

# **Texte zur Arbeitsmedizin**

**Schweizerisches Skriptum  
Arbeitsmedizin zur  
medizinischen Ausbildung**

**5. überarbeitete Auflage**

**M.-A. Boillat, B. Danuser, S. Guttormsen, M. Jost,  
M. Kuster, S. Weiss**



# Texte zur Arbeitsmedizin

## Schweizerisches Skriptum Arbeitsmedizin zur medizinischen Ausbildung

5. revidierte Auflage

Prof. M.-A. Boillat

beauftragt für die Lehre der Arbeitsmedizin der medizinischen Fakultäten  
der Universitäten Lausanne und Genf

Institut universitaire romand de santé au travail (IST), 19, rue du Bugnon, 1005 Lausanne

Prof. B. Danuser

beauftragt für die Lehre der Arbeitsmedizin der medizinischen Fakultäten  
der Universitäten Lausanne und Genf

Institut universitaire romand de santé au travail (IST), 19, rue du Bugnon, 1005 Lausanne

Dr. med. M. Jost

beauftragt für die Lehre der Arbeitsmedizin der medizinischen Fakultät  
der Universität Zürich

Suva, Chefarzt Arbeitsmedizin, Postfach, 6002 Luzern

Prof. S. Guttormsen

beauftragt für die Lehre der Arbeitsmedizin der medizinischen Fakultät  
der Universität Bern

IML Institut für Medizinische Lehre, Konsumstrasse 13, 3010 Bern

Dr. med. M. Kuster

beauftragt für die Lehre der Arbeitsmedizin der medizinischen Fakultät  
der Universität Basel

Novartis International, WSJ-200.331, 4002 Basel

Unter Mitarbeit der Dres. med. Th. Amport, B. Cartier, D. Chouanière, M. Hofmann,  
D. Kissling, I. Kunz, C. Lazor-Blanchet, L. Matéfi, J. Meier, B. Merz, C. Pletscher,  
S. Praz-Christinaz, H. Rast, M. Rügger, Y. Scherrer, R. Schütz, R. Westkämper

Redaktion: Dr. med. St. Weiss, Institut für Medizinische Lehre

Abteilung für Assessment und Evaluation AAE, Konsumstrasse 13, 3010 Bern

Layout und Sekretariat: B. Wirz, Institut für Medizinische Lehre

Abteilung für Assessment und Evaluation AAE, Konsumstrasse 13, 3010 Bern

Produktion: IML Bern, September 2009

Übersetzung der original französischen Teile: Suva, Luzern

Titel der französischen Version:

Notes de Médecine du Travail

Polycopié destiné à la formation médicale prégraduée sur le plan fédéral

M.-A. Boillat, B. Danuser, S. Guttormsen, M. Jost, M. Kuster

5e édition révisée

Texte zur Arbeitsmedizin

Schweizerisches Skriptum Arbeitsmedizin zur medizinischen Ausbildung

M.-A. Boillat, B. Danuser, S. Guttormsen M. Jost, M. Kuster

5. revidierte Auflage

Bern, IML, September 2009

## **Vorwort**

Die „Texte zur Arbeitsmedizin“ erleben nun im 10. Jahr ihres Bestehens die 5. Auflage. Dieses Skriptum scheint bei den Studierenden beliebt gewesen zu sein. Auch die Lehrenden haben es als positiv erfahren, neben den meist knappen Unterrichtsstunden in Arbeitsmedizin als Referenz oder zu Nachschlagezwecken die Texte abgeben zu können. Daher hat sich die interfakultäre Fachgruppe Arbeitsmedizin zu dieser Neubearbeitung entschlossen.

Unterdessen haben sich die «Swiss Learning Objectives» [1] fest etabliert. Sie sind massgebend für Lehre und Prüfung. Auch das neue Skriptum trägt dem Rechnung. Die Seiten 5 und 6 zeigen die Lernziele der Arbeitsmedizin in übersichtlicher Weise.

Die Inhalte der Arbeitsmedizin sind in der Neubearbeitung des Buchs „Sozial- und Präventivmedizin, Public Health“ [2] stark komprimiert. Das Skriptum stellt auch diesbezüglich eine Ergänzung dar.

September 2009

St. Weiss

- 1 H. Bürgi et al. Swiss Catalogue of Learning Objectives for Undergraduate Medical Training, 2. Auflage 2008, elektronisch unter «[www.smifk.ch](http://www.smifk.ch)»
- 2 Gutzwiller F, Paccaud F. (Hrsg.). Sozial- und Präventivmedizin, Public Health Bern: Verlag Hans Huber, 3. Auflage 2007, französisch erschienen 2009.

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Einführung: Ziele und Bedeutung der Arbeitsmedizin in der Schweiz	7
1.1 Definition und Ziele der Arbeitsmedizin (AM)	7
1.2 Gesetzliche Grundlagen	7
1.3 Prinzipien der Prävention	8
1.4 Organisation der Arbeitsmedizin in der Schweiz	10
1.5 Klassifikation der berufsbezogenen Gesundheitsschädigungen	11
1.6 Berufsunfälle	13
2. Berufskrankheiten	18
2.1 Physikalische Gefährdungen	18
2.2 Chemische Gefährdungen	48
2.3 Biologische Gefährdungen	69
2.4 Berufsbedingte Atemwegserkrankungen und Pneumopathien	72
2.5 Berufsdermatosen	80
2.6 Die Berufskrebse	86
3. Ergonomie und Bewegungsapparat	98
3.1 Einführung in die Ergonomie	98
3.2 Bildschirmarbeitsplatz	101
3.3 Muskuloskeletale Erkrankungen und Beschwerden	105
4. Arbeitsklima	111
4.1 Stress am Arbeitsplatz	111
4.2 Mobbing	116
4.3 Gewalteinwirkung „von aussen“	118
5. Spezielle Themen	120
5.1 Arbeitslosigkeit	120
5.2 Nachtarbeit	120
5.3 Mutterschaftsschutz	124

## Lernziele

Im Folgenden finden Sie die Liste der arbeitsmedizinischen Lernziele für das Medizinstudium. Dieser Katalog lehnt sich dem «Swiss Catalogue of Learning Objectives for Undergraduate Medical Training - Juni 2008» an. Das jeweilige Anforderungsniveau (dritte Spalte) entspricht den Levels dieser Quelle.

Lernziele sollen ein Instrument der Ausbildung oder des Unterrichtes sein. In dieser Hinsicht, bezüglich der praktischen Nutzung in der Didaktik oder in der Prüfungs-gestaltung eben, schien folgendes zweckmässig:

- 1.) die hie und da sehr weitgehenden Themenkonglomerate des offiziellen Lernzielkatalogs in mehrere Einzelziele aufzulösen,
- 2.) allenfalls allzu stichwortartige Themenbeschreibungen konkreter und damit fassbarer zu formulieren.

Die vierte Spalte zeigt den Bezug zum Swiss Catalogue vom Juni 2008.

<b>Arbeitsmedizinische Lernziele</b>			
<b>1. Kapitel: Allgemeines zur Arbeitsmedizin</b>			
1	Definition der Arbeitsmedizin	1	<b>CPH59</b>
2	Vorgehen bei Verdacht auf arbeitsassoziiertes Gesundheitsproblem bei einem Individuum oder einer Gruppe	2	<b>CPH60</b>
3	Bestimmungen zu Gesundheitsschutz und -Förderung im Arbeits- und Unfallversicherungsgesetz.	2	<b>CPH61</b>
4	Prinzipien der Primär-, Sekundär- und Tertiär-Prävention am Arbeitsplatz	1	<b>CPH62</b>
5	Grundprinzipien der arbeitshygienischen Grenzwerte der SUVA (MAK-, BAT-Werte etc.)	1	<b>CPH59</b>
6	Bedeutung der Berufsunfälle in den verschiedenen Berufsgruppen in der Schweiz	1	<b>CPH68</b>
7	Die Begriffe und Konzepte «Berufskrankheit» und «berufsassoziierte Gesundheitsstörungen»	1	<b>CPH59</b>
8	Bedeutung und Häufigkeit der wichtigsten, gemäss UVG anerkannten Berufskrankheiten in den verschiedenen Berufsgruppen	1	<b>CPH68</b>
<b>2. Kapitel: Physikalische, chemische und biologische Gefährdungen bei der Berufstätigkeit</b>			
1	Berufsanamnese und Arbeitsplatzanamnese	2	<b>CPH63</b>
2	Physikalische Risikofaktoren: Lärm, Elektromagnetische Felder, Vibrationen	2	<b>CPH63</b>
3	Schwermetalle (Blei, Quecksilber)	1	<b>CPH63</b>
4	Lösungsmittel	1	<b>CPH63</b>
5	Kohlenmonoxid	1	<b>CPH63</b>
6	Asthma Quarzstaub-, Asbest-, Farmerlunge, Luftbefeuchterkrankheit	2 1	<b>CIM232</b> <b>CIM244, 251</b>
7	Toxisches und allergisches Ekzem, Plattenepithelkarzinom der Haut, Warzen	2	<b>CDE4, 27, 35, 73</b>
8	Berufskanzerogene (Aromatische Amine, Asbest, Holzstaub, Benzol)	2	<b>CPH63</b>
<b>3. Kapitel: Arbeit und Gesundheit</b>			
1	Ergonomie (Arbeitsplatzgestaltung u. Umgebungseinflüsse, inkl. Bildschirm-arbeitsplatz und Grossraumbüro sowie Mensch-Maschine- Interaktion)	2	<b>CPH64</b>

2	Psychosoziale Faktoren und Stress (inkl. Arbeitsbedingungen und neue Arbeitsformen, Mobbing, Burnout, stressassoziierte Erkrankungen), gesundheitliche Relevanz (als Risiko und Ressource) der Arbeit und diesbezügliche demografische Unterschiede	2	<b>CPH65</b>
3	Arbeitslosigkeit als psychosozialer und Stress- Faktor und die Rolle der Arbeitsmedizin und des Hausarztes bezüglich der Arbeitslosigkeit	1	<b>CPH65</b>
4	Gesundheitsförderliche Arbeitsgestaltung: Arbeitsaufgabe, Arbeitsorganisation (inkl. Gruppenarbeit, Arbeitszeit, Pausenregelung)	1	<b>CPH66</b>
5	Betriebliches Gesundheitsmanagement: Absenzen: Ursachen, Krankschreibung, Feststellung und Erhaltung der Arbeitsfähigkeit und Reintegration	1	<b>CPH67</b>
6	Betriebliches Gesundheitsmanagement: Sucht am Arbeitsplatz: Problemausmass in der Schweiz, Präventionsansätze	1	<b>CPH67</b>
7	Betriebliches Gesundheitsmanagement: Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz (Bewegung, Ernährung, Entspannung)	1	<b>CPH67</b>
8	Präpatellare Bursitis, laterale Epicondylitis, Karpaltunnelsyndrom, Lumbalgie und Lumbalsyndrom, Zerviko-Brachial-Syndrom, Tendinitis und Tendovaginitis: Ursachen, Prävention, Arbeitsreintegration	2	<b>CIM12, 34, 35, 169 CSU242, 244, 258, 262</b>
9	Schicht- und Nachtarbeit: gesundheitliche und soziale Auswirkungen	1	<b>CPH69</b>
10	Besondere Gruppen (Schwangere, Teilzeitbeschäftigte): Epidemiologie, gesundheitliche und soziale Auswirkungen	1	<b>CPH69</b>

**CIM12** carpal tunnel syndrome, **CIM34** epicondylitis lateral, **CIM35** prepatellar bursitis, **CIM169** radicular syndromes, cervical / lumbar.  
**CIM232** bronchial asthma, acute / chronic,  
**CIM244** lung fibrosis und **CIM251** pulmonary disease, allergic.  
**CSU242, 244 258, 262** lesions of fingers and thumb, wrist, knee, ankle, lesions of tendons,  
**CDE4** warts, **CDE27** allergic contact dermatitis, **CDE35** toxic / irritant contact dermatitis, **CDE73** squamous cell carcinoma.  
**CPH59** important definitions and concepts: occupational medicine, occupational disease, occupation-related illnesses. Occupational safety limits of the Swiss Accident Insurance Fund (SUVA).  
**CPH60** steps in the investigation of a suspected occupation-related health problem in an individual or a group.  
**CPH61** regulations for health protection and promotion in the occupational and accident insurance law (UVG/LAA).  
**CPH62** principles of primary, secondary and tertiary prevention in the workplace.  
**CPH63** occupational workplace history-taking, and important work-place hazards (noise, electromagnetic fields, vibration, lead, mercury, solvents, carbon monoxide, aromatic amines, asbestos, wood dust, benzene).  
**CPH64** ergonomics: workplace layout and environmental influences, including working at a computer terminal, in an open-plan office, person-machine interactions.  
**CPH65** psychosocial factors and stress, including conditions of work, new work forms, bullying, burnout, unemployment, stress-associated diseases.  
**CPH66** health-promoting organization of the workplace: work tasks and organization, including working in groups, working time, regulation of coffee and lunch breaks.  
**CPH67** company health management: absence (determining and maintaining the ability to work), addiction, health promotion.  
**CPH68** epidemiology of: accidents in the place of work for specific occupations in Switzerland; major work-related diseases, recognized by the accident insurance law (UVG/LAA), in different occupations.  
**CPH69** epidemiology and health and social consequences of shift- and night-work, work during pregnancy, part-time work.

# **1 Einführung: Ziele und Bedeutung der Arbeitsmedizin in der Schweiz**

## **1.1 Definition und Ziele der Arbeitsmedizin (AM)**

Die Arbeitsmedizin befasst sich mit den Wechselbeziehungen zwischen Arbeit und Beruf einerseits und dem Menschen, seiner Gesundheit und seinen Krankheiten andererseits.

Ziel der AM ist es, das körperliche, geistige und soziale Wohlbefinden der Arbeitnehmer in allen Berufen in grösstmöglichem Ausmass zu erhalten und zu fördern.

Die Arbeitsmedizin ist primär keine kurative Medizin. Vielmehr soll sie in Zusammenarbeit mit andern Disziplinen und Berufen (z.B. Ingenieure) der Arbeitssicherheit aufzeigen, wo im Rahmen der beruflichen Tätigkeit erhöhte Risiken für Unfälle, Berufskrankheiten und Belästigungen liegen. Die Arbeitsmediziner sind stark verbunden mit andern Gebieten wie Arbeitshygiene, Ergonomie und Unfallverhütung. Zusammen mit anderen Diensten der Arbeitssicherheit, den Arbeitgebern und den Arbeitnehmern werden entsprechende Massnahmen getroffen. Deren Wirksamkeit steigt mit der Investition der Arbeitgebenden und der Bereitschaft der Arbeitnehmenden zur Mitarbeit im Bereich von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz. Das spezifische Wissen des Arbeitsmediziners erlaubt es, den Arbeitgeber und die Belegschaft konkret medizinisch zu beraten und bei allenfalls aufgetretener Berufskrankheit die richtigen Schlüsse zu ziehen.

Wenn der Arzt auf Grund von Anamnese, Arbeitsanamnese, Klinik und allfälligen zusätzlichen Untersuchungen den Eindruck gewinnt, der Patient könnte an einer berufsbedingten Erkrankung leiden, bittet er diesen, durch seinen Arbeitgeber eine Anmeldung bei der zuständigen UVG-Versicherung wegen Verdachts auf Berufskrankheit zu veranlassen. Die UVG-Versicherung ist gehalten, die Situation abzuklären (Offizialmaxime gemäss UVG) und nach Abschluss der Erhebungen eine Verfügung zu erlassen (Anerkennung bzw. Ablehnung) [1].

Gewinnt der Arzt/die Ärztin den Eindruck, dass sich bei mehreren Arbeitnehmern des gleichen Betriebs ähnliche Gesundheitsstörungen eingestellt haben, wendet er sich an den zuständigen Betriebsarzt oder, wenn ein solcher nicht vorhanden sein sollte, an die Suva, die gemäss VUV die Anwendung der Vorschriften über die Verhütung von Berufskrankheiten in allen schweizerischen Betrieben zu beaufsichtigen hat [1].

## **1.2 Gesetzliche Grundlagen**

Das „Bundesgesetz für den Allgemeinen Teil des Sozialversicherungsrechts“, ATSG [2], wurde 2000 als Rahmengesetz für alle Sozialversicherungen verabschiedet und per 1.1.2003 in Kraft gesetzt; die erforderlichen Anpassungen in den nachgeordneten Gesetzen (KVG, UVG, etc.) und Verordnungen sind im Gange.

Das Gesetz bezweckt:

- Koordination des Sozialversicherungsrechts
- Definition der Grundsätze, Begriffe und Institute des Sozialversicherungsrechts (Krankheit, Unfall, Mutterschaft, Arbeitsunfähigkeit, Erwerbsunfähigkeit, Invalidität, Hilflosigkeit, etc.)
- Einheitliche Sozialversicherungsverfahren und Rechtspflege
- Abstimmung der Leistungen
- Ordnung des Rückgriffs der Sozialversicherung auf Dritte

Das Arbeitsgesetz (ArG) [3] verpflichtet den Arbeitgeber, zum Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmer alle Massnahmen zu treffen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den Verhältnissen des Betriebes angepasst sind. Darunter fallen unter vielem anderen auch Regelungen betreffend Schicht- und Sonntagsarbeit. Konkretisiert werden verschiedene Forderungen in den Verordnungen 1 bis 4 (ArGV1 bis ArGV4) zum Arbeitsgesetz [3]. Auch das Obligationenrecht enthält Bestimmungen für den Schutz der Arbeitnehmenden [4].

ArG V1: Behandelt Arbeitszeiten und Ruhezeiten (beispielsweise Pausen, Überzeiten), für Nachtarbeit zu treffende Massnahmen, besondere Schutzmassnahmen für Frauen bei der Arbeit, die besonderen Verpflichtungen der Arbeitgebenden und Arbeitnehmenden, die Organisation der Aufsichtsorgane und den Datenschutz.

ArGV2: Sonderbestimmungen betr. Arbeits- und Ruhezeiten sowie Nacht- und Sonntagsarbeit, unterstellte Betriebsarten.

ArGV3 regelt insbesondere die Bereiche: Ergonomie, Hygiene, Licht, Raumklima, belästigende Einflüsse, übermässige und einseitige Belastungen, Gesundheitsvorsorge, Nichtraucherschutz, Schutz schwangerer Frauen und stillender Mütter, Erste Hilfe u.a. Als Ergänzung regelt eine besondere Verordnung des Departements für Wirtschaft die gefährdenden oder beschwerlichen Arbeiten im Falle einer Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung).

ArGV4: Plangenehmigung, Betriebsbewilligung, Verkehrswege, Fluchtwege, besondere Gefahren (Brand, Explosion) u.a.

Die ArG V5 regelt den Gesundheitsschutz und die Sicherheit der jungen Arbeitnehmenden respektive der Arbeitnehmenden in physischer und psychischer Entwicklung (gefährdende Arbeiten, untersagte Arbeiten, Arbeitszeitvorschriften, medizinische Untersuchungen usw.).

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) [1] regelt die entsprechenden Rechte und Pflichten der Arbeitgeber und Arbeitnehmer. Sie definiert die Aufgaben der Spezialisten der Arbeitssicherheit, verschiedene Sicherheitsanforderungen, die Pflichten der Durchführungsorgane sowie der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) [5] und weist insbesondere der Suva konkrete Aufgaben für die Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten zu. In ihrem Vierten Titel wird die Arbeitsmedizinische Vorsorge beschrieben [1].

### **1.3 Prinzipien der Prävention**

Der Arbeitgeber ist für die Arbeitssicherheit in seinem Betrieb verantwortlich, auch wenn er Aufgaben der Arbeitssicherheit an einen Arbeitnehmer übertragen hat. Den Arbeitnehmern oder deren Vertretung steht in allen Fragen der Arbeitssicherheit ein Mitspracherecht zu.

Grundsätzlich gilt es, gefährliche Produkte oder Arbeitsgänge zu eliminieren. Ist dies auf Grund des Stands der Technik nicht möglich, sind die Arbeitsvorgänge so zu gestalten, dass der Arbeitnehmer keinen gefährlichen Noxen ausgesetzt ist und durch keine Arbeitsvorgänge gefährdet wird (z.B. Ersatz kritischer Substanzen durch weniger gefährliche oder ungefährliche, geschlossene Systeme, Kapselungen zur Lärminderung, Quellenabsaugung, Arbeitsorganisation etc.). Sofern eine Gefährdung des Arbeitnehmers trotzdem nicht ausgeschlossen werden kann, hat ihm der Arbeitgeber entsprechende persönliche Schutzmittel abzugeben und deren Verwendung zu überwachen (z.B. Schutzanzüge, Atemschutzgeräte, besonderes Schuhwerk, Schutzbrillen, Schutzhandschuhe, Gehörschutzmittel etc.). In allen Fällen ist der Arbeit-

nehmer über drohende Gefahren zu informieren und in der Anwendung der Schutzmassnahmen anzuleiten.

Die "**Grenzwerte am Arbeitsplatz**" werden von der Suva zirka alle zwei Jahre neu publiziert [6]. Sie enthalten die **maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerte** gesundheitsgefährlicher Stoffe (MAK-Werte), die **biologischen Arbeitsstofftoleranzwerte** (BAT-Werte) und arbeitshygienische Grenzwerte für physikalische Einwirkungen. Für eine Reihe von Arbeitsstoffen werden Symbole verwendet, die spezielle Eigenschaften der Arbeitsstoffe anzeigen, wie die Hautresorption (H), sensibilisierende Arbeitsstoffe (S) Arbeitsstoffe bei denen ein biologisches Monitoring durchgeführt werden kann (M) und Stoffe bei denen die Grenzwerte provisorisch festgelegt sind (P). Die Liste wird durch die Erwähnung der kanzerogenen und mutagenen Risiken sowie potenzieller Auswirkungen auf die Reproduktion und die Entwicklung bei der Schwangerschaft ergänzt.

**MAK-Wert:** Höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft.

Für gewisse Arbeitsstoffe wird ein Kurzzeitgrenzwert definiert, der berücksichtigt, dass die Konzentrationen der Arbeitsstoffe während der Arbeitszeit erheblich variieren. Das Überschreiten der Durchschnittskonzentration über die ganze Arbeitszeit wird durch diese Kurzzeitgrenzwerte im Hinblick auf die Vermeidung einer Gefährdung der Arbeitnehmenden limitiert und reglementiert. Deshalb werden für die Kurzzeitgrenzwerte die Konzentration, die Zeitdauer der Überschreitung und die Häufigkeit der Überschreitung des Durchschnittwertes festgelegt. Der BAT-Wert (biologischer Arbeitsstofftoleranzwert) beschreibt die Konzentration eines Arbeitsstoffes, seiner Metaboliten oder eines biologischen Parameter, der die Wirkung des Arbeitsstoffes anzeigt, bei der die Arbeitnehmenden in der ganz stark überwiegenden Zahl auch bei lang dauernden und wiederholten Expositionen nicht gefährdet werden.

**BAT-Wert:** Höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes bzw. dessen Metaboliten im biologischen Material oder die durch die Einwirkung des Arbeitsstoffes ausgelöste Abweichung eines biologischen Parameters von seiner Norm.

Die **MAK- und BAT-Werte** sind definitionsgemäss so festzulegen, dass nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkungen während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet wird [6].

Die Grenzwerte am Arbeitsplatz sind eine Beurteilungsgrundlage für die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit am Arbeitsplatz auftretender Konzentrationen von Stoffen oder Einwirkungen. Sie sind keine sicheren Grenzen zwischen gefährlichen und ungefährlichen Bereichen. Zusammenhänge mit Alter, Geschlecht, Konstitution, Klima und Arbeitsbelastung finden bei der Festlegung nach Möglichkeit Einfluss. Individuelle Empfindlichkeiten können jedoch nicht berücksichtigt werden (z.B. Sensibilisierung und allergische Reaktionen, Krankheiten).

Arbeitsmedizinische Untersuchungen dienen dazu, auf Grund von Anamnese, klinischem Befund und Laborwerten gezielt eine Überexposition oder eine individuelle Überempfindlichkeit frühzeitig zu erkennen und damit eine beginnende Berufskrankheit zu verhindern, oder diese wenigstens in einem Stadium zu erfassen, in dem sie noch behandelbar ist und keine Defektheilungen zu befürchten sind.

Die VUV regelt in ihrem Vierten Titel die Arbeitsmedizinische Vorsorge. Danach kann die Suva zur Verhütung von Berufskrankheiten, die bestimmten Betriebskategorien oder Arbeitsarten eigen sind, Vorsorgeuntersuchungen anordnen (Eintritts-, Kontroll- und Nachuntersuchungen) und einen Arbeitnehmer durch Verfügung von der gefährdenden Arbeit

ausschliessen (Nichteignung), wenn bei Fortsetzen der bisherigen Arbeit eine erhebliche gesundheitliche Gefährdung oder ein erhöhtes Unfallrisiko besteht oder seine Beschäftigung bei dieser Arbeit nur unter bestimmten Bedingungen zulassen (bedingte Eignung). Der betroffene Arbeitnehmer muss auf bestehende Beratungs- und Entschädigungsmöglichkeiten hingewiesen werden.

Die VUV schreibt für Arbeiten im Überdruck zwingend eine Eintrittsuntersuchung *vor* Aufnahme der spezifischen Arbeit vor. Die Suva kann zusätzlich Eintrittsuntersuchungen *vor* Arbeitsaufnahme verlangen (z.Zt. Untertagearbeiten in feucht-warmem Klima).

Betriebsärzte können zusätzliche punktuelle oder regelmässige Eignungsuntersuchungen durchführen, wenn dies auf Grund spezieller persönlicher oder betrieblicher Verhältnisse notwendig ist.

## 1.4 Organisation der Arbeitsmedizin in der Schweiz

Eine Reihe grosser Unternehmungen verfügen seit Jahrzehnten über betriebsärztliche/arbeitsmedizinische Dienste und Dienste, die sich mit der Arbeitssicherheit beschäftigen. Seit dem 1.1.2000 besteht nun die Pflicht, dass alle Betriebe je nach Berufsunfall- und Berufskrankheitenrisiko Arbeitsärzte und andere Spezialisten der Arbeitsmedizin beiziehen (VUV Art. 11a - 11g). Als Spezialisten der Arbeitssicherheit gelten Arbeitsärzte, Arbeitshygieniker, Sicherheitsingenieure und Sicherheitsfachleute. Diese müssen der Richtlinie zum Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit entsprechen (Richtlinie der EKAS, revidierte Version seit 2007 in Kraft). Die Beizugspflicht entbindet den Arbeitgeber von seiner Verantwortung für die Arbeitssicherheit *nicht*.

Der Arbeitgeber kann die Spezialisten selbst beiziehen oder einen entsprechenden Dienst einrichten oder sich einer überregionalen Einrichtung anschliessen.

Durchführungsorgane des UVG: Suva sowie teilweise nach einem Teilungsschlüssel kantonale und eidgenössische Arbeitsinspektorate, koordiniert durch die EKAS [1,5]. Sie wachen mittels Kontrollen und Beratungen über das Einhalten der Bestimmungen der VUV. Für die Beaufsichtigung der Anwendung der Vorschriften über die Verhütung von Berufskrankheiten ist jedoch alleine die Suva in allen Betrieben zuständig.

Durchführungsorgane des ArG: Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) mit seinen Arbeitsinspektoraten und kantonale Arbeitsinspektorate.

Die betriebsärztlichen Dienste bzw. beigezogene Arbeitsärzte oder überregionale arbeitsärztliche Einrichtungen sind direkt in den Betrieben tätig und sind mitverantwortlich für den Erhalt angemessener Arbeitsbedingungen und die Gesunderhaltung der Belegschaften sowie für die Wiedereingliederung Verunfallter und Erkrankter aus medizinischer Sicht. Ausserdem sind sie zuständig für die Organisation und Durchführung der Ersten Hilfe und vieler anderer ärztlichen Tätigkeiten.

Bezüglich der in dieser Funktion betreuten Arbeitnehmenden/Patienten dürfen diese Kollegen gemäss Anhang 4 zur Standesordnung der (privatrechtlichen) Verbindung der Schweizer Ärzte FMH keine vertrauensärztliche Tätigkeit für einen Krankenversicherer oder beratende ärztliche Tätigkeit für einen privaten Taggeldversicherer (Ausnahme: isolierte Abklärung der Versicherbarkeit bei Stellenantritt) ausüben oder diesbezüglich einen UVG-Versicherer beraten. Gegenüber dem UVG-Versicherer besteht jedoch eine Auskunftspflicht [7].

Die Abteilung Arbeitsmedizin der Suva ist verantwortlich für die Abklärung und Beurteilung von Berufskrankheiten in bei der Suva versicherten Betrieben und für die Durchführung der Arbeitsmedizinischen Vorsorge gemäss VUV in allen Betrieben.

Die Universitätsinstitute (IST: Institut romand de santé au travail Lausanne; Institut für Sozial- und Präventivmedizin Zürich) und der ETH Zürich (ZOA: Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften) widmen sich vor allem der Forschung und Grundlagenarbeiten. Sie sind in der Weiterbildung und Lehre tätig (Masterkurs MAS Arbeit + Gesundheit).

Private Institutionen (beispielsweise Ecotra Genf, AEH Zürich, IfA Baden) erfüllen verschiedene Aufträge.

Die Arbeitsmedizin hat sich auch als medizinische Fachgesellschaft etabliert. Seit langem gibt es den Titel eines Facharztes FMH für Arbeitsmedizin. Der Arbeitsarzt erhält diesen nach einer minimalen Weiterbildung von 5 Jahren, die einerseits einen klassischen klinischen Teil in Spitälern und andererseits eine spezifische arbeitsmedizinische Weiterbildung in anerkannten Weiterbildungsstätten umfasst (Institute, Betriebe, Durchführungsorgane). Details bzw. Dokumente zur Weiterbildung in Arbeitsmedizin finden sich unter «[www.sgarm.ch](http://www.sgarm.ch)».

## **1.5 Klassifikation der berufsbezogenen Gesundheitsschädigungen**

Im Jahre 2006 zählten die UVG-Versicherer bei 3,7 Mio. Arbeitnehmenden 260'000 Berufsunfälle und 465'000 Nichtberufsunfälle (davon 70'000 Verkehrsunfälle und 155'000 Unfälle bei Sport und Spiel). Die Branchen mit dem höchsten Unfallrisiko, sind das Baugewerbe und die Forstwirtschaft.

Im Mittel wurden im Jahr 2002 bis 2006 3'600 Berufskrankheiten durch die UVG-Versicherer anerkannt. Ihre Verteilung ist die folgende:

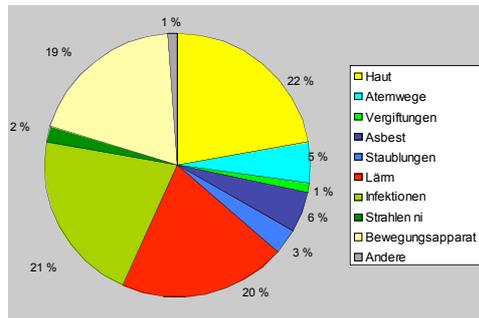
Bewegungsapparat 19 %, Haut 22%, Gehör 20%, Atemtrakt 8%, nicht-ionisierende Strahlen 2%, asbestbedingte Berufskrankheiten 6%, Intoxikationen 1%, Infektionskrankheiten und Kontaminationen 21%, Anderes 1%

Die Kosten zeigen eine unterschiedliche Verteilung. Während der gleichen Zeitperiode beliefen sich die Kosten der Berufskrankheiten auf 98 Mio. Franken pro Jahr mit folgender Verteilung:

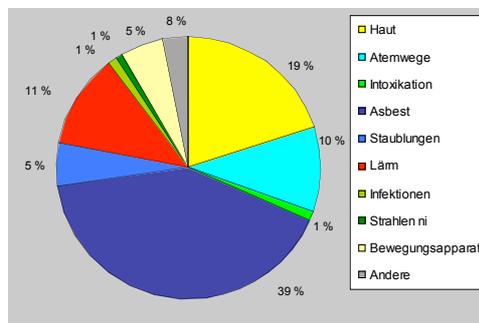
Bewegungsapparat 5%, Haut 19%, Gehör 11%, Atemtrakt 15%, asbestbedingte Berufskrankheiten 39%, Intoxikationen 1%, Infektionskrankheiten und Kontaminationen 1%, nicht-ionisierende Strahlen 1%, Andere 8%,

Während der Zeitperiode 1990 - 2007 wurden Nichteignungsverfügungen in erster Linie wegen Expositionen gegenüber Mehlstaub und Zement erlassen.

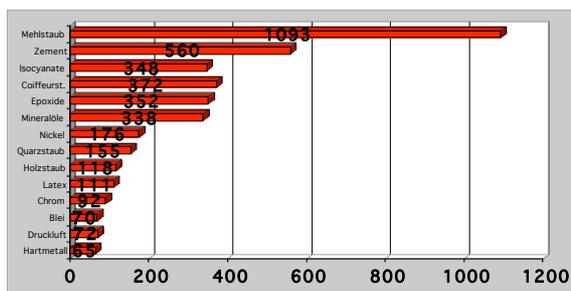
### Zahl der Berufskrankheiten 2002 -2006 rund 3600 / Jahr



### Kosten der Berufskrankheiten 2002 -2006 98 Mio Fr. / Jahr



### Nichteignungsverfügungen 1990 – 2007



Neben den Berufskrankheiten gemäss UVG sind eine ganze Reihe Belästigungen oder Gesundheitsstörungen bekannt, die mit der beruflichen Tätigkeit in mehr oder weniger direktem Zusammenhang stehen: Schlafstörungen bei Nacht- und Schichtarbeit, Rückenprobleme, Stresssituationen während Arbeit und bei Doppelbelastungen Arbeit/Familie, Beschwerden an Bewegungsapparat und Augen bei Bildschirmarbeit u.v.a.

## 1.6 Berufsunfälle

### Definition des Unfalls

Der Unfallbegriff ist im Allgemeinen Teil des Sozialversicherungsgesetzes (ATSG) definiert. Der Unfall ist eine plötzliche, nicht beabsichtigte schädigende Einwirkung eines ungewöhnlichen äusseren Faktors auf den menschlichen Körper.

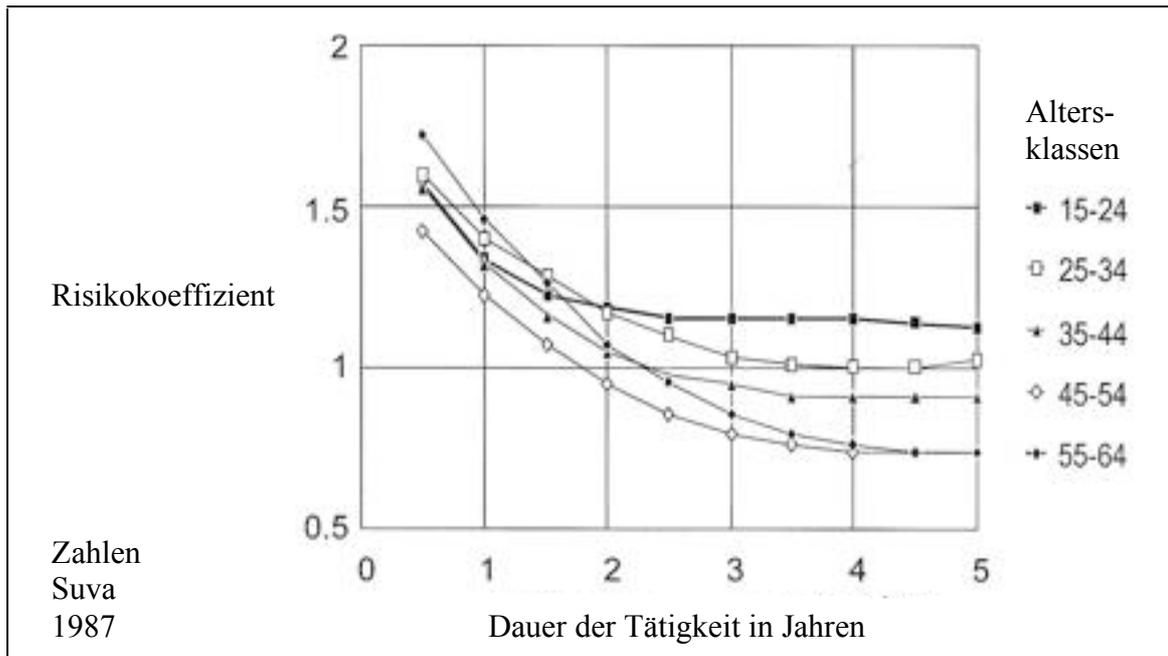
### Gefährdungen und Risiken

Das Berufsunfallrisiko hängt stark von der Tätigkeit ab. Es ist wesentlich höher in der Landwirtschaft als im Dienstleistungsbereich. Über die Jahre hat die Inzidenz der Berufsunfälle abgenommen, einerseits durch die Veränderung der Charakteristiken der Arbeit, andererseits aufgrund der getroffenen Präventionsmassnahmen. Die Inzidenz der Nichtberufsunfälle hingegen hat bis in die 80er Jahre zugenommen, seither ist der Verlauf stabil.

<b>Sektor</b>	<b>Anzahl Arbeitnehmende</b> (in Tausend)	<b>Zahl der Berufs-</b> <b>unfälle</b> pro Tausend Arbeitnehmende im Jahr 2006	<b>Zahl der Nichtberufs-</b> <b>unfälle</b> pro Tausend Arbeitnehmende im Jahr 2006
<b>Primär</b> (Landwirtschaft)	39	174	120
<b>Sekundär</b> (Industrie, Baugewerbe)	1'019	106	120
<b>Tertiär</b> (Dienstleistungen, Transporte, Administration)	2'593	53	120
<b>Total; Mittelwert</b> <b>pro Sektor</b>	3'652	69	120

### Zahl der Arbeitnehmenden in der Schweiz und Anzahl Unfälle

Die Inzidenz Berufsunfälle ist von verschiedenen Faktoren abhängig, vor allem von den Arbeitsbedingungen und der Art der Arbeit. Sie ist bei jungen Arbeitnehmenden und bei Arbeitnehmenden, die erst kürzlich die Arbeit aufgenommen haben und deshalb die Tätigkeit und das Unternehmen noch nicht kennen, erhöht.



**Relative Inzidenz von Berufsunfällen nach Alter und Dauer der Tätigkeit in einem Unternehmen.**

(Quelle: C.A. Bernhard, Kurs für Lehrmeister 2002).

**Unfallhergang und Auswirkungen des Unfalls**

Die Unfallursachen am Arbeitsplatz sind Jahr für Jahr ähnlich, mit einer erhöhten Prävalenz für das Ausrutschen, Schocks und Schnittverletzungen.

	2005	2006
Ausrutschen, Stolpern	25,0	25,9
Sturz, Absturz	4,3	4,2
Stürzen	11,6	11,3
Von etwas erfasst werden	3,2	2,9
Eingeklemmt werden	6,7	6,2
Von einer Masse erfasst oder verschüttet werden	25,4	26,5
An etwas anstossen	9,9	10,4
Angefahren oder überfahren (werden durch Transportmittel)	1,3	1,4
Sich stechen, sich schneiden	19,9	18,6
sich übernehmen (Gewichte)	6,6	6,2
Kontakte mit aggressiven Arbeitsstoffen	3,6	3,9
Zusammenstürzen von Gebäuden/Installationen	1,3	1,1
Explosionen, Brände	0,3	0,2
Stromverletzungen	0,3	0,2
Andere Unfallursachen	3,3	3,1
Nicht klassifizierbar und anderes	1,2	1,1

**Unfallhergang**

Bei Berufsunfällen sind die am häufigsten betroffenen Körperteile die Extremitäten und die Augen.

32%	Handgelenke, Hände, <b>Finger</b>
14%	<b>Augen</b>
6%	Beine, Knöchel
6%	Stamm, Rücken
5%	Füsse, Zehen

### **Körperpartien, die am häufigsten bei Berufsunfällen betroffen werden**

### **Unfallursachenbaum**

Bei der Ursachenanalyse die zur einer Verletzung führt, wird festgestellt, dass das "Schicksal" sehr selten die einzige Ursache eines Unfalls darstellt. Meistens kann eine Kaskade von Ereignissen festgestellt werden, die sich folgen oder interagieren und die schliesslich zu einem Unfall führen. Es wird deshalb von einem Unfallursachenbaum gesprochen. In der Regel genügt es, auf eines der Elemente einzuwirken, damit der ganze Unfallursachenprozess gestoppt wird. Durch die Analyse dieses Unfallursachenbaums, idealerweise prospektiv, können wirksame präventive Massnahmen geplant und getroffen werden.

Sehr viele Faktoren können als Unfallursachen eine Rolle spielen, wobei menschliche Faktoren (Human Factors) eine wichtige Rolle spielen. Diese Faktoren sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Faktor Mensch: Die Person**

- Erfahrung/fehlende Erfahrung
- Adaptation, Akklimatisation, Schulung
- Kenntnis oder Unkenntnis der Arbeit und ihrer Risiken
- Individuelle Disposition
  - Konstitution, Sensorik, Motorik
  - Intellektuelle Fähigkeiten (Sozio-professionelles Niveau)
  - Emotioneller Zustand (Stress, Privatleben, etc.), Gesundheitszustand
  - Persönlicher Charakter (allenfalls beeinflusst durch berufliches Umfeld)

**Faktor Mensch: Weitere Faktoren**

- Stress
  - Wunsch es rasch und gut machen zu wollen
  - Den Weg des geringsten Widerstandes gehen
- Unaufmerksamkeit
- Waghalsigkeit
  - Überschätzung der eigenen Fähigkeit
  - Unterschätzung der Gefahren
- Ungeschicklichkeit, unkontrollierte Bewegungen
- Malaise, mangelnde Aufmerksamkeit (Müdigkeit, Routine, Zerstreuung)

**Äussere Faktoren**

- Belastungen
  - Physisch, psychisch, intellektuell
- Interferenzen
  - Zerstreuung, Kommunikationsprobleme, Kompetenzprobleme
- Ungewohnte Arbeit
  - Unterhaltsarbeiten, Interventionen
- Nicht angemessene "Werkzeuge"
- Schlechte "Werkzeuge", Materialermüdung

**Äussere Bedingungen**

- Zustand des Bodens
- Hindernisse
- Nicht angemessene Ausrüstung
- Schadhafte Ausrüstung
- Instabilitäten im System
- Schlechte Sichtverhältnisse
- Feuchtigkeit und Wasser

**Faktoren die als Unfallursachen in Frage kommen (Quelle: IST)**

## Verhütung

Ob es sich um menschliche Faktoren oder technische Faktoren handelt - die Prävention wird in einem logischen, klassischen Ablauf geplant, der in der Mehrzahl der Situationen oder bei der Mehrzahl der Arbeitnehmenden, die gegenüber beruflichen Gefährdungen exponiert sind, angewendet werden kann. Die Massnahmen sind die Folgenden:

1. Ersatz von gefährdendem Material oder gefährdenden Verfahren (Antizipation, Konzeption)
2. Isolieren gefährdender Materialien oder Verfahren (beispielsweise Metallkäfig um Roboter)
3. Reduktion des Kontakts mit gefährdenden Materialien oder Verfahren (beispielsweise Schutzhauben bei Holzbearbeitung)
4. Verwendung von personenbezogenen Schutzmassnahmen (beispielsweise Schutzhandschuhe, Sicherheitsbrillen, Atemschutzmasken)“

Die Berufsunfallverhütung setzt eine prospektive Analyse aller genannten Faktoren voraus.

## Literatur

1. Bundesgesetz über die Unfallversicherung UVG  
Verordnung über die Unfallversicherung UVV  
Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten VUV
2. Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel ArG (Arbeitsgesetz)  
Verordnungen 1, 2, 3 und 4 zum Arbeitsgesetz ArGV1 bis ArGV5  
Mutterschutzverordnung
3. Schweiz. Obligationenrecht OR, Art. 328
4. Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS, Richtlinie über den Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit
5. Suva, Grenzwerte am Arbeitsplatz 2009
6. Verbindung der Schweizer Ärzte FMH, Richtlinie für arbeitsmedizinisch tätige Ärztinnen und Ärzte (Anhang 4 zur Standesordnung der FMH)
7. Suva, Fünfjahresbericht UVG 2002-2006, 2007
8. Berufsunfallstatistik UVG 2008 ([www.unfallstatistik.ch](http://www.unfallstatistik.ch))

## 2 Berufskrankheiten

### 2.1 Physikalische Gefährdungen

#### 2.2.1 Lärm

##### Akustische Grundbegriffe

###### Schallentstehung

Als Schall bezeichnet man Schwingungen eines elastischen Mediums (Gase, Flüssigkeiten, feste Körper). Ohne Materie – im Vakuum – kommt kein Schall vor. Luftschall entsteht direkt,

- wenn ein Gas plötzlich sein Volumen ändert (Explosion, Detonation, Zerplatzen eines Ballons)
- wenn sich in fliessenden Gasen oder an schnell bewegten Körpern Wirbel bilden (ausströmende Druckluft, Windgeräusche)
- wenn Luftsäulen in Schwingung geraten (z. B. in Orgelpfeifen oder Flöten).

Von indirekter Schallentstehung spricht man, wenn sich Schwingungen fester Körper (wie Lautsprechermembranen) auf die angrenzende Luft übertragen und dort Schall verursachen.

###### Schalldruck

Druck wird in der Einheit Pascal [Pa] angegeben ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ } \mu\text{bar}$ ). Die Bewegungen der Luftteilchen verursachen kleine Druckschwankungen, die sich dem – viel grösseren – statischen (atmosphärischen) Luftdruck überlagern:

- Atmosphärischer Druck  $\sim 100'000 \text{ Pa}$
- Schalldruckmaximum von Sprache (in 1 m Distanz zum Sprechenden)  $\sim 1 \text{ Pa}$
- Druckluftänderung bei einer Höhenänderung von 8 cm  $\sim 1 \text{ Pa}$

Bei einer einfachen Anregung – zum Beispiel durch eine Stimmgabel – pendelt der Schalldruck um den Ruhewert, es entsteht eine periodische sinusförmige Schallschwingung. Je grösser die Amplitude ist, desto lauter erscheint der Ton.

###### Frequenz

Die Zeit, bis sich bei einer periodischen Schallschwingung ein gewisser Zustand wiederholt, wird **Periode-T** genannt. Die Zahl solcher Perioden (oder «Schwingungen») pro Zeiteinheit wird als Tonhöhe wahrgenommen und heisst **Frequenz f**. Sie wird in Hertz [Hz] (= Schwingungen pro Sekunde) angegeben.

$$f = \frac{1}{T}$$

f: Frequenz [Hz]

T: Periode [s]

Formel 1

1 kHz = 1'000 Hz = 1'000 Schwingungen pro Sekunde: physikalischer Normalton. Im Sinne einer Konvention bezeichnet man den Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz als hörbaren Schall. Tiefere Frequenzen fallen in den Infraschallbereich, Frequenzen über 20 kHz gelten als Ultraschall.

### Schalldruckpegel

Das gesunde Ohr eines Menschen kann einen riesigen Schalldruckbereich verarbeiten:

- Schalldruck bei der Hörschwelle: 20 mPa
- Schalldruck bei der Schmerzschwelle: 20 Pa

Diese Schalldruckwerte verhalten sich wie 1 zu 1 Million, sind für das praktische Arbeiten ziemlich unübersichtlich und entsprechen auch in keiner Weise dem Lautstärkeindruck. Durch die Einführung des **Schalldruckpegels** in Dezibel (dB) lässt sich dieser Wertebereich verkürzen. Der Pegel wird als Logarithmus aus dem Verhältnis einer Grösse zu einer gleichartigen Bezugsgrösse definiert. Wendet man dieses Prinzip auf den Schalldruck an und setzt ihn ins Verhältnis zum Schalldruck bei der Hörschwelle (Bezugswert), so gelangt man zur Definition des Schalldruckpegels oder **Schallpegels**.

$$L_x = 20 \log \frac{P_x}{P_o}$$

$L_x$  = Schallpegel in dB  
 $P_x$  = Schalldruck in Pascal  
 $P_o$  = Bezugsschalldruck ( $2 \times 10^{-5}$  Pascal, Hörschwelle)

dB	Pascal
0	$2 \times 10^{-5}$ (=Po)
20	$20 \times 10^{-5}$
40	$200 \times 10^{-5}$
60	$2000 \times 10^{-5}$

Es ist zu beachten, dass man nicht einfach mehrere Schallpegel addieren kann, weil es sich beim Dezibel um eine logarithmische Skala handelt.

Will man den Schallpegel von der Energie statt vom Druck ableiten, so gilt:

$$L_x = 10 \log \frac{I_x}{I_o} \quad (I_o = 1 \times 10^{-16} \text{ Watt/cm}^2)$$

Aus dieser Formel leitet sich die 3 dB-Formel ab für die Berechnung des Effekts der Zugabe einer zweiten Lärmquelle gleicher Intensität zu einer bestehenden.

Die folgende Tabelle zeigt weitere Beispiele von Lärmquellen, Schallpegel und Schallempfindung.

Lärmquelle	Schallpegel [dB]	Empfindung
absolute Stille	0	unhörbar
nicht mehr erkennbar	10	
Ticken einer Taschenuhr, ruhiges Schlafzimmer, Klimaanlage in Radio-/TV-Studio	20	sehr leise
sehr ruhiger Garten, Klimaanlage in Theater	30	sehr leise
Wohnquartier ohne Verkehr, Klimaanlage in Büros	40	leise
ruhiger Bach, Fluss, ruhiges Restaurant	50	leise
Unterhaltung in normaler Lautstärke, Personenwagen	60	laut
lautes Büro, laute Sprache, Motorfahrrad	70	laut
intensiver Verkehrslärm, laute Radiomusik	80	sehr laut
schwerer Lastwagen	90	sehr laut
Autohupe in 5 m Abstand	100	sehr laut
Pop-Gruppe, Kesselschmiede	110	unerträglich
Tunnel-Bohrmaschine in 5 m Abstand	120	unerträglich
Düsen-Jet beim Abflug in 100 m Abstand	130	unerträglich
Jet-Triebwerk in 25 m Abstand	140	schmerzhaft

Typische Schalldruckpegel und die entsprechenden Schalldruckwerte sind im Bild zusammengestellt.



Bei mehreren gleichzeitig betriebenen Schallquellen summieren sich die Schalleistungen. Der Gesamtschallpegel von n Maschinen mit demselben Einzelpegel  $L_1$  ergibt sich aus der Formel:

$$L_{\text{total}} = L_1 + 10 \lg n \text{ [dB]}$$

### **Frequenzbewertete Schalldruckpegel**

Um die unterschiedliche Empfindlichkeit des Gehörs in den verschiedenen Frequenzbereichen zu berücksichtigen – mindestens annähernd und vereinfacht –, verwendet man normierte Bewertungsfilter nach der Norm IEC1) 61672-1. Zur Beurteilung der Gehörgefährdung ist die A-Bewertung am besten geeignet.

### **Zeitlich integrierte Schalldruckpegel**

Es ist sinnvoll, als Kennwert für ein schwankendes Schallsignal einen Mittelungspegel zu verwenden, denn für die Gefährdung des Gehörs ist vor allem die insgesamt einwirkende Schallenergie ausschlaggebend.

### **Äquivalenter Dauerschallpegel**

Der äquivalente Dauerschallpegel  $L_{\text{eq}}$  ist energiemässig gleichwertig wie der variable Schalldruckpegel. Bezugszeit ist dabei die jeweilige Messzeit.

### **Schallexpositionspegel $L_E$**

Der Schallexpositionspegel  $L_E$  (Sound exposure level, auch als SEL abgekürzt) stellt ebenfalls einen energiemässigen Mittelungspegel dar, doch verwendet man als Bezugszeit unabhängig von der tatsächlichen Messzeit immer eine Sekunde.

Deshalb steigt der  $L_E$  bei kontinuierlichem Signal an, bleibt aber nach einem Schallimpuls, der genügend aus dem Grundpegel herausragt, konstant. Somit eignet sich diese Messgrösse vor allem zur Erfassung von *Knall- oder anderen Einzelereignissen*.

# Lärmschwerhörigkeit

## Pathophysiologie

Bereits seit langem ist bekannt, dass die Schädigung im Innenohr erfolgt und zwar im Cortischen Organ. Aber erst die jüngste Forschung liess erkennen, warum die lärmbedingte Schwerhörigkeit zu einer Hörstörung führt, welche primär in akustisch anspruchsvollen Situationen zur Beeinträchtigung führt. Es konnte gezeigt werden, dass das Innenohr nicht nur ein reines perzeptives Sinnesorgan ist mit afferenter Verbindung zum Hirn, sondern, dass bereits im Innenohr eine wesentliche Modulation der akustischen Informationen erfolgt. Im Cortischen Organ findet man als wesentliche sensorische Strukturen die inneren Haarzellen als eine einzelne Reihe und die äusseren Haarzellen, welche in drei Reihen auf der Basalmembran angeordnet sind. Der adäquate Reiz ist die Deflektion der Sinneshärchen (Stereocilien) der inneren Haarzellen bei der relativen Verschiebung zur Tektorialmembran, sobald eine bestimmte Frequenz am betreffenden Ort zu einer Auslenkung der Basilmembran führt. Da sehr leise Töne rein rechnerisch zu einer nur sehr kleinen Auslenkung der Basilmembran führen, welche sich in der Grössenordnung von Molekülen bewegt, ist zur definitiven Wahrnehmung eine entsprechende „zusätzliche Verstärkung“ nötig. Diese wird durch die äusseren Haarzellen, welche u.a. auch Aktin enthalten, bewerkstelligt im Sinne einer aktiven Modulation. Dadurch wird einerseits eine Verstärkung erreicht, gleichzeitig aber auch ein schärferes „Tuning“. Wird der Reiz stärker und sogar sehr laut, so kommt es zu einer umgekehrten Aufgabe für diese äusseren, aktiven Haarzellen, indem jetzt eine Dämpfung der Auslenkung aktiv herbei geführt wird. Diese aktive „Bremsung“ der Auslenkung ist sehr energieintensiv und belastet den Stoffwechsel der äusseren Haarzellen. Wenn durch kontinuierlich hohe Schallbelastung die äusseren Haarzellen überbeansprucht werden, kommt es mit der Zeit zu einer metabolischen Erschöpfung, welche sich primär vor allem darin äussert, dass die Verstärkung der sehr leisen Schallinformationen nicht mehr möglich ist.

Klinisch äussert sich dies in einer Abwanderung der Hörschwelle, TTS (temporary threshold shift) genannt. Dieses Phänomen beobachtet jeder, wenn er einmal längere Zeit stärkerem Lärm ausgesetzt ist und anschliessend das Gefühl hat, wie „durch Watte“ zu hören. Wenn über längere Zeit eine akustische Überlastung der Innenohrstrukturen stattfindet und für die notwendige metabolische Erholung zu wenig Zeit bleibt, kann aus der vorübergehenden Schwellenabwanderung (TTS) eine bleibende Schädigung entstehen im Sinne eines PTS (permanent threshold shift): es kommt zu einer irreversiblen Schädigung und Zerstörung der äusseren Haarzellen, so dass dann der modulatorische Effekt nicht mehr stattfinden kann. Dadurch kommt es einerseits zu einer Abwanderung der Hörschwelle und andererseits auch zu einer Überempfindlichkeit gegenüber starker Lärmbelastung, da die „bremsende“ Wirkung der äusseren Haarzellen ebenfalls weggefallen ist. Klinisch äussert sich das darin, dass die Betroffenen einerseits leise gesprochene Sprache nicht richtig verstehen und andererseits kommt es, wenn sie zu laut angesprochen werden, zu einer Missempfindung und ebenfalls Störung der Verständlichkeit wegen allzu starker Distorsionen. Aber auch die Versorgung mit Hörhilfen gestaltet sich aus diesem Grund häufig schwierig und manchmal auch nur mässig befriedigend.

## Schallempfindung

Zuerst stellt sich die Frage, in welchem Schallpegel- und Frequenzbereich es überhaupt zu einer Hörempfindung kommt. Der Bereich des hörbaren Schalls ist nicht scharf begrenzt, denn die Wahrnehmbarkeit tiefster und höchster Frequenzen hängt wesentlich vom Pegel des Prüftons ab.

Jungen Menschen mit intaktem Gehör gelingt es im Allgemeinen, einen Ton von 20'000 Hz (= 20 kHz) zu hören. Diese Grenze sinkt mit zunehmendem Alter ab. Unterhalb von 20 Hz wird der Schall bei entsprechend hohem Pegel (z. B. bei 10 Hz ab zirka 100 dB) zwar wahrgenommen – zum Teil sogar am ganzen Körper –, ruft aber keine Tonhöhenempfindung hervor, sondern wird eher als Flattern, Dröhnen oder Vibrieren beschrieben.

Bei welcher Pegeldifferenz verdoppelt sich subjektiv die **Lautstärke**? Umfangreiche Versuche mit vielen Personen und verschiedenen Schallsignalen haben ergeben, dass dafür im Mittel eine Pegelerhöhung um 8 bis 10 dB nötig ist.

Das menschliche Gehör ist ausserordentlich empfindlich und kann von der Hörschwelle bis zur Schmerzschwelle und Schallsignale in einem Umfang von 120 dB verarbeiten.

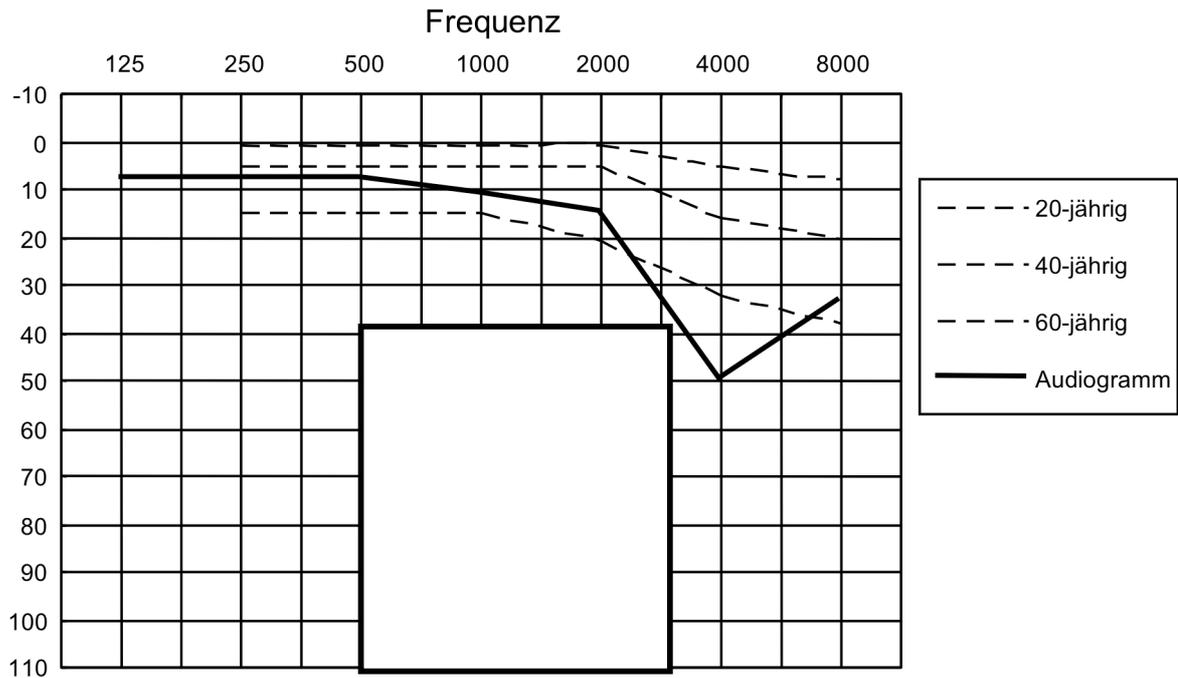
Die Erfahrung zeigt, dass die Hörschädigung zuerst im Bereiche von zirka 4'000 Hz, also im Bereiche der Basalwindung entsteht. Je nach Studien findet man verschiedene Formen des Hörverlustes im Hochtonbereich. Am bekanntesten ist die sog. C5-Senke, bei differenzierterem Ausmessen der Hörschwelle findet sich jedoch auch häufig eine Senke mehr gegen 6'000 Hz verschoben. Dabei scheint die genauere frequenzielle Zusammensetzung des Lärmes primär keine grosse Rolle zu spielen. Oft ist es schwierig die lärmbedingten Hörschäden vom Hörverlust, wie er mit zunehmendem Alter häufiger auftritt, also der sog. Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis) zu unterscheiden. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass ein eigentliches „normales“ Gehör gar nicht existiert.

## Die audiometrische Prüfung des Gehörs

Das individuelle Hörvermögen wird meist mit einem Reintonaudiometer und Kopfhörern geprüft. Dieses Gerät enthält einen Signalgenerator und erzeugt jeweils einen Ton, dessen Pegel stufenweise variiert wird. Die Stellung «0 dB» entspricht für jede Frequenz der durchschnittlichen Hörschwelle junger Menschen mit intaktem Gehör. Bei der Untersuchung wird der Prüftonepegel jeweils um 5 dB erhöht oder abgesenkt.

Das Reintonaudiogramm: als Referenz (Nulllinie) gilt die Durchschnittshörschwelle junger Menschen ohne Ohrenerkrankungen oder Hörschädigungen. Wenn bei einer Person ein höherer Schallpegel nötig ist, bis sie den Ton hört, so wird dies als Hörverlust bezeichnet und von der Nulllinie aus nach unten abgetragen. Die Verbindungslinien der Punkte beider Ohren ergeben das Audiogramm. Je höher also die Kurve liegt, desto besser das Hörvermögen.

So wird für jede Frequenz und jede Seite der leiseste hörbare Ton gesucht, also die individuelle Hörschwelle bestimmt. Die Nulldezibel-Linie im Reintonaudiogramm stellt ein idealisiertes Gehör dar, entsprechend der 50 %-Perzentile einer 20-jährigen Durchschnittsbevölkerung. Betrachtet man diese Standardwerte, so sieht man, dass mit zunehmendem Alter nicht nur der Hörverlust sondern auch die Streuung gegen die hohen Frequenzen zu immer mehr zunimmt.



Das Audiogramm zeigt ein lärmbedingtes 4000 Hz-Skotom. Die gestrichelten Linien markieren das altersabhängige Normalbild. Das in der Mitte markierte Rechteck (500-3000 Hz,  $\geq 40$  dB) entspricht der Hauptzone der sprachlichen Kommunikation.

## Gehörschädigender Lärm

Aufgrund ausgedehnter Studien wurden im Rahmen der ISO-Norm 1999-1990 Normwerte für den durchschnittlichen durch Lärm verursachten Hörverlust in Abhängigkeit von der Lärmbelastung erarbeitet. Auch hier zeigt sich eine sehr breite Variabilität, so z.B. bei 6'000 Hz nach 40 Jahren Lärmbelastung mit einem Schallpegel von 90 dB(A), wo der Medianwert einem Hörverlust von 10 dB entspricht, die 90 %-Perzentile einem solchen von 6 dB und der 10 %-Wert einem solchen von 15 dB, also mehr als dem Doppelten. Es zeigt sich also, dass sehr grosse individuelle Unterschiede bezüglich der Empfindlichkeit gegenüber übermässiger Schallbelastung bestehen. Wenn man also einen Grenzwert für die Gehörgefährdung durch Schall festlegen will, gilt es vor allem die besonders empfindlichen Individuen zu schützen. So kann man feststellen, dass unterhalb einer Belastung von 85 dB gemittelt über einen 8-Stundentag [entspricht einem äquivalenten Dauerschallpegel  $Leq$  85 dB(A)] auch bei besonders Empfindlichen kaum mit wesentlichen Hörschädigungen zu rechnen ist [14]. Somit kann dieser Wert als Grenzwert bezeichnet werden, oberhalb welchem, wenn auch nur selten, mit wesentlichen Schäden des Gehöres bei einer lebenslangen beruflichen Lärmbelastung gerechnet werden muss.

## Andere Auswirkungen des Lärms

Neben der Gehörschädigung lassen sich auch andere Auswirkungen des Lärms auf den Menschen feststellen, die zum Teil bei wesentlich tieferen Lärmpegeln einsetzen.

### **Sprachliche Verständigung und Signalwahrnehmung**

Ein erhöhter Lärmpegel kann bewirken, dass die sprachliche Verständigung (Gespräche, Anweisungen, Warnungen) mühsam, schwierig oder gar unmöglich wird.

Darüber hinaus kann ein hoher Lärmpegel weitere Nachteile mit sich bringen:

- Werden Störgeräusche von Maschinen durch andere Lärmquellen überdeckt, so ist eine gehörmässige Überwachung unmöglich.
- Geräusche, die eine Gefahr ankündigen (Lärm von Fahrzeugen usw.), werden nicht rechtzeitig wahrgenommen.
- Damit akustische Alarmsignale auch im Lärm sicher wahrgenommen werden, sind aufwändige Warnsysteme notwendig.

### **Lärmbelästigung**

Die Reaktion auf Lärm ist individuell sehr unterschiedlich und weniger vom Schallpegel als von der Art des Lärms abhängig. Die physikalischen Eigenschaften der Geräusche (Dauer, Häufigkeit, zeitlicher Verlauf, Frequenzzusammensetzung, Impulshaltigkeit usw.) genügen nicht, um die Lästigkeit einzuschätzen.

Ob ein Geräusch als lästig empfunden wird, hängt immer auch von der Art der Tätigkeit (z. B. geistige Tätigkeit oder Routinearbeit), von der Einstellung zum Lärm und zum Lärmerzeuger sowie von den biologischen und psychologischen Voraussetzungen der Betroffenen ab. Die Lästigkeit setzt sich aus den beiden Komponenten Lärmigkeit und Lärmempfindlichkeit zusammen. Die Lärmigkeit ist eine objektive Grösse, die sich aus den Signaleigenschaften ergibt. Demgegenüber ist die Lärmempfindlichkeit eine subjektive Grösse, die von der Situation und den Eigenschaften des Individuums (Empfängers) abhängt. Schon Geräusche ab 20 dB(A) können belästigend wirken. Bei Geräuschen geringer Lautstärke steuert offenbar der Informationsgehalt die Lästigkeit, während es bei lauten Geräuschen eher der Schallpegel ist.

### **Extraaurale Auswirkungen**

Weitere Auswirkungen des Lärms auf den Gesamtorganismus betreffen das Wohlbefinden, im Speziellen das Zentralnervensystem (Schlafstörungen, Leistung, Konzentration, Reizbarkeit, Aggressivität usw.) und das vegetative Nervensystem (Blutdruck, Herzfrequenz, Magen-Darm- Störungen, Stoffwechsel, «Stressreaktionen» usw.). All diese Reaktionen treten bereits bei Dauerschallpegeln unter 85 dB(A) auf. Die eigentliche Diagnose von lärmbedingten vegetativen Gesundheitsschäden ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Diese Tatsache darf aber nicht davon abhalten, die nötigen prophylaktischen Massnahmen zur Verhinderung vegetativer Gesundheitsschäden zu treffen. Die Einbusse an Leistungsfähigkeit unter Lärmeinfluss betrifft vor allem komplexe mentale Tätigkeiten sowie solche mit hohen Anforderungen an die Geschicklichkeit und an die Informationsverarbeitung. Lärm kann auch das Erlernen gewisser Fähigkeiten erschweren. Untersuchungen haben ergeben, dass hohe Lärmpegel, diskontinuierliche oder unerwartete Geräusche und besonders Sprachfetzen die mentalen Leistungen herabsetzen.

## **Beurteilung der Lärmbelastung**

### **Bestimmung des Lärmexpositionspegels $L_{EX}$**

Um die Gehörgefährdung einer Tätigkeit abzuschätzen, reicht es grundsätzlich aus, die mittlere Lärmbelastung der Tätigkeit mit dem Grenzwert zu vergleichen.

### **Berechnung des Lärmexpositionspegels $L_{EX}$**

Als Mass für die Lärmbelastung definieren ISO 19991 und ISO 96122 den Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$ . Eine erhebliche Rolle bei der Bestimmung der Lärmbelastung spielt die Frage, welche Zeitdauer betrachtet wird. Die Suva verwendet bei der Lärmbeurteilung den Tagesexpositionspegel  $L_{EX,8h}$  und den Jahresexpositionspegel  $L_{EX,2000h}$  als Mass für die Lärmbelastung.

Da für das Entstehen einer Lärmschwerhörigkeit in aller Regel die Gehörbelastung über mehrere Jahre entscheidend ist, wird unter der allgemeinen Bezeichnung  $L_{EX}$  der  $L_{EX,2000h}$  verstanden und mit Lärmexpositionspegel bezeichnet. Ist der Lärmpegel während der gesamten Arbeitszeit gleich und ist eine Person während der gesamten Arbeitszeit dem Lärm ausgesetzt, so entspricht der äquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}$ , der am Arbeitsplatz gemessen wurde, direkt dem Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$ .

## **Die Gehörschadenprophylaxe**

Leider gibt es bis heute keine zuverlässige Untersuchungsmethode, welche von vorneherein die besonders empfindlichen Individuen erkennen lassen würde. Wenn man also die besonders gefährdeten Individuen erkennen und besonders betreuen und schützen will, so ist es nötig sämtliche gehörgefährdend lärmexponierten Arbeitnehmer regelmässig audiometrisch zu untersuchen.

Die durchschnittliche lärmbedingte Schädigung des Gehörs vor allem am Anfang der beruflichen Lärmbelastung am ausgeprägtesten und erfährt dann ein gewisses Plateau-Phänomen im Laufe der Jahrzehnte. Dies heisst, dass eine regelmässige audiometrische Kontrolle des Gehöres mit prophylaktischer Absicht möglichst früh einsetzen muss und auch, dass sie die Hörschwelle präzise ausmessen muss. Es ist wichtig, dass unter möglichst gleichbleibenden Bedingungen wiederholt die audiometrischen Untersuchungen durchgeführt werden, um auch anfänglich kleine Veränderungen möglichst präzise und rasch feststellen, und entsprechend die Betroffenen beraten und schützen zu können.

Die Suva führt aus diesem Grunde eine Gehörschadenprophylaxe mit mobilen Untersuchungsstationen, sog. Audiomobilen, durch, welche in regelmässigen Abständen zu den einzelnen Betrieben fahren und dort sämtliche gehörgefährdend lärmexponierten ArbeitnehmerInnen audiometrisch untersuchen. Gleichzeitig werden die Betroffenen auch bezüglich ihrer Berufslärmanamnese und auch der medizinischen Anamnese der Ohren befragt. Anschliessend werden die Probanden aufgrund des Resultates der audiometrischen Untersuchung und auch im Vergleich sowohl zu einer Altersreferenzkurve, als auch einer allfälligen früheren audiometrischen Untersuchung über ihre Hörsituation aufgeklärt, in der Handhabung der Gehörschutzmittel unterwiesen und motiviert.

In der Schweiz sind zirka 200'000 berufstätige Personen gehörgefährdend lärmexponiert und nochmals etwa 70'000 Personen im Grenzbereich der Gehörgefährdung. Die typischen Branchen sind allen voran der Bau, dann die Metall verarbeitende Industrie gefolgt von der Holzverarbeitung. Die Anzahl Lärmexponierter in der Schweiz nimmt in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich ab. Der Grund hierfür sind eines Teils strukturelle Veränderungen, d.h. die Verschiebung vom industriellen Sektor in den Dienstleistungssektor und andererseits deutliche Fortschritte der Lärminderungstechniken, welche zunehmend erlauben früher gehörgefährdend lärmintensive Prozesse heute unterhalb von 85 dB(A)  $L_{eq}$  ablaufen zu lassen.

Sind die beruflich Lärmexponierten im Audiomobil untersucht und beraten, werden die Resultate zentral erfasst und ausgewertet. Besonders Gefährdete – jüngere Arbeitnehmer am Anfang ihrer „Lärmkarriere“ und solche mit besonders ausgeprägter Zunahme des Hörverlustes – werden identifiziert und es wird eine bedingte Eignungsverfügung erlassen. Konkret bedeutet dies, dass sowohl der Arbeitnehmer selber, als auch der Arbeitgeber nochmals darauf hingewiesen werden, dass das konsequente und regelmässige Tragen von Gehörschützern absolut dringend ist und auch, dass die Untersuchungsintervalle dieser Exponierten verkürzt werden.

Wenn im Rahmen der Untersuchungen festgestellt wird, dass eine otologische Anomalie besteht, werden die Betreffenden einem ortsansässigen ORL-Facharzt zur weiteren Abklärung und Beurteilung zugewiesen. Dabei gibt es mitunter Befunde – z.B. eine chronische Otitis externa oder eine chronische Otitis media perforata –, bei denen besondere Auflagen für das Tragen der Gehörschützer sich aufdrängen: In solchen Fällen kann das Tragen von Gehörschutzpfropfen kontraindiziert sein und die entsprechende bedingte Eignungsverfügung schreibt das obligatorische und ausschliessliche Tragen von Gehörschutzkapseln vor.

Nur in ganz seltenen Fällen kommt es vor, dass bei jemandem eine extreme akustische Vulnerabilität festgestellt werden muss, also eine massive und rasante Abnahme des Gehörs bei einem meistens eher jüngeren Lärmexponierten, so dass nach Ausschöpfung aller prophylaktischer Massnahmen und nochmaligen engmaschigen Nachkontrollen eine Nichteignungsverfügung für Tätigkeiten in gehörgefährdendem Lärm ausgesprochen werden muss. Wenn bei einem beruflich Lärmexponierten der Verdacht auf eine Berufskrankheit besteht, so soll er durch seinen Arbeitgeber beim zuständigen UVG-Versicherer angemeldet werden und gleichzeitig kann auch die Überweisung an einen ORL-Facharzt erfolgen.

### **Prävention**

Die Präventionsmassnahmen müssen in der Planungsphase vorgesehen werden, sowohl für die Umgebung (stadtplanerische Fragen) als auch für das Innere der Räumlichkeiten.

Bei bereits bestehenden Installationen ist die Lärmbekämpfung schwieriger; trotzdem ist es möglich, Abschwächungen des Lärms zu erzielen.

- a) **Veränderungen technischer Art** greifen an den Hauptlärmquellen an: z. B. Verwendung mechanischer Extraktoren anstelle von komprimierter Luft bei Pressen oder Ersatz von Metallteilen durch Gummi oder Kautschuk.
- b) **Reduktion des Lärms an der Quelle:** Dämpfer, Isoliermaterial, Schmiermittel, Anti-Vibrations-Montagen, Einkapselung von Maschinen, Ersatz verbrauchter Getriebe etc.
- c) **Isolation der lauten Räume**
- d) **Individuelle Schutzmittel**

## **Persönliche Gehörschutzmittel**

### **Wenn technische Massnahmen nicht genügen**

Wenn es mit technischen Massnahmen nicht gelingt, die Lärmbelastung auf ein unschädliches Mass zu reduzieren, so müssen die betroffenen Personen Gehörschutzmittel tragen. Gehörschutzmittel stellen einen effizienten Schutz vor Gehörschäden durch Lärm dar. Sie sind sofort und einfach anwendbar und sehr wirksam. Allerdings ist das Tragen von Gehörschutzmitteln mit Unannehmlichkeiten verbunden. Deshalb sollen Gehörschutzmittel erst als letzte Lärmschutzmassnahme eingesetzt werden.

### **Den optimalen Gehörschutz finden**

Um einen ausreichenden Schutz der lärmexponierten Personen zu erreichen, sind bei der Wahl von Gehörschutzmitteln die folgenden Faktoren speziell zu berücksichtigen:

1. Tragkomfort
2. Eignung für die Tätigkeit
3. Dämmung, die der Schallbelastung entspricht

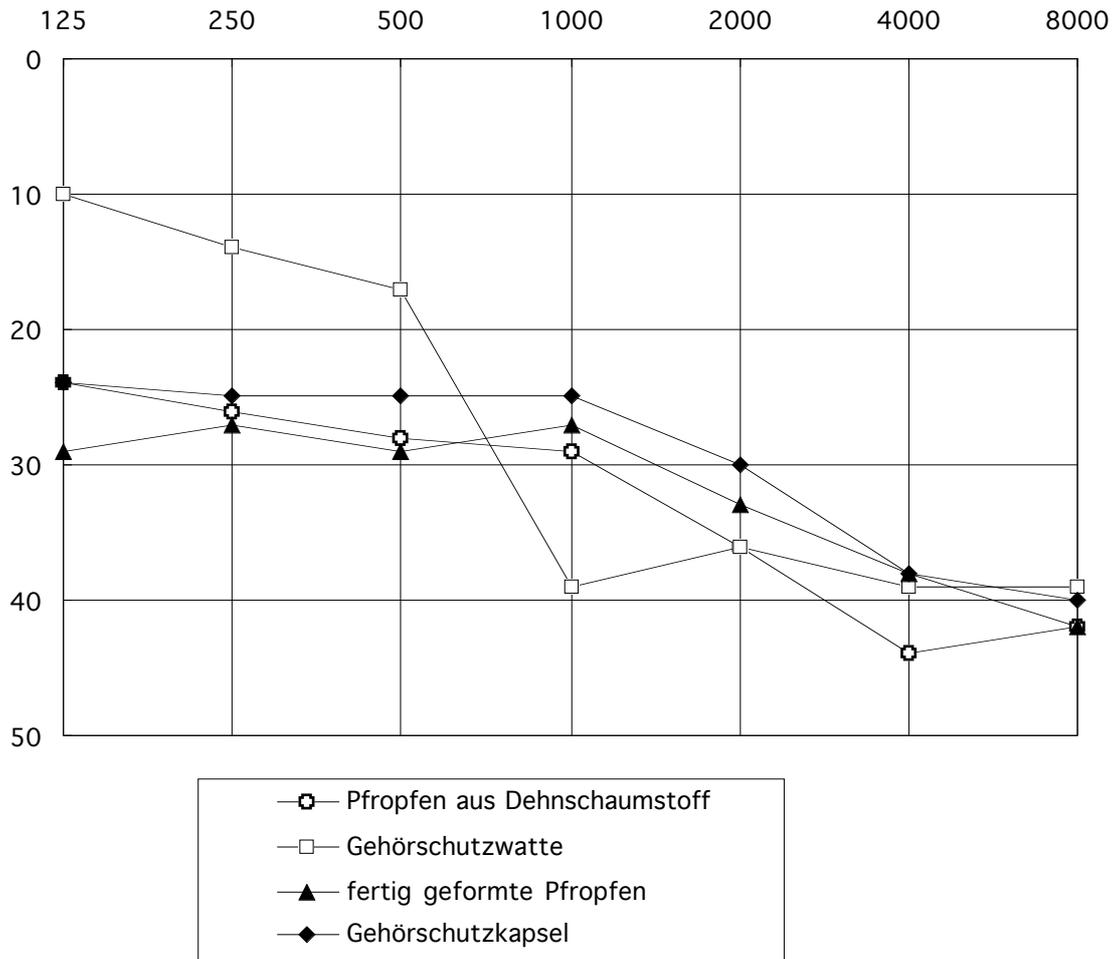
Die ersten beiden Faktoren sind entscheidend, ob ein Gehörschutzmittel im Alltag getragen wird und seine Schutzwirkung überhaupt entfalten

Bei Lärmexpositionen bis  $L_{EX}$  90 dB(A) sind Gehörschutzmittel mit einem SNR-Wert von 15 bis 20 dB ausreichend. Da Gehörschutzmittel eine Mindestdämmung SNR von 15 dB aufweisen müssen, herrscht für diesen Lärmpegel-Bereich also «freie Wahl» aus dem breiten Angebot an Gehörschutzmitteln. Gehörschutzmittel mit einem SNR-Wert über 25 dB sind in diesem Fall nicht zu empfehlen, da sie zu einer unnötigen Abschottung von der Umgebung (Überprotektion) führen. Gemäss Schätzungen der Suva sind von den rund 200'000 beruflich lärmexponierten Personen in der Schweiz etwa 85% Lärmexpositionspegeln von 85 bis 92 dB(A) ausgesetzt. Für diese Personen bieten Gehörschutzmittel mit SNR-Werten von 15 bis 20 dB guten Schutz.

Bei Lärmexpositionspegeln  $L_{EX}$ , die wesentlich über 100 dB(A) liegen, sind spezielle Abklärungen unter Beizug eines Spezialisten der Arbeitssicherheit erforderlich. Ebenso bei Belastungen mit stark tieftonhaltigem Lärm [ $L_{Ceq}$  über 105 dB(C)], wie sie etwa bei Elektro-Schmelzöfen, Grossdieselmotoren, Vibrationsförderanlagen oder Kompressoren auftreten können.

Der beste Gehörschutz ist derjenige, welcher wirklich getragen wird und dies ist der Fall, wenn der Komfort möglichst den individuellen Bedürfnissen angepasst ist.

Das folgende Audiogramm zeigt die Wirkung einiger Gehörschutzmittel:



*Mittelwerte der akustischen Isolation von 4 Gehörschutzmitteln*

### **Auch Lärm in der Freizeit ist schädlich**

Starke Lärmbelastungen während der Freizeit können das Gehör beeinträchtigen oder schädigen. Hobbys wie Motorradfahren, Musizieren oder Jagen, das Arbeiten mit lauten Geräten beim Heimwerken oder der Besuch von Veranstaltungen mit elektronisch verstärkter Musik können bei entsprechender zeitlicher Ausdehnung zu einer gehörgefährdenden Lärmbelastung führen. Besonders sind diejenigen betroffen, die schon während der beruflichen Tätigkeit Lärmexponiert sind und damit eine gewisse Dosis akkumuliert haben. In diesem Fall ist es sinnvoll, auch in der Freizeit einen Gehörschutz zu tragen und die Möglichkeiten zur Reduktion der Lärmbelastung zu nutzen.

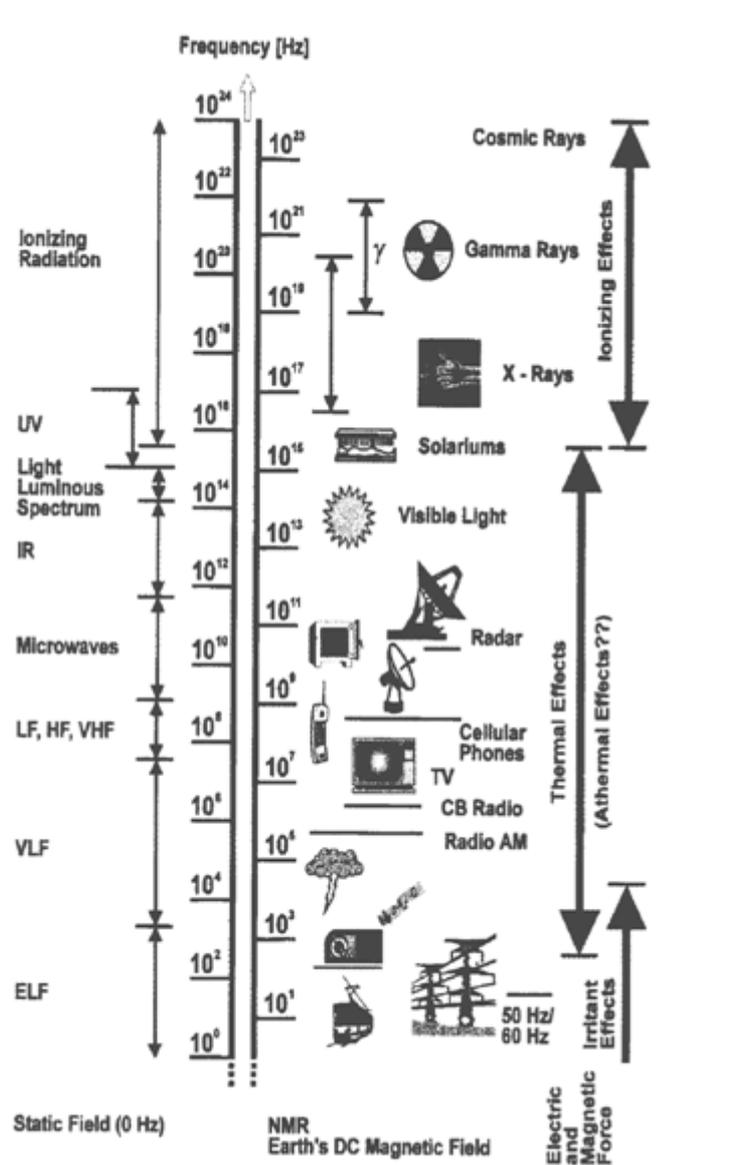
### Literatur

Suva: Gehörgefährdender Lärm am Arbeitsplatz. Publ. 44057.d, Suva.  
 Suva: Belästigender Lärm am Arbeitsplatz. Publ. 66058 d, Suva Luzern.

## 2.1.2 Die elektromagnetischen Felder

Energie in Form elektromagnetischer (EM)-Wellen wird beschrieben durch die beiden Feldkomponenten magnetisch (H) und elektrisch (E). Sie stehen senkrecht zueinander und beide zusammen sind wiederum senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Typisch für die verschiedenen EM-Wellen sind die jeweilige Wellenlänge (Zykluslänge), die Frequenz (Anzahl Zyklen pro Sekunde = Hz), ihre Energie und die Ausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit. Kürzere Wellenlänge bedeutet höhere Frequenz und Energie. Die EM-Wellen, die nicht genug Energie haben, um Atome und biologisch wichtige Moleküle zu ionisieren, d. h. weniger als 10 eV, nennt man nicht-ionisierende Strahlen.

*Elektromagnetisches Spektrum der ionisierenden und nicht-ionisierenden Strahlen*



## a) Ionisierende Strahlen

### Kurzer Rückblick auf die Struktur der Materie

Die Materie ist aus **Atomen** aufgebaut. Im Periodensystem sind die Atome systematisch aufgeführt (Wasserstoff, Helium, Lithium, Beryllium,...). Die Atome sind aus Atomkern und Atomhülle zusammengesetzt. Sie haben einen Durchmesser von ungefähr  $10^{-8}$  cm. Gemäss dem Bohr'schen Atommodell besteht das Atom aus einem aus Protonen und Neutronen aufgebauten Kern und den Elektronenhüllen:

- Das Proton trägt eine positive elektrische Elementarladung. Die Zahl der Protonen eines Atoms bestimmt die positive Kernladung
- Die Neutronen sind elektrisch neutrale Elementarteilchen, haben praktisch die gleiche Masse wie die Protonen und sind wegen der fehlenden elektrischen Ladung besonders geeignet für Kernumwandlungen.
- Das Elektron ist Träger einer negativen elektrischen Elementarladung. Die Masse des Elektrons ist rund zweitausend Mal kleiner als die des Protons (genau 1:1836).

Das stabile Atom ist elektrisch neutral. Die Hülle der Atome besteht aus genau so vielen Elektronen wie Protonen im Kern vorhanden sind. Die Zahl der Elektronen in der Atomhülle, die gleich der Protonenzahl ist, bestimmt das chemische Verhalten einer Atomart. Diese (Protonen-)Zahl wird Ordnungszahl  $Z$  genannt und bestimmt die Stellung des Atoms im Periodensystem. Physikalisch wird die Kernart durch die Anzahl Neutronen und die Gesamtzahl der Kernbausteine charakterisiert. Während chemische Reaktionen in der Elektronenhülle sind, spielen sich Vorgänge, die zu Radioaktivität führen, im Atomkern ab. Instabile Atomkerne zerfallen unter Aussendung von Radioaktivität. Dabei werden folgende Strahlen unterschieden.

- **$\alpha$ -Strahlung:** das  $\alpha$ -Teilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen.
- **$\beta$ -Strahlung:** ein Neutron spaltet sich in ein Proton mit entsprechend positiver Ladung und ein Elektron mit negativer Ladung. Letzteres wird unmittelbar aus dem Kern herausgeschleudert und als Strahlung emittiert.
- **$\gamma$ -Strahlung:** Produziert ein Kern  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlung, kann dadurch ein weiterer Kern in einen angeregten Zustand versetzt werden, sodass der stabile Aufbau gefährdet ist. Um sein Gleichgewicht wieder zu finden befreit sich der Kern von diesem Energie-Überschuss durch ein Quantchen Energie in Form eines Photons. Das ist  $\gamma$ -Strahlung.

Wenn die Radioaktivität aus natürlich vorkommender Materie stammt, spricht man von **natürlicher Radioaktivität**. Zahlreiche radioaktive Elemente können aber auch hergestellt werden, in dem man natürliche Elemente mit Partikeln aus einem Reaktor oder anderen radioaktiven Quellen beschiesst. Sie treten in grosser Zahl als Spaltprodukt in den Reaktoren auf. Die so verursachte Radioaktivität wird als **künstliche Radioaktivität** bezeichnet.

Wieviele Kerne in einer Sekunde zerfallen ist proportional zur Anzahl vorhandener radioaktiver Atome. Gebräuchlich zur Definition der Zerfallsgeschwindigkeit ist die **Halbwertszeit**, auch radioaktive Periode genannt, die Zeit, nach der die Zahl der Ausgangsatome auf die Hälfte abgenommen hat. Sie kann ein paar Milliardenstel einer

Sekunde bis Milliarden von Jahren betragen. Beim Radium beträgt die Halbwertszeit beispielsweise 1600 Jahre.

Die Durchdringung der Materie hängt von der Art der Strahlung ab.  $\alpha$ -Strahlung kann durch ein Blatt Papier aufgehalten werden,  $\beta$ -Strahlung durch eine Aluminiumfolie. Um eine  $\gamma$ -Strahlung abzuschwächen bzw. aufzufangen sind Blei- und Betonabschirmungen notwendig.

Festzuhalten ist zudem die **Neutronenstrahlung**. Es handelt sich um eine ionisierende Strahlung aus Neutronen. Neutronenstrahlung entsteht kaum durch natürlichen Zerfall. Man stellt sie mit Hilfe von Neutronenquellen künstlich her. Beispiele: Im Kernreaktor werden bei der Kernspaltung Neutronen freigesetzt. Technisch kann Neutronenstrahlung auch durch Bestrahlung geeigneter Materialien mit Protonen oder Alphateilchen hergestellt werden. Da Neutronen elektrisch neutral sind, besitzt Neutronenstrahlung eine hohe Durchdringungskraft, ähnlich wie die  $\gamma$ -Strahlung

## Einheiten

Wenn ionisierende Strahlung auf Materie oder einen Organismus trifft, überträgt sie eine gewisse Menge Energie, zur Messung hat man folgende Einheiten definiert:

- **Gray (Gy)**: Einheit für die «absorbierte Dosis»; es entspricht einer Energieabsorption von 1 Joule pro Kilogramm Substanz.
- **Sievert (Sv)**: Einheit für das Dosisäquivalent. Es trägt der verschiedenen «Aggressivität» der  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung Rechnung. Es entspricht der Quantität von Strahlung jedwelchen Typs, die den gleichen biologischen Effekt im Körper bzw. dem lebenden Gewebe bewirkt wie ein Gray einer anderen Strahlung.
- **Becquerel (Bq)**: Einheit für die Zerfallsrate: 1 Bq = 1 Zerfall/Sekunde

## Alte Einheiten:

Da im amerikanischen Raum häufig auch heute noch die in Europa nicht mehr verwendeten alten Einheiten im Gebrauch sind, werden sie hier kurz aufgeführt:

$$1 \text{ Rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

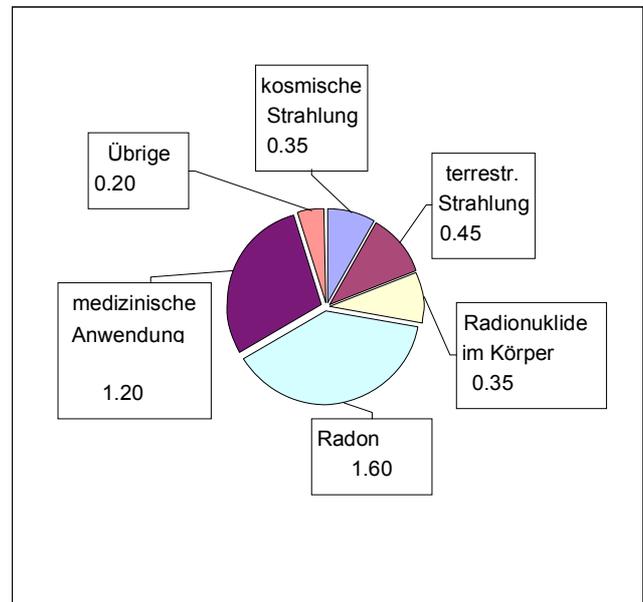
$$1 \text{ Rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

$$1 \text{ Ci (Curie)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

## Belastung des Menschen durch ionisierende Strahlung

Eine natürliche Belastung durch ionisierende Strahlen gibt es seit jeher. Die jährliche mittlere Dosis für die Schweizer Bevölkerung beträgt total ungefähr 4 mSv. Fast die Hälfte davon wird natürlicherweise durch Radon und seine Zerfallsprodukte verursacht. Ungefähr ein Viertel der Dosis in der Schweiz stammt aus der medizinischen Radiodiagnostik.

kosmische Strahlung	0.35 mSv
terrestrische Strahlung	0.45 mSv
Radionuklide im Körper	0.35 mSv
Radon und Folgeprodukte	1.6 mSv
Medizinische Anwendungen	1.2 mSv
Übrige (Spitäler, Industrie, Kernanlagen, Tschernobyl, Atombombenfallout kleine Quellen)	0.2 mSv



Quelle: BAG, Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz, Ergebnisse 2006

## Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlen

Die Strahlung kann **direkt** wirken durch Interaktion mit den Biomolekülen der Zelle (DNS, RNS, Proteine, Enzyme), indem sie bei diesen Schädigungen und Brüche verursacht. Es handelt sich dabei um eine direkte Strahlenwirkung. Von **indirekter** Strahlenwirkung spricht man, wenn die Energieabsorption nicht in dem Molekül erfolgt, wo der biologische Schaden gesetzt wird, sondern erst über gebildete Radikale und Energietransfer zum biologisch kritischen Zielmolekül ein Schaden gesetzt wird. Die Energieabsorption und biologische Wirkung laufen also in verschiedenen Molekülen ab.

Bei den Strahlenschäden werden zwei Formen unterschieden:

- **Somatische Effekte**, welche als unmittelbare Veränderungen in Erscheinung treten; sie sind nicht übertragbar.
- **Genetische Effekte** oder Mutationen, die unmittelbar nicht sichtbar sind; sie werden in zwei Gruppen unterteilt:
  - a) Genveränderungen an Körperzellen (somatische Mutationen); sie werden nicht weitergegeben
  - b) Genveränderungen in den Keimzellen (genetische Mutationen), welche auf künftigen Generationen übertragen werden können.

Die somatischen Schädigungen sind komplexer Natur. Bestimmte für das Leben der Zelle wichtige Enzyme können zerstört werden. Daraus kann der Zelltod resultieren. Manchmal handelt es sich aber nur um eine reversible Schädigung. Im Allgemeinen sind die Gewebe mit häufigen Zellteilungen am strahlensensibelsten. Man kann die Organe und Zellsysteme des erwachsenen Menschen in vier Gruppen einteilen:

- a) **Strahlensensible Organe und Systeme:** hämatopoetisches und lymphatisches System (Knochenmark, Lymphknoten, Lymphfollikel, Thymus, Milz), Intestinales Epithel, Gonaden, Augenlinsen
- b) **Mässig strahlenempfindliche Organe:** Haut, Auge (ausgenommen Linse).
- c) **Mässig strahlenresistente Organe:** Lungen, Leber, Nieren.
- d) **strahlenresistente Organe und Zellsysteme:** Herz, Nervensystem inkl. erwachsenen Gehirn, Muskulatur und Bindegewebe.

### **Stochastische und deterministische Wirkungen**

**Stochastisch** heisst vom Zufall abhängig. Die Induktion von Karzinomen und das Auftreten von Missbildungen in der Nachkommenschaft folgt den Regeln der Wahrscheinlichkeit. Theoretisch kann schon ein einzelnes Strahlenquant einen Effekt an der DNS hervorrufen. Je höher die Bestrahlung, umso wahrscheinlicher ist das Eintreten eines Effekts ohne dass aber dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit folgend, eine Erkrankung obligat auftritt.

Von einem **deterministischen oder nicht stochastischen Effekt** spricht man, wenn ein Effekt erst oberhalb einer bestimmten organotypischen Schwellendosis eintritt. Der Eintritt des Effekts erfolgt dann aber obligat, einzig weil die Schwellendosis überschritten wurde (Beispiel, allerdings nicht aus dem Bereich ionisierende Strahlen: Ein Sonnenbrand tritt obligat auf, wenn eine bestimmte Dosis an UV-Strahlen überschritten wird). Die Auswirkung der Strahlung ist also nicht mehr zufällig. Primär betroffen sind dadurch die vorerwähnten strahlensensiblen Organe und Systeme. Akute Strahlensyndrome sind entsprechend den deterministischen Effekten zuzuordnen. Das Risiko, an einem strahlenbedingten Krebs zu erkranken, folgt hingegen den Gesetzen der stochastischen Wirkung.

### **Prävention von Schäden durch ionisierende Strahlung**

#### **Gesetzliches**

Für den Arbeitnehmer sind im Strahlenschutzgesetz (StSG) und der zugehörigen Verordnung (StSV) einschlägige Regelungen getroffen worden.

Der Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen darf die effektive Dosis von 20 mSv pro Jahr nicht überschreiten. Zudem darf die Äquivalenzdosis für beruflich strahlenexponierte Personen für die Augenlinse 150 mSv pro Jahr, für die Haut, Hände und Füße 500 mSv pro Jahr nicht übersteigen (Art. 35, StSV)

Zudem ist in Art. 36 StSV zum Schutz von jungen Personen und Frauen festgehalten, dass bei beruflich strahlenexponierte Personen im Alter von 16-18 Jahren die effektive Dosis 5 mSv

nicht überschreiten darf. Ab Kenntnis einer Schwangerschaft bis zu ihrem Ende darf für beruflich strahlenexponierte Frauen die Äquivalentdosis an der Oberfläche des Abdomens 2 mSv und die effektive Dosis als Folge einer Inkorporation 1 mSv nicht überschreiten.

	maximal zulässige Dosis
Effektive Dosis	20 mSv/Jahr
Dosisäquivalent Augenlinse	150 mSv/Jahr
Dosisäquivalent Hände, Füsse, Haut	500 mSv/Jahr
Dosisäquivalent Abdominaloberfläche schwangere Frauen	2 mSv/Jahr
inkorporierte effektive Dosis bei schwangeren Frauen	1 mSv/Jahr

Die arbeitshygienischen Schutzmassnahmen sind technischer Natur:

- Begrenzung der Expositionszeit durch arbeitshygienische Massnahmen.
- Installation fester Abschirmungen.
- Tragen von Bleischürzen, Bleihandschuhen.
- sich von den Strahlenquellen möglichst entfernt aufhalten.

### Überwachung strahlenexponierter Arbeitnehmer

Um die Wirksamkeit der Strahlenschutzmassnahmen zu verifizieren, verlangt man von den exponierten Personen das Tragen eines Dosimeters, das die ionisierende Strahlung aufzeichnet. Das Dosimeter wird monatlich durch eine Dosimetriestelle ausgewertet. In der Schweiz werden mit diesem Konzept etwa 60'000 Personen kontrolliert, die beruflich einer externen Bestrahlung ausgesetzt sein können. Prozentual sind die Personen wie folgt in den verschiedenen Tätigkeitsbereichen zu finden:

Spitäler	24 %
Arztpraxen	25 %
Radiologische Institute	1 %
Zahnarztpraxen	19 %
Universität, Forschung	16 %
Kernkraftwerke	7 %
Industrie, Handel	4 %
Öffentliche Dienste	1 %
Diverses	3 %

Die Ganzkörperdosen werden jährlich durch das BAG publiziert. Sie überschreiten (von sehr seltenen Zwischenfällen abgesehen) den Grenzwert von 20 mSv/Jahr nicht. 97% der Messungen befinden sich im Dosisintervall 0-1 mSv/Jahr.

Die technische Prävention wird gezielt ergänzt durch eine medizinische Überwachung bei einzelnen Berufsgruppen. Die exponierten Personen werden im Auftrag der Suva ärztlich untersucht in Anwendung von Art. 70 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten. Die Untersuchung umfasst einen klinischen Status und ein Blutbild. Jährlich werden rund 12'000 Personen medizinisch untersucht.

## Unfallereignis mit akuter Bestrahlung

Unfälle mit Personenschäden sind zum Glück seltene Ereignisse. Trotzdem muss man sich bewusst sein, dass jederzeit ein solches Ereignis eintreten kann. Nachfolgend wird das Vorgehen bei einem Unfallereignis mit wenigen betroffenen Personen skizziert. Unter anderem sind folgende Unfälle vorstellbar: Unfall in einem Labor, wo mit offenen radioaktiven Quellen gearbeitet wird. Strassenverkehrsunfall mit Fahrzeugbrand beim Transport von radioaktiven Strahlenquellen (wie sie z.B. in der Nuklearmedizin benötigt werden). Unfall in einem Kernkraftwerk.

Prinzipiell gilt es zu unterscheiden zwischen einem Unfall mit rein externer Bestrahlung und einem Ereignis, wo es zu einer Kontamination oder Inkorporation mit radioaktivem Material kommen. Bei einer rein externen Bestrahlung ist die Einwirkung von ionisierenden Strahlen mit dem Verlassen des bestrahlten Bereiches bzw. dem Abschalten des strahlenerzeugenden Gerätes beendet und es besteht auch keine Gefährdung für die Helfer.

Ist der Verunfallte aber mit radioaktivem Material kontaminiert, müssen Helfer und Ärzte strahlenhygienische Massnahmen beachten.

Zudem kann der Strahlenunfall mit konventionellen chirurgischen Verletzungen kombiniert sein.

Folgende Fragen sind damit unmittelbar am Unfallort zu klären:

Besteht eine konventionelle (lebensbedrohliche) Verletzung?

Liegt "nur" eine externe Bestrahlung vor oder handelt es sich um eine Kontamination oder Inkorporation.

Bei einer rein **externen Bestrahlung** haben Erste Hilfe Massnahmen Priorität. Weiter kann eine beobachtende Haltung eingenommen werden mit aber sofortiger klinischer Untersuchung und Blutbildkontrollen.

Bei **kontaminierten Verunfallten** sind Verschleppungen der Kontaminationen zu vermeiden. Im Idealfall erfolgt eine Dekontamination am Unfallort (Entfernung der Kleider, Waschen der Haut und Haare, das Abwasser sollte gesammelt werden zwecks Bestimmung der Radioaktivität). Transport in einer Decke gewickelt. Blutentnahme und Kontrollen des gesamten Blutbildes in regelmässigen Abständen.

Bei **Inkorporationen** neben lebensrettenden Sofortmassnahmen betr. konventioneller Unfallverletzungen allenfalls Magen-Darm-Entleerung. Sammeln der Ausscheidungen (Erbrochenes, Stuhl, Urin) um daraus die Dosis zu bestimmen. Die Bestimmung der Dosis ermöglicht dem Medizinphysiker eine Aussage zur mutmasslich erhaltenen Dosis.

Zu erwähnen ist die Inkorporation mit radioaktivem Iod und die dabei notwendige rasche Verabreichung von stabilem Iod (Iodtabletten).

Anzustreben ist die Hospitalisation in einer Zentrumsambulanz, die u.a. über Fachdisziplinen wie Hämatologie, Nuklearmedizin und Dermatologie verfügt.

## Methoden der Expositionsbestimmung nach einem Unfallereignis

Die Bestimmung der mutmasslich gehaltenen Strahlenexposition erfolgt durch einen Strahlenphysiker, in der Schweiz durch Beizug des zuständigen Aufsichtsorgans (Bundesamt für Gesundheit BAG, Hauptabteilung der Sicherheit für Kernanlagen HSK, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Suva).

Das persönliche Dosimeter des bestrahlten Individuums gibt im Falle einer externen Bestrahlung eine sehr wichtige Information und wird sofort ausgewertet. Allenfalls wird eine Rekonstruktion des Unfallablaufes notwendig um sich ausgehend von der Strahlenquelle einen genaues Bild über den zeitlichen Ablauf und Dauer der Bestrahlung zu machen.

Ergänzend zu den technischen dem Strahlenphysiker vorbehaltenen Unfallabklärungen muss in den ersten Stunden nach dem Unfallereignis eine **Chromomenanalyse** in einem Speziallabor in die Wege geleitet werden. Die Chromosomenanalyse mit Bestimmung der Anzahl von Strangbrüchen und Aberrationen ermöglicht eine Aussage über Höhe der gehaltenen akuten Strahlenexposition.

Die Blutprobe muss dabei innert 48 Stunden nach der Blutentnahme verarbeitet werden. Die Analyse ist Speziallabors vorbehalten. Die Analyse wird i.d.R. durch die Suva in einem Labor der Health Protection Agency (HPA) in England veranlasst.

Betreffend auftretender klinischer Beschwerden und Symptome kann tabellarisch folgendes aufgeführt werden zum akuten Strahlensyndrom beim Menschen:

	Hämatopoetisch	Gastrointestinal	Nervensystem
Zielorgan	Knochenmark	Dünndarm	Gehirn
Schwelle	1 Gy	5 Gy	20 Gy
Latenzzeit	2-3 Wochen	3-5 Tage	30 Min. - 3 Std.
letale Dosis	3-5 Gy	5-15 Gy	> 15 Gy
Überlebensdauer	3 Wochen bis 2 Mt.	Tage bis 2 Wochen	2 Tage
Symptome	Leukopenie, Anämie, Hämorrhagie, Fieber, Infektion, Nausea, Erbrechen, Müdigkeit	Nausea, Erbrechen, Durchfall, Anorexie, Müdigkeit, Fieber, Dehydratation, Infektion, Elektrolytverluste	Lethargie, Traumatismen, Konvulsionen

## b) Nicht-ionisierende Strahlen

Die nicht-ionisierenden Strahlen können auf bestimmte biologische Systeme und Gewebe Energie übertragen, welche sich anschliessend in Wärme umwandelt und eine Temperaturerhöhung hervorrufen kann. Die biologischen Wirkungen hängen von der besonderen Sensibilität des bestrahlten Systems und vom Typ der Strahlung ab.

### Ultraviolette Strahlen (UV)

#### Klassifikation

UV-A	400-320 nm	schwarzes Licht
UV-B	320-280 nm	Sonnenbrand-verursachende Strahlen
UV-C	280-200 nm	keimtötende Strahlen
sog. UV-Vakuum:	< 200 nm	biologisch wenig bedeutend, da in Luft absorbiert

#### Herkunft

Natürliche Quellen: Sonnenstrahlung.

Künstliche Quellen: Elektrische Bögen, Fluoreszenzleuchten, glühende Quellen, Lampen zur Keimabtötung etc.

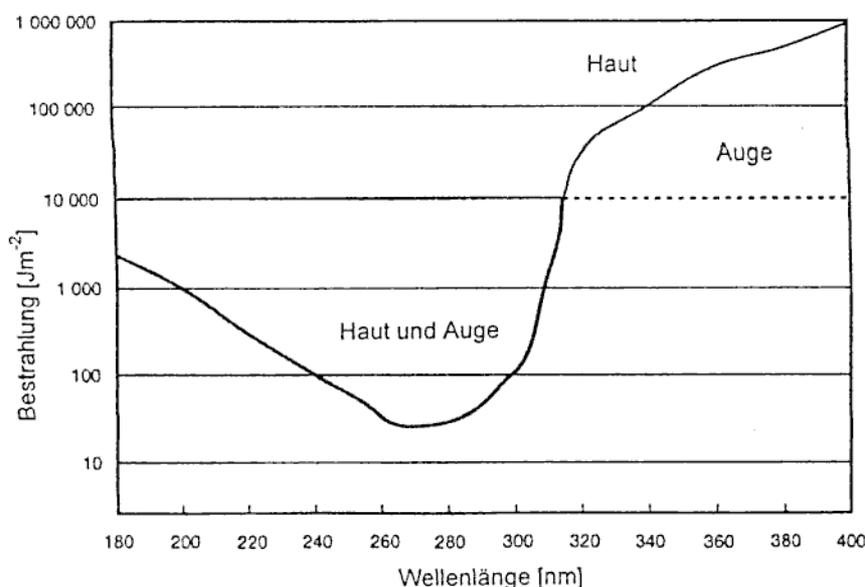
#### Wirkung

Es handelt sich meistens um photochemische Wirkungen. Da die UV-Strahlen nicht tief in die menschlichen Gewebe eindringen können, sind die Augen und die Haut die kritischen Organe. Je nach Wellenlänge variieren die Wirkungen beträchtlich.

Von den **nützlichen** Wirkungen des Ultravioletts sei der Schutz vor Rachitis erwähnt und die Verwendung zur Behandlung von Hautkrankheiten (z.B. PUVA).

**Schädliche** Wirkungen sind:

- Keratokonjunktivitis photoelectrica
- Katarakte
- Erytheme (Sonnenbrand)
- Alterung der Haut
- Hautkrebse (Spinaliom, Basaliom, Melanom)
- biologische Interaktionen (Photosensibilisierung der Haut und Fototoxische Reaktionen)



Maximalzulässige UV-Bestrahlung für eine Dauer von 8 Stunden (Arbeitstag).  
(Liste der Grenzwerte Suva)

## **Sichtbares Licht**

Es ist gekennzeichnet durch den engen Ausschnitt aus dem elektromagnetischen Spektrum von 400-800 nm, von dem die von der Retina erhaltene Energie in Sehen umgesetzt werden kann. Das Auge benötigt auch Lichtschutzsysteme (Pupillenkontraktion, Wimpern, Verengungsreaktion der Lider, Abweichen des Blicks).

Die schädlichen Wirkungen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Läsion an der Retina (Sonnenfinsternis !)
- Hautläsionen (vor allem bei photosensiblen Menschen)
- Überanstrengung des Auges (bei Lichtmangel)
- indirekte Wirkungen (Einfluss auf die biologischen Rhythmen, epileptische Anfälle bei Wahrnehmung eines intermittierenden Lichtes).

## **Infrarotstrahlung**

Jedes Objekt mit höherer Temperatur als der absolute Nullpunkt strahlt im Infrarotbereich.

### ***Herkunft***

- Sonne
- Industrie (Giesserei, Lampen, Farbtrocknung, Heizungen etc.)

### ***Wirkung***

- Pigmentierung der Haut, eventuell sogar Verbrennungen
- Schädigung der Hornhaut
- Schädigung der Iris (1300 nm)
- Katarakt (1400-1600 und 1800-2000 nm)

## **Laser**

Ein LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) erzeugt fokussiertes kohärentes Licht, dessen Wellen alle phasisch miteinander übereinstimmen. Jeder Lasertyp strahlt seine eigene Wellenlänge aus. Im Allgemeinen sind es Wellenlängen im Spektrumsbereich, der das sichtbare Licht, das Ultraviolett und das Infrarot umfasst.

### ***Verwendungen***

Führung von Bauarbeiten, Baustellentopographie, Mass- und Gewichtskunde, Einstellung von Maschinen, Photokoagulation, Mikrobohren, Gravieren, Verschweissen und Trennen / Abschneiden von Metallen, Materialuntersuchungen, Forschung usw.

### ***Risiken***

- Elektrische Risiken der Hochspannung
- Haut: Verbrennungen
- Auge: Verbrennungen der Retina, Keratokonjunktivitis, Linsenschädigung.

## **Prävention laserbedingter Unfälle**

- Reflexion des Strahlenbündels vermeiden (Spiegel und metallische Oberflächen)
- jeden Kontakt zwischen Bündel und Personen verhindern
- Örtlichkeiten mit matten und dunklen Wänden verkleiden
- den Apparat deutlich kennzeichnen
- wenn möglich den Apparat fixieren
- über ein schnelles Unterbrechersystem verfügen
- nie das Bündel anschauen
- Brillentragen beim Einstellen

## **Elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 – 300 GHz**

### **Statische Felder (0 Hz)**

Statische elektrische Felder entstehen an Anlagen, wo hohe Gleichspannung verwendet wird oder wo durch Reibung oder Materialtrennung statische Aufladung erzeugt wird. Durch elektrostatische Aufladung können sich Körperhaare aufrichten und es entstehen lästige Berührungsentladungen. Diese können Explosionen auslösen, elektronische Bauteile zerstören und Unfälle durch Schreckreaktionen verursachen.

Statische Magnetfelder entstehen im Bereiche von Leitern oder Spulen in welchen Gleichstrom fließt. Spulen können einen Eisenkern enthalten durch welchen das Magnetfeld geleitet, gebündelt und verstärkt wird. Beim Abschalten des Stroms verschwindet das Magnetfeld oder es bleibt bei speziellen ferromagnetischen Legierungen erhalten (Permanentmagnete). Durch Bewegung im statischen Magnetfeld werden elektrische Ströme im Körper induziert, was in Experimenten bei Probanden ab Feldstärken von 4 Tesla u.a. zum Auftreten von Geschmacksstörungen führte. In statischen Magnetfeldern mit einer Stärke von 2 Tesla konnten keine akuten schädlichen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit nachgewiesen werden.

### **Niederfrequente Felder 0 -100 kHz (Bsp: Stromversorgung 50 Hz)**

Durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder werden Körperströme induziert, welche zu Reizungen von Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen führen können. Das Ausmass der Wirkung nimmt mit der Feldstärke zu.

### **Hochfrequente Felder 100 kHz – 300 GHz (Bsp: Mobilfunk 900 MHz)**

Hochfrequente elektromagnetische Felder dringen frequenzabhängig unterschiedlich tief in das Körpergewebe ein und erwärmen dieses durch Energieabsorption. Diese wird als spezifische Absorptionsrate (SAR) in Watt pro kg angegeben. Die Absorption von 1 Watt/kg führt zu einer Erwärmung des Körpergewebes von weniger als 1°C. Der Körper kann durch Thermoregulation die zugeführte Wärme in gewissem Umfang ausgleichen. Aus diesem Grund darf die spez. Absorptionsrate (SAR) über 6 Minuten gemittelt werden.

## **Grenzwerte**

Zur Verhinderung von negativen gesundheitlichen Auswirkungen wurden Grenzwerte festgelegt. Die in der Schweiz gültigen Grenzwerte sind in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva aufgeführt und entsprechen den Referenzwerten der Richtlinie über die Begrenzung der Immissionen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Wechselfelder (bis 300 GHz) der internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlung (ICNIRP-Richtlinie 1998, Health Phys. 74, 494-522).

Für den Umweltschutz und die Raumplanung gilt die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV – SR 814.710).

## **Aktive medizinische Implantate**

Für Personen mit aktiven medizinischen Implantaten (Active Implanted Medical Devices – AIMD) wie z.B. Herzschrittmacher oder ICD, kann auch bei Einhaltung der Arbeitsplatz-Grenzwerte eine Gesundheitsgefährdung durch Interferenzen zwischen der EMF-Quelle und dem Implantat nicht ausgeschlossen werden. Auf internationaler oder europäischer Ebene existieren bis heute noch keine einheitlichen Normen oder Regelungen, die zum Schutz von Trägern aktiver medizinischer Implantate Sicherheitsschwellenwerte für die elektromagnetische Verträglichkeit festlegen. Die Suva verwendet aktuell die Werte des Norm-Entwurf DIN VDE 0848-3-1 (Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, Mai 2002).

## **Wissenschaftliche Studien**

Elektromagnetische Felder wurden bzw. werden mit einer Vielzahl von Krankheiten und Symptomen im Zusammenhang gebracht (Tumore, Depressionen, neurodegenerative Erkrankungen, Schlaf- und Konzentrationsstörungen u.a.). Seit Jahren wird international erforscht, ob eine Langzeitexposition sowohl zu nieder- wie auch hochfrequenten Feldern unterhalb der Grenzwerte zu gesundheitsschädlichen Wirkungen bzw. zur Entstehung von Krankheiten führen kann.

Gestützt auf den aktuellen Stand des Wissens, konnte bis heute weder der wissenschaftliche Beweis von gesundheitsschädlichen Langzeitwirkungen noch der absolute Nachweis der Unbedenklichkeit erbracht werden.

Aufgrund von Studienresultaten klassierte die IARC (International Agency for Research on Cancer) 2002 sehr niedrigfrequente Magnetfelder (Extremely Low Frequency) als möglicherweise cancerogen ein. In epidemiologischen Studien wurde wiederholt eine Korrelation zwischen der Exposition zu Magnetfeldern oberhalb 0,3-04  $\mu\text{T}$  und dem Auftreten von Leukämien im Kindesalter dokumentiert. Ein möglicher Mechanismus bzw. ein biologisches Modell ist bisher nicht bekannt, weil die Energie der Felder nicht ausreicht, um direkte genotoxische Wirkungen (DNA-Brüche) zu verursachen. Diskutiert werden indirekte Einwirkungen auf das Immun- und Hormonsystem. Die Evidenz für einen kausalen Zusammenhang ist insgesamt beschränkt. Gestützt auf Studienresultate aus Deutschland, wäre die Exposition zu EMF für 1% der Leukämiefälle verantwortlich, sollte effektiv eine kausale Beziehung bestehen.

In letzter Zeit richtet sich der Focus der Studien nebst Krebs- vermehrt auf neurodegenerative Erkrankungen, wie Demenzerkrankungen, M. Parkinson, amyotrophische Lateralsklerose (ALS), Multiple Sklerose u.a. Die Studienresultate lieferten bisher unterschiedliche Ergebnisse. Einzelne Studien zeigten in Korrelation mit der Exposition zu niederfrequenten Feldern das gehäufte Auftreten von Alzheimererkrankungen. Inwieweit diese Korrelation von kausaler Bedeutung ist, bleibt ebenfalls unklar.

Auch im Hochfrequenzbereich wird intensiv geforscht, ob sogenannte nichtthermische gesundheitsbeeinträchtigende Langzeiteffekte verursacht werden könnten. In einer international angelegten Studie (Interphone Studie) wurde in 13 Ländern untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Handybenützung und dem Auftreten von Hirntumoren besteht. In Teilprojekten konnten bisher bei einer Nutzung von unter 10 Jahren kein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Gliomen, Meningeomen oder Akustikusneuomen gefunden werden.

Nach dem heutigen wissenschaftlichen Kenntnisstand gibt es keine ausreichenden Nachweise dafür, dass eine Gefährdung von Tieren und Pflanzen durch elektromagnetische Felder bei Expositionen unterhalb der Grenzwerte besteht.

In Anbetracht der unterschiedlichen Studienresultate und des rasanten technischen Fortschrittes, vor allem im Bereich der Mobilfunktechnologie jedoch auch im Bereich der Medizin, ist die Fortführung weiterer, breit angelegter Studien notwendig.

### **Phänomen Elektrosensibilität**

Der Mensch verfügt über kein Sensorium, elektromagnetische Felder direkt wahrzunehmen. Ein Nachweis, dass es Personen gibt, welche elektrosensibel sind, konnte bisher in randomisierten Doppelblindstudien nicht erbracht werden.

## Weiterführende Informationen

Gesetz über den Strahlenschutz vom 22.03.1991 und Verordnung über den Strahlenschutz (SSVO) vom 22.6.94

Suva: Ionisierende Strahlen, Reihe Arbeitsmedizin 2869/4, Suva

Suva: Der Strahlenunfall, Reihe Arbeitsmedizin 2969

Strahlenschutz in der Medizin. Jakob Roth, 1. Auflage 2008. Verlag Hans Huber, Hogrefe AG, Bern. ISBN 978-3-456-84537-1

Klinische Strahlenbiologie, kurz und bündig. Th. Herrmann, M. Baumann, W. Dörr. 4. Auflage 2006. Urban & Fischer Verlag, München, Jena.  
ISBN-13: 978-3-437-23960-1

ISSA / AISS / IVSS: Biological Effects of Electromagnetic Fields. Köln 1997

WHO: Environmental Health Criteria, 2007

WHO: [www.who.int](http://www.who.int)

ICNIRP: [www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)

BAG: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch)

BAFU: [www.bafu.ch](http://www.bafu.ch)

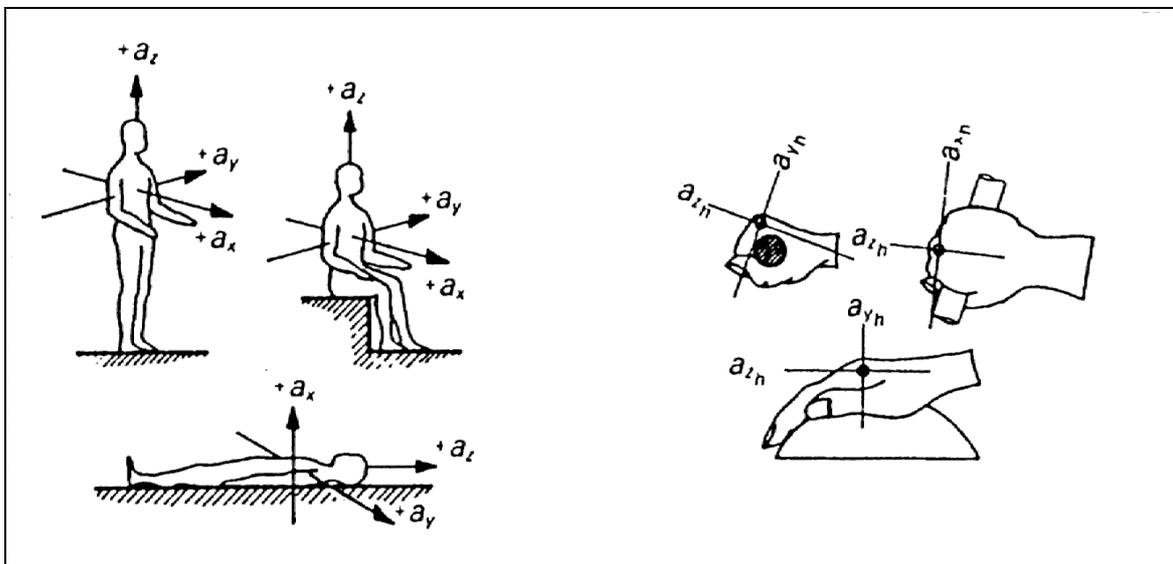
BFS: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

### 2.1.3 Vibrationen

Bei Vibrationen unterscheidet man: Ganzkörpervibrationen und Teilvibrationen, die durch vibrierende Werkzeuge an spezifische Teile des Körpers übertragen werden, z. B. Hände oder Füße.

Die Mechanisierung, welche in zahlreichen Berufen stattgefunden hat, führte zu einer immer ausgedehnteren Nutzung von Werkzeugen oder Maschinen, die den Arbeiter Vibrationen aussetzen, speziell die oberen Gliedmassen. Es begann mit Pressluflhämmern. Sie wurden zuerst 1883 im französischen Kohlebergbau eingesetzt. Das mit dem Gebrauch von vibrierenden Geräten verbundene periphere **Gefäßsyndrom** ist zum ersten Mal 1911 von Loriga beschrieben worden. Seither sind in diesem Gebiet zahlreiche epidemiologische Arbeiten publiziert worden, vor allem betreffend metallurgische (z.B. Kesselschmieden) und mechanische Industrien (Minen, Bergbau und Steinbrüche), Schuhindustrie, Gummiindustrie und Forst- und Holzarbeit mit tragbaren Sägen. Wir werden uns vor allem den **vasomotorischen Störungen** der Hände widmen, obwohl die Vibrationen auch ossäre und **oste-artikuläre** Schäden hervorrufen.

Um die Wirkung von Vibrationen auf den menschlichen Körper zu beurteilen, misst man meistens die Beschleunigung ( $m/s^2$ ) der schwingenden Bewegung in drei Koordinatenachsen (x,y,z) und im Frequenzband 1 bis 2000 Hz. Zu diesem Zweck benutzt man eine komplexe Apparatur, welche Beschleunigungsmesser, Verstärker, Frequenzauflösungs- und Aufzeichnungselemente enthält.



*Festlegung der Vibrationsachsen.*

*Ganzkörpervibrationen*

$a_x$  postero-anterior

$a_y$  von Schulter zu Schulter

$a_z$  vertikal aufsteigende

*Vibrationen der oberen Glieder*

$a_{xh}$  transversale

$a_{yh}$  palmo-dorsale

$a_{zh}$  in Richtung Arm

## Beispiele von Maschinen- und Vibrations-Frequenzen:

Sitze der grossen Baustellenmaschinen und von Traktoren	2-16 Hz	Baugewerbe, Landwirtschaft
Presslufthämmer Meissel, Nietmaschinen, Bohrer,	25-120 Hz	Arbeiten in Tunneln, Minen, Steinbrüchen; Kessel-, Tank- und Schiffherstellung
Planier- und Einrammmaschinen Handkettensägen	35-500 Hz	Strassenarbeiten Waldbewirtschaftung
Schleifmaschinen Meissel	70-1000 Hz	Giessereien, Steinhauerei und Metallbearbeitung

*Risikoquellen* [1]

## Wirkungen von Vibrationen

Niederfrequente Vibrationen	2-16 Hz	Reisekrankheit, Läsionen der Wirbelsäule, neuro-vegetative Störungen
Mittelfrequente Vibrationen	16-(30-40) Hz	Osteo-artikuläre Läsionen der oberen Gliedmassen (Exostosen, Gelenkdeformationen, Zysten, Malazie,...)
Vibrationen von hoher Frequenz	(30-40)-1000 Hz und mehr	Periphere Gefässläsionen, neuro-muskuläre Läsionen (häufigste Pathologie, in Form von Raynaud-Phänomen)

Es scheint, dass Maschinen mit Frequenzen hauptsächlich zwischen 25 und 250 Hz mehr Raynaudsyndrom-Fälle verursachen als Maschinen in andern Frequenzen. Längsschnittstudien zeigen, dass die Prävalenz vaskulärer Symptome je nach Berufsgruppe sehr variiert, zwischen 6% (mechanische Säge) und 100% (Sockel-montierte Bandschleifmaschine). Die Prävalenz scheint eng an die Intensität der Vibrationen gebunden zu sein, und sie ist gleichermaßen abhängig von der Dauer der Exposition [2]. Zahlreiche weitere Faktoren können die biologische Reaktion modifizieren: dominierende Achse, Greifkraft, Kontaktfläche, Stellung, Unnachgiebigkeit des Materials, Arbeitsrhythmus, individuelle Empfindlichkeit, etc. Eine spürbare Reduktion der Prävalenz vaskulärer Störungen (auf annähernd 5%) dank der Einführung von Antivibrationssystemen ist durch Longitudinalstudien bei mit Sägen arbeitenden Holzfällern aufgezeigt worden.

## Klinisches Bild

Das vibrationsgebundene **Raynaudsyndrom** trifft die Hände, gewöhnlich auf asymmetrische Weise und kann die Daumen aussparen. In den einfacheren Fällen manifestiert es sich durch periodische Entfärbung der Fingerspitzen. Am Anfang ist die Störung manchmal auf ein Fingerglied beschränkt. Bei fortgesetzter Exposition dehnt es sich auf weitere Finger aus und schliesslich auf die ganze Länge aller Finger, die sich mit dem vibrierenden Objekt in Kontakt befinden. Bei bestimmten Personen erscheint manchmal eine dauernde Fingerzyanose. Im Extremfall kann sich eine kutane Nekrose entwickeln und sehr selten der Beginn einer Gangrän.

Auslöser für die Episoden des Weiss-werdens ist Kälte. Sie dauern bis zum Wiederaufwärmen der Finger, d.h. im allgemeinen zwischen fünfzehn und sechzig Minuten und sind von einer Reduktion der taktilen Sensibilität begleitet. Das kann die Wahrnehmung von Schmerzreizen schwierig machen. Das Risiko für eine Verwundung, Verbrennung oder andersweitige Traumatisierung ist dadurch erhöht. Gleichermassen ist die Geschicklichkeit vermindert, sodass erst wieder am Ende der «Krise» normal gearbeitet werden kann. Im Moment der Wiederherstellung der Blutzirkulation gibt es eine plötzliche Fingerrötung [4], die gelegentlich schmerzhaft sein kann.

Die klinische Stadieneinteilung von Taylor und Pelmear ist am weitesten verbreitet. Sie betrachtet vaskuläre und neurologische Schäden nicht als gesonderte Entitäten. Auch werden die Auswirkungen der Störungen auf die beruflichen Aktivitäten und das soziale Leben mitberücksichtigt. Eine Arbeitsgruppe hat 1986 in Stockholm eine neue Klassifikation ausgearbeitet, die den neurosensoriellen (3 Schweregrade) vom vaskulären Schaden abtrennt (4 Schweregrade). Sie geht von zwei Typen der klinischen Manifestation aus, die sich unabhängig entwickeln können und auch für jede Hand separat evaluiert werden müssen.

Das amerikanische Institut für arbeitsmedizinische Forschung (NIOSH) empfiehlt, jeden Arbeiter, der neurologisch oder vaskulär ein Stadium von 2 oder mehr erreicht, von Vibrationen fernzuhalten. Die Wiederaufnahme der Arbeit mit vibrierenden Geräten ist erst wieder gestattet, wenn die Störungen verschwunden sind und nur soweit, als keinerlei erneute Beschwerden auftreten, selbst im Stadium 1 nicht.

*Die Stockholmer Klassifikation vaskulärer (V) und neurosensorieller (NS) Störungen*

<b>V</b>	<b>Vaskuläre Beeinträchtigung</b> (Kälteinduziertes Weisswerden)
OV	kein Anfall
1V	gelegentliche Anfälle nur an den Enden eines oder mehrerer Finger
2V	gelegentliche Anfälle, die distale und mediale Glieder (selten proximale) eines oder mehrerer Finger betreffen.
3V	häufige Anfälle alle Glieder der Mehrheit der Finger betreffend
4V	Stadium 3 plus trophische Störungen der Fingerspitzenhaut
<b>NS</b>	<b>Neurosensorielle Beeinträchtigung</b>
0NS	Vibrationsexposition ohne Symptome.
1NS	intermittierendes Einschlafen/Taubwerden mit oder ohne Parästhesien.
2NS	intermittierendes oder persistierendes Einschlafen/Taubwerden, sensitive Wahrnehmung reduziert.
3NS	intermittierendes oder persistierendes Einschlafen/Taubwerden, reduzierte taktile Diskrimination und/oder Verlust der Geschicklichkeit.

**Diagnostik**

Sie basiert in erster Linie auf der Anamnese (Vibrationsexposition + Raynaud-Phänome). Entsprechend dem klinischen Bild und zur Differentialdiagnose führt man verschiedene Untersuchungen durch: Kapillaroskopie, Kaltwasserprobe mit Messung der kutanen Wiederaufwärmung, Plethysmographie, seltener Arteriographie.

## **Prävention**

Epidemiologischen Studien haben das gepaarte Zusammenwirken von Intensität und Dauer der Exposition gegenüber Vibrationen beim Auftreten des beruflichen Raynaudsyndroms deutlich gemacht. Von daher ist es wichtig, dass die Prävention in erster Linie auf dem technischen Sektor stattfindet.

Bisher existieren international noch keine gesicherten Grenzwerte für die Schädigung durch Vibrationen. Hingegen sind in der EU-Richtlinie 2002/44/EG Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte publiziert worden. Hand- und Arm-Vibrationen können bei mehrjähriger, regelmässiger Einwirkung gesundheitsgefährdend sein, wenn die mittlere bewertete Beschleunigung  $a_{hv}$ , gemittelt über einen Arbeitstag,  $5\text{m/s}^2$  überschreitet.

Ganzkörpervibrationen können bei mehrjähriger, regelmässiger Einwirkung gesundheitsgefährdend sein, wenn die mittlere bewertete Beschleunigung in Körperlängsachse  $a_{wz}$  gemittelt über einen Arbeitstag  $0,8\text{ m/s}^2$  überschreitet.

Gemäss Vorschlag des National Institutes for Occupational Safety and Health soll die Exposition so schwach sein, wie es realisierbar ist. Sie insistiert dabei insbesondere auf folgende Aspekte:

- Geräte so bauen, dass Gewicht und Kraft der zu verrichtenden Arbeit angepasst sind, dies alles bei weitestgehender Reduktion der Vibrationen;
- Begrenzung der Expositionsdauer;
- bestimmte Aufgaben alternieren;
- ergonomische Aspekte beachten (Haltung, Greifkraft, keine Akkordentlohnung);
- Vibrationsdämpfende Materialien verwenden und diese gut instand halten (Kleider, Stossdämpfer, etc.);
- adäquate Ausbildung und Information des Personals (In-Erinnerung-rufen der Rolle des Tabakkonsums mit inbegriffen).

## **Literatur**

Suva: Vibrationen, Reihe Arbeitsmedizin 2869/16.

## 2.2 Chemische Gefährdungen

### 2.2.1 Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von Stoffen

Der Mensch steht mit drei grossen Flächen direkt mit seiner Umwelt in Kontakt:

- Lunge
- Haut
- Magen-Darm-Trakt

Sie dienen dem Austausch von Stoffen zur Regulation des inneren Stoffwechsel-Gleichgewichtes des Menschen. Sind die oben genannten Flächen einer Noxe ausgesetzt (= Exposition), so teilen sich die erfolgenden Wirkungen in **direkte Wirkungen an der Eintrittspforte** und in **Wirkungen an einem Zielorgan**. Die Wirkungen an der Eintrittspforte umfassen eine akute Entzündung mit Rötung, Schwellung und deren Sekundärfolgen. Sie sind unspezifisch und treten bei den meisten Substanzen in grösserem oder kleinerem Umfang auf. Die Besprechung der Wirkungen am Zielorgan erfolgt weiter unten. Eine Gesundheitsgefährdung entsteht also:

- Über die Lunge als häufigste Form einer berufsbedingten Exposition: Einatmen von Gasen, Dämpfen, Aerosolen, Stäuben oder Rauch. Sofern die Lunge nicht direkt Zielorgan ist (wie bei der Silikose oder bei einer toxisch-irritativen Bronchitis usw.), werden die Substanzen in das Blut aufgenommen und verteilt (z.B. Lösungsmittel, Blei, Kohlenmonoxid usw.).
- Über die Haut: Kontakt zu Dämpfen, Stäuben, Aerosolen, Flüssigkeiten oder Feststoffen. Die Haut ist für einige Substanzen (z.B. Säuren oder Laugen, Kontaktallergene) Zielorgan. Andere bewirken an der Hautoberfläche nur eine geringe Reizung, wandern durch die Haut und werden via Blutbahn verteilt (z.B. Lösungsmittel, Medikamente, gewisse Agrochemikalien).
- Über den Magen-Darm-Trakt: Stäube oder Aerosole lagern sich auf den Händen ab und gelangen bei ungenügender Hygiene bei der Nahrungsaufnahme in den Gastro-Intestinal-Trakt. Ebenso kann ein Stoff sich in den oberen Atemwegen absetzen und über den Schleim in den Magen gelangen. Gewisse flüssige oder feste Substanzen können akzidentell eingenommen werden. Nach der Resorption im Darm gelangen die Substanzen in die Blutbahn und werden zuerst durch die Leber geführt.

#### Zielorgane und Metabolismus

Den Zielorganen für toxische Wirkungen Nervensystem, Nieren-Blasensystem, Leber, Knochenmark, Herz und Muskulatur sowie Gonaden (Eierstöcke, Hoden) ist gemeinsam, dass die Giftstoffe über das Blut zu ihnen transportiert werden müssen. Die Substanzen sind im Blut meistens an Eiweisse oder Erythrocyten gebunden und werden selten frei transportiert. Fettgewebe stellt für die fettlöslichen Substanzen ein Zwischenlager dar. Metalle (z.B. Blei) können sich im Knochen anreichern. Damit kann sich der Zeitraum einer Einwirkung der betroffenen Noxe deutlich verlängern.

In der Leber werden die Giftstoffe umgebaut und damit häufig entgiftet. Der Vorgang betrifft vor allem lipophile (fettlösliche) Substanzen, die durch die Enzymsysteme polare Gruppen (Hydroxylierung), und zur besseren Wasserlöslichkeit (Glucuronierung) noch Zuckerarten angekoppelt erhalten. Einige Substanzen (z.B. Tetrachlorkohlenstoff, Trichlorethylen, Parquat usw.) werden aber durch die Leber in die eigentlich giftige Form übergeführt.

Die Nieren scheiden zur Hauptsache die veränderten, d.h. besser wasserlöslichen Substanzen im Urin aus. Einige gelangen über die Gallenwege in den Darm, um von dort mit dem Stuhlgang den Körper zu verlassen.

### **Akute vs. chronische Toxizität**

Die Giftwirkung einer Substanz hängt ab von

- der Art des Stoffes
- der aufgenommenen Dosis
- der Eintrittspforte
- dem Zielorgan

Klinisch unterscheidet man eine akute und eine chronische Toxizität, die Fähigkeit Krebs auszulösen (Kanzerogenität) sowie die Fähigkeit, die Fruchtbarkeit zu verringern oder Missbildungen zu erzeugen (Fertilitätsstörungen bzw. Teratogenität).

Bei **akuter Toxizität** tritt innert kurzer Zeit (Minuten bis Tage) ein Effekt am betroffenen Organ auf. Lokale akute Toxizität tritt an der Eintrittspforte der Substanzen auf (z.B. Säuren, Laugen) und führt zu einer Entzündung bis hin zu einer Verbrennung des betroffenen Organs (z.B. Blasenbildung auf der Haut). Bei erheblichem Ausmass oder kritischem Zielorgan (z.B. Lunge) kann rasch eine Gefährdung des Lebens eintreten. Die systemische akute Toxizität entsteht durch eine rasch nach Aufnahme (Inkorporation) einsetzende **reversible** oder gar **irreversible** Schädigung der Zielorgane durch Zerstörung der Zellen und damit Beeinträchtigung des allgemeinen Wohlbefindens (Narkosewirkung, Leberversagen, Nierenversagen, Blutzersetzung usw.). Das Ausmass der Schäden sowie ihrer Auswirkungen wie vollständige Heilung, Defektheilung oder Tod, hängt vom Toxin, der Einwirkungsdauer sowie vom Zielorgan ab.

**Chronische Vergiftungen** verschieben das Gleichgewicht an Zellzerstörung und Reparaturprozessen in den betroffenen Organen zu Gunsten der Zellzerstörung mit oder ohne Narbenbildung. Die klinischen Effekte sind am Anfang schlecht zu erfassen. Erst nach langer Exposition (meist vielen Jahren) mit Dosen, die teilweise deutlich unter denjenigen von akuten Vergiftungen sind, werden sie eindeutig manifest. Bei der lokalen chronischen Vergiftung treten Narbenbildungen in den Vordergrund. An der Haut heisst das übermässige Verhornung und an der Lunge Versteifung derselben. Als bekanntestes Beispiel von Folgen einer systemischen chronischen Intoxikation sei die Leberzirrhose erwähnt. Der Zeitraum vom Auftreten von Schädigungen an der Leber bis hin zum Tode im Leberkoma erstreckt sich über viele Jahre. Analog führen Schädigungen am Nervensystem, den Nieren und am Knochenmark schleichend zum Versagen des jeweiligen Organs mit den entsprechenden klinischen Bildern.

## **Genetische Toxizität**

Viele Stoffe können Informationen in der Erbsubstanz (DNA) verändern, im Sinne einer primären Läsion, die unter Umständen durch Reparatur behoben werden kann respektive einer Mutation führt. Folgende Formen der Veränderungen sind bekannt:

- Aneuploidie: Dies entspricht dem totalen Verlust oder der Aufnahme eines ganzen Chromosoms in eine Zelle.
- Clastogenese: Es handelt sich hier um den Verlust, die Neuordnung oder die Addition von Chromosomenteilen
- Mutagenese: Hier geht es um den Verlust, die Zufuhr oder die Veränderung von Basepaaren in einem oder mehreren Genen.

Die Zelle kennt Reparaturmechanismen um zerbrochene Chromosomen sowie veränderte Gene zu erkennen und zu ersetzen. Ist die Reparatur unvollständig oder nicht gelungen, so sind grosse Veränderungen häufig nicht mit einem Weiterleben der betroffenen Zelle vereinbar und sie stirbt ab. Veränderungen in einem Gen führen unter Umständen zu Veränderungen der kodierten Proteine mit entsprechenden Folgen im Stoffwechsel der Zelle.

Alle Substanzen, die einen vererbaren Effekt auf die Erbsubstanz haben (Mutagene) können in der Folge auch zu bösartigem Wachstum (Kanzerogenese) oder zu Schädigung der Fortpflanzung (Teratogenese, Fertilitätsstörungen) führen.

Eine mutagene und genotoxische Wirkung kann mit verschiedenen Verfahren untersucht werden. Der "Ames-Test" erfasst Spontanmutationen in Bakterien nach Expositionen zur betreffenden Substanz. Die Beanspruchung durch genotoxische Stoffe kann durch die Beobachtung von Chromosomenaberrationen (CA), eines Schwester-Chromatid-Austausches (SCE), von Mikronuklei (MN), einer Adduktbildung oder von DNA-Brüchen beurteilt werden. Chromosomenaberrationen (CA) widerspiegeln eine genotoxische Wirkung über eine verhältnismässig lange Zeitperiode. Der Schwester-Chromatid-Austausch (SCE) ist als Test sensitiver als der Nachweis von CA; da SCE nur während einiger Wochen in den Lymphozyten nachweisbar sind, lässt sich damit eine genotoxische Belastung der letzten Woche vor der Probenahme beurteilen. Mikronuklei als Fragmente der DNA sind Indikatoren einer Chromosomenruptur. Die meisten genotoxischen Substanzen bilden mit Makromolekülen wie DNA oder Proteinen in der Zelle Addukte. DNA-Brüche können beispielsweise mit dem Comet Assay respektive alkalischer oder neutraler Elution nachgewiesen werden.

Erbgutverändernde Arbeitsstoffe werden in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva mit den Bezeichnungen M1 bis M3 eingestuft. Die Kategorie M1 umfasst Stoffe die auf den Menschen bekanntermassen erbgutverändernd wirken, die Kategorie M2 Stoffe die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten und die Kategorie M3 Stoffe die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zu Besorgnis Anlass geben.

## **Kanzerogenität**

Die Klassifikation einer Substanz als Kanzerogen ist ein aufwendiger Prozess, der neben Tierversuchen auch gentechnologische Methoden und epidemiologische Untersuchungen beinhaltet. Ein Karzinogen ist ein Faktor, der die Entstehung einer bösartigen Geschwulst hervorrufen kann.

Krebserzeugende Arbeitsstoffe werden in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva in 3 Kategorien unterteilt. Stoffe der Kategorie C1 sind solche, die auf den Menschen bekanntermassen krebserzeugend wirken. Stoffe der Kategorie C2 sind solche, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten; diese Annahme beruht im

Allgemeinen auf geeigneten Langzeittierversuchen. Stoffe der Kategorie C3 sind solche, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung bei Menschen Anlass zu Besorgnis geben, über die jedoch ungenügende Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Bei solchen Stoffen liegen aus Tierversuchen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in die Kategorie C2 einzustufen.

### **Teratogenität und Fertilitätsstörungen**

Eine Fruchtschädigung durch Exposition mit Chemikalien am Arbeitsplatz wird sehr kontrovers beurteilt. Für einige Expositionen gegenüber Medikamenten in therapeutischen Dosen sind gesicherte humane Daten vorhanden. Für viele Chemikalien ist eine solche Gefährdung anzunehmen, und deshalb ist die schwangere Frau besonders zu schützen.

In der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva werden reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe im Rahmen der CMR-Klassifizierung bezeichnet. Der Begriff Reproduktionstoxizität umfasst sowohl die Beeinträchtigung der männlichen und weiblichen Fortpflanzungsfähigkeit, als auch die vorgeburtliche Verursachung von nicht vererbaren gesundheitsschädlichen Wirkungen auf die Nachkommenschaft. R<sub>F</sub> bedeutet Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit), R<sub>E</sub> bedeutet Fruchtschädigung (Entwicklungsschädigung). In Kategorie R1 werden Stoffe eingestuft, die bei Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit/Fruchtbarkeit bekanntermassen beeinträchtigen. In Kategorie R2 sind Stoffe eingeteilt, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten. Kategorie R3 schliesslich umfasst Stoffe, die wegen einer möglichen Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zu Besorgnis Anlass geben.

Die Einstufung von Arbeitsstoffen als R<sub>E</sub> bezieht sich auf die Eigenschaften des Stoffes an sich und nicht auf die Beziehung zum Grenzwert (MAK-Wert). In der Grenzwertliste der Suva wird deshalb zusätzlich eine Klassifizierung fruchtschädigender Stoffe in Gruppen A, B und C vorgenommen, um die Beziehung zu den aktuellen Grenzwerten zu klären. Bei Arbeitsstoffen der Gruppe A kann eine Schädigung der Leibesfrucht auch dann eintreten, wenn der MAK-Wert eingehalten wird, bei Stoffen der Gruppe B kann dies nicht ausgeschlossen werden. Bei Arbeitsstoffen der Gruppe C braucht bei Einhaltung des MAK-Wertes keine Schädigung der Leibesfrucht befürchtet werden.

Die Beschäftigung von schwangeren und stillenden Arbeitnehmerinnen ist in der Verordnung 1 zum Arbeitsgesetz (ArGV1) und der Verordnung des EVD über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung) geregelt. Im Vordergrund steht die Durchführung einer Risikobeurteilung.

Fertilitätsstörungen bei der Frau äussern sich meist als Fehlgeburten (Aborte), aber auch als Zyklusstörungen. Diese können z.B. durch Schwermetalle, Lösungsmittel (wie Glykole) oder Strukturanaloga zu Hormonen (wie DDT) ausgelöst werden.

Männliche Fertilitätsstörungen äussern sich als Veränderungen in der Quantität und/oder der Qualität der Spermien.

Die Spermienproduktion beim Mann wird z.B. durch Blei oder Hitze verringert.

## Das Konzept des MAK- und BAT-Wertes

Durch Extrapolation einer bekannten Dosis-Wirkungskurve kann für viele Substanzen (ohne Kanzerogene) ein Schwellenwert, der "No Observable Adverse Effect Level" (NOAEL), bestimmt werden. Auf der Basis dieses Schwellenwertes wird dann - mit einem Sicherheitsfaktor - der **maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert)** festgelegt. Neben der Toxizität werden bei der Festlegung des MAK-Wertes weitere Faktoren wie die Ätzwirkung, die sensibilisierende oder beeinträchtigende Eigenschaften sowie das Hautdurchdringungsvermögen berücksichtigt. MAK-Werte dienen der Beurteilung der Situation am Arbeitsplatz, sind aber keine sicheren Grenzen zwischen gefährlichen und ungefährlichen Konzentrationen. Zum einen können bei empfindliche Personen oder Personen mit Vorerkrankungen gesundheitliche Probleme bei Arbeitsstoffkonzentrationen auftreten, die deutlich unter dem MAK-Wert liegen. Andererseits bedeutet eine kurzfristige Exposition über dem MAK-Wert noch keineswegs das Auftreten von gesundheitlichen Problemen. Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von acht Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der Gesunden, am Arbeitsplatzbeschäftigten, die Gesundheit nicht gefährdet.

Die MAK-Werte sind damit 8-Stunden-Mittelwerte. In der Praxis schwankt jedoch die aktuelle Konzentration der Stoffe in der Atemluft häufig in erheblichem Ausmass. Die Überschreitung des Mittelwertes muss deshalb bei vielen Stoffen zusätzlich begrenzt werden. Deshalb wird in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva für viele Stoffe ein Kurzzeitgrenzwert geführt, der die Exposition hinsichtlich Höhe, Dauer und Häufigkeit pro Arbeitstag oder Schicht begrenzt.

Krebserzeugende Stoffe werden speziell im Rahmen der CMR-Klassifizierung mit den Kategorien C1, C2 und C3 bezeichnet. Für krebserzeugende Stoffe kann keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden. Soweit genügend Angaben zur Dosis-Risikobeziehung für krebserzeugende Stoffe bekannt sind, werden die MAK-Werte für diese Stoffe risikobasiert festgelegt, mit dem Ziel, dass das Zusatzrisiko für das Auftreten bösartiger Tumore nicht mehr als 1 : 100'000 pro Jahr beträgt. Da die Krebsgefährdung von der Höhe der Stoffkonzentration und der Dauer der Exposition abhängt, sollte in jedem Falle die Exposition so niedrig wie möglich sein.

Die Suva wird bei der Festlegung von Grenzwerten von der Grenzwertkommission der Suissepro (Dachvereinigung der Fachgesellschaften für Arbeitsmedizin, Arbeitshygiene und Arbeitssicherheit) beraten. Die Liste der Grenzwerte der Suva wird in Intervallen von zwei Jahren nach der Überarbeitung veröffentlicht.

Der **biologische Arbeitsstofftoleranzwert (BAT-Wert)** dient der Beurteilung einer erfolgten Exposition: durch Analysen des biologischen Materials des Betroffenen (z.B. Urin, Blut) sind Rückschlüsse auf die effektiv aufgenommene Dosis des Arbeitsstoffes, unabhängig von der Art der Aufnahme, möglich. Die BAT-Werte sind Grenzwerte für diese Parameter des biologischen Materials. Der BAT-Wert beschreibt die arbeitsmedizinisch-toxikologisch abgeleitete Konzentration eines Arbeitsstoffes, seiner Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material, bei dem im allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten, auch bei wiederholter und langfristiger Exposition nicht beeinträchtigt wird. BAT-Werte beruhen auf einer Beziehung zwischen der äusseren und

inneren Exposition oder zwischen der inneren Exposition und der dadurch verursachten Wirkung des Arbeitsstoffes. Die Ableitung des BAT-Wertes orientiert sich an den mittleren inneren Expositionen. Der BAT-Wert gilt als überschritten, wenn bei mehreren Untersuchungen einer Person die mittlere Konzentration des Parameters oberhalb des BAT-Wertes liegt. Messwerte oberhalb des BAT-Wertes müssen arbeitsmedizinisch-toxikologisch bewertet werden. Aus einer alleinigen Überschreitung des BAT-Wertes kann nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Beeinträchtigung abgeleitet werden. Das Biomonitoring ist eine ergänzende Methode zu Messungen von Arbeitsstoffen in der Raumluft. Die Vorteile des Biomonitoring liegen darin, dass alle Aufnahmewege erfasst werden (Aufnahme über die Haut, Aufnahme über den Magen-Darmtrakt, erhöhte Aufnahme über die Atemwege bei starker körperlicher Belastung), dass die Schutzwirkung beispielsweise von Atemschutzmasken oder Schutzhandschuhen/Schutzkleidung überprüft werden kann und dass die Exposition über eine gewisse Zeit (abhängig von der Halbwertszeit des Arbeitsstoffes respektive des biologischen Parameters) beurteilt werden kann. Voraussetzung für die Aufstellung eines BAT-Wertes sind Kenntnisse der Toxikologie und des Verhaltens der zu messenden Stoffe im Körper. Kritisch ist der Entnahmezeitpunkt und die Art der Probe (Blut, Urin, Atemluft), was mit der obigen Kenntnis beantwortet werden kann.

Für detailliertere Ausführungen siehe die **Suva** Publikation 1903, **Grenzwerte am Arbeitsplatz** ([www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)).

## 2.2.2 Ausgewählte Stoffe (Blei, Quecksilber, Lösungsmittel, Kohlenmonoxid)

### A) Blei

Blei als toxische Substanz ist seit dem Altertum bekannt und in vielen Publikationen beschrieben. Blei hat seine Aktualität heute weder in der Technik noch in der Arbeitsmedizin verloren. Es wird in der Industrie bei den verschiedensten Produktionsprozessen verwendet, sodass auch heute mit beruflichen Bleiexpositionen gerechnet werden muss. Das Vollbild einer akuten und chronischen Bleivergiftung wird nur noch ausnahmsweise beobachtet. Erreicht wurden diese Erfolge unter anderem durch den Einsatz von biologischem Monitoring der Bleiexposition.

Eine ausführliche Zusammenstellung über die Gesundheitliche Gefährdung am Arbeitsplatz durch Blei inklusive ausführliches Literaturverzeichnis findet sich in der gleichnamigen Suva-Publikation [1].

#### Gefahrenquellen

Blei ist ein bläulich-graues, sehr gut dehnbares Metall, das sich leicht verbiegen und zu dünnen Folien walzen lässt. Blei gehört zu den Schwermetallen mit dem hohen spezifischen Gewicht von 11,3 kg/l. Der Schmelzpunkt liegt bei 327 °C, bei Bleilegierungen etwas tiefer. Der Siedepunkt ist bei 1'740 °C erreicht. Der Dampfdruck ist ab 550 °C messbar. Bleidampf wird in der Luft sofort zu Bleioxid umgewandelt. Bleirauche enthalten kolloidale Bleioxidteilchen. Blei wird durch Verhüttung aus Bleierzen gewonnen. Die grössten Vorkommen findet man in China, den USA, Australien, Russland und Kanada. Heutzutage wird zunehmend das Recycling von alten Bleiprodukten die bedeutendste Quelle für Blei.

## Berufliche Verwendung

Akkumulatorenfabriken	Bleidämpfe, Bleirauche, Bleistaub
Metallindustrie	Bleilegierungen, Altbleischmelzen
Farben- und Malergewerbe	Herstellung, Abschleifen, Abbrennen von Bleifarben
Keramik- und Porzellanindustrie	Bleihaltige Glasuren
Kunststoffindustrie	Bleihaltige Zusätze (Bleistearat)
Chemische Industrie	Homogenverbleien
Kabel- und Drahtwerke	Herstellung von Bleisolationen
Karosseriewerke	Abschleifen von Lötzinn
Glashütten	Herstellung von Bleiglas
Munitionsfabriken	Herstellung von Bleigeschossen
Elektronikwerkstätten	Verwendung von Lötzinn
Recycling von bleihaltigen Materialien	Bleidämpfe, Bleirauche, Bleistaub

Aufgrund der nach wie vor weit verbreiteten Anwendung von Blei kann es auch heute zu beruflichen Bleibelastungen kommen. Eine Gefährdung besteht vor allem dort, wo bei der Arbeit Bleirauch und Bleistaub entstehen (Batterieherstellung, Blei-, Automatenstahl- und Buntmetallguss, Abbrennen, Abschleifen und Sandstrahlen von bleihaltigen Farben und Lötstellen wie z. B. im Korrosionsschutz, Mischen von bleihaltigem Kunststoffpulver und auch beim Recycling). Arbeitnehmende mit Bleiexposition werden im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge überwacht.

## Ausserberufliche Quellen

Bunte Keramikglasuren (vor allem aus dem Mittelmeerraum)
Aufbewahrung von Weinen, Spirituosen und Getränken in Bleikaraffen
Bleihaltige Rohre für Wasserleitungen
Bleihaltige Anstriche der Wände (bei Anstrichen vor 1975)
Präparate aus dem Bereich der Komplementärmedizin aus dem Ausland

Die ausserberufliche Bleibelastung der Bevölkerung hat seit der Einführung von bleifreiem Treibstoff deutlich abgenommen. Ebenso sind durch die bestehenden gesetzlichen Regelungen Bleivergiftungen durch Trinkwasser in der Schweiz nicht mehr zu beobachten. Durch die vermehrte Reisetätigkeit treten aber immer wieder akute Bleivergiftungen auf. Quellen sind Blei in bunten Keramikglasuren, Weinen und Spirituosen sowie Getränke, die in Bleikaraffen aufbewahrt werden. Zudem sind durch die Verwendung von Medikamenten aus der Komplementärmedizin, welche im Ausland zubereitet werden und teilweise sehr hohe Bleikonzentrationen aufweisen, Bleivergiftungen beschrieben worden. Einzelne Fälle mit Bleiintoxikation bei externer Applikation von bleihaltigen Salben sind beschrieben.

## Aufnahme, Verteilung, Ausscheidung

Blei und seine Verbindungen werden über die Lungen und den Gastrointestinaltrakt aufgenommen. Die inhalative Aufnahme steht an den Arbeitsplätzen meist im Vordergrund. Sie ist abhängig von der Teilchengrösse der Bleipartikel. Ein grosser Teil des inhalierten Bleis gelangt über die Lungen in den Kreislauf. Die Bleipartikel werden zu 30–50 % im Alveolarbereich deponiert und danach schnell und nahezu vollständig (> 90 %) über die Lungen resorbiert. Resorbiertes Blei liegt im Blut hauptsächlich an Erythrozyten gebunden vor (> 95 %), die restlichen 5 % im Plasma. Bei ausgeglichener Ernährung werden über den Magendarmtrakt beim Erwachsenen nur 5–10 % des eingenommenen Bleis resorbiert. Bei Kindern wird bis 60 % über den Magendarmtrakt resorbiert. Bei mangelnder Hygiene kann zudem durch mit Blei kontaminierten Händen eine direkte Ingestion die Bleibelastung wesentlich erhöhen. Organische Bleiverbindungen können zusätzlich durch die Haut eindringen.

Das aufgenommene Blei tritt in den Blutstrom über und an die Erythrozyten– Membranen gebunden. Mit dem Blutstrom wird es im Organismus verteilt und vor allem in Leber und Niere abgelagert. Von dem länger im Organismus verbleibenden Anteil sind zirka 90 % in den Knochen gebunden. Blei überwindet auch die Blut-Hirn-Schranke. Blei liegt in einer schnell austauschbaren und in einer festgebundenen Fraktion vor, letztere im Knochen. Blei ist in den Knochen und Zähnen als schwerlösliches Bleiphosphat eingelagert. Von dort kann Blei unter speziellen Umständen (Fieber, Azidose, Immobilisation) mobilisiert werden. Der schnell austauschbare Bleianteil in den Weichteilen stellt die eigentliche Bleibelastung des Organismus dar (biologisch aktives «body burden»). Die Blutbleikonzentration steht mit den Bleidepots in den Weichteilen in einem Gleichgewicht. So gilt der Bleigehalt im Blut unter «steady state»-Bedingungen als geeignetster Indikator für die Bleibelastung, die sowohl von beruflicher als auch ausserberuflicher Exposition resultiert. Im Hinblick auf das fruchtschädigende Potential ist zu berücksichtigen, dass im Blut des ungeborenen Kindes nahezu gleiche Bleispiegel erreicht werden wie im mütterlichen Blut.

Die Ausscheidung erfolgt hauptsächlich über die Niere (75–80 %) und nur zu einem kleinen Teil über die Galle in den Darm. Die Ausscheidung über Speichel, Sch weiss, Haare, Fingernägel und Muttermilch ist gering (weniger als 8 %). Die Halbwertszeit der schnell austauschbaren Fraktion in Blut und Weichteilen beträgt zirka 20 Tage, der schwer austauschbaren Fraktion im Knochen 10–20 Jahre.

## Toxizität

### Hämatotoxizität

Blei verursacht Störungen des hämatologischen Systems, wobei vor allem die Erythrozyten betroffen sind. Die Anämie, die klassische Manifestation der Bleiintoxikation, resultiert dosisabhängig einerseits aufgrund der Hemmung der Hämoglobinsynthese durch Blei, andererseits durch direkte toxische Effekte auf die Erythrozyten. Die durch eine Bleiintoxikation verursachte Anämie ist in der Regel mässig ausgeprägt. Sie ist normochrom (eventuell diskret hypochrom), normozytär, regenerativ und geht mit normalem oder leicht erhöhtem Ferritin einher. Gelegentlich findet man zirkulierende «punktierte» Erythrozyten, unreifen Erythrozyten entsprechend, mit Resten von ribosomaler RNA in Form von basophilen Granulationen (basophile Tüpfelung). Diese sind nicht spezifisch für eine Bleiintoxikation.

### Neurotoxizität

Blei wirkt neurotoxisch auf das zentrale und das periphere Nervensystem. Besonders das sich in Entwicklung befindliche Hirn des ungeborenen Kindes wie des Kleinkindes reagiert sehr empfindlich auf die schädigende Wirkung des Bleis. In ionisierter Form ist Blei imstande, in die Nervenzellen einzudringen und sich in den Mitochondrien zu akkumulieren. Dabei werden die neurochemischen Funktionen in den Nervenzellen beeinträchtigt. Später treten morphologische Schädigungen der Myelinscheide und des Axon hinzu. Die einzelnen Funktionen werden in verschiedenem Ausmass geschädigt. Die Störungen kommen auch indirekt über bestimmte Metaboliten aus dem Porphyrinstoffwechsel zustande. Bekannt ist die neurotoxische Wirkung von Aminolävulinsäure und Protoporphyrin. Die Symptome weisen auch Analogien zur akuten hepatischen Porphyrie auf.

### Zentrales Nervensystem

Blei verursacht Veränderungen an den Kapillarendothelien besonders im Kleinhirn. Der Transport von Aminosäuren durch die Bluthirnschranke ist beeinträchtigt und damit die sehr aktive Proteinsynthese im Gehirn, wovon Lernen und Gedächtnis abhängen. Besonders anfällig für neurotoxische Bleieinwirkung ist das Gehirn des ungeborenen Kindes. Ein Schwellenwert für diese Wirkung ist nicht bekannt. Schädigungen sind bereits bei einem Blutbleispiegel von unter 100 µg/l (0,48 µmol/l) möglich.

### Peripheres Nervensystem

Die periphere Bleineuropathie ist schon lange bekannt. Sie tritt viel später auf als die des zentralen Nervensystems. Es werden überwiegend die motorischen Nerven betroffen, was mittels Messung der Nervenleitgeschwindigkeit untersucht werden kann. Die toxische Wirkung auf das periphere Nervensystem wird auf die Interaktion von Blei mit Calcium auf dem Niveau der neuromuskulären Verbindungen mit morphologischen Veränderungen (Schädigung der Axone und der Myelinscheide) zurückgeführt. Die häufigste Form ist die pseudo-brachiale Lähmung (C7). Sie ist bilateral und symmetrisch, betrifft selektiv die Strecker (Extensoren) und respektiert den M. longus supinatus. Es bildet sich eine Fallhand. Die Lähmung kann sich auf weitere Finger wie auch die Strecker des Handgelenkes ausbreiten. Die Störungen der sensiblen Nerven sind klinisch inkonstant und immer diskret. Dieses Bild wird heute nur noch ausnahmsweise gesehen.

### Nephrotoxizität

Bei einem Blutbleispiegel zwischen 400–700 µg/l (1,93–3,38 µmol/l) beschreiben einzelne Autoren funktionelle Störungen der Tubuli mit Erhöhung der N – Acetyl – Glucosaminidase im Urin. Bei einer hohen Bleiexposition, entsprechend Blutbleispiegeln im allgemeinen von über 700 µg/l (3,38 µmol/l), akkumuliert das Blei in den proximalen Tubuluszellen und führt zu Zelldegenerationen, einer proximalen Tubulopathie entsprechend. Die Tubulusfunktionsstörung manifestiert sich als selektiver Rückresorptionsdefekt mit Mikroproteinurie (β-2-Mikroglobulin, Retinol Binding Protein, α-1-Mikroglobulin).

### Gastrointestinale Toxizität

Die akute Bleivergiftung zeigt sich im Magen-Darmtrakt als sogenannte „Bleikoliken“, schmerzhaften, paroxysmalen Krisen im Bereiche des Dickdarmes, manchmal verbunden mit hartnäckiger Obstipation und Erbrechen ohne abdominale Kontraktionen. Bei der typischen Ausprägung sind erhöhte Blutdruckwerte und eine Bradykardie nachweisbar. Diese Bleikoliken sind heute nur ausnahmsweise zu beobachten, sind sie doch nur bei Blutbleispiegeln oberhalb von 1000 µg/l (4,83 µmol/l) beschrieben. Man beobachtet aber Beschwerden mit unspezifischen Bauchschmerzen bei Blutbleispiegeln bereits oberhalb von 500 µg/l (2,41 µmol/l).

### Karzinogenität

Eine erhöhte globale Mortalität durch Krebs wurde bei Kohorten von Giessern und Arbeitnehmenden von Batterien produzierenden Betrieben festgestellt, ohne dass eine Beziehung zwischen Dauer und Intensität der Exposition hergestellt werden konnte. Diese Feststellungen müssen mit einem gewissen Vorbehalt interpretiert werden, sind doch keine präzisen Informationen über die effektive Exposition, sowie konkurrierende Faktoren wie Rauchen und Ernährung bekannt.

### Mutagenität

Blei weist möglicherweise eine mutagene Wirkung auf und könnte genetische Schäden verursachen. Die Teratogenität von Blei wurde in mehreren Tierversuchen an verschiedenen Spezies gezeigt. Es werden aber weitere Untersuchungen benötigt, damit die Mutagenität schlüssig beurteilt werden kann.

### Reproduktionstoxizität

Es gibt nur wenige Publikationen bezüglich der Fertilität von Frauen unter heutigen Arbeitsbedingungen. Man nimmt an, dass nur hohe berufliche Expositionen Funktionsstörungen der Ovulation (mit Sterilität), spontane Aborte, Frühgeburten und geringeres Geburtsgewicht bewirken können. Blei passiert die Plazenta zwischen der 12.–14. Schwangerschaftswoche. Kinder, bei denen der Bleispiegel im Nabelschnurblut bei der Geburt erhöht war, wiesen später einen psychomotorischen und geistigen Entwicklungsrückstand auf. Der erlaubte Grenzwert für Frauen im gebärfähigen Alter, d. h. unter 45 Jahren, wurde aufgrund dieser Daten auf 100 µg/l (0,48 µmol/l) festgelegt. Die Reproduktionsfähigkeit des Mannes wurde ebenfalls in mehreren Studien untersucht. Die Spermatogenese kann bei Blutbleispiegeln über 400 µg/l (1,93 µmol/l) über längere Perioden gestört werden. Eine Oligospermie und Asthenospermie wurde beschrieben, verbunden mit einer grösseren Anzahl abnormer Formen. Diese Anomalien scheinen nach Expositionsende reversibel zu sein.

### Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: Biologisches Monitoring

Betriebe mit relevanter Bleiexposition werden gemäss Art. 70 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) durch die Suva der arbeitsmedizinischen Vorsorge unterstellt und es wird eine Überwachung der exponierten Arbeitnehmenden mittels Biologischem Monitoring durchgeführt. Für die Beurteilung der inneren Bleibelastung ist die Bestimmung von Blei im Vollblut der wesentliche Parameter; aufgrund der langen Halbwertszeit von Blei widerspiegelt dieser die Langzeitbelastung des Körpers. Zu beachten ist, dass ein kurzfristiger deutlicher Anstieg des Vollblutbleispiegels

durch eine Mobilisierung von Bleidepots insbesondere in den Knochen beispielsweise durch Fieber, Immobilisation oder eine Azidose erfolgen kann.

Folgende Stadien der Bleibelastung können unterschieden werden

**Blei im Vollblut < 400 µg/l (1,93 µmol/l):** subklinische adverse Effekte oder asymptotische erhöhte innere Belastung: keine Beschwerden, keine klinisch objektivierbaren Symptome. Geringe Hemmung der Häm synthese ohne Anämie.

**Blei im Vollblut zwischen 400 µg/l (1,93 µmol/l) – 750 µg/l (3,6 µmol/l):** Es treten zuerst leichtere klinische Symptome (subjektive Beschwerden unspezifischer Art wie Müdigkeit, Gereiztheit, Stimmungsschwankungen, Kopfschmerzen) auf.

**Blei im Vollblut zwischen 750 µg/l (3,6 µmol/l) – 1200 µg/l (5,8 µmol/l):** Es treten Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Inappetenz, Bauchschmerzen mit Verstopfung oder Durchfall (Bleikoliken) sowie Muskelschmerzen auf. Bei der Untersuchung findet man einen leichten Tremor, gesteigerte Muskel-Sehnen Reflexe, Blässe verbunden mit einer leichten sideroachrestischen Anämie. Eine verzögerte Nervenleitgeschwindigkeit kann objektiviert werden.

**Blei im Vollblut zwischen 1200 µg/l (5,8 µmol/l) – 2000 µg/l (9,66 µmol/l):**

Die klinischen Manifestationen können sich unterschiedlich darstellen: Überreiztheit, Apathie, Koordinations- und Verhaltensstörungen. Von Seiten des Nervensystems findet man Zeichen der peripheren motorischen Polyneuropathie möglicherweise bis zur Paralyse (Fallhand) und toxischen Encephalopathie. Erbrechen, andauernde Koliken, deutliche sideroachrestische Anämie.

**Blei im Vollblut über 2000 µg/l (9,66µmol/l):** Das klinische Bild zeigt gastrointestinale Symptome und schwere neurotoxische Schädigungen mit Zeichen des erhöhten intrakraniellen Druckes, Erbrechen, Ataxie, Stupor, bis zum Koma. Es tritt rasch eine hämolytische Anämie auf.

Behandlung

Expositionskenz, unspezifische symptomatische Behandlung, forcierte Bleiausscheidung durch Anwendung von DMSA (Dimercaptosuccinat, Chelatbildung über die SH-Gruppen), DMPS (Dimercaptopropansulfonat, Chelatbildung über die SH-Gruppen), D-Penicillamin oral. Cave: Nierenfunktionsstörung oder Verschlimmerung einer Niereninsuffizienz. Kontraindiziert sind BAL (British anti-Lewisite) iv oder im. Unwirksam: Gabe von Milch zur Prävention.

BAT-Wert

Der BAT-Wert für Blei im Vollblut beträgt seit 2001 für Frauen über 45 Jahren und für Männer 400 µg/l (= 1,93 µmol/l). Derjenige für Frauen unter 45 Jahren wurde wegen der Reproduktionstoxizität im Jahr 2005 auf den oberen Referenzwert für die Normalbevölkerung von 100 µg/l (= 0,48 µmol/l) gesenkt. Die klassische kritische Toxizität (Knochenmark, Gastro-Intestinal-Trakt, Blut, Niere) wird nur oberhalb von 700 µg/l (= 3,38 µmol/l) beobachtet. Bei Überschreitung des BAT-Wertes muss eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beurteilung erfolgen.

## Hintergrundbelastung

Anhand von Untersuchungen lässt sich feststellen, dass die Hintergrundbelastung, d. h. die Bleibelastung im Vollblut der Bevölkerung seit Verwendung von bleifreiem Treibstoff deutlich abgenommen hat. Die Hintergrundbelastung beträgt gemäss der Leitlinie für Arbeit unter Einwirkung von Blei der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin für Männer (18–69 Jahre) 90 µg/l, für Frauen (18–69 Jahre) 70 µg/l und für Kinder (6–12 Jahre) 60 µg/l. In der Schweiz ist die Bleibelastung der Bevölkerung ebenfalls abnehmend und liegt in einem ähnlichen Bereich.

## Literatur

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva): Grenzwerte am Arbeitsplatz (Form 1903.d, 1903.f)

Suva, Gesundheitliche Gefährdung am Arbeitsplatz durch Blei, Reihe Arbeitsmedizin 2869/6.

## **B) Quecksilber**

In der Berufskrankheitenstatistik der Suva sind nun seit längerem keine Intoxikationen mit Quecksilber aufgefallen. In der Schweiz spielt dieses Schwermetall eher eine Rolle als Umweltgift denn als Arbeitsnoxe. Zum einen wurde Hg bei den meisten Prozessen eliminiert, zum andern sind die verbliebenen Prozesse technisch optimal eingerichtet und eine Exposition der Arbeiter selten.

Arbeitsplätze, an denen nach wie vor eine Quecksilbereinwirkung möglich ist, sind beispielsweise das Recycling von Batterien und von Leuchtstoffröhren, das Recycling quecksilberbelasteter Materialien allgemein und die Chlor-Alkali-Elektrolyse.

In der Schweiz werden Arbeitnehmende mit Expositionen gegenüber Quecksilber im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge durch das Biomonitoring überwacht. Das frühzeitige Erkennen möglicher unzulässiger Belastungen mit Quecksilber ist eine wichtige Massnahme um allfällige Quecksilberintoxikationen zu verhindern.

Da Quecksilber, wie Blei, ubiquitär ist, soll deshalb das Wissen um dessen Toxizität nicht gänzlich verschwinden.

## Mögliche berufliche Expositionen

Quecksilber (Hg) kann in verschiedenen Formen vorliegen: Als Metall (z.B. in Thermometer), als Salz (z.B. HgCl<sub>2</sub>), als Oxyd (HgO) sowie als organische Hg-Verbindung (unterschieden in lang oder kurzkettige -aryl und -alkyl Verbindungen). Jeder Form von Hg ist eine etwas andere "Pharmakologie" und Toxikologie eigen.

Folgende Industrien oder Produkte haben eine potentielle Exposition mit Hg:

Hg metallisch	Hg anorganisch	Hg organisch
Zahnmedizin und Verwandte Metallurgie (Gold etc.) Herstellung von: Barometern, Thermometer, Blutdruck- Messgeräte, Solarzellen, div. Elektrogeräte, Kryopumpen, diverse chemische Prozesse (Chlorgewinnung, Pigmente) Herstellung von Knopfbatterien Batteri recycling Leuchtstoffröhrenrecycling Chlor-Alkali-Elektrolyse	Herstellung und Gebrauch von Desinfektionsmitteln, Konservierungsmittel, Tinten, Fellbearbeitung, Sprengstoffe, Parfums etc.	Pestizide, Saatgutbeizen Herstellung und Gebrauch, Papierherstellung, Holzkonservierung

#### Aufnahme, Verteilung, Metabolismus und Exkretion

**Metallisches Hg** wird praktisch nur über die Lunge (da es rasch verdampft) und die Haut (wenn es in direkten Kontakt kommt) in den Körper aufgenommen. Geschlucktes Hg wird kaum aus dem MDT resorbiert. Im Blut wird metallisches Hg rasch in  $Hg^{2+}$  übergeführt und an die Erythrocyten gebunden. Ein kleiner aber signifikanter Anteil bleibt metallisch und reichert sich rasch im Gehirn an, wo er ebenfalls in  $Hg^{2+}$  überführt wird. Als  $Hg^{2+}$  reichert sich Hg vornehmlich in der Niere an. Im weiteren sind Leber, Schilddrüse und weitere endokrine Organe betroffen. Das in der Niere angereicherte Hg wird mit einer mittleren Halbwertszeit von 64 Tagen ausgeschieden. Die Halbwertszeit des im Gehirn angereicherten Hg beträgt indessen Jahre.

**Anorganisches Hg** wird mässig gut (7-15 %) aus dem MDT aufgenommen. In Form von Salben kann es über die Haut absorbiert werden. Die Resorption über die Lunge erfolgt nur zu einem geringen Mass. Einmal im Körper, verteilt es sich wie metallisches Hg, mit dem Unterschied, dass es die Blut-Hirnschranke deutlich schlechter passiert und eine Anreicherung im Gehirn weniger im Vordergrund steht.

Die Aufnahme, Verteilung, Metabolismus und Ausscheidung des **organischen Hg** hängt davon ab, ob es sich um ein kurzkettiges oder ein langkettiges Hg-Derivat handelt. Beide Formen werden rasch und praktisch vollständig durch den MDT oder die Lunge aufgenommen. Hautresorption ist möglich. Beide Formen verteilen sich rasch im Körper und lagern sich in der Leber, der Niere, dem Gehirn und der Haut ab. Langkettige Hg-Verbindungen werden rasch in anorganisches Hg übergeführt. Kurzkettige (Methyl-Hg) sind stabiler und werden langsamer aufgespalten. Beide Formen werden mit einer Halbwertszeit von ca. 70 Tagen ausgeschieden, die langkettigen wie die anorganischen Hg-Verbindungen, die kurzkettigen (vornehmlich Methyl-Hg) praktisch unverändert via Faeces.

## Toxizität

Hg und seine Verbindungen lagern sich mit Vorliebe an SH-Gruppen an und stören so den Stoffwechsel in diversen Organen, vornehmlich im ZNS.

### a.) Akute Toxizität

Akute Toxizität tritt nur bei Exposition zu metallischem und anorganischem Quecksilber auf. Metallisches Hg führt zu Reizungen des Respirationstraktes und bei Konzentrationen über  $1 \text{ mg/m}^3$  zu einer toxischen Lungenentzündung. Anorganisches Hg führt in hohen Konzentrationen zu Verätzungen der Schleimhäute und systemisch zu einem akuten Nierenversagen. Organische Hg-Verbindungen stehen nicht mit akuten Vergiftungen in Zusammenhang.

### b.) Chronische Toxizität

Bei metallischem wie organischem Hg stehen die neurologischen Folgen der Vergiftung im Vordergrund. Müdigkeit, Abgeschlagenheit, zunehmend Depressionen und Nervosität sowie ein Intentionstremor stellen sich ein. Die organischen und in einem geringeren Masse metallisches Hg führen zudem zu einer chronischen Nephropathie.

Anorganisches Hg führt vornehmlich zu einer chronischen Nephropathie mit Proteinurie. Die ZNS-Symptome treten im Gegensatz zu den anderen Hg-Verbindungen in deutlich subtilerer Form auf.

## Behandlung der Quecksilbervergiftung [4]

Neben dem intravenös verabreichten Dimercaptopropanol (BAL) haben sich nun die oralen Chelatoren DMSA und DMPS bei der Behandlung von akuten Hg-Vergiftungen bewährt. Weiterführende Antworten sind durch das Toxzentrum erhältlich.

## Biologisches Monitoring

Bestimmung der Hg-Konzentration im Blut ist bei einer akuten Hg-Vergiftung angezeigt. Das Verhältnis Hg Ery zu Hg Plasma sagt etwas über die Art der Vergiftung aus: metallisches und anorganisches Hg haben etwa ein Verhältnis 1/1, organisches ein solches von 10/1.

Bei einer chronischen Vergiftung mit metallischem oder anorganischem Hg wird dieses im Urin bestimmt. Bei den organischen Hg-Verbindungen ist die Blutbestimmung angezeigt, da diese je nach Länge eher hepato-biliär ausgeschieden werden.

In der Grenzwertliste der Suva sind folgende biologischen Arbeitsstofftoleranzwerte für metallisches und anorganisches Quecksilber festgehalten:

- Urin:  $35 \text{ µg/g Kreatinin}$  ( $20 \text{ nmol/mmol Kreatinin}$ )
- Blut:  $15 \text{ µg/g Kreatinin}$  ( $75 \text{ nmol/l}$ )

## Umweltmedizinische Aspekte von Quecksilber

Jährlich werden weltweit ca. 6000 Tonnen Quecksilber durch vulkanische Aktivität an die Umwelt abgegeben. Dazu kommen ca. 3000 Tonnen, die durch menschliche Aktivität freigesetzt werden.

Generell versucht man aber Prozesse und Verfahren sowie Anwendungen quecksilberfrei zu machen und den Gesamtverbrauch an Quecksilber zu reduzieren.

Aus umweltmedizinischer Sicht sind grosse Quecksilberfreisetzungen auf kleinem Raum (Bsp. Goldminen in Rumänien, Quecksilberminen in Peru) durch Unfälle oder andere Ereignisse von Bedeutung.

#### Literatur

Yip L et al: Chapter 72, Mercury, in: Sullivan/Krieger, Clinical Environmental Health and Toxic Exposures, 2<sup>nd</sup> edition, 2001

IPCS: Environmental Health Criteria 86; Mercury-environmental aspects, WHO 1989 und 118; Mercury-inorganic, WHO 1991)

### **C) Lösungsmittel**

Lösungsmittel sind organische Stoffe, mit der Fähigkeit, Fette und fettähnliche Substanzen in Lösung zu bringen. Unter Normalbedingungen liegen sie zumeist in flüssiger Form vor und sind leicht flüchtig. Beim Lösevorgang verändern sie weder sich selbst noch die gelösten Moleküle. Die einzelnen Lösungsmittel unterscheiden sich in Aufnahme, Verteilung, Metabolismus und Ausscheidung, wie auch in den Leitsymptomen. Die Aufnahme in den Organismus erfolgt über die Lunge, die Haut und die Schleimhäute (inkl. MDT). Über die Blutbahn gelangen die Lösungsmittel in die fett- und lipoidreichen Gewebe, so vor allem in das Nervensystem, das Knochenmark, die Leber und ins Körperfett. Praktisch alle organischen Lösungsmittel weisen eine zentrale und/oder periphere Neurotoxizität auf, viele zudem eine Hepatotoxizität, eine Nephrotoxizität sowie eine Hämatotoxizität. Welches der Zielorgane im Vordergrund steht und in welchem Ausmasse dieses betroffen wird, hängt vom jeweiligen Lösungsmittel ab. Eine langjährige Exposition mit Konzentrationen deutlich über MAK zum überwiegenden Teil der Arbeitszeit kann eine Schädigung aller Zielorgane bewirken.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die chemische Einteilung der organischen Lösungsmittel und ihre gängigsten Vertreter. Bei speziellen Fragen sei auf die weiterführende Literatur, Datenbanken oder das Toxzentrum verwiesen.

<b>Chemische Stoffgruppe</b>	<b>Wichtigster Vertreter</b>
Kohlenwasserstoffe (R-H)	n-Hexan Benzine Petrol Benzol Xylol Toluol Styrol
Halogenierte Kohlenwasserstoffe (R-Halogen)	Methylenchlorid (Dichlormethan) Trichlorethen (Trichlorethylen, « Tri ») Tetrachlorethen (Tetrachlorethylen, « Per ») Tetrachlorkohlenstoff Fluorchlorkohlenwasserstoffe (z.B. Frigene)
Alkohole (R-OH) und Glykole (HO-R-OH)	Methanol (Methylalkohol) Ethanol (Ethylalkohol) Isopropanol Butanol Phenol Ethylenglycol
Ketone (R-CO)	Aceton Methylethylketon (MEK), Methyl-Isobutylketon (MIBK)
Nitroverbindungen (R-NO <sub>2</sub> )	Trinitrotoluol
Aminoverbindungen (R-NH <sub>2</sub> )	Anilin B-Naphtylamin Benzidin
Kohlenstoff-Schwefelverbindungen	Schwefelkohlenstoff Dimethylsulfoxid (DMSO)

Lösungsmittel dienen häufig auch als Ausgangsprodukte für chemische Synthesen.

## Berufliche Expositionsmöglichkeiten

Lösungsmittel finden breite Verwendung. Kontakte können in praktisch allen Berufen bestehen. Die Art und die Menge des verwendeten Lösungsmittels unterscheiden sich aber von Beruf zu Beruf erheblich.

<b>Verwendungsbereich</b>	<b>Verwendungszweck</b>
Erdölindustrie	Trenn- und Extraktionsmittel Produkt
Chemische, Pharmazeutische, Kosmetische und Nahrungsmittel-Industrie	Ausgangsprodukt Trenn- und Extraktionsmittel
Gummi-, Klebstoffindustrie (inkl. Anwender), Leder- und Kunstlederindustrie, Kunststoffindustrie, Kunstseideproduktion	Hilfsstoffe
Metallindustrie	Schmier-, Kühl-, Reinigungs- und Entfettungsmittel
Landwirtschaft, Gartenbau	Insektizide, Entwesungsmittel, Unkrautvertilger, Hilfsstoffe
Farb- und Lackindustrie Malereigewerbe, Spritzwerke	Farben und Lacksysteme (Komponenten) Entfettungs- und Reinigungsmittel
Chemische Reinigung	Reinigungsmittel
Medizin	Narkotika, Desinfektionsmittel

Da die Lösungsmittel vielfältig und häufig als Gemisch eingesetzt werden, weit verbreitet sind und Interaktionen mit anderen Substanzen auftreten können, sind bei der Abklärung einer Berufserkrankung umfassende qualitative und quantitative Angaben zu allen am Arbeitsplatz verwendeten Chemikalien unabdingbar. Bei Gemischen, Markennamen oder Fantasienamen informieren die Sicherheitsdatenblätter über die Zusammensetzungen. Sie sind zum überwiegenden Teil auf dem Informatikweg abrufbar.

Arbeitshygienische Massnahmen sowie der Ersatz durch lösungsmittelfreie Produkte haben die Anzahl der beruflich exponierten Personen vermindert und die Zahl der Vergiftungsfälle deutlich gesenkt. Eine relevante Exposition kann noch für Angestellte in Kleinbetrieben mit intensiver manueller Arbeit bestehen, z.B. für Flachmaler und Spritzlackierer sowie Laminierer von glasfaserverstärkten Polyester-elementen, Bodenleger, Drucker und Metallbearbeiter. Hier ist unsachgemässes Arbeiten die häufigste Ursache einer Exposition.

Die Suva erlässt eine Liste mit Grenzwerten für chemische Stoffe, inkl. Lösungsmittel, am Arbeitsplatz, die regelmässig aufgearbeitet und publiziert wird.

## Aufnahme, Verteilung, Metabolismus, Ausscheidung

Lösungsmittel können auf inhalativem, perkutanem oder gastrointestinalem Wege in den Organismus gelangen. Bei der Arbeit steht die Aufnahme über die Atmungsorgane und die Haut im Vordergrund. Am leichtesten erfolgt die Aufnahme über die Luftwege durch Inhalation von Gasen und Dämpfen. Sie ist einerseits von der Konzentration abhängig. Andererseits verstärkt vor allem die körperliche Belastung durch die Erhöhung der alveolären Ventilation und des Herzminutenvolumens die pulmonale Absorption in entscheidender Weise. Studien an gesunden freiwillig Exponierten zeigten sehr eindrücklich, wie die Gesamtdosis von Lösungsmitteln im Körper linear mit der zunehmenden körperlichen Belastung ansteigt.

Die Lösungsmittel haben unterschiedliche Fettlöslichkeitsgradienten. Je fettlöslicher, desto besser und schneller ist die Aufnahme in den Körper. Aufgenommene Lösungsmittel werden in der Regel in der Leber metabolisiert und dadurch entgiftet. Einige werden unverändert abgeatmet oder hepatobiliär oder renal ausgeschieden. Wieder andere werden erst durch Metabolisierung aktiviert (Chloroform, Dimethylformamid u.a.).

Die Lösungsmittel haben unterschiedliche Halbwertszeiten Sie hängen von deren Fettlöslichkeit ab. Grundsätzlich verbleiben stark fettlösliche Substanzen länger im Körper, meist im Fettgewebe gespeichert als weniger fettlösliche.

## Toxizität

In diesem Teil werden nur die allen Lösungsmitteln gemeinsamen Effekte besprochen. Hohe Dosen in kurzer Zeit aufgenommen, bewirken akute Vergiftungen. Kleinere Mengen über einen längeren Zeitraum, inkorporiert, d.h. Monate bis Jahre, können chronische Schäden bewirken. Das gleiche gilt für wiederholte akute und subakute Vergiftungen. Individuelle Faktoren wie das Alter, das Geschlecht und die körperliche Verfassung der betroffenen Personen spielen eine grosse Rolle. Für einzelne Lösungsmittel und deren spezifische Toxizität wird auf die Fachliteratur verwiesen (s. Referenzen).

### a.) akute Toxizität

Eine Exposition zu hoher Konzentration von Lösungsmitteln bewirkt eine akute Reizung der Haut und Schleimhäute und führt zu Effekten am ZNS, an der Leber und am Herzen. Das akute Stadium läuft häufig biphasisch ab, meist mit einem freien Intervall. Das Ausmass der Symptome ist dosisabhängig.

1. Phase	ZNS-Wirkungen: Schwindel, Benommenheit, Nausea, Erregungszustand, Rausch, Narkose, Atemstillstand
2. Phase	Organschädigung: toxische Hepatopathie, Herzrhythmusstörungen, selten renale (tubuläre) Schädigung

Lösungsmittel können generell die elektrische Leitfähigkeit des Herzens verändern und so zu Rhythmusstörungen führen. (für Trichlorethen erwiesen).

## b.) chronische Toxizität

Organsystem/Wirkung	Symptome/Diagnosen
Haut	Sogenannte Abnutzungsdermatose durch chronische Entfettung der Haut, für Kontaktekzeme prädestinierend
PNS	<u>Chronische Lösungsmittelintoxikation des peripheren NS:</u> Sensible und motorische, meist symmetrische Polyneuropathien und deren Kombination, Polyneuropathie des vegetativen NS
Leber	Selten chronisch toxische Hepatopathie nach wiederholten akuten Lösungsmittelintoxikationen oder mehrjähriger Exposition zu Lösungsmittelkonzentrationen über MAK. (am häufigsten aber durch chronischen Ethylalkoholkonsum verursacht).
Niere	Selten: Tubuläre toxische Nephropathie (Speziell nach Exposition gegenüber CCl <sub>4</sub> , Ethylenglykol, Diethylenglykol)
Kreislauf	Gefässschäden (Hyalinose kleiner Gefäße, Vasculitis, Atheromatose) durch CS <sub>2</sub> und Methylenchlorid. Herzrhythmusstörungen (Trichlorethen)
Knochenmark	Myeloproliferative und myelodysplastische Syndrome durch Benzol.
Karzinogenität	Benzol und andere Lösungsmittel sind mit diversen Karzinomen in Verbindung gebracht worden. Benzol ist soweit das einzige Lösungsmittel, bei dem Einigkeit bezüglich Karzinogenität herrscht (C1-Stoff).

## Behandlung einer Lösungsmittelvergiftung

Bei einer akuten Vergiftung (inhalativ, cutan) genügt eine symptomatische Behandlung mit Überwachung der Vitalfunktionen. Spezielle Vorsicht ist bei der Gabe von Adrenalin und Adrenalinabkömmlingen inkl. Dopamin geboten, können doch nicht beherrschbare Herzrhythmusstörungen speziell bei einer Vergiftung mit chlorierten Kohlenwasserstoffen auftreten. Nach peroraler Intoxikation darf **nie** Erbrechen induziert werden.

Die Behandlung der chronischen Vergiftung besteht in der strikten Vermeidung des weiteren Kontaktes mit dem schädigenden Agens und ist auf die Rehabilitation der neurologischen Folgen ausgerichtet.

## Biologisches Monitoring

Ein biologisches Monitoring ist für viele Lösungsmittel möglich. Entweder werden die Substanzen selbst oder deren Metaboliten im Urin oder Blut bestimmt. Bei der Durchführung des biologischen Monitorings ist es sehr wichtig Baseline-Daten sowie Angaben über allfällige gleichzeitig bestehende Krankheiten zu haben. Andernfalls können Fehlinterpretationen resultieren. Für das Monitoring einzelner Substanzen sei auf die Fachliteratur verwiesen.

Als Beispiel eines sehr häufig verwendeten organischen Lösungsmittels sei **Toluol** erwähnt. Toluol ist eines der am häufigsten verwendeten Lösungsmittel überhaupt. Neben seiner Verwendung in Farben, Lösungsmittelmischungen und als Ausgangsstoff für weitere Synthesen wird es als Zusatz zu Benzin eingesetzt (bis zu 7 % des Volumens im Benzin) [6]. Da Toluol sehr flüchtig ist, bestehen viele mögliche Expositionsquellen. Toluol wird über die

Lunge und die Haut rasch aufgenommen. Toluol hat eine dominante Neurotoxizität, die bei chronischer Vergiftung zu zerebraler und, für Toluol spezifisch, zu zerebellärer Atrophie mit nachfolgenden Symptomen wie verschlechtertem Lern- und Erinnerungsvermögen, zerebellärer Ataxie, Tremor und corticospinaler Dysfunktion führt. Im Weiteren ist bei massiver chronischer Vergiftung eine tubuläre Nierenstörung beschrieben. Im Körper wird Toluol zu ca. 70 % in Hippursäure umgebaut und mit einer Halbwertszeit von 12 h renal ausgeschieden (MAK-Wert für Toluol 90 mg/m<sup>3</sup>. BAT-Wert für Toluol 1 mg/l Blut am Ende der Schicht. BAT-Wert für Hippursäure 2,0 g/g Kreatinin am Ende der Schicht oder am Ende der Woche).

## Literatur

Suva: Erkrankungen durch Lösungsmittel. Reihe Arbeitsmedizin 2869/17

Sullivan/Krieger: Clinical Environmental Health and Toxic Exposures, 2<sup>nd</sup> edition, 2001, Chapters 58, 59, 60, 67, 105, 106, 107, 108

Suva, Grenzwerte am Arbeitsplatz, Form 1903

Lauwerys R, Hoet P: Industrial Chemical Exposure, 3rd edition, 2001

Triebig G., Kentner M., Schiele R., Arbeitsmedizin, Gentner Verlag, Stuttgart, 2008

## D) Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid entsteht bei unvollständiger Verbrennung von organischer Materie. Vergiftungen treten bevorzugt an Orten auf, bei denen Verbrennungsprozesse verbunden mit ungenügender Ventilation auftreten. Eine weitere, seltenere Quelle von CO ist der Metabolismus von Dichlormethan (Methylenchlorid) zu CO in der Leber (ca. 30 % der Gesamtdosis von Methylenchlorid).

### Berufliche Expositionen

Berufsgruppen, die speziell dem Risiko einer CO-Vergiftung ausgesetzt sind, umfassen: Feuerwehrleute, Lastwagen- und Automechaniker, Lagerarbeiter (wenn Gas- oder Dieseltreibene Gabelstapler im Einsatz sind), Giessereiarbeiter (wenn organische Festiger oder Hilfsmittel in die Gussformen eingearbeitet sind). Weitere Arbeitsplätze sind der Untertagbau sowie der Unterhalt in Strassentunnels und Parkhäusern.

Die wichtigste nicht-berufliche CO-Exposition besteht durch das Rauchen.

## Aufnahme, Verteilung, Metabolismus, Ausscheidung

CO wird rasch und vollständig aus der Lunge aufgenommen. Da es eine ca. 200-fach höhere Affinität für Häm hat als O<sub>2</sub>, lagert es sich rasch an die Erythrocyten an. Danach folgt es dem Verteilmuster von O<sub>2</sub>. Die Elimination von CO erfolgt wiederum über die Lunge. Dessen Eliminationszeit ist sehr komplex und scheint mit der Expositionsdauer und -art (dauernd, intermittierend) im Zusammenhang zu stehen.

Bei Zimmertemperatur und normaler Atemluft beträgt die Halbwertszeit ca. 4.5 h. Diese kann mittels Erhöhung des O<sub>2</sub>-Gehaltes und des Druckes deutlich gesenkt werden (100 % O<sub>2</sub>, 3 Atmosphären Druck: ca. 23 Minuten).

## Toxizität

### a) akute Toxizität

CO führt zu einer Gewebe-Hypoxie. Deshalb ist das Gehirn, als sauerstoffempfindlichstes Organ als erstes betroffen (speziell: Globus pallidus). Die Hypoxämie führt dann sekundär auch zu einer Hypotonie sowie einem Pumpversagen des Herzens. Das führt zu einer weiteren Beschleunigung der peripheren Hypoxämie und zum Tode.

Anzeichen einer Vergiftung sind Kopfschmerzen, zunehmende Konzentrationsschwäche, Delir und Koma.

Wird eine akute Vergiftung überlebt, so stellen sich häufig neurologische Spätfolgen wie Persönlichkeitsveränderungen, Ataxie, Parkinson oder Psychosen ein.

Die Höhe des Carboxyhemoglobins ist nicht aussagekräftig für die klinischen Symptome. Sie beweist nur eine stattgefundene Exposition. Schwere neurologische Verläufe werden jedoch selten von CO-Hb-Spiegeln unter 50 % gesehen. Bei akuten Intoxikationen kann es zu Myokardnekrosen und Herzrhythmusstörungen kommen.

### b) chronische Toxizität

Die Auswirkungen einer chronischen Exposition gegenüber CO sind umstritten. Generell besteht ein Trend zu erhöhter koronarer Herzkrankheit bei Exponierten (Hb-CO über 6 %). Indessen braucht es noch weitere Abklärungen, um diese Hypothese zu erhärten. Bei CO-Hämoglobinspiegeln von 3 – 5% kann es bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit zu pektanginösen Beschwerden, bei solchen mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit zu Claudicatio intermittens kommen.

## Behandlung einer Kohlenmonoxidvergiftung

Die sofortige Entfernung des Patienten aus der CO-Umgebung, mit entsprechendem Selbstschutz des Rettenden, mit nachfolgender Verabreichung von 100 % O<sub>2</sub> ist von überragender Bedeutung. Alle CO-Vergiftungen gehören hospitalisiert und überwacht. Bei schweren Kohlenmonoxid-Intoxikationen ist eine hyperbare Sauerstofftherapie in einem Zentrum indiziert.

## Biologisches Monitoring

Für das biologische Monitoring hat sich die Messung des CO-Hb im venösen Blut als Goldstandard bewährt. Als BAT-Wert setzt die Suva 5 % CO-Hb. Ein Wert von CO-Hb von 5% wird bei einer Exposition in der Raumluft von  $35 \text{ mg/m}^3$  erreicht (bei üblicher körperlicher Aktivität). Der MAK-Wert für Kohlenmonoxid beträgt  $35 \text{ mg/m}^3$  (30 ppm). Dieser Wert ist als Kurzzeitgrenzwert über 15 Minuten gemessen einzuhalten.

Alternativ zum Blut kann mittels einer Bestimmung des CO-Gehaltes in der Ausatemungsluft das CO-Hb extrapoliert werden. Entsprechend geeichte Röhrchen sind auf dem Markt. Rauchen stellt den grössten Störfaktor dar (es sind Spitzenwerte bis 22 % CO-Hb möglich).

## Literatur

Seger D.L.: Chapter 56, in Sullivan/Krieger: Clinical Environmental Health and Toxic Exposures, 2<sup>nd</sup> edition, 2001

Grenzwerte am Arbeitsplatz, Suva, Publikation 1903

## 2.3 Biologische Gefährdungen

Unter biologischen Stoffen sind zelluläre oder nichtzelluläre mikrobiologische Einheiten gemeint, die fähig sind, sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen, insbesondere Bakterien, Algen, Pilze, Protozoen, Viren und Viroide; ihnen gleichgestellt sind Gemische und Gegenstände, die solche Einheiten enthalten, sowie Zellkulturen, Humanparasiten, Prionen und biologisch aktives genetisches Material.

Die möglichen beruflichen Kontakte zu Infektionserregern sind mannigfaltig. Viele sind für den Menschen ungefährlich, andere stellen gerade im beruflichen Bereich durch die Übertragung von Krankheiten eine deutliche Gefahr dar. Durch Blut, frisches Gewebe und Körperflüssigkeiten können neben Viren auch Bakterien, Pilze und Protozoen und Prionen übertragen werden. Dies gilt für humanes wie tierisches Material. Auch im Kontakt zu kranken Menschen oder Tieren können Infektionen übertragen werden (z.B. Tuberkulose, HIV, Hepatitis B und C). Die möglichen Übertragungswege sind vor allem:

- Kontakt von infektiösem Material als Flüssigkeit oder Aerosol mit vorgeschädigter Haut oder Schleimhaut
- direkte Verletzung der Haut durch Stiche, Schnitte mit kontaminierten Instrumenten, aber auch Bisse, Kratzwunden usw. durch infizierte Tiere
- Einatmen von Aerosolen, die bei bestimmten Arbeitsschritten (z.B. Homogenisieren und Zentrifugieren von infektiösem Material) entstehen. Einatmen von pathogenen Sporen (Anthrax).

## **Infektionskrankheiten, vor allem bei Medizinalberufen, Labor und Forschung**

Infektionskrankheiten einschliesslich Kontaminationen machen über 20% der bei der Suva und anderen UVG-Versicherern gemeldeten Berufskrankheiten aus.

Im Vordergrund bei den anerkannten Berufskrankheiten stehen Reiseerkrankungen, wie Malaria, Hepatitis A oder Durchfallerkrankungen nach beruflichen Geschäftsreisen insbesondere in subtropische und tropische Gebiete. Wichtig sind bei den Berufskrankheiten Infektionen die im Gesundheitswesen auftreten oder durch Kontakt mit Tieren verursachte Krankheiten, das heisst Zoonosen.

### **Mögliche Berufliche Expositionen**

Das grösste Gefahrenpotential ausserhalb der beruflichen Reisetätigkeit eine arbeitsplatzbedingte Infektionskrankheit zu erlangen, besteht im Gesundheitswesens (Pflegerberufe, Reinigungspersonal, Tätigkeiten in diagnostischen und Forschungslaboratorien).

**Pflegerberufe:**

Hier sind vor allem die blutübertragenen Erkrankungen im Vordergrund: HIV, Hepatitis B, und C. Bei der aerogenen Infektionsübertragung spielt die Tuberkulose wegen der zunehmenden Migration, Resistenzentwicklung und Co-Infektionen mit HIV eine besondere Rolle. Andere virale und bakterielle Erkrankungen, beispielsweise durch Salmonellen oder Noroviren sind ebenfalls zu beachten.

**Medizinische Laboratorien:**

In dieser Berufsgruppe stehen wiederum die blutübertragbaren Erkrankungen im Vordergrund. Indessen können auch andere Infektionen auftreten, speziell in der mikrobiologischen Diagnostik. Ein Beispiel von aerogen übertragenen Infektionskrankheiten im Labor sind Meningokokken.

**Forschungslaboratorien:**

Diese Laboratorien haben meistens definierte Infektionserreger, die aber von erheblicher Virulenz oder Pathogenität sein können (HIV-Viren, Gelbfieber, Adenoviren, Yersinien, Salmonellen etc.).

**Tierpfleger/Fellhändler:**

Es gibt ca. 200 Zoonosen, die im einzelnen nicht beschrieben werden sollen. Neben Infektionen, die durch Bisse übertragen werden können, sind Infektionen des Magen-Darm-Traktes und der Haut (Pilze) sowie der Lunge (Q-Fieber, Psittakose) erwähnenswert.

Als spezielle Erkrankung für Personen mit Tierkontakt sei das Herpes Simiae Virus (Synonyme: Herpes B-Virus oder Cercopithecine Herpesvirus 1) erwähnt. Diese Erkrankung führt bei den betroffenen Affen zu einem Herpes simplex-ähnlichen Krankheitsbild. Durch Biss oder Kontakt mit infektiösem Speichel etc. auf den Menschen übertragen, tritt eine in ca. 80 % letale, fieberhafte Erkrankung mit Encephalitis auf. Diese kann mittels Acyclovir / Gancyclovir behandelt werden. Eine einmal begonnene Therapie muss wahrscheinlich zeitlebens fortgesetzt werden.

Anthrax-Infektionen, wenn unerkannt, als letale Pneumonie verlaufend, sind bei Fellhändlern beschrieben.

## **Klinik und Therapie**

Für die Klinik und die entsprechende Therapie der jeweiligen Infektionskrankheit sei auf die spezielle Fachliteratur verwiesen. Für die Arbeitsmedizin stehen die präventiven Massnahmen im Vordergrund.

## **Prävention**

Für die Prävention von beruflichen Infektionskrankheiten gilt die TOP-Strategie. Technische Massnahmen haben grundsätzlich zur Verhütung von Berufskrankheiten Priorität. Beispiele im Laborbereich sind die Verwendung von mikrobiologischen Sicherheitswerkbänken der Klasse II oder III bei der möglichen Entstehung von infektiösen Aerosolen, oder im Routinelabor die Anwendung von mechanischen Pipettierhilfen. Für den Pflegebereich sind technische Hilfsmittel entwickelt worden, welche Stichverletzungen verhindern oder Kontakte mit Blut verringern können. Beispiele sind geschlossene statt offene Blutentnahmesysteme, Sicherheitssysteme zum Schutz vor Stichverletzungen, Sicherheitsadapter oder durchstichsichere und verschliessbare Behälter zur Entsorgung von Kanülen sowie spitzen oder scharfkantigen Gegenständen.

Organisatorische Massnahmen umfassen Richtlinien für die Prävention die in den einzelnen Organisationseinheiten und für die einzelnen Arbeitsplätze umzusetzen sind. Die Information und Schulung über die Gefährdung und Verhütungsmassnahmen sind ebenfalls ein wesentliches Element der Prävention.

Personenbezogene Massnahmen, das heisst persönlicher Schutzmassnahmen, sind ebenfalls wichtig. Beispiele sind das Tragen geeigneter Handschuhe bei allen Verrichtungen, bei denen ein Kontakt mit Blut, mit blutkontaminierten oder anderweitig potenziell infektiösen Körperflüssigkeiten vorhersehbar ist. Auch andere persönliche Schutzmittel wie Schutzbrillen, Schutzschilde, Schutzmasken sowie wasserundurchlässige Überschürzen sind zu verwenden, sofern Spritzer von Blut oder anderen Körperflüssigkeiten zu erwarten sind.

Arbeitsmedizinische Massnahmen sind zur Verhütung von infektiösen Berufskrankheiten ebenfalls unumgänglich. So ist als Präventionsmassnahme die aktive Schutzimpfung gegen Hepatitis B für alle Arbeitnehmenden erforderlich, bei denen ein Kontakt mit Blut oder potenziell infektiösen Körperflüssigkeiten möglich ist. Die Postexpositions-massnahme nach Stich- und Schnittverletzungen oder mukokutanen Kontaminationen ist zu regeln. Ein weiteres Beispiel stellt die Überwachung von potenziell gegenüber Mykobakterium tuberculosis exponierten Arbeitnehmenden dar, heute mittels IGRA-Tests.

Die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV) regelt den Schutz des Personals beim Umgang mit Mikroorganismen und der Exposition gegenüber Mikroorganismen. Der Arbeitgebende ist bei jedem Umgang mit und jeder Exposition gegenüber Mikroorganismen verpflichtet, die Gefahren zu ermitteln und das damit verbundene Risiko zu verhüten. Die SAMV regelt auch das Anlegen einer Gesundheitsakte für die betroffenen Arbeitnehmenden.

Für weitere Details wird auf die zitierte Literatur verwiesen.

## **Literatur**

Suva: Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen, Reihe Arbeitsmedizin, 2869/30

Suva: Verhütung von blutübertragbaren Infektionen beim Umgang mit Patienten, Reihe Arbeitsmedizin, 2869/20

Suva: Verhütung von blutübertragbaren Infektionen in medizinischen Laboratorien, Reihe Arbeitsmedizin, 2869/19

Suva: Verhütung von Berufskrankheiten in diagnostisch-mikrobiologischen Laboratorien, Reihe Arbeitsmedizin 2869/27

Suva: Tuberkulose: Gefährdung und Schutzmassnahmen, Reihe Arbeitsmedizin, 2869/35

## **2.4 Berufsbedingte Atemwegserkrankungen und Pneumopathien**

### **Einleitung**

Jeder Mensch ist zeitlebens einer Fülle von Umwelteinflüssen ausgesetzt. Eine diesbezüglich empfindliche Struktur ist die rund 70m<sup>2</sup> grosse Atemoberfläche unserer Lungen. Es ist deshalb naheliegend, dass schädigende Einwirkungen – insbesondere aus der Arbeitswelt – zu Funktionseinbussen und Erkrankungen der Atemorgane führen können.

Berufsbedingte Atemwegs- und Lungenkrankheiten, die gemäss Art. 9/1 des Unfallversicherungsgesetzes (UVG) in mindestens vorwiegendem Masse durch Arbeitsplatz bedingte Faktoren verursacht werden, sind denn auch verhältnismässig häufig. In der Berufskrankheitenstatistik nehmen sie nach Enthesiopathien (Erkrankungen von Sehnen bzw. Sehnenscheiden), Dermatosen und Gehörsstörungen mit rund 250 Fällen pro Jahr den vierten Platz ein.

Der vorliegende Text soll den Studierenden und den mit der Thematik weniger vertrauten Ärzten einen Überblick über die in der Schweiz beobachteten berufsbedingten Atemwegs- und Lungenkrankheiten geben. Die einzelnen Krankheitsgruppen werden dabei kurz dargestellt und durch Nennung ihrer wichtigsten Vertreter abgerundet.

### **Asthma bronchiale**

Das Berufsasthma ist mit rund 120 Fällen pro Jahr die häufigste berufsbedingte Atemwegserkrankung in der Schweiz. Es hat damit die früher hohe Zahl von Pneumokoniosen deutlich übertroffen.

Auf Grund neuerer Empfehlungen wird heute von arbeitsplatzbezogenem Asthma (work related asthma) gesprochen. Dieser Oberbegriff umfasst zum einen das allergische Asthma und zum anderen das akut irritative Asthma. Diesen beiden primären Formen des Berufsasthmas steht das Arbeitsplatz assoziierte Asthma (work exacerbated asthma)

gegenüber, welches ein an sich berufsfremdes Krankheitsgeschehen darstellt, das durch Einwirkungen von Seiten des Arbeitsplatzes mehr oder weniger stark verschlimmert wird (6). Bezüglich der Verursachung des allergischen Asthmas ist zwischen hoch- und niedermolekularen Substanzen zu unterscheiden. Während die hochmolekularen – vorwiegend Proteine – über einen IgE vermittelten Pathomechanismus wirken, sind bei niedermolekularen Asthmaauslösern andere, z. Zt. nicht näher bekannte Krankheitsabläufe anzunehmen.

Bei akkut irritativ bedingtem Berufsasthma liegt definitionsgemäss ein de novo entstandenes Geschehen vor, das – ohne Latenz – nach einer einmaligen, Minuten bis Stunden dauernden, in der Regel hohen Exposition auftritt und trotz Expositionsstopp über mindestens 3 – 6 Monaten andauert. Diese Asthmaform wird deshalb auch als „Reactive Airways Dysfunction Syndrome“ (RADS) bezeichnet (12). Ob auch wiederholte schwächere Expositionen zu einem Irritanzien induzierten Asthma führen können, wird kontrovers beurteilt (3).

Klinisch, therapeutisch und prognostisch ergeben sich zwischen berufsbedingtem und berufsfremdem Asthma keine prinzipiellen Unterschiede, auch nicht in Abhängigkeit zur Art der verursachenden Substanz (4,21).

Üblicherweise sollte nach Diagnose eines Berufsasthmas jede weitere Exposition gegenüber dem auslösenden Agens vermieden werden, allenfalls bis hin zum Berufswechsel. In vielen Fällen lässt sich so eine klinische Heilung oder zumindest Besserung erzielen. Erfolgt die Diagnose eines Berufsasthmas erst nach einer lang dauernden symptomatischen Phase, kommt es dagegen oft zu chronischen Verläufen (4,24).

Tabelle 1 orientiert über einige häufige Ursachen von Berufsasthma. Bei den hochmolekularen stehen zahlenmässig Bäckerallergene, v.a. Mehle im Vordergrund, bei den niedermolekularen die sog. Isocyanate.

Mehle und Backhilfsmittel weisen ein breites allergenes Spektrum auf, das mehrere Dutzend verschiedene Epitope umfasst. Je nach Getreidesorte und Ausmahlungsgrad ist dieses unterschiedlich zusammengesetzt. In der Regel lassen sich beim Bäckerasthma mit den gängigen Methoden (z.B. CAP, Prick Test) spezifische IgE gegen Getreideproteine und Enzyme nachweisen.

Isocyanate werden als Härter bei der Produktion von Polyurethanen eingesetzt, zum Beispiel für Schaumstoffe, Spritzlacke (Auto- und Industriemalerei), Klebstoffe, sog. Elastomere (z.B. Schuhsohlen) u.a.m. Demgegenüber sind handelsübliche Kunstharzfarben und Lösungsmittel (z.B. Nitroverdünner, Terpentinersatz) wie sie in der Baualmalerei Verwendung finden, normalerweise nicht isocyanathaltig und auch nicht als primäre Asthmaauslöser bekannt.

Bezüglich der Wirkungsweise der Isocyanate werden direkt pharmakologische Effekte (15) aber auch ein Protein-Hapten Mechanismus (3) mit entsprechender Bildung von spezifischen IgE und IgG diskutiert. Solche lassen sich aber nur in ca. 15-20 % der Fälle nachweisen. Der niedrigen Sensitivität dieses Testes steht allerdings mit bis zu 70% eine relative hohe Spezifität gegenüber. In etwa dasselbe gilt für die übrigen niedermolekularen asthmaauslösenden Substanzen wie Formaldehyd, Phthalsäure- sowie Trimellitinsäureanhydrid und andere. Ein fehlender Nachweis von spezifischen IgE gegen niedermolekulare Asthmaauslöser schliesst deshalb ein Asthma aus dieser Gruppe nicht aus.

## Bronchitis

Die inhalative Belastung mit Stäuben, Dämpfen und vor allem Reizgasen ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , Brandgasen usw.) kann sowohl akute als auch chronische Entzündungen der Atemwege verursachen. (4).

Intensive, meist akzidentelle Reizgasinhalationen können nicht nur zum beschriebenen Syndrom des RADS sondern auch zu *akuten bronchitischen Symptomen* mit Atemnot, Husten und Auswurf bis hin zum toxischen Lungenödem führen. Der Verlauf ist kurzfristig und ihre Manifestation erfolgt typischerweise mit einer Latenzzeit von bis zu 24 und mehr Stunden. Seltener werden in derartigen Situationen auch obliterierende Bronchiolitiden beobachtet.

Eine über Jahre andauernde chronische Exposition gegenüber Stäuben, Dämpfen und Räuchen kann zur *chronischen Bronchitis* führen. Verschiedene Studien zeigen, dass sich diese nicht nur auf Husten und Auswurf beschränkt, sondern von einer irreversiblen obstruktiven Ventilationsstörung gefolgt sein kann, so dass von einer eigentlichen COPD gesprochen werden muss. Berufliche Noxen stehen im Vergleich zum Rauchen aber deutlich im Hintergrund. Mitunter ist es schwierig, berufliche und tabakrauchbedingte Anteile einer COPD voneinander abzugrenzen, was zu versicherungsmedizinischen und juristischen Kontroversen führen kann (10).

**Tabelle 1** Als Berufssthmmauslöser bekannte Arbeitsstoffe (3)

<b>ASTHMAAUSLÖSENDE SUBSTANZEN</b>	<b>GEFÄHRDETE BERUFSGRUPPEN</b>
<b>a) hochmolekular (biologisch)</b>	
– tierische Produkte und Ausscheidungen (Haare, Federn, Schuppen, Blut- und Urineiweisse)	Tier- und Vogelzüchter, Laborpersonal von Versuchstierställen (Kleinsäuger), Landwirte
– pflanzliche Produkte	
Getreide	Landwirte und Transporteure
Mehl	Müller, Bäcker
Textilien: Hanf, Flachs, (Wild-) Seide, Baumwolle	Textilarbeiter
Holz (tropische, seltener einheimische Arten)	Schreiner, Zimmerleute
Blumen	Floristen
Pflanzen	Gärtner, Landwirte
Gewürze, Kräuter	Personal von Lebensmittel-, Reformbetriebe, und Drogerien
Latex	Medizinalpersonal
Enzyme (Amylasen, Proteasen)	Bäckereien, Waschmittelindustrie
– Pharmaka (Antibiotika)	Pharmazeutische Industrie, Medizinalberufe
<b>b) niedermolekular organisch</b>	
– Isocyanate (Härter)	Kunststoffindustrie (Herstellung und Verarbeitung von verschiedenen Polymerisaten, z.B. Polyurethanschaumstoffe). Umgang mit Zweikomponentenklebern und -lacken (Autogewerbe)
– Phtalsäureanhydrid (Warmhärter)	Herstellung und Verarbeitung von Epoxidharzen als Kleber (z. B. Araldit®), Bauteile, Spezialmörtel, Bodenbeläge
– organische Amine (Kalthärter)	
– Kolophonium (Abietin- und Pimarsäure)	Herstellung elektrischer und elektronischer Apparate (Flussmittel zum Weichlöten), Bestandteil zahlreicher Kosmetika, Farben und Haushaltprodukte
– Formaldehyd, Glutaraldehyd	Spanplattenherstellung und -verarbeitung, Kernmacherei und Giesserei, Umgang mit Desinfektionsmitteln und verschiedenen Haushaltprodukten
– Azofarbstoffe	Färbereien (Aktivfärben, d.h. Farbe wird chemisch gebunden)
<b>c) niedermolekular anorganisch</b>	
– Nickel- und Chromsalze	Galvanische Industrie, Gerbereien
– Platinkomplexsalze	Platinraffination

## Pneumokoniosen

Pneumokoniosen sind chronisch fibrosierende Lungenkrankheiten, welche nach lang dauernder Inhalation von anorganischen Stäuben in Erscheinung treten. Eine der bekanntesten und klassischen Pneumokoniosen ist die *Silikose* (27). Sie hat dank wirksamer technischer Schutzmassnahmen und einer zunehmenden Mechanisierung im Untertage- und Tiefbausektor erheblich an Bedeutung verloren. Nach wie vor ist aber in unserem Land mit rund 15 neuen Fällen pro Jahr zu rechnen, die allerdings nicht mehr denselben Schweregrad aufweisen wie früher. Es hat sich gezeigt, dass auch moderne Arbeitsplätze zu Silikosen führen können (Maschinenführer von Tunnelfräsen, staubintensive Abbruch-, Umbau- und Fassadenarbeiten im Schutz dichter Fassadenverkleidungen aus Plastik).

Ursache der Silikose ist Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), ein Mineral, das als obligater Bestandteil kristalliner Gesteine in der Natur vorkommt und sekundär durch Sedimentation und Verwitterung auch in zahlreichen Ablagerungen anzutreffen ist. Als Feinstaub, d.h. in Form von alveolengängigen Partikeln mit einem Durchmesser von weniger als 0,005 mm, eingeatmet, wirkt Quarz zytotoxisch (11,14). Eine pathogenetisch zentrale Rolle fällt den Alveolarmakrophagen zu, die während der Phagozytose des  $\text{SiO}_2$  verschiedene Entzündungsmediatoren freisetzen und damit die silikosetypische Form der Immunkaskade auslösen, welche letztlich in der Bildung der charakteristischen Silikoseknötchen endet. Diese vergrössern sich im Laufe der Zeit und wachsen zu Konglomeratknoten und grossen Schwielen zusammen (5,22).

Erstaunlich ist, dass Nichtraucher silikotische Veränderungen wesentlich länger symptomfrei und ohne funktionelle Einbussen tolerieren (18). Dagegen werden bei der Silikose lokale Immunvorgänge und Selbstreinigungsmechanismen beeinträchtigt, was zu rezidivierenden bronchopulmonalen Infekten und zu einer vermehrten Tuberkuloseanfälligkeit führt (26). Auch ist gezeigt worden, dass die Silikose mit einem erhöhten Lungenkrebsrisiko einhergeht (25,30).

Da für die Silikose keine Heilung möglich ist, kommt der Prävention grosse Bedeutung zu. Alle quarzstaubexponierten Arbeitnehmenden werden deshalb durch die Suva in dreijährigen Abständen im Rahmen einer Vorsorgeuntersuchung arbeitsmedizinisch überwacht (Anamnese, Kurzstatus, Spirometrie und konventionelles Thoraxröntgenbild).

Eine weitere, diffuse Pneumokonioseform, die *Asbestose*, ist trotz ihrer durchschnittlichen Latenzzeit von 20 und mehr Jahren ab Expositionsbeginn seltener geworden. Zu ihrer Entstehung sind beträchtliche Asbeststaubkonzentrationen erforderlich, welche die heute maximal zulässigen um ein Vielfaches übersteigen und früher vorwiegend bei Asbestspritzarbeiten anzutreffen waren (7).

Die Asbestose ist ebenfalls mit einem erhöhten Bronchuskarzinomrisiko assoziiert (16,20,32). Auch ohne Vorliegen einer Asbestose geht man allgemein davon aus, dass bei einer Arbeitsplatzkonzentration von einer alveolengängigen Faser/ $\text{cm}^3$  während 25 und mehr Arbeitsjahren im Vergleich zu Nichtexponierten eine Risikoverdoppelung zu erwarten ist (2).

Ebenfalls Asbeststaub bedingt und mit jährlich über 100 berufsbedingten Fällen leider häufig ist das *maligne Mesotheliom der Pleura*, ein bis heute kaum behandelbarer bösartiger Tumor, der allerdings in ca. 20 % der Fälle auch spontan, also ohne Asbestexposition auftreten kann. Typischerweise liegt die Asbestexposition bis 40 und mehr Jahre zurück, was deren Abklärung erheblich erschwert. Auch deutlich geringere Fasermengen, als sie zum Erwerb einer Asbestose notwendig sind, können ein Mesotheliom verursachen. Sie liegen aber normalerweise immer noch über der natürlichen Asbestexposition der Allgemeinbevölkerung (8,31).

Vergleichsweise häufig vorkommende, gutartige Asbest bedingte Veränderungen sind die in der Regel beidseitig, diaphragmal und/oder dorso- bis anterobasal auftretenden *Pleuraplaques*. Sie sind in dieser Lokalisation und bei gleichzeitiger Verkalkung nahezu pathognomonisch für eine frühere Asbestexposition. In der Regel fehlt ihnen ein Krankheitswert. Sie sind pathologisch-anatomisch sowie klinisch von einer Asbestose klar abzugrenzen und gelten nicht als Präkanzerose (1,13).

Im Gegensatz zur Silikose und zur Asbestose verursachen inerte Stäube (Eisenoxydstaub, Gips-, Kalkstaub usw.) aber auch Fasern aus Glas- und Steinwollen (9) keine Pneumokoniosen. Allenfalls sind diskrete radiologische Veränderungen, d.h. eine vermehrte retikuläre Zeichnung des Lungengerüsts zu beobachten, insbesondere bei der *Siderose* (4), d.h. der durch Eisenoxydstaub (u.a. Schweissrauche) ausgelösten Form. Die damit einhergehenden diskreten Gewebeveränderungen sind nach Expositionsende teilweise reversibel.

### **Allergische Alveolitiden (Hypersensitivitätspneumonitiden)**

Allergische Alveolitiden, eigentlich Bronchioloalveolitiden oder gem. dem angelsächsischen Sprachgebrauch Hypersensitivitätspneumonitiden, entstehen im beruflichen Umfeld durch die Inhalation von hoch- und niedermolekularen, vorwiegend organisch chemischen Gefahrstoffen, bzw. Allergenen, welche in der Lage sind, im Lungeninterstitium entzündlich-allergische Reaktionen vom Typ III und teilweise Typ IV nach Coombs und Gell auszulösen (19,23). Diese gehen sowohl mit Atembeschwerden als auch mit Allgemeinsymptomen wie Fieber, Abgeschlagenheit, Schüttelfrösten und evtl. Gelenkbeschwerden einher. Lungenfunktionell findet man eine Restriktion sowie eine Verminderungen der CO-Diffusionskapazität (gestörter Gasaustausch), während sich radiologisch retikulonoduläre Veränderungen bzw. zusätzliche milchglasartige Verschattungen im CT zeigen. Die Symptomatik ist – vor allem in der Frühphase – in Abhängigkeit zur Exposition reversibel. Wahrscheinlich gibt es aber auch sogenannte stumme klinische Verläufe, die erst dann symptomatisch werden, wenn irreversible fibrotische Veränderungen eingetreten sind. Die wichtigsten heute bekannten Auslöser von Hypersensitivitätspneumonitiden sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Tabelle 2** Wesentliche Ursachen berufsbedingter Hypersensitivitätspneumonitiden (exogen allergischer Alveolitiden) (4)

KRANKHEIT	ANTIGENQUELLE	ANTIGEN
Farmerlunge	schimmeliges Heu, Stroh	Thermoaktinomyceten (micropolyspora faeni, thermoactinomyces vulgaris)
Vogelzüchterlunge	Federn, Ausscheidungen	Vogelproteine
Befeuchterlunge	Kontaminiertes Befeuchter- wasser	Thermoaktinomyceten, Aureobasidien, Amoeben
Pilzarbeiterlunge	Kompoststaub	Thermoaktinomyceten, Pilzsporen
Malzarbeiterlunge	Schimmelige Gerste	Aspergillus clavatus
Käsewascherlunge	Schimmel	Penicillium casei
Korkarbeiterlunge	Schimmlicher Kork	Penicillium frequentans
Proteasenlunge	Waschmittelproteasen	Bacillus subtilis
Isocyanatalveolitis	Isocyanathärter	Hexamethylendiisocyanat (HDI) Methyldiphenyldiisocyanat (MDI) Naphtylendiisocyanat (NDI) u.a.
TMA-Lunge	Säureanhydridhärter	Trimellitinsäureanhydrid (TMA)
Pyrethrumalveolitis	Insektizide	Pyrethrum
Hartmetallstaublunge		Kobalt/Wolfram

Im nichtindustriellen beruflichen Bereich steht die Farmerlunge im Vordergrund, im industriellen Bereich dagegen die Befeuchterlunge. Ursache der Farmerlunge ist schimmelsporenhaltiger Heustaub, während bei der Befeuchterlunge vor allem thermophile Aktinomyceten und andere mikrobielle Kontaminanten des Wassers aus Luftbefeuchtern eine Rolle spielen. Die meisten Fälle von Befeuchterlunge werden in Druckereien sowie in Papier- und Textil- verarbeitenden Betrieben beobachtet, in denen aus technischen Gründen eine Luftbefeuchtung notwendig ist.

Die Gruppe der Hypersensitivitätspneumonitiden zeigt mitunter ein facettenreiches klinisches Bild, das heisst, es können fließende Übergänge zwischen obstruktiv-asthmatischen und interstitiell alveolitischen Symptomkombinationen bestehen, etwa bei der Befeuchterlunge und beim Befeuchterasthma.

Ebenfalls an dieser Stelle zu erwähnen ist das Krankheitsbild der *Byssinose*, das durch den Umgang mit Rohbaumwolle verursacht wird und gleichfalls mit asthmatischen und interstitiellen Veränderungen vergesellschaftet ist. Diese sind in den Spätstadien nicht mehr reversibel. Als Auslöser werden Endotoxine sowie allergenes biologisches Material der Baumwollfaser angenommen.

Als weitere Sonderform einer exogenen allergischen Lungenkrankheit ist diejenige durch Hartmetall zu nennen (allen voran Kobalt in Verbindung mit Wolfram u.a.). Sie tritt in erster Linie als Asthma in Erscheinung, manifestiert sich gelegentlich aber auch als Hypersensitivitätspneumonitis mit Übergang in eine irreversible Lungenfibrose (Hartmetallpneumopathie) (28).

Die Behandlung der Hypersensitivitätspneumonitiden bzw. der allergischen Alveolitiden besteht in der Elimination jeglicher weiterer Exposition sowie – wenn nötig – in der Verabreichung immunsuppressiver Pharmaka, allen voran von Corticosteroiden.

Nicht selten tritt nach Inhalation verschiedener Stäube ein reversibles ca. 24-48 Stunden dauerndes grippeartiges Krankheitsbild auf (29). Pathogenetisch handelt es sich dabei um eine unspezifische Immunstimulation und nicht um eine Allergie. Je nach Auslöser spricht man von Getreidestaubfieber, Befeuchterfieber (sog. "Organic Dust Toxic Syndrome" bzw. „Inhalation Fever“) oder auch Metallrauchfieber. Das letztgenannte wird hauptsächlich nach Inhalation von frisch gebildetem Zinkoxydrauch beobachtet. Pathogenetisch spielt möglicherweise auch die Grösse der eingeatmeten Teilchen eine Rolle (ultrafeine Partikel). Inhalations- und Metallrauchfieber führen weder zu lungenfunktionellen noch zu radiologischen Veränderungen und sie hinterlassen nach heutigem Wissen keine bleibenden Schäden, zumindest wenn sie nur sporadisch auftreten.

### **Zur Diagnostik berufsbedingter Pneumopathien**

Zur Diagnose von berufsbedingten Atemwegs- und Lungenkrankheiten sind neben einer detaillierten Anamnese in der Regel pneumologische Basisuntersuchungen notwendig (Spirometrie, Röntgen, Labor usw.).

Es gibt allerdings kaum pathognomonische Symptome oder Befunde berufsbedingter Pneumopathien, und sogar der Nachweis von Asbestfasern in der Lunge oder von spezifischen IgE im Blut beweist lediglich den Kontakt mit dem entsprechenden Agens nicht aber die Diagnose. Erst das Gesamtbild aus Anamnese, Befunden und den Expositionsverhältnissen am Arbeitsplatz kann die berufliche Verursachung einer Pneumopathie mit hinreichender Wahrscheinlichkeit belegen.

Bei der Abklärung von Lungenkrankheiten ist es wichtig, die Arbeitsplatzverhältnisse in die Überlegungen mit einzubeziehen. Das Erheben der Arbeitsanamnese ist allerdings oftmals aufwändig, denken wir nur ans maligne Mesotheliom. Überdies ist es dem Praktiker aus Zeitgründen kaum möglich, Arbeitsplätze selbst zu besuchen oder es fehlen ihm die Kenntnisse, um diese zu beurteilen, so dass u.U. die Hilfe einer Fachperson in Anspruch genommen werden muss.

Ein entscheidendes Element bei der Abklärung einer berufsbedingten Lungenkrankheit ist die *Arbeitsabhängigkeit der Symptomatik*, insbesondere in der Anfangsphase der Erkrankung. Das gilt ganz besonders beim Asthma. Wird nicht darauf geachtet, ist diese Abhängigkeit dem Patienten später nicht mehr erinnerlich oder die Erkrankung hat sich eventuell schon soweit verselbständigt, dass die Frage nicht mehr beantwortet werden kann.

Zur Asthmaabklärung geeignet sind beispielsweise während drei bis vier Wochen mindestens viermal täglich durchgeführte und protokollierte Peak-flow-Messungen, wobei unbedingt eine Vergleichsperiode unter Arbeitskarenz eingeplant werden sollte (4). Alternativ kommen auch serielle Spirometrien über einen Arbeitstag hinweg in Frage, die aussagekräftig und weniger kooperationsabhängig sind als PEF Messungen. Sie erfordern aber normalerweise die Anwesenheit einer Medizinalperson und sind deshalb wesentlich aufwändiger.

Im Falle von Pneumokoniosen, die oft Zufallsbefunde sind, bestehen oft keine oder zumindest keine krankheitstypischen Symptome. Hingegen sind diese Patienten – vor allem die Silikotiker – häufig obstruktiv, zeigen also das Bild der COPD, was allerdings in erster Linie auf den oft begleitenden Nikotinkonsum zurückzuführen ist, auch wenn zwischen den beiden Noxen Wechselbeziehungen bestehen (18).

Fehlt eine eindeutige berufliche Exposition mit einem verdächtigen Gefahrstoff, obwohl das klinische und vor allem das radiologische Bild mit einer Pneumopathie vereinbar sind (17), werden unter Umständen weitergehende, invasive Untersuchungen wie Bronchoskopie, BAL transbronchiale Lungenbiopsie oder Thorakoskopie unumgänglich.

Grundsätzlich kann sich im Fall von berufsbedingten Pneumopathien, ja von Berufskrankheiten überhaupt, eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Hausarzt bzw. klinischem Spezialisten sowie dem Arbeitsmediziner als hilfreich erweisen. In bezug auf die Beurteilung der Expositionsverhältnisse verfügt dieser in der Regel über die grössere Erfahrung.

Literatur, Standardwerke zur Übersicht

*American Thoracic Society Documents.*: Diagnosis and Initial Management of Non-malignant Diseases Related to Asbestos.

Am J Respir Crit Care Med 2004; 170: 691-715

*Anonymous.*: Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution.

Scand J Work Environ Health 1997; 23: 311-316

*Bernstein I.L., Chan-Yeung M., Malo J.-L., Bernstein D.I.*: Asthma in the Workplace  
3<sup>rd</sup> edition 2006, Marcel Dekker New York, Basel. ISBN 978082472977

*Hendrick D.J., Sherwood Burge P., Beckett S., Churg A.*: Occupational Disorders of the Lung. 1<sup>st</sup> edition 2002, WB Saunders, London . ISBN 0 7020 2507 0

*ILO*: Guidelines for the Use of the ILO International Classification of Radiographs of Pneumoconioses, 2000 edition.

ILO 2002 Geneva (Occupational and Health Series No: 22) ISBN 92-2-110832-5

*Tarlo S.M. et. al.*: Diagnosis and management of work-related asthma: American College Of Chest Physicians Consensus Statement

Chest 2008; 134(3 Suppl):1S-41S

## 2.5 Berufsdermatosen

Berufsdermatosen sind Erkrankungen der Haut, die durch Faktoren/Einflüsse des Arbeitsplatzes ausgelöst werden oder massgeblich verschlechtert werden. Im weltweiten Vergleich stellen die Berufsdermatosen einen Hauptteil der Berufskrankheiten. In der Schweiz ist ihr Anteil rund 25 % (vergleiche Statistiken Seite ...). Berufsdermatosen gehörten in den letzten Jahren stets zu den häufigsten Berufskrankheiten. Sie entstehen als Resultat von vier Hauptfaktoren, die alleine oder in Kombination auftreten:

- Mechanischer Stress: Reibung, Druck
- Chemischer Stress: Organische und anorganische Substanzen
- Physikalischer Stress: Hitze, Kälte, Strahlung
- Biologischer Stress: Diverse Infektionskrankheiten

Trotz der Vielfältigkeit von möglichen Läsionen treten drei grundsätzliche Reaktionstypen an der Haut auf:

- Entzündlich: Rötung, Jucken, Schwellung, Überwärmung
- Neoplastisch: Hautverdickung, semi-maligne, maligne
- Infektiös: Meist mit Rötung, Schwellung als klassische Zeichen der jeweiligen Infektion.

Die überwiegende Mehrzahl der Berufsdermatosen ist entzündlicher Natur. Im Alltag dürfte die Mehrheit aus toxischen Kontaktekzemen (Synonym Kontaktdermatitis), die durch Hautreizung resp. Hautirritation verursacht sind, und eine Minderheit aus relevanten allergischen Kontaktekzemen bestehen, auch wenn in der Berufskrankheitenstatistik über die Jahre hin diese beiden Typen je mit etwa der Hälfte vertreten sind. Auf die Kontaktdermatitiden wird im Folgenden näher eingegangen. Hautkrebs durch Chemikalien treten insgesamt selten auf. Von zunehmender Bedeutung ist hingegen der durch Sonnenlicht oder künstliches UV-Licht verursachte Hautkrebs. Darauf wird später eingegangen.

Bei der **Anamnese** betreffend beruflicher Hautkrankheiten sind die folgenden Punkte wichtig:

- Wo auf der Haut sind die Hautveränderungen lokalisiert, wo begannen sie?
- Wann traten die Beschwerden erstmalig auf?
- Welche Tätigkeit übt die/der Betroffene aus (inkl. Freizeit)?
- Was geschieht an Tagen ohne Arbeit und in den Ferien?
- Was ist aus der Sicht des Patienten die Ursache des Problems?
- Sind andere Mitarbeiter auch betroffen?
- Sind irgendwelche Veränderungen am Arbeitsplatz oder an Prozessen vorgenommen worden?
- Persönliche Anamnese, insbesondere atopisches Ekzem.

Die **Prävention** einer Berufsdermatose stützt sich auf drei Pfeiler ab:

- Hautschutz:  
Ziel: Verhinderung eines direkten Kontaktes der Noxe mit der Haut.  
Ausführung: Verwendung von Schutzartikel wie Schutzhandschuhe oder, wo angebracht, Schutzcremen/-salben; Einsatz von Instrumenten/technischen Hilfsmitteln.
- Hautreinigung:  
Ziel: Möglichst schonende Reinigung der verschmutzten Haut.  
Anwendung: Milde, dem Verschmutzungsgrad angepasste Reinigungsmittel. Möglichst ohne Zusatz von Scheuermittel und ohne Lösungsmittel, allenfalls mit Rückfettung.
- Hautpflege:  
Ziel: Erhalten von gesunder Haut, Wiederherstellen von leicht angegriffener Haut.  
Ausführung: Regelmässige Anwendung von pflegenden Hautcremen, speziell nach der Hautreinigung und an Schichtende. Bei Feucht- und Nassarbeit sowie bei stark hautverschmutzender Tätigkeit ist die Hautpflege besonders wichtig.

## Toxische resp. irritative Kontaktdermatitis (Kontaktekzem)

### Berufliche Exposition

Eine toxische Kontaktdermatitis kann durch eine Vielzahl von Substanzen und Arbeitseinflüssen ausgelöst werden. Zur Hauptsache handelt es sich um

Säuren: Schwache bis mittelstarke organische und anorganische
Laugen: Schwache bis mittelstarke organische und anorganische
Zement: Frischer Mörtel oder Zementwasser
Lösungsmittel: u.a. Alkohole, Ketone, chlorierte Kohlenwasserstoffe
Seifen, Detergentien,
Wassermischbare Kühlschmiermittel
Pflanzensäfte
Feucht- und Nassarbeit im Allgemeinen

Hautreizende Substanzen können gleichzeitig sensibilisierende (= allergisierende) Eigenschaften aufweisen. Nicht selten kombinieren sich die hautreizenden Faktoren (kumulativ-toxische Hautschädigung). Besonders wenn die Hautschädigung durch Hautirritation über längere Zeit besteht, so sinkt die Resistenzschwelle der Haut insgesamt. Es braucht viel weniger Reizung, um die Krankheit zu unterhalten, und die Regenerationsprozesse der Haut können dauerhaft beeinträchtigt werden.

Viele Berufe haben das Risiko einer toxischen/irritativen Kontaktdermatitis. Speziell betroffen sind Berufsgruppen mit viel Kontakt zu Wasser resp. wässrigen Zubereitungen sowie Kontakt zu den oben beschriebenen Substanzen. Im Vergleich zum hautirritierenden Potenzial der Arbeitsstoffe besteht oft ungenügender Hautschutz. Typische Berufe sind:

- Coiffeure
- Dreher/Polymechaniker
- Bauarbeiter
- Maler
- Gebäudereinigung
- Pflegeberufe
- Nahrungsmittelindustrie
- und andere mehr

Bestimmte Chemikalien führen, wenn sie auf die Haut gelangen in Kombination mit UV-Licht zu einer toxischen Kontaktdermatitis. Beispiele sind Teerderivate und diverse Pflanzensäfte (z.B. Saft von „Riesenkerbel“).

### Klinik

Man unterscheidet zwei hauptsächliche klinische Formen: Akute toxische/irritative und kumulativ-toxische Ekzeme. Akute toxische Kontaktekzeme entstehen durch die einmalige, heftige Einwirkung von potenziell aggressiven Substanzen. Innerhalb Stunden zeigt sich eine starke Hautrötung mit Infiltration und evtl. Bildung von Hautblasen, die erodieren können und zu nässenden Hautveränderungen führen. Diese oberflächliche, akute Hautveränderung ist typisch für die Einwirkung von stärker hautirritierenden Chemikalien, z.B. schwache bis

mittelstarke Säuren, Laugen. (Konzentrierte, starke Säuren und Laugen führen hingegen nicht zu Kontaktekzemen, sondern zu Hautverätzungen, die schwere, nicht bloss oberflächliche Hautverletzungen darstellen).

Kumulativ-toxische Ekzeme beginnen hingegen schleichend, meist an den Händen. Ausgehend von geringfügigen Hautveränderungen (gerötete, trockene, leicht schuppene Haut) kann sich bei langfristig ungünstigen beruflichen Rahmenbedingungen eine Verhornungsstörung, die mit trockener, schuppender, ausgelaugter Haut und gelegentlich mit Schwielen und Hautrissbildung (Rhagaden) einhergeht, entwickeln. Die kumulativ-toxische Ekzemform ist typisch für langdauernde Feuchtarbeit oder für die kombinierte Einwirkung wechselnder, im Einzelnen nur gering hautschädigender Faktoren (viele Handreinigungen in kurzer Zeit, trockene, kalte Luft, milde Reinigungsmittel etc.). Im Verlauf wird dieses Ekzem über ein Wochenende kaum mehr sichtbar besser, kann jedoch während längerer Ferien abheilen.

In der Regel bleiben irritative/toxische Ekzeme an der initialen Stelle und breiten sich nicht durch „Streureaktionen“ aus. Sie können in vielen Fällen morphologisch nicht eindeutig von anderen Ekzemformen unterschieden werden. (Zum Ausschluss einer relevanten Allergie ist bei chronischen Handekzemen generell eine Epikutantestung empfehlenswert, wenn bisher nicht durchgeführt).

## **Behandlung**

Die Behandlung stützt sich zum einen auf die Verringerung der Entzündung sowie den Wiederaufbau der normalen Haut ab. Dazu sei auf die dermatologische Fachliteratur verwiesen. Indessen sind therapeutische Versuche allein zwecklos, wenn die betroffene Person nicht begleitende Massnahmen am Arbeitsplatz und im Privatleben einführt. Für die Verhütung akuter toxischer Kontaktdermatitiden sind zweckmässige technische, organisatorische und persönliche Schutzmassnahmen, aber auch die Substitution mit weniger aggressiven Substanzen zu evaluieren. Auch bei kumulativ-toxischen Ekzemen kommt dem Hautschutz, besonders auch der Hautpflege grosse Bedeutung zu.

## Allergisches Ekzem

### Mögliche berufliche Exposition

Die Liste der Substanzen, die Hautallergien auslösen können, ist sehr umfangreich. Dabei kann es sich um Substanzen aus dem täglichen Leben handeln (z.B. Konservierungsmittel, Gummiinhaltsstoffe, Metalle wie Nickel und Duftstoffe).

Zur Entwicklung eines allergischen Kontaktekzems ist bei starken Allergenen im Minimum ca. eine Woche notwendig. Indessen haben viele Berufsleute über Monate oder gar Jahre Kontakt mit den Substanzen, bevor sie allergisch reagieren (lange Sensibilisierungsphase). Auch wenn die Ursache für die Ausprägung einer Allergie im Einzelfall oft unerklärlich bleibt, können veränderte Arbeitsbedingungen, eine dauernde ungeschützte Exposition gegenüber Allergenen und ein vorausgehendes kumulativ-toxisches Handekzem den Ausbruch einer Allergie begünstigen. Sehr viele Berufe können von Allergien betroffen sein.

Die folgende Tabelle gibt eine Auswahl der wichtigsten betroffenen Berufe/Branchen wieder:

Beruf/Branche	Häufige Allergene
Malergewerbe	Epoxidharze, Konservierungsmittel
Gartenbau/Landwirtschaft	Pestizide, Pflanzensäfte, Gummiinhaltsstoffe
Nahrungsmittelindustrie	Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln, Konservierungsmittel, Desinfektionsmittel, Gummiinhaltsstoffe
Gesundheitswesen/Veterinärmedizin	Gummiinhaltsstoffe, Medikamente, Desinfektionsmittel
Coiffeure	Permanente Haarfärbestoffe (z.B. Paraphenylendiamin), Duftstoffe, Gummiinhaltsstoffe
Metallverarbeitende Industrie	Biozide in Kühlflüssigkeiten, Metalle
Gummiindustrie	Thiurame, Mercapto-Benzothiazol, Carbamate
Baugewerbe	Epoxidharze, Gummiinhaltsstoffe, Chromate (im Zement)
Lederherstellung-/bearbeitung	Chromate, Formaldehyd
Chemische Industrie/Pharmaherstellung	Medikamente, Gummiinhaltsstoffe, diverse sensibilisierende Chemikalien

Fotoallergische Reaktionen treten dann auf, wenn eine Substanz durch Licht zu einem Allergen umgewandelt wird und dann zu einem Ekzem führt. Diese gelegentlich nach Medikamenteneinnahme beobachtete Hautreaktion ist im Arbeitsleben insgesamt aber selten.

## **Klinik**

Das wichtigste klinische Symptom der Kontaktallergie ist der Juckreiz. Dieser geht häufig den weiteren Hautveränderungen voraus. Auf der geröteten Haut entwickeln sich Papulovesikel, die für diese Ekzemform besonders typisch sind. Akute allergische Ekzeme können auch intensiv nässen. In der Folge kommt es auch hier oft zur Rhagadenbildung und ausgeprägten Schuppung.

Ein weiteres Merkmal der Kontaktallergie ist indessen die Möglichkeit der Ausbreitung an anderen Hautstellen (Gesicht, Vorderarme etc.). Dies kann bei sensibilisierten Personen durch geringe Allergeneinwirkung (z.B. sogenannte Dunstekzeme bei Arbeiten mit Epoxidharzen), durch unbemerktes Verschleppen mit den Fingern oder Kleidungsstücken oder auch durch echte Streuphänomene (lymphogene, hämatogene Streuung) geschehen.

Die Diagnose einer Kontaktallergie stützt sich auf die Bestätigung eines Verdachts durch die Epikutantestung ab. Neben der Standardreihe (Konfektioniertes Test-Set mit den häufigsten aktuellen Kontaktallergenen) sollten bei Berufsekzemen wenn möglich auch berufsspezifische Testreihen und eigentliche Arbeitssubstanzen (Eigenproben) mituntersucht werden. Dabei ist es entscheidend, dass man die richtige Verdünnung solcher Substanzen wählt, weil man sonst ein nicht verwertbares falsch positives oder falsch negatives Resultat erhält. Testungen mit Eigenproben sind daher oft mit erhöhtem Aufwand verbunden.

## **Behandlung**

Die Behandlung einer Kontaktallergie stützt sich auf die Verringerung der Hautentzündung (mittels topischer Kortikosteroide) sowie auf den Wiederaufbau der normalen Haut ab (geeignete Hautpflege). Hierzu sei auf die einschlägige dermatologische Literatur verwiesen.

Flankierend soll der Kontakt zum erkannten Allergen am Arbeitsplatz (allenfalls auch im Privatleben) ausgeschlossen werden. Wo machbar, ist die Substitution die wichtigste Massnahme. Reine Hautschutzmassnahmen bringen oft nicht den gewünschten Erfolg. Unter Umständen ist eine Versetzung an einen anderen Arbeitsplatz ohne Kontakt zum Allergen oder gar eine Umschulung notwendig. Je weiter ein Allergen am Arbeitsplatz und in der Umwelt verbreitet ist (z.B. Nickel, Gummiinhaltsstoffe) desto einschneidender können im Einzelfall die notwendigen Massnahmen zur Verhinderung eines Rezidives sein.

## **Hautkrebs**

Zunehmende Bedeutung dürfte in den nächsten Jahren die Früherkennung und Behandlung von Sonnenlicht-induzierten Hauttumoren werden, die im vorgerückten Alter oft bei Berufsleuten mit lange dauernder, intensiver Sonnenexposition auftreten können. Besonders gut bekannt ist der Zusammenhang zwischen chronischer Sonnenlichtexposition und dem Spinaliom resp. seinen Vorstufen.

## Literatur/weitere Informationen

- Suva: Berufliche Hautkrankheiten, Reihe Arbeitsmedizin 2869/11. [www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)  
Suva: Hautschutz bei der Arbeit, Best.-Nr.: 88037. [www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)  
Frosch P.J. et al.: Textbook of contact dermatitis. Springer, Berlin (2006).  
Kanerva L. et al.: Condensed handbook of occupational dermatology. Springer, Berlin (2004).  
Rietschel R.L., Fowler J.F.: Fisher's Contact Dermatitis. BC Decker Inc, Hamilton (2008)  
Szliska Ch. et al.: Berufsdermatosen. Dustri-Verlag, Dr. Karl Feistle, München-Deisenhofen (2006).  
[www.suva.ch/haenschutz](http://www.suva.ch/haenschutz) (Broschüren, Checklisten und Lerneinheiten zum Hautschutz)  
[www.2haende.ch](http://www.2haende.ch) (Information zu Hautschutz und Hautschutzmitteln)

## 2.6 Die Berufskrebse

### Allgemeines

Der erste Berufskrebs wurde 1775 in England durch Sir Perceval Pott beschrieben, nachdem er den Hodenkrebs der Kaminfeger der Wirkung des Russes zugeschrieben hatte. Seither wurden etliche chemische Substanzen beschrieben, die einen engen Zusammenhang mit dem gehäuften Auftreten gewisser Krebse innerhalb exponierter Gruppen von Arbeitern zeigen. Manchmal wurde die kanzerogene Wirkung eines Produktes nur beim Tier aufgezeigt, mit der Annahme, dass eine solche Feststellung de facto auch für den Menschen gilt. In den Industrieländern entwickeln ein bis zwei auf vier Individuen im Laufe ihres Lebens einen Krebs. Beim Erwachsenen ist dies verbunden mit verschiedenen Faktoren, abhängig von Lebensstil und Umwelt. Man nimmt an, dass 2 bis 8% aller Krebse beim Menschen durch berufliche Exposition bedingt sind. Die unten stehende Tabelle aus der bekannten Studie von Doll und Peto zeigt die Rolle der beruflichen Aktivität in der Ätiologie der Krebse (4% der Todesfälle):

	beste Schätzung in %	akzeptable Grenzwerte in %
berufliche Aktivitäten	4	2 - 8
Industrieprodukte	<1	1 - 2
Verschmutzung	2	1 - 5
Ernährung	35	10 - 70
Nahrungszusätze	<1	- 5 - +2
Alkohol	3	2 - 4
Tabak	30	25 - 40
sexuelles Verhalten, Reproduktion	7	1 - 13
Medikamente, medizin. Behandlung	1	0.5 - 3
geophysikalische Faktoren	3	2 - 4
Infektionen	10	1 - ?

*prozentuale Schätzung der Krebstodesfälle durch berufliche Aktivität und andere Faktoren in den USA (nach Doll et Peto, 1981)*

Trotzdem ist die Identifikation beruflicher Substanzen, die Krebs verursachen können, nicht einfach, und zwar aus 4 Gründen:

1. Latenzzeit zwischen Exposition und pathologischer Manifestation (Latenzzeit von 4-6 Jahren für die durch ionisierende Strahlung induzierten Leukämien 4-6, von 40 und mehr Jahren für das durch Asbest induzierte Mesotheliom, von 12 bis 25 Jahren für die Mehrheit der Tumoren).
2. die Schwierigkeit, einen Kausalzusammenhang mit der Substanz herzustellen, da die Exposition oft mehrere verschiedene Substanzen betrifft.
3. Einfluss nicht berufsbedingter Faktoren (z.B. Rauchen ).
4. Die Extrapolation von Ergebnissen aus Tierversuchen auf den Menschen ist schwierig.

## Karzinogenese

*Hypothesen:* Vor allen zwei Mechanismen scheinen eine Rolle zu spielen: der eine durch Veränderung oder Mutation des Genoms selber (Aktivierung eines Proto-Onkogens oder Inaktivierung von supprimierenden Genen oder Anti-Onkogenen), der andere (epigenetisch, nicht genetisch) durch Interferenz mit den Mechanismen der Zellteilung, ohne das Zellgenom zu verändern. Man spricht zwar von Initiatoren oder Promotoren, aber die beiden (genotoxisch und epigenetisch) Mechanismen überlagern sich wahrscheinlich oft: die eigentlichen Kanzerogene (Initiatoren) würden eine Mutation in der Endform von proliferierenden veränderten Zellen hervorrufen, stimuliert ihrerseits durch andere epigenetisch aktive Kanzerogene (Promotoren).

Initiatoren	Promotoren
genotoxisch	nicht genotoxisch, epigenetischer Mechanismus
Karzinogene allein	Karzinogene nur mit Initiator
generell sehr elektrophile, höchst aktive Komponenten (oft freie Radikale)	nicht elektrophile Komponenten
kovalente nukleophile Verbindungen (DNS), die zu irreversiblen Veränderungen des genetischen Materials führen	im allgemeinen nicht an die DNS gebunden und sie nicht verändernd; reagieren durch Induktion der Zellproliferation. Die Wirkung kann reversibel sein.
ihre Wirkungen werden im allgemeinen durch Schnelltests nachgewiesen	ohne Wirkung in den Schnelltests
eine Schwellendosis kann nicht verifiziert werden	es existiert wahrscheinlich eine Schwelle

*Unterscheidung zwischen Initiatoren und Promotoren der Karzinogenese nach LaDou J. Occupational & Environmental Medicine*

## Kenntnis der Schwellendosis

Für einige genetisch nicht-aktive Substanzen kann man sogar eine Schwellendosis identifizieren, bei welcher ein Krebsrisiko besteht. Dann werden ungenügende Dosen, um biochemische oder morphologische Zellstörungen hervorzurufen, als ohne kanzerogenes Risiko betrachtet. Hingegen besteht eine grosse Kontroverse in Bezug auf Substanzen mit genetischem Wirkungsmechanismus. Die einen beschränken sich auf Phänomene im Zellinnern, welche die kanzerogenen Substanzen inaktivieren und die DNS reparieren, um zu bestätigen, dass es eine Schwelle des Überschreitens der Fähigkeit dieser Mechanismen zur

Inaktivierung und Reparation geben muss. Andere denken, dass gewisse Moleküle des kanzerogenen Stoffes oder seiner Metabolite dem Inaktivierungsmechanismus entgehen, auch wenn diese Wahrscheinlichkeit klein ist, und fixieren sich auf die DNS. Da eine kritische Mutation genügt, um einen Krebs zu induzieren, ist die Definition einer Schwellendosis unmöglich. Umgekehrt weiss man nicht, ob die genannten Reparaturen auf dem Niveau der DNS mit Sicherheit ohne Irrtümer sind.

Wie schon erwähnt, ist es infolge der langen Latenzzeit schwierig, den Kausalzusammenhang zwischen einer Substanz und dem entstehenden Krebs zu beweisen. Weiterhin wird das Vorhandensein von Mechanismen mit genetischer und nicht-genetischer Wirkung in der Kanzerogenese noch diskutiert.

### Evaluationsmethoden der Kanzerogenität von Substanzen

Sie sind epidemiologisch und experimentell. Die **epidemiologischen** Studien zeigen die kanzerogene Aktivität von gewissen Substanzen beim Menschen durch erhöhte Prävalenz bei exponierten Arbeitern (meist Fall-Kontroll-Studien). Die **experimentellen** Studien beruhen auf klassischen Tierexperimenten, In-vitro-Tests an Säugetierzellen, Schnelltests (Messung der Veränderung der DNS, Mutationen, Chromosomeneffekte) mit Indikatoren von Viren, Bakterien, Pilzen, Pflanzen und sogar Insekten. Ein Schnelltest ist derjenige von Ames, der die Induktion von Mutanten innerhalb der Stämme *Salmonella typhi murium* analysiert, wobei auch andere Organismen verwendet werden können. Zu Beginn definierten Ames und seine Mitarbeiter als Mutagene eine Gesamtheit von Substanzen, welche 90% einer Batterie von als kanzerogen bekannten Substanzen darstellen, und 13% der Produkte, die als nicht kanzerogen betrachtet werden, stellten einen gewissen Grad von Mutagenität dar.

Die Beanspruchung von Arbeitnehmenden durch genotoxische Stoffe kann durch die Beobachtung von Chromosomenaberrationen (CA), eine Schwester-Chromatid-Austausches (SCE), von Mikronuklei (MN), einer Adduktbildung oder von DNA-Brüchen beurteilt werden. Es wird auf Abschnitt 2.2.1/Genetische Toxizität und Kanzerogenität verwiesen.

Global gesehen waren die experimentellen Studien beim Tier gute Prädiktoren für die Kanzerogenität beim Menschen, da ungefähr ein Drittel der zur Zeit für den Menschen bekannten kanzerogenen Substanzen vorher auch für das Tier kanzerogen war. Hingegen gibt es manchmal verschiedene Sensitivitäten und Reaktionen gegenüber Substanzen zwischen den verschiedenen Spezies und einem Kanzerogen. Eine Reaktion z.B. beim Tier muss nicht unbedingt dieselbe beim Menschen sein.

Die epidemiologischen Studien stossen an die Grenzen, wenn sie die Effekte der Exposition gegenüber neuen Substanzen oder neuen eventuell kanzerogenen Agenzien aufzeigen sollen: oft ist die exponierte Population klein oder die Expositionsdosis minimal. So ist es praktisch unmöglich, jeglichen Berufskrebs, dessen Erhöhung weniger als 20-30% der gewöhnlichen Prävalenz beträgt, zu entdecken.

## Kriterien der Kanzerogenität und Klassifikation

Um die Kanzerogenität einer Substanz zu berücksichtigen und zu bestimmen, sind die von der OSHA (Occupational Safety and Health Administration) vorgeschlagenen Kriterien geeignet, durch welche sich auch die europäische Gesetzgebung in ihrer Leitbestimmung 67/548 der CEE hat inspirieren lassen. Sie enthalten die gesetzlichen und administrativen Richtlinien und Reglementierungen in Bezug auf die Klassifizierung, Verpackung und Etikettierung gefährlicher Substanzen, besonders jener, von denen man annimmt, sie würden einen Krebs induzieren (R45). Die Kriterien lauten wie folgt:

- Substanz, die für den Menschen bereits als kanzerogen bekannt ist
- Substanz, die für zwei Säugetierspezies kanzerogen ist
- Substanz, die nur für eine Säugetierspezies kanzerogen ist, jedoch mit positiven Resultaten im Verlauf von zwei verschiedenen Experimenten
- Substanz, die für eine einzige Säugetierspezies kanzerogen ist, jedoch mit positiven Resultaten in einem Schnelltest

Zur Klassifikation dieser Substanzen benützt man diejenige, die von einem Expertenkomitee der WHO vorgeschlagen wurde (Klassifizierung ICRC: WHO + IARC [The International Agency for Research on Cancer]).

Sie unterscheidet 4 Kategorien:

Gruppe 1	für den Menschen kanzerogene Substanzen, Substanzgruppen oder Industrieprodukte
Gruppe 2 A	wahrscheinlich für den Menschen kanzerogene Substanzen oder Substanzgruppen
Gruppe 2 B	Substanzen oder Substanzgruppen, die für den Menschen kanzerogen sein können
Gruppe 3	Substanzen oder Substanzgruppen, die bezüglich ihrer Kanzerogenität nicht klassifiziert werden können
Gruppe 4	wahrscheinlich nicht kanzerogene Substanzen oder Substanzgruppen

Die folgende Liste beschreibt zum Beispiel die Substanzen der Gruppe 1:

Substanzen	hauptsächliche Lokalisation der Tumoren
Arsen und Arsenderivate	Haut, Lunge
Asbest	Lunge, Pleura
Chrom (gewisse 6-wertige Derivate)	Lunge, Larynx, Nasenhöhlen
Nickel (Raffinerie)	Nasenhöhle, Lunge, Larynx
Benzol	Knochenmark
Auramin	Blase
$\beta$ -Naphtylamin	Blase
Benzol	Leukämie
Benzidin	Blase
Beryllium	Lunge
Kadmium	Lungen
4-Aminodiphenyl	Blase
4-Nitrodiphenyl	Blase
Di(chloromethyl)aether	Lunge
Chlormethylmethylaether (Technik)	Lunge
Vinylchlorid	Leber (Lunge, ZNS, Lymphsystem)
Erionid	Pleura
Teer, Russ, Teerpech, Mineralöle	Haut, Lunge
Produktion von Isopropylalkohol (Prozedur starker Säure)	Nasenhöhle, Larynx, Lunge
Senfgas	Lunge
gewisse polyzyklische Kohlenwasserstoffe	Lunge, Haut (Blase)
Starke anorganische Schwefelsäure enthaltende Säuren	Lunge
Ethylenoxid	Leukämie
Holzstaub	Nasenhöhle, Sinus

Diese Liste ist nicht abschliessend. Man kann ihr noch die ionisierenden Strahlen (Leukämie, Haut, anderer Krebs), das Radium (Osteosarkom), das Radon (Lunge) und die Sonnenbestrahlung (Haut) hinzufügen.

Ein anderer nützlicher Zugang, ebenfalls zu Gruppe 1, besteht in der Nennung der Industrie oder der Art der Aktivität mit bekanntem kanzerogenem Risiko.

Industrie	Art der Aktivität	hauptsächliche Lokalisation des Krebses	kausales oder verdächtiges Agens
Landwirtschaft, Wälder, Fischfang	Berieseln mit arsenhaltigen Insektiziden	Haut, Lunge	Arsen und Metabolite
	Berufsfischer	Haut, Lippen	UV-Strahlen
Minen	Arsenmineure	Haut, Lunge	Arsen und Derivate
	Eisenmineure (Hämatit)	Lunge	Radon
	Asbestmineure	Lunge, Pleura	Asbest
	Uraniummineure	Lunge	Radon
	Talkmineure	Lunge	Asbestfasern enth.Talk
Chemie (Produktion)	Produktion von Di(chlormethyl)-aether, Chlormethylaether, Vinylchlorid, Chrompigmenten, Farbstoffen,	Lunge  Leber (Angiosarkom) Lunge, Larynx, Nasenhöhle Blase	Di(chlormethyl)aether und Chlormethylaether Vinylchlorid 6-wertiges Chrom Benzidin, 2-Naphtylamin, 4-Aminodiphenyl Arsen und Derivate
	Pestiziden, Herbiziden usw.	Lunge	Arsen und Derivate
Leder	Stiefel- und Schuhfabrikation	Sinus, Leukämie	Lederstaub, Benzol
Holz und Derivate	Lieferanten, Schreiner, Dachdecker	Sinus	Holzstaub
Gummi	Gummiproduktion	Leukämie Blase	Benzol aromat. Amine
	Pneufabrikation	Leukämie	Benzol
	Latex-, Kabelproduktion, usw.	Blase	aromat. Amine
Asbest	Produktion, Isolierungen, Verarbeitung von Textil u. Faserzement	Lunge, Pleura	Asbest
Metallurgie	Produktion von Aluminium	Lunge, Blase	polyzyklische aromat. Kohlenwasserstoffe (PAK), flüchtige Teerbestandteile
	Kupfer	Lunge	Arsen und Derivate
	Chrom	Lunge, Larynx, Nasenhöhle	6-wertiges Chrom
	Eisen und Giessereien	Lunge	polyzyklische aromat. Kohlenwasserstoffe (PAK), Dämpfe, Kieselerde
	Nickelraffinerien Cadmiumproduktion (Batterien, Pigmente, Elektroden, Löten), Zusammensetzung von Polyvinylchlorid	Nasenhöhle, Lunge, Larynx  Lunge	Nickelzus.-setzungen Cadmium und Derivate
Metallurgie	Berylliumproduktion u. raffinierung	Lunge	Beryllium und Derivate
Schiffswerft, Automobilind., Eisenbahnen	Konstruktion-Isolation von Schiffen, Autos und Wagons	Lunge, Pleura	Asbest
Bau, Baustellen	Sanit. Installationen u. Isolationen	Lunge, Pleura	Asbest
	Asphaltierung	Lunge	polyzyklische aromat. Kohlenwasserstoffe (PAK)
Anderes	med. und paramed. Aktivitäten	Haut, Leukämie	ionisierende Strahlen
	Malerarbeiten (Bau, Industrie, Automobil, Karosserie usw.)	Lunge	nicht identifiziert

nach Waldron HA und Edling C. Occupational Health Practice herausgegeben

## **Grenzwerte von krebserzeugenden Arbeitsstoffen**

Krebserzeugende Arbeitsstoffe werden in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva in die Kategorien C1 bis C3 eingestuft. Es wird auf Abschnitt 2.2.1/Kanzerogenität verwiesen.

Für krebserzeugende Stoffe kann aufgrund der in der Regel linearen Dosis-Risiko-Beziehung keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden. Das Einhalten des MAK-Wertes für krebserzeugende Stoffe schützt deshalb in der Regel nicht vor einem geringen Restrisiko für die Verursachung von bösartigen Tumoren. Grenzwerte für krebserzeugende Stoffe werden möglichst risikobasiert festgelegt mit dem Ziel, dass das Zusatzrisiko für das Auftreten bösartiger Tumoren bei Einhalten des MAK-Wertes nicht mehr als 1 : 100'000 pro Jahr beträgt. Der Minimierungswert wird mit 10% des Grenzwertes angegeben, womit das Zusatzrisiko beim Einhalten des Minimierungswertes nicht mehr als 1 : 1'000'000 pro Jahr beträgt. Risikobasierte Grenzwerte können allerdings nur dann festgelegt werden, wenn genügend Angaben zu Dosis-Risiko-Beziehungen vorliegen. Dies ist beispielsweise bei Asbest und Benzol der Fall.

## **Prävention und medizinische Überwachung**

Grundsätzlich gilt auch für Einwirkungen gegenüber krebserzeugenden Stoffen die STOP-Strategie und das Minimierungsgebot.

Wenn man von der Präventions-"Kaskade" gegen Berufskrankheiten am Arbeitsplatz ausgeht – Ersatz einer schädlichen Substanz durch eine weniger gefährliche, Herstellung hinter verschlossenen Türen, (in Rundschtung, Isolation des Produktes), reduzierte Exposition (lokale Aspiration, Kondensation toxischer Dämpfe), Tragen persönlicher Schutzmittel, limitierte Kontaktdauer mit dem schädlichen Produkt – so muss natürlich die Ausschaltung des kanzerogenen Agens als Ziel ins Auge gefasst werden. Für klar dokumentierte Substanzen ist dies nicht allzu schwierig. Hingegen ist dies in Anbetracht der Kontroversen zu den Schwellendosen und der Unsicherheiten für eine grosse Zahl von anderen Substanzen oft nicht möglich. Das Minimierungsgebot bedeutet, dass die Exposition bei krebserzeugenden Stoffen in jedem Falle so niedrig wie möglich sein sollte, da die Krebsgefährdung von der Höhe der Stoffkonzentration und der Dauer der Exposition abhängt.

Bezüglich Krebsrisiko beruht die medizinische Überwachung auf zwei Pfeilern: einerseits auf einem sensitiven und einfach auszuführenden Screeningtest und andererseits, im Falle der Entdeckung von präkanzerösen Anomalien oder von Tumoren im Frühstadium, auf einer Behandlung oder wirksamen Massnahme, welche Mortalität und Morbidität reduziert. Allerdings ist es in der Arbeitsmedizin oft schwierig, diese Anforderungen zu erfüllen.

Die biologische Überwachung von Arbeitnehmenden mit Einwirkungen gegenüber krebserzeugenden Stoffen ist in vielen Situationen sinnvoll. Für krebserzeugende Stoffe kann zwar keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden und die Exposition sollte in jedem Fall so niedrig wie möglich sein. Die Beurteilung der inneren Belastung von krebserzeugenden Arbeitsstoffen gestattet es jedoch beispielsweise die Wirkung von persönlichen Schutzmassnahmen oder eine zusätzliche Aufnahme des Stoffes über die Haut zu beurteilen. Ein Biomonitoring als Ergänzung für Messungen von Arbeitsstoffen in der Raumluft ist damit auch für krebserzeugende Arbeitsstoffe sinnvoll. Der BAT-Wert für

krebserzeugende Arbeitsstoffe unterliegt den gleichen Einschränkungen wie der MAK-Wert für krebserzeugende Stoffe.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung des Skriptums sind in der Liste der Grenzwerte am Arbeitsplatz der Suva biologische Arbeitsstofftoleranzwerte für folgende krebserzeugende Stoffe der Kategorien C1 und C2 veröffentlicht worden: Arsen und anorganische Arsenverbindungen, Benzol, Cadmium, Chrom (VI)-Verbindungen, Kobalt, Nickelverbindungen unlöslich (Nickeloxid und Nickelsulfid), Nickelsalze löslich sowie Trichloerethen.

### Berufskrankheitenstatistik in der Schweiz

In den letzten 20 Jahren stellen asbestbedingte, bösartige Tumoren (Mesotheliom der Pleura- und des Peritoneum, Bronchuskarzinom) den weitaus grössten Anteil an den bösartigen Tumoren, die als Berufskrankheit anerkannt worden sind dar. Über 90% der anerkannten Berufskrebse sind durch frühere Asbesteinwirkungen verursacht worden. An zweiter und dritter Stelle stehen maligne Neoplasien der ableitenden Harnwege durch frühere Expositionen gegenüber aromatischen Aminen und Adenokarzinome der Nasenhaupt- und Nasennebenhöhlen durch frühere Einwirkungen gegenüber Buchen- und Eichenholzstaub. Weitere maligne Neoplasien betreffen Leukämien/myeloproliferative Syndrome nach früherer Benzoleinwirkung sowie Hauttumoren bedingt durch UV-Exposition.

### Durch Asbest bedingte Neoplasien

Asbest kommt natürlich vor und ist ein natürliches Silikat, das aus Fasern besteht, die sich vorzugsweise in die Längsrichtung spalten. Asbest wird unterteilt in Serpentin-Asbest (Chrysotil, weisser Asbest) sowie Amphibol-Asbeste (Hornblende-Asbeste), insbesondere Krokydolith (Blau-Asbest), Amosit (Braun-Asbet), Anthophyllit und Tremolit. Asbest wurde bis in die 70er Jahre in allen westlichen industrialisierten Nationen wegen seiner hervorragenden Eigenschaften in grossem Masse verwendet.

Langdauernde hohe Asbestexpositionen können zu einer Asbeststaublunge, der Asbestose, führen. Die Asbestose ist mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten einer Bronchuskarzinoms vergesellschaftet. Höhere Asbesteinwirkungen können aber auch ohne das Vorliegen einer Asbestose zu einem erhöhten Lungenkrebsrisiko führen. Das Lungenkrebsrisiko wird durch Asbest und Rauchen gegenseitig überadditiv gesteigert. In der Regel wird ein Bronchuskarzinom dann als Berufskrankheit anerkannt, wenn eine Asbestose vorliegt oder wenn eine bilaterale, ausgedehnte Asbest bedingte Pleuraveränderung vorliegt oder wenn eine kumulative Asbestdosis von 25 Faserjahren wahrscheinlich ist (so genannte Helsinki-Kriterien).

Das Pleura- und Peritonealmesotheliom kann bereits durch kurzdauernde Einwirkungen gegenüber Asbest verursacht werden. Die mittlere Latenzzeit liegt bei 35 – 40 Jahren. Gegenwärtig werden über 100 Patienten mit Mesotheliom in der Schweiz den UVG-Versicherern als Berufskrankheit gemeldet, mit steigender Tendenz. Aufgrund der Tatsache, dass der maximale Asbestimport in der Schweiz nach 1975 anzusetzen ist und der bekannten Latenzzeit kann kaum vor dem Jahre 2015 mit einer Abnahme der Fallzahl der Mesotheliompatienten in der Schweiz gerechnet werden.

Untersuchungen weisen auch auf eine mögliche ursächliche Rolle von Asbest-Feinstaub für das Auftreten von malignen Neoplasien im Gastrointestinaltrakt und dem Kehlkopf hin.

Aktuell asbestexponierte Arbeitnehmende werden im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen der Suva regelmässig untersucht, nämlich während der ersten 15 Jahre in einem Intervall von 5 Jahren, später in einem Intervall von 2 Jahren. Die Untersuchung umfasst eine Anamnese, den klinischen Status, ein Thoraxröntgenbild sowie eine Spirometrie. Gegenwärtig sind vor allem Mitarbeitende in Asbestsanierungsfirmen asbestexponiert.

Nachgehende Untersuchungen von Arbeitnehmenden, die früher asbestexponiert gewesen sind, werden ebenfalls im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge durchgeführt. Dies betrifft vor allem Arbeitnehmende, die früher im Rahmen von Isolationsarbeiten, der Fabrikation und Bearbeitung von Asbestzement, Waggonindustrie, Waggonunterhalt, in Bauhaupt- und Baunebengewerbe und in der chemischen Industrie gearbeitet haben. Wenn im Rahmen solcher Untersuchungen gutartige oder bösartige Asbest bedingte Befunde erhoben werden, wird eine Berufskrankheit registriert.

### Krebse durch Holzstaub

Bei Arbeitnehmenden, die gegenüber Buchen- und Eichenholzstaub exponiert gewesen sind, ist das Risiko für das Auftreten von Adenokarzinomen in den Nasenhaupt- und den Nasennebenhöhlen wesentlich erhöht. Buchen- und Eichenholzstaub ist deshalb in der Grenzwertliste der Suva als C1 eingestuft; andere Holzstäube sind als C3 eingestuft. Dies sind seltene Krankheiten, die nur 0.2 – 0.8% aller Tumoren ausmachen. Am häufigsten ist das Adenokarzinom des Ethmoids. Ungefähr 65% der davon betroffenen Personen haben in der Holzindustrie gearbeitet. Diese Berufsgruppe stellt nur 7% der Gesamtpopulation dar.

In der Klinik sind die spärlichen und scheinbar banalen Frühzeichen praktisch die Regel. Die Latenzzeit zwischen den ersten Symptomen und der Diagnosestellung kann gross sein und manchmal mehr als 2 Jahre betragen. Die Symptome hängen von Sitz und Ausdehnung ab.

- Beim Sitz in der Nase oder den Sinus sind akute Probleme selten. Die Störungen entwickeln sich progressiv, wie Nasenobstruktion, schleimiger oder schleimig-eitriger Nasenfluss, minimales wiederholtes Nasenbluten. Die Zeichen sind meist einseitig. Geruchsstörungen sind häufig, jedoch selten erwähnt.
- Ophthalmologisch können eine Diplopie, ein Exophthalmus sowie plötzliches Tränen beobachtet werden. Die Schwellung des innern Augenwinkels ist für ein auf das Ethmoid übergreifendes Karzinom bezeichnend.
- Neurologisch werden frontale Kopfschmerzen oder ausnahmsweise diskrete Verhaltensstörungen (Gereiztheit) beschrieben. Häufig sind verschiedenen Zeichen miteinander assoziiert.
- Ganz besonders muss betont werden:
  - die Einseitigkeit der Symptome
  - das fast völlige Fehlen einer akuten Symptomatologie
  - die Resistenz gegenüber selbst wiederholten Behandlungen.

Im Gegensatz zu den andern Malignomen der oberen Luft- und Verdauungswege sind Metastasen der zervikalen Ganglien sowie Fernmetastasen (Lunge, Leber, Knochen; Hirn) selten.

Es ist bemerkenswert, dass eine grosse Anzahl von Holstaub exponierten Arbeitern, jedoch ohne sichtbares Karzinom, eine chronische, hypertrophe Rhinitis, trockene und atrophische Nasenschleimhaut und Polypen entwickelt.

### Krebse durch aromatische Amine

Diese betreffen die Blase. Der Blasenkrebs stellt 2% aller bösartigen Tumoren dar und seine Inzidenz nimmt zu. Das Rauchen ist mit 60% der Fälle die häufigste Ursache. 20% stammen aus beruflicher Exposition.

1895 beschrieb der Schweizer Urologe Rehn eine Inzidenz von Blasenmalignomen bei Arbeitern, die mit Anilin als Farbstoff arbeiteten. Später wurden noch weitere beteiligte Substanzen (Benzidin, Beta-Naphthylamin) entdeckt, deren Absorption durch Inhalation, Ingestion oder Hautpassage erfolgen kann.

Man nimmt an, dass der wiederholte Kontakt mit dem Kanzerogen im Urin nach der Konzentrierung des Produktes durch die Niere die Entstehung eines Karzinoms nach sich zieht. Um kanzerogen zu werden, müssen die aromatischen Amine in der Leber mit der Glukuronsäure oder mit Sulfaten konjugiert werden. Diese konjugierten Amine gelangen durch die Nieren in die Harnwege, wo sie der vom pH abhängigen Beta-Glukuronidase ausgesetzt werden. Das Epithelium ist dann den hydroxylierten kanzerogenen Formen exponiert, die sich in der Blase anhäufen.

Das Hauptsymptom eines Blasenkarzinoms ist die Hämaturie, die in 80% der Fälle beobachtet wird. Sie ist häufig beträchtlich, indolent, aber intermittierend. Bei 20% der betroffenen Individuen kommen noch Reizblase, Dysurie, Nykturie und falsche Miktionen dazu.

Sitz von Metastasen sind mit abnehmender Häufigkeit die Beckenganglien, die Lungen, die Knochen und die Leber.

Die Diagnostik besteht in der Zytologie des Urins, die zur Früherkennung allgemein anerkannt ist, verbunden mit der Suche nach einer Hämaturie. Tatsächlich liegt in 75% der Fälle eine abnorme Urinzytologie vor. Dies entspricht einer Sensitivität von 75% und einer Spezifität von 99,9%. Die definitive Diagnose wird durch die Zystoskopie und die transurethrale Biopsie der verdächtigen Zonen gestellt. Die Urinzytologie von ehemals gegenüber aromatischen Aminen exponierten Arbeitnehmenden ist damit ein wichtiges Element der arbeitsmedizinischen Vorsorge. Arbeitnehmende, die früher im Rahmen der Farbstoffherstellung oder Insektizidproduktion gegenüber aromatischen Aminen exponiert gewesen sind, werden im Rahmen der Vorsorgeprogramme der Suva auch nach Ende der Exposition regelmässig weiter durch Urinzytologien überwacht.

### Benzol

Benzol ist ein aromatischer Kohlenwasserstoff der durch Destillation von Rohöl oder Steinkohlenteer gewonnen wird. Seine Verwendung als Lösungsmittel in der chemischen Industrie (Produktion von Kosmetika, Seifen, Parfums, Farbstoffe, Sprengstoffe), der Kautschukverarbeitung, und der Schuhindustrie ist weitverbreitet. Es wird zudem als Ausgangsprodukt für die Synthese zahlreicher Zwischen- und Endprodukte (Phenol/ Nitrobenzol, Chlorbenzol etc.) eingesetzt. Benzol kommt auch im Autobenzin vor. Ebenfalls findet sich im Zigarettenrauch 47 ppm Benzol. Ein Raucher (20-30 Zigaretten/Tag) inhaliert somit 2 mg Benzol täglich (0.2 mg / Tag für einen Nichtraucher). Die frühere Verwendung von Benzol als Entfettungsmittel in der Metallindustrie und in chemischen Reinigungen ist heute untersagt.

Eine benzolbedingte aplastische Anämie wurde erstmalig 1897 beschrieben. Benzol blieb die häufigste Ursache für eine toxische aplastische Anämie bis in die 50er Jahre des 20. Jahrhunderts. Der toxische Effekt ist in klarer Abhängigkeit der aufgenommenen Dosis sowie der Expositionsdauer. Die Anämie ist nach Beendigung der Exposition reversibel. Indessen ist die Latenzzeit bis zum Auftreten erster Symptome variabel (Monate bis Jahre). Die Symptome können auch erst einige Zeit nach Beendigung der Exposition auftreten.

Benzol ist in der Liste der Grenzwerte der Suva als C1 eingestuft, das heisst als Stoff der auf den Menschen bekanntermassen krebserzeugend wirkt. Einwirkungen gegenüber Benzol sind mit einem erhöhten Risiko für akute Leukämien, lymphoproliferative und myeloproliferative Syndrome vergesellschaftet. Als Ursache der krebserzeugenden Wirkung wird vor allem die Wirkung von Benzol-Epoxiden und phenolischen Phenolmetaboliten diskutiert. Das Risiko für das Auftreten maligner Neoplasien nach Benzoleinwirkung hängt sowohl von der kumulativen Benzoldosis in ppm x Jahre, wie wahrscheinlich vom Ausmass vorübergehender Expositionsspitzen ab.

Die akute Toxizität entspricht derjenigen eines lipophilen Lösungsmittels (s. dort), u.a. Kopfschmerzen, Benommenheit und Übelkeit bis zu einer narkotischen Wirkung.

Benzol wird zur Hauptsache über die Lunge aufgenommen. Ca. 50 % einer inhalierten Dosis wird resorbiert und gelangt in die Blutbahn. Benzol wird ebenfalls über die Haut aufgenommen.

Die Elimination von Benzol erfolgt über drei Wege:

- Biotransformation in der Leber (ca. 50-80 %)
- unverändert ausgeatmet (ca. 10-50 %)
- unverändert über die Niere ausgeschieden (1 %)

Der Grenzwert am Arbeitsplatz für Benzol wird aufgrund bekannter Dosis-Risiko-Beziehungen festgelegt. Der MAK-Wert beträgt 0.5 ppm (1.6 mg/m<sup>3</sup>). Zum Biomonitoring sind BAT-Werte für die beiden Metaboliten S-Phenylmercaptursäure und t,t-Muconsäure festgelegt worden. Der BAT-Wert für S-Phenylmercaptursäure beträgt 25 µg/g Kreatinin, derjenige für t,t-Muconsäure 500 µg/g Kreatinin.

## Andere Berufsmalignome

Wie wir in den vorangegangenen Tabellen gesehen haben, gibt es verschiedenartige Substanzen, die einen Krebs induzieren können. Aus diesem Grund ist die detaillierte Berufsanamnese das wichtigste Element, um eine eventuelle Exposition am Arbeitsplatz zu verstehen. Dies kann auch für neue Substanzen nützlich sein, um ein mögliches Risiko zu dokumentieren und zu erhärten.

## Konkrete Bedeutung

Zur Zeit erlauben unsere Kenntnisse nicht, eine sicher unschädliche Konzentration für chemische Kanzerogene anzugeben. Die Respektierung eines eventuellen MAK-Wertes gibt keine Sicherheit gegenüber einem sehr kleinen "Rest"risiko eines bösartigen Tumors. Da das Krebsrisiko einer Substanz im allgemeinen von ihrer Konzentration in der Luft und der Dauer der Exposition abhängt, müssen absolut und in jedem Fall diese beiden Werte so klein wie möglich gehalten werden.

Kanzerogene sollten wenn möglich durch andere unschädliche oder weniger schädliche Substanzen ersetzt werden. Wenn nicht auf deren Benutzung verzichtet werden kann, müssen technische und hygienische Massnahmen am Arbeitsplatz getroffen werden, um das Personal überhaupt nicht oder nur minimal der Gefahr auszusetzen. Zu diesen Massnahmen gehören unter anderem die Verminderung der Intensität und der Dauer der Exposition, sowie die regelmässige medizinische Überwachung der exponierten Personen. Zusätzlich sollte die Anzahl der Personen im Kontakt mit Kanzerogenen so weit wie möglich reduziert werden. Die Arbeiter, die in den Kontakt mit solchen Substanzen kommen können, müssen über die Gefahr orientiert werden.

Diese Richtlinien entsprechen denjenigen der Artikel 2, 4 und 5 der in der Schweiz ratifizierten Konvention Nr. 139 der Internationalen Organisation der Arbeit über die Berufskrebse.

#### Literatur

Doll R, Peto R. The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of Cancer in the United States today. *Journal of the National Cancer Institute*. 1981; 66: 1191 - 1308.

LaDou J. *Occupational & Environmental Medicine*. Second edition. Appleton & Lange.

Suva: Grenzwerte am Arbeitsplatz, Form. 1903

## **3. Ergonomie und Bewegungsapparat**

### **3.1 Einführung in die Ergonomie**

#### Definition

Zusammengesetzt aus den griechischen Wörter "ergon" (Arbeit) und "nomos" (Gesetz), bedeutet Ergonomie buchstäblich das Studium oder die Messung der Arbeit.

Die Ergonomie kann als "Anpassung der Arbeit, die Werkzeuge oder Hilfsmittel an den Mensch" definiert werden oder genauer als den Einbezug wissenschaftlicher Kenntnisse über den Menschen für die Entwicklung von Werkzeugen, Maschinen und technischen Anlagen, welche von den meisten Menschen mit einem Maximum an Komfort, Sicherheit und Wirksamkeit benutzt werden können.

#### **Geschichtliches**

Der Begriff "Ergonomie" wurde offiziell in England 1949 auf die Initiative von Murrell, einen walisischen Ingenieur, ins Leben gerufen. Ursprünglich zielte die Ergonomie darauf ab Bedingungen, welche die menschliche Leistung limitierten, zu verbessern – z.B. in der militärischen Luftfahrt – und Mittel zu entwickeln um die industrielle Produktion zu steigern (speziell in der Industrie, wo die Frauen seit und während des 2. Weltkrieges die Männer ersetzen mussten). Immer mehr aber begann die Ergonomie sich den Risiken der Arbeit für die Gesundheit der Arbeitnehmenden anzunehmen um diesen Beeinträchtigungen vorzubeugen. Die Ergonomie verlagerte ihren Schwerpunkt von der Produktionssteigerung hin zur Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz; hin zur Erhaltung der Arbeitsfähigkeit. Heute wird zunehmend der Begriff „Human-Factors“ zusätzlich zu oder auch anstatt „Ergonomie“ verwendet. Der ‚Menschliche Faktor‘ ist ein Sammelbegriff für psychische, kognitive und soziale Einflussfaktoren. Weil die klassische Arbeitswelt sich verändert, die physische Arbeitskraft zunehmend von Maschinen ersetzt wird, und die Herausforderung in der Arbeit sich zunehmend von der Anwendung von Kraft zur Bedienung von Geräten und Bedienungsoberflächen verlagert, wird ein erweitertes Verständnis der Ergonomie wichtig. Dabei liegt der Schwerpunkt weniger auf den physischen und anthropometrischen Eigenschaften. Die psychischen und kognitiven Leistungen und Voraussetzungen von Menschen spielen ebenso eine Rolle wie die Leistungs- und Fähigkeitsgrenzen.

#### **Ziele**

Die Ergonomie :

- erarbeitet die Konzeption von Installationen, Maschinen, Werkzeugen, Arbeitsorganisationen, usw.
- untersucht das Individuum an der Arbeit; diese Tätigkeitsanalyse und Belastungsanalyse untersucht für einen Arbeitnehmer zu einem bestimmten Zeitpunkt den Zusammenhang zwischen den Ansprüchen der Arbeitsaufgabe und seiner Fähigkeit (physisch und mental) diese zu erfüllen.
- zielt darauf ab die Arbeitssituation, die Arbeitsbedingungen sowie die Arbeitsaufgaben, welche zu erfüllen sind zu verbessern (z.B. gefährliche Arbeitssituationen zu eliminieren oder zu korrigieren).

Die Ergonomie versucht eine grösstmögliche Übereinstimmung zwischen den Arbeitsanforderungen und den physiologischen, psychischen, kognitiven und sozialen Bedingungen und Fähigkeiten der arbeitenden Person zu finden. Das Ziel ist die Verbesserung der Leistungsfähigkeit des gesamten Arbeitssystems und zur Minderung der auf den arbeitenden Menschen einwirkende Belastungen beizutragen.

Das Vorgehen der Ergonomie: Arbeits- und Tätigkeitsanalyse

Die Ergonomie versucht die Arbeitssituationen in ihrer Gesamtheit zu erfassen und zu analysieren:

- die Arbeitsausführenden:
  - Wissen über das Funktionieren des Menschen
  - physische Tätigkeit: Arbeitsphysiologie, mentale Tätigkeiten: Arbeitspsychologie, Kognition
- die zu verrichtenden Arbeitsaufgaben
  - Art der Aufgabe, Menge, zeitliche Bedingungen / Frequenz
- die Arbeitsmethode und die Werkzeuge
- die Gestaltung des Arbeitsplatzes
- die Arbeitsbelastung
  - physische Belastung: Haltung, Bewegungsabläufe, Heben und Tragen von Lasten, usw.
  - mentale Belastung: Aufmerksamkeit, Vigilanz, Konzentrationsanforderungen, Genauigkeit, Abwechslung der Aufgaben, Schnelligkeit der Ausführung, usw..
- Die Analyse der Arbeitsumwelt
  - Einrichtung, Mobiliar
  - Beleuchtung
  - Klima: Temperatur, Feuchtigkeit
  - Lärmbelastung
  - Unfallrisiko
  - Physikalische und chemische Exposition
  - Soziale Faktoren: Gruppen, Hierarchien
- Die Auswirkungen auf die Arbeit
  - Produktivität,
  - Arbeitsqualität,
  - Arbeitsanwesenheit oder Absentismus, Arbeitsunfälle oder Zwischenfälle, arbeitsassoziierte Krankheiten, Probleme der Eignung für ein Arbeitsplatz usw.
- Die Auswirkungen auf den Arbeitenden
  - Arbeitszufriedenheit, physische- und psychische Belastungen

## Daten-Quellen

- Betriebsdaten
- Fragebogen-Erhebungen bei den Arbeitenden (soziodemographische Daten, gesundheitsbezogene Daten, berufliche Expositionen, Organisatorische Bedingungen usw.)
- Gespräche mit den Arbeitnehmenden zur Erkennung von Unfallrisiken, Erkennung von Arbeitsausführungsproblemen, schwierige Arbeitsstufen usw.
- Direkte Beobachtungen am Arbeitsplatz (meist mittels standardisierten Beobachtungsschemen)
- Physiologische Messungen in der Arbeitssituation können die Arbeitsanalyse vervollständigen (z.B. Aufzeichnung der Herzfrequenz).

Die Arbeitsplatz Evaluation beinhaltet das subjektive Einschätzen des Arbeitsplatzes durch den Arbeitenden sowie die, durch die direkte Beobachtung erhobenen, objektiven Daten. Die Analyse kann auf den Arbeitsplatz oder auf die Arbeitsaufgabe beschränkt sein.

Videoaufzeichnungen werden häufig herangezogen um die einzelnen Arbeitsschritte zu analysieren oder die Arbeit in Gruppen, hinsichtlich der Arbeitsaufteilung und Zeitabläufen, zu untersuchen. Videoanalysen sind ergänzende Analysen, die aber die direkte Arbeitsbeobachtung nicht ersetzen können.

Ein solches Vorgehen erlaubt auch die grundlegenden Arbeitszyklen zu identifizieren, welche den sich immer wiederholenden Hauptstätigkeiten entsprechen (z.B. die Zusammensetzung eines Motors, eines Moduls) sowie dazugehörenden Tätigkeiten die nur ab und zu auszuführen sind (wie das Bereitstellen von Teilchen, Wartung von Maschinen, Aufräumen). In einem zweiten Schritt können die grundlegenden Arbeitszyklen in kleinere Arbeitsschritte zugelegt werden, wie z.B. Ergreifen eines Teilchens, Schraubenmutter anbringen, Schraubenzieher aufnehmen, ausschrauben, zusammensetzen, Produkt weiterreichen usw.)

Die ergonomische Analyse erlaubt :

- Das Erkennen der Abweichung zwischen :
  - der *vorgegebenen Arbeit* = Arbeitsauftrag
  - der *reellen Arbeit* = wie sie der Arbeitende ausführt
- Die Variationen im Arbeitszyklus zu erkennen, sowie nicht vorgegebene Arbeitsaufgaben und Strategien, welche aber für die Arbeitserfüllung notwendig sind.
- Risikofaktoren zu erkennen insbesondere für muskuloskeletale Probleme: Kraftaufwendung, Zwangshaltungen, repetitive Bewegungen usw.
- Verbesserungsvorschläge und Präventionsmassnahmen zu erarbeiten, einen Aktionsplan zu erstellen, sowie das Begleiten seiner Umsetzung.

Die Durchführung einer ergonomischen Arbeitsanalyse bedingt Zugang zum Arbeitsplatz und kann nicht theoretisch oder rein auf Fragebogenerhebungen realisiert werden. Um wirkungsvoll zu sein ist es wichtig Verbindungen mit der Direktion eines Unternehmens, den Arbeitnehmenden, den leitenden Angestellten sowie mit den Präventions-Verantwortlichen (Hygieniker, Sicherheits-Verantwortliche usw.) aufzubauen.

## **Weiterführende Literatur:**

- Landau, K (2007). Lexikon Arbeitsgestaltung. Best Practice im Arbeitsprozess. Stuttgart: Gentner Verlag.
- Salvendy, G (2006). Handbook of Human Factors and Ergonomics. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Grandjean E. (1991) Physiologische Arbeitsgestaltung. Leitfaden der Ergonomie. Thun: Ott Verlag
- Schmidtke, H. (1993). Ergonomie. München: Carl Hanser Verlag

## **3.2 Bildschirmarbeitsplatz**

Bedingt durch die technische Entwicklung und die Verlagerung der Arbeitswelt in den westlichen Ländern von der Produktion hin zu Serviceleistungen arbeiten immer mehr Menschen am Computer. Heute ist ein Computer ein natürlicher Teil von fast allen Arbeitsplätzen, nicht nur im Büro, sondern auch in der Industrie, wo viele Werkzeuge von Mikroprozessoren gesteuert werden, im Krankenhaus, in vielen elektronischen Apparaturen, in fast allen motorisierten Verkehrsmitteln usw. Zunehmend mehr Arbeitnehmende verbringen ihre gesamte Arbeitszeit am Computer, über 50 % der Arbeitnehmenden brauchen den Computer mindestens zeitweise (SECO 2004).

Wissen über die Gestaltung der Mensch Maschine-Interaktion (MMI) ist ein wichtiger Bestandteil der neuen Ergonomie. MMI nimmt auch auf die übergeordnete Arbeitsgestaltung Einfluss, weil die Arbeit am Computer auch in die Arbeitsabläufe eingreift. Schlecht gestaltete MMI-Systeme sind ein ernstzunehmender Risikofaktor, dies z.B. weil durch hohe mentale Belastung, schlechte Orientierungshilfe oder unstrukturierte Informationsdarstellung Bedienungsfehler mit folgenschweren Fehlentscheidungen erfolgen können. Folgeschwer können Fehlentscheidungen bei vielen Kontrollen und Überwachungen sein (Flugbetrieb, industrielle Betriebe, Patientenbetreuung) oder auch bei der Bedienung von Apparaten, beispielsweise im Operationssaal.

Die Bildschirmarbeit ist eine statische Arbeit, welche die Arbeitshaltung einschränkt und eine Belastung für die Augen darstellt. Die Haltungs- und Augenbelastung durch die Bildschirmarbeit können das Wohlbefinden stören und gesundheitliche Beeinträchtigungen nach sich ziehen. Zudem muss die mentale Belastung der Bildschirmarbeit mitberücksichtigt werden (Monotonie, Aufmerksamkeitsanforderungen).

### **Bildschirmarbeit und Augenforderungen**

Die Arbeit am Bildschirm fordert das Sehen durch die dauernden Akomodations-Anstrengungen, durch die Konvergenz, die Fixierung und die Adaptation an die Beleuchtungssituation.

- Basierend auf den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen gibt es keine spezifischen ophthalmologischen Erkrankungen durch die Arbeit am Bildschirm.
- Mehrere Stunden Arbeit am Bildschirm kann eine Augenermüdung zur Folge haben (Gefühl der Schwere der Augen, Stechen der Augen, Blendungen, Kopfschmerzen). Diese Symptome werden gehäuft festgestellt, wenn der Arbeitsplatz ergonomisch schlecht eingerichtet ist oder wenn die Augen nicht gut auf die Bildschirmarbeit eingestellt, das heisst korrigiert sind. Die Augenermüdung verschwindet nach genügender Erholung.

- Durch die starken visuellen Anstrengungen der Bildschirmarbeit können Visusstörungen (Ametropien, Fusionsstörungen) erst in Erscheinung treten.
- Viele Bildschirmarbeiter leiden unter Symptomen der Augentrockenheit (Brennen der Augen, Fremdkörpergefühl, oder Augenreizung) weil die lange Zeit aufrecht gehaltene Fixierung des Bildschirms eine Verminderung des physiologischen Lidschlages auslösen kann, was eine Dehydrierung der Kornea zur Folge hat. Aber auch andere Faktoren können zusätzlich zu einer vermehrten Augentrockenheit beitragen: Klimatisierung, Zugluft, zu tiefe Feuchtigkeit in Arbeitsräumen, hohe Temperaturen und Innenraumverschmutzung mit Partikeln wie Tabakrauch, Ozon durch Fotokopierer etc. sowie auch zahlreiche Medikamente.

### **Bildschirmarbeit und Arbeitshaltung**

Die meist sitzende Arbeitshaltung zieht eine Anspannung in der Nackenmuskulatur, der Schultermuskulatur und des gesamten Rückens nach sich. Auch die repetitiven Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes sowie der Hände und Arme können chronische Schmerzen im Nacken, im Rücken oder Schulterblatt begünstigen.

Ist z.B. der Bildschirm weit oberhalb des Auges positioniert, das abzutippende Dokument unten auf der Tischplatte, resultieren ständige Nick- und Hebebewegungen im Nacken. Die repetitiven Bewegungen während langen Perioden, wie auch die Konfiguration oder die Art und Weise wie die Tastatur benutzt wird, können lokalisierte Schmerzen im Bereich der Finger-, Armsehnen und Gelenken zur Folge haben (Tendosynovitiden, Bursitiden, Karpaltunnel-Syndrom).

Wenn der Druck durch die Hände auf die Maus zu hoch ist können Tendinopathien des Zeigefingers oder des Daumens ausgelöst werden. Auch eine zu kleine oder zu grosse Maus (in Bezug auf die Hand des Benutzers) können ähnliche Schmerzphänomene im Bereich des kleinen Fingers und des Ringfingers nach sich ziehen.

Die Arbeitsaufgabe beeinflusst die Sitzverhalten und damit das Risiko für muskuloskeletale Beschwerden. Das höchste Risiko besteht bei monotoner Bildschirmarbeit.

### **Bildschirmarbeit und mentale Belastung**

Es handelt sich hierbei um ein komplexes Geschehen bei dem die Ausbildung, die Erfahrung des Arbeitenden, sowie die Software und der Einsatz der Informatik in der Arbeitsorganisation eine Rolle spielen. Die Benutzungsqualität eines Software mit einer graphischen Bedienoberfläche wird durch mehreren Kriterien bestimmt: Design, Funktionalität, Sicherheit, technische Raffinesse, Usability (Einfachheit der Bedienbarkeit).

Die mentale Belastung bei der Bildschirmarbeit ist nicht allein von der Qualität des Software-Tools bestimmt, sondern hängt mit der Gesamtevaluation aller relevanten Faktoren eines Mensch-Maschine-Systems zusammen: z.B. mit den Aufgaben-, Benutzer- und Umgebungsmerkmalen. (Abbildung 1)

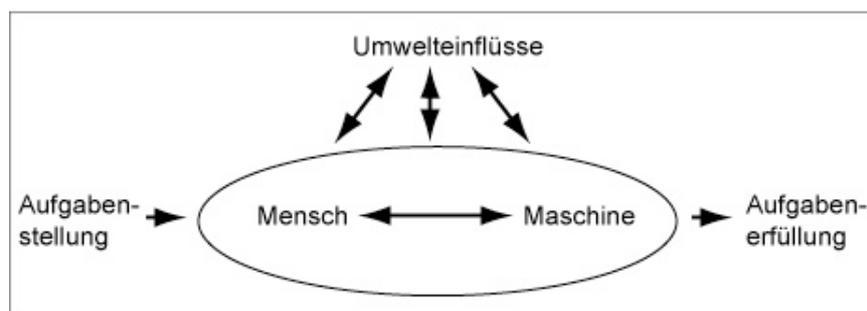


Abbildung 1: Die zentralen Faktoren des MMI-Systems

## Bildschirmarbeitsplatz –Einrichtung

Um die oben angeführten Probleme zu vermeiden oder zu vermindern existieren verschiedene Empfehlungen für die Einrichtung eines Bildschirmarbeitsplatzes (Abbildung 2). Der Bildschirmarbeitsplatz muss auf die Grösse des Benutzers angepasst sein: Arbeitsfläche auf Höhe der Ellenbogen, Bildschirm auf Augenhöhe, Füsse auf einer rückwärtsgeneigten Ausruhe-Fläche, um das Gewicht vom einen Bein auf das andere zu verlagern.

1. genügend Arbeitsraum
  - damit der Arbeitende sich bewegen kann
  - damit die Arbeitshaltung gewechselt werden kann
  - um die Beine zu strecken / entspannen
2. Bildschirm in der Mitte vor sich in Hauptblickrichtung. Aufstellung des Bildschirmes senkrecht zum Fenster



Abbildung 2: Einrichtung der Büroarbeitsplatz

3. Anpassen der künstlichen und natürlichen Beleuchtung
  - Vermeidung von Blendung + Reflexen
    - Anbringen von Storen oder Vorhängen an Fenstern
    - Ausstattung der Deckenbeleuchtung mit feinen Gittern / oder indirekte Beleuchtung
  - Genügende Beleuchtung für die Arbeitsaufgabe: Für Büroarbeitsplätzen soll die Beleuchtungsstärke zwischen 500 – 700 Lux sein. Die empfohlene Beleuchtungsstärke variiert mit der Art der Arbeit und dem Arbeitsplatz.
  - Von ständigen Arbeitsplätzen aus muss die **Sicht ins Freie** (Fenster) vorhanden sein.
  - Regelmässig vom Bildschirm weg in die Ferne schauen!
4. Regulierung der Heizung, Klimatisierung und mechanischer Ventilation.
  - Luft weder zu trocken noch zu feucht (30 % - 50 % Feuchtigkeit)
  - angenehme Temperatur um 18°-20°
  - angemessene Lüftung
5. Mobiliar (Abbildung 3)
  - Verstellbar: Der Bildschirmarbeitsplatz muss auf die Grösse des Benutzers angepasst sein! Arbeitsfläche auf Höhe der Ellbogen, Bildschirm auf Augenhöhe. Schulung der Mobiliareinstellung.
  - Arbeitsfläche nicht spiegelnd
  - Bei Benützung von Papiervorlagen; Dokumentträger seitlich des Bildschirmes auf Sichthöhe aufgestellt.

- Bildschirmoberrand auf Augenhöhe, etwas unterhalb bei Presbyopen. Der Bildschirm sollte direkt auf dem Arbeitstisch platziert sein und nicht auf dem Computer! (kann man unter den Schreibtisch stellen)
6. Wahl der Hardware
- Gute Bildschirmqualität und Grösse angepasst an die Arbeitsaufgabe
  - Reflexgeschützte Bildschirme
  - Leuchtstärke des Bildschirmes regulierbar.
  - Regelmässige Staubreinigung des Bildschirmes
  - Bildschirmhintergrund : helle Farbe (weniger Augen ermüdend)
  - Form + Grösse der Maus angepasst an Benutzer-Hand und links- oder rechts Händigkeit.
  - Evtl. ergonomische, geteilte Tastatur

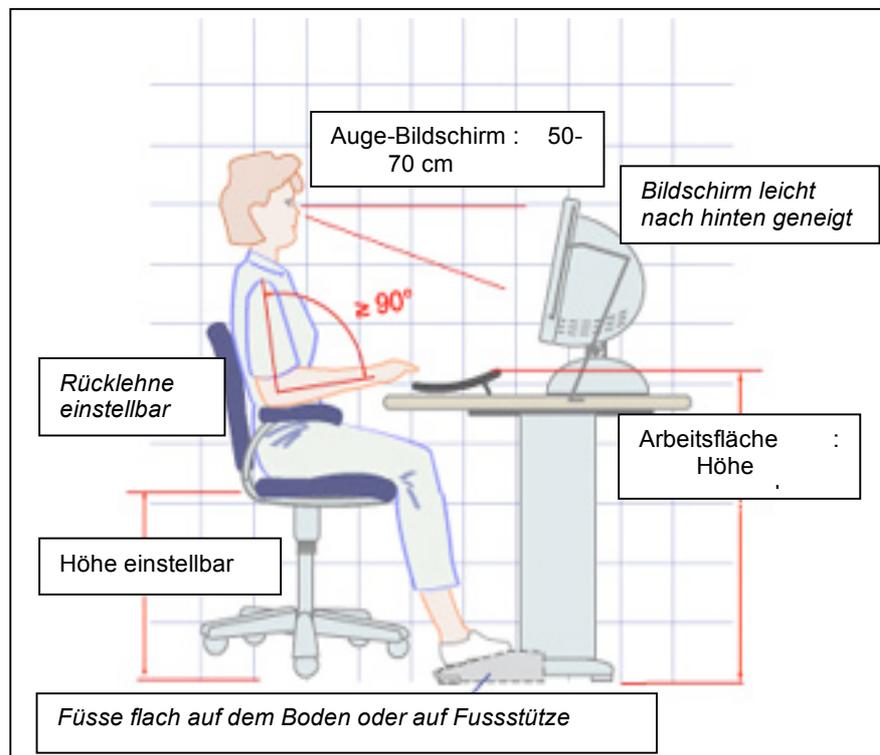


Abbildung 3: Wichtige Einrichtungsmerkmale des Büroarbeitsplatzes

7. Regelmässige Arbeitspausen oder Wechsel der Arbeitstätigkeit. Z.B. Telefonieren, Post im Stehen erledigen!

**Achtung !** Bei Veränderungen des Arbeitsplatzes (anderer Bildschirm, Beleuchtung, etc.) oder Visus-Korrekturen muss der Bildschirmarbeitsplatz evtl. modifiziert und neu angepasst werden!

## Literaturhinweise

- Landau, K (2007). Lexikon Arbeitsgestaltung. Best Practice im Arbeitsprozess. Stuttgart: Gentner Verlag.
- Ergonomie am Bildschirmarbeitsplatz / Ergonomie au poste de travail informatisé. (2008). suvapro, CD-ROM. SNV Reihe Nr. 101/2, Ausgabe 2008/11.
- Lips, W. (2004). Bildschirmarbeit. Wichtige Informationen für Ihr Wohlbefinden Suva, Abteilung Arbeitssicherheit, Bereich Physik, Luzern, 10., überarbeitete Auflage – April 2004
- Helander, G., Landauer, T.K., Prabhu, P.V. (1997). Handbook of Human-Computer Interaction. Amsterdam: Elsevier.

## 3.3 Muskuloskeletale Erkrankungen und Beschwerden

### *Arbeitsassoziierte Erkrankungen*

In allen neueren Umfragen zu Beschwerden im Zusammenhang mit der Arbeit finden wir eine dominante Zunahme im Bereich der sogenannten muskuloskeletalen Beschwerden wie Rücken- und Schulterschmerzen oder Schmerzen in den Extremitäten (siehe Abb. 1) sowie deutliche Zunahmen im Bereich der nervösen oder mentalen Beschwerden (Reizbarkeit, Müdigkeit, Schlafstörungen etc.). Es handelt sich dabei um sogenannte arbeitsassoziierte Erkrankungen oder Beschwerden.

**Arbeitsassoziierte Beschwerden in der Schweiz 1984/1998**

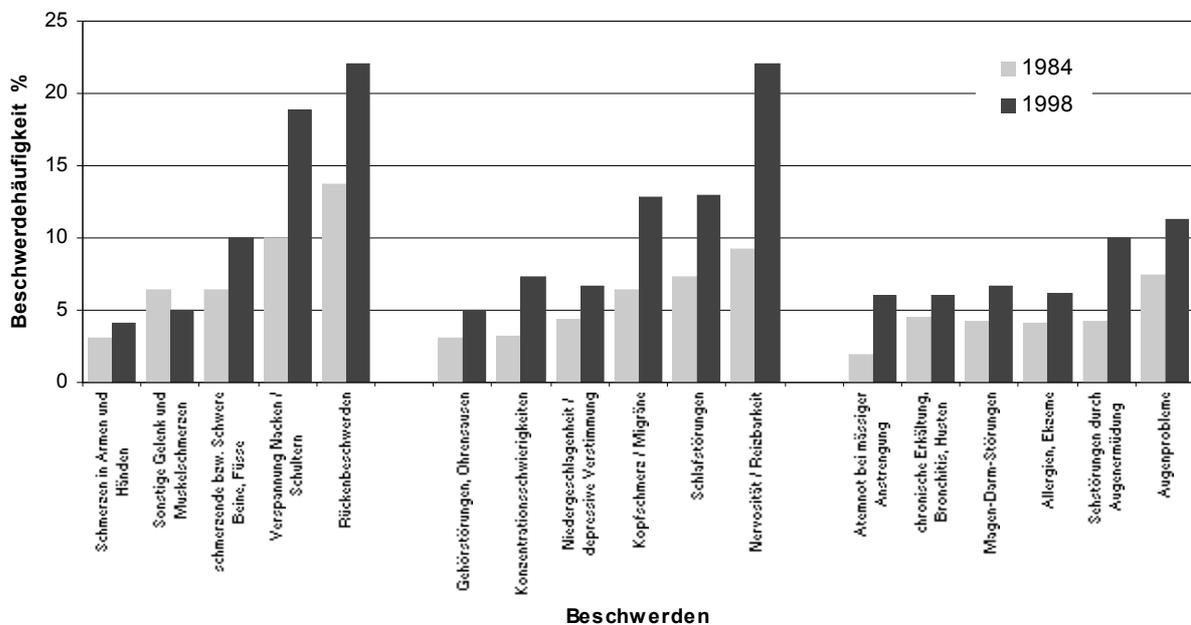


Abbildung 1: Arbeitsassoziierte Beschwerden 1984/1998 gemäss seco

Unter arbeitsassoziierten Erkrankungen versteht man alle multifaktoriell verursachten Erkrankungen, deren Entwicklung, Manifestation, Beschwerdeintensität oder Behandlungsbedürftigkeit nachweislich von Art und Intensität bestimmter arbeitsbedingter Belastungen oder Gesundheitsgefährdungen abhängig sind. Angesichts der beträchtlichen Häufigkeit derartiger Erkrankungen und dem deutlich erhöhten Risiko der Erwerbslosigkeit (Arbeitsunfähigkeit) muss hier ein Schwerpunkt arbeitsmedizinischer Prävention gesetzt werden.

Besonders die psychosozialen Anforderungen und Belastungen an die Arbeitnehmenden haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Je nach beruflicher Position, Arbeitsinhalt, Persönlichkeitsfaktoren und soziale Unterstützung werden die gleichen Belastungen unterschiedlich stark wahrgenommen und resultieren auch in unterschiedlichen Beschwerdebildern.

### **Chronische muskuloskeletale Beschwerden**

Arbeitsassoziierte muskuloskeletale Beschwerden sind gemäss der Definition der European Agency for Safety and Health at Work Beeinträchtigungen von Körperstrukturen wie Muskeln, Gelenke, Sehnen, Ligamenten, Nerven, Knochen oder lokalisierter Blutzirkulation verursacht oder verstärkt durch die Ausführung der Arbeit und durch die physische und psychische Arbeitsumgebung. Die meisten arbeitsassoziierten muskuloskeletalen Beschwerden sind kumulative Störungen die aus wiederholten Expositionen zu hoch- oder niedrig intensiven Lasten über einen langen Zeitraum resultieren. Die subjektiven Symptome variieren von Unwohlfühlen und Schmerz bis zu abnehmenden Körperfunktionen und Invalidität. Auch wenn heute die Stärke des Einflusses von Arbeitsbelastungen in der Entstehung dieser Beschwerden noch nicht klar ist, ist ihr Einfluss auf das Arbeitsleben sehr gross. Muskuloskeletale Beschwerden können mit der beruflichen Tätigkeit interferieren und können zu reduzierter Produktivität, Abwesenheit durch Krankheit und zu chronischer Arbeitsunfähigkeit führen.

Gemäss einer im 2005 (EWCS 2005) durchgeführten europäischen Umfrage sind die drei häufigsten Beschwerden, die mit der Arbeit in Zusammenhang gebracht werden: 1. Rückenschmerzen (30%), 2. Stress (28%), 3. Schmerzen in Armen oder Beinen (25%). Die Kosten von arbeitsbezogenen muskuloskeletalen Beschwerden wurden in der Schweiz auf 2-4 Mia CHF pro Jahr geschätzt (Conne-Perreard).

### **Rückenschmerzen**

Die Angaben zur Prävalenz von Rückenbeschwerden hängen sehr stark von der Fragestellung ab, da die meisten Menschen im Laufe ihres Lebens Rückenschmerzen erfahren. In der schweizerischen Gesundheitsbefragung von 2007 gaben 12% der Frauen und 8% der Männer an in den letzten 4 Wochen unter starken Rückenschmerzen gelitten zu haben. Nur etwa 10% der Rückenschmerzen sind durch spezifische Krankheiten wie systemische, entzündliche oder metabolische Krankheiten verursacht. Die verbleibenden 80% der Patienten leiden unter unspezifischen arbeitsassoziierten muskuloskeletalen Beschwerden.

Hunderte von epidemiologischen Studien zeigen, dass eine Vielzahl von Faktoren die Wahrscheinlichkeit arbeitsassoziierte Rückenschmerzen zu entwickeln erhöhen. Man unterscheidet zwischen individuellen Risikofaktoren und externen Risikofaktoren. Letztere können sich auf die berufliche Arbeit oder auch auf Hobbytätigkeiten beziehen. In Tab. 1 sind die Resultate betreffend Arbeitsrisikofaktoren für Rückenschmerzen eines systematischen Reviews der European Agency 2008 aufgeführt. Gemäss der Definition der arbeitsassoziierten Beschwerden sind diese multifaktoriell. Um die Bedeutung eines Faktors zu bestimmen wird die ihm zugeordnete Fraktion am Gesamtrisiko errechnet (attributable Fraction). Je höher diese Fraktion, desto grösser sollte das Potential für die Prävention sein, wenn dieser Risikofaktor vermieden oder stark reduziert wird.

<b>Arbeitsbezogener Risikofaktor für Rückenschmerzen</b>	<b>Anzahl Studien</b>	<b>Attributierte Fraktion in den versch. Studien (%)</b>
Manuelles Handhaben von Material	17	11-66
Häufiges Beugen und Drehen	8	19-57
Grosse physikalische Lasten	5	31-58
Statische Arbeitshaltung	3	14-32
Repetitive Bewegungen	1	41
Ganzkörper-Vibrationen*	11	18-80
Hohe Arbeitsanforderungen	2	21-48
Geringe Stimulierung (Monotonie)	1	23
Schwache soziale Unterstützung	3	28-48
Arbeitsunzufriedenheit	6	17-69
Grosses Stressempfinden	1	17

\*Insbesondere Ganzkörperschwingungen in Sitzhaltung werden als wichtiger Risikofaktor angesehen wie sie bei Baustellen LKWs, Forstmaschinen, Muldenkipper, Kettenladern etc. vorkommen.

Tabelle 1: Systematisches Review der European Agency for Safety and Health at Work 2008 betreffend arbeitsbezogene risikofaktoren für Rückenschmerzen

Zwei Hauptgruppen von Arbeitsfaktoren können unterschieden werden: physikalische und psychosoziale Faktoren. Physikalische und psychosoziale Faktoren sind häufig gemeinsam anzutreffen. Viele Berufe mit starken körperlichen Belastungen gehen einher mit hohem Stressempfinden, da häufig eine geringe Arbeitsautonomie gewährleistet ist.

Auch wenn heute noch grosse Diskussionen über die Stärke des Einflusses von körperlichen Arbeitsbelastungen in der Entstehung dieser unspezifischen Beschwerden geführt werden und diese nur in ganz wenigen Ländern als Berufskrankheit akzeptiert sind, so ist eindeutig, dass sich MSB in Berufen mit grossen körperlichen Anforderungen stärker auswirken und eher in die Arbeitsunfähigkeit und Rente münden.

Das Zusammenspiel von physischen und psychosozialen Faktoren in der Entstehung der MSB zeigt deutlich, dass diese Problematik einen breiten präventiven Ansatz aber auch einen breiten Behandlungsansatz benötigt. Die richtige ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes hat eine zentrale Bedeutung in der Prävention, sowie in der Arbeits-Rehabilitation der Patienten mit MSB.

## **Work Related Upper Limb Disorders (WRULD)**

WRULD ist ein Begriff zur Beschreibung unspezifischer arbeitsbezogener Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems der oberen Extremität und steht für funktionelle und/oder organische Gesundheitsstörungen der Muskulatur, der Bänder und der Sehnen sowie deren Ursprünge und Ansätze, der Nerven und der Blutgefäße. Verursacht, begünstigt oder verstärkt werden sie durch häufige und wiederholte bzw. repetitive und monotone Belastungen der oberen Extremität (siehe auch Tabelle 2) bei nicht ausreichenden Regenerationszeiten.

Tabelle 2: Risikofaktoren für die Entstehung von WRULD:

1. repetitive und monotone manuelle Tätigkeiten
2. hohe physische Belastung (Kraftausübung)
3. statische Belastungen / Haltearbeit
4. einseitige Belastung / falsche Haltung
5. Gebrauch von handgeführten vibrierenden Arbeitsgeräten
6. hohe Intensität und Dauer der Exposition

Summarisch kann man diese Risikofaktoren als ungünstige ergonomische Bedingungen beschreiben. Unter dem Begriff WRULD werden einerseits eine Reihe von spezifischen, im klinischen Sinne abgrenzbare Krankheitsbilder, und andererseits auch unspezifische klinisch nicht näher differenzierbare Beschwerden oder Symptome verstanden. In Tabelle 3 sind die häufigsten spezifischen Störungen der oberen Extremität aufgeführt.

Tabelle 3: Häufige Störungen durch ungünstige ergonomische Bedingungen:

- das Vasospastische Syndrom (Hand-Arm-Vibrations-Syndrom)
- die Kompression des Nervus ulnaris
- das Karpaltunnelsyndrom
- das Radialistunnelsyndrom
- die Sehnencheidenentzündungen (Tendinosen, Tendinitis, Tendovaginitis)
- Epicondylitis medialis/lateralis
- das Cervicobrachialsyndrom
- Frozen shoulder
- Arthrosen der Gelenke der oberen Extremität.

Zusätzlich zu Rückenschmerzen und Beschwerden der oberen Extremität gibt es auch muskuloskeletale Beschwerden der unteren Extremität. Die wesentlichen bekannten Risikofaktoren dafür sind: Kauern, Knien und langes Stehen.

## **Prävention / Intervention**

Das Zusammenspiel von physischen und psychosozialen Faktoren in der Entstehung von muskuloskeletalen Beschwerden zeigt deutliche, dass die Problematik einen breiten präventiven aber auch einen breiten Behandlungsansatz benötigt. So besteht Evidenz, dass Einzelmaßnahmen ungeeignet sind zur Prävention muskuloskeletaler Beschwerden. Ein breiterer sogenannter multidisziplinärer Ansatz, der organisatorische, technische, ergonomische und individuelle Maßnahmen kombiniert ist notwendig. Wir wissen aber heute nicht, wie solche multidisziplinären Ansätze optimal kombiniert und implementiert werden sollten.

Grosse Evidenz existiert, dass technische ergonomische Massnahmen die Arbeitsbelastung für den Rücken und die oberen Extremitäten reduzieren können ohne die Produktivität zu vermindern. Die Evidenz, dass solche Massnahmen auch das Auftreten muskuloskeletaler Beschwerden verringern ist aber aktuell nur als moderat einzustufen.

Es gibt ganz klare starke Evidenz, dass das alleinige Training von Arbeitsmethoden (z.B. Rückenschule) nicht effektiv ist in der Prävention von Rückenschmerzen. Aber moderate Evidenz existiert bezüglich der Effektivität von physikalischem Training bezüglich Prävention eines Wiederauftretens von Rückenschmerzen, aber auch hier wird heute ein multidisziplinäres Vorgehen empfohlen, das organisatorische, technische und individuelle Massnahmen umfasst.

Alle heutigen Guidelines betreffend arbeitsassoziierte muskuloskeletale Beschwerden stimmen dahingehend überein, dass wenn Beschwerden unter klassischer medizinischer Therapie länger als 3-4 Wochen bestehen oder sofort bei Arbeitsaufnahme wiederkehren, eine Arbeitsanalyse mit ev. Arbeitsadaptationen durchgeführt werden sollte.

### **Weiterführende Literatur**

European Agency for Safety and Health at Work: Work-related musculoskeletal disorders: prevention report. ISBN 978-92-9191-162-2, 2008

European Agency for Safety and Health at Work: Work-related musculoskeletal disorders: Back to work report. ISBN 978-92-9191-160-8, 2007 / <http://osha.europa.eu>

### **Muskuloskeletale Erkrankungen als Berufskrankheiten**

Die Berufskrankheit ist keine medizinische Diagnose sondern ein Rechtsbegriff. Erkrankungen am Bewegungsapparat können nur dann als Berufskrankheiten anerkannt werden, wenn gewisse rechtliche Voraussetzungen gemäss UVG erfüllt sind. Gemäss Unfallversicherungsgesetz Art. 9.1 gelten Krankheiten als Berufskrankheit, die bei der beruflichen Tätigkeit ausschliesslich oder vorwiegend durch schädigende Stoffe oder bestimmte Arbeiten verursacht worden sind. Der Bundesrat erstellt die Liste dieser Stoffe und Arbeiten sowie der arbeitsbedingten Erkrankungen. Gemäss Art. 9.2 gelten auch andere Krankheiten als Berufskrankheiten, von denen nachgewiesen wird, dass sie ausschliesslich oder stark überwiegend durch berufliche Tätigkeiten verursacht worden sind. In der Liste der schädigenden Stoffe und der arbeitsbedingten Erkrankungen nach Art. 14 der Verordnung finden sich in Bezug auf Erkrankungen des Bewegungsapparates die folgenden Diagnosen:

- Chronische Erkrankungen der Schleimbeutel durch ständigen Druck für alle Arbeiten.
- Drucklähmung der Nerven für alle Arbeiten.
- Sehnenscheidenentzündungen (Peritendinitis crepitans) für alle Arbeiten.
- Erkrankungen durch Vibrationen.

In der letzten 5-Jahresperiode wurden gemäss SSUV am Bewegungsapparat 3283 Fälle als Berufskrankheiten anerkannt. Die meisten Fälle entfielen auf die chronische Bursitis, nämlich 1123 Fälle und auf Sehnenscheidenentzündungen, nämlich 1108 Fälle. 123 Fälle betreffen Enthesopathien des Ellbogens. In 109 Fällen handelte es sich um Drucklähmungen. Davon entfielen 56 Fälle auf das Carpaltunnelsyndrom und 27 auf den Nervus ulnaris.

Von den Synovitiden und Tenosynovitiden ist in der stark überwiegenden Anzahl der Fälle der Vorderarm betroffen (Code 727.03). Bei der Übernahme wird zwischen der Tenosynovitis crepitans unterschieden, die gemäss Art. 9.1 übernommen wird und zwischen den anderen

Formen der Tenosynovitis ohne Crepitation, die gemäss Art. 9.2 übernommen werden. Die Tenosynovitis stenosans de Quervain (Code 727.74) wird gemäss UVG Art. 9.2 übernommen. Die stark überwiegende Mehrzahl der übernommenen chronischen Bursitis betrifft das Knie. Daher sind Berufsgruppen betroffen, die vorwiegend kniend arbeiten, wie die Boden- und Plattenleger, Hafner und Parkettier. Von den Sehnenscheidenentzündungen sind verschiedenste Berufsgruppen, mit einem hohen Anteil repetitiver Tätigkeiten wie beispielsweise Fließbandarbeiten.

Die Übernahmekriterien für ein beruflich bedingtes Carpaltunnelsyndrom wurden von Dr. Walter Vogt 1998 in den Medizinischen Mitteilungen der Suva publiziert. Im Wesentlichen handelt es sich um 5 Punkte, die für eine Übernahme als Berufskrankheit erfüllt sein müssen.

1. Die Diagnose muss korrekt gestellt werden, basierend auf der Anamnese und den Untersuchungsbefunden und insbesondere auf den Resultaten einer Elektroneurographie. Selbstverständlich müssen wichtige Differentialdiagnosen ausgeschlossen werden.
2. Wichtige prädisponierende Faktoren müssen identifiziert werden. Beispielsweise das bilaterale Auftreten eines Carpaltunnelsyndroms spricht stark gegen eine überwiegend berufliche Verursachung dieser Erkrankung.
3. Spezifische Ursachen für eine CTS müssen ebenfalls ausgeschlossen werden wie beispielsweise ein Diabetes mellitus oder eine Schilddrüsenerkrankung.
4. Bei der beruflichen Tätigkeit muss der Nachweis einer risikoreichen Tätigkeit wie beispielsweise repetitive Tätigkeit oder die Anwendung von vibrierenden Werkzeugen nachgewiesen werden oder der Nachweis von Tätigkeiten, die eine Extremposition des Handgelenks und grosse Kraftanwendung erfordern.
5. Es muss ein nachvollziehbarer Zusammenhang bestehen zwischen der Dauer der beruflichen Tätigkeit und dem Auftreten von typischen Symptomen eines Carpaltunnelsyndroms.
6. Es muss ein plausibles Zeitverhältnis nachgewiesen zwischen dem Beginn der beruflichen Exposition und der Manifestation eines CTS.

Es gibt keine publizierten medizinischen Kriterien für die Anerkennung von Tenosynovitiden als Berufskrankheit UVG. Daher muss der Kausalzusammenhang zwischen der Tenosynovitis und der beruflichen Tätigkeit individuell durch den Arzt beurteilt werden. Dazu ist in der Regel eine genaue Befragung des Versicherten wie auch eine ergonomische Analyse der beruflichen Tätigkeit notwendig.

Bei der Epikondylitis handelt es sich unter Voraussetzung des UVGs in der Regel nicht um eine Berufskrankheit, da die berufsfremden Faktoren stark überwiegen.

## 4. Arbeitsklima

Das Arbeitsklima wird von verschiedensten Faktoren beeinflusst und seine Verschlechterung ist ein Hinweis auf bestehende psychosoziale Risiken am Arbeitsplatz. Die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz in Bilbao verwendet den Ausdruck „psychosoziale Risiken“ (PSR) für Risikosituationen mit:

- Stress,
- Gewalt von aussen (ausgeübt durch Personen ausserhalb des Betriebs),
- Gewalt von innen (wovon Mobbing und sexuelle Belästigung zwei besondere Aspekte darstellen).

Diese Arten psychosozialer Risiken werden im Folgenden ausführlicher behandelt; Ausführlicheres zu dem mit dem Arbeitsleben bzw. Betriebsklima zusammenhängenden Problem des Absentismus als auch zum Anliegen der diesbezüglich relevanten betrieblichen Gesundheitsförderung findet sich im Lehrbuch «Sozial- und Präventivmedizin – Public Health» von Felix Gutzwiller und Fred Paccaud.

### 4.1 Stress am Arbeitsplatz

#### Entwicklung und Bedeutung

Seit Beginn der 80er-Jahre hat die Arbeitswelt tief greifende Umwälzungen erfahren. Diese stehen unter anderem im Zusammenhang mit der Intensivierung der Arbeitssituationen, mit wachsender Unsicherheit, grosser Instabilität (Restrukturierungen, Änderungen der Arbeitsgruppen, der Salärssysteme usw.), Änderungen im Management, der Entwicklung der Berufszweige (beispielsweise mehr Berufe mit Publikumskontakt) usw. Der „Stress“ ist eine Besorgnis erregende Komponente der Arbeitswelt, haben doch europäische 5-Jahres-Studien über die Arbeitsbedingungen aufgezeigt, dass seit 10 Jahren ein Drittel aller europäischen Angestellten der Meinung sind, dass ihre Gesundheit durch Stress am Arbeitsplatz beeinträchtigt wird. Nach den Rückenschmerzen stellt dies somit das am zweithäufigsten genannte Gesundheitsproblem am Arbeitsplatz dar. Eine im Jahr 2002 in der Schweiz durchgeführte Gesundheitsbefragung von 19700 Personen machte deutlich, dass 44% der Erwerbstätigen unter starken nervösen Spannungen am Arbeitsplatz leiden (47% bei den Männern, 41% bei den Frauen). Die gleiche Studie ergab, dass 11% der Befragten grosse Angst haben, ihren Arbeitsplatz zu verlieren. Eine andere 1999 in Zürich bei 1000 Angestellten durchgeführte Untersuchung zeigte auf, dass bei 75% der Befragten im Verlauf der letzten 2 Jahre die Vorgesetzten gewechselt hatten, 70% wiesen ein neues Salärssystem auf, 59% hatten eine Reorganisation der Arbeitszeit erlebt, während 55% in diesem Zeitraum gute Arbeitskolleginnen oder -kollegen verloren hatten. Unsichere Arbeitsverhältnisse oder instabile Arbeitsorganisationen kommen demnach in der Schweiz vor und sind – wie andernorts auch – Ursache für Stress.

#### Definition

Die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz schlägt folgende Definition von Stress vor: *Ein Stresszustand entsteht bei einem Ungleichgewicht zwischen der Wahrnehmung der Anforderungen, die von ihrer Umgebung an eine Person gestellt werden, und der Wahrnehmung ihrer eigenen Ressourcen, um ihnen gerecht zu werden. Obwohl der Prozess zur Beurteilung der Anforderungen und der Ressourcen psychologischer Art ist, sind die Auswirkungen von Stress nicht nur psychologischer Natur. Er beeinträchtigt auch die körperliche Gesundheit, das Wohlbefinden und die Produktivität der Person, die ihm unterworfen ist.*

Drei Aspekte des Phänomens oder sozusagen Stationen des Prozesses sind in dieser Definition festzuhalten:

- Anforderungen am Arbeitsplatz,
- Spannungen oder Stress aufgrund der Wahrnehmung eines Ungleichgewichts zwischen Anforderungen und Ressourcen,
- Folgen oder Auswirkungen von Stress auf die Gesundheit der Angestellten und auf die Produktivität.

Während in der Umgangssprache der Begriff „Stress“ in allen drei Situationen Verwendung findet, bezeichnet er in der Wissenschaft einen Spannungszustand, der beim längeren Andauern pathologisch wird. Er steht im Gegensatz zum akuten Stress, der im Berufsleben immer wieder vorkommt (Abgabetermin für einen Bericht, Referat vor Publikum usw.) und kein gesundheitliches Risiko darstellt.

Für den gesundheitlich relevanten Stress ist das, was im Betrieb vor sich geht, aber keineswegs zu vernachlässigen. Der andere Faktor, neben der Verfassung des Arbeitnehmers, sind die „Betriebs-Faktoren“, das heisst:

- die allgemeinen Bedingungen der Arbeitswelt, denen ein Betrieb ausgesetzt ist:
  - die makro-ökonomische Situation: instabile Beschäftigungssituation, Bedeutung der nationalen und internationalen Konkurrenz, schlechte wirtschaftliche Gesundheit des Betriebs usw.
  - soziologische Entwicklungen: immer stärkere Verwendung von Techniken zur Kommunikationsvermittlung, Individualisierung der Leistungsbeurteilung, Anforderungen oder Aggressivität der Kunden usw.
- und/oder spezifischere Faktoren des Betriebs:
  - Arbeitsorganisation und/oder Personalführung: ungenaue Rollen- oder Aufgabenbeschreibungen, Überlastung oder Unterforderung, Fehlen von Karriereplänen, unregelmässige Arbeitszeiten usw.
  - Qualität der Arbeitsbeziehungen: ungenügende oder fehlende Kommunikation, wenig partizipatorisches Management, soziale oder physische Isolierung usw.
  - die materielle Umgebung: Lärm, Überbelegung der Räume usw.

Die aufgeführten Betriebs-Faktoren stellen bestimmte Anforderungen an die Beschäftigten und beinhalten, abhängig von ihrer Art einerseits und der Wahrnehmung und Kompetenz des Arbeitnehmers andererseits, eventuell das Risiko von Stress: Man unterscheidet zwischen zwei Arten von Anforderungen:

- berufsbedingte Anforderungen (Konfrontation mit dem Tod oder dem Leiden in Pflegeberufen), die im Allgemeinen gut bewältigt werden, da der Beruf frei gewählt wurde,
- organisationsbedingte Anforderungen (übertriebener Produktivitätsdruck, sehr strenge Arbeitsvorschriften usw.). In diesen Fällen erweist sich das gleichzeitige Auftreten mehrerer solcher Anforderungen als besonders „toxisch“, wie beispielsweise die konzeptualisierten Ungleichgewichte gemäss Karasek und Siegrist. Karasek hat nachgewiesen, dass der „Job-Strain“ oder das Spannungsverhältnis zwischen einer hohen „psychischen Anforderung“ (Produktivitätsdruck) und der geringen Möglichkeit, auf die Arbeitsorganisation einzuwirken, ein physisches und psychisches Gesundheitsrisiko darstellt. In den 90er-Jahren hat Siegrist das Modell von „Anstrengung und Belohnung“ eingeführt, das vom Bedürfnis eines Gleichgewichts zwischen der vom Individuum akzeptierten Anstrengung während der Arbeit und den dafür erhaltenen Belohnungen (in Geld oder symbolisch) ausgeht.

Diese Anforderungen oder das parallele Bestehen mehrerer Anforderungen können (bei ungenügenden Ressourcen) einen chronischen Stresszustand bewirken mit Auswirkung auf die Gesundheit (in den folgenden Abschnitten beschrieben).

Der Stress ist also das Resultat der subjektiven Wahrnehmung einer Anforderung. Deswegen muss man sich auf Ebene des Betriebs, einer Werkstatt oder eines Dienstes mit diesem Phänomen auseinandersetzen, wenn diese Wahrnehmung von zahlreichen Angestellten geteilt wird.

### **Psychopathologische Stressmechanismen**

Wenn ein Mensch mit unvorhergesehenen, ungewissen oder neuen Verhältnissen konfrontiert wird, strebt er danach, sich ihnen durch biologische und psychologische Reaktionen anzupassen. Dieses Phänomen beschreibt der Endokrinologe Selye 1930 als Allgemeines Adaptationssyndrom (AAS). Selye führt als Erster den Begriff „Stress“ ein. Das AAS beginnt mit einer Alarmphase (Ausschüttung von Katecholaminen, die dafür sorgen, dass Herz, Hirn und Muskeln zusätzlich mit Sauerstoff versorgt werden). Darauf folgt die Adaptationsphase (Ausschüttung von Glucocorticoiden, um den erwähnten Organen Energie in Form von Kohlenhydraten zuzuführen), welche den Organismus auf Hochtouren bringt, um ihn auf eine Flucht oder einen Kampf vorzubereiten. Dauert die Stresssituation längere Zeit an, wird die Ausschüttung von Glucocorticoiden nicht mehr reguliert und bleibt somit permanent hoch (Phase 3, Dekompensation). Die übertriebene Beanspruchung der verschiedenen vitalen Funktionen des Organismus führt innerhalb von einigen Wochen zu diversen Symptomen:

- körperlich: Schmerzen (Koliken, Kopfschmerzen, Verspannungen und Muskelschmerzen, Gelenkschmerzen usw.), Störungen des Schlafs, des Appetits und der Verdauung, Gefühl von Atemlosigkeit oder Atembeklemmung, ungewöhnliche Schweissausbrüche usw.
- emotional: erhöhte Empfindlichkeit und Nervosität, Weinkrämpfe oder Nervenkrise, Angstzustände, Erregung, Trauer, Unwohlsein usw.
- intellektuell: Störung der Konzentration, die zur Erledigung der Aufgabe notwendig ist. Als Folge treten dann unter anderem Fehler und Unterlassungen auf sowie Schwierigkeiten, Initiative zu ergreifen oder Entscheidungen zu treffen.

Diese Symptome haben folgende Auswirkungen auf das Verhalten:

- Einnahme von Beruhigungsmitteln (Schlafmittel, Anxiolytika, Alkohol usw.), die den angespannten Organismus beruhigen sollen,
- Einnahme von anregenden Substanzen (Kaffee, Tabak usw.), um sich wieder in Schwung zu bringen,
- Rückzug vor aggressiver Umgebung: Hemmungen, Rückzug in sich selbst, Verminderung der sozialen Aktivitäten usw.

Die Symptome für chronischen Stress sind reversibel und verschwinden, sobald eine Lösung gefunden ist. Andernfalls bleibt der chronische Stresszustand bestehen und bedroht die physische und psychische Gesundheit der betroffenen Person. Die Symptome bleiben permanent bestehen oder verstärken sich und können zu irreversiblen Gesundheitsschädigungen führen.

## **Auswirkungen auf die Gesundheit**

Langfristig erhöht chronischer Stress das Risiko für:

- ein „Stoffwechsel-Syndrom“ (Bluthochdruck, abdominale Fettleibigkeit, Insulinresistenz und Lipidstoffwechselstörung),
- Mortalität und Morbidität aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und zerebrovaskuläre Erkrankungen,
- Angst-/Depressionsstörungen,
- Muskel-Skelettstörungen an den oberen Gliedmassen und im oberen Rückenbereich durch die Kombination biomechanischer Beanspruchungen bei repetitiven Bewegungsabläufen, aber auch bei mangelnder sozialer Unterstützung oder unbefriedigender Arbeitssituation,
- Infektionen und immunallergische Erkrankungen (Asthma, rheumatische Polyarthrit, Lupus erythematodes, ulcerative Colitis) usw.

Burnout ist eine weitere Folge des berufsbedingten chronischen Stresses. Es handelt sich hierbei um ein körperliches und psychisches Erschöpfungssyndrom, von dem Berufstätige in Hilfs- oder Unterstützungstätigkeiten sowie in Pflege- und Lehrberufen betroffen sind. Das Syndrom zeichnet sich durch 3 Symptome aus:

- emotionale Erschöpfung (Gefühl einer affektiven und emotionalen Abstumpfung gegenüber dem Leiden anderer),
- sozialer Rückzug (mit negativem Verhalten und negativen und zynischen Gefühlen gegenüber der Kundschaft oder der Teilnehmenden),
- Verringerung der persönlichen Erfolgsgefühle während der beruflichen Tätigkeit (Tendenz zur negativen Selbsteinschätzung, insbesondere bezüglich der Arbeit mit Kunden oder Patienten).

## **Stressprävention**

Wegen den geschilderten gesundheitlichen Auswirkungen und auch den wirtschaftlichen Folgen der Produktivitätsverminderung stellt sich die Frage nach Präventionsmöglichkeiten auf allen Stufen des Prozesses. Am Arbeitsplatz setzt die „fundamentale“ Prävention an. Sie befasst sich mit den verschiedenen Faktoren der Arbeitsorganisation. Sie zielt darauf ab, die belastenden Anforderungen, die von ihr ausgehen, soweit wie möglich zu vermindern. Allerdings kann die Prävention nicht auf die mit der Natur der Tätigkeit verbundenen Anforderungen einwirken, wie beispielsweise die Verantwortung über menschliches Leben in Pflegeberufen usw. Die „primäre“ Prävention versucht alsdann ein Gleichgewicht zwischen Ressourcen und Anforderungen herzustellen. Dies kann beispielsweise über regelmäßige Debriefings für Pflegefachleute geschehen, die in ihren Abteilungen oft mit dem Tod konfrontiert werden. Die „sekundäre“ Prävention trachtet mittels individuellen Programmen zur Stressbewältigung danach, insbesondere die Auswirkungen auf die Gesundheit derjenigen Personen zu reduzieren, die bereits Symptome von chronischen Stresszuständen aufweisen. Diese Programme stützen sich auf Methoden zur Persönlichkeitsentwicklung in Verbindung mit Entspannungstechniken und kognitiver Verhaltenstherapie. Die kognitive Neubeurteilung durch die Veränderung der Wahrnehmung der eigenen Arbeitssituation zielt darauf ab, den Stresszustand und die mit ihm verbundenen Gefühle und Verhaltensweisen zu vermindern. Die „tertiäre“ Prävention verfolgt das vordringliche Ziel, eine Verschlechterung des Gesundheitszustands zu verhindern. Hier geht es darum, denjenigen Personen, die aufgrund von Stress bereits gesundheitliche Probleme aufweisen (Angst-Depressionsstörungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen usw.) und die den Belastungen an ihrem Arbeitsplatz nicht mehr gewachsen sind, medizinische und/oder psychologische Behandlungen zukommen zu lassen.

Die fundamentalen oder primären Ansätze sind sowohl für die Gesundheit der Angestellten als auch für die Betriebe am wirkungsvollsten, weil sie auf die Ursachen einwirken. Ansätze der sekundären Art sind attraktiv, da sie leicht umzusetzen (Ausbildung zur Stressbewältigung) und kostengünstig sind. Untersuchungen haben jedoch deutlich aufgezeigt, dass sie lediglich kurzfristig wirken, weil sie nicht die Ursachen bekämpfen. Interventionen der tertiären Art, unabhängig oder in Verbindung mit weiter oben beschriebenen Massnahmen, zeitigen eher längerfristige Resultate, die ungewisser sind.

## Literatur

EUROPÄISCHE AGENTUR FÜR SICHERHEIT UND GESUNDHEITSSCHUTZ AM ARBEITSPLATZ. How to tackle psychosocial issues and reduce work-related stress. Luxembourg, Office des publications officielles de la communauté européenne, 2002, 127 Seiten.

BONDE JPE. Psychosocial factors at work and risk of depression: a systematic review of the epidemiological evidence. *Occup Environ Med*, 2008, 65, S. 438-445.

COX T., GRIFFITHS A., RIAL-GONZALEZ E. für die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Recherche sur le stress au travail. Luxembourg, Office des publications officielles de la communauté européenne, 2000, 167 Seiten.

CHOUANIÈRE D. - Stress et risques psychosociaux : concepts et prévention. Documents pour le médecin du travail, 2006, 106, S. 169-186.

HOOGENDOORN W.E., VAN POPPEL M.N., BONGERS P.M., KOES B.W. BOUTER L.M. Systematic review of psychosocial factors at work and private life as risk factors for back pain. *Spine*, 2000, 25, S. 2114-25.

NIEDHAMMER I., GOLBERG M. et coll. Psychosocial factors at work and subsequent depressive symptoms in the Gazel cohort. *Scandinavian Journal of Environmental Health*, 24, 3, 1998, S. 197-205.

PAOLI P., MERLIE D. Dritte Europäische Umfrage über die Arbeitsbedingungen 2000. Dublin, Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen, 2001, 72 Seiten, [http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0121\\_de.htm](http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0121_de.htm).

STANSFELD S., CANDY B. Psychosocial work environment and mental health, a meta-analysis review. *Scand J Work Environ Health*, 2006, 32, S. 443-462.

THURIN J.M., BAUMANN N. Stress, pathologies et immunité. Paris, Flammarion Médecine-Sciences. 2003, 287 Seiten.

Schweizerisches Bundesamt für Statistik. Schweizerische Gesundheitsbefragung 2002, Neuchâtel, BFS, 2004.

## 4.2 Mobbing

### Definition

Unter Mobbing versteht man eine negative Kommunikationsform, die zum Ziel hat, einen Mitarbeiter oder eine Mitarbeiterin ständig oder wiederholt während mehrerer Monate anzugreifen oder zu demütigen.

### Unterscheidung zwischen Konflikt und Mobbing

Mobbing unterscheidet sich durch zwei Eigenschaften von einem banalen Konflikt:

1. Beim Mobbing besteht immer ein genau definiertes Vorgehen (Leymann beschreibt die 45 Verhaltensweisen, die beim Mobbing am häufigsten angewendet werden).
2. Mobbing erstreckt sich über einen längeren Zeitraum und entwickelt sich in genau definierten Phasen.

### Belästigungsmethoden

- A. Verweigerung jeglicher Kommunikation (z.B.: ständige Kritik, Antwortverweigerung, Drohungen, häufige Unterbrechungen).
- B. Soziale Beziehungen auflösen (z.B.: einen Kollegen isolieren, Desinteresse gegenüber einer Person, nicht mehr mit ihr sprechen).
- C. Soziale Achtung zerstören (z.B.: Gerüchte in Umlauf bringen, spotten, Entscheidungen anzweifeln).
- D. Lebensqualität verschlechtern (z.B.: ausschliesslich undankbare und unterfordernde oder überfordernde Aufgaben erteilen).
- E. Schädigung der Gesundheit (z.B.: Aufgaben erteilen, welche die Kräfte des Mitarbeitenden übersteigen, Anwendung von körperlicher Gewalt).

### Mobbing-Phasen

#### Phase 1

**Alltäglicher, banaler Konflikt:** Es handelt sich hierbei noch nicht um Mobbing, da die Eigenschaft der langen Dauer noch nicht erfüllt ist. Man beobachtet zwischen den Personen unterschiedliche Sichtweisen und das Kräfteverhältnis gerät zwischen den beiden Konfliktparteien aus dem Gleichgewicht.

#### Phase 2

**Die Mobbingssituation festigt sich:** Der banale Ausgangskonflikt wurde nicht ausgetragen, das Kräfteverhältnis entwickelt sich zu Ungunsten des Opfers, das Opfer wird in die Defensive gedrängt, erste Krankheitssymptome treten auf, die Umgebung realisiert, dass etwas geschieht, unternimmt jedoch nichts.

#### Phase 3

**Die Personalabteilung legt ein destruktives Verhalten an den Tag:** Der Mobbingprozess wirkt sich störend auf die täglichen Aktivitäten aus. Das Opfer wird nun offiziell für diese Schwierigkeiten verantwortlich gemacht und entwickelt sich zu einem „Fall“. Das Opfer beginnt nun an den gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu leiden, das Management interveniert und will das Problem an dessen Wurzel lösen.

#### Phase 4

**Ausschluss:** Das Opfer wird aus der Konfliktsituation ausgeschlossen. Es wird krankgeschrieben, der Betrieb entledigt sich des Problems. Der ursprüngliche Konflikt wurde nicht gelöst, der Gesundheitsdienst, die Justiz, die Sozialdienste nehmen sich des Problems an.

#### **Wer wird zum Mobbingopfer?**

Alle Mitarbeitenden eines Betriebs können Opfer von Mobbing werden. Aus den Studien scheint hervorzugehen, dass die Persönlichkeitsstruktur keine Rolle spielt.

#### **Was geschieht bei Personen, die von Mobbing betroffen sind?**

Das Opfer fühlt sich permanent gestresst, es versagt völlig, es treten Schlaf- und Appetitstörungen, Herz-Kreislaufbeschwerden und Angstanfälle auf, es kann Suchtgefahr aufkommen. Für ihre Umgebung ist das Opfer eine Person, welche ihre Pflicht nicht erfüllt und beispielsweise zu langsam ist. Mit der Zeit identifiziert sich das Opfer mit der Kritik, die ihr entgegengebracht wird, und begibt sich in die soziale Isolation.

#### **Weshalb wird nichts gegen den Mobbingtäter unternommen?**

Angesprochen werden hier einerseits die Person, die Mobbing betreibt und andererseits Dritte, die sich passiv verhalten. Im aktuellen Klima von Konkurrenz und Leistungsorientierung wird das Problem nicht beachtet, das auf den ersten Blick nicht auffällt. In den meisten Fällen werden die Ursachen des Konflikts beim Opfer gesucht. Die Personen, die andere belästigen, fühlen sich in ihrem Recht und in Sicherheit. Dritte bleiben passiv und schlagen sich aus Angst, selber Opfer von Repressionen zu werden, auf die Seite des Stärkeren (Beispiel eines hierarchisch hoch gestellten Mobbingtäters).

#### **Ursachen für Mobbing**

Die Ursachen liegen oft in mangelhaften, unklaren Strukturen, schlechter Arbeitsorganisation in Verbindung mit ungenügender Informationspolitik, im Ausbleiben einschreitender Personen und in mangelnder Sozialkompetenz seitens der Hierarchie.

#### **Welche Kosten entstehen den Betrieben durch Mobbing?**

Dieses Verhalten hat eine Reduktion der Arbeitskapazität sowohl beim Opfer als auch beim Mobbingtäter zur Folge. Mobbing trägt zu einem schlechten Arbeitsklima, zu unregelmässiger Produktion und Know-how-Verlust bei. Zudem werden Personalchefs, Sozialdienste und allenfalls bestehende medizinische Dienste der Betriebe zunehmend in Anspruch genommen. Schätzungen gehen davon aus, dass Mobbing einen Betrieb 15'000 bis 400'000 Franken kosten kann, je nach hierarchischer Position und Mobbing-Phase (indirekte Kosten sind in dieser Berechnung nicht eingeschlossen). «Ebenso müssen die wirtschaftlichen Auswirkungen auf die ganze Gesellschaft im Zusammenhang mit den dadurch entstehenden Arztkosten und der Beanspruchung der Sozialversicherungen mitberücksichtigt werden.» schreibt das Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) in seiner Broschüre «Mobbing».

#### **Was kann gegen Mobbing unternommen werden?**

Frühes Eingreifen ist von entscheidender Bedeutung. Es sind Gespräche „unter vier Augen“ vorzusehen, Probleme zwischen Partnern sind aufzuklären, spontane Ausbrüche sind ebenso zu vermeiden wie Doppelzüngigkeit. Zudem ist darauf zu achten, sich namentlich durch Freizeitaktivitäten zu erholen, die Vorkommnisse zu notieren sowie die Vorgesetzten, den Personaldienst, den Sozialdienst und den medizinischen Dienst zu informieren. Die gesetzlichen Grundlagen sind in den Verordnungen 3 und 4 zum Arbeitsgesetz und in Artikel

328 des Obligationenrechts festgehalten („Der Arbeitgeber hat im Arbeitsverhältnis die Persönlichkeit des Arbeitnehmers zu achten und zu schützen, auf dessen Gesundheit gebührend Rücksicht zu nehmen und für die Wahrung der Sittlichkeit zu sorgen. Er muss insbesondere dafür sorgen, dass Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer nicht sexuell belästigt werden und dass den Opfern von sexuellen Belästigungen keine weiteren Nachteile entstehen“).

## Literatur

1. Schüpbach K. & Torre R.: Mobbing verstehen, überwinden, vermeiden. Ein Leitfaden für Führungskräfte und Personalverantwortliche. Kaufmännischer Verband Zürich, 1996.
2. Leymann H.: Mobbing. Psychoterror am Arbeitsplatz und wie man sich dagegen wehren kann. Hamburg, Rowohlt, 1996.
3. Schiller-Stutz K. % Baumann M.: Gib Mobbing keine Chance, In: „Schweizer Arbeitgeber“ 20, S. 970-74, 10.98.

### 4.3 Gewalteinwirkung „von aussen“

*Gwalteinwirkung „von aussen“ beinhaltet laut der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz physische Gewalt sowie verbale Beleidigungen, Bedrohungen, die von Aussenstehenden gegenüber Personen bei der Arbeit ausgesprochen bzw. ausgeübt werden, wobei Gesundheit, Sicherheit oder Wohlbefinden der Beschäftigten gefährdet wird.*

Diese Gewalt wird von Kunden, Benutzern, Patienten, Schülern usw. ausgeübt. Sie richtet sich namentlich gegen Beschäftigte, die:

- im öffentlichen Verkehr tätig sind, insbesondere gegen die isoliert arbeitenden Taxichauffeure,
- Schaltertätigkeiten ausüben,
- mit Wertsachen zu tun haben (Beschäftigte in Banken, Bijouterien, im Handel und Transport von Geld usw.),
- im Gesundheitswesen arbeiten (insbesondere in Notfallabteilungen von Spitälern oder psychiatrischen Kliniken),
- im Sozial- und Ausbildungsbereich tätig sind (Sozialdienste, höhere Schulen usw.).

Die Gewalt äussert sich je nach Schweregrad als:

- Unhöflichkeiten: Mangel an Respekt durch Tonfall, Verhalten usw.
- verbale Aggressionen: Drohungen, Beleidigungen usw.
- Gewalttätigkeiten: Zerstörung oder Beschädigung von Material usw.
- körperliche Gewalt: Rempelen, Schläge, Verletzungen usw.

In der dritten europäischen Erhebung zu den Arbeitsbedingungen erklärten 4% der Befragten, sie seien im Verlauf des vorangegangenen Jahres Opfer körperlicher Gewalt durch Personen ausserhalb ihres Arbeitsplatzes gewesen, wobei die Resultate je nach Land sehr unterschiedlich ausfallen (von 1 bis 9%). Eine französische Befragung, die regelmässig bei 20000 Beschäftigten durchgeführt wurde, zeigt auf, dass das Risiko von Beschäftigten mit Publikumskontakt, körperlicher Gewalt ausgesetzt zu sein, im Jahr 2003 23% betrug, während dieser Wert 1994 noch bei 18,5% lag.

Eine irische Studie belegte, dass die meisten Unfälle mit gewalttätigem Hintergrund (29%) den Gesundheitsdienst betreffen. In Schweden ist das Pflegepersonal von jeder zweiten Gewalttat betroffen, hauptsächlich in psychiatrischen Kliniken und in den Sozialdiensten. In Finnland zeigte eine ältere Befragung mit 13762 Interviews auf, dass Gefängniswärter und Polizisten am stärksten betroffen sind.

Mit ausserberuflichen Faktoren, wie dem urbanen Leben, der Länge der Verkehrswege, konfliktgeladenen familiären Situationen, Sozialproblemen usw., lassen sich diese Gewaltphänomene, die in allen Bereichen des öffentlichen Lebens vorkommen und von denen alle Beschäftigte mit Publikumskontakt betroffen sein können, teilweise erklären. Bei der Gewalteinwirkung „von aussen“ sind nichtberufliche Faktoren von grösserer Bedeutung als bei Belästigungen oder beim Stress. Dennoch ist die Arbeitsorganisation nicht ohne Einfluss, kann doch beispielsweise eine gute Kundenbetreuung bei Schaltertätigkeiten zur Prävention vor Gewalteinwirkung „von aussen“ und zum wirkungsvollen Schutz der Beschäftigten beitragen.

## Literatur

EUROPÄISCHE AGENTUR FÜR SICHERHEIT UND GESUNDHEITSSCHUTZ AM ARBEITSPLATZ. Travailler sans stress. *Magazine de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail*, 2002, Nr. 5, 28 Seiten.

CRAM Languedoc-Roussillon – La prévention du risque d'agression des salariés en contact avec le public. Recommandation adoptée par les Comités Techniques Régionaux de la CRAM du Languedoc-Roussillon, Juni 1999, 16 Seiten.

DARES. Expositions aux contraintes et nuisances dans le travail. SUMER 1994. Paris, La Documentation Française, 1999, 150 Seiten.

[http://www.travail.gouv.fr/publications/p\\_detailPublication.asp?idTitre=872](http://www.travail.gouv.fr/publications/p_detailPublication.asp?idTitre=872)

DEBOUT M. Travail, violences et environnement. Avis adopté par le Conseil économique et social (CES), novembre 1999.

<http://www.ces.fr/rapporti/texte.asp?Repertoire=99112420&ref=1999-20>

EUROGIP – La violence au travail dans les pays de l'Union : une réalité à prendre au sérieux. Eurogip informations, Juni 1998, Nr. 20, 3 Seiten.

LEATHER P., BRADY C., LAWRENCE C., BEALE D., COX T. Work related violence – Assessment and intervention. London, Routledge, 1999, 206 Seiten.

VANDENBOS G.R., BULATAO E. Q. Violence on the job: Identifying Risks and Developing Solutions. Washington, Library of congress cataloguing in publication data, 1996, 439 Seiten.

## 5. Spezielle Themen

### 5.1 Arbeitslosigkeit

Die vielfältigen Auswirkungen der Arbeitslosigkeit sowohl kurzfristiger als auch längerfristiger Art sind im Lehrbuch «Sozial- und Präventivmedizin – Public Health» von Felix Gutzwiller und Fred Paccaud beschrieben. Vor allem zu betonen ist, dass gewisse Auswirkungen nicht nur die eigentliche arbeitslose Periode betreffen. Gesundheitsschädigend kann schon die Situation der drohenden Arbeitslosigkeit sein und auch bei überstandener Arbeitslosigkeit können noch einige Jahre später ökonomische Einbussen bestehen. Auch die volkswirtschaftliche Belastung (Gesundheitswesen, Versicherungen) ist erheblich.

### 5.2 Nachtarbeit

#### Definitionen

Schichtarbeit definiert sich als berufliche Arbeit, die im Lauf der Zeit ändernde oder konstante, jedoch zu ungewöhnlicher Zeit stattfindende Arbeitszeiträume erfordert. Die Nachtarbeit wird als berufliche Arbeit zwischen 23 Uhr und 6 Uhr (+/- 1 Stunde) definiert (Art. 10 Arbeitsgesetz, Verordnung 1 und 2).

#### Allgemeine Überlegungen

Der Mensch unterliegt einem zirkadianen Rhythmus, d.h. einem Rhythmus verschiedener Körperfunktionen, der auf Perioden von 24 Stunden Dauer basiert. Der körpereigene Rhythmus des Menschen ist individuell und liegt zwischen 22 und 25 Stunden. Er wird durch externe Elemente oder „Zeitgeber“ beeinflusst; sie bewirken, dass jener individuelle Rhythmus einem 24-Stunden-Takt angeglichen wird. Solche externen Elemente sind der Wechsel zwischen Licht und Dunkelheit, die sozialen Kontakte, die Arbeit oder das Zeitverständnis. Funktionen mit einem besonders wichtigen Rhythmus sind der Schlaf, die Leistungen, der Stoffwechsel, die Körpertemperatur, die Herzfrequenz und der Blutdruck.

#### Schlaf

Um sich gut und gesund zu fühlen sowie seine Funktionsfähigkeit zu bewahren benötigt der Mensch qualitativ und quantitativ genügenden Schlaf. Änderungen der Arbeitszeit, die Nachtarbeit beinhalten, oder Arbeitszeiträume mit dauernder Nachtarbeit führen oft Schlafstörungen herbei. Unregelmässige Arbeitszeiten wie der wöchentliche Wechsel zwischen Morgen-, Nachmittags- und Nachtschicht (die häufigste Änderung) führen ebenfalls zu Schlafstörungen. Schichtarbeit, welche keine Nachtarbeit beinhaltet, führt grundsätzlich nicht zu Schlafstörungen (z.B. 6 Uhr bis 14 Uhr und 14 Uhr bis 22 Uhr).

Laut der vierten europäischen Erhebung über die Arbeitsbedingungen 2005 sind 23% der Arbeitstätigen in der Schweiz von der Nachtarbeit betroffen, die bekanntlich gesundheitliche Probleme hervorrufen oder verschärfen kann. Ausserdem hat die „International Agency for Research on Cancer“ (IARC) jüngst auf möglicherweise krebserzeugende Wirkungen der Nachtarbeit aufmerksam gemacht.

## **Gesundheitliche Auswirkungen der Nachtarbeit**

### **a) Schlafstörungen und Müdigkeit**

Mit einer chronischen Müdigkeit verbundene Schlafstörungen sind die am öftesten von Nachtarbeitern berichteten Symptome. Sie führen zu einem Mangel an Wachsamkeit, der wiederum das Risiko von Unfällen am Arbeitsplatz sowie auf dem Arbeitsweg vergrössern. Wenngleich ein Unfall oft eine Vielzahl von Ursachen hat, darf doch nicht vergessen werden, dass die Umwelt-Grossunfälle von Tschernobyl und Bhopal sich während der Nachtschicht zugetragen haben.

### **b) Kardiovaskuläre Krankheiten**

Eine neue deutsche Studie zeigt, dass die Nachtarbeit einen Risikofaktor für koronare Krankheiten darstellt, und zwar unabhängig vom Alter, vom Geschlecht und den traditionellen Risikofaktoren. Bei Personen mit fünf oder mehr Jahren Nachtarbeitserfahrung ist die Intima-Media-Dicke durchschnittlich grösser als bei Personen, die noch nie nachts gearbeitet haben. Laut Resultat mehrerer Studien haben Nachtarbeiter ein 40% grösseres Risiko kardiovaskulärer Krankheiten als Personen, die tagsüber arbeiten.

Die Nachtarbeit hat nicht nur einen eigentlichen Effekt auf das Auftreten kardiovaskulärer Krankheiten, sondern erhöht ebenfalls die Inzidenz der traditionellen Risikofaktoren. So begünstigt die Nachtarbeit das Aufkommen arteriellen Bluthochdrucks. Die Ausbreitung der Nikotinsucht ist ebenfalls grösser bei den Nacht- als bei den Tagesarbeitern.

### **c) Magen-/Darmgeschwüre**

Zwischen 20% und 75% der Nachtarbeiter berichten über Verdauungsbeschwerden. Man schätzt übrigens, dass sie bei 30% der Arbeitenden den Grund zum Abbruch der Nachtarbeit darstellen. Die am öftesten berichteten Symptome sind epigastrische Schmerzen und Beschwerden bei der Darmpassage.

Die Assoziation von Magen-/Darmgeschwüren und Nachtarbeit wurde schon in zahlreichen Studien aufgezeigt. Die Ausbreitung von Zwölffingerdarmgeschwüren bei mit *Helicobacter Pylori* infizierten Nachtarbeitern ist nach Bereinigung verschiedener Unklarheitsfaktoren viermal grösser als bei ebenfalls infizierten Tagesarbeitern.

### **d) Nachtarbeit und Schwangerschaft**

Für schwangere Frauen ist die Nachtarbeit bekanntlich ein Faktor für Untergewicht der Neugeborenen, für Frühgeburten sowie für Aborte. Das Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Arbeitsgesetz, ArG) schreibt im übrigen vor, dass der Arbeitgeber – soweit möglich – schwangeren Frauen, die einer Abend- oder Nachtarbeit nachgehen, eine gleichwertige Arbeit zwischen 6 Uhr und 20 Uhr anbieten muss. Während acht Wochen vor der Niederkunft ist es ausserdem verboten, eine schwangere Frau zwischen 20 Uhr und 6 Uhr zu beschäftigen.

### **e) Krebs**

Gemäss wissenschaftlichen Daten bewirkt eine durch Nachtarbeit verursachte Deregulierung des 24-Stunden-Systems eine Melatoninsuppression, was wiederum eine Deregulierung der an der Onkogenese beteiligten zirkadianen Gene zur Folge hat. In einer zukunftsorientierten Studie hat Schernhammer bei nacharbeitenden Krankenschwestern eine Erhöhung der Brustkrebs-Inzidenz gegenüber Kranken-schwestern, die nie in der Nacht gearbeitet hatten, hervorgehoben. Das relative Risiko belief sich auf 1.79 bei denjenigen, die während 20 oder mehr Jahren Nachtarbeit geleistet hatten, dies nach Bereinigung von Faktoren wie Alter,

Zeitpunkt der ersten Regelblutung, Zahl der Geburten, Menopause, oral eingenommene Verhütungsmittel, Ersatzhormon-Therapien sowie Familiengeschichte. Gestützt auf verfügbare Studienresultate hat die IARC im übrigen soeben die Nachtarbeit als vermutlich krebserzeugend für den Menschen klassifiziert (Gruppe 2A nach IARC-Klassifikation).

### **Gesetzliche Bestimmungen betreffend Nachtarbeit**

Das am 1. August 2000 in Kraft getretene Arbeitsgesetz schreibt vor, dass Arbeitnehmer, die mehr als 25 Nachteinsätze pro Jahr leisten, das Recht auf eine medizinische Präventiv-Untersuchung haben, die das Ziel hat, die mit ihrer Arbeit verbundenen hauptsächlichen Gesundheitsprobleme einzuschätzen und Lösungen dafür zu finden. Der Arbeitgeber trägt die Kosten hierfür. Arbeitnehmer unter 45 Jahren können von diesem Recht alle zwei Jahre Gebrauch machen, und ab dem 45. Lebensjahr jährlich.

Diese Untersuchung hat obligatorischen Charakter für diejenigen Nachtarbeiter, die darüber hinaus belastenden oder gefährlichen Verhältnissen ausgesetzt sind, wie zum Beispiel gehörschädigender Lärm, starke Erschütterungen, Hitze, Kälte, Schadstoffe jenseits der zulässigen Grenzwerte, ausserordentliche physische, psychische oder mentale Belastungen oder Alleinarbeit (d.h. Arbeit ohne Anwesenheit von Kollegen).

### Darstellung 1

### **Belastende oder gefährliche Situationen mit obligatorischer Eignungsuntersuchung für Nachtarbeit**

- Aussetzung bezüglich
  - gehörschädigendem Lärm
  - starken Erschütterungen
  - Hitze
  - Kälte
  - Luftschadstoffe, sofern sie den Bereich von 50% der maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentration überschreiten (maximale Arbeitsplatz-Konzentrationswerte, MAK)
  - andere ausserordentliche psychische, physische oder mentale Belastungen
- Verlängerte Dauer der Nachtarbeit
- Kein Wechsel mit Tagesarbeit
- Arbeit als allein arbeitende Person

### **Medizinische Untersuchung von Nachtarbeitenden**

Für die Nachtarbeitenden, deren Untersuchung obligatorisch ist, muss der mit der Untersuchung betraute Arzt notwendige Kenntnisse über die Arbeitsverfahren, die Arbeitsbedingungen sowie die Prinzipien der Arbeitsmedizin haben. Der Arzt muss in der Lage sein, die Arbeitssituation der zu untersuchenden Arbeitnehmer konkret zu beurteilen,

weshalb er Zugang zum Betrieb haben muss. Die Untersuchung führt zu einer Schlussfolgerung betreffend Eignung, bedingter Eignung oder Nichteignung. Die Schlussfolgerung betreffend die Eignung des Arbeitnehmers wird dem Arbeitnehmer, dem Arbeitgeber sowie dem Staatssekretariat für Wirtschaft (Seco) als zuständiger Behörde mitgeteilt. Macht der untersuchende Arzt den Einsatz in Nachtarbeit von spezifischen Massnahmen zum Erhalt der Gesundheit des Arbeitnehmers am Arbeitsplatz abhängig, so kann er mit Einwilligung des Arbeitnehmers soweit vom ärztlichen Berufsgeheimnis befreit werden, als dies für das Treffen solcher Massnahmen seitens des Arbeitgebers notwendig ist.

Es ist daran zu erinnern, dass keine unbedingten medizinischen Kontraindikationen zur Leistung von Nachtarbeit existieren. Die Beurteilung ergeht von Fall zu Fall, in Zusammenarbeit mit dem behandelnden Arzt.

Die Nachtarbeit ist in den industrialisierten Gesellschaften unentbehrlich geworden. Diese Arbeitsweise führt zu, oder erschwert vermutlich, verschiedene nun wohlbekannte gesundheitliche Probleme. Um die mit der Nachtarbeit verbundenen Gesundheitsprobleme zu verhindern, sind deshalb medizinische Präventiv-Kontrollen in der Form von ärztlichen Nachtarbeit-Eignungsuntersuchungen gesetzlich empfohlen oder unter gewissen belastenden oder gefährlichen Arbeitsbedingungen gar obligatorisch. Wenngleich keine unbedingten medizinischen Kontraindikationen zur Leistung von Nachtarbeit existieren, müssen von Krankheitsbildern wie Epilepsie oder Diabetes betroffene Arbeitnehmer eng begleitet werden. Dies erfordert eine Zusammenarbeit zwischen dem behandelnden Arzt, dem Arbeitsmediziner und dem Arbeitgeber im Interesse des Arbeitnehmer-Patienten. Im Fall einer Verschlimmerung oder eines Ungleichgewichts der Krankheit kann ein Nichteignungsbescheid betreffend die Nachtarbeit ausgesprochen werden, um die Gesundheit des Arbeitnehmers zu schützen. Von Gesetzes wegen hat der Arbeitgeber in diesem Fall eine gleichwertige Tagesarbeit anzubieten, was nicht immer ohne Probleme geschieht.

## Quellenangaben

- 1 Graf M, Pekruhl U, Korn K, et al. Vierte europäische Erhebung über die Arbeitsbedingungen 2005. Ausgewählte Ergebnisse aus Schweizer Perspektive. <http://www.seco.admin.ch/dokumentation/publikation/00008/00022/02035/index.html?lang=de>
- 2 Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel. Art 35a und 35b. <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/822.11.de.pdf>
- 3 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/crthgr01.php>
- 4 Staatssekretariat für Wirtschaft, SECO. Medizinische Untersuchung und Beratung bei Nachtarbeit. <http://www.seco.admin.ch/themen/00385/01901/01907/index.html?lang=de>
- 5 Arbeitsgesetz. Nachtarbeit. <http://w3.jura.ch/ltr/Traduction/nuitd.htm#home>

## 5.3 Mutterschaftsschutz

### Kontext

Berufstätigkeit von Frauen ist heute weit verbreitet. Im Jahr 2007 betrug ihre Zahl in der Schweiz 1,863 Millionen, was 45% der aktiven Bevölkerung entspricht. Die Mehrheit von ihnen (1,556 Millionen) war zwischen 15 und 54 Jahre alt. Viele von den 1,556 Millionen berufstätigen Frauen erlebten im Jahr 2007 eine Mutterschaft, wurden in diesem Jahr doch 74'500 Geburten verzeichnet. Schwangerschaft und berufliche Tätigkeit sind demnach vereinbar, vorausgesetzt, die Arbeitsbedingungen beeinträchtigen weder die Gesundheit der schwangeren Frau noch diejenige des ungeborenen Kinds.

### Auswirkungen der Arbeit auf die schwangere Frau und das ungeborene Kind

Eine Schwangerschaft löst bedeutende Veränderungen im Organismus der werdenden Mutter aus. Der Körper ist neuen Belastungen ausgesetzt (Gewichtszunahme, Zunahme der Frequenz von Atem und Puls, veränderter Schwerpunkt, Atemlosigkeit, Müdigkeit), die gewisse Arbeiten beschwerlicher machen oder die Gesundheit der Mutter und ihres ungeborenen Kind gefährden.

So werden beispielsweise langes Stehen, repetitive und monotone Arbeiten, beschwerliche Körperhaltungen, das Tragen schwerer Lasten, Stress und unregelmässige Arbeitszeiten während der Schwangerschaft weniger gut vertragen. Das nationale Institut für öffentliche Gesundheit von Quebec hat im Dezember 2007 die Resultate einer Synthese von 59 wissenschaftlichen Studien bekannt gegeben, die sich mit den Auswirkungen der Arbeitszeiten auf die Schwangerschaft befassten. Dabei zeigte sich, dass schwangere Frauen, die wöchentlich über 35 Stunden beruflich tätig waren, erhöhte Risiken für ihre Schwangerschaft eingingen: Das Risiko einer Frühgeburt war ebenso erhöht (+17%) wie das häufigere Vorkommen eines niedrigen Geburtsgewichts (+26%). Das Risiko eines Spontanaborts (Fehlgeburt) erhöhte sich um 8%, wenn die Frauen mehr als 40 Stunden pro Woche arbeiteten. Bei Nachtarbeit stieg das Risiko einer Fehlgeburt sehr stark an (+69%). Ebenfalls erhöht (+20%) war es bei Frauen, die in Schichtarbeit (3x8) tätig waren.

Die beruflich bedingte Exposition gegenüber chemischen Substanzen (Lösemittel, antikanzerogene Wirkstoffe usw.) oder biologischen Substanzen (Viren, Bakterien usw.) sind bereits ab dem ersten Tag nach der Befruchtung potenziell toxische Gefährdungen für das ungeborene Kind. Bezüglich der allgemeinen berufsbedingten Exposition gegenüber Lösemitteln besteht eine leichte Zunahme von Fehlgeburten und Missbildungen. Dieses Risiko wird signifikant für Lippen- und/oder Gaumenspalten, Laparochisis und Fehlbildungen am Herzen. Bei chronischer Exposition gegenüber Lösemitteln am Ende der Schwangerschaft ist das Risiko eines Wachstumsrückstandes leicht erhöht. Das Risiko einer Fehlgeburt ist bei berufsbedingten Expositionen gegenüber Anästhesiegasen oder antikanzerogenen Wirkstoffen ebenfalls leicht höher.

Auf der Grundlage der umfangreichen Literatur, welche die reprotoxischen Risiken gewisser Produkte hervorhebt, aber auch aufgrund des Schutzprinzips gegenüber weniger gut erforschter, jedoch gleichwohl verdächtiger Produkte, schreibt die schweizerische Gesetzgebung eine ganze Reihe gesetzlicher Massnahmen zum Schutz der schwangeren Frauen und ihrer ungeborenen Kinder vor.

## **Gesetzliche Massnahmen zum Schutz der schwangeren Frauen: Mutterschutzverordnung**

In der Schweiz wird der Mutterschaftsschutz gesetzlich durch die Mutterschutzverordnung MSV (Verordnung des EVD über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft) geregelt. Diese im Jahr 2001 in Kraft getretene Verordnung stützt sich auf das Arbeitsgesetz und wurde im Oktober 2008 revidiert. Die MSV richtet sich an Arbeitgeber, Ärzte und schwangere Arbeitnehmerinnen. Die Verordnung umschreibt bestimmte Arbeiten, Stoffe oder Mikroorganismen, die ein erhöhtes Gefahrenpotential für Mutter und Kind darstellen und legt fest, wie diese Risiken zu beurteilen und welche Massnahmen zu treffen sind. Gewisse gefährliche und beschwerliche Arbeiten sind für schwangere Frauen sogar verboten, weil gesetzlich festgelegt ist, dass sie Anrecht auf eine Beschäftigung haben, welche ihre Gesundheit und diejenige ihres Kindes nicht gefährdet. Bei der Festlegung der Arbeitszeiten beispielsweise ist Nachtarbeit ab der 8. Woche vor Geburtstermin und bis nach Ablauf der 16. Woche nach der Geburt verboten.

## **Anwendung der gesetzlichen Bestimmungen zum Schutz der schwangeren Frauen und ihrer ungeborenen Kinder**

### ***Rolle des Arbeitgebers – Risikoanalyse***

Um festzustellen, ob die Gesundheit einer schwangeren Frau oder ihres Kindes gefährdet ist, muss eine Beurteilung ihres Arbeitsplatzes vorgenommen werden.

Der Arbeitgeber ist deshalb angehalten, für alle Arbeitsplätze seines Betriebs und insbesondere für diejenigen Arbeitsplätze, an denen schwangere Frauen beschäftigt werden könnten, unter Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit (ASA) eine Risikoanalyse durchführen zu lassen.

Bei nachgewiesenen Gefährdungen (Tabelle 1) hat der Arbeitgeber diese in seiner Risikoanalyse festzuhalten und zu ihrer Behebung die notwendigen technischen Massnahmen (beispielsweise Ersatz von schädlichen chemischen Stoffen) und/oder organisatorischen Vorkehrungen (beispielsweise Anpassung der Arbeitszeit, Zuteilung eines gleichwertigen Arbeitsplatzes ohne Gefährdung) zu treffen. Falls keine Schutzmassnahmen möglich sind, hat die schwangere Arbeitnehmerin das Recht, zu Hause zu bleiben und 80 % ihres Gehalts zu beziehen.

Eine schwangere Frau kann demnach beschwerliche und gefährliche Arbeiten nur dann ausführen, wenn eine durch Spezialisten für Gesundheitsschutz korrekt durchgeführte Risikoanalyse ergeben hat, dass für Mutter oder Kind keine Gefährdung besteht oder angemessene Schutzmassnahmen getroffen wurden. Die Resultate der Risikoanalyse sind der Arbeitnehmerin und deren Arzt mitzuteilen, der in Kenntnis der Sachlage über die Fähigkeit seiner Patientin zur Weiterführung ihrer beruflichen Tätigkeit entscheiden kann.

### ***Rolle des Arztes – Beurteilung der Eignung***

Der Arzt (insbesondere der Gynäkologe) informiert sich anlässlich der ersten medizinischen Untersuchung über die Art der beruflichen Tätigkeit seiner schwangeren Patientin und über die Verhältnisse an ihrem Arbeitsplatz. Dazu stehen ihm die Risikoanalyse und die Liste der beschwerlichen und gefährlichen Arbeiten gemäss Mutterschutzverordnung (Tabelle 1) zur Verfügung. Wenn sich herausstellt, dass die berufliche Tätigkeit Risiken darstellt oder der Arbeitgeber die notwendigen technischen und/oder organisatorischen Massnahmen für einen angemessenen Mutterschaftsschutz nicht getroffen hat, kann der Arzt in einem Zeugnis die Nichteignung festhalten. In diesem Arztzeugnis hält der Arzt fest, ob seine Patientin ihre Tätigkeit vorbehaltlos am betreffenden Arbeitsplatz fortsetzen kann (Eignung), ob sie diese unter bestimmten Bedingungen (bedingte Eignung) ausüben kann oder ob sie ihre Arbeit

unterbrechen muss (Nichteignung). Wenn der Arzt wegen unzureichender Information (keine Risikoanalyse, unvollständige Risikoanalyse oder Fehlen von Resultaten) nicht in der Lage ist, die Gefährlichkeit des Arbeitsplatzes zu beurteilen, kann er eine Vermutung der Gefährdung aussprechen und das Vorsichtsprinzip anwenden. Mittels Arztzeugnis teilt er der Arbeitnehmerin und dem Arbeitgeber die Nichteignung mit, damit letzterer in seinem Betrieb oder im entsprechenden Bereich seines Betriebs die notwendigen Massnahmen treffen kann. Die Beurteilung der Nichteignung kann jederzeit aufgehoben werden, wenn der Arbeitgeber die notwendigen Massnahmen trifft, indem er entweder den Arbeitsplatz durch technische und/oder organisatorische Massnahmen anpasst oder im Rahmen einer Risikoanalyse nachweisen kann, dass der Arbeitsplatz für die schwangere Frau keine Gefahr darstellt oder indem er ihr eine gleichwertige Arbeit ohne Gefährdung anbietet. Andernfalls hat die Frau das Recht zu Hause zu bleiben und 80% ihres Salärs zu beziehen. Bei der Beurteilung der Eignung der Patientin zur Fortsetzung ihrer beruflichen Tätigkeit stützt sich der Arzt auf die gesetzlichen Bestimmungen der Mutterschutzverordnung.

### ***Zusammenarbeit Arzt – Arbeitgeber***

Die Problematik des Schutzes der schwangeren Arbeitnehmerinnen zeigt die grosse Bedeutung auf, die der Zusammenarbeit zwischen Arbeitgeber und Arzt zukommt. Es wäre zu erwarten, dass ein Arbeitgeber bei Bekanntgabe der Schwangerschaft durch seine Angestellte, die notwendigen Massnahmen zum Schutz der Mutterschaft trifft oder bereits präventiv getroffen hat. Es bestehen jedoch zahlreiche Situationen, in denen keinerlei Massnahmen getroffen werden. Es ist deshalb Aufgabe des Arztes, sich im Hinblick auf die möglichen Komplikationen für die Frau und das ungeborene Kind um die Arbeitsbedingungen der Schwangeren zu kümmern, selbst wenn noch keinerlei Gesundheitsprobleme zu beklagen sind. Deshalb ist darauf hinzuweisen, dass die schwangeren Frauen ermutigt werden sollten, ihre Schwangerschaft so früh wie möglich bekannt zu geben, da gewisse berufsbedingte Gefährdungen, wie chemische Substanzen für den Fötus ab dem ersten Tag nach der Befruchtung ausserordentlich schädlich sind. So kann der Arbeitgeber frühzeitig die notwendigen Massnahmen zur Anpassung des Arbeitsplatzes vornehmen, um die schwangere Frau und ihr ungeborenes Kind zu schützen. Der Arzt seinerseits wird schnellstmöglich Kontakt mit dem Arbeitgeber aufnehmen, um die Resultate der Risikoanalyse zu beantragen oder bei Bedarf als Bindeglied zwischen ihm und dem Arbeitgeber den Beizug eines Arbeitsarztes zu veranlassen.

**Tabelle 1. Arbeitsverbot für schwangere Frauen, wenn nachfolgende Kriterien auf ihre Arbeitsplätze zutreffen**

Art der Gefährdung	Beschreibung
<b>Bewegung schwerer Lasten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während der ersten 6 Schwangerschaftsmonate:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- regelmässiges Bewegen von Lasten von mehr als 5 kg</li> <li>- gelegentliches Bewegen von Lasten von mehr als 10 kg</li> </ul> </li> <li>• Ab dem 7. Schwangerschaftsmonat dürfen Schwangere keine schwere Lasten mehr tragen.</li> </ul>
<b>Kälte und Hitze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Innern von Gebäuden muss die Temperatur zwischen -5°C und + 28°C betragen.</li> <li>• Im Innern von Gebäuden darf die Arbeitnehmerin keiner starken Feuchtigkeit ausgesetzt sein.</li> <li>• Bei Temperaturen unter 15°C hat der Arbeitgeber warme Getränke bereitzustellen.</li> <li>• Beträgt die Temperatur zwischen +10°C und -5°C hat der Arbeitgeber eine angepasste Bekleidung zur Verfügung zu stellen.</li> </ul>
<b>Bewegungen und Körperhaltungen, die zu vorzeitiger Ermüdung führen</b>	<p>Arbeiten, die wiederholt unbequeme Bewegungen und Körperhaltungen erfordern, gelten als gefährlich oder mühsam für schwangere Frauen bis 16 Wochen nach der Geburt. Betroffene Arbeitnehmerinnen dürfen nicht zu solchen Arbeiten gezwungen werden. Es handelt sich insbesondere um folgende Bewegungen und Körperhaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erhebliches Strecken</li> <li>- starkes Bücken</li> <li>- dauerndes Niederkauern</li> <li>- dauerndes nach vorn Beugen</li> <li>- Tätigkeiten mit länger dauernden fixierten Körperhaltungen ohne Bewegungsmöglichkeit.</li> <li>- Tätigkeiten bei denen die Arbeitnehmerin Stössen, Erschütterungen oder Vibrationen ausgesetzt ist.</li> </ul>
<b>Mikroorganismen*</b>	Keinerlei Arbeiten mit Mikroorganismen der Gruppe 2 bis 4, ausser wenn nachgewiesen ist, dass für Mutter oder Kind keine Gefährdung besteht.
<b>Lärm</b>	Der Schalldruckpegel an einem Arbeitsplatz einer schwangeren Frau darf 85 dB(A) nicht überschreiten.
<b>Ionisierende Strahlung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Äquivalentdosis an der Oberfläche des Abdomens darf 2 mSv nicht übersteigen.</li> <li>• Die effektive Dosis darf 1 mSv nicht übersteigen.</li> </ul>
<b>Chemische Gefahrenstoffe*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsatzprinzip: keine schädlichen Expositionen</li> </ul> <p>Im Besonderen: Die Konzentrationen gefährlicher Substanzen aus der Liste der MAK-Werte der Suva ohne Klassifizierung A, B oder D müssen unterhalb der entsprechenden Grenzwerte liegen.</p>
<b>Besonders gefährliche Substanzen*</b>	<p>Als besonders gefährlich für Mutter und Kind gelten Stoffe mit folgenden Gefahrensätzen R (siehe Etikettierung):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R40 : mögliche irreversible Schädigungen</li> <li>• R45 : kann Krebs erzeugen</li> <li>• R46 : kann vererbare Schäden verursachen</li> <li>• R49 : kann beim Einatmen Krebs erzeugen</li> <li>• R61 : Während der Schwangerschaft Risiko einer Gefährdung für Mutter und Kind.</li> </ul> <p><b>Kommentar:</b> Diese R-Gefahrensätze wurden der internationalen Gefahrenstoffverordnung zur Etikettierung chemischer Stoffe entnommen. Man findet sie auf den Beschriftungen von Behältern (Fässer, Bidons usw.) sowie auf den Sicherheitsdatenblättern, die der Lieferant seinen Kunden zur Verfügung stellen muss.</p>
<b>Andere Substanzen</b>	<p>Als für Mutter und Kind besonders gefährlich gelten folgende Stoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quecksilber und Quecksilberverbindungen</li> <li>• Mitosehemmstoffe</li> <li>• Kohlenmonoxid (CO)</li> </ul> <p><b>Kommentar:</b> CO ist allgegenwärtig. Man findet es in allen in Verbrennungsprozessen entstehenden Gasen (Benzin, Gas usw.).</p>
<b>Nacht- oder Schichtarbeit</b>	<p>Nacht- und Schichtarbeit ist für schwangere Frauen und stillende Mütter verboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn diese mit gefährlichen oder beschwerlichen Arbeiten gemäss Artikel 7–13 Mutterschutzverordnung verbunden sind.</li> </ul> <p><b>Kommentar:</b> Wenn die Arbeitnehmerin an ihrem Arbeitsplatz einem oben erwähnten Richtwert ausgesetzt ist, muss ihr Nacht- oder Schichtarbeit untersagt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn es sich um Arbeiten in einem besonders gesundheitsbelastenden Schichtsystem handelt.</li> </ul> <p><b>Kommentar:</b> Als besonders gesundheitsbelastend gelten Schichtsysteme mit regelmässiger Rückwärtsrotation (Nacht-, Spät-, Frühschicht) oder solche mit mehr als drei aufeinander folgenden Nachtschichten.</p>

\* Erklärung einzelner Elemente aus der Tabelle:

Mikroorganismen:

Gruppe 1

Kein Risiko: nicht pathogen, Behandlungsmöglichkeiten

Gruppe 2

Geringes Risiko: potenziell pathogen, geringes Übertragungsrisiko, Behandlungsmöglichkeiten

Gruppe 3

Mässiges Risiko: potentiell schwere Erkrankung, mässiges Übertragungsrisiko, bestehende Prophylaxe oder Behandlung

Gruppe 4

Hohes Risiko: schwere Erkrankung, Ausbreitungsrisiko, keine Behandlung

Beispiele:

Röteln: Gruppe 2; CMV : Gruppe 2; Toxoplasmose: Gruppe 2; Windpocken: Gruppe 2; HBV und HCV: Gruppe 3; HIV: Gruppe 3

Chemische Gefahrenstoffe:

Liste der MAK-Werte der Suva: Der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert) ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet.

Klassifizierung fruchtschädigender Stoffe:

Gruppe A: Eine Schädigung der Leibesfrucht kann auch bei Einhaltung des MAK-Werts eintreten.

Gruppe B: Eine Schädigung der Leibesfrucht kann auch bei Einhaltung des MAK-Werts nicht ausgeschlossen werden.

Gruppe C: Eine Schädigung der Leibesfrucht braucht bei Einhaltung des MAK-Werts nicht befürchtet zu werden.

Gruppe D: Eine Zuordnung an die Gruppen A-C ist zurzeit noch nicht möglich. Die vorliegenden Daten lassen einen Trend erkennen oder sind kontrovers. Für eine abschliessende Bewertung reichen sie nicht aus.

Besonders gefährliche Substanzen:

R-Gefahrensätze: Die R-Gefahrensätze sind aus der internationalen Reglementierung hervorgegangen und dienen der näheren Umschreibung des Risikos, das den gefährlichen Stoffen oder Präparaten beigemessen wird.

## Literatur

- ❖ Croteau A., Poulain M. [L'horaire de travail et ses effets sur le résultat de la grossesse](#) : méta-analyse et méta-régression. [Montréal] : Institut national de santé publique du Québec, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, 2007. XIII, 149 S. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/677-HoraireTravailGrossesse.pdf>
- ❖ Staatssekretariat für Wirtschaft. Mutterschaft – Schutz der Arbeitnehmerinnen. Bern, SECO, 2005.
- ❖ Verordnung des EVD über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung) vom 20. März 2001 (Stand vom 27. März 2001). [S.l.] : [s.n.], 2001. 6 S.
- ❖ <http://www.admin.ch/ch/d/rs/8/822.111.52.fr.pdf> (konsultiert am 07.07.08)
- ❖ Staatssekretariat für Wirtschaft SECO. Mutterschutz: <http://www.seco.admin.ch/dokumentation/publikation/00009/02359/index.html?lang=>

[d](#)