

Einführung

Unter Humanschwingung versteht man Vibrationen, die auf den menschlichen Körper einwirken. Die Messung dieser Vibrationen dient vorrangig der Vermeidung gesundheitlicher Risiken, kann aber auch zur Beurteilung des Komfortgefühls, z.B. in Fahrzeugen, herangezogen werden.

Man unterscheidet zwei grundlegende Kategorien:

- **Hand-Arm-Schwingungen**, die über die Hand in den Körper eingeleitet werden.
Diese können z.B. Durchblutungsstörungen, Knochen- oder Gelenkschäden und Muskelerkrankungen hervorrufen.
- **Ganzkörper-Schwingungen**, die über Gesäß und Rücken des sitzenden Menschen, die Füße des stehenden Menschen sowie Kopf und Rücken des liegenden Menschen einwirken. Diese können z.B. zu Rückenschmerzen und Schädigungen der Wirbelsäule führen.

Beide Arten der Humanschwingungsmessung werden in internationalen Standards beschrieben:

- **ISO 5349** - Messverfahren für Hand-Arm-Schwingungen
- **ISO 2631** - Messverfahren für Ganzkörper-Schwingungen
- **ISO 8041** - Messeinrichtungen für Humanschwingungen
- **ISO 8662** - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff motorbetriebener Maschinen
- **ISO 6954** - Schwingungen auf Schiffen
- **ISO 10056** - Schwingungen auf Schienenfahrzeugen
- **ISO 10326** - Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen

Praxisgerechte Hinweise zur Messung von Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungen findet man in der **VDI 2057**.

Besondere Bedeutung hat die Thematik durch Inkrafttreten der EU-Richtlinie **2002/44/EG** erhalten. Diese spezifiziert arbeitsschutzrechtliche Mindestanforderungen.

EU-Richtlinie 2002/44/EG

Nachfolgend finden Sie eine Zusammenfassung der EU-Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002. Den vollständigen Text erhalten Sie unter <http://eur-lex.europa.eu/>

Die Richtlinie beinhaltet Mindestanforderungen zum Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmern vor Gefährdung durch Vibrationen. Die Hersteller von Maschinen und Geräten sowie Arbeitgeber, die diese einsetzen, sind aufgefordert, eine Risikoanalyse hinsichtlich der Schwingungsbelastung des Bedieners durchzuführen. Die Risikoanalyse kann auf Basis von Herstellerangaben zum Ausmaß der Vibration unter Beobachtung spezifischer Arbeitsweisen oder durch Messung, z.B. mit dem Humanschwingungsmesser VM30-H, erfolgen.

Die Richtlinie legt folgende Grenzwerte fest:

	Hand-Arm-Schwingungen	Ganzkörper-Schwingungen
Auslösewert	2,5 m/s ²	0,5 m/s ²
Expositionsgrenzwert	5 m/s ²	1,15 m/s ²

Wird der **Auslösewert** überschritten, sind technische und organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Schwingungsbelastung einzuleiten, die insbesondere Folgendes beinhalten:

- Alternative Arbeitsverfahren, die die Schwingungsbelastung verringern
- Auswahl geeigneter Arbeitsmittel, die die Belastung reduzieren
- Bereitstellung von Schutzvorrichtungen, z.B. schwingungsdämpfende Sitze oder Griffe
- Wartungsprogramme für Arbeitsmittel
- Gestaltung und Auslegung von Arbeitsplätzen
- Schulung der Arbeitnehmer in der korrekten Handhabung der Arbeitsmittel
- Begrenzung der Dauer der Tätigkeiten, bei den Schwingungsbelastungen auftreten
- Arbeitspläne mit Ruhezeiten
- Bereitstellung von Kleidung für gefährdete Arbeitnehmer zum Schutz vor Kälte und Nässe

Der **Expositionsgrenzwert** darf keinesfalls überschritten werden. Sollte dies geschehen sein, sind unverzüglich Maßnahmen zur Senkung der Schwingungsbelastung zu treffen.

Die Schwingungsbelastung kann auf Basis von Stichprobenmessungen ermittelt werden.

Die oben genannten Grenzwerte entsprechen der normierten **Tagesschwingungsbelastung A(8)**, in der VDI 2057 auch Beurteilungsbeschleunigung a_{w0} genannt, die sich auf einen Arbeitszeitraum von 8 Stunden bezieht. Diese Rechengröße dient zum einfachen Vergleich von Schwingungseinwirkungen. Zur Ermittlung von A(8) ist keine achtstündige Messung erforderlich. Man führt lediglich Kurzzeitmessungen während repräsentativer Arbeitsabschnitte durch und normiert die Ergebnisse auf acht Stunden. Die Tagesschwingungsbelastung errechnet sich dann nach:

$$A(8) = a_{we} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Dabei sind:

a_{we} der energieäquivalente Mittelwert der der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungsdauer

T_e die Gesamtdauer der Einwirkung der Schwingung an einem Tag

T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden

Die Tagesschwingungsbelastung kann sich aus mehreren Belastungsabschnitten mit unterschiedlichen Schwingamplituden zusammensetzen. Dies trifft zu, wenn z.B. längere Unterbrechungen vorliegen, Arbeitsmittel oder deren Einsatzbedingungen wechseln. Ein Belastungsabschnitt zeichnet sich durch annähernd gleichbleibende Schwingungsbelastung mit einem Anteil von Unterbrechungen unter 10 % aus. Die aus mehreren Belastungsabschnitten resultierende Tagesschwingungsbelastung berechnet sich nach:

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

Gleichung 2

Dabei sind:

- a_{wi} der energieäquivalente Mittelwert (a_{we}) der der frequenzbewerteten Beschleunigung während der i-ten Tätigkeit
- n die Zahl der Tätigkeiten
- T_i die Dauer der i-ten Tätigkeit
- T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden

Für **Hand-Arm-Schwingungen** erfolgt die Berechnung des energieäquivalenten Mittelwerts a_{we} nach ISO 5349. Dabei handelt es sich um die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Intervall-Effektivwerte a_{wx} , a_{wy} und a_{wz} . Sie wird aus der mit dem Bewertungsfilter W_h gemessenen Beschleunigung in den drei Raumrichtungen gebildet. Diese Vektorsumme wird meist als **Schwingungsgesamtwert** a_{hv} bezeichnet:

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

Gleichung 3

An beidhändig gehaltenen Maschinen sind die Messungen für beide Handgriffe auszuführen. Die Exposition wird für den höheren der beiden Werte ermittelt.

Bei **Ganzkörper-Schwingungen** erfolgt die Bewertung auf Basis der Norm ISO 2631-1 separat für die drei Raumrichtungen. Als energieäquivalenter Mittelwert a_{we} wird der höchste gemessene Intervall-Effektivwert eingesetzt. Die Messung wird für sitzende Personen in den drei Raumrichtungen mit folgenden Bewertungsfiltern durchgeführt und mit den angegebenen Bewertungsfaktoren multipliziert:

- X-Richtung: Filter W_d Bewertungsfaktor $k_x = 1,4$
- Y-Richtung: Filter W_d Bewertungsfaktor $k_y = 1,4$
- Z-Richtung: Filter W_k Bewertungsfaktor $k_z = 1$

Wenn keine dominante Schwingrichtung existiert, kann auch hier der Schwingungsgesamtwert a_{hv} verwendet werden, wobei die Effektivwerte der Raumrichtungen mit Bewertungsfaktoren zu multiplizieren sind:

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Gleichung 4