Dynamic Test Center AG
Centrum für Dynamische Tests AG
Centre de Tests Dynamiques SA

Testdokumentation der Studie zur Reproduktion von Minenansprengungen mit einem luftgefederten Sitz aus einem Volvo LKW

Tests 01 und 02 vom 04. Dezember 2013

Bericht Nr: pSi-13-0128 Auftragsnummer: pSi-13-0128

Sitz: Luftgefederter Sitz aus einem Volvo LKW Typ FL6h
Insasse: HIII-50%-Dummy männlich

Auftraggeber(in): DTC Dynamic Test Center AG
Route Principale 127
2537 Vauffelin

Inhalt:

1 Ziel und Zweck 2
2 Zusammenfassung 2
3 Testanordnung 3
4 Messdatenerfassung 7
5 Filmtechnik 10
6 Resultate 11
7 Modifikationsansätze 14
A Anhang A-1

Anzahl Seiten im Bericht: 14 Anhang: 5

Änderungsverzeichnis:

Version:	Datum:	Ersteller	Bemerkungen
-	20. März 2014	ADF	erste publizierte Version

Dokument	Name	Unterschrift	Datum
Autor	Fabian Aschwanden	F. Aschwanden	20. März 2014
Geprüft und freigegeben	Raphael Murri	R. Murri	20. März 2014

CH-2537 Vauffelin / Biel
Telefon: 032 321 66 00
Telefax: 032 321 66 01

Eine Unternehmung der Privatwirtschaft und der Berner Fachhochschule Biel, Abteilung Automobiltechnik

1 Ziel und Zweck

Die DTC Dynamic Test Center AG (kurz: DTC AG) führte eine Studie zur Verwendung von luftgefederten Fahrzeugsitzen in militärischen Fahrzeugen durch. Heutige Sitze für Minengeschützte Fahrzeuge sind primär für den Schutz der Insassen konzipiert und bieten daher nur einen marginalen Sitzkomfort. Auch wenn Komfort und Minenschutz in einem klaren Zielkonflikt zueinander stehen, sollen die beiden durchgeführten Tests das Schutzpotential eines Komfortsitzes bei einer Minenansprengung aufzeigen.

Der Fokus war auf die Belastungen eines HIII-50%-Dummys bei Reproduktionen von Minenansprengungen gesetzt. Es galt die Dummybelastungen und das Verhalten des Sitzsystems bei unterschiedlich heftigen Reproduktionen von Minenansprengungen zu ermitteln. Im Weiteren soll abgeschätzt werden, wie das Sitzsystem weiterentwickelt werden könnte, um den Minenschutz zu verbessern.

2 Zusammenfassung

Auf den luftgefederten Sitz aus einem Volvo LKW FL6h wurde ein HIII-50%-Dummy gesetzt. Mit Hilfe einer Schlittenanlage und dem Verzögerungspuls einer Biegeblechbremse wurden zwei unterschiedlich starke Minenbelastungen simuliert. Als Bewertungsgrundlage für die Dummybelastungen dient in erster Linie die STANAG Norm AEP-55 Vol.2 Edition 2.

Beim ersten Test mit einer Geschwindigkeitsänderung (Δv) von 3.9 m/s lagen alle Dummybelastungen weit unter den biomechanischen Grenzwerten. Durch den luftgefederten Sitz wurde die Geschwindigkeitsänderung des Unterbaus nicht direkt auf den oberen Teil des Sitzes übertragen. Die grösste Belastung trat erst auf, als der Sitz an den Gummianschlägen entgegen der Dummybewegungsrichtung zurückprallte. Der Dummy konnte aber viel Weg beim Eintauchen in das Sitzkissen machen, wodurch die Belastungen tief ausfielen. Am Sitz konnte im Anschluss an den Test keine Beschädigung festgestellt werden.

Für den zweiten Test konnte der unbeschädigte Sitz aus dem Test 01 wiederverwendet werden. Die Kollisionsgeschwindigkeit wurde so gesteigert, dass ein Δv von 5.3 m/s resultierte. Das Verhalten aus dem Test 01 mit dem Zurückfedern des Sitzoberbaus wurde hier noch etwas deutlicher. Der Dummy konnte wieder viel Weg beim Eintauchen in das Sitzkissen machen. Trotzdem lagen die Belastungen am Becken (DRI_z) über den biomechanischen Grenzwerten. Das Potential des Sitzes bezüglich Minenschutz war somit überschritten. Am Sitz konnte im Anschluss an den Test keine Beschädigung festgestellt werden.

Bis zu welcher Geschwindigkeitsänderung die Dummybelastungen bei diesem Sitzsystem unter den biomechanischen Grenzwerten liegen, wurde nicht genauer eingegrenzt. Diese müsste auf den spezifischen Fahrzeugtyp abgestimmt werden.

Die beiden Tests zeigen klar das Potential von luftgefederten Sitzen für den Einsatz in militärischen Fahrzeugen auf. Auch wenn nicht ermittelt wurde, bis zu welcher Geschwindigkeitsänderung die Dummybelastungen unter den biomechanischen Grenzwerten liegen, ist klar ersichtlich, dass die Belastungen bei einem Δv von 3.9 m/s und dem Sitzsystem ohne spezifische Massnahmen zum Minenschutz vergleichsweise sehr tief sind. Mit teils einfachen Massnahmen sollte es möglich sein, ein Komfortsitz für den Minenschutz zu optimieren. Dadurch würde erreicht, dass ein sehr komfortables und sicheres Sitzsystem zum Einsatz angeboten werden könnte.

3 Testanordnung

Die Anbindung des Sitzes auf den Testschlitten erfolgte mittels einer von der DTC AG hergestellten Adaption. Diese Adaption wurde sehr steif ausgelegt direkt mit dem Schlitten verschraubt. Weiter ermöglichte dies eine möglichst originalgetreue Anbindung des Sitzes. Aufgrund der horizontalen Beschleunigungsrichtung der Schlittenanlage wurde der Sitz horizontal auf den Schlitten montiert. Der Dummy konnte nicht angegegurtet werden, weil die Gurtverankerungspunkte des Originalgurts am Fahrzeug lagen. Die Sicherheitsgurte wurden nicht nachgerüstet, weil diese weder die Dummykinematik während dem Test noch die Dummybelastung beeinflussen. Um die Belastung des Fahrzeugsitzes aufgrund des fehlenden Dummygewichts in der Liegeposition zu simulieren, wurde ein Spanngurt verwendet. Über die Oberschenkel des Dummys wurde dieser in das Sitzkissen und gegen die Luftfederung runtergezurrt. Um trotz der horizontalen Lage die Füsse realitätsnahe abstützen zu können, wurde ein zusätzlicher Aufbau mit Fussstütze montiert, sowie die Füsse mittels Spanngurt in Position gehalten.

Damit die Sitzposition des Dummys in der horizontalen Position auf dem Schlitten reproduziert werden konnte, wurde der Dummy in aufrechter Position des Sitzes vorgängig vermessen. Die hierbei erhaltenen Werte wurden dann jeweils vor den Tests eingestellt.

Die Biegeblechbremse wurde genutzt, um ein Impuls zu generieren, der mit einer realen Belastung bei einer Minenansprengung vergleichbar ist. Somit entspricht die Dummybelastung einer Minenansprengung mit dem entsprechenden Δv.

Die Erdanziehungskraft während der Tests hat im Vergleich zur hohen Verzögerung durch die Reproduktion der Minenansprengung keinen nennenswerten Einfluss.

Abb. 1 Fussstütze, Sitz mit Sitzanbindung und 50 % HIII-Dummy auf dem Schlitten vor Test 02

3.1 Testsübersicht

Bei den Tests wurde lediglich das Δv variiert. Beim zweiten Test wurde derselbe Sitz wie im Test 01 verwendet. Die nachfolgende Tabelle fasst die verwendeten Konfigurationen zusammen:

Test-Nr.	Schockwelle (Δv)	Sitz
Test 01	-3.9 m/s	Volvo LKW-Sitz Typ FL6H
Test 02	-5.3 m/s	Volvo LKW-Sitz Typ FL6H

3.2 Sitz

Beim verwendeten Sitz handelt es sich um einen gebrauchten luftgefederten Sitz aus einem Volvo FL6H Lastwagen.

Hersteller:	Volvo
Artikel-Nr.:	31811234
Jahrgang:	2000
Gewicht:	30 kg

Abb. 1 Verwendeter Sitz montiert auf dem Schlitten.

3.3 Dummypositionierung

Vor den Tests wurde der Dummy in aufrechter Position im Sitz eingesetzt. Dabei wurden die unten beschriebenen Masse aufgenommen. Für die Tests wurde der Dummy auf dem horizontal montierten Sitz mit denselben Massen positioniert.

Sitzeinstellung:
Höhe: 50% des max. Hubweges (125 mm Abstand)

Lehnenwinkel: ~15°

Luftdruck: ~8 bar

Torso:
Schulter zur Adapterplatte (gemessen auf beiden Seiten)
x = 170 mm

Becken:
H-Punkt-Lehre (gemessen auf beiden Seiten)
x = 170 mm zur Rückenlehne
z = 325 mm zur Adaption

Oberschenkel:
Vertikal: 8°

Unterschenkel:
Horizontal: 25°

Abb. 2 Dummy in Position auf dem aufrechten Sitz

Der Dummy konnte nicht angegegurtet werden, weil die Gurtverankerungspunkte des Originalgurts am Fahrzeug lagen. Die Sicherheitsgurte wurden nicht nachgerüstet, weil diese weder die Dummykinematik während dem Test noch die Dummybelastung beeinflussen. Um die Belastung des Fahrzeugsitzes aufgrund des fehlenden Dummygewichts in der Liegeposition zu simulieren, wurde ein Spanngurt verwendet. Über die Oberschenkel des Dummys wurde dieser in das Sitzkissen und gegen die Luftfederung runtergezurrt. Diese Vorspannung wirkt in aufrechter Position durch die Masse des Körpers auf die Sitzfläche und beeinflusst den Testverlauf daher nicht.

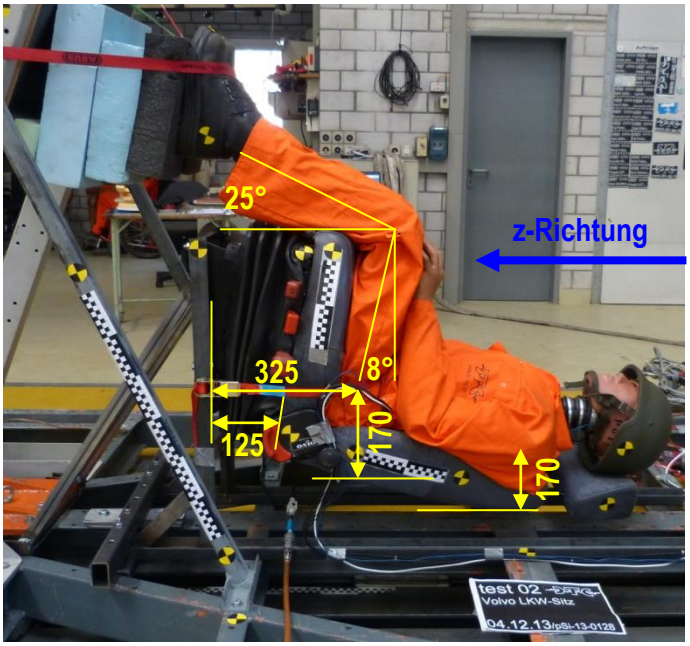


Abb. 3 Dummyposition auf dem horizontal montierten Sitz

3.4 Dummyinstallation

Der Dummy wurde auf dem Sitz gemäss den Positionierungsvorgaben STANAG AEP-55 Vol 2 installiert, welche sich mit den Vorgaben für Flugzeug- und Helikoptersitze (FAA-25.652) deckt:

- Positionierung auf die Mitte der Sitzfläche
- Rücken an der Sitzlehne anliegend
- Hände auf den Beinen oder am Lenkrad
- Knieabstand 4''
- Füsse auf Fussstütze oder Fussstützenersatz
- Angegurtet mit Vorspannung (2-Finger)[1]

Abb. 4 Dummy auf dem Sitz vor dem Test 01

Dem Dummy wurde ein oranges Overall, Kampfstiefel und ein Helm angezogen.

3.5 Schlittenbremse

Um die Belastung von Minenansprengungen zu reproduzieren, wurde eine Biegeblechbremse mit spezieller Bestückung verwendet.

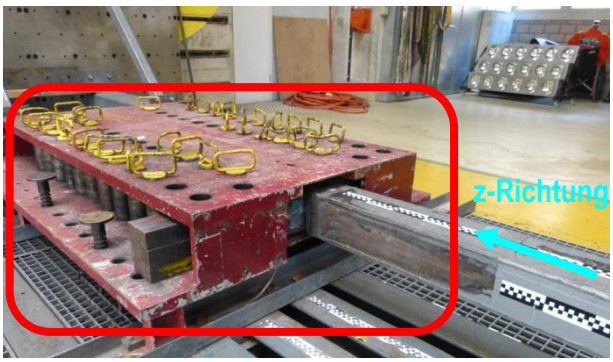


Abb. 5 Biegeblechbremse (rote Markierung) mit dem Schlitten in t=0.

[1] Da der Sitz nicht mit dem originalen Gurtsystem des Fahrzeuges ausgerüstet war, konnte dieser Punkt nicht erfüllt werden.

4 Messdatenerfassung

4.1 ATD

Zur Beurteilung der biomechanischen Belastungen auf die Insassen wurde folgender ATD eingesetzt:

4.1.1 Dummy HIII 50 % (P01) Mann

Im ATD waren folgende Messaufnehmer eingesetzt:

Kopfbeschleunigungen dreiachsig:	head
Halskräfte und -momente dreiachsig:	upper neck
Brustbeschleunigungen dreiachsig:	thorax
Brusteindrückung:	thorax deflection
Rückenwirbelsäulenkräft:	lumbar
Beckenbeschleunigung dreiachsig:	pelvis
Obere/untere Unterschenkelkräfte und –momente:	tibia

Abb. 6 Dummy HIII 50% Mann (P01) vor Test 02

Detaillierte Informationen zu den Messaufnehmern befinden sich im Kapitel 4.3 und in der Kanalliste im Anhang.

Die Messwerte werden zur Berechnung von Belastungskriterien verwendet oder direkt anhand biomechanischer Belastungsgrenzwerte beurteilt.

4.1.2 Koordinatensystem

Das am Dummy angewandte Koordinatensystem stützt sich auf die Vorgaben der SAE J211.

Zusätzlich gilt:

Nacken:	+	Fz	(Zug)
	-	Fz	(Druck)
	+	My	(Vorwärts, Flexion)
	-	My	(rückwärts, Extension)
Wirbelsäule:	+	Fz	(Zug)
	-	Fz	(Druck)

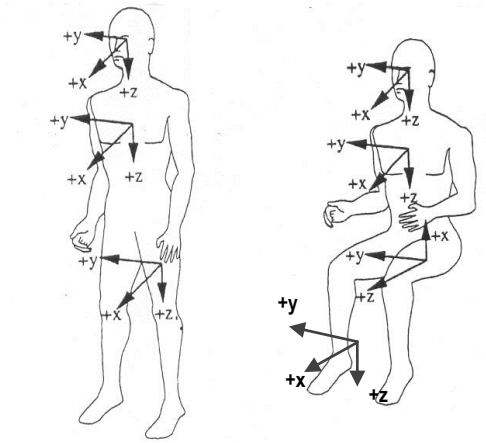


Abb. 7 Koordinatensystem Dummy

Bei der Messung der Beschleunigungen am Schlitten wurde das Koordinatensystem auf das Koordinatensystem des Dummy abgestimmt. Da der Sitz und somit der Dummy horizontal liegend auf dem Schlitten montiert wurden, ergibt das folgendes Koordinatensystem für den Schlitten:

+ x: positiv in Sitzrichtung
+ y: positiv nach rechts
+ z: positiv gegen unten (in Fahrtrichtung des Schlittens)

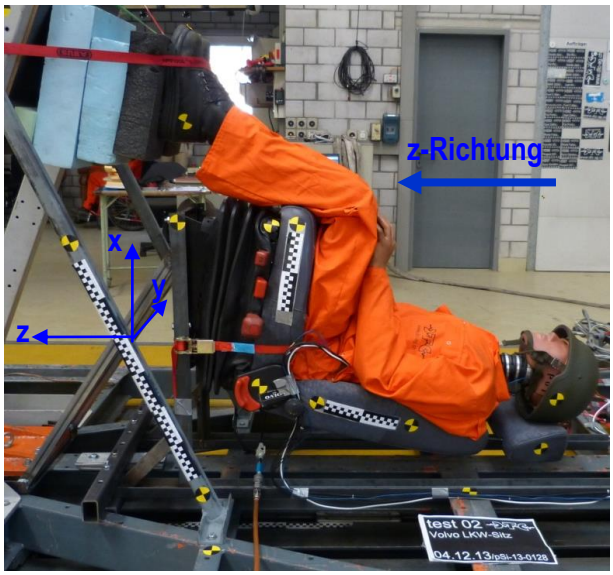


Abb. 8 Koordinatensystem beim liegenden Dummy

4.2 Datenerfassung und Messstellen

Die Messdaten wurden mit 20 kHz nach SAE J211 aufgezeichnet. Die Filterung der Messdaten erfolgte mit den vorgeschriebenen Tiefpassfiltern nach SAE J211.

Messdatenerfassung:
Beim Dummy und bei den Beschleunigungssensoren am Schlitten wurde die In-Dummy-Messtechnik M=BUS verwendet. Für den redundanten Beckensensor wurde konventionelle Messtechnik verwendet.

Die Messdatenerfassungseinheiten (blauer Kreis) wurden mit Spanngurte am Schlitten befestigt.

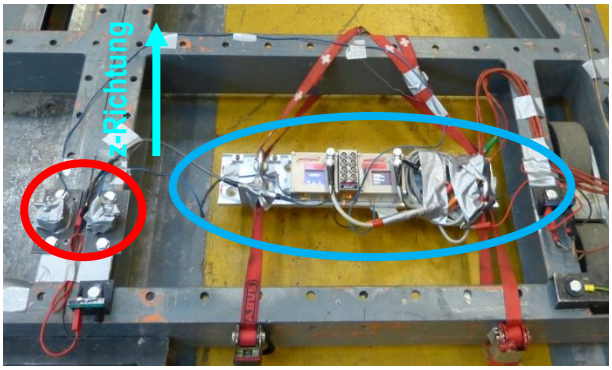


Abb. 9 Messeinheit (blauer Kreis) und Beschleunigungssensoren (roter Kreis) auf dem Verzögerungsschlitten.

Schlittenbeschleunigung:
Auf dem Verzögerungsschlitten waren zwei Beschleunigungssensoren installiert. Für die Auswertung des Verzögerungspulses wurde nur ein einzelner Sensor verwendet. Der zweite Beschleunigungssensor diente als Redundanz.

Auslöseimpuls:
Die Datenaufzeichnung wurde beim Betätigen eines Kupferkontakts beim Erstkontakt mit der Bremse ausgelöst (t0).

Mit einem zweiten Kupferkontakt an den Bremseisen wurde zeitgleich der Blitz für die Kamerasynchronisation ausgelöst.

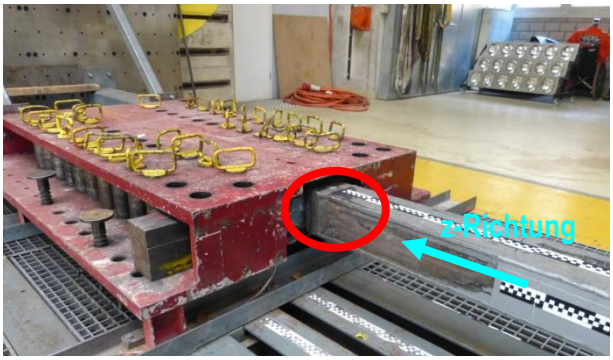


Abb. 10 Kupferkontakte am Schlitten und an der Bremse.

4.3 Zusammenfassung der Messstellen

Messstelle	Messgrösse / Sensortyp	Mess-richtung	Filter
Schlitten:			
Beschleunigung:	2 x dreiachsiger Beschleunigungssensor M=BUS 500 g	x, y, z	CFC 1000
Geschwindigkeit:		z digital	--
Dummy HIII 50% Mann:			
Kopfbeschleunigungen:	dreiachsiger Beschleunigungssensor 2000 g	x, y, z	CFC 1000
Halskräfte:	dreiachsige Kraftmesszelle 9 kN (z : 13 kN)	x, y, z	CFC 1000
Halsmomente:	dreiachsige Momentmesszelle 280 Nm	x, y, z	CFC 600
Brustbeschleunigungen:	dreiachsiger Beschleunigungssensor 500 g	x, y, z	CFC 180
Brusteindrückung:	Potentiometer 75 mm	x	CFC 180
Beckenbeschleunigung:	dreiachsiger Beschleunigungssensor 500 g	x, y, z	CFC 1000
Rückenwirbelsäulenkraft:	dreiachsige Messzelle 16 kN	x,z, (My)	CFC 1000
Oberschenkelkräfte:	Kraftmesszelle 13.4 kN (z : 22.3 kN)	x, y, z	CFC 1000
Oberschenkelmomente:	Momentmesszelle 339 Nm	x, y, z	CFC 1000
Kniekräfte:	Kraftmesszelle 9 kN	z	CFC 1000
Obere Unterschenkelmomente:	zweiachsige Momentmesszelle 400 Nm	x, y	CFC 1000
Untere Unterschenkelmomente:	Momentmesszelle 400 Nm	x	CFC 1000
Untere Unterschenkelkräfte:	zweiachsige Kraftmesszelle 11 kN	y, z	CFC 1000

Die Messdaten stehen auf der Daten-DVD, mit den vorgängig aufgeführten Filtern zur Verfügung.

Detaillierte Informationen zu den Messaufnehmern sowie deren Sensornummern befinden sich in der Kanalliste im Anhang. Die Auswertungen und Zusammenzüge der Messdaten befinden sich ebenfalls im Anhang.

5 Filmtechnik

Für die visuelle Dokumentation der Tests wurden drei digitale Highspeedkameras (1000 Bilder/s) eingesetzt. Die Kameras wurden manuell ausgelöst.

Blitz (roter Kreis) für die Kamerasynchronisierung.

Abb. 11 Synchronisationsblitz

Ansicht von der linken Seite*:*

#1 Detail seitlich

#2 Übersicht seitlich

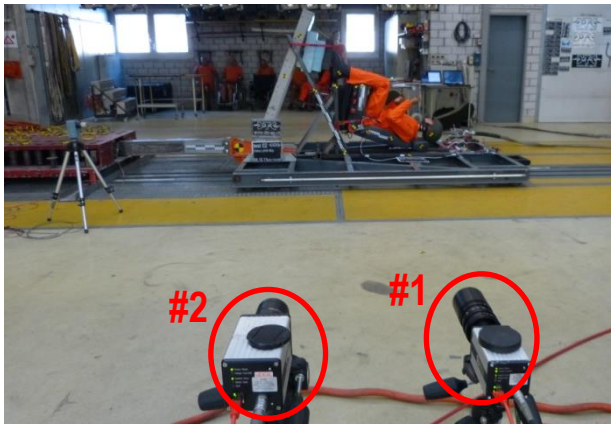


Abb. 12 Seitliche Kamerapositionen

Ansicht von oben:

#3 Übersicht von oben

Abb. 13 Kameraposition für die Übersicht von oben.

6 Resultate

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Messwerte und die biomechanischen Grenzwerte für den verwendeten HIII-50%-Dummy zusammengefasst. Die detaillierten Messwerte und Auswertungen können im Anhang eingesehen werden.

Die unten aufgeführten biomechanischen Grenzwerte wurden aus der Stanag AEP-55 Vol 2 übernommen.

6.1 Zusammenfassung der Messwerte

Test-Nr.	**Sled** Δv $a_{z\ max.}$	**Neck** $F_{z\ 0ms}$ $F_{z\ 30ms}$	**Thorax** $a_{z\ 7ms}$	**Lumbar** $F_{z\ 0ms}$ $F_{z\ 30ms}$	**Pelvis** $F_{z\ 7ms}$ DRI_z	**Femur** $F_{z\ 0ms\ right}$ $F_{z\ 0ms\ left}$	**Tibia** $F_{z\ 0ms\ right}$ $F_{z\ 0ms\ left}$
Biomechanische Grenzwerte	--	-4000 N -1100 N	--	-- --	-- 17.7	-6900 N	-5400 N
T01	-3.9 m/s -130.0 g	-821 N -355 N	11.7 g	-2708 N -1686 N	10.0 g 9.6	-837 N -782 N	-2256 N -2253 N
T02	-5.3 m/s -164.3 g	-1804 N -447 N	24.3 g	-6774 N -2113 N	25.2 g **20.1**	-878 N -853 N	-2976 N -3059 N

Im Test 01 mit einem Δv von 3.9 m/s lagen die Werte an allen Messstellen deutlich unter den biomechanischen Grenzwerten. Für den zweiten Test wurde das Δv auf 5.3 m/s erhöht. Dabei zeigte sich, dass die Druckkraft auf der Wirbelsäule und die Beckenbeschleunigung massiv anstiegen und der DRI in z-Richtung den biomechanischen Grenzwert überschritt.

6.2 Test 01

Abb. 14 Übersicht vor Test 01

Abb. 15 Übersicht nach Test 01

Abb. 16 Ansicht von unten nach Test 01: Die Sitzstruktur blieb intakt.

Abb. 17 Dynamisches Bild vom maximalen Eindringen des Dummys in den Sitz.

Beim Test 01 wurde zuerst der Federweg der Luftfederung überwunden, bis die Sitzstruktur auf den Gummianschlägen des Unterbaus aufschlug. Dann tauchte der Dummy tief ins weiche Sitzkissen ein. Am Sitz konnte im Anschluss an den Test keine Deformationen oder Beschädigungen beobachtet werden.

6.3 Test 02

Da der Sitz im Test 01 nicht beschädigt wurde, konnte er für den Test 02 nochmals verwendet.

Abb. 18 Übersicht vor Test 02

Abb. 19 Übersicht nach Test 02

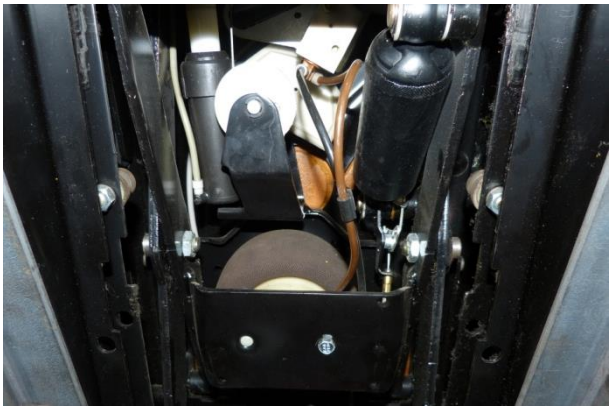


Abb. 20 Ansicht von unten nach Test 02: Die Sitzstruktur blieb intakt.

Abb. 21 Dynamisches Bild vom maximalen Eindringen des Dummys in den Sitz.

Beim Test 02 wurde zuerst der Federweg der Luftfederung überwunden, bis die Sitzstruktur auf den Gummianschlägen des Unterbaus aufschlug. Dann tauchte der Dummy tief ins weiche Sitzkissen ein. Am Sitz konnte im Anschluss an den Test keine Deformationen oder Beschädigungen beobachtet werden.

7 Modifikationsansätze

Beim Test 01 mit einer Geschwindigkeitsänderung von 3.9 m/s lagen die Insassenbelastungen an allen Messstellen deutlich unter den biomechanischen Grenzwerten. Dies zeigt, dass mit diesem Sitz auch ein höheres Δv möglich ist. Daher wurde für den zweiten Test die Geschwindigkeitsänderung auf 5.3 m/s gesteigert. Die Messergebnisse zeigten jedoch, dass nun die Dummybelastungen über den biomechanischen Grenzwerten lagen. Folglich war damit die maximal mögliche Geschwindigkeitsänderung für dieses Sitzsystem überschritten. Wie hoch die Geschwindigkeitsänderung für diesen Sitz maximal sein darf, wurde nicht weiter eingegrenzt. Stattdessen wurde der Aufbau es verwendeten Sitzes genauer betrachtet und das vorhandene Potential zur Minimierung der Dummybelastungen bei Δv grösser 5 m/s analysiert.

7.1 Höhenverstellung

Für einzelne Fahrzeuge ist der Minenschutz dieses Sitzes ohne zustäzliche Minenschutzmodifikationen ausreichend. Wichtig dabei ist aber, dass auch in der tiefst wählbaren Sitzposition genügend Restweg der Luftfederung vorhanden ist. Deshalb ist eine Eingrenzung der Höhenverstellung notwendig.

7.2 Federwegbegrenzung mit Energieabsorptionselement

Der Federweg des verwendeten Luftfedersitzes wird lediglich links und rechts durch je einen Gummipuffer begrenzt. Solche Puffer haben generell ein schlechtes Dämpfungsverhalten, was dazu führt, dass der Sitz beim Aufschlagen wieder in die entgegengesetzte Richtung beschleunigt wird. Dadurch prallt der Dummy noch härter mit dem Becken auf den ihm bereits wieder entgegenkommenden Sitz auf. Um den Sitz für eine höhere Geschwindigkeitsänderung auszurüsten, wird folglich ein Energieabsorptionselement benötigt. Dieses Element würde einerseits das Aufschlagen des Sitzes dämpfen, damit der Sitz nicht zurückfedert und anderseits die Belastungen des Dummys bei dessen Aufschlagen auf dem Sitz reduzieren.

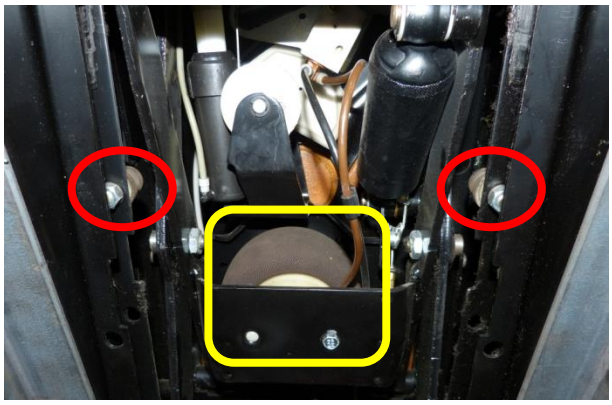


Abb. 22 Sitzansicht von unten: Die roten Kreise markieren die Gummianschläge; das gelbe Viereck zeigt den Luftbalg des Sitzes.

Trotzdem würde aber noch eine Art Gummipuffer für die Alltagsfunktion als Federwegbegrenzung benötigt, damit der Sitz bei kleineren Strassenunebenheiten nicht unsanft auf dem Energieabsorptionselement aufschlägt.

7.3 Ergänzung durch Sitzbeschleunigungs- oder Sitzgeschwindigkeitsabhängigen Energieabsorber

Zusätzlich zur Luftfederung des Sitzsystems könnte ein Energieabsorber eingebaut werden, der erst bei hoher Beschleunigung oder Geschwindigkeitsänderung ansprechen würde. Durch dieses zusätzliche System hätte der Sitz im Normalbetrieb das luftfedertypische Federverhalten. Bei einer Minenansprengung unter dem Fahrzeug würde dann aufgrund des schnellen Einfederns des Sitzes der Energieabsorber ansprechen und dadurch die Bewegungsenergie des Insassen über eine grössere Distanz abbauen.

A Anhang

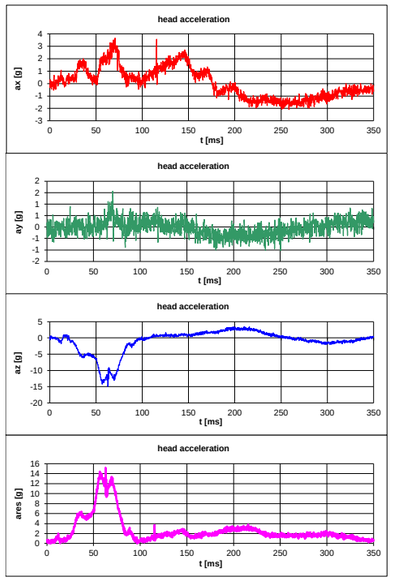
Auswertung Test 01 _____ Seite A-2
Auswertung Test 02 _____ Seite A-4

Evaluation of measuring results - test01

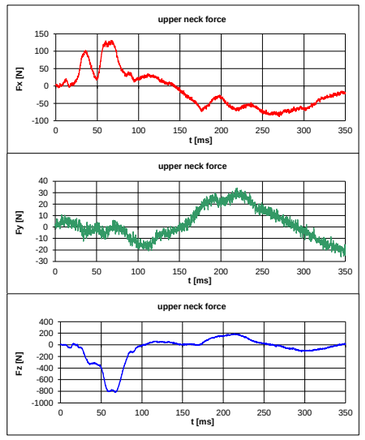
Dynamic Test Center AG

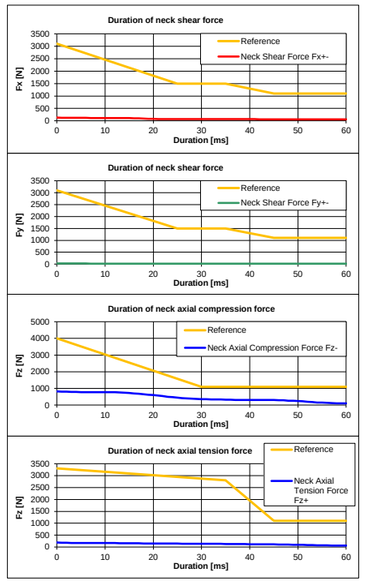
Date of test: 04.12.2013
Blast: reproductions of mine explosions
Dummy: Hill 50% male
Seat: Volvo truck seat

Filter: 1650 (CFC 1000)

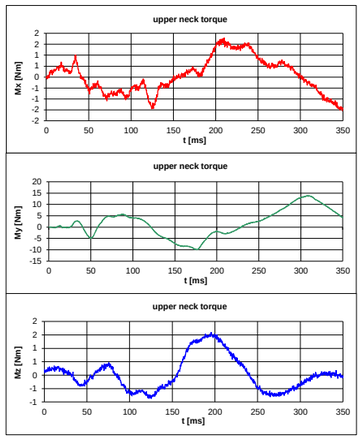


1650 (CFC 1000)

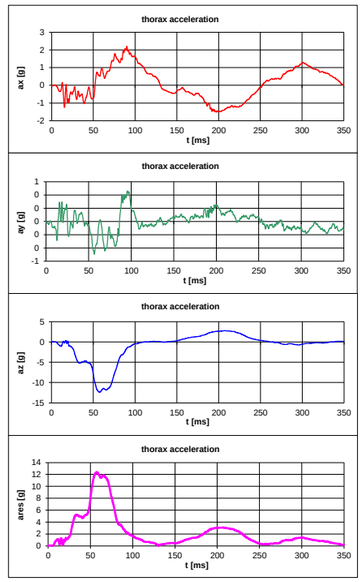




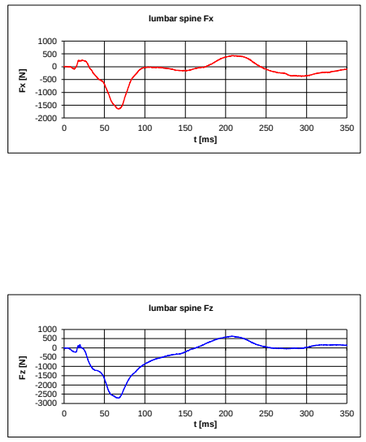
1000 (CFC 600)



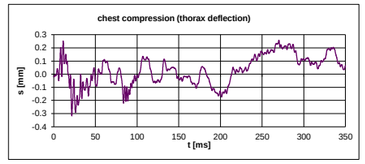
300 (CFC 180)



1650 (CFC 1000)



300 (CFC 180)



Results

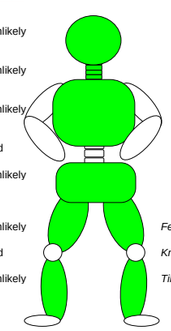
t0: first contact with brake
v0: 9.9 km/h
v0: 2.8 m/s

			biomechanical limits		Regulation
head acceleration res					
peak	15.1	g			
3 ms max	12.9	g			
HIC15max	8		250		AEP-55 Vol. 2 Edition 2
upper neck					
Fx (shear)	131	N	3100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fx 45ms	60	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fy (shear)	34	N	3100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fy 45ms	17	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (stretch)	191	N			
Fz (+) 60ms	60	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (compr.)	-821	N	-4000	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (-) 30ms	-355	N	-1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Mx	1.8	Nm			
My flexion	13.8	Nm	190	Nm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
My extension	-10.0	Nm	-77	Nm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
thorax acceleration res					
peak	12.4	g			
3 ms max	12.2	g			
7 ms max	11.7	g			
chest compression (thorax deflexion)					
peak	0.3	mm	30	mm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
vc frontal	0.000	m/s	0.7	m/s	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
lumbar spine Fz					
Fz (stretch)	639	N			
Fz (+) 45ms	378	N			
Fz (compr.)	-2708	N			
Fz (-) 30ms	-1686	N			
pelvis acceleration					
ares peak	12.3	g			
3 ms max	11.5	g			
ax 7 ms max	5.9	g			
ay 7 ms max	0.9	g			
az 7 ms max	10.0	g			
DRI x	5.8				
DRI y	0.6				
DRI z	9.6		17.7		AEP-55 Vol. 2 Edition 2
dvz max	-4.2	m/s			
femur					
Fz peak right	-837	N	-6900	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz peak left	-782	N	-6900	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
tibia					
Fz peak right	-2256	N	-5400	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz peak left	-2253	N	-5400	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
seat	**max**		**min**		
ax	0.0	g	0.0	g	
ay	0.0	g	0.0	g	
az	0.0	g	0.0	g	
sz	0.0	mm			
sled	**max**		**min**	g	
ax	61.6	g	-56.9	g	
ay	44.0	g	-72.0	g	
az	42.7	g	-130.0		
dvz peak			-4.0	m/s	
dvz mean 20 - 25 ms			-3.9	m/s	

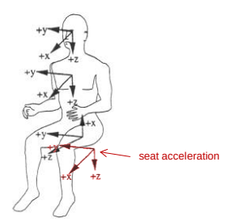
Injury severity

Injury Unlikely Injury Likely
Injury Unlikely Injury Likely

Head	Injury Unlikely		
Upper Neck	Injury Unlikely		
Thorax	Injury Unlikely		
Lumbar	unvalued		
Pelvis	Injury Unlikely		
Femur ri	Injury Unlikely	*Femur le*	Injury Unlikely
Knee ri	unvalued	*Knee le*	unvalued
Tibia ri	Injury Unlikely	*Tibia le*	Injury Unlikely

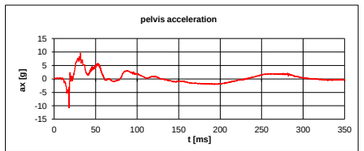


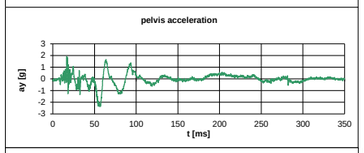
Coordinate system

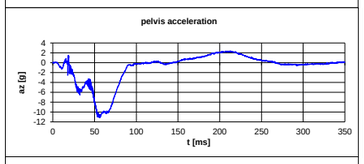


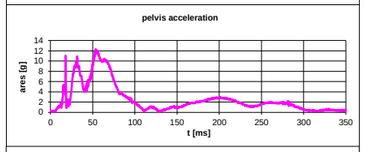
truck_seat_mine_protection_Test01.xlsx, Seite 1 von 2

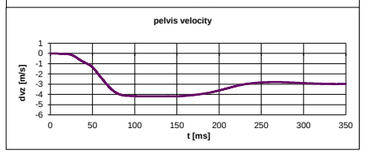
1650 (CFC 1000)



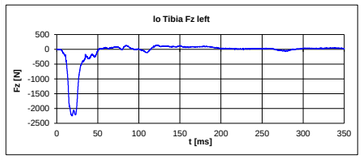




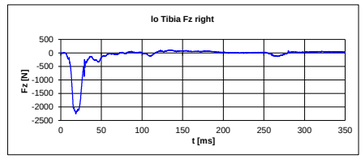




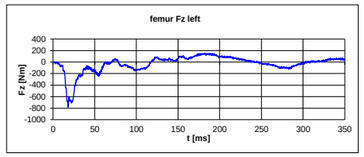
1650 (CFC 1000)



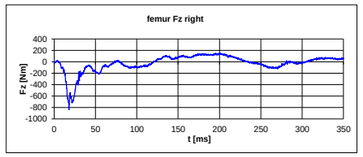
1650 (CFC 1000)



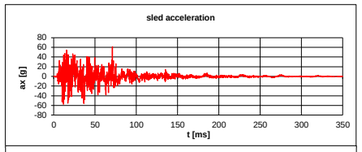
1650 (CFC 1000)

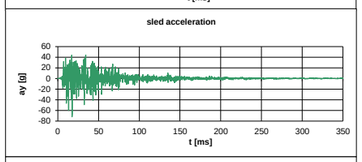


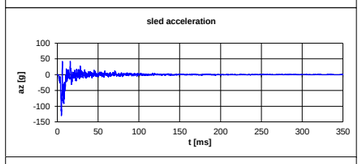
1650 (CFC 1000)

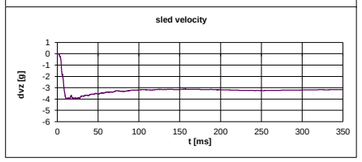


1650 (CFC 1000)







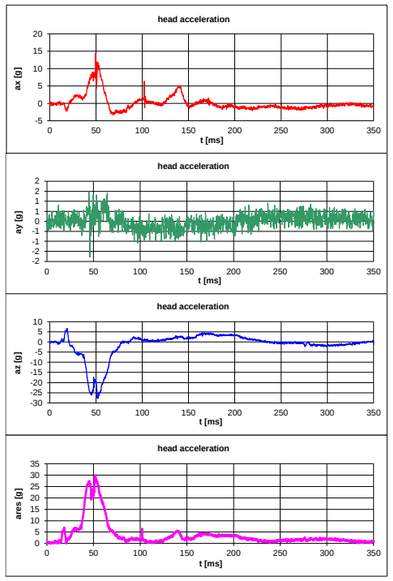


Evaluation of measuring results - test02

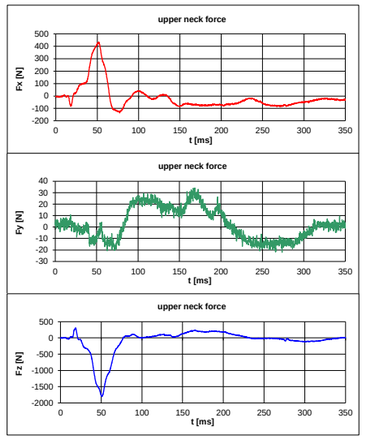
Dynamic Test Center AG

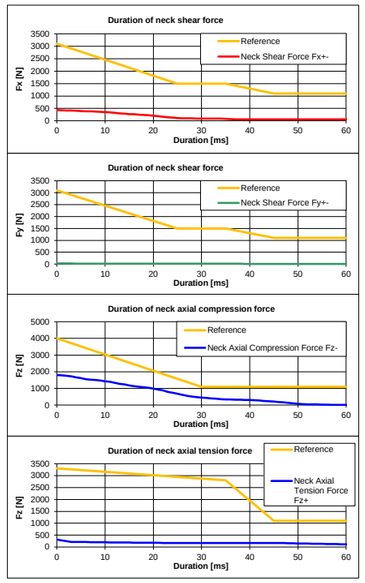
Date of test: 04.12.2013
Blast: reproductions of mine explosions
Dummy: Hill 50% male
Seat: Volvo truck seat

Filter: 1650 (CFC 1000)

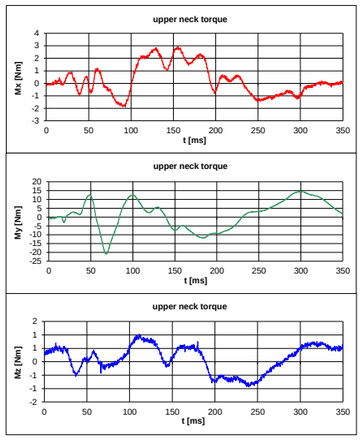


1650 (CFC 1000)

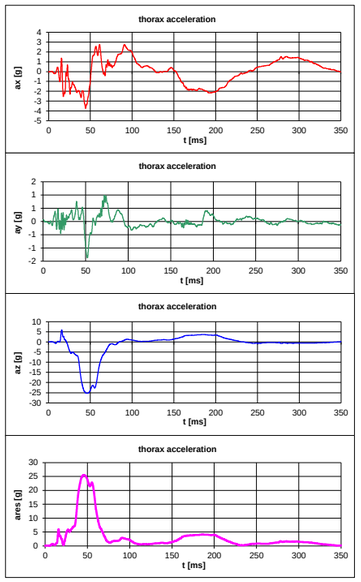




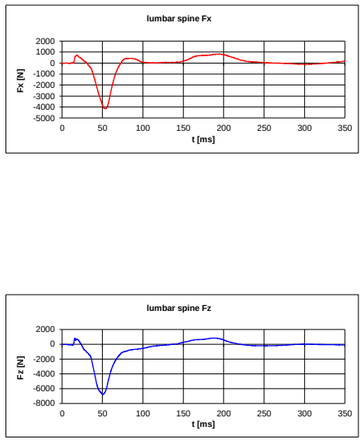
1000 (CFC 600)



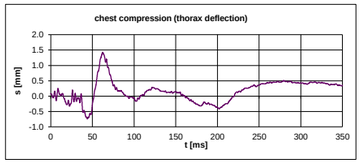
300 (CFC 180)



1650 (CFC 1000)



300 (CFC 180)



Results

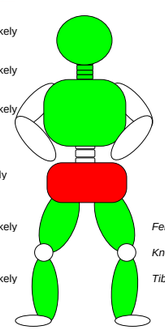
t0: first contact with brake
v0: 12.5 km/h
v0: 3.5 m/s

			biomechanical limits		Regulation
head acceleration res					
peak	30.0	g			
3 ms max	26.8	g			
HIC15max	46		250		AEP-55 Vol. 2 Edition 2
upper neck					
Fx (shear)	434	N	3100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fx 45ms	63	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fy (shear)	34	N	3100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fy 45ms	8	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (stretch)	310	N			
Fz (+) 60ms	120	N	1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (compr.)	-1804	N	-4000	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz (-) 30ms	-447	N	-1100	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Mx	2.9	Nm			
My flexion	14.6	Nm	190	Nm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
My extension	-21.0	Nm	-77	Nm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
thorax acceleration res					
peak	25.5	g			
3 ms max	25.3	g			
7 ms max	24.3	g			
chest compression (thorax deflexion)					
peak	1.4	mm	30	mm	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
vc frontal	0.002	m/s	0.7	m/s	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
lumbar spine Fz					
Fz (stretch)	838	N			
Fz (+) 45ms	444	N			
Fz (compr.)	-6774	N			
Fz (-) 30ms	-2113	N			
pelvis acceleration					
ares peak	27.9	g			
3 ms max	26.6	g			
ax 7 ms max	6.8	g			
ay 7 ms max	1.3	g			
az 7 ms max	25.2	g			
DRI x	6.5				
DRI y	0.9				
DRI z	**20.1**		17.7		AEP-55 Vol. 2 Edition 2
dvz max	-5.7	m/s			
femur					
Fz peak right	-878	N	-6900	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz peak left	-853	N	-6900	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
tibia					
Fz peak right	-2976	N	-5400	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
Fz peak left	-3059	N	-5400	N	AEP-55 Vol. 2 Edition 2
seat	**max**		**min**		
ax	0.0	g	0.0	g	
ay	0.0	g	0.0	g	
az	0.0	g	0.0	g	
sz	0.0	mm			
sled	**max**		**min**	g	
ax	82.7	g	-90.1	g	
ay	60.6	g	-79.8	g	
az	48.2	g	-164.3		
dvz peak			-5.4	m/s	
dvz mean 20 - 25 ms			-5.3	m/s	

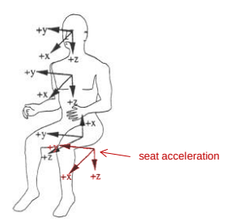
Injury severity

Injury Unlikely Injury Likely
Injury Unlikely Injury Likely

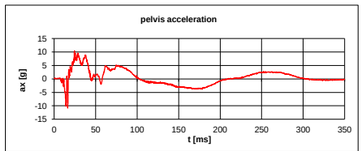
Head	Injury Unlikely		
Upper Neck	Injury Unlikely		
Thorax	Injury Unlikely		
Lumbar	unvalued		
Pelvis	Injury Likely		
Femur ri	Injury Unlikely	*Femur le*	Injury Unlikely
Knee ri	unvalued	*Knee le*	unvalued
Tibia ri	Injury Unlikely	*Tibia le*	Injury Unlikely

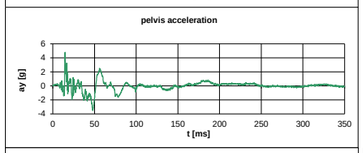


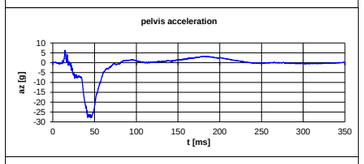
Coordinate system

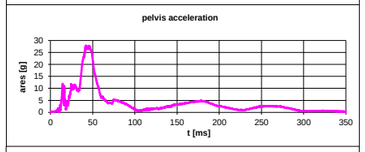


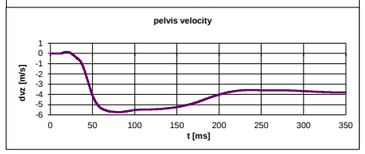
1650 (CFC 1000)



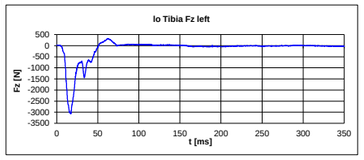




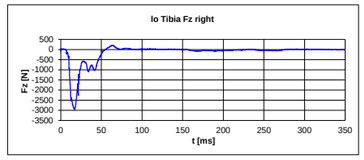




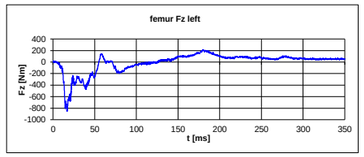
1650 (CFC 1000)



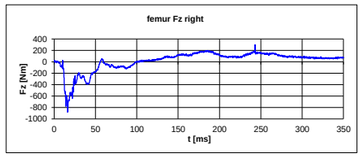
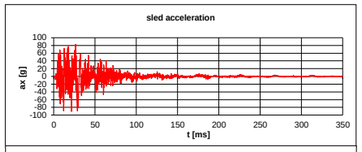
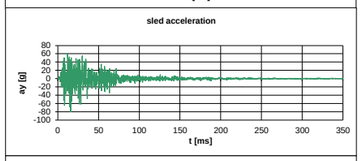
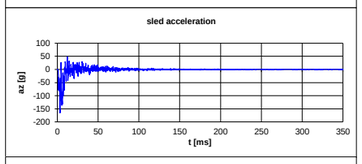
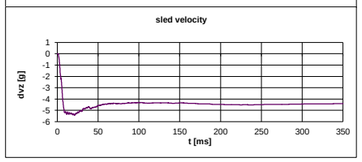
1650 (CFC 1000)



1650 (CFC 1000)



1650 (CFC 1000)



1650 (CFC 1000)