



# Arbeitsmedizinische Aspekte bei Schädigungen durch Vibrationen

# Inhaltsverzeichnis

<b>A.</b>	<b>Einführung</b>	4
<b>B.</b>	<b>Physikalische Bemerkungen</b>	5
1.	Was sind Schwingungen?	5
2.	Arten von Schwingungen	5
3.	Übertragungsart und Richtung von Schwingungen	7
4.	Messung und Bewertung von Schwingungen	8
<b>C.</b>	<b>Gefahrenquelle</b>	10
<b>D.</b>	<b>Pathogenese</b>	15
1.	Entstehungsmechanismus	15
2.	Theorien der Pathogenese	16
<b>E.</b>	<b>Krankheitsbild</b>	17
1.	Allgemeine Vibrationswirkungen	17
2.	Lokale Vibrationswirkungen	17
<b>F.</b>	<b>Prophylaktische Massnahmen</b>	26
1.	Technische Prophylaxe	26
2.	Arbeitsorganisatorische Massnahmen	27
3.	Medizinische Prophylaxe	27
<b>G.</b>	<b>Versicherung, Häufigkeit ...</b>	29
1.	Versicherung	29
2.	Häufigkeit	30
<b>H.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	31

Suva  
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt  
Arbeitsmedizin  
Postfach, 6002 Luzern  
Telefon 041 419 51 11  
Telefax 041 419 59 17 (für Bestellungen)  
Internet <http://www.suva.ch>

## Arbeitsmedizinische Aspekte bei Schädigungen durch Vibrationen

Autor: Dr. med. Milan Parizek, Abteilung Arbeitsmedizin, Suva Luzern

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet  
1. Auflage – Januar 1982 – 8'000  
4. Auflage – April 1998 – 16'000 bis 19'000

Bestellnummer: 2869/16.d

## A. Einführung

Durch die rasch fortschreitende Technisierung aller Industriezweige treten mit der grösseren Anzahl mechanisierter und automatisierter Arbeitsgänge, mit dem Streben nach höheren Drehzahlen von Werkzeugen und Maschinen, nach grösseren Kraftübertragungen usw. oft als unangenehme Folgeerscheinungen mechanische Schwingungen (= Erschütterungen = Vibrationen) auf, die auf die an den Arbeitsplätzen tätigen Personen einen Einfluss ausüben und dadurch zu Störungen des Wohlbefindens oder sogar zu Schädigungen des menschlichen Organismus führen können.

Die ersten vibrierenden Werkzeuge – pneumatische Hämmer – wurden im Jahre 1883 in den französischen Kohlenbergwerken in Betrieb gesetzt. Aber erst im Jahre 1911 hat Loriga zum erstenmal die Symptome im peripheren Gefässbereich und im Jahre 1929 Holtzmann die osteoartikulären Läsionen im Bereich der oberen Extremitäten bei Vibrationsarbeiten beschrieben. Seither wurde eine grosse Zahl ähnlicher Beobachtungen in verschiedenen Industriezweigen aus vielen Ländern veröffentlicht.

## B. Physikalische Bemerkungen

### 1. Was sind Schwingungen?

Ein Körper schwingt, wenn er sich relativ zu einer Bezugslage hin- und herbewegt. Die Anzahl der Bewegungen pro Zeiteinheit wird Frequenz genannt und in Hertz (Hz) gemessen. Ein Hertz entspricht einer Schwingung pro Sekunde. Ebenso wichtig ist die Stärke der Schwingung. Sie kann entweder mit der Amplitude beschrieben werden, also mit der Auslenkung des Körpers aus der Ruhelage (Schwingweg), oder mit der Schwinggeschwindigkeit. Bei Vibrationswirkungen auf den Menschen verwendet man aber als Mass für die Stärke der Schwingungen am häufigsten die Schwingbeschleunigung, also die zeitliche Änderung der Geschwindigkeit.

Diese Schwingungsparameter werden in den folgenden Masseinheiten angegeben:

Schwingweg (Auslenkung)	m, mm
Schwinggeschwindigkeit	m/s ( $\text{ms}^{-1}$ )
Schwingbeschleunigung	$\text{m/s}^2$ ( $\text{ms}^{-2}$ )

### 2. Arten von Schwingungen

Aufgrund des zeitlichen Verlaufs können verschiedene Arten von Schwingungen unterschieden werden (Abb. 1).

**Periodische Schwingungen** wiederholen sich nach gewisser Zeit immer wieder. Die einfachste Form einer periodischen Schwingung ist die **harmonische Schwingung**. Sie tritt zum Beispiel bei einem Pendel oder bei einer Stimmgabel auf und besteht aus einer einzigen Frequenz. Andere periodische Schwin-

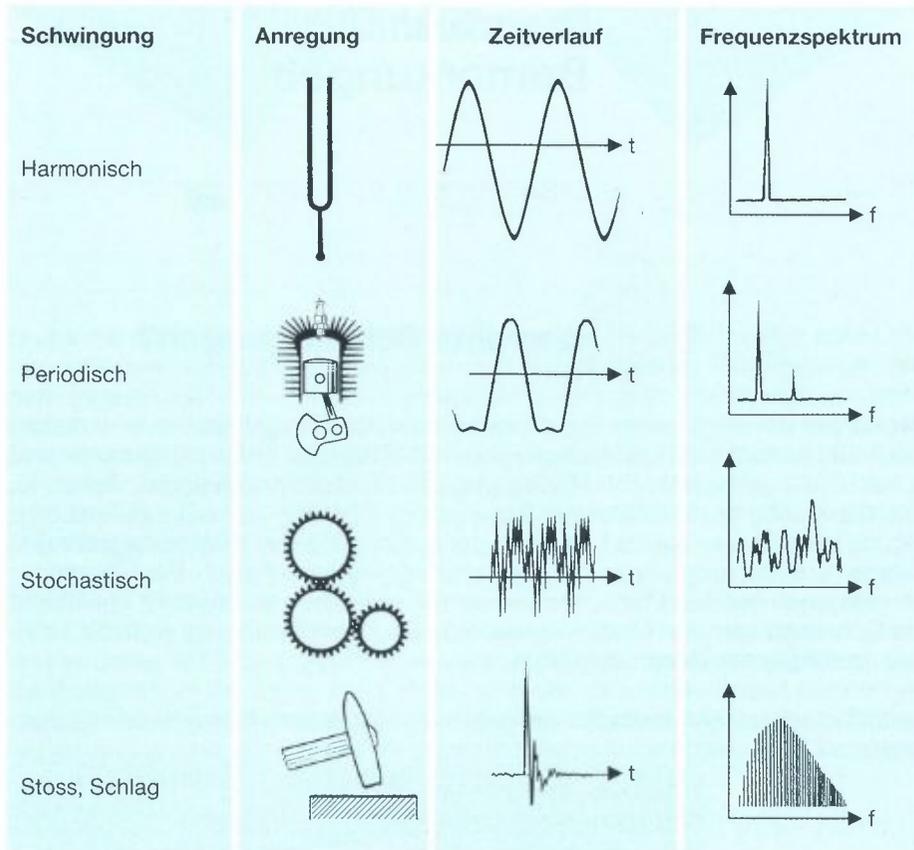


Abbildung 1: Anregung, Zeitverlauf und Frequenzspektrum.

gungen, wie sie zum Beispiel durch regelmässige Stossanregung verursacht werden, weisen zusätzlich noch Frequenzkomponenten bei einem Mehrfachen der Grundfrequenz auf.

**Stochastische** (zufällige) **Schwingungen** entstehen, wenn die Anregung unregelmässig stattfindet, zum Beispiel wenn ein Fahrzeug über eine schlechte Strasse fährt. Hier treten gleichzeitig viele Frequenzen in unterschiedlicher Stärke auf.

**Schläge und Stösse** verursachen Schwingungen von sehr kurzer Dauer. Je kürzer und härter die Anregung, desto ausgedehnter ist das Spektrum der auftretenden Frequenzen.

### 3. Übertragungsart und Richtung von Schwingungen

#### 3.1 Übertragungsart

Man unterscheidet zwei Arten der Einwirkung von Schwingungen auf den Menschen:

**Ganzkörperschwingungen** werden über den Sitz oder die Standfläche (bzw. Liegefläche) in den Körper eingeleitet. Ganzkörperschwingungen treten am häufigsten in Fahrzeugen auf.

**Hand-Arm-Schwingungen** werden vom Werkzeug oder der Maschine über Griffe oder Berührungsflächen auf die Hände und Arme des Bedieners übertragen.

#### 3.2 Richtung von Schwingungen

Während die **Richtung der Einwirkung** bei Hand-Arm-Schwingungen nach heutigem Wissen keine grosse Rolle spielt, müssen Ganzkörperschwingungen in den verschiedenen Achsen unterschiedlich beurteilt werden, weil der Mensch auf Anregung in Körperlängsrichtung empfindlicher reagiert. Die in den ISO-Normen festgelegten Koordinatensysteme sind in Abbildung 2 dargestellt.

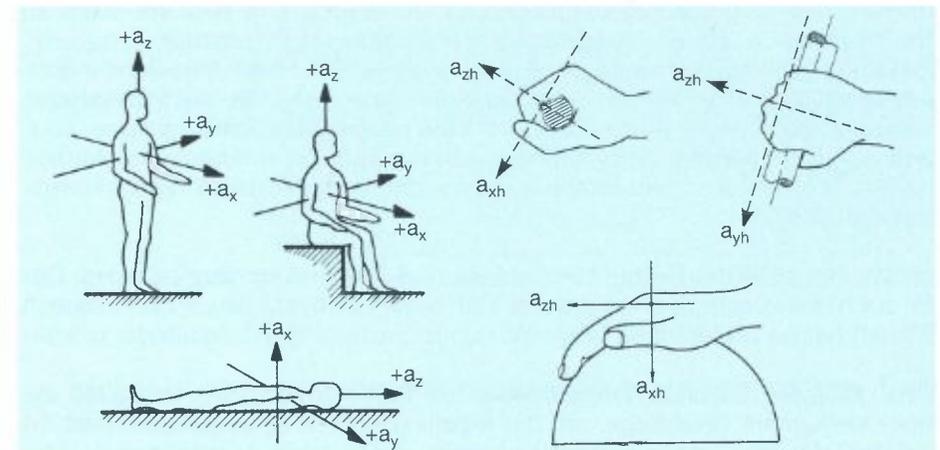


Abbildung 2: Definition der Schwingungsachsen

Ganzkörperschwingungen	Hand-Arm-Schwingungen
$a_x$ ventro-dorsal	$a_{xh}$ Handfläche-Handrücken
$a_y$ Schulter-Schulter	$a_{yh}$ quer zur Hand
$a_z$ caudo-cranial	$a_{zh}$ Armrichtung

## 4. Messung und Bewertung von Schwingungseinwirkungen

### 4.1 Messung von Schwingungseinwirkungen

Um die Einwirkung von Schwingungen auf den Menschen zu beurteilen, wird in erster Linie die frequenz- und zeitbewertete Beschleunigung in den normierten Achsen (Abb. 2) gemessen. Der Frequenzbereich umfasst für Ganzkörperschwingungen 1–80 Hz und für Hand-Arm-Schwingungen 6–1250 Hz. Die Messausrüstung besteht aus Beschleunigungsaufnehmern, Vorverstärkern, Bewertungsfiltern und Mittelungsgeräten und wird für eingehendere Untersuchungen mit digitalen Aufzeichnungsgeräten und Frequenzanalysatoren ergänzt.

### 4.2 Bewertung von Schwingungseinwirkungen

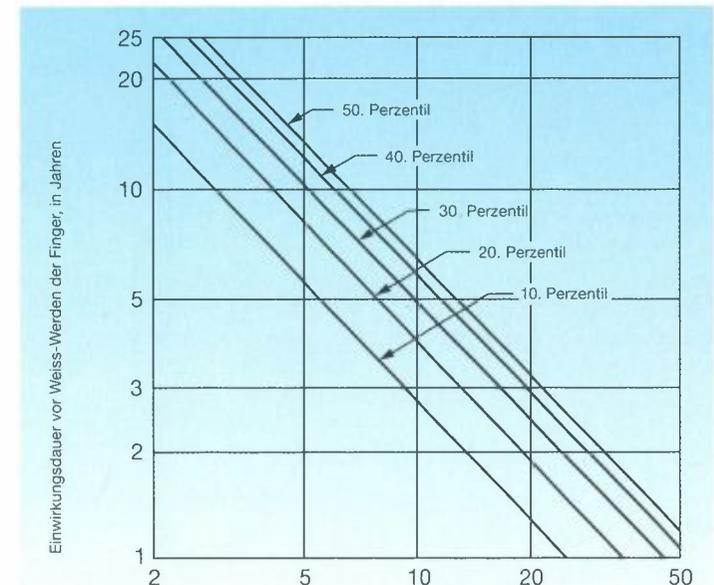
Die heutigen Kenntnisse erlauben es nicht, zuverlässige Expositionsgrenzen für die Einwirkung von Schwingungen zu formulieren. Das liegt vor allem an der Komplexität der Einflussgrößen wie Schwingungsintensität, Frequenzspektrum, zeitliche Verteilung der Einwirkung usw. Bei Hand-Arm-Schwingungen spielt auch die Andruck- und Greifkraft eine Rolle. Die standardisierten Frequenzbewertungen stützen sich nicht auf festgestellte Schädigungen, sondern auf die subjektive Empfindung. Auch beruhen die vorliegenden Normen auf begrenzten Daten und Erfahrungen mit den vorkommenden Einwirkungsbedingungen.

Ein wichtiges Ziel der Normen besteht darin, die Sammlung vergleichbarer Daten auf breiter Basis zu ermöglichen. Man erhofft sich, auf dieser Grundlage in Zukunft besser abgestützte Dosis-Wirkungs-Beziehungen formulieren zu können.

Trotz gewisser Einschränkungen bilden die ISO-Normen 2631 und 5349 die beste verfügbare Grundlage, um die Arbeitssicherheit zu verbessern und die Mehrheit der Arbeiter vor ernststen Gesundheitsstörungen zu schützen.

In der ISO-Norm 2631/1985 sind die Messanordnungen und -bedingungen sowie die Beurteilungsgrundlagen für **Ganzkörperschwingungen** zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass für die Z-Achse eine andere Bewertungskurve angewendet wird als für die X- und die Y-Achse.

In der ISO-Norm 5349/1986 sind die Messanordnungen und -bedingungen, die Frequenzbewertung und die Beurteilungsgrundlagen für Schwingungseinwirkungen auf das **Hand-Arm-System** aufgeführt. Der Anhang dazu – er bildet keinen Bestandteil der Norm – enthält ein Diagramm (Abb. 3), das einen Zusammenhang zwischen der bewerteten Beschleunigung, der Expositionsdauer und dem Risiko von Durchblutungsstörungen darstellt. Dieses Diagramm basiert auf Untersuchungen an kanadischen Forstarbeitern. Epidemiologische Studien an Kollektiven, die mit anderen Geräten oder unter anderen klimatischen Bedingungen arbeiten, führten nicht in jedem Fall zu übereinstimmenden Resultaten.



Werte für die effektivbewertete Beschleunigung, gemessen in einachsiger Richtung,  $m \cdot s^{-2}$

Abbildung 3: Risiko-Diagramm für Hand-Arm-Schwingungen (Anhang zu ISO 5349).

## C. Gefahrenquellen

Die in der Abbildung 4 aufgeführten Maschinen und Geräte verursachen erhebliche Vibrationen und können bei entsprechender Einwirkungszeit zu einer Gefährdung der exponierten Personen führen.

Als Gefahrenquellen gelten z. B.:

	Hauptfrequenzbereich (in Hz)	bewertete Beschleunigung $a_w$
<b>Ganzkörpersystem:</b> schwere Baumaschinen Forstraktoren	2–8 3–8	0,5–1,7 $m/s^2$ 0,4–2,0 $m/s^2$
<b>Hand-Arm-System:</b> Bohrhämmer pneumatisch Abbauhämmer pneumatisch Spitzhämmer pneumatisch Grabenstamper Plattenverdichter Motorkettensäge mit Antivibrationsgriff Entringungsmaschine Freischneidgerät Einachsmotormäher Polier- und Schleifmaschinen Nadelhammer pneumatisch Meisselhammer pneumatisch Stockhammer pneumatisch	4– 50 4– 50 4–125 8– 50 8– 50 50–160 4–160 4–160 8– 25 400–800 40 20– 80 40–125	15–22 $m/s^2$ 8–15 $m/s^2$ 8–15 $m/s^2$ 10–20 $m/s^2$ 8–15 $m/s^2$ 5–13 $m/s^2$ 8–15 $m/s^2$ 5– 8 $m/s^2$ 3– 6 $m/s^2$ 3– 8 $m/s^2$ 14 $m/s^2$ 8–15 $m/s^2$ 3–12 $m/s^2$

Abbildung 4

Die **Abbildungen 5–13** zeigen einige Beispiele möglicher Gefahrenquellen.



Abbildung 5

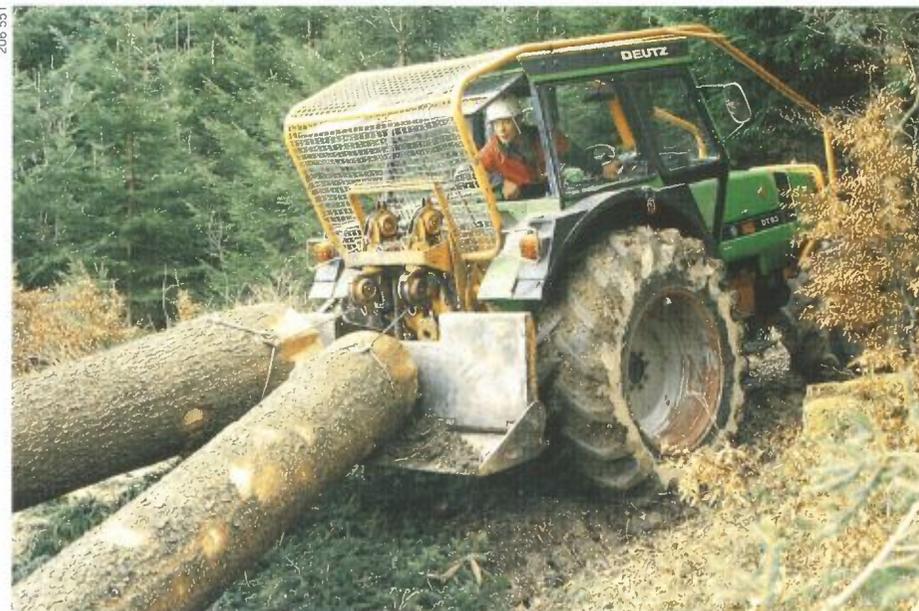


Abbildung 6



Abbildung 7



Abbildung 8



Abbildung 9

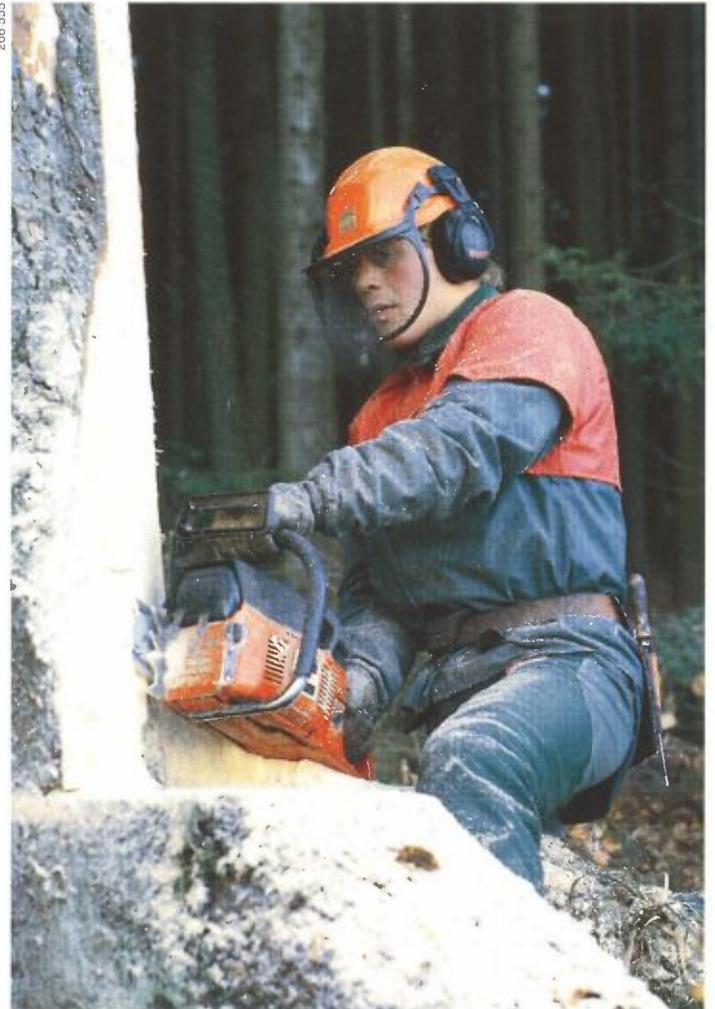


Abbildung 10

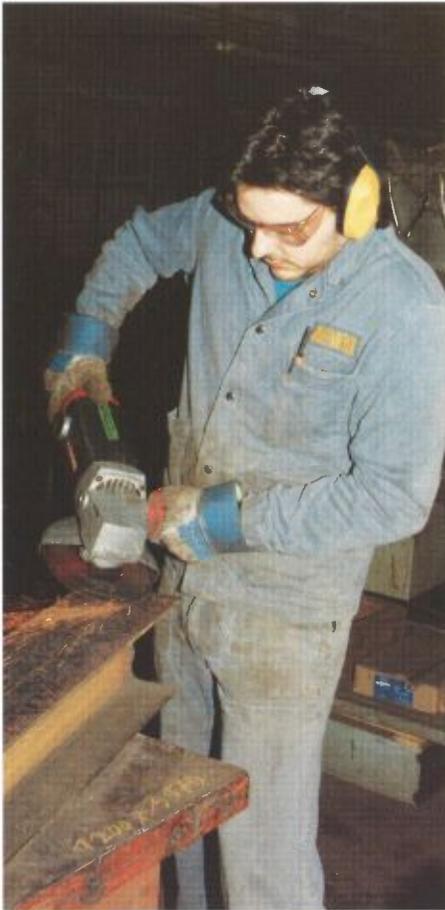


Abbildung 11



Abbildung 12

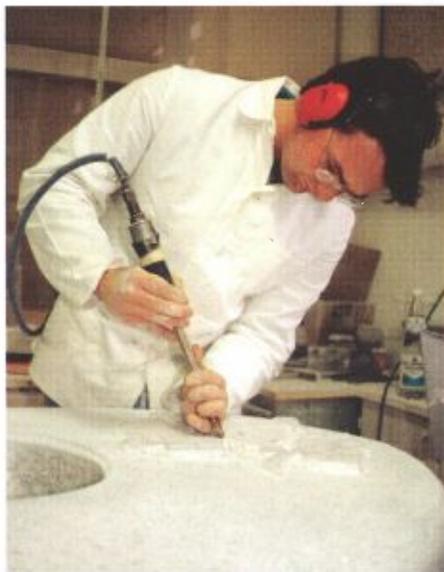


Abbildung 13

## D. Pathogenese

### 1. Entstehungsmechanismus

Der Mechanismus der Entstehung von Gesundheitsschäden bei Belastung des menschlichen Körpers mit mechanischen Schwingungen ist äusserst kompliziert und auch heute nicht umfassend bekannt.

#### 1.1 Beeinflussende Faktoren

Faktoren wie die Körpergrösse, das Gewicht der Werkzeuge, wie fest sie gehalten werden müssen, welche Materialien bearbeitet werden usw. spielen dabei eine Rolle. Sowohl die Körperhaltung bei der Arbeit als auch die dämpfenden Eigenschaften des Materials zwischen Werkzeug und Mensch sind von grosser Bedeutung für die Überleitung der Energie vom Werkzeug in den menschlichen Körper.

#### 1.2 Art der Vibrationsschädigung

Die Art der Vibrationsschädigung hängt – wenigstens teilweise – von der Frequenz der Vibrationen ab. Gemäss bisheriger Erfahrung dürfte es eine Frequenzgrenze geben, oberhalb derer mehr Gefässschädigungen als Schädigungen am Skelettsystem auftreten. Diese Grenze ist jedoch bisher nicht eindeutig bestimmt; sie soll zwischen 30–40 Hz liegen.

#### Frequenzbedingte Vibrationsauswirkungen

Tieffrequente Vibrationen	0,5–16 Hz	Kinetosen, Schädigungen der Wirbelsäule, vegetative Beschwerden
Mittelfrequente Vibrationen	16–(60–80) Hz	Schädigungen der Knochen und Gelenke im Hand-Arm-Bereich
Hochfrequente Vibrationen	(60–80)–1000 Hz und mehr	Schädigungen an peripheren Gefässen, neuromuskuläre Schädigungen

Folglich ist also für die Gefässschädigungen und neuromuskulären Schädigungen ein grosser Frequenzbereich zu beachten, während die Schädigungen am Skelettsystem nur an einen relativ begrenzten Frequenzbereich gebunden sind.

Schädigungen am Skelettsystem und solche an den peripheren Gefässen können auch kombiniert auftreten, z. B. nach Arbeiten mit Motorkettensägen.

### 1.3 Resonanzrolle

Bei der Einwirkung von Vibrationen auf den menschlichen Organismus spielt die Resonanz eine wichtige Rolle, da die einzelnen Körperteile unterschiedliche Eigenfrequenzen aufweisen und damit von einer ganzen Reihe von Erregungsfrequenzen zum Mitschwingen gebracht werden können. Dies kann zur Verstärkung der Vibrationseinwirkung auf den betroffenen Körperteil und zu grösseren Schädigungen führen. Der Resonanzbereich für Hand-Arm-System liegt z. B. zwischen 30–40 Hz, für den Körper als solchen unter 5 Hz.

## 2. Theorien der Pathogenese

Die pathogenetischen Mechanismen bei der Entstehung der Vibrationsschädigungen sind immer noch nicht ganz geklärt.

Bei der Entwicklung der osteoartikulären degenerativen Prozesse wird der Vibrationsarbeit nur eine beschleunigende Rolle zugeschrieben.

Bei der Entstehung der Schädigungen im peripheren Gefässbereich verursacht wahrscheinlich eine komplizierte Interaktion von zirkulatorischen und nervösen Mechanismen eine Reduktion der Blutversorgung der Finger (Spasmus der Gefässe, die die entsprechenden Bereiche versorgen), worauf die auftretenden Symptome und Anzeichen resultieren. Neben der Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen soll auch der Kältefaktor (sowohl lokal als auch allgemein wirkend) bei der Entstehung dieser Schädigungen eine gewisse Rolle spielen. Weitere prädisponierende Faktoren für die Manifestation berufsbedingter Durchblutungsstörungen sind Nikotinabusus und noch eine nicht weiter abgeklärte individuelle Disposition, wobei das Alter offensichtlich keinen Einfluss hat.

## E. Krankheitsbild

Die Vibrationen können sowohl allgemein als auch lokal auf den menschlichen Körper wirken.

### 1. Allgemeine Vibrationswirkungen

Die allgemeinen Vibrationswirkungen, vor allem im Bereich des vegetativen Nervensystems, sind auch heute noch ungeklärt.

### 2. Lokale Vibrationswirkungen

Die lokalen Vibrationen können sich auf verschiedene Körperteile auswirken. Die häufigsten lokalen Vibrationsarten beeinflussen das Hand-Arm-System. Hand-Arm-Vibrationen entstehen meistens durch den Kontakt der Finger oder der Hand entweder mit einem vibrierenden Gerät oder mit einem Werkstück, das gegen eine vibrierende Oberfläche gedrückt wird. Dabei können bedeutende Vibrationen auf andere Körperteile (Ellenbogen, Akromioklavikulargelenk) weitergeleitet werden. Von den lokalen Vibrationsauswirkungen sind daher die Schädigungen, die nach Arbeit mit vibrationserzeugenden Werkzeugen im Bereich der oberen Extremitäten auftreten, von grösster Bedeutung. Man kann diese Schädigungen in drei Gruppen gliedern:

- Schädigungen am Skelettsystem (osteoartikuläre Schädigungen), verursacht durch Vibrationen tiefer und mittlerer Frequenzen;
- Schädigungen an peripheren Gefässen (vasomotorische Störungen), verursacht durch Vibrationen höherer Frequenzen;
- Nervenfunktionsstörungen und Muskelschäden, verursacht angeblich durch einen breiten Bereich der Schwingungsfrequenzen.

## 2.1 Schädigungen am Skelettsystem

Die vibrationsbedingten Schädigungen am Skelettsystem sind gemäss Literaturangaben eher selten (nur ein Bruchteil der Exponierten erkrankt). Sie treten am häufigsten im Ellbogengelenk (mehr als  $\frac{2}{3}$ ), etwas weniger im Handbereich und selten im Akromioklavikulargelenk auf.

Die individuelle unterschiedliche Belastbarkeit des Halte- und Stützapparates sowie dispositionelle Faktoren sind bei der Entstehung dieser Schädigungen von wesentlicher Bedeutung.

### 2.1.1 Anamnese

Die Expositionszeit beträgt nach Meinung der Mehrheit der Autoren (mit Ausnahme der Osteochondritis dissecans) längere Zeit. Beim Fehlen anderer möglicher Ursachen solcher Affektionen wird für die Anerkennung als Berufskrankheit eine zur Hauptsache verrichtete Mindestarbeit mit vibrierenden, von Hand geführten Werkzeugen von zwei Jahren verlangt.

### 2.1.2 Klinik

Am Anfang treten manchmal reversible Reizerscheinungen an den Gelenken auf. Das Krankheitsbild beginnt subjektiv mit Ermüdungserscheinungen und Schmerzen, die Gelenke können bald nicht voll gestreckt werden. Die funktionelle Behinderung ist durch knöchernen Anschlag charakterisiert.

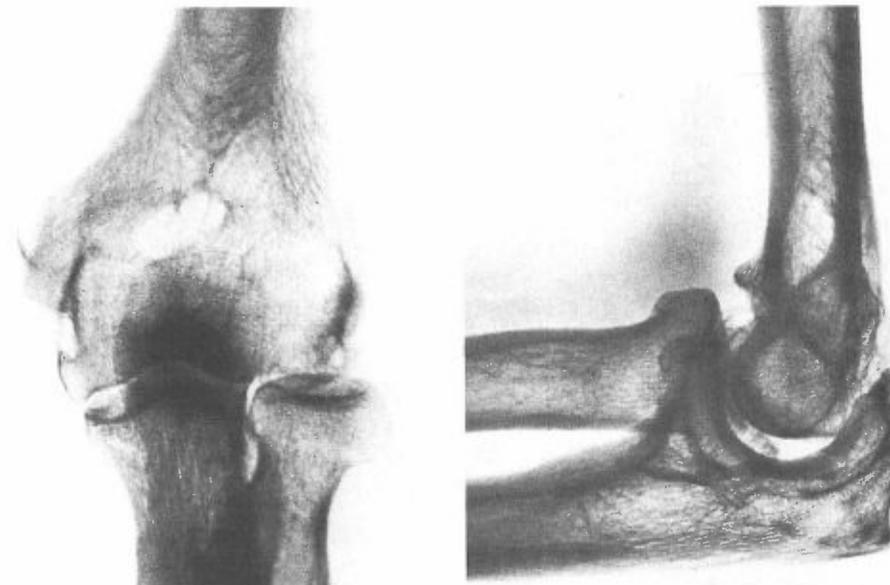
### 2.1.3 Radiologischer Befund (Abb. 14 bis 21)

Aufgrund von Röntgenuntersuchungen unterscheidet man folgende Schädigungen:

- Knochenveränderungen in Form von intra- und periartikulären Exostosen (vor allem im Ellbogen-, weniger im Hand- und Akromioklavikulargelenk);
- Deformationen an Epiphysen und an Gelenkoberflächen (wie z.B. Osteoarthritis, Arthritis deformans, Osteochondritis dissecans) im Ellbogen-, Hand- und Akromioklavikulargelenk;
- Dekalzifikationen der kleinen Karpal- und Metakarpalknochen (Knochenzysten und Knochenvakuolen);
- Lunatummalazie (M. Kienböck), wird in letzter Zeit als Vibrationsschädigung von einigen Autoren bestritten.

Zwischen dem radiologischen Befund und den subjektiven Beschwerden besteht keine feste Korrelation.

204 900



**Abbildungen 14 und 15:** Abnutzungsschaden am Ellenbogengelenk nach Arbeit mit Pressluftwerkzeugen: stärkere Kantenausziehungen und Fortsatzveränderungen, kompaktere Kalkanlagerungen an der Beuge- und Streckseite der Trochlea humeri, knospige Kalkanlagerungen am Kapselansatz der Beugeseite.

204 901

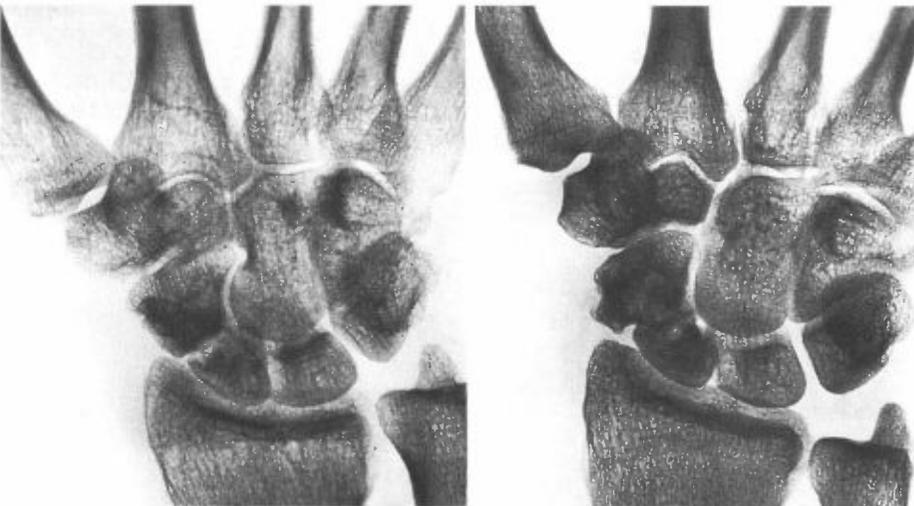


**Abbildung 16:** Arthrotische Veränderungen am distalen Radius.

**Abbildung 17:** Arthrotische Veränderung des unteren Ulnaendes.



Abbildungen 18 und 19: Lunatummalazie nach jahrelanger Arbeit mit Pressluftwerkzeugen.



Abbildungen 20 und 21: Navikularpseudarthrose verursacht durch Pressluftarbeit.

## 2.1.4 Differentialdiagnose

Da die Schädigungen am Skelettsystem keine spezifischen Vibrationsschädigungen sind (immer kann es sich auch um Veränderungen z. B. degenerativer, toxischer, infektiöser und anderer Genese handeln), ist der Nachweis einer adäquaten, genügenden Exposition für die Bejahung der beruflichen Genese entscheidend. Wenn auch an der Vibrationsarbeit unbeteiligte Gelenke betroffen sind (deshalb immer Vergleichsaufnahmen der Gegenseite!), ist eine nicht-berufliche Genese wahrscheinlich.

## 2.1.5 Therapie

Eine spezielle Therapie der Schädigungen am Skelettsystem, verursacht durch Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen, gibt es nicht. Das Aufgeben der Vibrationsarbeit ist häufig anzuraten.

## 2.2 Schädigungen an peripheren Gefässen

Die vasomotorischen Störungen in Form einer Minderdurchblutung (Vasospasmen der kleinen Arterien, Raynaudsches Phänomen), besonders in den Fingern II-V der oberen Extremitäten (Teil der Hand, der die Vibrationen des Werkzeuges hauptsächlich aufnimmt), sind nach Auffassung der grossen Zahl der Autoren die wichtigste Schädigung bei beruflicher Vibrationsexposition (professionelle Vasoneurose, Hand-Arm-Vibration Syndrom, Vibration Induced White Fingers, vibrationsbedingtes vasospastisches Syndrom u. a.).

Die Affektion kann – abhängig davon, wie die Werkzeuge gehalten werden – einseitig (auf der Halte- oder Bedienungshand) oder beidseitig auftreten.

### 2.2.1 Anamnese

Die Expositionsdauer (effektive Exposition) beträgt meistens längere Zeit (mindestens einige Monate bis Jahre). Es besteht eine Abhängigkeit vom Ausmass der täglichen Expositionsdauer. Der Zeitraum zwischen der ersten Vibrationseinwirkung und dem Auftreten von Anzeichen oder Symptomen einer Schädigung wird als Latenzzeit bezeichnet. Es hat sich eindeutig gezeigt, dass die Entwicklungsdauer bis zum ersten Auftreten der Durchblutungsstörungen um so kürzer sein kann, je intensiver die Vibrationseinwirkung ist. Bei besonders intensiver Vibrationseinwirkung können die Beschwerden schon nach wenigen Wochen auftreten.

## 2.2.2 Klinik

Die Symptome der chronisch-intermittierend auftretenden Durchblutungsstörungen (Parästhesien in Form von Nadelstichen, herabgesetzte Sensibilität, verminderte Hauttemperatur ausserhalb der Krisen, starke Schmerzen, Absterbe- und Kältegefühl bei Weisswerden der Finger und in fortgeschrittenen Stadien sehr selten degenerativ-atrophische Veränderungen der Haut der Hände) können sich im Verlauf der Erkrankung (vier Stadien nach Taylor) verstärken und häufiger auftreten. Die Anfallshäufigkeit variiert von vereinzelt bis zu täglich mehrmaligem Auftreten. Die Dauer der vasomotorischen Störungen beträgt einige Minuten bis mehrere Stunden und kann durch Aufwärmen verkürzt werden. Zwischen den anfallsweise auftretenden Durchblutungsstörungen sind die davon betroffenen Personen beschwerdefrei und arbeitsfähig.

Die Erkrankung kann sich während der Arbeit, aber oft auch bei anderer Gelegenheit manifestieren, vor allem dann, wenn der Körper stark der Kälte ausgesetzt ist (meist treten die Beschwerden im Winter auf). In fortgeschrittenen Krankheitsstadien bestehen die Durchblutungsstörungen auch unabhängig von der Arbeit, d. h., sie können auch nach Aufgabe der angeschuldigten Arbeit persistieren, wenn auch oft nur in verminderter Form.

## 2.2.3 Diagnose, Untersuchungsmethoden

Die Diagnose der Erkrankung ist im beschwerdefreien Intervall schwierig, da Inspektion und Palpation keine für diese Krankheit typischen Veränderungen ergeben. Wichtig sind die Arbeitsanamnese und die genaue Beschreibung der Beschwerden im zeitlichen und örtlichen Verlauf. Zur Objektivierung der Symptome der vasomotorischen Störungen gibt es verschiedene Untersuchungsmethoden:

- Kaltwasserversuch, der in einfacher Form in jeder Arztpraxis durchführbar ist. Das Eintauchen der Hände in kaltes Wasser von 5–10 °C während 15 Minuten (die Wassertemperatur bewegt sich bei Durchführung dieses Versuchs durch verschiedene Autoren zwischen 5 und 16 °C; aus praktischen Gründen wählten wir eher höhere Temperaturen, da die niedrigen Wassertemperaturen von vielen Probanden die ganze Versuchszeit nicht ausgehalten werden) führt bei den Menschen mit geschädigten peripheren Gefässen im Fingerbereich zu Parästhesien, Schmerzen und Weisswerden der Finger. In klinischen Bedingungen werden wiederholte Temperaturmessungen an bestimmten Messpunkten (Fingerkuppen, Grundphalangen) in regelmässigen Zeitabständen (5 Min.) bei konstanter Zimmertemperatur vor und

während 20 Minuten nach kaltem Handbad durchgeführt. Derartige Messungen können einen pathologisch vergrösserten Temperaturabfall und eine verzögerte Wiedererwärmungsphase nachweisen.

- Nagelbettdruckversuch
- Faustschlussprobe
- Hauttemperaturmessungen
- Kapillaroskopie
- Oszillographie
- Plethysmographie
- Arteriographie (Abb. 22 und 23)



**Abbildung 22:** Spastizität der Fingerarterien bei einem vibrationsbedingten Raynaud-Syndrom.

**Abbildung 23:** Fingerarterienverschlüsse nach mehrjähriger Vibrationsexposition.

## 2.2.4 Differentialdiagnose

Wie bei den Skelettschädigungen ist für die Diagnose einer vibrationsbedingten Durchblutungsstörung der Nachweis einer adäquaten Exposition (Pausen spielen eine Rolle – Erholung!) entscheidend, da zwischen dem Raynaudschen Phänomen beruflicher Genese und seinen anderen Formen klinisch kein Unterschied besteht. Raynaudsches Phänomen beruflicher Genese muss differentialdiagnostisch von

- anderen Formen des Raynaudschen Phänomens nichtberuflicher Genese (bei Arteriosclerosis obliterans, Thrombangiitis obliterans, Kollagenosen, Arteriitis temporalis, neurovasulärem Schulter-Gürtel-Syndrom [thoracic outlet syndrome], Kryoglobulinämie, Kälteagglutininkrankheit, Intoxikationen, Stoffwechselstörungen und bei Verletzungen und Operationen – Sudecksche Dystrophie) und
- Morbus Raynaud (typischer symmetrischer Befall der Finger, vor allem jüngerer Frauen nach Kälte- oder emotionellen Reizen; Frauen-Männer-Verhältnis 5 : 1; bei der normalen Bevölkerung bewegt sich die Raynaud-Prävalenz zwischen 0,5 und  $1/100$ )

unterschieden werden.

## 2.2.5 Therapie und Prognose

### 2.2.5.1

Die meist medikamentös und physikalisch kombinierte Behandlung ist symptomatisch. Die Indikationen zur Ganglionektomie sind mit Zurückhaltung auszusprechen, da meistens die zu erwartenden Effekte auf die Dauer nicht erreicht werden.

### 2.2.5.2

Die Prognose der Erkrankung ist abhängig von der Dauer des Bestehens und dem Schweregrad der Beschwerden. Die intermittierenden Durchblutungsstörungen sind anfangs reversibel und verlieren sich bei fehlender Exposition (Abb. 24). In fortgeschrittenen Stadien verhindert ein Arbeitsplatzwechsel oft die Verschlimmerung der Erkrankung hinsichtlich Intensität, Häufigkeit und Ausmass der Beschwerden.

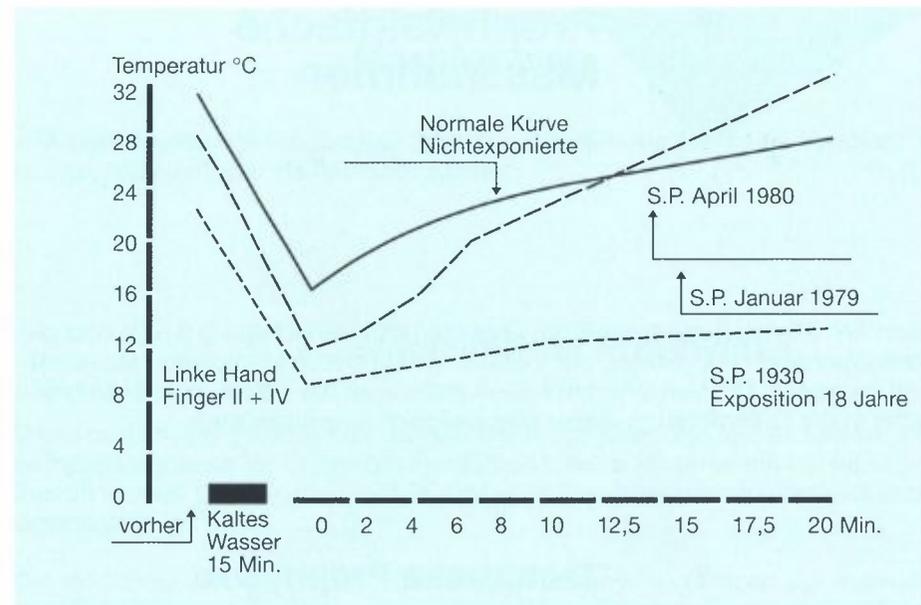


Abbildung 24: Kaltwasserversuch: Verlauf der Kurve nach Unterbrechung der Vibrationsexposition (nach Lob und Boillat).

## 2.3 Nervenfunktionsstörungen und Muskelschäden

Über die Nervenfunktionsstörungen, insbesondere der Nerven medianus und ulnaris, wurde in Zusammenhang mit Vibrationsexposition gelegentlich berichtet. Auch muskuläre Probleme werden diskutiert. Untersuchungen, die grössere Kollektive von vibrationsexponierten Arbeitern einem nichtexponierten Kollektiv gegenüberstellen und dabei eine signifikante Häufung dieser Schädigungen dokumentieren, sind bis jetzt nicht publiziert worden.

## F. Prophylaktische Massnahmen

Nach Art. 82 des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) sind die Betriebsinhaber verpflichtet, zur Verhütung von Berufskrankheiten Massnahmen zu treffen. Die Versicherten haben andererseits die Pflicht, den Betriebsinhaber in der Durchführung dieser Massnahmen zu unterstützen.

### 1. Technische Prophylaxe

Die folgenden Massnahmen tragen dazu bei, die Belastung durch **Ganzkörperschwingungen** zu verringern:

- bei Neuanschaffungen auf vibrationsarme Arbeitsmaschinen achten;
- bei stationären Anlagen Maschine vom Bedienungsstand entkoppeln;
- vibrationsarme Ersatzverfahren anwenden;
- gute und richtig abgestimmte Sitze einsetzen;
- angepasste Fahrweise;
- in Arbeitspausen Fitnessübungen durchführen.

Da gegen **Hand-Arm-Schwingungen** noch keine wirksamen persönlichen Schutzmittel existieren, sind die folgenden Massnahmen wichtig:

- bei Neuanschaffungen auf vibrationsarme Arbeitsgeräte achten;
- nach Möglichkeit vibrationsarme Ersatzverfahren wählen;
- der Tätigkeit angepasste Werkzeuge anwenden (weder zu gross/stark noch zu klein/schwach);
- die Arbeitsgeräte gut warten (besonders die Antivibrationssysteme);
- Gerät nicht am Körper abstützen;
- mit geringer Greifkraft arbeiten;
- allgemein ergonomisch günstige Arbeitsplatzgestaltung;
- immer Handschuhe verwenden (als Wärmeschutz);
- warme Bekleidung tragen;
- nicht rauchen.

### 2. Arbeitsorganisatorische Massnahmen

- Arbeitspausen mit Möglichkeit der Körpererwärmung (bei kaltem Wetter);
- beschränkte Dauer der Vibrationsarbeit.

### 3. Medizinische Prophylaxe

Diese ist auch bei genügender technischer Prophylaxe und ausreichenden arbeitsorganisatorischen Massnahmen als zusätzliche Massnahme notwendig. Zurzeit werden probeweise Waldarbeiter einer Forstverwaltung prophylaktisch untersucht.

Die medizinische Prophylaxe besteht in Eintrittsuntersuchungen zur Auswahl der für Arbeiten mit vibrationserzeugenden Werkzeugen geeigneten Individuen und in periodischen Kontrolluntersuchungen zwecks Fortführung der Auswahl und Erkennung der Frühformen der Vibrationsschädigungen.

#### 3.1 Eintrittsuntersuchungen

Neu angestellte Personen der oben erwähnten Betriebe, die dem Vibrationsrisiko ausgesetzt sind, werden der SUVA innerhalb der ersten zwei Wochen nach Anstellung gemeldet. Die Eintrittsuntersuchungen haben innert zweier Wochen nach der entsprechenden Mitteilung der SUVA an den Betrieb stattzufinden. Diese Untersuchungen erfolgen nach einem Standardprotokoll (provisorisches Form. 2088 der SUVA) und bestehen in einer ärztlichen Untersuchung mit besonderer Berücksichtigung des Stütz- und Bewegungsapparates und des Kreislaufsystems.

Gründe, die eine Untauglichkeit für Arbeiten mit vibrationserzeugenden Werkzeugen bedingen, sind:

- Alter unter 18 Jahren;
- Skeletterkrankungen, vor allem der oberen Extremitäten;
- Vasolabilität mit Tendenz zu Gefässspasmen;
- Morbus Raynaud, Raynaudsches Phänomen nichtberuflicher Genese;
- Erfrierungen;
- bereits bestehende Vibrationsschädigungen.

### 3.2 Kontrolluntersuchungen

Die exponierten Personen werden alle drei Jahre gemäss ähnlichem Protokoll wie beim Eintritt (F. 2088/1) untersucht.

Schwere osteoartikuläre Läsionen und Schädigungen im peripheren Gefässbereich der oberen Extremitäten, verursacht durch Arbeit mit vibrationserzeugenden Werkzeugen, rechtfertigen bei Personen unter 40 Jahren im allgemeinen den Entscheid einer Untauglichkeit für diese Arbeiten.

## G. Versicherung, Häufigkeit...

### 1. Versicherung

Versicherungsrechtlich waren die Erkrankungen durch Vibrationen bei der Arbeit mit vibrationserzeugenden Werkzeugen in der Schweiz bis zum Inkrafttreten der Verordnung über die Berufskrankheiten vom 17.12.1973 (VO 1973) keine gesetzlich anerkannte Berufskrankheit. Sie konnten bis zu diesem Zeitpunkt lediglich freiwillig nach Verwaltungsratsbeschluss der SUVA aus dem Jahre 1956 (VRB 1956) entschädigt werden.

Durch Inkrafttreten der VO 1973 waren einerseits die Grundlagen für die gesetzliche Übernahme der Vibrationsschädigungen, andererseits aber auch die Kriterien der Übernahme als Berufskrankheit geschaffen. In der Verordnung über die Unfallversicherung vom 20.12.1982 (UVV) ergab sich darin keine Änderung.

In einigen anderen Ländern werden die vibrationsbedingten Schädigungen am Skelettsystem und an den peripheren Gefässen ebenfalls als Berufskrankheit anerkannt.

Als Vibrationsschädigungen werden radiologisch nachweisbare Auswirkungen auf Knochen und Gelenke und Auswirkungen auf den peripheren Kreislauf anerkannt (UVV Anhang 1, Abschnitt 2).

Nach der Praxis der SUVA kann eine Rente nur dann gewährt werden, wenn die Erwerbsfähigkeit des Versicherten wegen der vorliegenden Vibrationsschädigung in spürbarem Ausmass herabgesetzt ist.

Wird ein Versicherter von der SUVA für Arbeiten mit vibrationserzeugenden Werkzeugen als ungeeignet erklärt, und er erhält keine Rente, so hat er unter gewissen Voraussetzungen Anrecht auf eine ÜbergangsentSchädigung, sofern er wegen der Nichteignungserklärung in seinem wirtschaftlichen Fortkommen erheblich beeinträchtigt ist.

## 2. Häufigkeit

Die in der Literatur angegebenen Zahlen über die Häufigkeit der Vibrations-schädigungen gehen stark auseinander.

Die Schädigungen des Skelettsystems werden von einigen Autoren als ausserordentlich selten (bei 0,1–0,2% aller Exponierten), von anderen Autoren wieder als relativ häufiger (bei 20–40% der Exponierten) gehalten.

Auch die Häufigkeit der Schädigungen an peripheren Gefässen bewegt sich nach den Literaturangaben von weniger als 1 bis 94% der Exponierten. Immerhin muss gesagt werden, dass bei diesen Untersuchungen ganz unterschiedliche Kollektive verfolgt wurden und dass ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse einzelner Autoren schwierig ist.

In der Schweiz wurden in den Jahren 1973–1989 insgesamt 173 Fälle durch die SUVA als berufliche Vibrationsschädigungen anerkannt; davon erhielten 31 eine Invalidenerente. 72 wurden, gestützt auf Art. 78 der Verordnung über die Unfallverhütung (UVV), für Arbeiten mit vibrationserzeugenden Werkzeugen als ungeeignet bzw. bedingt geeignet erklärt.

## H. Literaturhinweise

- 1 Berthoz A.: Protection de l'homme contre les vibrations. Laboratoire de physiologie du travail du C.N.R.S., Paris, 160 p. (1969).
- 2 Brüel & Kjaer: Schwingungsmessung (1980).
- 3 Buchberger J.: Arbeitsbedingte Fingerdurchblutungsstörungen bei Forstarbeitern in der Schweiz (BIGA 1990).
- 4 Christ E. et al.: Vibration am Arbeitsplatz. IVSS 1989.
- 5 Dupuis H.: Vibrationswirkungen am Arbeitsplatz. Arbeitsmed. Sozialmed. Präv.-Med., 9, 233–236 (1974).
- 6 Dupuis H.: Zur Schwingungsbeanspruchung des Hand-Arm-Systems. Arbeitsmed. Sozialmed. Präv.-Med., 11, 281–282 (1976).
- 7 Dupuis H.: Stand der arbeitsmedizinischen Bewertung mechanischer Schwingungen am Arbeitsplatz. Arbeitsmed. Sozialmed. Präv.-Med., 15, 236–243 (1980).
- 8 Dupuis H., Hartung E., Hammer W.: Biomechanisches Verhalten, Muskelreaktion und subjektive Wahrnehmung bei Schwingungserregung der oberen Extremitäten zwischen 8 und 80 Hz. Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 37, 9–34 (1976).
- 9 Färkkilä M., Pyykkö I., Jäntti V., Aatola S., Starck J., Korhonen O.: Forestry workers exposed to vibration: a neurological study. Brit. J. industr. Med., 45, 188–192 (1988).
- 10 Hellstrom B., Myhre K.: A comparison of some methods of diagnosing Raynaud phenomena of occupational origin. Brit. J. industr. Med., 28, 272–279 (1971).
- 11 Hyvärinen J., Pyykkö I., Sundberg S.: Vibration frequencies and amplitudes in the aetiology of traumatic vasospastic disease. Lancet, 14, 791–794 (1973).
- 12 ISO/DIS 5349: Proposal for Guide for the measurement and the evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand (1979).
- 13 ISO 2631: Guide pour l'estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps (1978).
- 14 Koskimies K., Färkkilä M., Pyykkö I., Jäntti V., Aatola S., Starck J., Inaba R.: Carpal tunnel syndrome in vibration disease. Brit. J. industr. Med., 47, 411–416 (1990).
- 15 Kumlin T., Wiikeri M., Sumari P.: Radiological changes in carpal and metacarpal bones and phalanges caused by chain saw vibration. Brit. J. industr. Med., 30, 71–73 (1973).
- 16 Laarmann A.: Berufskrankheiten nach mechanischen Einwirkungen, 31–83, Enke Verlag, Stuttgart (1977).
- 17 Lange Andersen K.: Störungen des Wohlbefindens durch Vibrationswirkungen am Hand-Arm-System. In: Verhandlung der Deutsch. Ges. für Arbeitsmed./20. Jahrestagung Innsbruck, 43–52. Gentner Verlag, Stuttgart (1980).
- 18 Lidström I.M.: Periphere Kreislauf- und Nervenfunktionsstörungen bei Personen, die Vibrationswirkungen über die Hände ausgesetzt sind. Arbeitsmed. Sozialmed. Präv.-Med, 9, 242–244 (1974).

- 19 Lob M., Boillat A.: Intérêt de l'épreuve à l'eau froide pour le diagnostic et le pronostic du phénomène de Raynaud provoqué par les instruments vibrants (Communication à Grenoble 1981).
- 20 Okada A., Yamashita T., Nagano C., Ikeda T., Yachi A., Shibata S.: Studies on the diagnosis and pathogenesis of Raynaud's phenomenon of occupational origin. *Brit. J. industr. Med.*, 28, 353–357 (1971).
- 21 Pelmear P.L., Taylor W.: Hand-Arm Vibration Syndrome: Clinical Evaluation and Prevention. *JOM*, 11, 1144–1149 (1991).
- 22 Pyykkö I., Hyvärinen J.: The physiologic basis of the traumatic vasospastic disease. *Work environ. health*, 10, 36–47 (1973).
- 23 Pyykkö I., Färkkilä M., Toivanen J., Korhonen O.: Transmission of Vibration in hand-arm-system with special reference to changes in compression force and acceleration. *Scand. J. Work & health*, 2, 87–95 (1976).
- 24 Sakurai T.: Vibration effects on hand-arm-system. *Industr. Health*, 15, 47–66 (1977).
- 25 Taylor W., Pelmear P.L.: The hand-arm vibration syndrome: an update. *Brit. J. industr. Med.*, 47, 577–579 (1990).
- 26 Taylor W., Pelmear P.L., Pearson J. C. G., James P.B., Galloway R.W., Yates J.R., Hempstock T.I., Connor D.E., Kitchener R., Keighley G.: *Vibration white finger in industry*. 166 p., Academic Press, London (1975).
- 27 Wieslander G., Norbäck D., Göthe C.J., Juhlin L.: Carpal tunnel syndrome (CTS) and exposure to vibration, repetitive wrist movements and heavy manual work: a case-referent study. *Brit. J. industr. Med.*, 46, 43–47 (1989).

Wir danken Herrn Prof. Dr. Lob für die freundliche Überlassung der Unterlagen betreffend Kaltwasserversuche und der Abteilung Arbeitssicherheit Luzern/Sektion Akustik für die Überarbeitung der physikalischen Teile.

---