



Mechanische Spezifikationen E- Dumper

21.02.2017

Prof. Dr. Max Stöck (Technische Mechanik)

Roger Strässle (Normenwesen)
Rouven Christen (Auswertung Messdaten)
Alfred Gadola (Messtechnik)



NTB

Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs

FHO Fachhochschule Ostschweiz






EMS

INSTITUT FÜR ENTWICKLUNG
MECHATRONISCHER SYSTEME

1



NTB

Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs

FHO Fachhochschule Ostschweiz

- Messaufbau
- Übersicht Messungen

- Auswertungsgrundlage mit Einbezug der Kuhn Messdaten
- Vibrationen für Dauerfestigkeit (Fahren)
- Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock)
- Crash (Einmaliger Vorfall)

- Quetschen
- Umwelteinflüsse
- Was währe wenn?

Musterevent Dies ist die Folie von Peter Muster

vorname.nachname@ntb.ch

2

2

Messaufbau

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz

- Definition der Achsen

Achsen des Dumpers
Alle Messungen auf diese Achsen umgerechnet

Hydraulik System

Fahrtrichtung

Kabine

VM

VD

Dieseltank

HL

HR

VM = Vorne Motor:
VD = Vorne bei Dämpfer:
HL = Hinten Links:
HR = Hinten Rechts:
Musterevent

Sens O;Q
Sens P;R
Sens C;M
Sens D;N

vorname.nachname@ntb.ch

3

3

Messaufbau

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz

- Mess-Stelle vorne auf Motor

Beschleunigungs-Sensoren
 ± 10 und ± 200 g

Musterevent

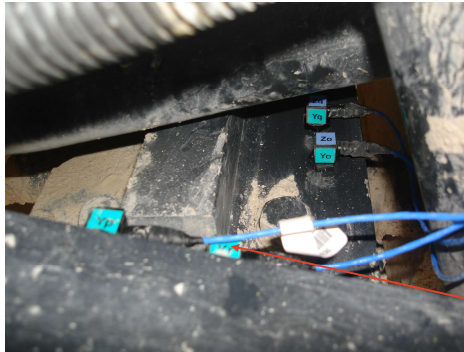
vorname.nachname@ntb.ch

4

4

Messaufbau

- Mess-Stelle neben Motor (Vorne bei Dämpfer)



- Beschleunigungs-Sensoren
 ± 10 und ± 200 g

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

5

5

Messaufbau

- Mess-Stelle hinten Rechts (Bei Dieseltank Anbindung)



- Beschleunigungs-Sensoren
 ± 5 und ± 100 g

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

6

6

Messaufbau

- Mess-Stelle hinten Links (Bei Hydraulik Anbindung)



- Beschleunigungs-Sensoren
 ± 5 und ± 100 g

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

7

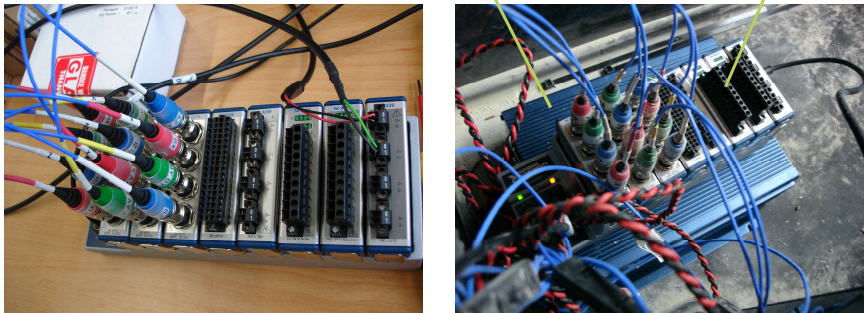
7

Messaufbau

- Datenerfassungs-System von National Instruments
 - Cdaq NI-9178 (USB)
 - 3 Einschübe NI-9234 (ICP)

230 V Quelle für
Laptop

Cdaq



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

8

8

Übersicht der aufgenommenen Fahrsituationen

- Normalbelastungen
 - Motor im Leerlauf; Fahrzeug Stehend; Mulde Leer
 - Motor ca. 1800 u/min; Fahrzeug Stehend; Mulde Leer
 - Motor Sweep Leerlauf-Vollgas; Fahrzeug Stehend; Mulde Leer
- Fahren Aufwärts; Mulde Leer
- Fahren Aufwärts; Mulde Voll
- Fahren Abwärts; Mulde Leer
- Fahren Abwärts; Mulde Voll
- Extrembelastungen
 - Vollbremsung Abwärts; Mulde Leer
 - Vollbremsung Abwärts; Mulde Voll
- Beladen
- Entladen

Musterevent

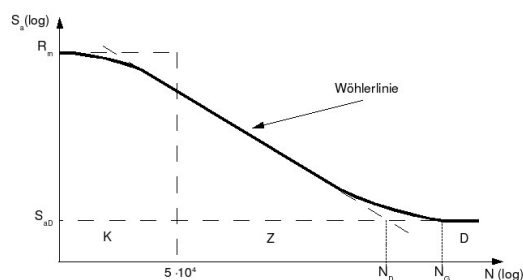
vorname.nachname@ntb.ch

9

9

Auswertungsgrundlage

- Auswertungsgrundlage für Auslegung mit FEM/ FKM und zum Vergleichen mit Normen



K: Kurzzeitfestigkeit (bis ca. 50'000 Lastwechsel)
Z: Zeitfestigkeit ($5 \cdot 10^4 - 10^6$ Lastwechsel)
D: Dauerfestigkeit (Je nach Material $N_D > 10^6$)



Festigkeitsnachweise für
Stahl- und Aluminium-Werkstoffe

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

10

10

Auswertung Kuhn Messungen über 2 Jahre

- Auswertung Daten von Kuhn
 - 220 Arbeitstage **über 1 Jahre** verteilt
 - Fahren Leer: 24694 min => 412 h/ Jahr
 - Fahren Beladen: 26836 min => 447 h /Jahr
 - Anzahl Fahrzyklen/Jahr
 - => Beladen 3185/ Jahr (Jeweils 4 Schaufeln)
 - => Entladen 3185/ Jahr
 - Generalüberholung eines Dumpers nach max. 20'000 h Einsatz
 - Motorlaufzeit/Jahr: 65597 min => **1094 h/Jahr**
-
- 1. Generalüberholung nach ca. 15-20 Jahre
-
- Batterie-Zelle vollzieht 3185 Teil-Zyklen (Entlade- /Lade) pro Jahr
 - Über 15-20 Jahre vollzieht die Zellen 48'000 – 64000 Teil-Zyklen
- Wie ist der Zustand der Zellen/Batterie nach 15-20 Jahren?

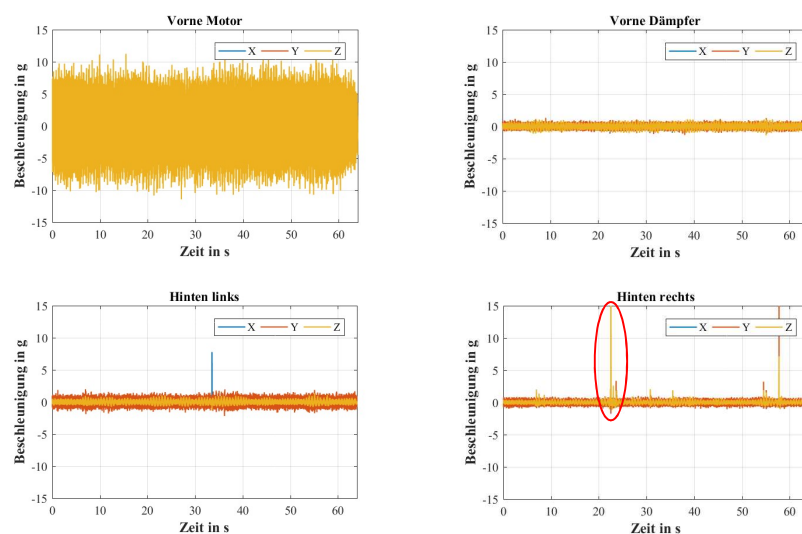
Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

11

11

Messergebnisse: Fahren beladen Runter



Musterevent

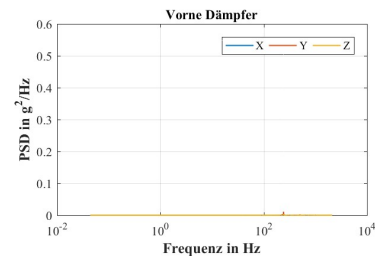
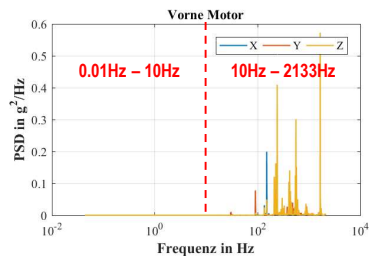
vorname.nachname@ntb.ch

12

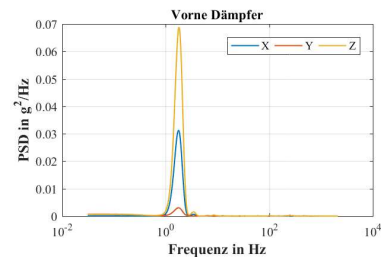
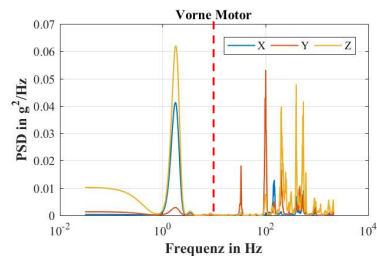
12

Vibrationen für Dauerfestigkeit (qualitativ)

Dumper im Stillstand mit laufendem Motor (ca. 1800U/min)



Dumper fährt voll beladen Abwärts



Musterevent

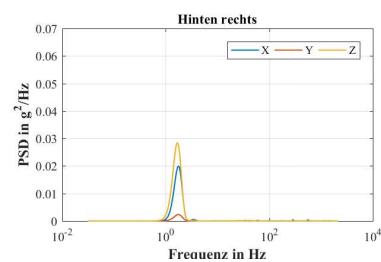
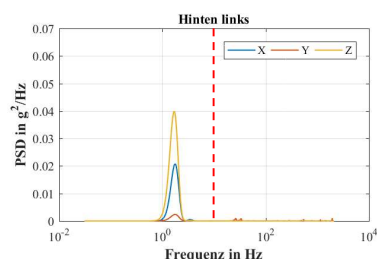
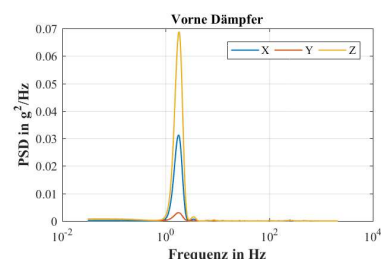
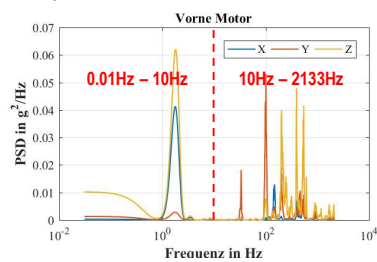
vorname.nachname@ntb.ch

15

15

Vibrationen für Dauerfestigkeit (qualitativ)

Dumper fährt voll beladen abwärts

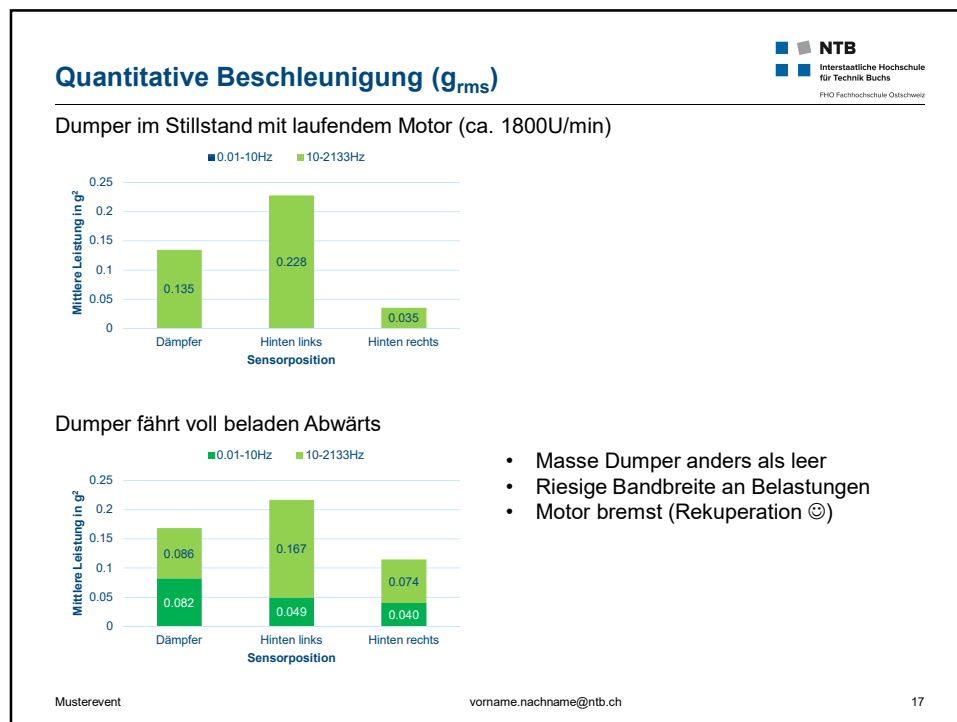


Musterevent

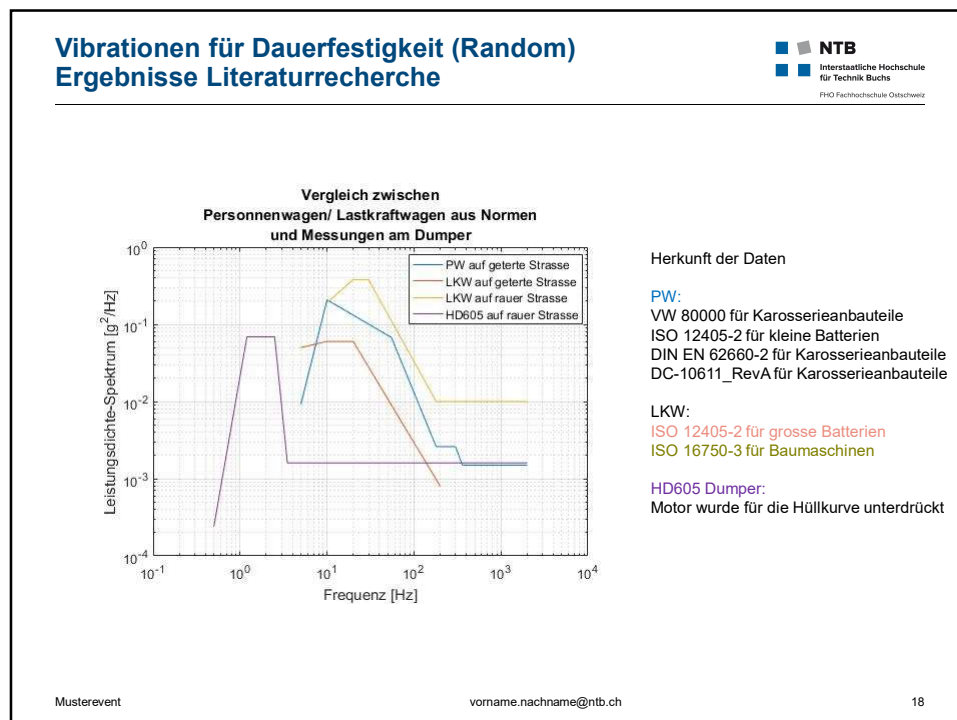
vorname.nachname@ntb.ch

16

16



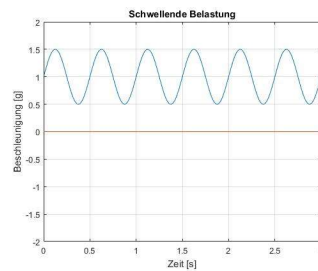
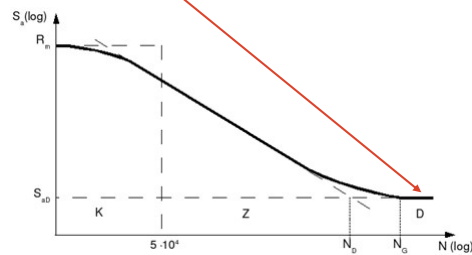
17



18

Vibrationen für Dauerfestigkeit (Random)

- Hauptfrequenz zwischen 1.2 und 2.5 Hz
- Besonders bei abwärtsfahren Mulde beladen ausgeprägt
- Beim fahren gut spürbares wippen und hüpfen ($g_{\text{Peak}} = 0.4g$)
- Wippen während ca. $\frac{1}{4}$ der Abwärtsfahrt => 111 h /Jahr
- => 799200 Schwingungen/ Jahr
- => ca. 12 Mio. Schwingungen über 15 Jahre



Musterevent

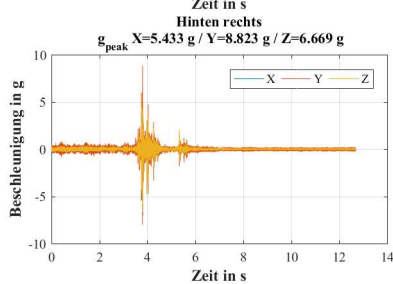
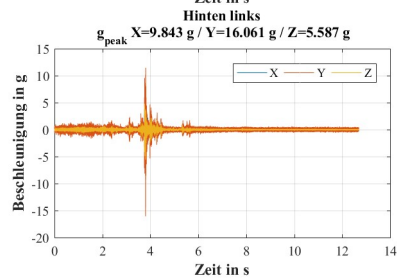
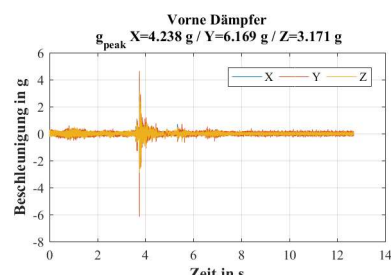
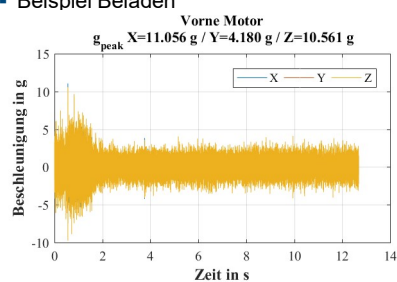
vorname.nachname@ntb.ch

19

19

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Beladen

■ Beispiel Beladen



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

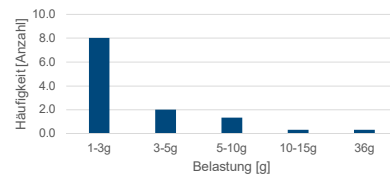
20

20

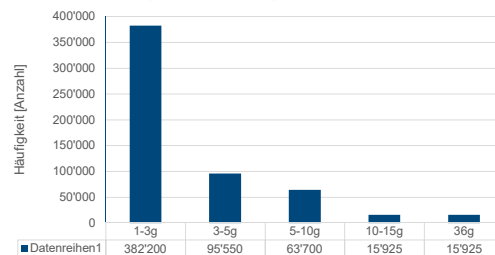
Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Beladen

- Schläge hinten Faktor 3x grösser als vorne
 - Daher nur hintere Sensoren beachtet
- Beladen: 3185 / Jahr
- Beladen: 47'775 über 15 Jahre

Häufigkeit der Schläge bei einer Füllung (4 Schaufeln)



Häufigkeit der Schläge über 15 Jahre



Musterevent

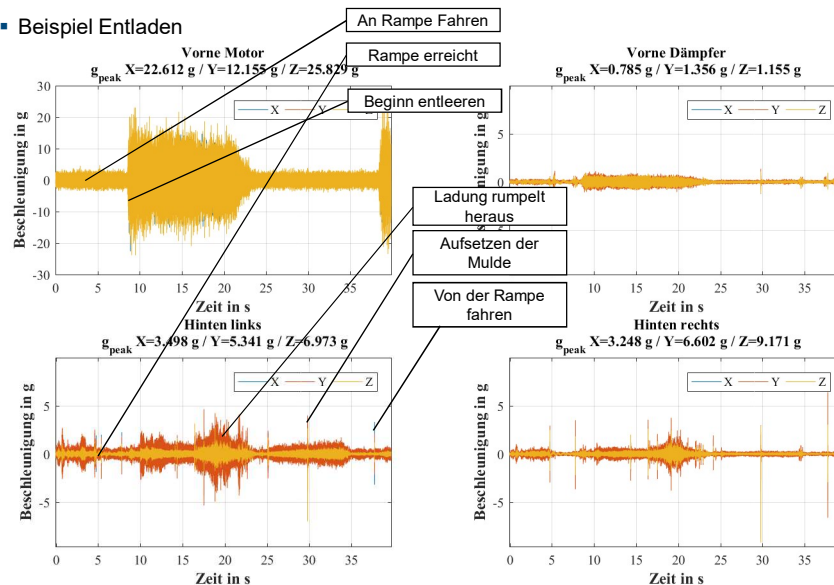
vorname.nachname@ntb.ch

21

21

Vibrationen für Dauerfestigkeit (Random)

- Beispiel Entladen



Musterevent

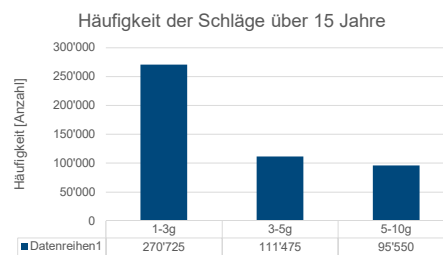
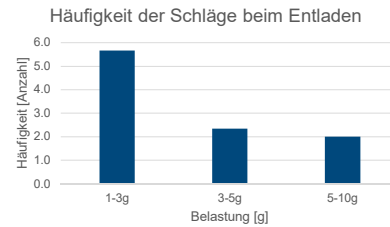
vorname.nachname@ntb.ch

22

22

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock)

- An Rampe fahren und entladen
- Shocks sind vorne kaum zu spüren
 - Daher nur hintere Sensoren beachtet
- Entladen: 3185 / Jahr
- Entladen: 47'775 über 15 Jahre



Musterevent

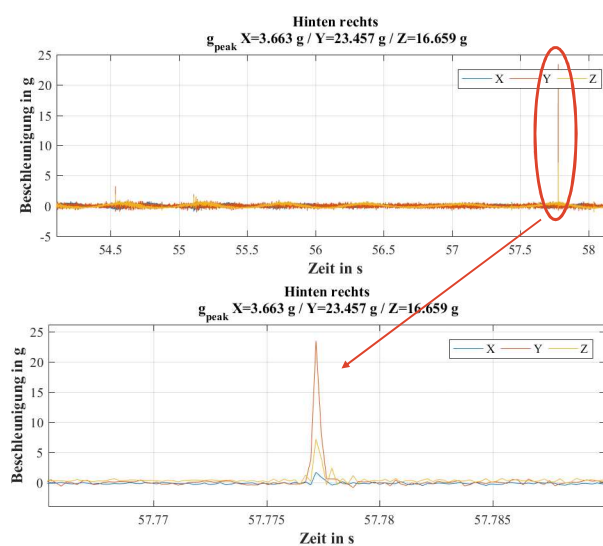
vorname.nachname@ntb.ch

23

23

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Messergebnisse

- Shocks während der Fahrt



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

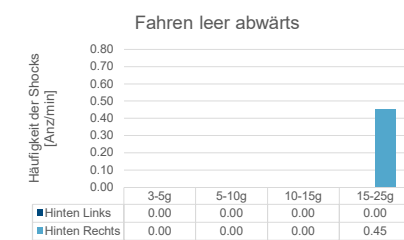
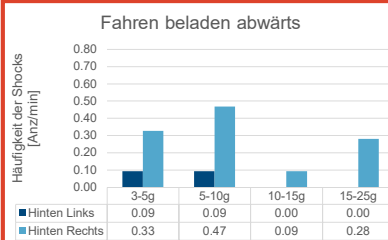
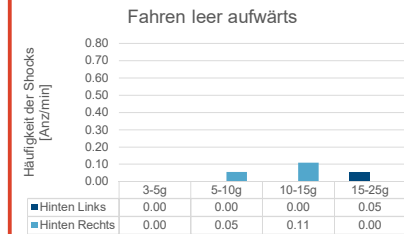
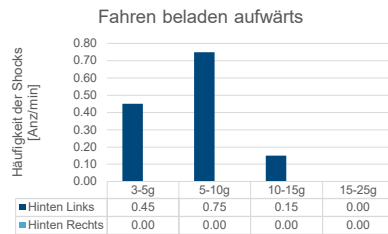
24

24

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Messergebnisse

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

- Shocks während der Fahrt



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

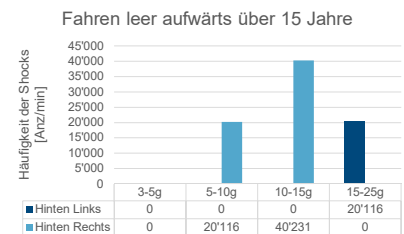
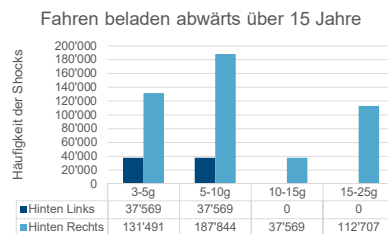
25

25

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Messergebnisse

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

- Shocks während der Fahrt über Lebensdauer



Musterevent

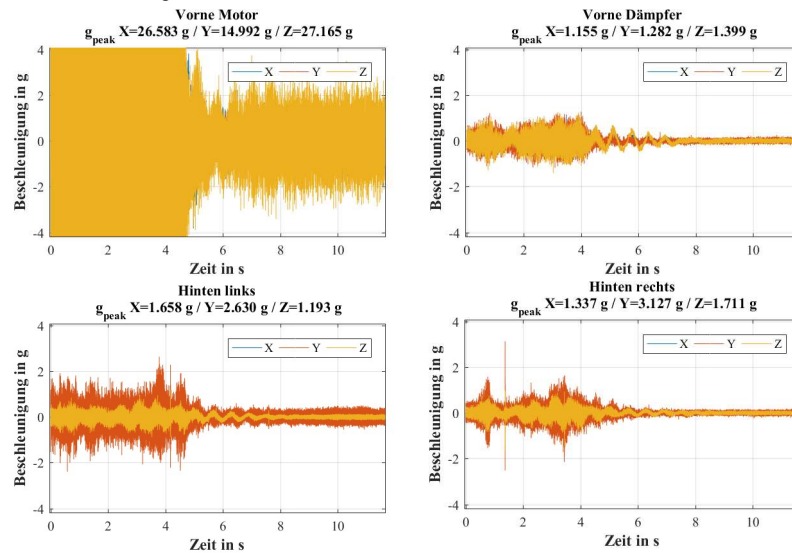
vorname.nachname@ntb.ch

26

26

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Vollbremsung

• Vollbremsung Beladen



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

27

27

Schock-Prüfung gemäss Normen Literaturrecherche

Shock-Prüfung gemäss

- DIN EN 62660-2
- ISO 12405-1 + ISO 12405-2
- VW 80000
- ISO 16750-3

Impulsform	halbsinusförmig
Beschleunigung	500 m/s ²
Dauer	6 ms oder länger
Anzahl der Stöße	10 je Prüfrichtung

Shock-Prüfung gemäss

- UN 38-3
- DC-10611_RevA

Number of Shocks per each direction (+/- X, Y, and Z)	10
Peak Acceleration	500 m/s ²
Shock Duration	11 ms
Test Temperature	RT

Musterevent

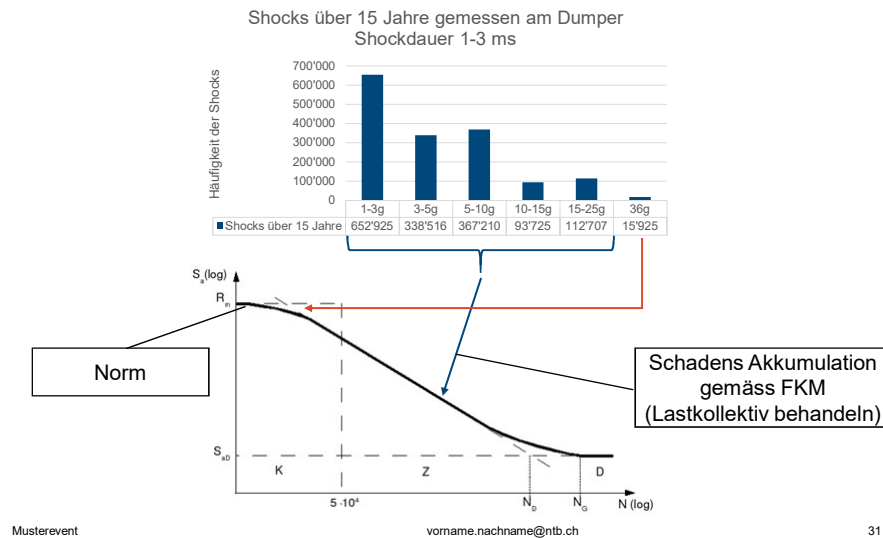
vorname.nachname@ntb.ch

29

29

Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Zusammenfassung Shocks Messungen

Zusammenfassung Shocks



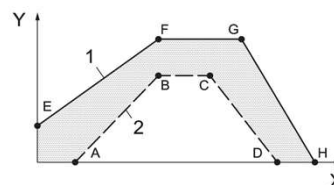
31

Crash-Prüfung

Prüfung für Schwerlastwagen nach ISO 12405-3

- Beispiel für 40t LKW

	Time ms	Acceleration (longitudinal) g	Acceleration (transversal) g
A	20	0	0
B	50	6,6	5
C	65	6,6	5
D	100	0	0
E	0	4	2,5
F	50	12	10
G	80	12	10
H	120	0	0



X Zeit, Y Beschleunigung
1 Maximum, 2 Minimum

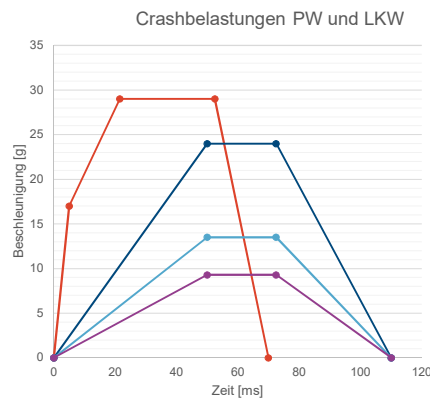
Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

32

32

Crash-Prüfung Frontal



Herkunft der Daten

PW:
ECE-R 16 aus $D_v = 56 \text{ km/h}$

LKW:
ISO 16750-3 aus

3.5t: $D_v = 56 \text{ km/h}$

20t: $D_v = 31 \text{ km/h}$

40t: $D_v = 22 \text{ km/h}$

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

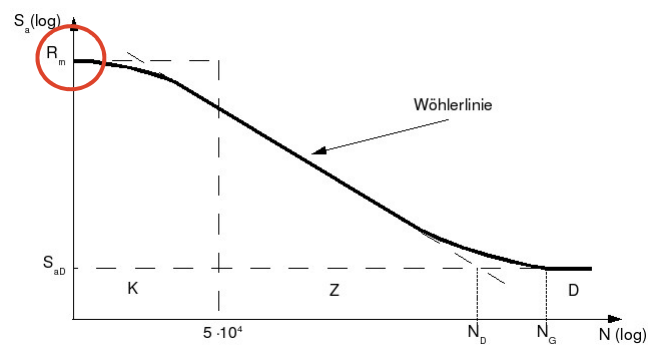
34

34

Crash

Einmaliges Vorkommnis

- Knautschzone?
- Batterie darf deformiert sein
- Keine Kurzschlüsse
- ...



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

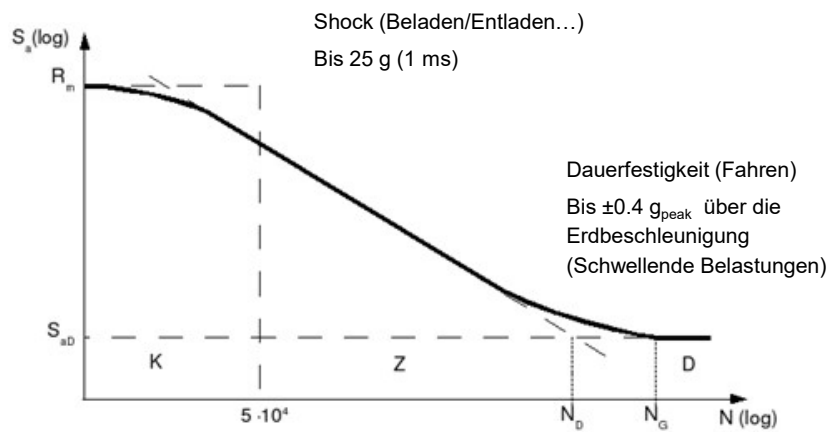
35

35

Zusammenfassung der Auswertung

Crash/Shock (Beladen, Crash)

Über 25 g (6 ms)



36

Weitere Empfehlungen für die Festigkeit der Batterie gemäss Normen

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

37

37

Fallkörper-Prüfung DIN EN ISO 3449

DIN EN ISO 3449

Erdbaumaschinen - Schutzaufbauten gegen herabfallende Gegenstände

Prüfungen

I: Schutz gegen Fall, runder Fallprüfkörper, Energie von 1'365 J

II: Schutz gegen Fall, zylindrischer Fallprüfkörper, Energie von 11'600 J

Anforderungen Schutzaufbau

Der Schutzaufbau muss dem Aufschlag widerstehen

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

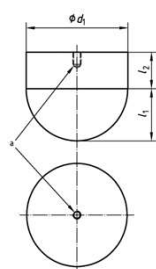
40

40

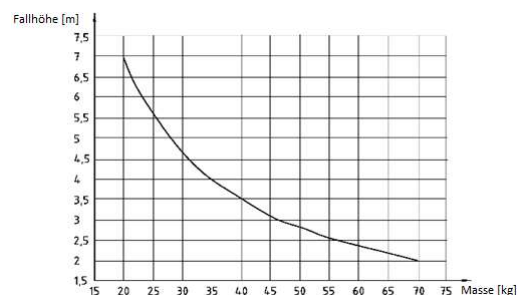
Fallkörper-Prüfung DIN EN ISO 3449

Prüfeinrichtung Stufe I

z. B. Ziegelsteine, kleine Betonstücke, Handwerkzeuge



Masse m kg



Beispiel: $45 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 3,1 \text{ m} \approx 1'365 \text{ J}$

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

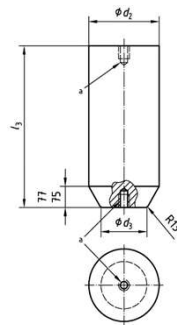
41

41

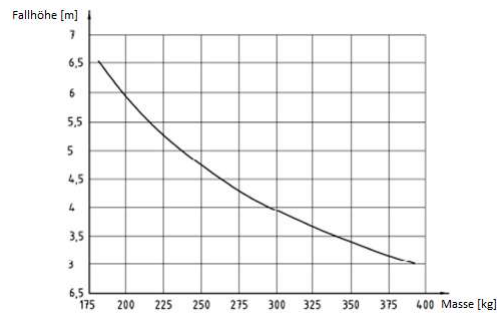
Fallkörper-Prüfung DIN EN ISO 3449

Prüfeinrichtung Stufe II

z. B. Bäume, Gesteinsbrocken



Masse m kg



Beispiel: $227 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 5,22 \text{ m} \approx 11'600 \text{ J}$

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

42

42

Umwelteinflüsse

Sonneneinstrahlung bei abgeschalteter Kühlung

- Temperatur im Gehäuse darf nicht höher werden als die Zelle spezifiziert
- **Prüfung nach VW 80'000**
 25 Tage Sonnenbestrahlung (15 Tage trocken, 10 Tage feucht)
 → Batterie während und nach Prüfung voll funktionsfähig

Belastung durch Personal

Batterie sollte begehbar sein → Personengewicht min. 120 kg

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

43

43

Umwelteinflüsse

- **Druckausgleich/ Druckabführung**
 - Die Batterie sollte eine Druckausgleichsmembran bekommen (Langsame Druckänderungen)
 - Ausgleich von Höhenunterschiede (Geografisch)
 - Hoch- und Tiefdruck (Wettertechnisch)
 - ...
 - Ab einen Druckunterschied von 0.1 Bar sollte eine Berstscheibe öffnen und den Überdruck ableiten. (Schnelle Druckänderungen)
 - Ausgasen der Zellen
 - Zellen Brennen (Absolute Notsituation)
 - ...

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

44

44

Umwelteinflüsse

- **Dichtheit nach VW 80'000**
 - Staubschutz
 - IP 6KX = Jeglicher Staub darf nicht in der Batterie eindringen können
 - Tauchwasser
 IP X0 bis IP X6K = Beaufschlagung mit Tauwasser, Regen, Spritzwasser
 es darf kein Wasser eindringen
 - Dichtheit Dampfstrahl
 IP X9K = Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung (100 bar)
 es darf kein Wasser eindringen
 - Schutzklasse **IP 6k6k/ 6k9k**
- **Salzsprühnebel-Prüfung nach VW 80'000**
 - Prüftemperatur: 35°C
 - Prüfzyklus: 8 h Besprühphase, 4 h Ruhezeit,
 - Anzahl Zyklen: 12
 - Verschiedene Betriebsarten

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

45

45

Schutzmassnahmen

• Schutzmassnahmen bei Gasbildung der Zelle

- ECE-R-100

Die Antriebsbatterie muss so in das Fahrzeug eingebaut sein, dass eine gefährliche Ansammlung von Gas (z.B. in der Führerkabine) nicht möglich ist.
 → Gasaustritt eventuell detektieren und alarmieren

• Brandfall

- Gemäss Sicherheitsnormen CE, SUVA, etc.

- Zum Beispiel

- Feuer darf nicht austreten
- Gase über Berstscheibe/ Überdruckventil sicher abführen
- Oberflächentemperatur?
- Fluchtwege müssen freibleiben

Diskussion und Dank



Schutzpatronin Heilige Barbara

Normen

- **DIN EN 62660-2:** Lithium-Ionen-Sekundärzellen für den Antrieb von Elektrostrassenfahrzeugen - Teil 2: Zuverlässigkeits- und Missbrauchsprüfung
- **SAE J 2464:** Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System (RESS) Safety and Abuse Testing
- **UN 38-3:** Transport of dangerous goods - Teil 3: Lithium metal and lithium ion batteries
- **ECE-R 100:** Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge hinsichtlich der besonderen Anforderungen an die Bauweise und die Betriebssicherheit
- **ECE-R 16:** Fahrzeuge mit Sicherheitsgurte, Rückhaltesysteme, Kinder-Rückhaltesysteme und ISOFIX-Kinder-Rückhaltesysteme
- **DIN EN ISO 3449:** Erdbaumaschinen – Schutzaufbauten gegen herabfallende Gegenstände – Prüfungen und Anforderungen
- **VW 80'000:** Volkswagen - Elektrische Eigenschaften und elektrische Sicherheit von Hochvolt-Komponenten - Anforderungen und Prüfungen
- **DC-10611 Rev-A:** Electrical/Electronic Component Environmental Testing pecifications
- **ISO 12405-2:** Electrically propelled road vehicles - Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems
- **ISO 12405-3:** Electrically propelled road vehicles - Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems
- **ISO 16750-3:** Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment