



**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

 ARGE  
E-Dumper

**EMS** INSTITUT FÜR ENTWICKLUNG  
MECHATRONISCHER SYSTEME

1

• Messaufbau  
• Übersicht Messungen

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

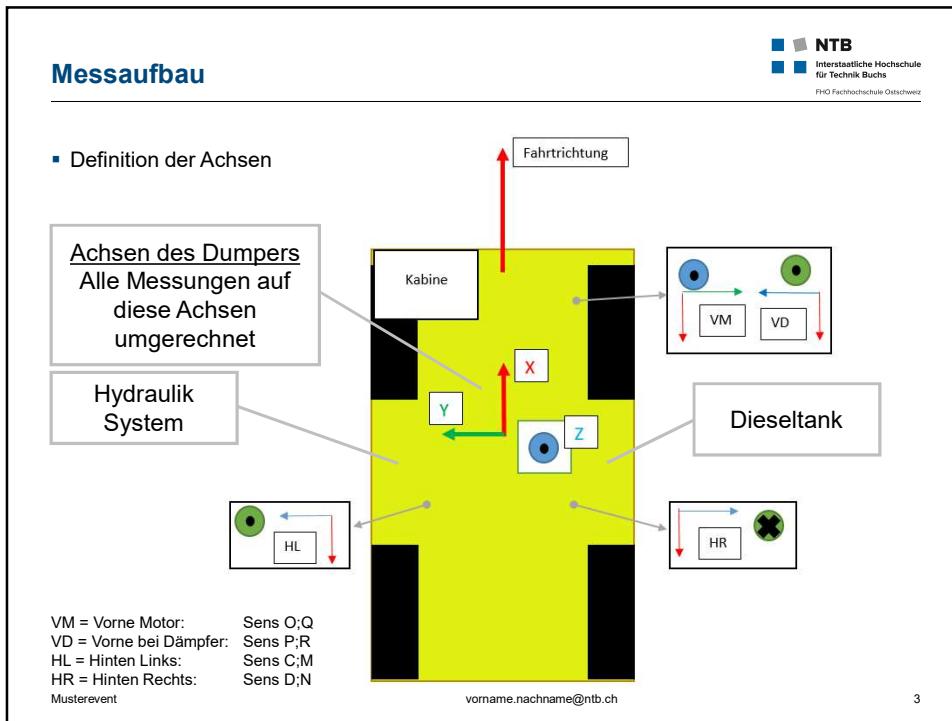
• Quetschen  
• Umwelteinflüsse  
• Was wäre wenn?

Musterevent Dies ist die Folie von Peter Muster

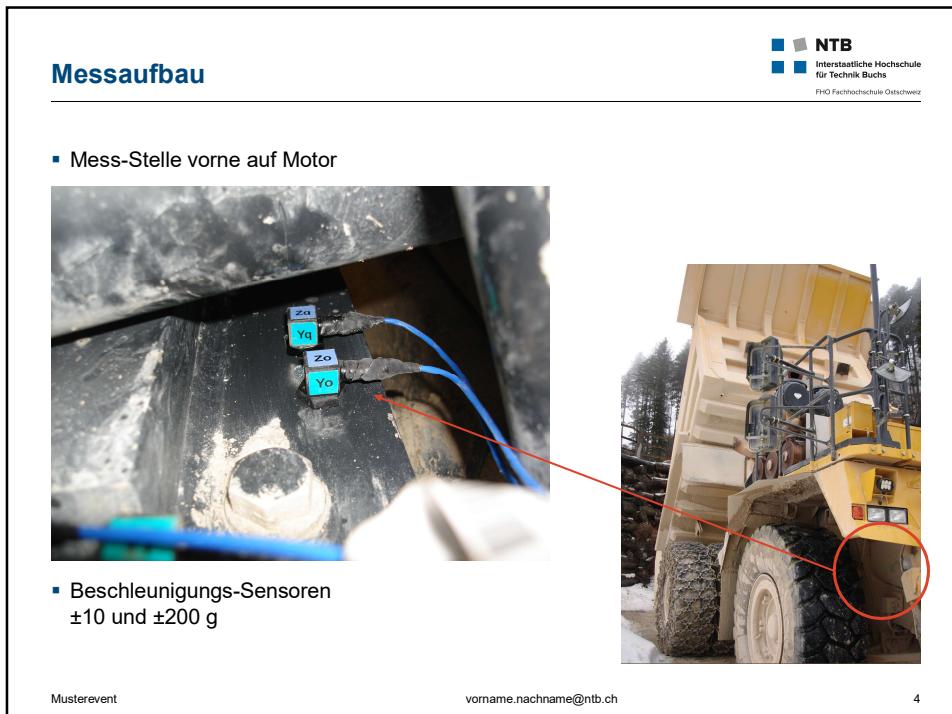
vorname.nachname@ntb.ch

2

2



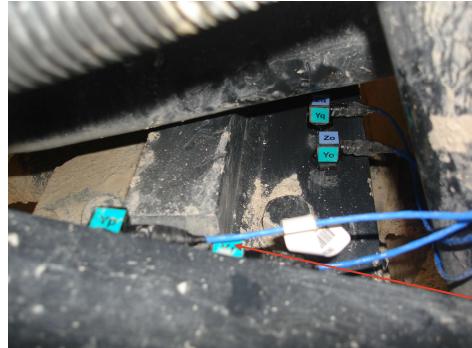
3



4

## Messaufbau

- Mess-Stelle neben Motor (Vorne bei Dämpfer)



- Beschleunigungs-Sensoren  
 $\pm 10$  und  $\pm 200$  g

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

5

5

## Messaufbau

- Mess-Stelle hinten Rechts (Bei Dieseltank Anbindung)



- Beschleunigungs-Sensoren  
 $\pm 5$  und  $\pm 100$  g

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

6

6

## Messaufbau

- Mess-Stelle hinten Links (Bei Hydraulik Anbindung)



Musterevent

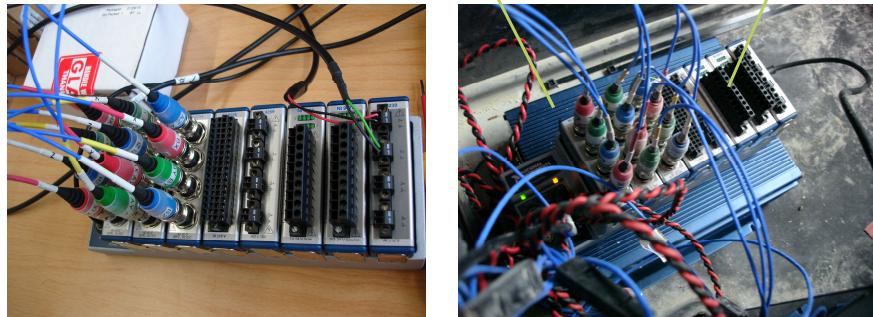
vorname.nachname@ntb.ch

7

7

## Messaufbau

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



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

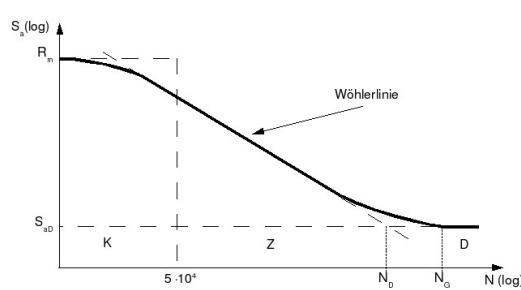
vorname.nachname@ntb.ch

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**

NTB  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz

- Auswertung Daten von Kuhn
- 220 Arbeitstage **über 1 Jahr** 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**

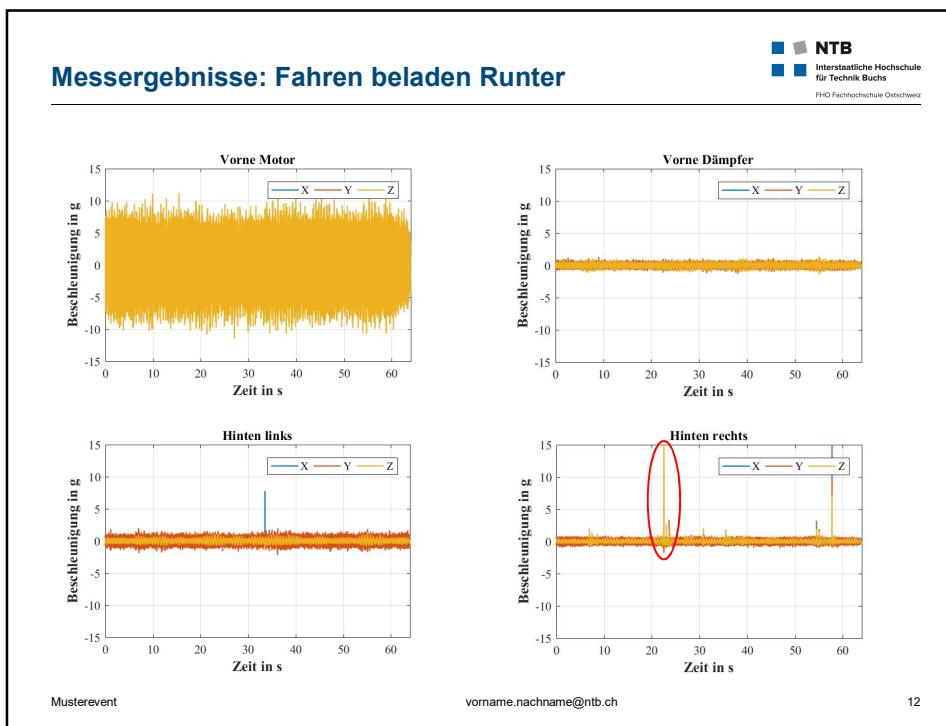
➤ 1. Generalüberholung nach ca. 15-20 Jahre

- Batterie-Zelle vollzieht 3185 Teil-Zyklen (Entlade- /Lade) pro Jahr
  - Über 15-20 Jahre vollzieht die Zellen 48'000 – 64000 Teil-Zyklen

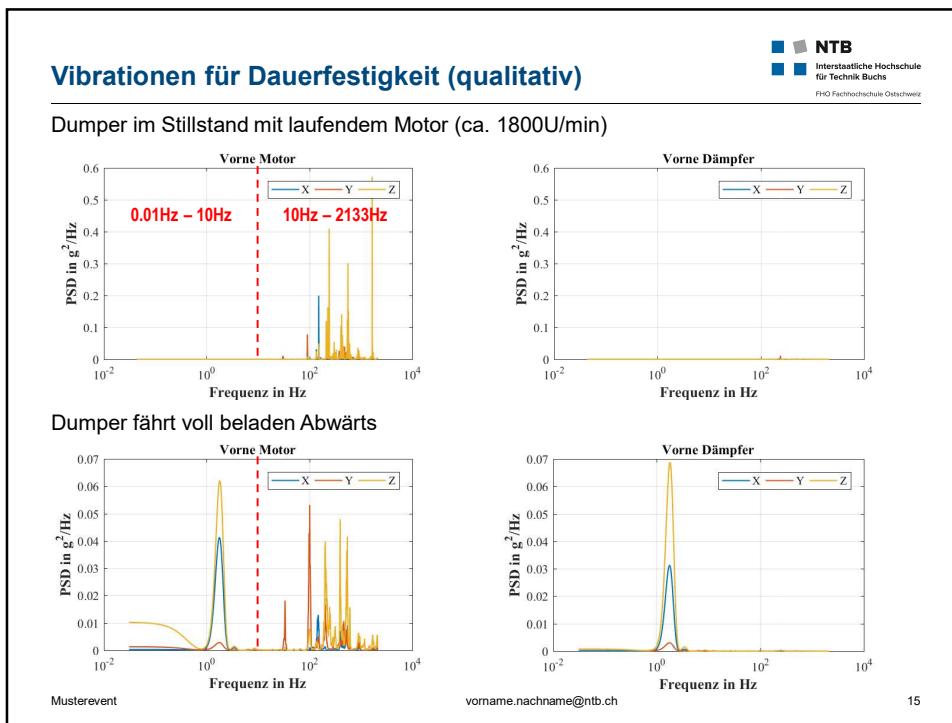
➤ Wie ist der Zustand der Zellen/Batterie nach 15-20 Jahren?

Musterevent vorname.nachname@ntb.ch 11

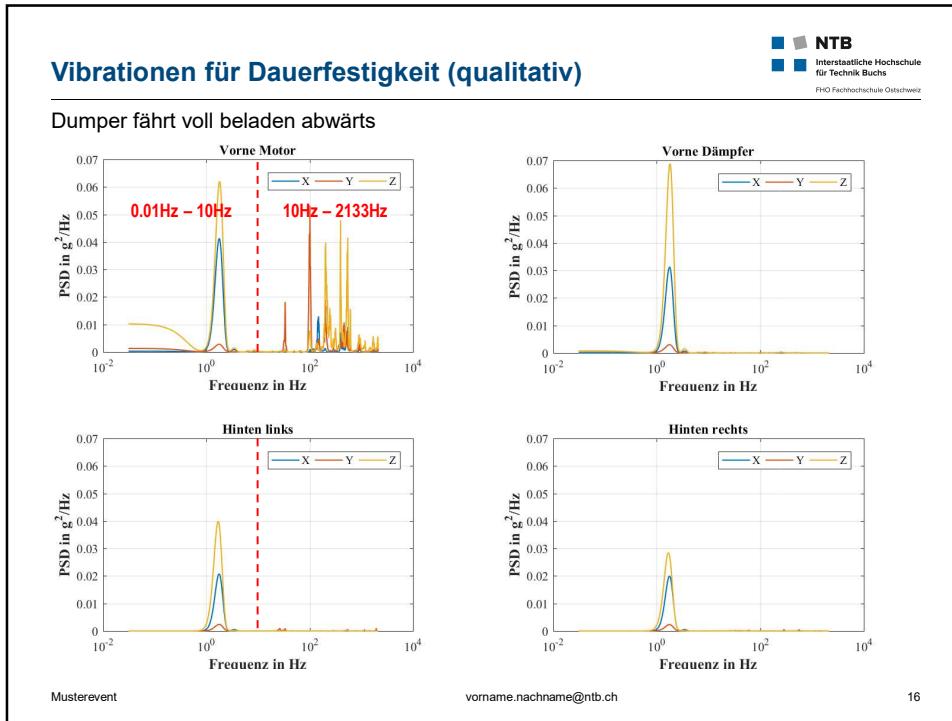
11



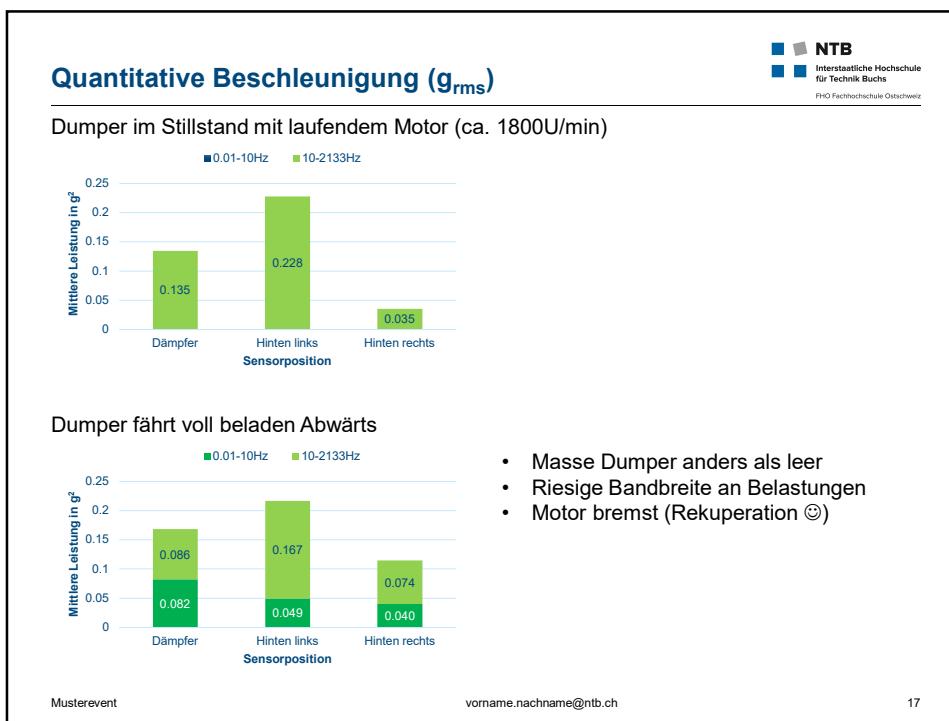
12



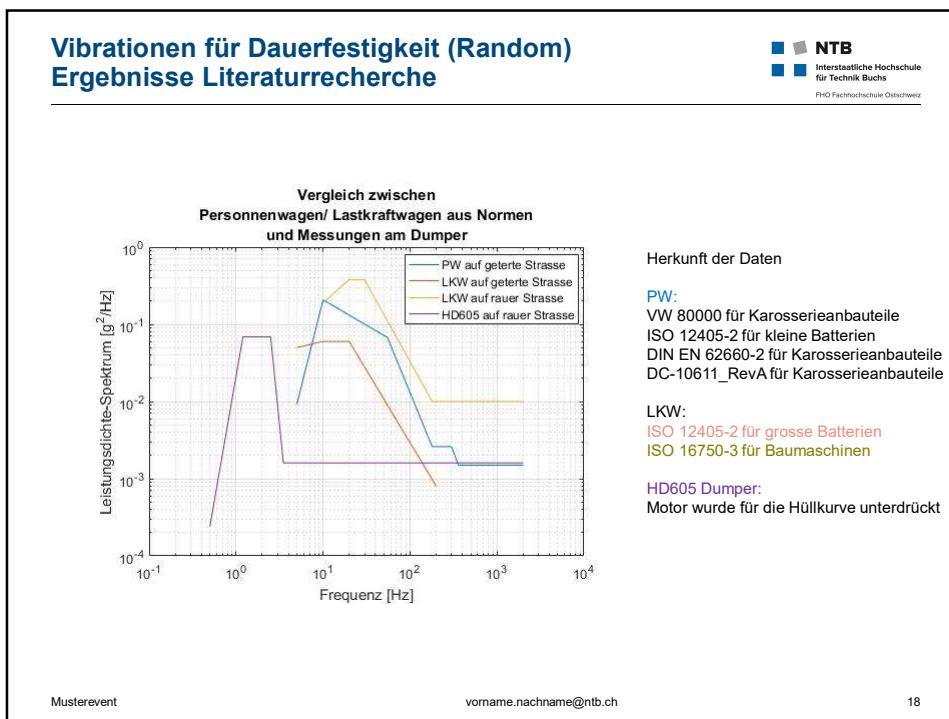
15



16



17

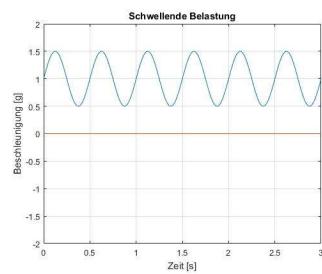
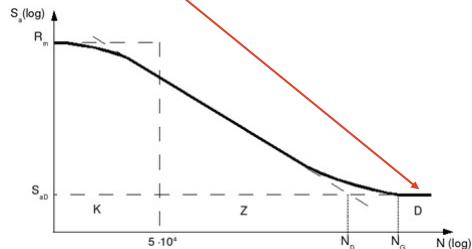


18

## 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 ( $g_{Peak} = 0.4g$ )
  - Wippen während ca.  $\frac{1}{4}$  der Abwärtsfahrt  $\Rightarrow 111\text{ h/Jahr}$
  - $\Rightarrow 799200$  Schwingungen/ Jahr
  - $\Rightarrow$  ca. 12 Mio. Schwingungen über 15 Jahre



## Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

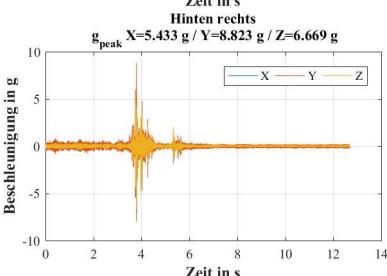
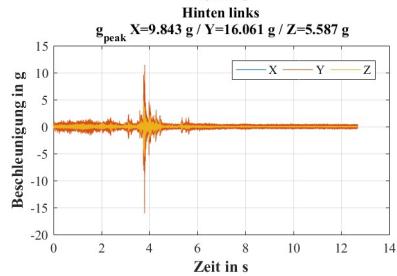
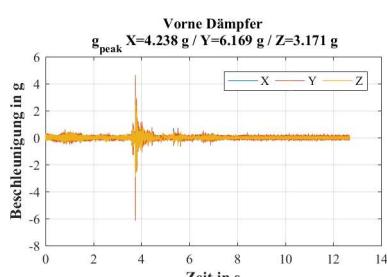
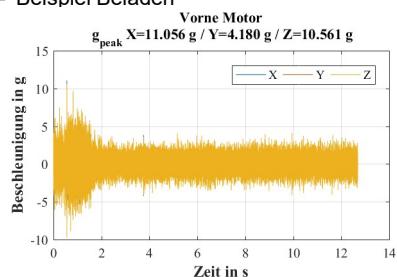
19

19

## Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Beladen



- Beispiel Beladen



Musterevent

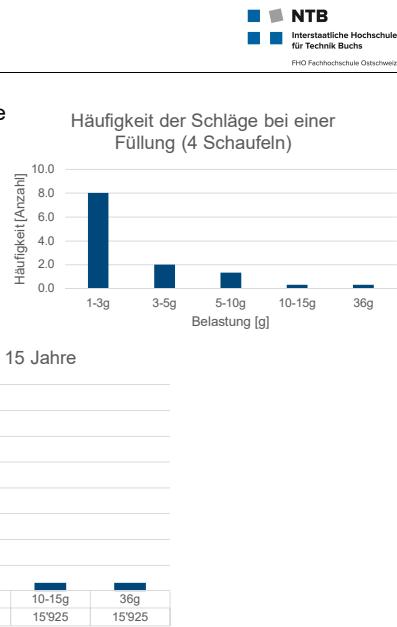
vorname.nachname@ntb.ch

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



## Musterevent

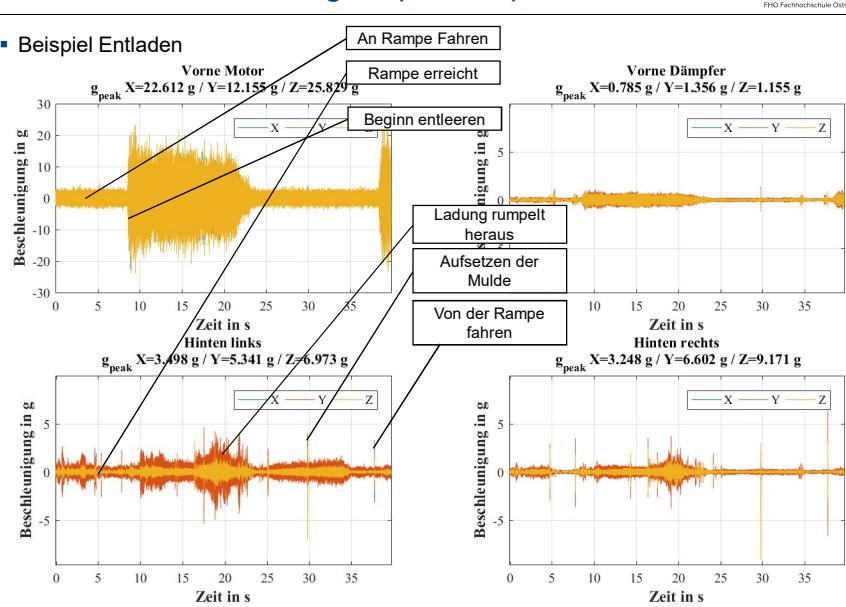
vorname.nachname@ntb.ch

21

21

## Vibrationen für Dauerfestigkeit (Random)

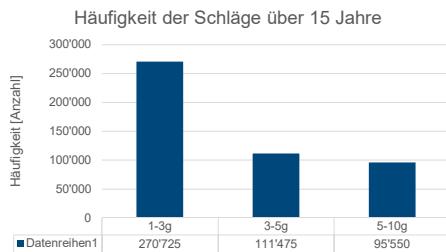
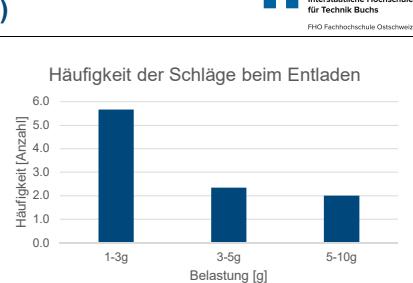
- #### ▪ Beispiel Entladen



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

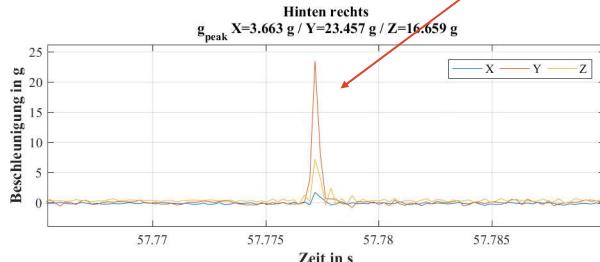
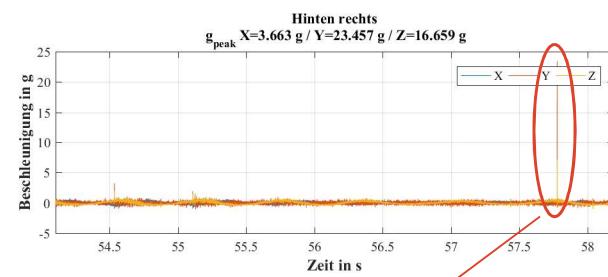
vorname.nachname@ntb.ch

23

23

## Vibrationen für Zeitfestigkeit (Shock) Messergebnisse

- Shocks während der Fahrt

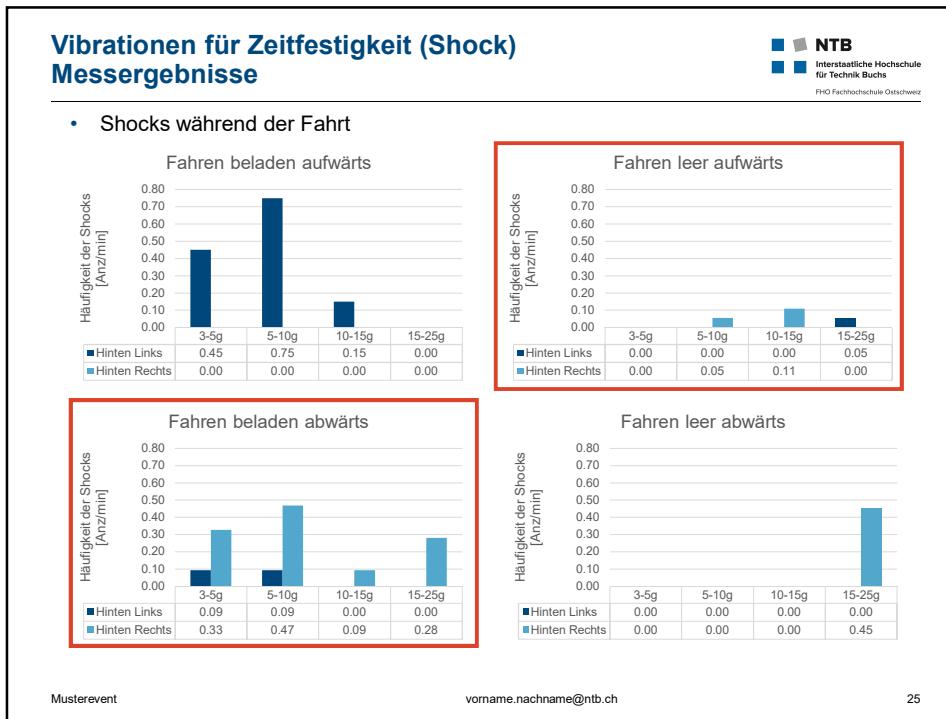


Musterevent

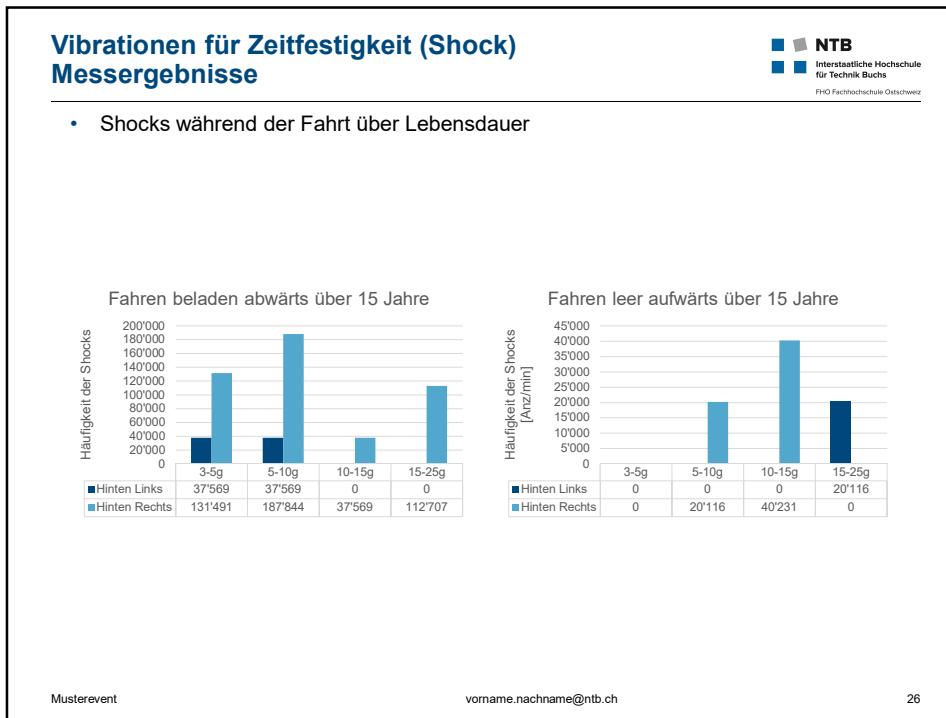
vorname.nachname@ntb.ch

24

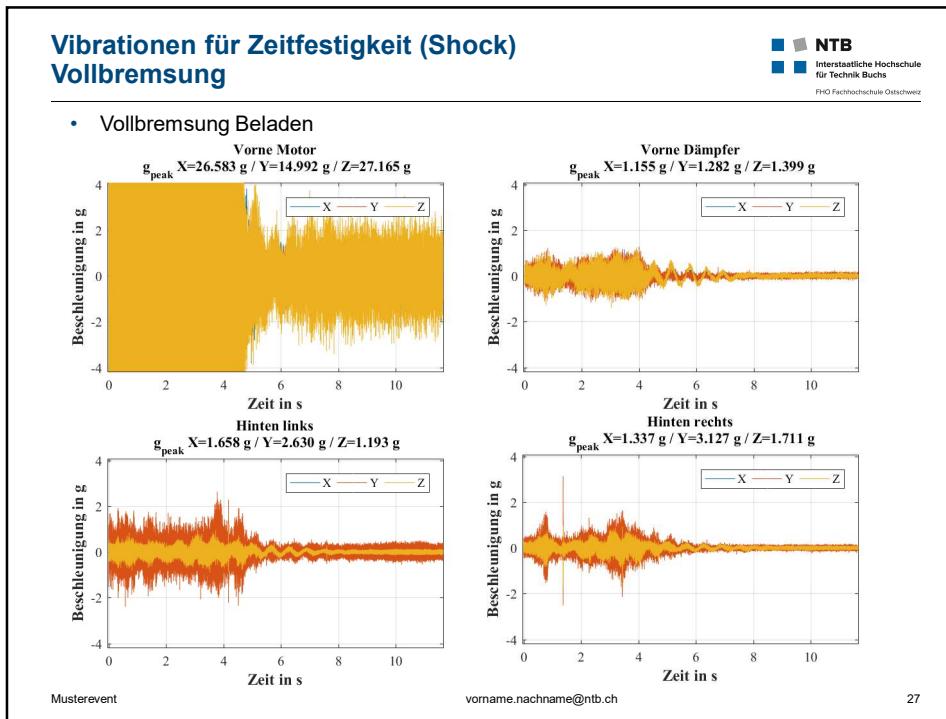
24



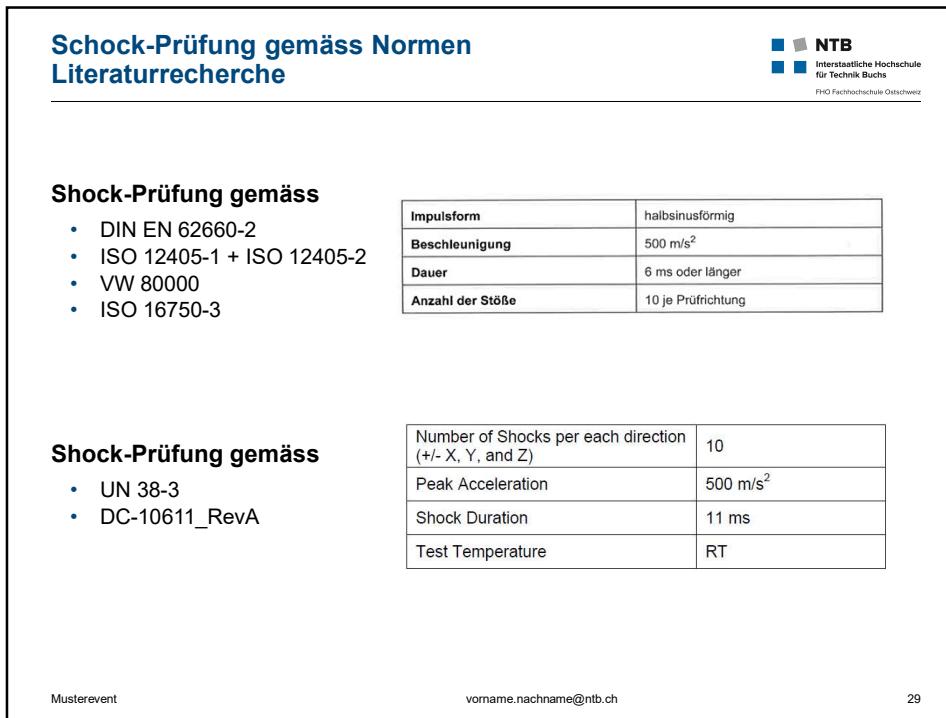
25



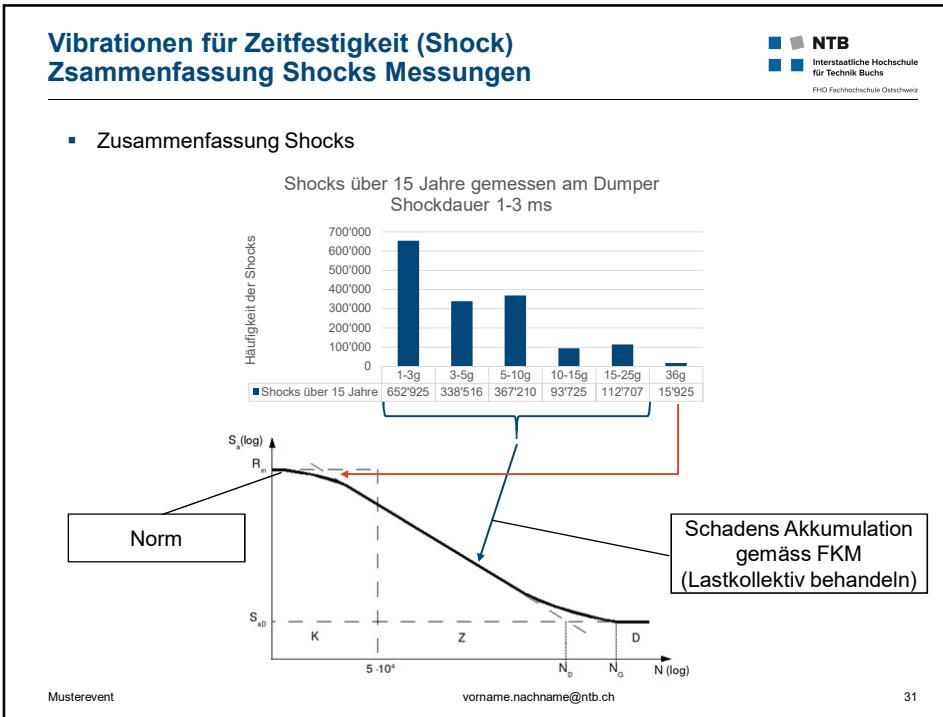
26



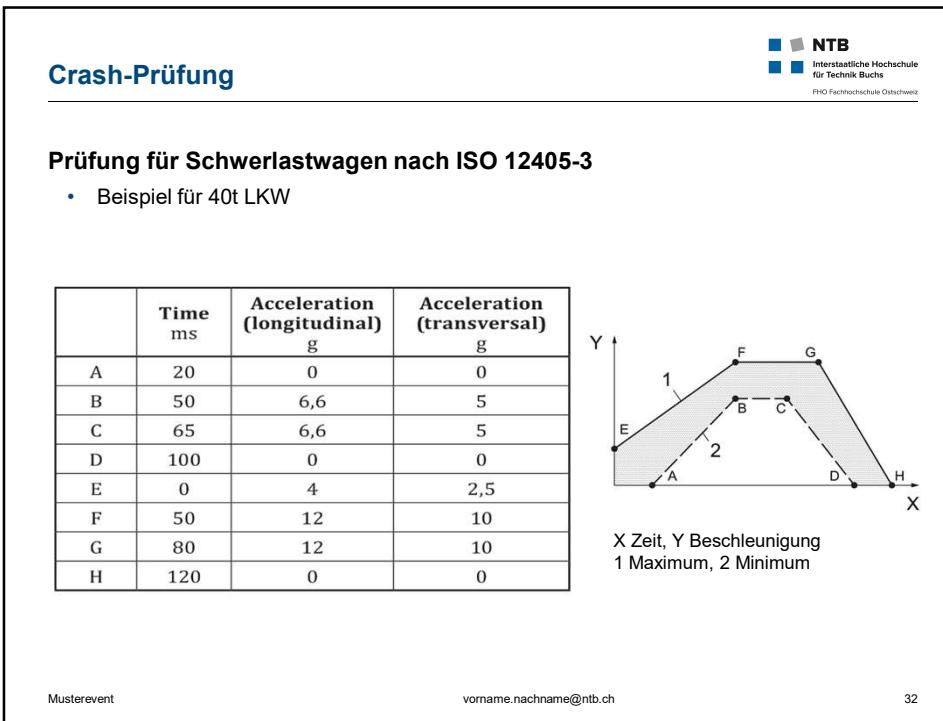
27



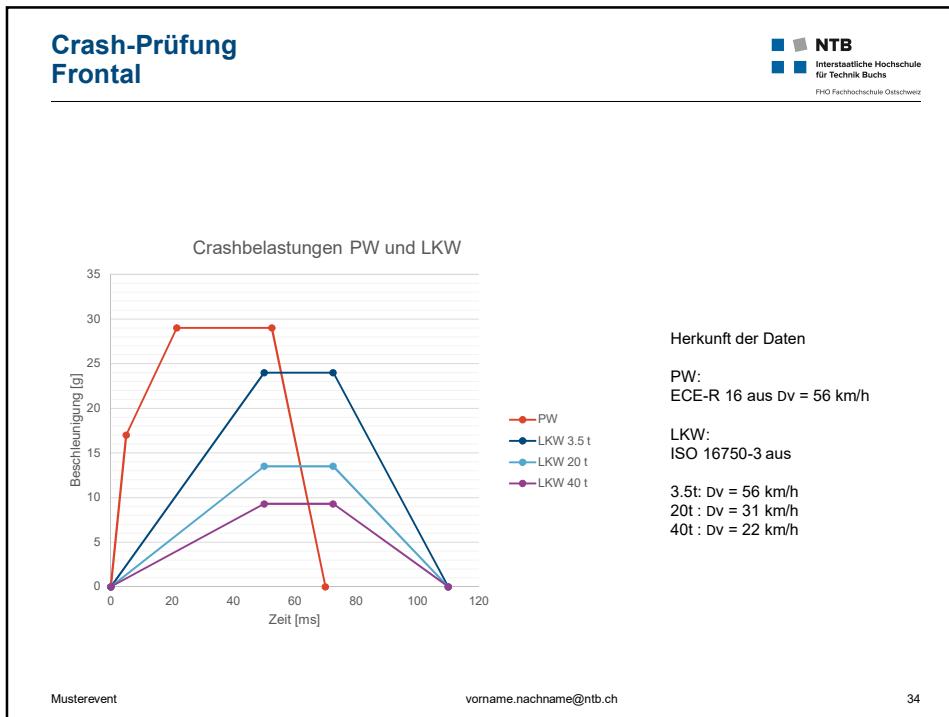
29



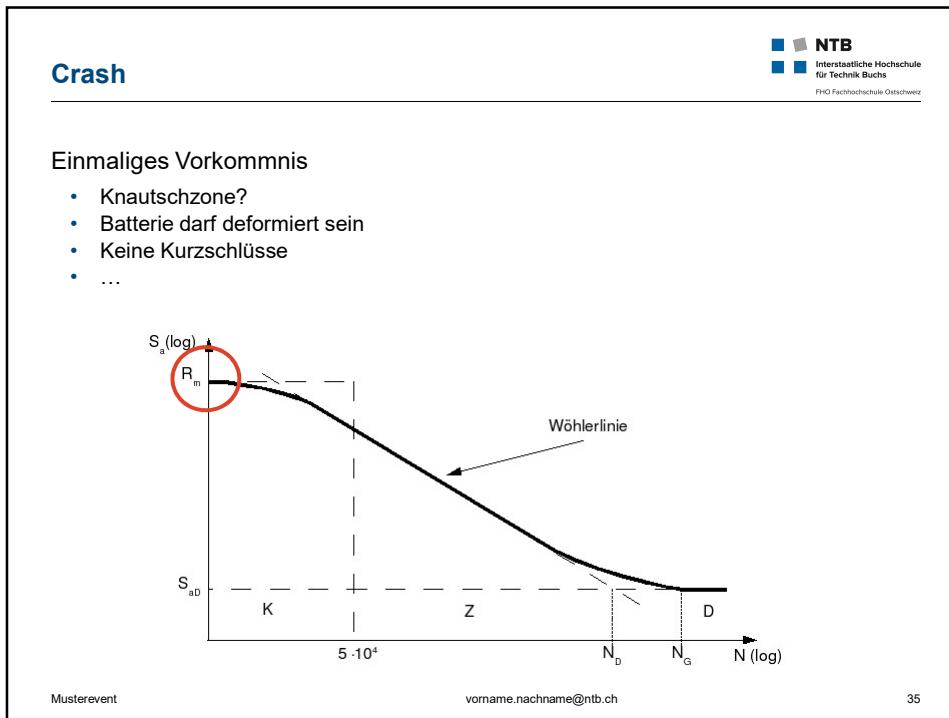
31



32



34

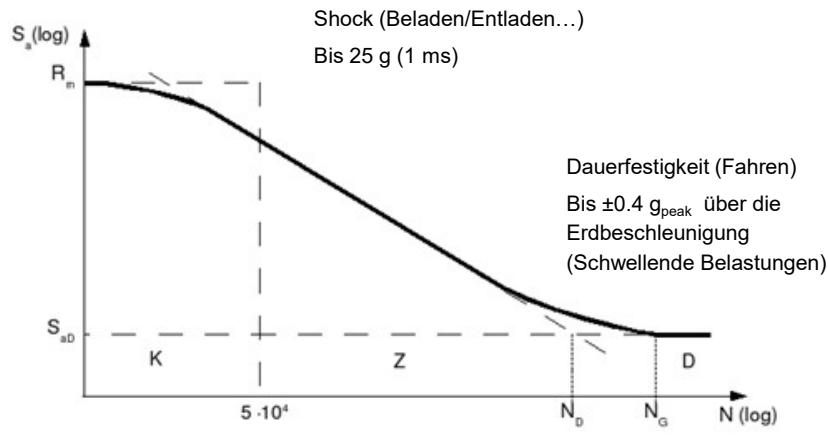


35

## Zusammenfassung der Auswertung

Crash/Shock (Beladen, Crash)

Über 25 g (6 ms)



Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

36

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

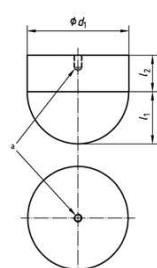
40

40

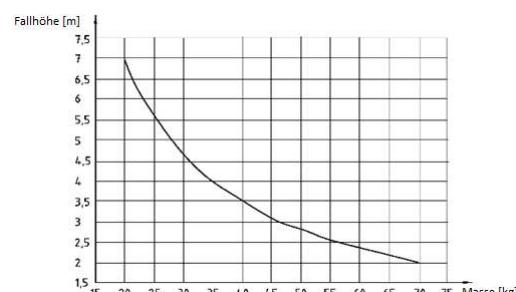
## Fallkörper-Prüfung DIN EN ISO 3449

#### 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

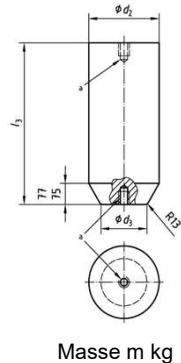
41

41

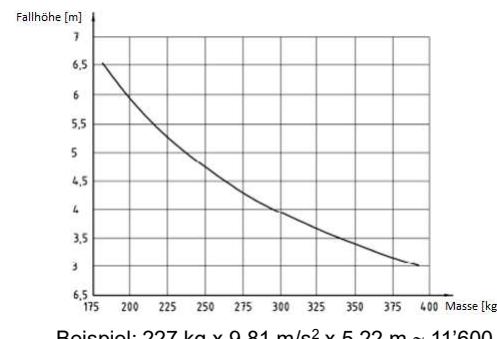
## Fallkörper-Prüfung DIN EN ISO 3449

### Prüfeinrichtung Stufe II

z. B. Bäume, Gesteinsbrocken



Masse m kg



Beispiel:  $227 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 5.22 \text{ m} \approx 11'600 \text{ J}$

## 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

## Umwelteinflüsse

### • Druckausgleich/ Druckabführung

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

## 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

## 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?
  - Fluchtwände müssen freibleiben

Musterevent

vorname.nachname@ntb.ch

46

46

## Diskussion und Dank



Schutzpatronin Heilige Barbara

Musterevent Dies ist die Folie von Peter Muster

vorname.nachname@ntb.ch

47

47

## Normen

- **DIN EN 62660-2:** Lithium-Ionen-Sekundärzellen für den Antrieb von Elektrostrassenfahrzeugen - Teil 2: Zuverlässigkeit 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 specifications
- **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