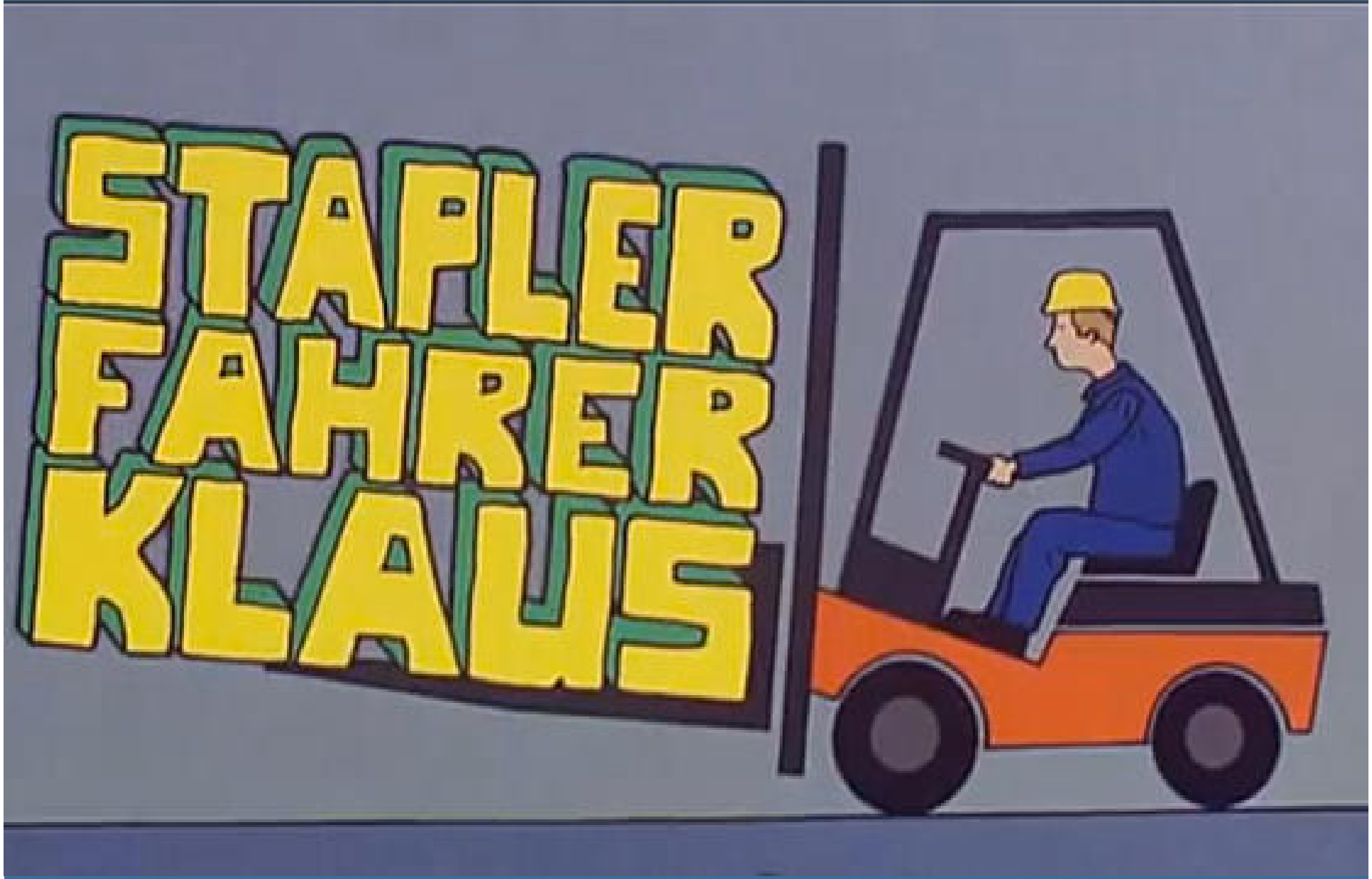
Vibrationen am Arbeitsplatz

Geschüttelt, nicht gerührt –
Die Rückenleiden des
Gabelstaplerfahrer Klaus

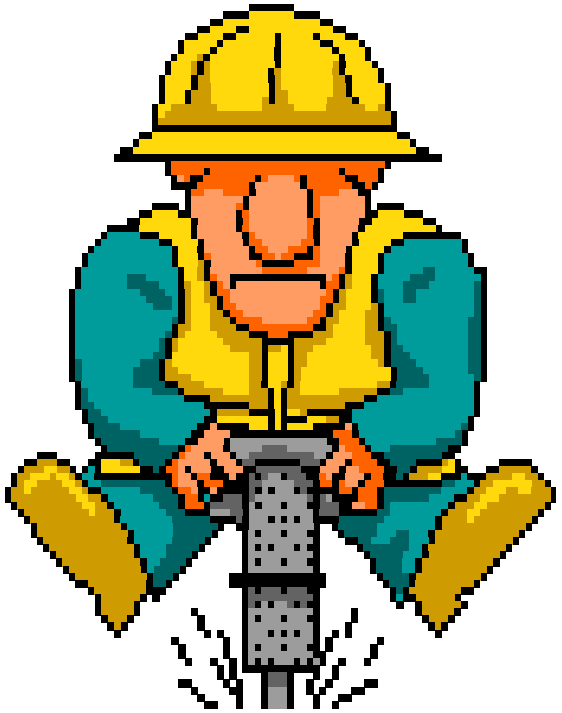
Dr.-Ing. Frank Gillmeister
Ingenieurbüro Gillmeister
Dortmund


STAPLER
FAHRER
KLAUS

Wissenswertes über Schwingungen

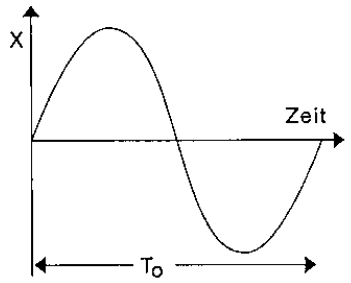
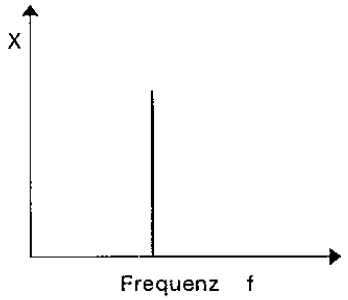
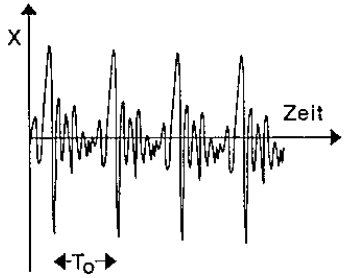
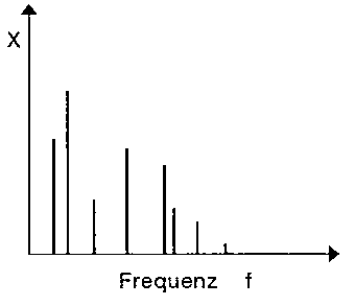
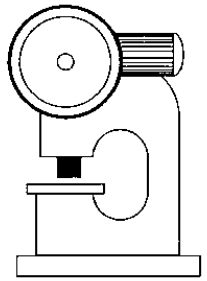
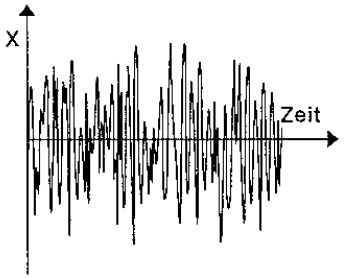
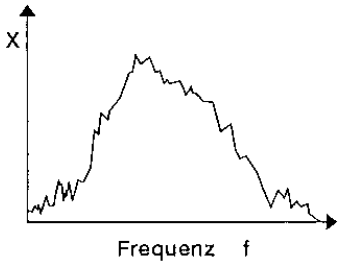
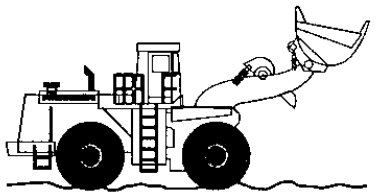
- Ca. 1,5 Mio. Arbeitnehmer in Deutschland sind am Arbeitsplatz regelmäßig erheblichen Ganzkörperschwingungen ausgesetzt.
- Für Schwingungen am Arbeitsplatz gilt ein Minimierungsgebot. Jeder Arbeitgeber hat Maßnahmen des Arbeitsschutzes nach dem Stand der Technik zu treffen, damit die Gefährdung der Beschäftigten verringert wird.
- Ganzkörperschwingungen bezeichnen mechanische Schwingungen im Frequenzbereich zwischen 0,1 Hz und 80 Hz, die bei Übertragung auf den gesamten Körper Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten verursachen bzw. verursachen können.
- Für Gesundheit, Komfort und Wahrnehmung ist der Frequenzbereich von 0,5 Hz bis 80 Hz, für Kinetosen der Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 0,5 Hz von Bedeutung.

Was sind mechanische Schwingungen ???



- Mechanische Schwingungen entstehen durch das Einwirken von äußeren Kräften auf feste Strukturen. Die Übertragung von Energie und deren im Wechsel stattfindende Speicherung innerhalb einer Struktur mit Umwandlung in einen Bewegungsorganismus des Körpers bewirkt ein ständiges Hin- und Herbewegen um eine Gleichgewichtslage.
- Eine Schwingung stellt somit einen dynamischen Vorgang dar, der durch die Größe der Auslenkung, durch die Häufigkeit des Wechsels der Bewegungsrichtung und durch das Abklingverhalten charakterisiert ist.
- Die Begriffe mechanische Schwingung, Erschütterung und Vibration sind in ihrer physikalischen Bedeutung gleich zu setzen.

Verschiedene Schwingungsformen

Schwingungs-form	Zeitverlauf	Frequenzspektrum	Beispiel
Harmonische Schwingungs-verläufe (Sinusfunktion)			Stimmgabel
Periodische Schwingungs-verläufe (Wiederholend)			 Automatische Exzenter-presse
Stochastische Schwingungs-verläufe (Zufällig)			 Fahrbahnunebenheiten

Schwingungskenngrößen: Effektivwert

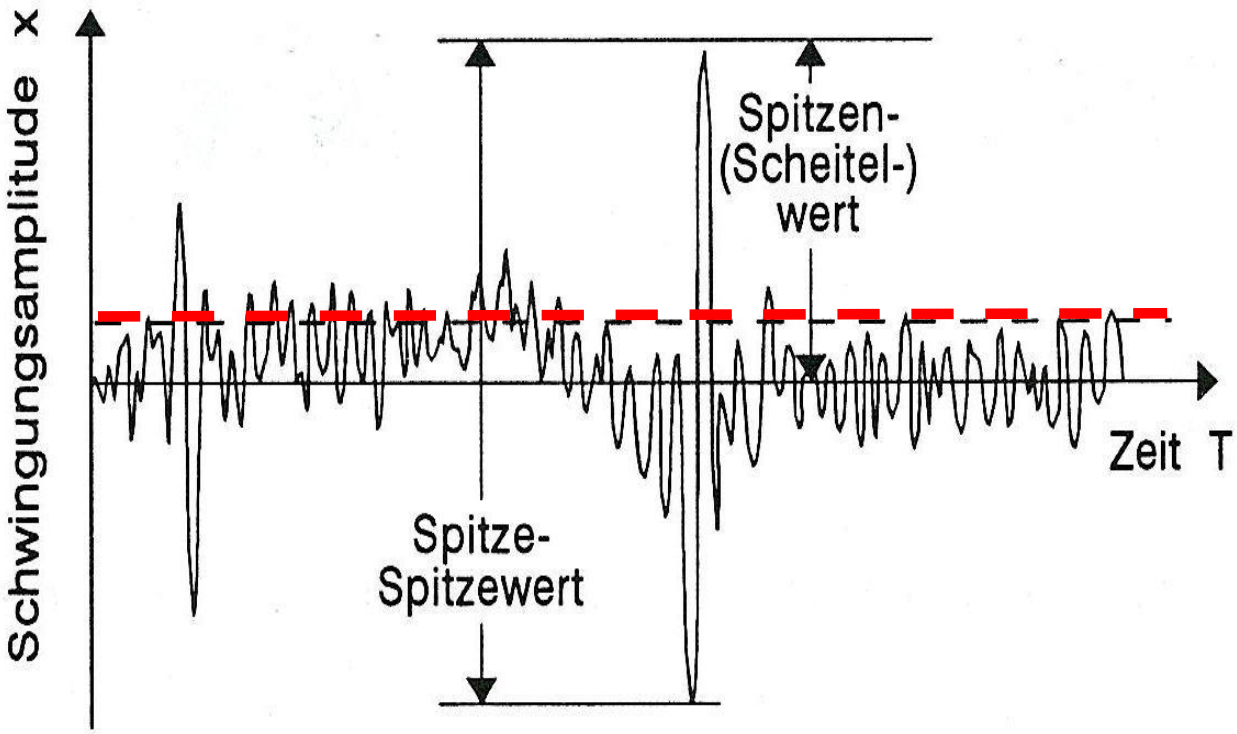
Effektivwert x_{eff}:

Quadratische Mittelwert des Zeitverlaufes einer Schwingungsgröße über eine Zeitdauer T.

$$x_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x^2(t)\,dt}$$

Gleitender Effektivwert:

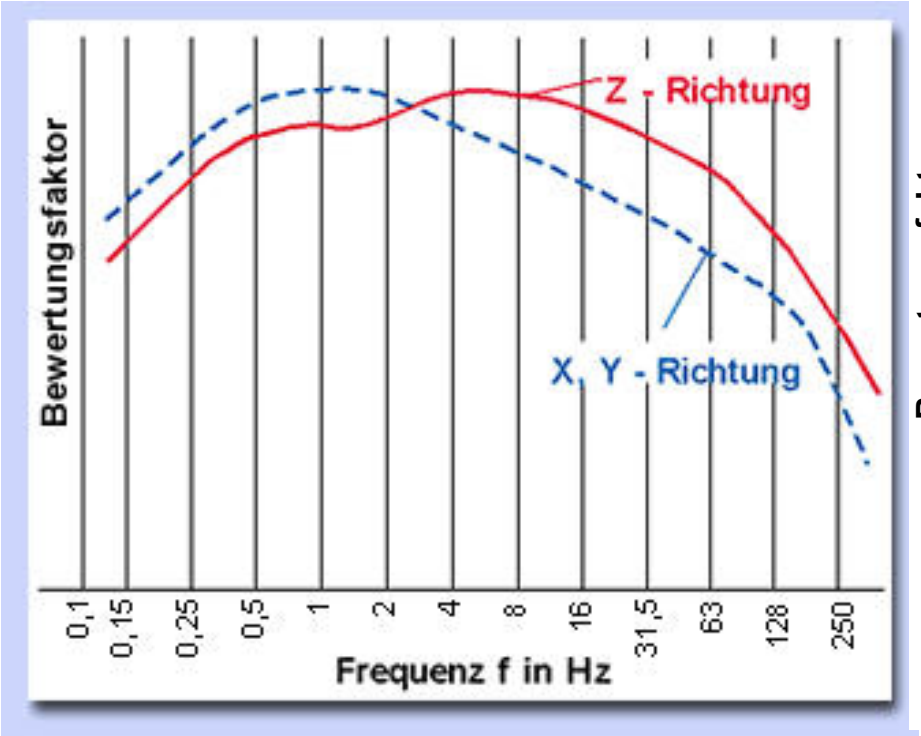
Fortlaufende zeitliche Mittelung des quadrierten Signals über die Mittelungsdauer T.



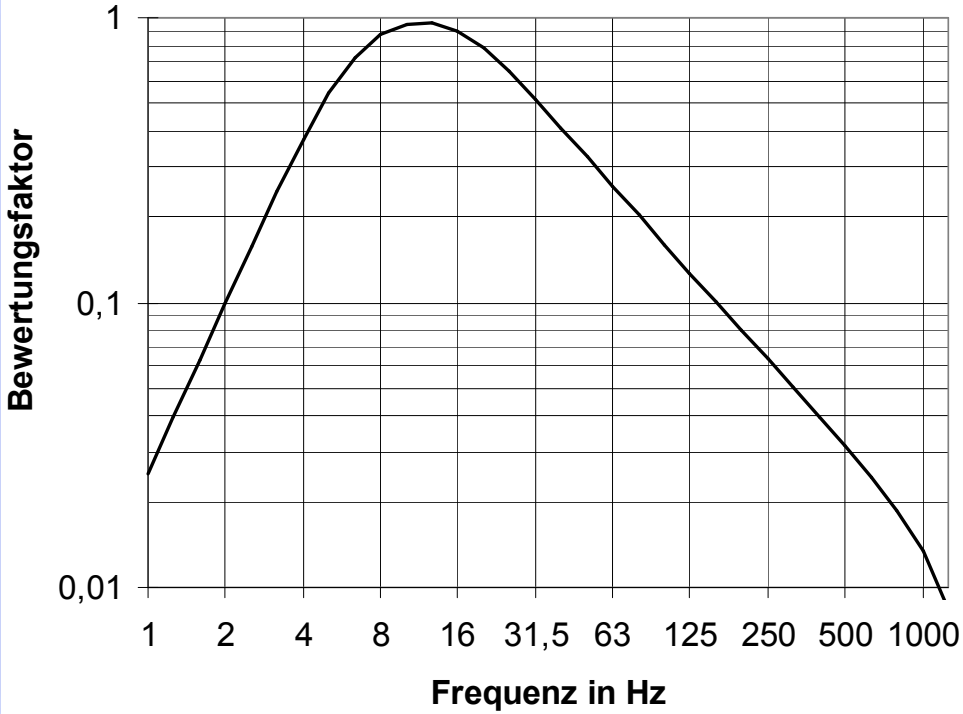
Schwingungskenngrößen: Frequenzbewertung

Frequenz- und Richtungsbewertung:

Ganzkörper-Vibrationen



Hand-Arm-Vibration



Schwingungskenngrößen: Beschleunigung

- Der Effektivwert der Beschleunigung steht im direkten Zusammenhang mit der in der mechanischen Schwingung enthaltenen Energie. Er wird deshalb auch als energieäquivalente Beschleunigung bezeichnet.
- Die frequenzbewertete Beschleunigung ist die unter Verwendung einer Frequenzbewertungsfunktion (z.B. durch einen Bewertungsfilter) und einer Frequenzbandbegrenzungsfunktion (z.B. durch einen Bandpassfilter) aus dem Beschleunigungssignal ermittelte Größe.
- Der Effektivwert a_w der frequenzbewerteten Beschleunigung ist somit definiert als:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T_m}\int_0^{T_m} a_w^2(t)\,dt}$$

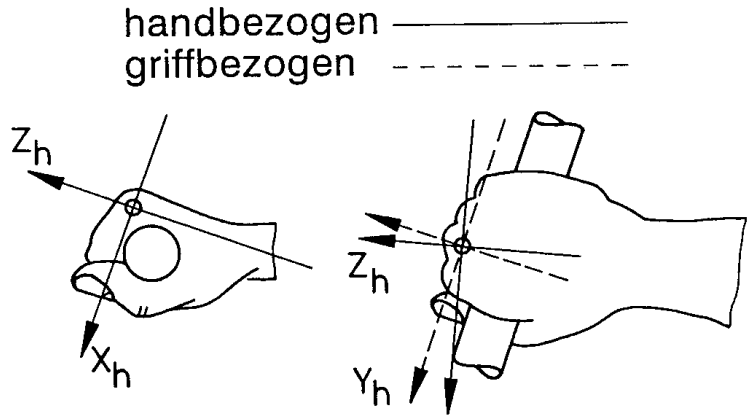
T_m Dauer der Messung

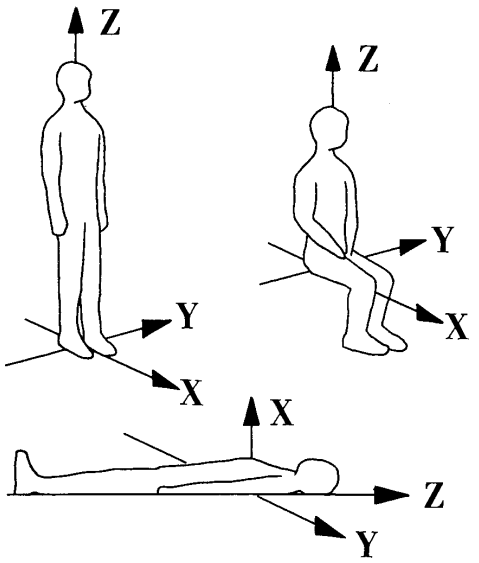
Schwingungskenngrößen: Schwingungsgesamtwert
Nur Hand-Arm-Schwingungen

Der Schwingungsgesamtwert der Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen in den drei Messrichtungen wird wie folgt bestimmt:

$$a_v = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Die frequenzbewerteten Beschleunigungen sollten gleichzeitig getrennt gemessen werden.





Schwingungskenngrößen: Tages-Vibrationsexpositionswert

Mit der Tages-Vibrationsexpositionswert A(8) kann die Gesamtbelastung für die drei Messrichtungen während des Tages ("Tagesdosis" für 8 h) gekennzeichnet werden. Sie wird aus dem für die tägliche Einwirkungs-dauer T ermittelten Schwingungsgesamtwert a_v errechnet gemäß:

$$A(8) = a_v \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

T tägliche Einwirkdauer
T_0 Bezugsdauer (8 h)

$$A(8) = a_v \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^{n} a_v^2 \times T_i}$$

i Teil-Vibrationsquelle

Analyse von Humanschwingungen: 5 Schritte zum Ergebnis

❶ **Mechanische Schwingung**

↳ Beschleunigungsaufnehmer (je Richtung)

❷ **Beschleunigung a(t)**

↳ Frequenzbewertung + Effektivwertbildung

❸ **Effektivwert a_w der frequenzbewerteten Beschleunigung**

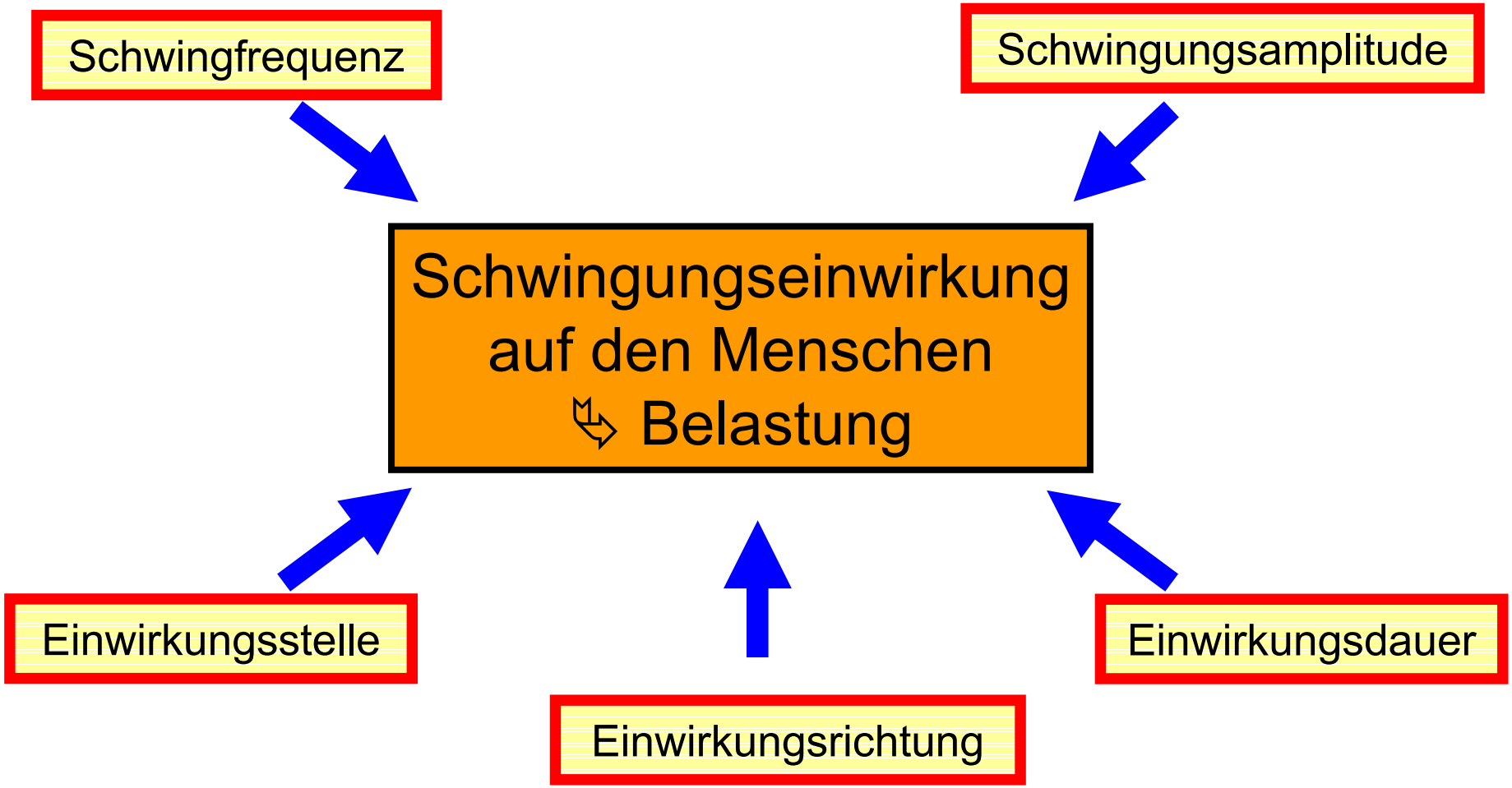
↳ Summierer (nur HA)

❹ **Schwingungsgesamtwert a_v für drei Koordinatenrichtungen (nur HA)**

↳ Normierung über Bezugsdauer von 8 h

❺ **Tages-Vibrationsexposition A(8)**

Einwirkung auf den Menschen
Einflussfaktoren der Schwingungsbelastung



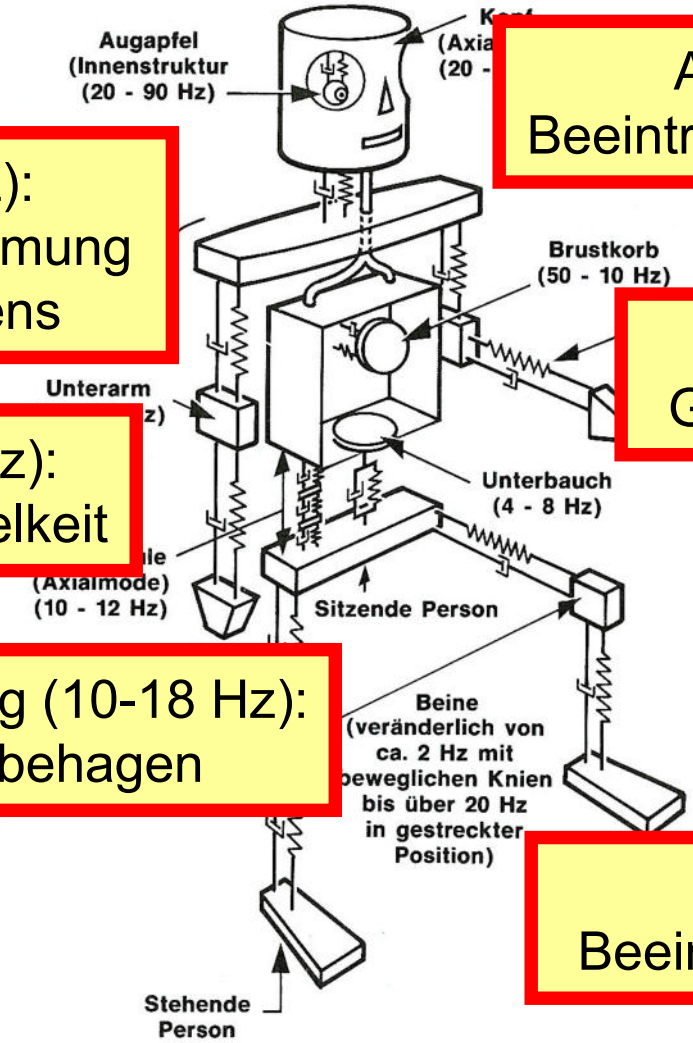
Einwirkung auf den Menschen
Belastung - Beanspruchung

Beruflich bedingte Belastung - Arbeitsanamnese -		
Physikalische Belastung	Mitwirkende Belastungfaktoren	Expositionsdauer
Amplituden	Kälte	Täglich ich

Individuelle Voraussetzung - klinische Anamnese -
Geschlecht Alter Konstitution Disposition Fehlanlagen

Akute Wirkung	Chronische Wirkung
Befindensstörungen Schmerzwahrnehmung Biomechanische Reaktionen Physiologische Reaktionen Leistungsminderung	Knochen-/Gelenkveränderungen Durchblutungsstörungen Nervenfunktionsstörung Lumbalsyndrom

Einwirkung auf den Menschen - Akute Wirkungen
Resonanzfrequenzbereiche für verschiedene Körperteile



Augapfel (20-25 Hz):
Beeinträchtigung der Sehleistung

Atmung (1-4 Hz):
Erschwerung der Atmung
und des Sprechens

Hand (30-50 Hz):
Geschicklichkeit beim Führen

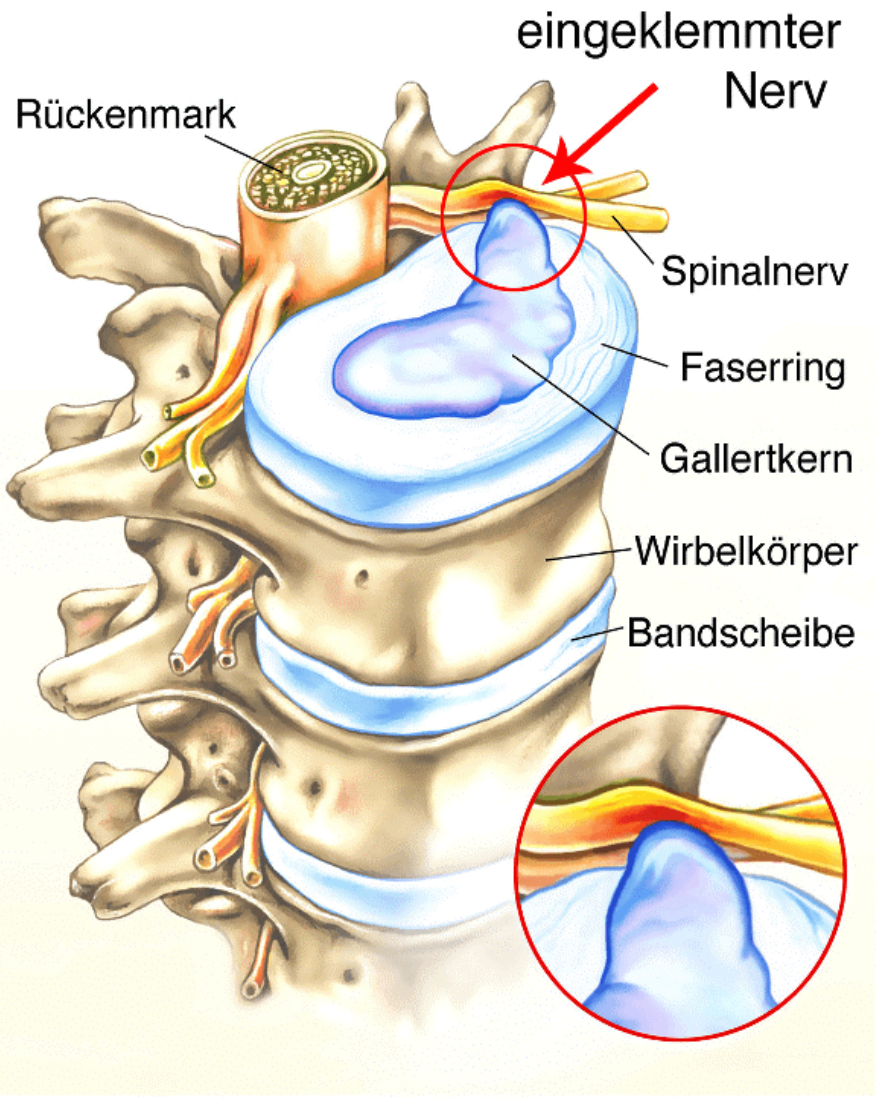
Magen (2-7 Hz):
Unwohlsein/Übelkeit

Harn- und Stuhldrang (10-18 Hz):
Unwohlsein/Unbehagen

Beine (2-20 Hz):
Beeinträchtigung beim Fahren

- Das Einwirken von Ganzkörper-schwingungen kann die Gesundheit und die Arbeitssicherheit gefährden und verursacht bzw. verschlimmert z. B. Rückenbeschwerden.
- Die Gefährdungen sind am größten, wenn:
  - die Schwingungen stark,
  - die Expositionen von langer Dauer,
  - häufig und regelmäßig sind und
  - die Schwingungen mit heftigen Erschütterungen bzw. Stößen einhergehen.

Bandscheibenvorfall



Messung von Ganzkörperschwingungen an Gabelstaplern

Tagesschwingungsbelastung A(8)

Beschleunigung a(t)

Bewertete Beschleunigung $a_w(t)$

Gesetzliche Grundlagen für eine Gefährdungsbeurteilung

- Am 9. März 2007 trat in Deutschland die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (LärmVibrationsArbSchV) in Kraft. Damit wurde die EU-Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor den Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) in deutsches Recht umgesetzt.
- Die richtige und vollständige Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz und deren Dokumentation ist für den Arbeitgeber die Grundlage, um für die Beschäftigten Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit gewährleisten zu können.
- Die aktuellen Technischen Regeln TRLV Vibration (März 2015) werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales bekannt gegeben und spiegeln den Stand der Technik wieder. Sie unterstützen den Arbeitgeber bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung mit den erforderlichen Informationen und bei der Ableitung von Maßnahmen.

LärmVibrationsArbSchV – Ganzkörper-Vibration

Expositions-grenzwert

vertikal

$A(8) = a_{wz,8h}$

$A(8) = 0{,}8\ m/s^2$

horizontal

$A(8) = 1{,}4 \cdot a_{wxy,8h}$

$A(8) = 1{,}15\ m/s^2$

Auslösewert

$A(8) = a_{wz,8h}$

$A(8) = 1{,}4 \cdot a_{wxy,8h}$

$A(8) = 0{,}5\ m/s^2$

$a^2_{w1} \cdot T_1 = a^2_{w2} \cdot T_2$

bei Feststellung Sofortmaßnahmen

Arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge*)

Programm technischer/organisatorischer Maßnahmen

Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten

allg. arbeitsmed. Beratung

Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorge*)

Stand der Technik und mittelbare Gefährdungen beachten

Etwa bei

- Baustellen-LKW
- land- und forstwirtschaftliche Schlepper
- Forstmaschinen im Gelände
- Grader, Planierhobel
- Muldenkipper und Raddozer
- Rad- und Kettenlader
- Gabelstapler auf unebenen Fahrbahnen
- Militärfahrzeuge im Gelände

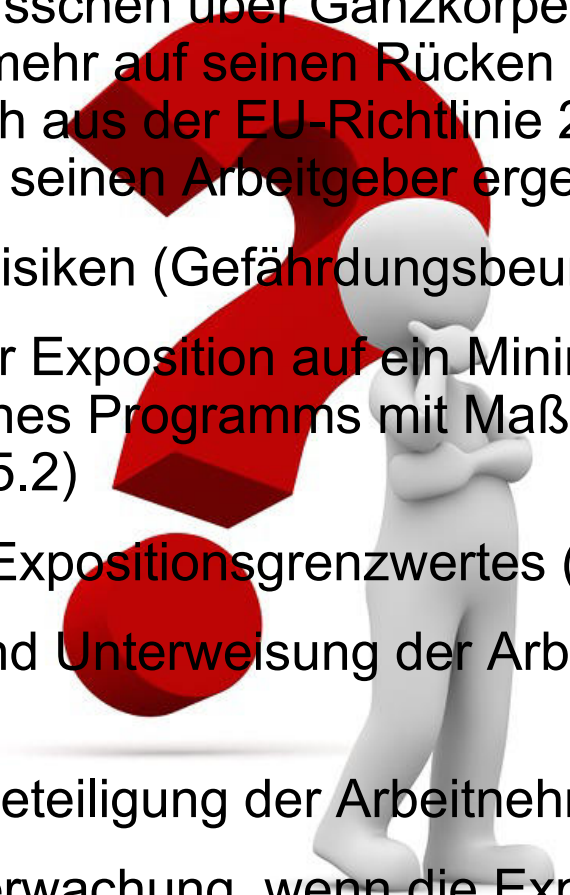
Expositionszeit berücksichtigen!

*) ArbMedVV Anhang Teil 3

Auf der Suche nach Beschleunigungswerten zur Beurteilung der Schwingungsbelastung

- Sind ausreichende und gesicherte Informationen über vergleichbare Arbeitssituationen und Fahrzeuge bzw. Maschinen vorhanden, kann mit diesen Werten gearbeitet werden. (z.B. Herstellerangaben, Tabellen der BG/DGUV/BAuA/LAS etc.).
- Eine Messung ist zu bevorzugen und wesentlich sicherer, wenn schwierige Randbedingungen wie z. B. Fahr-untergrund, Arbeitsaufgabe oder Fahrzeug eine Übertragung nicht zulassen.

Und Staplerfahrer Klaus?



- Er hat nun ein bisschen über Ganzkörperschwingungen gelernt und wird in Zukunft mehr auf seinen Rücken achten. Darüber hinaus weiß er jetzt, dass sich aus der EU-Richtlinie 2002/44/EG folgende Forderungen an seinen Arbeitgeber ergeben:
- Ermittlung der Risiken (Gefährdungsbeurteilung) (Artikel 4.1)
- Verringerung der Exposition auf ein Minimum (Artikel 5.1) und Ausarbeitung eines Programms mit Maßnahmen zur Minimierung der Risiken (Artikel 5.2)
- Einhaltung des Expositionsgrenzwertes (Artikel 5.3)
- Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer über die Risiken (Artikel 6)
- Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer (Artikel 7)
- Gesundheitsüberwachung, wenn die Exposition den Auslösewert erreicht (Artikel 8)

Gefährungsanalyse: Beispiel Stapler
Messung

Tragfähigkeit:	**3t**
Bereifung:	**elastik, D=23“**
Schwingweg Sitz:	**40 mm in Z**
Polsterung Sitz:	**50 mm**
Kabinenfederung:	**Keine**
Vibrationswert:	**Lastfahrt a_{we} = 0,63m/s²**
	Leerfahrt a_{we} = 0,71m/s²
Einsatzzeit:	**täglich 6 h**
Verteilung:	**4 h Lastfahrt**
	2 h Leerfahrt

Quelle: BGIA 2008

Gefährungsanalyse: Beispiel Stapler
Auswertung

$$\mathbf{A_l(8) = a_{wl(8)} = k_l \sqrt{\frac{1}{8h} \sum_{i=1}^{n} a_{wi}^2 \cdot T_i}}$$

$$A_l(8) = a_{wl(8)} = 1 \cdot \sqrt{\frac{1}{8h} \sum_{i=1}^{n} 0{,}63^2 \cdot 4h + 0{,}71^2 \cdot 2h}$$

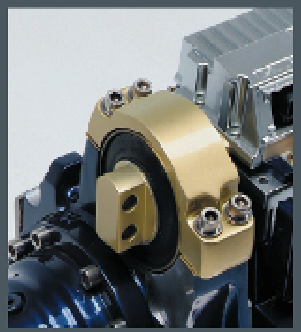
$$A_l(8) = a_{wl(8)} = 0{,}57\, m/s^2$$

Auslösewert überschritten
Maßnahmen ergreifen !

Quelle: BGIA 2008

Die beste Technologie fährt schwingungsarm. Vibrations-dämpfung in Linde-Staplern.

Für die Einhaltung der Grenzwerte für die Humanschwingungen sorgt das PureMotion-Konzept von Linde mit abgekoppelter Fahrerkabine, Schwingungsabkoppelung an Neigezylinder und Achsen, luftgefedertem Superkomfortsitz und abgestimmter Bereifung.



Schwingungsabkopplung an Neigezylinder und Achsen

Die richtige Größe

Zieh dich warm an im Kühlhaus

Ungünstige klimatische Bedingungen (z. B. Kälte, Feuchte) können Schmerzen und Beschwerden verschlimmern.

Lastsicherung – Schütze deine Umgebung

Weißt du, wo du hinfährst?
Verdeckte Sicht

Schlangenmenschen – Ein gerader Rücken kann entzücken!

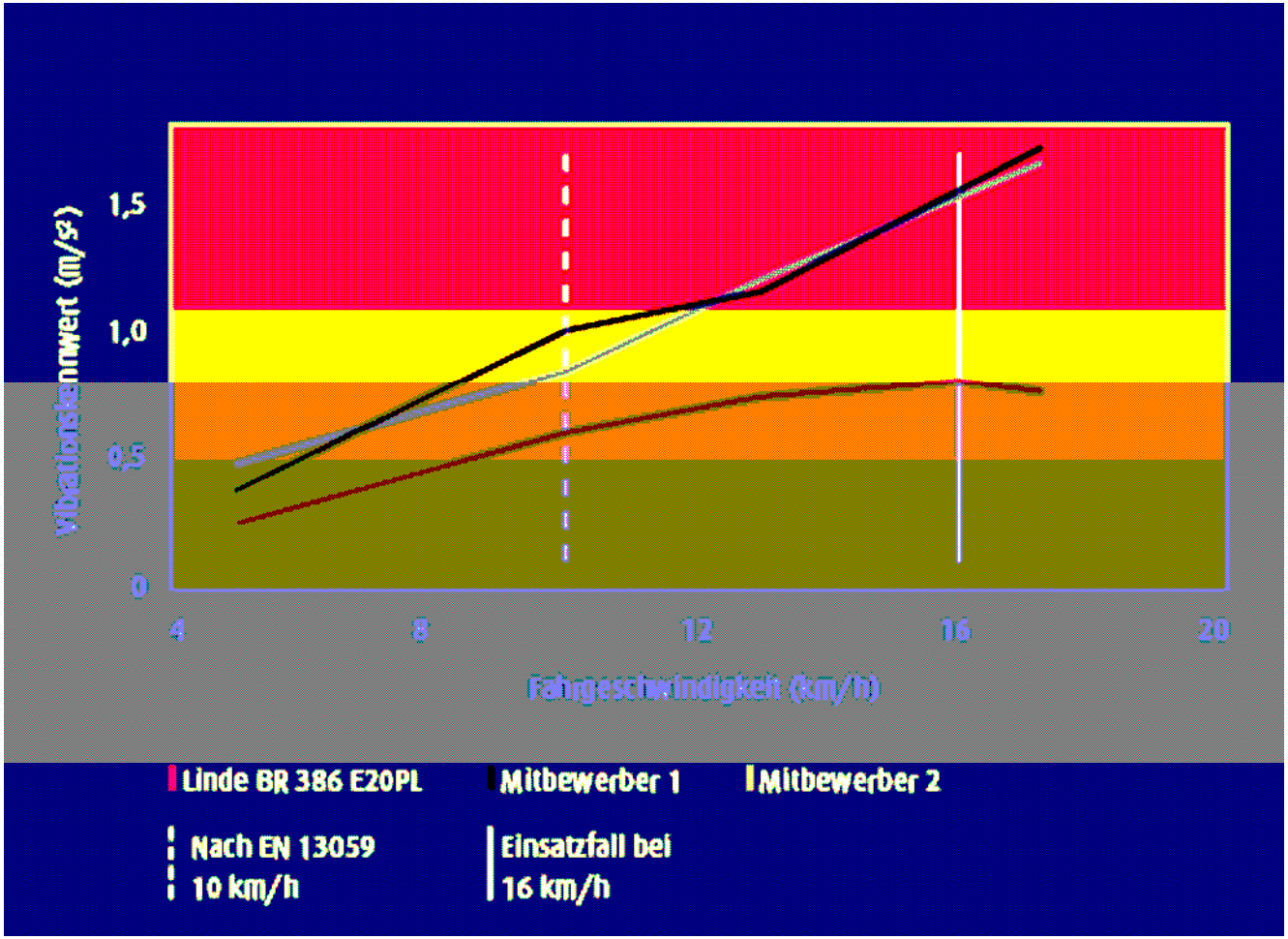
Der Sitz mit dem Dreh

Quelle: Grammer AG

Sitzt der Sitz?
Zustand und Einstellung

Schweben oder Abheben?

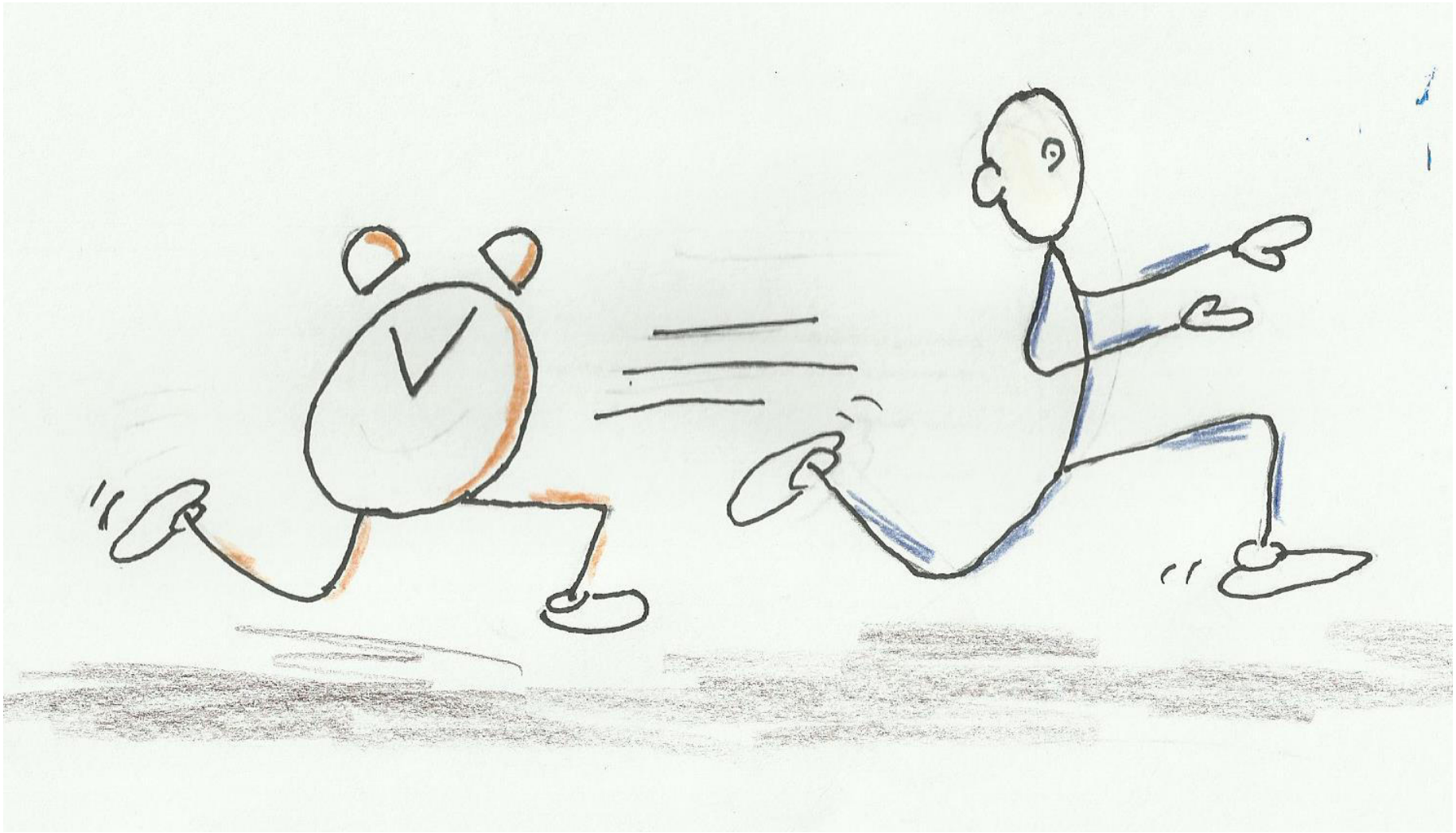
Arbeitsgeschwindigkeit
Schneller = besser ???



Quelle: BGIA 2008

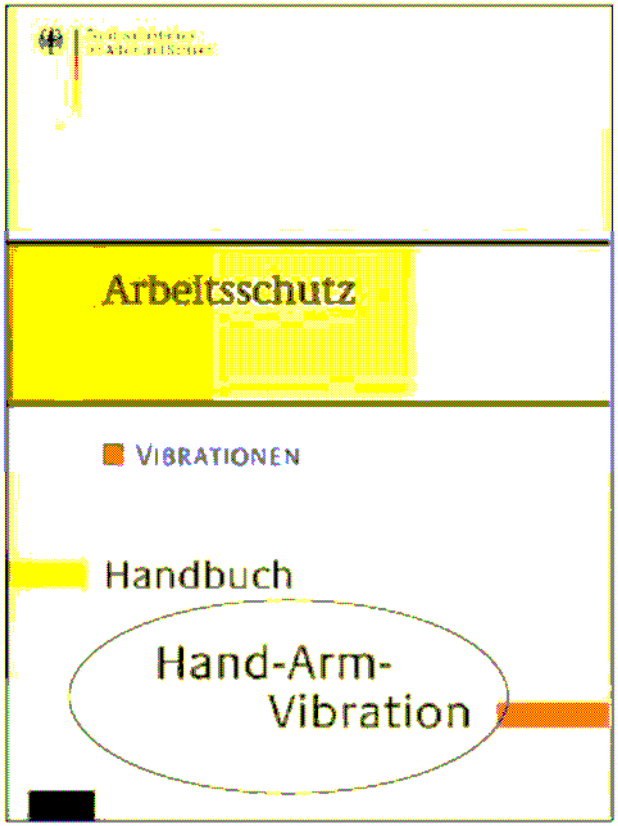
Plane deine Arbeit

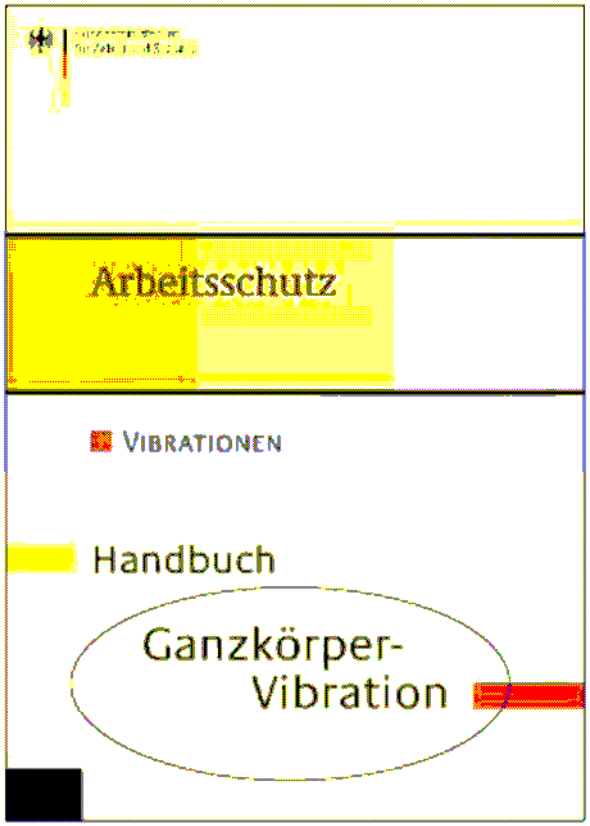
Die Zeit rennt!



Weitergehende Informationen

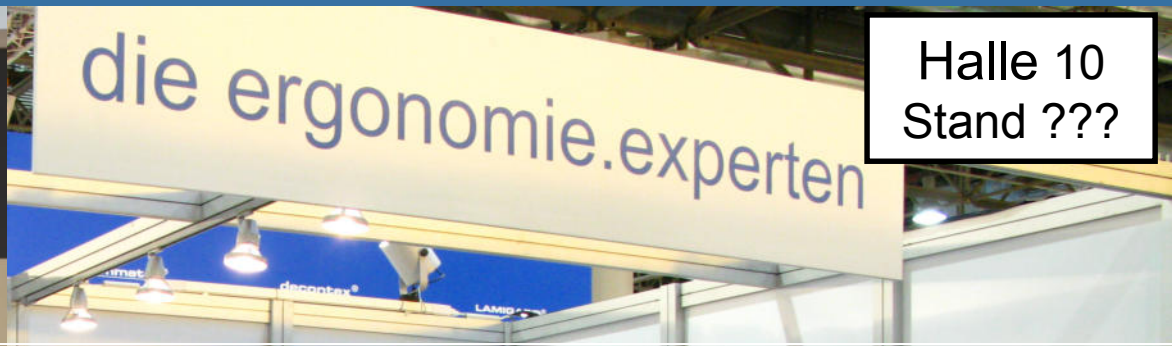
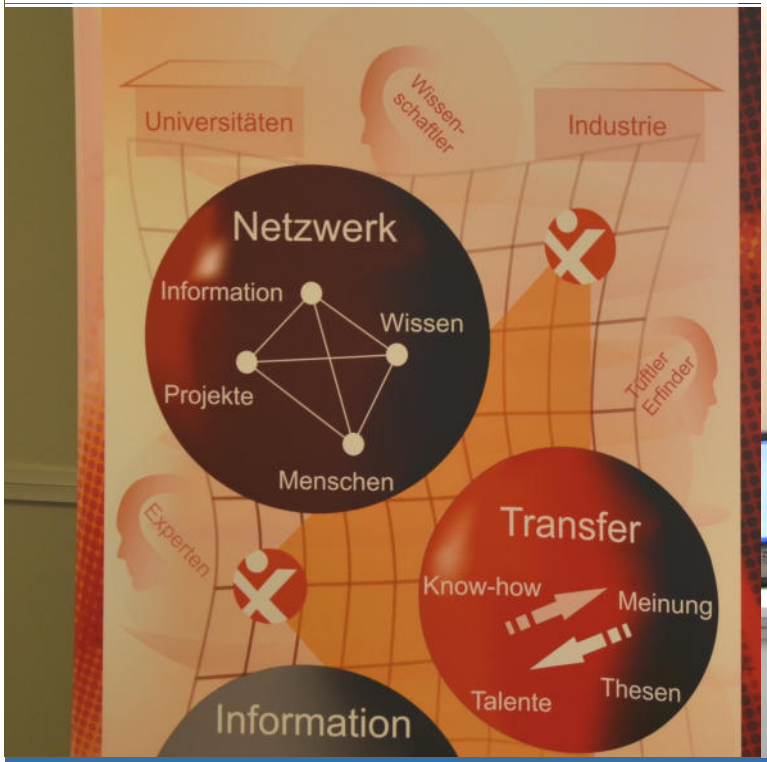
Praxishandbuch Vibration





Zusammenfassung

- Gabelstaplerfahrer Klaus hat es kapiert!
- Sicherheit hat immer Vorfahrt.
- Vibrationen, Kälteeinfluss, Haltung und Einwirkdauer können Rückenschmerzen hervorrufen, beeinflussen bzw. verstärken.
- Wer schlau ist, tut etwas dagegen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit