

Wissenschaftliche Begründung zur BK Nr. 2106: Druckschädigung der Nerven

(Bek. des BMA v. 1. August 2001 – IVa 4-45222-2106
BArbBl. 9/2001, S. 59-63)

Der Ärztliche Sachverständigenbeirat beim Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung - Sektion "Berufskrankheiten" - empfiehlt, den bisherigen Wortlaut der Legaldefinition der Berufskrankheit 2106 "Drucklähmung der Nerven" in "Druckschädigung der Nerven" zu ändern.

Diese Empfehlung wird wie folgt begründet:

Inhalt

- 1. Aktueller Erkenntnisstand**
- 1.1. Biomechanische und pathophysiologische Charakteristik der ursächlich schädigenden Einwirkung**
- 1.2. Vorkommen und Gefahrenquellen**
- 1.3. Kenntnisse zur Wirkung am Menschen**
- 1.3.1. Pathomechanismen**
- 1.3.1.1. Histologisches Bild und Pathophysiologie**
- 1.3.2. Krankheitsbilder und Diagnosen**
- 1.3.2.1. Nervenschäden an der oberen Extremität**
- 1.3.2.2. Nervenschäden an der unteren Extremität**
- 1.3.2.3. Sonstige Nervenschäden**
- 1.4. Differentialdiagnostische Erwägungen**
- 2. Validität und Reliabilität der vorliegenden Erkenntnisse**
- 3. Abgrenzung bestimmter Personengruppen**
- 4. Literatur**

- 1. Aktueller Erkenntnisstand**
- 1.1. Biomechanische und pathophysiologische Charakteristik der ursächlich schädigenden Einwirkung**

Nerven können sowohl akut als auch chronisch durch mechanische Druckeinwirkungen geschädigt werden. Es kann sich dabei um eine einmalige Druckeinwirkung oder um sich wiederholende Druckbelastungen handeln (Armstrong 1979, Erdil 1994, Plancher 1996). Druckeinwirkungen können von der Körperaußenseite her auf den Nerv einwirken oder es kann sich um Druckeinwirkungen auf den Nerven innerhalb einer intakten Körperhülle handeln (z.B. Anschwellungen des Weichteilgewebes, Dehnungsvorgänge). Im Weiteren sollen nur diejenigen Druckeinwirkungen betrachtet werden, die aufgrund ihrer Charakteristik einen diagnostizierbaren und evtl. bleibenden Nervenschaden hervorrufen.

Nicht Gegenstand dieser Berufskrankheit sind akute traumatische Nervenschädigungen, das Carpal-Tunnel-Syndrom (CTS, auch Karpaltunnelsyndrom) bzw. Nervenschäden durch bestimmte Erkrankungen, die über andere Berufskrankheiten erfasst sind (z.B. bandscheibenbedingte Erkrankungen der Hals- oder Lendenwirbelsäule).

1.2. Vorkommen und Gefahrenquellen

Eine arbeitsbedingte Druckschädigung eines Nerven im Sinne dieser Berufskrankheit setzt eine sich wiederholende mechanische und durch Druck schädigende Einwirkung voraus. Betroffen sind meist relativ oberflächlich verlaufende Nerven, die einer von außen kommenden anhaltenden Einwirkung gut zugänglich sind (Lahoda 1988, Rompe 1998, Gelberman 1993). Eine Druckschädigung ist auch dann möglich, wenn ein Nerv diesen wiederholten mechanischen Einwirkungen aufgrund einer anatomischen Enge nicht genügend ausweichen kann, z.B. über einer knöchernen Unterlage, innerhalb eines knöchernen oder fibrösen Kanals (z.B. Sulcus-ulnaris-Syndrom) oder an Sehnenkreuzungen (Debrunner 1988, Plancher 1996). Es können sowohl motorische als auch sensorische Nerven oder Nervenanteile geschädigt werden (Mumenthaler 1980 und 1988, Poeck 1996, Debrunner 1988, Gelberman 1993).

Gefährdend sind vor allem Tätigkeiten mit körperlichen Zwangshaltungen, Haltungskonstanz, einseitigen Belastungen oder Arbeiten mit hohen Repetitionsraten (Rompe 1992, Zeller 1992, Lederman 1995, Löffler 1996, Yassi 1997, Gross 1999).

Als Gefahrenquellen kommen sich ständig wiederholende, gleichartige Körperbewegungen im Sinne von mechanischen Überbelastungen (Menger 1992), überwiegend haltungskonstante Arbeiten mit nicht oder nur schwer korrigierbaren Zwangshaltungen, z.B. Daueraufstützen des Handgelenkes oder der Ellbogen, Andrücken eines Werkzeuges oder bestimmte Gelenkstellungen, die längere Zeit beibehalten werden müssen (Dupuis 1989) sowie Überbeanspruchung von Muskeln mit nachfolgender Druckeinwirkung auf Nerven (Rompe 1992) infrage.

Weiterhin wurden als Schädigungsmechanismen beschrieben:

- Dehnungs- und Traktionswirkungen mit indirekter Einwirkung auf den Nerven (Magun 1961, Feldman 1983, Tackmann 1989)
- von außen kommende direkte Druck- oder Zugbelastungen (Dupuis 1989, Mumenthaler 1988, Neundörfer 1992, Löffler 1996)
- wiederholte Schläge (Magun 1961, Feldman 1983)
- Friktionswirkungen (Magun 1961, Feldman 1983, Schäcke 1986, Silverstein 1987, Erdil 1994) und
- häufiges Greifen mit hohem Kraftaufwand (Hagberg 1992).

Schäden können ebenso durch das Ausüben bestimmter Sportarten hervorgerufen werden (Shea 1969, Menger 1992, Plancher 1996). Dies ist sowohl von ätiologischem Interesse als auch beim berufsmäßigen Ausüben bestimmter Sportarten zu beachten (z.B. Radfahrer, Golfer, Kegler, Reiter).

1.3. Kenntnisse zur Wirkung am Menschen

1.3.1. Pathomechanismen

Kennzeichnend für das Vorliegen einer Berufskrankheit gemäß dieser Begründung ist eine eindeutige Beziehung zwischen der Lokalisation des einwirkenden Drucks und dem anatomisch zuzuordnenden klinisch-neurologischen Befund. Der periphere Nerv reagiert relativ uniform auf unterschiedliche Noxen und bei jeder Nervenläsion ist die Nervenleitung gestört. Eine spontane Wiederherstellung der Nervenleitung hängt von Art und Ausmaß der Läsion und der Beseitigung der schädigenden Einwirkung ab.

Für Druckschädigungen der Nerven wurden folgende physiologische Unterscheidungen getroffen:

- **Neurapraxie** (Nerv und Axone anatomisch unversehrt; reversibler Leitungsblock durch umschriebene funktionelle Veränderungen an den Markscheiden; die elektrische Erregbarkeit ist distal der Läsion erhalten)
- **Axonotmesis** (Kontinuitätsunterbrechung von Axonen und endoneuralen Strukturen bei erhaltener Nervenhülle, distal der Läsion Waller'sche Degeneration mit entsprechenden elektroneuromyographischen Veränderungen) und
- **Neurotmesis** (komplette Durchtrennung von Nervenfasern und Nervenhülle) (Seddon 1943, Masuhr 1989, Menger 1992).

Jede Druckschädigung am peripheren Nerv beginnt mit einer Neurapraxie. Bei chronischem oder intermittierendem Weiterwirken der Druckbelastung kommt es jedoch zum umschriebenen Untergang der Myelinscheide (segmentale Demyelinisierung); dieses nosologisch typische Stadium ist in der o.g. Klassifizierung nicht erfasst. Gleichzeitig oder später kann es zur Axonotmesis kommen. Eine Neurotmesis ist nicht zu erwarten.

Mehrfachen und unterschiedlich lokalisierten Einwirkungen auf den Nerven, sog. Double-Crush-Syndromen, wird ein kumulativer Effekt zugeschrieben (Upton 1973, Mackinnon 1992). Ein geringfügiger proximal lokalisierter Druck, der allein nicht ausreicht, um einen Schaden zu verursachen, kann die Empfindlichkeit der distal gelegenen Nervenanteile gegenüber Druck deutlich erhöhen (Simpson 1996).

1.3.1.1. Histologisches Bild und Pathophysiologie

Die histologischen Veränderungen der Nervenfasern können vielfältig sein: Quellung und Invagination der Myelinscheide mit Absplitterung der äußeren Lamellen, Senkung des Serum-Plasmalogengehaltes in der Myelinscheide und Auflösung des Axons durch Lysophosphatide, Entmischung und Verklumpung des Axoplasmas, diffuse Granulierung der axonalen Mitochondrien, Aufnahme von Markfragmenten in das Zytoplasma der Schwann'schen Scheide sowie das Auftreten von Fettkörnchenzellen und Bildung von Markballen (Lahoda 1988, Tackmann 1989).

Druck- oder Zugeinwirkungen verursachen mechanische Deformationen in den direkt betroffenen Nervenoberflächen und in den Übergangsbereichen zwischen

druckbelasteten und unbelasteten Zonen. Der intrazelluläre axonale Stoffwechsel wird ebenso gestört wie die Durchlässigkeit intraneuraler Blutgefäße. Ein Ansteigen des intraneuralen interstitiellen Druckes und Veränderungen der intraneuralen Mikrozirkulation kann im Experiment schon bei relativen geringen Drucken beobachtet werden. Steigender Druck und länger anhaltende Druckbelastungen verursachen Struktur- und Funktionsveränderungen der peripher gelegenen Nervenanteile und der Nervenzellkörper (Gelberman 1993).

1.3.2. Krankheitsbilder und Diagnosen

Das typische pathophysiologische und klinische Bild einer durch Druck verursachten Nervenschädigung ist ein Nebeneinander von segmentaler De- und Remyelinisierung. Betroffen sein können die Nervenwurzel, ein Plexusbereich (z.B. Plexus cervicalis, Plexus brachialis, Plexus lumbosa-cralis) und periphere Nerven (Rosenbaum 1994). Isolierte Ausfälle peripherer Nerven (Mononeuropathien) haben nahezu immer mechanische Ursachen (Debrunner 1988). Unterbrechungen im peripheren motorischen Neuron zwischen der Vorderhornzelle und der Endaufzweigung des Neuriten führen zu einer schlaffen Lähmung, deren Symptomatik vom Schweregrad der Schädigung abhängig ist. Frühsymptome sind Reizerscheinungen, Sensibilitätsstörungen und Kraftminderung in den betroffenen Regionen. Bei fortgeschrittener Schädigung sind Muskelhypotonie und -atrophie sowie ausgeprägte Paresen oder Paralysen zu beobachten.

Bei Druckschädigungen von Nerven werden typischerweise schon in frühen Stadien anamnestische Angaben über "Kribbeln, pelziges Gefühl, Ameisenlaufen, eingeschlafener Körperteil etc." oder "allgemeines Ermüdungsgefühl" gemacht. Insbesondere bei Kompressionssyndromen finden sich ebenfalls schon früh Schmerzen im Versorgungsgebiet des Nerven. Diese treten häufig auch in Ruhe und nachts auf und können über den unmittelbar schädigenden Druckbereich hinausgehen. Typischerweise finden sich bei diesen Nervenläsionen auffällige elektromyographische und elektroneurographische Befunde, beispielsweise eine herabgesetzte Nervenleitgeschwindigkeit (Gelberman 1993, Johnson 1993, Ross 1995).

Folgende Sensibilitätsstörungen sind zu unterscheiden:

- **Reizsymptome** (z.B. Schmerzen, Parästhesien, Dysästhesien, Neuralgien, Hyperpathien)
- **Ausfallsymptome** (z.B. Anästhesie, taktile Hypästhesie, thermische Hypästhesie oder Anästhesie, Hypalgesie oder Analgesie, Oberflächen- oder Tiefensensibilitätsstörungen)
- **partielle Leitungsstörungen** mit pathologischem Funktionswandel (z.B. Kausalgien, Phantomschmerzen) (Poeck 1996).

Meist bestehen Reiz- und Ausfallsymptome sowie trophische Störungen nebeneinander. Partielle Leitungsstörungen sind bei arbeitsbedingten Druckschädigungen kaum zu erwarten. Bei Plexusschäden oder Läsionen peripherer Nerven, die auch autonome Fasern führen, ist auch mit Reiz- oder Ausfallserscheinungen der vegetativen Innervation zu rechnen. Eine vollständige

Unterbrechung eines peripheren Nerven verursacht dann beispielsweise eine Anhidrose. Die Symptome sind auf das Versorgungsgebiet des jeweiligen Nerven begrenzt und besitzen somit hohe diagnostische Bedeutung (Poeck 1996, Lahoda 1988, Hopf 1993). Histologisch ist zu beachten, dass aufgrund der Markscheidenveränderungen die Symptomatik über den Bereich der unmittelbaren Druckeinwirkung hinausreichen kann.

Weitere mögliche Symptome sind ohne wertende Rangfolge in Tabelle 1 aufgelistet.

Tab. 1 Symptome bei Nervenschäden

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Spontanschmerzen mit Ausstrahlung • Klopfschmerzen im Nervenverlauf • Druckschmerzempfindlichkeit • Überempfindlichkeit • Mißempfindungen • Unempfindlichkeit • Muskelschwäche, -atrophie • Reflexausfälle, -abschwächungen • Gestörte Schweißsekretion • Trophische Störungen von Haut- und Hautanhangsgebilden • "Elektrisierende Sensationen" durch Beklopfen des Nervenkompressionsortes • Herabsetzung der Nervenleitgeschwindigkeit • Veränderungen im Elektromyogramm • Entartungsreaktion in der Reizstromdiagnostik |
|---|

Nachfolgend werden beispielhaft und ohne Anspruch auf Vollständigkeit für betroffene Nerven (N) die typischen morphologischen Schädigungsmöglichkeiten, ggf. mit Hinweisen auf anatomische Varianten (V), und bekannte arbeitsbedingte Belastungen (B) sowie ggf. bestimmte Krankheitsbilder aufgelistet.

1.3.2.1. Nervenschäden an der oberen Extremität

N.: **Armplexusschaden im Wurzelbereich (C4) C5 - Th1**
("thoracic outlet"-Syndrom)

V.: Engpassproblematik im Bereich der Skalenuslücken, der kostoklavikulären Passage und/oder des Korakoids

B.: Lastendruck auf der Schulter, Lastenzug am Arm, repetitive Abduktions- und Adduktionsbewegungen im Schultergelenk, Überkopfarbeiten mit nach hinten gestrecktem Arm, Spielen von Streichinstrumenten (Erdil 1994, Feldman 1983, Leahy 1992, Lederman 1995, Menger 1992, Mumenthaler 1980 u. 1993, Simpson 1996, Yassi 1997 u. 2000)

N.: **N. axillaris**

V.: Einengung der lateralen Achsellücke

B.: Passiver Druck in der Axilla durch Hebel (Anto 1996, Leahy 1992, Menger 1992, Mumenthaler 1980)

N.: **N. medianus** (mit Ausnahme des Carpal tunnel-Syndroms)

- V.: Beeinträchtigung der A. brachialis und des Muskelbauches des M. brachialis, suprakondyläre Prozesse ("Struthers ligament"), M. pronator teres, Muskelkopf M. flexor pollicis longus, M. interosseus anterior. Wird der Nerv in der Ellenbeuge oder proximal davon geschädigt, fallen die Hand- und die langen Fingerbeuger aus ("Schwurhand"). Bei einer Schädigung distal der Ellenbeuge kommt es vorwiegend zu Sensibilitäts- und vegetativ-trophischen Störungen, aber auch zu motorischen Störungen.
- B.: Pronatorteres-Syndrom: Repetitive Pro- und Supinationsbewegungen bei gleichzeitigen repetitiven Fingerbewegungen, insbesondere Fingerflexion
Interosseus-anterior-Syndrom (Kiloh-Nevin): Forcierte Pronation mit gleichzeitiger Beugung, Tragen von Lasten auf dem gebeugten Unterarm (Anto 1996, Erdil 1994, Feldman 1983, Gelberman 1993, Hopf 1993, Ivins 1996, Leahy 1992, Lewit 1992, Menger 1992, Mumenthaler 1980, 1988 u. 1993, Simpson 1996, Tackmann 1989)
- N.: **N. musculocutaneus**
- V.: Meist im Rahmen einer Armplexusschädigung
- B.: Tragen schwerer Lasten, am gebeugten Unterarm hängendes Gewicht, exzessives fortlaufendes Schrauben (Menger 1992)
- N.: **N. radialis**
- V.: Axilla, Humerusschaft, M. triceps brachii, Radialistunnel bzw. M. supinator (Supinatorsyndrom), Kompression des Ramus superficialis N. radialis. Wird der Nerv proximal der Ellenbeuge geschädigt, finden sich muskuläre Störungen bei der Unterarmstreckung bis zu einem Totalausfall, Sensibilitätsauffälligkeiten und Supinationsstörungen ("Fallhand"). Beim Supinatorsyndrom finden sich motorische Ausfälle der Hand- und Fingerstrecker, aber keine Sensibilitätsausfälle.
- B.: Axilla und Oberarmkompression: Druck von Hebeln ("Krückenlähmung"), chronische Überbeanspruchung des M. triceps brachii, z.B. bei Maurern, Zimmerleuten
Supinatorsyndrom: Repetitive Pro- und Supinationsbewegungen bei extendiertem Ellbogengelenk
Ramus superficialis (Cheiralgia paraesthetica): Repetitive Pro- und Supination mit Drehbewegungen, z.B. Wickeln, Blumenbinden; Druck auf den Unterarm bei gestrecktem Handgelenk, z.B. Steintragen, Spielen von Tasteninstrumenten etc. (Anto 1996, Debrunner 1988, Gelberman 1993, Hopf 1993, Menger 1992, Mumenthaler 1980, 1988 u. 1993, Poeck 1996, Roquelaure 2000, Tackmann 1989)
- N.: **N. suprascapularis**
- V.: Relative Fixation des Nerven in der Incisura scapulae mit mechanischem Reibungsschaden
- B.: Repetitive kombinierte Außen-/Innenrotationsbewegungen in Abduktion zur Gegenseite, z.B. Spielen von Musikinstrumenten, repetitive Überkopfarbeiten, einseitiges Heben und Tragen schwerer Lasten über der Schulter (Anto 1996, Feldmeier 1988, Lederman 1995, Menger 1992, Mumenthaler 1980)
- N.: **N. thoracicus longus**
- V.: Untere Armplexusschädigung (C8, Th1) oder klavikulärer Engpass

- B.: Tragen starrer und schwerer Lasten auf den Schultern ("Rucksacklähmung"), Arbeiten im Liegen mit Zwangshaltungen (z.B. Untertage), wuchtige Schläge mit schwerem Werkzeug (Anto 1996, Mumenthaler 1980)
- N.: **N. ulnaris**
- V.: Medialer Epikondylus bzw. Sulcus ulnaris, Muskelkopf M. flexor carpi ulnaris (Kubitaltunnelsyndrom), Guyon'sche Loge. Die motorischen Ausfälle bei Nervenschädigungen proximal des Handgelenkes sind unter dem Begriff "Krallenhand" bekannt.
- B.: Sulcus-ulnaris-Syndrom: von außen einwirkender Druck, z.B. bei aufgestütztem Ellbogen, Friktionstrauma im Sulcus durch repetitive Flexion und Extension im Ellbogengelenk, z.B. bei Pianisten, Bläsern und Saiteninstrumentalisten
Kubitaltunnel-Syndrom: Repetitive Bewegungen im Ellbogengelenk und Druckeinwirkungen am proximalen Unterarm bei gebeugtem Ellbogengelenk, z.B. Hämmern, Heben/Tragen
Guyon'sche Loge: Druck von Arbeitsmitteln im Hohlhandbereich, gelegentlich mit Hyperextension im Handgelenksbereich verbunden, z.B. Kristallglasschleifer, Elektronikarbeiter, Kellner (Anto 1996, Erdil 1994, Feldman 1983, Feldmeier 1988, Gelberman 1993, Hopf 1993, Ivins 1996, Leahy 1992, Ledermann 1995, Löffler 1996, Lukas 1986, Mumenthaler 1980 u. 1993, Schäcke 1986, Schuppert 1999, Shea 1969, Simpson 1996, Tackmann 1989, Yassi 2000, Zeiss 1992)

1.3.2.2. Nervenschäden an der unteren Extremität

- N.: **Beinplexusschaden im Wurzelbereich Th12 - S5**
- V.: N. ilioinguinalis beim Durchtritt durch die Mm. transversus abdominis und obliquus internus abdominis, N. cutaneus femoris lateralis, N. obturatorius, N. ischiadicus
- B.: Anhaltende Ventralbeugung des Rumpfes, anhaltend angespannte Bauchmuskulatur, Hyperflexion oder Hyperextension im Hüftgelenk, selten Druckpareesen des N. ischiadicus, z.B. bei Reitern (Menger 1992, Poeck 1996, Seyfert 1993)
- N.: **N. tibialis**
- V.: Kompression unter dem Retinaculum flexorum (Tarsaltunnelsyndrom)
- B.: Enges Schuhwerk, langes Gehen unter Belastung, repetitive Fußbeugung und -streckung, z.B. Pedalbetätigungen, Arbeiten im Knien mit zurückgelegter Körperhaltung, Arbeiten im Sitzen mit hängenden Beinen (Feldman 1983, Menger 1992, Poeck 1996)
- N.: **N. peroneus (N. fibularis)**
- V.: Oberflächliche Lage des Nerven am Capitulum fibulae
- B.: Hocken und Knien, z.B. Fliesenlegen, Asphaltieren; längerdauernde Kälteexposition (Debrunner 1988, Menger 1992)

1.3.2.3. Sonstige Nervenschäden

N.: **N. facialis, N. trigeminus**

V.: Druckneuropathie

B.: Druckbelastungen im Versorgungsbereich des Nerven, z.B. beim Gebrauch von Blasinstrumenten, Ansatzstörung, fokale Dystonie (Lederman 1995, Schuppert 1999, Zeller 1992)

1.4. Differentialdiagnostische Erwägungen

Nichtarbeitsbedingte Ursachen für Nervenschädigungen müssen ggf. ausgeschlossen werden. Beim Zusammenwirken von arbeitsbedingten und nichtarbeitsbedingten Faktoren muß deren jeweilige Bedeutung abgewogen werden. Die wichtigsten differentialdiagnostischen Erwägungen zur Druckschädigung von Nerven sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Tab. 2 Differentialdiagnostische Überlegungen

- Anatomische Varianten (z.B. suprakondyläre Prozesse, Halsrippe etc.)
- angeborene Schäden (z.B. Geburtslähmung d. Plexus)
- Nervenverlaufsvarianten
- Erkrankungen des zentralen Nervensystems (z.B. Neuritis, multiple Sklerose, Syringomyelie, Vorderhornprozesse etc.)
- Idiopathische Fazialisparese
- Tendovaginitiden oder andere Erkrankungen des Sehnengleitgewebes
- Primäre Muskelerkrankungen
- Infiltration durch Tumore (z.B. Pancoasttumor)
- Bandscheibenschäden
- Blutkrankheiten
- Frakturen und Frakturfolgen (z.B. Druckschäden durch Gipsbandage, Fehlstellungen)
- Schnitt-, Scher-, Stich- und Quetschverletzungen
- Schwangerschaft
- Stoffwechselstörungen oder Einwirkung toxischer Substanzen (z.B. Polyneuropathie bei Diabetes mellitus, Alkoholabusus, Urikämie etc.)
- Stromeinwirkung
- Thermische Schäden
- Iatrogene Schäden (z.B. Injektionen, Operation, Anwendung von Röntgenstrahlen, medikamentöse Therapien)

(Debrunner 1988, Lahoda 1988, Rompe 1992, Neundörfer 1992, Hopf 1993, Seyfert 1993, Erdil 1994, Rosenbaum 1994, Lederman 1995, Ivins 1996, Bingham 1997, Poeck 1996, Yassi 1997)

2. Validität und Reliabilität der vorliegenden Erkenntnisse

Es gibt eine Vielzahl epidemiologischer Erkenntnisse zu arbeitsbedingten Nervenschäden, allerdings befaßt sich ein Großteil neuerer Publikationen mit bestimmten Stoffeinwirkungen (Aluminium, Mangan, Blei etc.) und daraus

resultierenden Nervenschäden (z.B. Sjögren 1996, Yeh 1995) oder mit dem Auftreten eines Carpal-Tunnel-Syndroms (Übersicht bei Hagberg 1992 und Gerhardt 1996). Diese Publikationen finden im folgenden keine Bewertung.

Nilsson (1994) vergleicht in einer Querschnittsstudie insgesamt 179 Metallarbeiter mit Vibrationstätigkeiten und Büroangestellte ohne derartige Arbeiten. Die Untersuchung zeigt einerseits, daß Vibrationseinflüsse von ergonomisch-biomechanischen Faktoren nicht oder nur sehr schwer zu trennen sind, daß aber andererseits druckbedingte Nervenschäden durch ergonomisch-biomechanische Belastungen wie Greifen mit hohem Kraftaufwand oder extreme Handpositionen auch ohne zusätzliche Vibrationen verursacht werden.

Analoge Hinweise finden sich auch in der vergleichenden Untersuchung von Brismar (1992) bei Arbeitern mit Vibrationsbelastung im Vergleich zu Arbeitern mit Heben und Tragen schwerer Lasten.

Für Nervenkompressionssyndrome in der Guyon'schen Loge liegen vereinzelt Kasuistiken, zusammenfassende Arbeiten oder sonstige Hinweise vor (Mumenthaler 1980, Tackmann 1989, Löffler 1996). Diese Literaturhinweise lassen Analogieschlüsse zu einer arbeitsbezogenen Verursachung zu.

Roquelaure und Co-Autoren (2000) weisen in einer Fall-Kontroll-Studie mit 21 Fällen und ebensovielen nach Alter und Geschlecht vergleichbaren Kontrollpersonen aus 3 unterschiedlichen Fabriken in Frankreich (TV-Geräteherstellung, Schuhfabrikation und Fahrzeugbremsenproduktion) auf die Notwendigkeit hin, bei der Diagnose einer Epikondylitis bzw. eines CTS differentialdiagnostisch auch an ein Radialtunnel-Syndrom (RTS) zu denken, d.h. an eine mögliche Druckschädigung des N. radialis beim Durchtritt durch den M. supinator. Das Bewegen von Lasten über 1 kg mit der Hand mehr als 10 mal in der Stunde, längerdauernde statische Belastung des Unterarms und der Hand sowie vorwiegend supinierte Arbeitshaltungen mit gestrecktem Ellbogen, z.B. beim Halten von Werkzeugen sind in dieser Untersuchungen als die drei wesentlichsten arbeitsbedingten Risikofaktoren für ein RTS benannt. Kein Zusammenhang wurde für repetitive Arbeitsaufgaben beschrieben.

Nervenschäden aufgrund physikalischer Schädigungsfaktoren wie repetitive Tätigkeiten mit hohen Wiederholungsraten, z.B. bei Arbeiten mit einer PC-Tastatur, ungünstigen Körperhaltungen und Vibrationen sind häufig zusätzlich mit muskuloskelettalen Beschwerden vergesellschaftet (McFarland 1998, Novak 1998, Gross 1999). Dies kann eine direkte Kausalitätsbeurteilung im Einzelfall schwierig machen und dadurch auch die Einflußnahme durch ergonomische Gestaltungsmaßnahmen relativieren (Amell 1998). Auch Yassi (2000) weist in einer Übersichtsarbeit zu arbeitsbedingten muskuloskelettalen Beschwerden auf diesen Umstand hin. Er führt weiter aus, dass in der Literatur oft auch Nervenschäden unter dem Oberbegriff „musculoskeletal disorders“ erfasst werden. Dabei werden im Allgemeinen weniger bestimmte Berufszuordnungen diskutiert, als vielmehr unterschiedliche Tätigkeiten und Arbeitshaltungen beschrieben, wie beispielsweise arbeitsbedingte Ulnar- oder Radialdeviation im Handgelenksbereich, repetitive Arbeiten über Schulter- oder Armhöhe, längeres Lastentragen auf einer Körperseite, Tragen von Rucksäcken oder Lasten auf der Schulter usw.

Kennzeichnend für das Vorliegen einer Berufskrankheit gemäß dieser Begründung ist eine eindeutige Beziehung zwischen der Lokalisation des einwirkenden Drucks und dem anatomisch zuzuordnenden klinisch-neurologischen Befund. Der periphere Nerv reagiert relativ uniform auf unterschiedliche Noxen und bei jeder Nervenläsion ist die Nervenleitung gestört. Eine spontane Wiederherstellung der Nervenleitung hängt von Art und Ausmaß der Läsion und der Beseitigung der schädigenden Einwirkung ab.

Für Druckschädigungen der Nerven wurden folgende physiologische Unterscheidungen getroffen:

Ein mittlerweile im Hinblick auf druckverursachte Nervenschäden gut untersuchtes Berufsfeld sind Berufsmusiker. Lederman (1995) kann anhand einer Untersuchung von 640 Instrumentalmusikern (Streicher, Pianisten, Holz- und Blechblasinstrumente, Zupfinstrumente, Perkussionsinstrumente) fast alle Formen der Nervenkompressions Syndrome sowie auch Druckneuropathien, z.B. an den Nn. digitales, aufzeigen (Tab. 3). Das Zusammentreffen von kraftintensiven und repetitiven Arm-, Hand- und Fingerbewegungen mit häufig ungünstigen Körperpositionen wird als eine der Hauptursachen angesehen. Druckneuropathien werden auch als Ursache von Blasansatzstörungen bei Blechblasinstrumentalisten betrachtet (Schuppert 1999, Zeller 1992 u. 1996).

Tab. 3 Nervenkompressionssyndrome bei 640 Musikern (Lederman 1995)

	<u>Anzahl</u>
Thoracic outlet	45
N. medianus	40
davon Karpaltunnel	35
andere	5
N. ulnaris	33
davon Ellenbogen	29
andere	4
Cervicale Wurzelreizung	14
Fingernerven	7
N. radialis	2
Sonstige	2
Summe	143

Das konsequente Vermeiden der schädigenden Druckbelastungen und eine entsprechende Umstellung der Arbeitsgewohnheiten und Arbeitstechniken können zu einer dauerhaften Beschwerdelinderung oder Heilung führen (Mumenthaler 1987, Rompe 1992, Hopf 1993, Poeck 1996).

Die vorliegenden arbeitsmedizinischen Erkenntnisse und epidemiologische Untersuchungsdaten sind in sich schlüssig und plausibel. Ergänzt und bestätigt

werden diese Daten außerdem durch Veröffentlichungen aus chirurgischen, orthopädischen, neurologischen und sportmedizinischen Fachgebieten. Durch diese Untersuchungen kann gut belegt werden, daß Druckschädigungen der Nerven durch eine Vielzahl arbeitsbedingter Einflußfaktoren verursacht oder wesentlich mitverursacht werden können. Eine sorgfältige Einzelfallprüfung auf objektivierbare und reproduzierbare neurologische und neurophysiologische Parameter, differentialdiagnostische Überlegungen sowie eine sorgfältige Arbeitsanamnese sind unentbehrlich, um eine eindeutige Diagnose vor allem im Hinblick auf eine arbeitsbedingte Ursache stellen zu können. Die Expositionsvermeidung mit Ausschaltung der schädigenden Druckbelastung ist für die Heilung bzw. für die Besserung der Symptome unerlässlich.

3. Abgrenzung bestimmter Personengruppen

In der Literatur lassen sich Hinweise auf vermehrt betroffene Berufsgruppen finden, z.B Berufsmusiker, Schleifer, Metzger, Lebensmittelhändler, Beschäftigte in der Tiefkühlkostherstellung, Supermarktkassiererinnen und Bodenreiniger. Zusätzlich gibt es zahlreiche Verweise auf bestimmte schädigende berufliche Expositionsfaktoren (z.B. großer Kraftaufwand bei Greifbewegungen, repetitive Bewegungen im Handgelenk, gebeugtes bzw. überstrecktes Handgelenk). Diese Expositionsfaktoren treten in den untersuchten Berufsgruppen vermehrt auf, sind aber auch bei einer Vielzahl anderer Tätigkeiten zu finden.

4. Literatur

Anto C., Aradhya P.: Clinical diagnosis of peripheral nerve compression in the upper extremity
Orthopedic Clinics of North America, 1996, 27(2), 227-236

Amell T.K., Kumar S.: Cumulative trauma disorders and keyboarding work
Int J Ind Ergonom 1998, 25, 69-78

Armstrong T.J., Chaffin D.B.: Some biomechanical aspects of the carpal tunnel
J Biomech 1979, 2, 567

Ashbury F.D.: Occupational repetitive strain injuries and gender in Ontario 1986-1991
J Occ Environ Med 1995, 37, 479-485

Bingham R.C., Rosecrance J.C., Cook Th.: Prevalence of abnormal Median nerve conduction in applicants for industrial jobs
Am J Ind Med 1996, 30, 355-361

Brismar T., Ekenvall L.: Nerve-conduction in the hands of vibration exposed workers
Electroencephalog Clin Neurophys 1992, 85(3), 173-176

Debrunner A.M.: Orthopädie
Verlag Huber Verlag Bern 1988

- Dupuis H.: Körperhaltung
in: Konietzko J., Dupuis H.: Handbuch der Arbeitsmedizin, Ecomed Verlag
Landsberg 1989
- Erdil M., Dickerson O.B., Glackin E.: Cumulative trauma disorders of the upper
extremity
in: Zenz C., Dickerson O.B., Horvath E.P.: Occupational Medicine, Mosby
St. Louis 1994
- Feldman R.G., Goldman W., Kayserman M.: Classical syndromes in occupational
medicine. Peripheral nerve entrapment syndromes and ergonomic factors
Am J Ind Med 1983, 4, 661-681
- Feldmeier Ch.: Verletzungen und Schäden der Hand
Zuckschwerdt Verlag München 1988
- Gelberman R., Eaton R., Urbaniak J.: Peripheral nerve compression
J Bone Jt Surg Ser A, 1993, 75(12), 1854-1878
- Gerhardt R.H.: Zusammenhang zwischen beruflicher Tätigkeit und dem Auftreten
des Carpaltunnelsyndroms - eine Literaturübersicht
Medizinische Inauguraldissertation, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz 1996
- Gross P.T., Tolomeo E.A.: Proximal median neuropathies
Neurol Clin 1999, 17(3), 425-445
- Hagberg M., Morgenstern H., Kelsh M.: Impact of occupations and job tasks on
the prevalence of carpal tunnel syndrome
Scand J Work Environ Health 1992, 18, 337-345
- Hopf H.Ch., Poeck K., Schliack H. (Hrsg.): Neurologie in Klinik und Praxis Band
III
Thieme Verlag Stuttgart New York 1993
- Ivins G.K., Fulton MO.: Supracondylarprocess syndrome: a case report
J Hand Surg 1996, 21 (2), 279-281
- Johnson E.W.: Diagnosis of carpal tunnel syndrome: the gold standard
Am J Phys med Rehabil 1993, 72 (1), 1
- Lahoda F.: Neurologische Untersuchung in der Praxis - Erkrankungen des
peripheren Nervensystems
5. Auflage Einhorn-Press Verlag Reinbek 1988
- Leahy P.M., Mock III L.E.: Myofascial release technique and mechanical
compromise of peripheral nerve of the upper extremity
Chiropractic Sports Medicine 1992, 6(4), 139-150
- Lederman R.J.: Neurologische Probleme
in: Blum J. (Hrsg.): Medizinische Probleme bei Musikern
Thieme Verlag Stuttgart New York 1995

- Lewit K.: Manuelle Medizin
6. überarb. u. erg. Auflage, Barth Verlag Leipzig 1992
- Löffler M., Kukowski B., Exsternbrink T., Emde B.: Das Nervenkompressionssyndrom der Guyonschen Loge, gutacherliche Kausalbeurteilung als Variante der Berufskrankheit Nr 2106 BeKV - ein kasuistischer Beitrag
Zbl Arbeitsmed 1996, 46, 220-224
- Lukás E., Simko A.: Exogene und endogene Ursachen der Ulnarisparese
in: Schäcke G. et al (Hrsg): Berufliche Schädigung des Nervus ulnaris
Dr. Curt Haefner Verlag Heidelberg 1986
- Mackinnon SE.: Double and multiple "crush" syndromes
Hand Clin 1992, 8, 389
- Magun R.: Drucklähmungen der Nerven
in: Baader W. (Hrsg.): Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
Urban und Schwarzenberg Berlin München Wien 1961
- Masuhr K.F.: Neurologie
Hippokrates Verlag Stuttgart 1989
- McFarland E.G., Curl L.A.: Shoulder problems in musicians
Maryland Med J 1998, 47(1), 19-22
- Menger H.: Affektionen peripherer Nerven im Sport
Dt Z Sportmed 1992, 43 (2), 44-58
- Merkblatt zur ärztlichen Untersuchung zu Nr. 2106 der Anlage 1 zur BeKV
in: Berufskrankheiten Merkblätter, Düringshofen Verlag Berlin 1988
- Mumenthaler M. (Hrsg.): Der Schulter-Arm-Schmerz - Leitfaden für die Praxis
Verlag Hans Huber Bern Stuttgart Wien 1980
- Mumenthaler M., Schliack H.: Läsionen peripherer Nerven
6. Auflage Thieme Verlag Stuttgart New York 1993
- Mumenthaler M.: Klinische Untersuchung und Analyse neurologischer Syndrome
Thieme Verlag Stuttgart New York 1988
- Neundörfer B., Claus D.: Periphere Nervenerkrankungen und ihre berufliche Verursachung - Teil 1
Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 1992, 27, 357-363
- Nilsson T., Hagberg M., Burström L., Kihlberg S.: Impaired nerve conduction in the carpal tunnel of platers and truck assemblers exposed to hand-arm vibration
Scand J Work Environ Health 1994, 20, 189-199
- Novak Ch.B., Mackinnon S.: Nerve injury in repetitive motion disorders
Clin Orthop Rel Diseas 1998, 351, 10-20

- Plancher K.D., Peterson R.K., Streichen J.B.:
Compressive neuropathies and tendinopathies in the athletic elbow and wrist
Clinics in Sports Medicine 1996, 15(2), 331-371
- Poeck K.: Neurologie
9. neubearbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin 1996
- Rompe G., Erenkämper A.: Begutachtung der Haltungs- und Bewegungsorgane
Thieme Verlag Stuttgart, 2. Aufl. 1992
- Roquelaure Y., Raimbeau G., Dano C., Martin YH., Pelier-Cady C., Mechali S.,
Benetti F., Mariel J., Fanello S., Penneau-Fontbonne D.: Occupational risk factors
for radial tunnel syndrome in industrial workers
Scand J Environ Health 2000, 26(6), 507-513
- Rosenbaum R.B., Donaldson J.O.: Peripheral nerve and neuromuscular disorders
Neurologic Clinics 1994, 12(3), 461-478
- Ross M., Kimura J.: AAEM case report #2: the carpal tunnel syndrome
Muscle and Nerve 1995, 18, 567-573
- Schäcke G., Wolff H.J.: Die Schädigung des Nervus ulnaris in verschiedenen
Berufen
in: Schäcke G. et al (Hrsg): Berufliche Schädigung des Nervus ulnaris
Dr. Curt Haefner Verlag Heidelberg 1986
- Schuppert M., Altenmüller E.: Berufsspezifische Erkrankungen bei Musikern
Versicherungsmedizin (1999), 51(4), 173-179
- Seddon J.H.: Three types of nerve injury
Brain 1943, 66, 237
- Seyfert S., Schliack H.: Läsionen der langen Beinnerven
in: Hopf H.Ch., Poeck K., Schliack H. (Hrsg.): Neurologie in Klinik und Praxis
Band III
Thieme Verlag Stuttgart New York 1993
- Shea J.D., McClain F.J.: Ulnar Nerve Compression Syndromes at and below the
Wrist
J Bone It Surg 51 A (1969), 1095
- Simpson R.L., Fern S.A.: Multiple compression neuropathies and the double
crush syndrome
Orthopedic Clinics of North America, 1996, 27(2), 381-388
- Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J.: Occupational factors and carpal tunnel
syndrome
Am J Ind Med 1987, 11, 343-348

Sjögren B., Iregren A., Frech W., Hagman M., Johansson L., Tesarz M., Wennberg A.: Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese
Occup Environ Med 1996, 53, 32-40

Tackmann W., Richter H.P., Stöhr M.: Kompressionssyndrome peripherer Nerven
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1989

Upton A., McComas A.: The double crush in nerve entrapment syndromes
Lancet 1973, 2, 359

Yassi A.: Repetitive strain injuries
Lancet 1997, 349, 943-947

Yassi A.: Work-related musculoskeletal disorders
Current Opinion in Rheumatology 2000, 12, 124-130

Yeh J.H., Chang Y.C., Wang J.D.: Combined electroneurographic and electromyographic studies in lead workers
Occup Environ Med 1995, 52, 415-419

Zeiss J., Jakab E., Khimji T., Imbriglia J.: The ulnar tunnel at the wrist (Guyon's canal): normal MR anatomy and variants
Am J Roentgenol 1992, 158 (5), 1081-1085

Zeller H.J.: Neurogene Ansatzstörungen bei Blechblasinstrumentalisten
in: Kreutz R., Piekarski C. (Hrsg), Verh Dtsch Ges Arbeitsmed, 764-768,
Gentner Verlag Stuttgart 1992