INTEGRAL  
Spurbreite: ca. 2.040 mm  
Federmittenabstand: ca. 1.300 mm  
Bremsengröße: 430 x 45 mm  
Felgen: 11,75x22,5 10-Loch - ET120 (Stahl)  
Bereifung: 385/65 R 22,5; 160 J  
Fahrgestell  
1 Stück Fahrgestell (LK) mit Standard-Radstand: ca. 7.800 mm und Standard-Achsabstand ca. 1.310/1.310 mm  
8060125 1 Stück Einweis-Gleitblech unter dem Stirnwand-Untergurt montiert, um Beschädigung beim Auf- und Absatteln zu vermeiden.  
Abstützungen  
8100016 1 Garn Abstützvorrichtung mechanisch mit 2-Gang-Getriebe-Stützwinden für 24 to  
Hublast mit Schubausgleich samt Bodenplatte.

## Boden

- 5010493 1 Stück hydraulisch angetriebener "CARGO-FLOOR"-Schubboden Typ CF 500 SL-Compact mit 21 Boden-Profilen, AUSSENLIEGENDEM VENTILBLOCK und ELEKTRISCHER Boden-Richtungs-Umschaltung. Erforderlicher Betriebsdruck 250 bar. Max. Ölfördermenge 110 ltr./min.  
- Schubboden-Stromversorgung über Standlicht!
- 8351010 13,24 lfm Schubboden-Profile 6 mm stark mit GLATTER Oberfläche.
- 8351035 23 Stück Bodenprofile mit ALU-ENDKAPPEN verschweißt (anstelle Kunststoff).

**STANDARD-FAHRZEUGBESCHREIBUNG:**

**Diese Beschreibung ist nur gültig für die Standardausführung! - Änderungen aufgrund techn. Weiterentwicklung vorbehalten!**

**Fahrgestell-Beschreibung:**

RAHMEN: Schweißkonstruktion aus Feinkornstahl.  
Rahmenlängsträger mit Querträgern samt durchgehendem Außenrahmen. Sattelplatte mit auswechselbarem 2"-Königszapfen. Seitlicher Anfahrerschutz beidseitig klappbar und abschließbar. Geschraubter rückwärtiger Unterfahrerschutz nach EG-Richtlinien.

ABSTÜTZUNGEN: Mechan. 2-Gang-Getriebe-Stützwinden, Fabrikat JOST mit Abrollschuh und 1-Seiten-Bedienung.

ACHSE UND FEDERUNG: Wartungsarme 9-to-Luftfeder-Achsen mit Hub- u. Senkeinrichtung mit Wabco-BEDIENBOX.

RÄDER UND REIFEN: Stahlscheibenräder, mittenzentriert mit Bereifung gemäß techn. Daten.

KOTFLÜGEL: Kunststoff-Einzelrad-Kotflügel.

BREMSANLAGE: Automatisch lastabhängige Allrad-Zweileitungs-Druckluftbremse nach EG-Richtlinien. Federspeicher-Feststellbremse. 2 vertauschsichere Bremsanschlüsse vorne. EBS-Anlage 2S/2M (ohne EBS-Wendel-Kabel zur Zugmaschine).

ELEKTROAUSSTATTUNG: Gemäß EG/StVZO - 24 Volt. Mehrkammer-Schlußleuchten mit integrierter Rückfahr- und Nebenschlußleuchte, sowie integriertem Dreieck-Rückstrahler. 2 x 7-polige vertauschsichere Elektroanschlüsse vorne. Ohne Verbindungskabel zur Zugmaschine.

POSITION DER BREMS- u. LICHTANSCHLÜSSE: vorne an der Stirnwand in ca. 650 mm Höhe von Fahrtrichtung RECHTS aus gesehen Bremse rot / 7-pol. Zusatzsteckdose / EBS-Steckdose / evtl. 15-pol. Lichtsteckdose / 7-pol. Lichtsteckdose / Bremse gelb.

FAHRGESTELL-ZUBEHÖR: 2 Unterlegkeile samt Halterung. 1 ausziehbare Aufstiegsleiter hinten rechts.

FAHRGESTELL-LACKIERUNG: Grundierung und Lackierung in 2-Komponenten-Ausführung, Kunststoffteile bleiben unlackiert.

**Aufbau-Beschreibung:**

HYDRAULIKANLAGE (Im Sattelanhänger): Rohrleitungen NW 20 bzw. 25 mm mit 2 Schraubkupplungen und Blindstutzen (Zweileitungssystem), Hochdruck-Ölfilter und Überdruckventile, Betriebsdruck max. 225 bar (ohne Verbindungsschläuche zur Zugmaschine).

BODEN: Original "CARGO-FLOOR"-Boden mit System "SL 500 C" incl. Kabel-Fernbedienung bestehend aus 21 ALUMINIUM-Spezialprofilen, Hub ca. 200 mm mit elektrischer Schubboden-Richtungs-Umsteuerung.

STIRNWAND: Alu-Hohlprofile mit Einfaßprofil.

SEITENWÄNDE: Alu-Hohlprofile mit Einfaßprofilen und Spezial-Obergurt mit integrierter Laufschiene für mitlaufende Wand (ohne mitlaufende Wand).

RÜCKWAND: Stahlportal-Rahmen mit glatter 2-flügeliger Hecktür aus Alu-Hohlprofilen mit Gummiabdichtung und je nach Innenhöhe bis zu 5 Scharnieren, sowie 2 innenliegenden Drehstangenverschlüssen je Türflügel. Heckquerspiegel schwenkbar mit Spannverschluß und Schutzdach über den Hecktüren.

DACH/PLANE: 3 einhängbare Querspiegel mit äußeren Markierungspfeilen (bei 10.600 mm und 9.500 mm Innenlänge nur 2 Stück). PVC-Rollplane in FR RECHTS angeschlagen; in 900 gr/m<sup>2</sup> Panama-Qualität mit Alu-Leiste, Kurbel, 3 hochklappbaren Planenanschlüssen und 4 Spanngurte in FR LINKS mit je 1 Distanzstück unten und auf halber Höhe, mit Zurrwinden (bei 10.600 mm und 9.500 mm Innenlänge nur 3 Stück) . 1 Ratschenschlüssel für Zurrwinden. 1 Planenhakenstange.

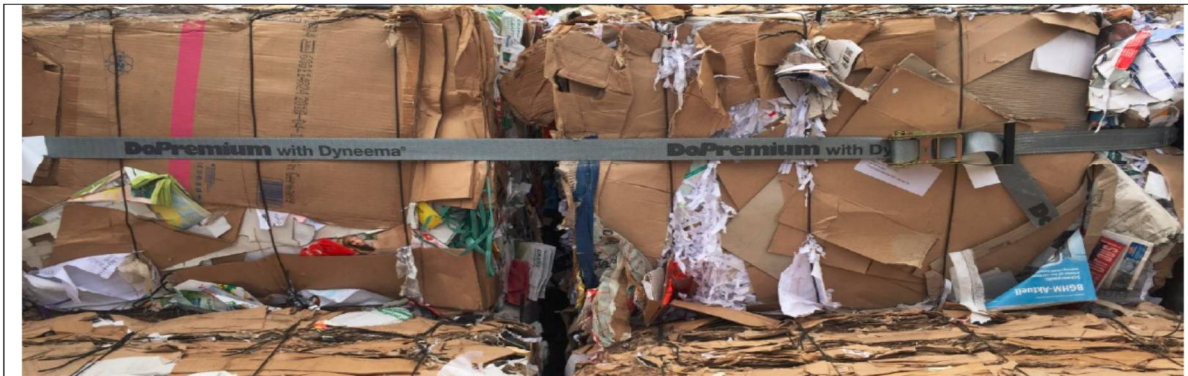
AUFBAU-ZUBEHÖR: Festes Arbeitspodest an der Stirnwand mit an der Podestschräge bündig und fest montierter Aufstiegsleiter in FR LINKS samt Schlauchabweiser und Geländer gemäß UVV zur Bedienung der Rollplane.

AUFBAU-LACKIERUNG: Grundierung und Lackierung in 2-Komponenten-Ausführung, ohne Beschriftung, Kunststoffteile bleiben unlackiert.

## Anlage C: Spezifikation Dolezych Sicherungsausrüstung

**Dolezych**  
einfach sicher

Beschreibung: Technische Daten textile Sperrstangen



Textile Sperrstange 4.1	
Spannelement:	Ratsche (kompakte Bauform)
Beschlagteile:	Schlaufe alternativ Adapter
LC [daN]:	1500 (mit KERL 1000 daN)
Dehnung %:	≤ 1
Länge Losende [mm]:	2000
Länge Festende [mm]:	1000
Breite [mm:]	50
Werkstoff:	UHMW-PE (Dyneema)
Norm:	In Anlehnung an 12195-2
Bemerkung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Länge variabel</li> <li>• 2-teiliges System</li> <li>• Mit „Stopper“ vernäht gegen unbeabsichtigtes herausziehen des Gurtbandes</li> </ul>



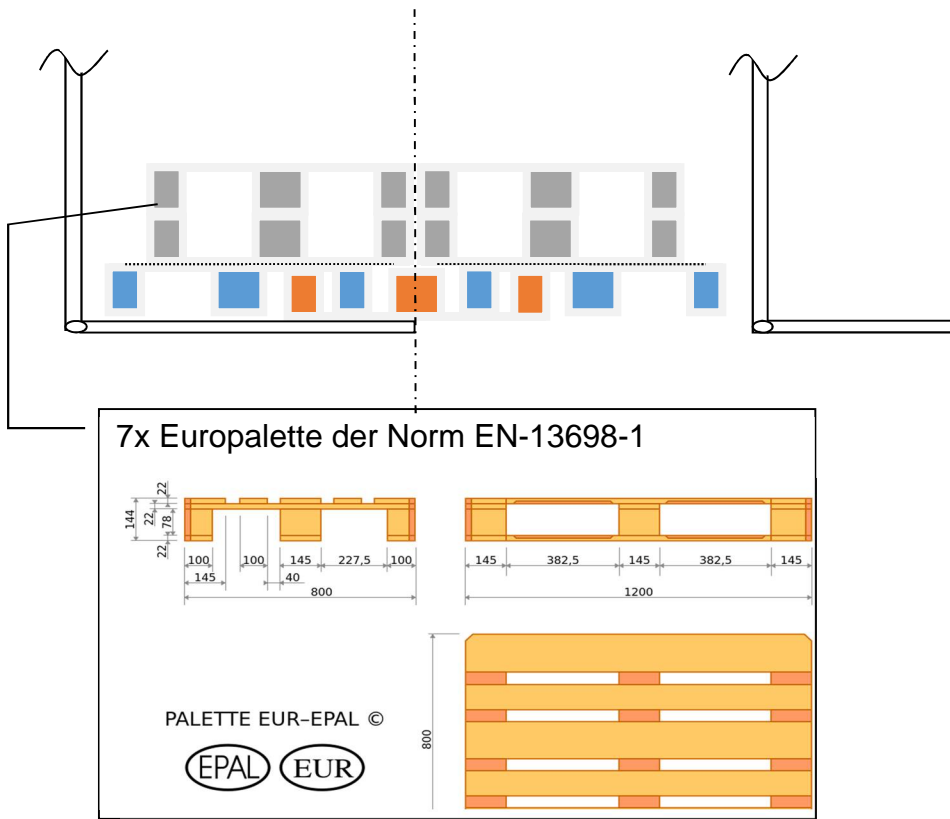
Textile Sperrstange 4.2	
Spannelement:	Overcenter Buckle
Beschlagteile:	Schleife alternativ Adapter
LC [daN]:	750
Dehnung %:	≤ 1
Länge Losende [mm]:	2000
Länge Festende [mm]:	1000
Breite [mm:]	50
Werkstoff:	UHMW-PE (Dyneema)
Norm:	In Anlehnung an 12195-2
Bemerkung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Länge variabel</li> <li>• 2-teiliges System</li> <li>• Mit „Stopper“ vernäht gegen unbeabsichtigtes herausziehen des Gurtbandes</li> </ul>

**Dolezych**  
einfach sicher

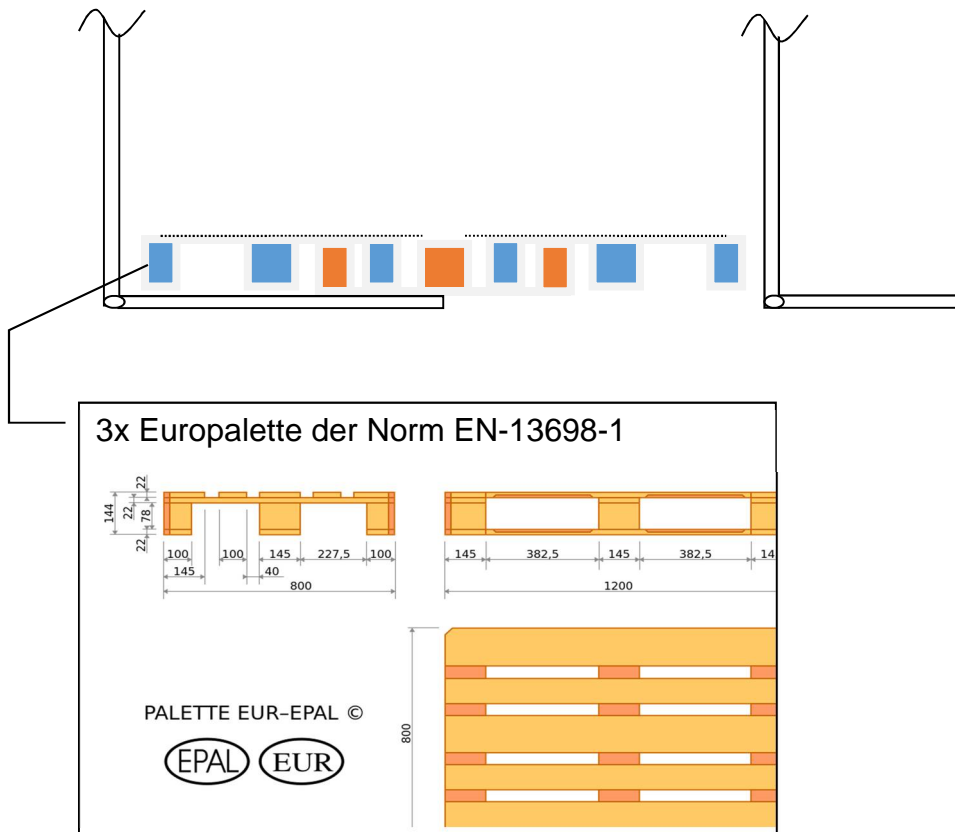


Textile Sperrstange 4.3	
Spannelement:	Ohne
Beschlagteile:	Kettenglied
LC [daN]:	10000
Dehnung %:	≤ 1
Länge [mm]:	3000
Breite [mm:]	25
Werkstoff:	UHMW-PE (Dyneema)
Norm:	In Anlehnung an 12195-2 / -3
Bemerkung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Länge variabel</li> <li>• Universal verkürzbar</li> </ul>

Anlage D: TÜV SÜD Muster der Palettenverschachtelung zur rückwärtigen Ladungssicherung



Verschachtelung bei größeren Freiräumen



Verschachtelung bei kleineren Freiräumen

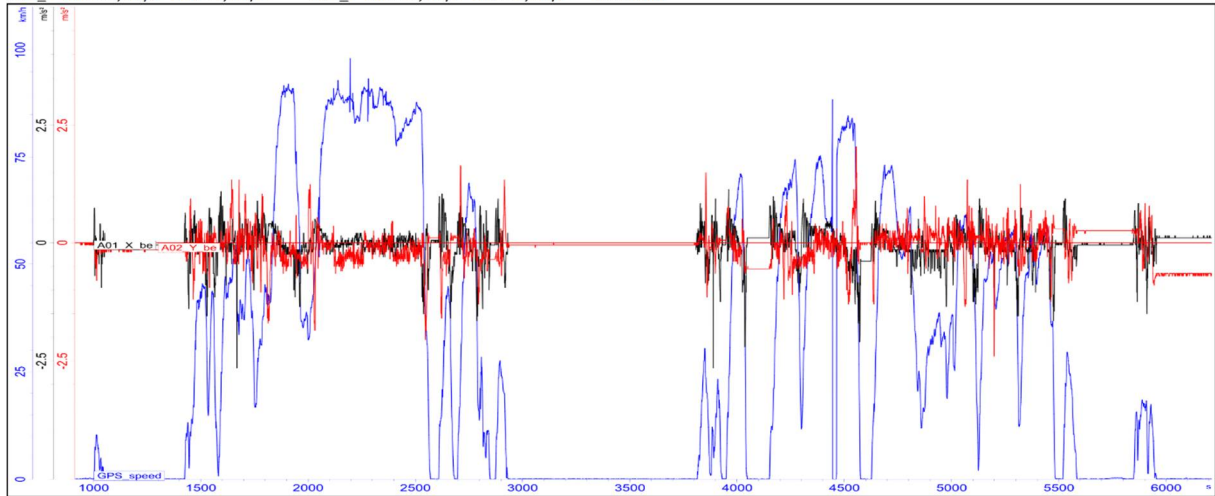


Anlage E: Konditionierungsfahrt Beschleunigungsauswertung mit Geschwindigkeit



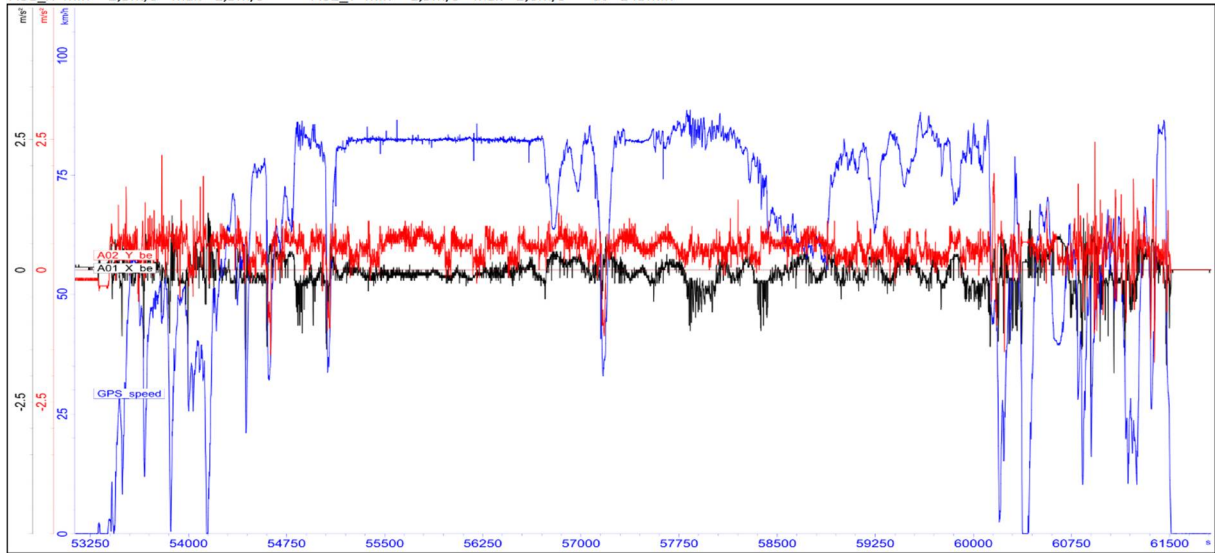
Konditionierungsfahrt Teil 1: Boden (Ladungsschwerpunkt)

A01\_X min= -3,6m/s<sup>2</sup> max= 1,3m/s<sup>2</sup> A02\_Y min= -2,4m/s<sup>2</sup> max= 2,3m/s<sup>2</sup> dt= 88min



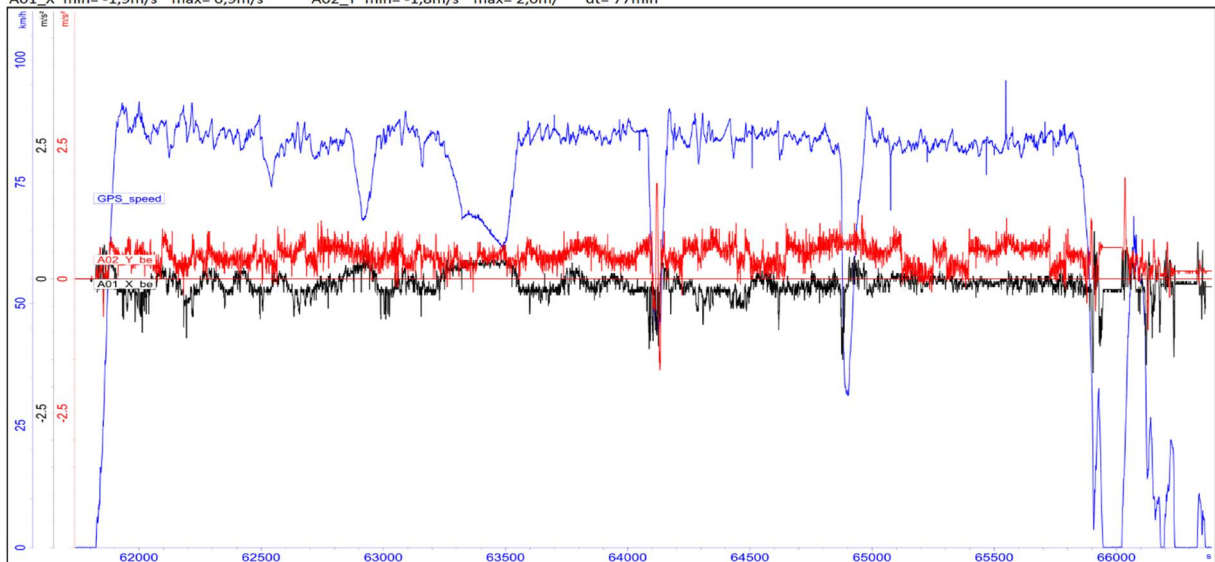
Konditionierungsfahrt Teil 2: Boden (Ladungsschwerpunkt)

A01\_X min= -2,5m/s<sup>2</sup> max= 1,3m/s<sup>2</sup> A02\_Y min= -1,9m/s<sup>2</sup> max= 2,6m/s<sup>2</sup> dt= 145min



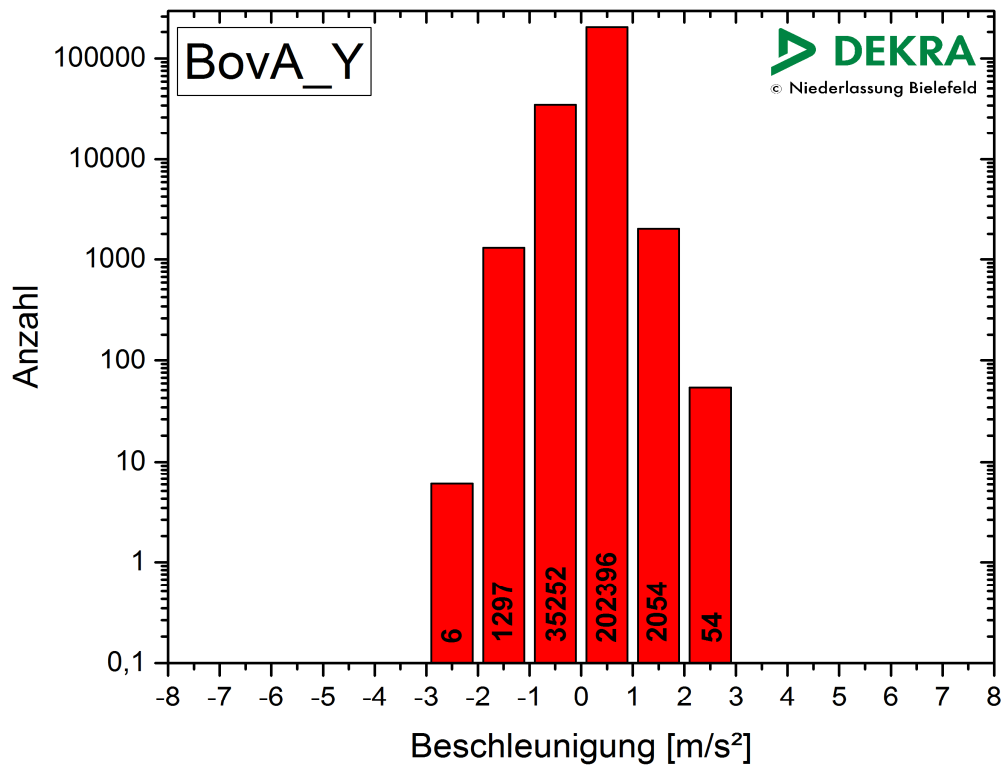
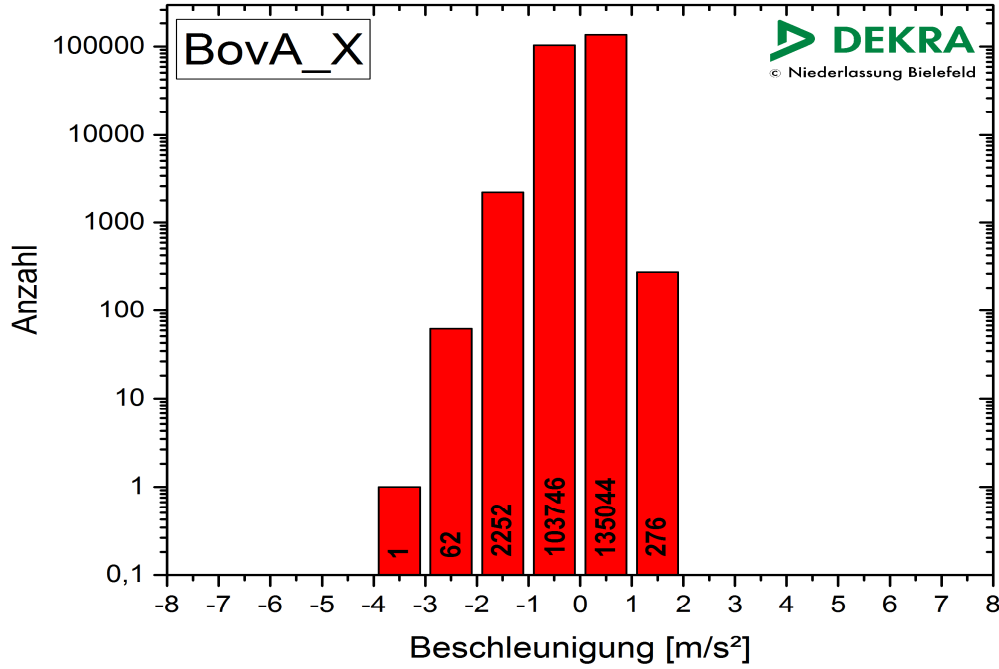
Konditionierungsfahrt Teil 3: Boden (Ladungsschwerpunkt)

A01\_X min= -1,9m/s<sup>2</sup> max= 0,9m/s<sup>2</sup> A02\_Y min= -1,8m/s<sup>2</sup> max= 2,0m/s<sup>2</sup> dt= 77min



Anlage E: Summenhäufigkeit der Beschleunigungen für 80 ms Intervalle

Bodensensor: BovA\_X in Fahrtrichtung; BovA\_Y in Querrichtung ; 1m/s<sup>2</sup> ~ 0,1 g



## Anlage G: Versuchsdokumentation und Auswertung Fraunhofer IML

Messungen am 26. 07. 2016									
1. Testreihe Sperrbalken vorne vor 3. Lage - keine Sicherung nach hinten									
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung (g) <small>Messort: Längsmittig, Fahrbahnboden, vor Achsaggregat</small>	Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)		Fahrer	
						Fahrt	beim Bremsen	Fahrt	
Bremsen vorwärts (3)	41	0,66		26.07.	15:17	2060	4070		M. Keller
	39	0,73				2045	4045		
	38	0,75				1890	3750		
Bremsen vorwärts (1)	41	0,7	26 07 VB NR 8 Balken 02		15:39	1800	3740		
Bremsen vorwärts (3)	40 / 52 / 52	0,69 / 0,71 / 0,66	26 07 VB NR 8 Balken 03		15:53	1740	3740		
Bremsen vorwärts (6)	40 / 25 / 28 / 28 / 27 / 28	0,72 / 0,75 / 0,70 / 0,79 / 0,81 / 0,83	26 07 VB NR 8 Balken 04		16:14	1740	3600		M. Otremba
Bremsen rückwärts (7)	9,8 / 9,6 / 9,8 / 10 / 9,7 / 9,6 / 4	0,22 / 0,8 / 0,74 / 0,78 / 0,73 / 0,70 / 0,58	26 07 VB NR 8 Balken 04		16:14	1890	3740		M. Otremba
2. Testreihe Zurrurt in Schlüsselochleiste									
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung (g) <small>Messort: Längsmittig, Fahrbahnboden, vor Achsaggregat</small>	Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)		Fahrer	
						Fahrt	beim Bremsen	Fahrt	
Bremsen vorwärts (4)	28 / 27,5 / 41,6 / 27 /	0,78 / 0,82 / 0,71 / 0,76 /	26 07 VB NR 1 GURT 01	26.07.	17:34				M. Otremba
Bremsen rückwärts (2)	9,9 / 9,6	0,80 / 0,62	26 07 VB NR 1 GURT 01	26.07.	17:34				

Messungen am 27. 07. 2016										
1. Testreihe : Sperrbalken vorne vor 3. Lage - keine Sicherung nach hinten										
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung ( g )			Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)		
		Messort: Längsmittig, Fahrzeugboden, vor Achsaggregat						Fahrt	beim Bremsen	
1. Bremsen vorwärts	27,5	0,75			1. Testreihe SPB Vorne VB 01	27.07.	11:44	0	2370	M. Otremba
2. Bremsen vorwärts	27	0,66						2200	2420	
3. Bremsen vorwärts	27	0,72						2200	4000	
4. Bremsen vorwärts	41,6	0,8			1. Testreihe SPB Vorne VB 02	27.07.	11:47			
5. Bremsen vorwärts	27,8	0,73			1. Testreihe SPB Vorne 02	27.07.	11:17			
6. Bremsen vorwärts	27,7	0,77								
7. Bremsen vorwärts	27,7	0,72								
1. Bremsen rückwärts	7,9	0,62			1. Testreihe SPB Vorne 02	27.07.	11:17			
2. Bremsen rückwärts	9	0,3								
3. Bremsen rückwärts	9,8	0,64								
4. Bremsen rückwärts	9,6	0,57								
1. Halbkreisfahrt links	40,7	0,52			1. Testreihe SPB Vorne HK SPW 01	27.07.	12:16			
2. Halbkreisfahrt links	41,7	0,6								
3. Halbkreisfahrt links	41,4	0,57								
1. Halbkreisfahrt rechts	40	0,52			1. Testreihe SPB Vorne HK SPW 01	27.07.	12:16			
2. Halbkreisfahrt rechts	41,5	0,57								
3. Halbkreisfahrt rechts	41,9	0,63								
1. S.Schlag mit Bremsen	41,4	0,49 / 0,55 / VB 0,62			1. Testreihe SPB Vorne HK SPW 01	27.07.	12:16			
2. S.Schlag mit Bremsen	41,4	0,51 / 0,59 / VB 0,63								
3. S.Schlag mit Bremsen	41,8	0,49 / 0,60 / VB 0,61								
2. Testreihe Zurrgerät quer - in Schlüssellockleiste, 3. Lage										
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung ( g )			Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)		
		Messort: Längsmittig, Fahrzeugboden, vor Achsaggregat						Fahrt	beim Bremsen	
Bremsen vorwärts (8)	27 / 27 / 27 / 27 / 27 / 42 / 28 / 37	0,82 / 0,80 / 0,76 / 0,79 / 0,80 / 0,76 / 0,74 / 0,74			2. Testreihe Zurrgerät Lockleiste 03	27.07.	14:34			M. Otremba

<b>3. Testreihe</b>							<b>"Ladeinheit" aus 5 Ballen mit Bauchbinde + 2 Paletten nebeneinander vor dem Heckportal</b>				
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung (g)			Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)			
		Messort: Längsmittig, Fahrzeugboden, vor Achsaggregat						Fahrt	beim Bremsen	Fahrer	
1. Bremsen vorwärts	28	0,84			Testreihe_3_LE Gurt_VB 01	27.07.	10:06		M. Otremba		
2. Bremsen vorwärts	28	0,87									
3. Bremsen vorwärts	27	1,1									
<hr/>											
1. Bremsen rückwärts	10	0,61			Testreihe_3_LE Gurt_RB 01	27.07.	09:44				
2. Bremsen rückwärts	10	0,56									
3. Bremsen rückwärts	10	0,62									
<hr/>											
1. Halbkreisfahrt links	33	0,48			Testreihe_3_LE Gurt_HK 01	27.07.	10:25				
2. Halbkreisfahrt links	34	0,6									
3. Halbkreisfahrt links	34	0,55									
4. Halbkreisfahrt links	34	0,57									
<hr/>											
1. Halbkreisfahrt rechts	37	0,53			Testreihe_3_LE Gurt_HK 01	27.07.	10:25				
2. Halbkreisfahrt rechts	39	0,66									
3. Halbkreisfahrt rechts	37	0,48									
<hr/>											
1. S.Schlag mit Bremsen	28	0,34 / 0,35 / VB0,75			Testreihe_3_LE Gurt_SPW 01	27.07.	10:56	1556	3500		
2. S.Schlag mit Bremsen	38	0,34 / 0,42 / VB0,69						1800	3600		
3. S.Schlag mit Bremsen	42	0,46 / 0,45 / VB0,63						1860	3500		
4. S.Schlag mit Bremsen	42	0,51 / 0,55 / VB0,60						1820	3300		
5. S.Schlag mit Bremsen	42	0,45 / 0,55 / VB0,65						1720	3420		
6. S.Schlag mit Bremsen	42	0,5 / 0,56 / VB0,66						1770	3520		
<hr/>											
<b>4. Testreihe</b>							<b>Koppitz Kralle</b>				
<hr/>											
Fahrmanöver	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung (g)			Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)			
		Messort: Längsmittig, Fahrzeugboden, vor Achsaggregat						Fahrt	beim Bremsen	Fahrer	
Bremsen rückwärts	9,66 / 9,3 / 9,7	0,56 / 0,52 / 0,54			4. Testreihe Koppitz 01	27.07.	15:58		M. Otremba		
Bremsen vorwärts	27,8 / 27,8 / 27,7 / 28 / 27 / 26,5 / 42 / 41 / 41	0,74 / 0,75 / 0,80 / 0,82 / 0,68 / 0,77									
Halbkreisfahrt links	42 / 41,7 / 42	0,65 / 0,6 / 0,61									
Halbkreisfahrt rechts	42 / 41,7 / 42	0,59 / 0,60 / 0,60									
S.-Schlag mit Bremsen	42	0,54 / 0,59 / VB0,60									
S.-Schlag mit Bremsen	42	0,45 / 0,56 / VB0,68									
S.-Schlag mit Bremsen	41,5	0,47 / 0,64 / VB0,64									
S.-Schlag mit Bremsen	41,8	0,47 / 0,62 / VB0,80									

5. Testreihe	Dynamik Kette (Kopflashing) mit Kraftmessdosen F 7 + F 8		Mess-Datei Fraunhofer IML	Datum	Uhrzeit	Kräfte auf Stirnwand (abgelesen)	
	Geschwindigkeit (km/h)	Beschleunigung (g)				Fahrt	beim Bremsen
Bremsen vorwärts	27,5	0,75 / F max 111 daN	5. Testreihe Kopflash 05	27.07.	17:24		M. Otremba
Bremsen vorwärts	27	0,8 / F max 120 daN					
Bremsen vorwärts	27,7	0,7 / F max 115 daN					
S-Schlag mit Bremsen	40	0,49 / 0,50 / VB0,65					
S-Schlag mit Bremsen	42	0,53 / 0,60 / VB0,70					
S-Schlag mit Bremsen	41,8	0,48 / 0,60 / VB0,67					