

## **Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit**

**„Druckschädigung des Nervus medianus im Carpaltunnel (Carpaltunnel-Syndrom) durch repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Handgelenke, durch erhöhten Kraftaufwand der Hände oder durch Hand-Arm-Schwingungen“**

**[Bek. des BMAS vom 1.5.2009 – IVa4-45226-2  
GMBI. 30.6.2009, 573-581]**

Der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales empfiehlt, eine neue Berufskrankheit mit der vorgenannten Legaldefinition in die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung aufzunehmen.

Diese Empfehlung wird wie folgt begründet:

### **1. Aktueller Kenntnisstand**

Bei einem Carpaltunnel-Syndrom handelt es sich um eine meist chronische Kompressionsneuropathie des Nervus medianus im Bereich des Handgelenkes (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ORTHOPÄDIE UND ORTHOPÄDISCHE CHIRURGIE AWMF-Leitlinien-Register Nr. 033/026). Der Begriff Carpaltunnel-Syndrom (Synonyme: Brachialgia paraesthetica nocturna, Carpaltunnel-Syndrom, CTS) wurde von BRAIN et al. 1947 und PHALEN et al. 1950 für einen Symptomenkomplex geprägt, der 1854 erstmals von PAGET beschrieben worden war. Inzwischen ist das Carpaltunnel-Syndrom (im Folgenden: CTS) auch international als eindeutige Krankheits-Entität etabliert. Ein kausaler Zusammenhang zwischen arbeitsbedingten manuellen Belastungen in unterschiedlichsten Berufen und dem Auftreten eines CTS aus pathophysiologischer und epidemiologischer Sicht ist gesichert (BERNARD 1997, RADON et al. 1999, VIIKARI-JUNTURA u. SILVERSTEIN 1999, PALMER et al. 2007).

#### **1.1 Charakteristik der ursächlich schädigenden Einwirkungen**

Die schädigenden Einwirkungen sind gekennzeichnet durch

- repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Hände im Handgelenk oder
- erhöhten Kraftaufwand der Hände (kraftvolles Greifen) oder
- Einwirkung von Hand-Arm-Schwingungen, z. B. durch handgehaltene vibrierende Maschinen (handgeführte Motorsägen und Steinbohrer),

die zu einer Volumenzunahme mit Druckerhöhung im Carpal tunnel führen. Das Risiko erhöht sich bei einer Kombination dieser Faktoren. Insbesondere beim Umgang mit handgehaltenen vibrierenden Werkzeugen ist davon auszugehen, dass diese mit Kraftaufwand der Fingerbeuger und entsprechenden Zwangshaltungen der Finger und im Handgelenk festgehalten werden müssen, so dass sich hier mehrere Expositionsponenten überlagern (BERNARD 1997, PALMER et al. 2007).

## **1.2 Vorkommen und Gefahrenquellen**

Die international vorliegende epidemiologische Literatur zeigt konsistent die höchsten CTS-Erkrankungsrisiken bei Berufen und Tätigkeiten, die einer intensiven manuellen Belastung ausgesetzt sind - z. B. Fleischverpacker, Fließbandarbeiter in der Automobilindustrie, Forstarbeiter beim Umgang mit handgehaltenen vibrierenden Werkzeugen (z. B. Motorsägen, Steinbohrer o. ä.), Geflügelverarbeiter, Kassierer im Supermarkt mit Umsetzen von Lasten, Masseur, Polsterer etc. (BERNARD 1997, PALMER et al. 2007).

## **1.3 Kenntnisse zur Wirkung beim Menschen**

### **1.3.1 Pathomechanismen**

Der Carpal tunnel ist der Verbindungsraum zwischen dem palmaren distalen Unterarm und dem mittleren Fach der tiefen Hohlhand. Er wird dorsal durch die Ossa carpi, volar durch das Ligamentum carpi transversum, einem relativ straffen und kräftigen Bindegewebsband begrenzt und ist nicht dehnbar. Durch ihn werden insgesamt neun Sehnen der Fingerbeuger inkl. Daumen geführt. Der N. medianus verläuft auf der Volarseite ebenfalls durch diesen Canalis carpi, und befindet sich damit relativ nah am Ligamentum carpi transversum. Bei einem Missverhältnis zwischen dem Raumangebot des Carpal tunnel und seinem Inhalt kann es zu Druckerhöhungen im Carpal tunnel kommen. Vor allem eine Überbeanspruchung des Sehnengleitgewebes durch die unter Punkt 1.1 genannten arbeitsbedingten Belastungen kann zu einer Hyperplasie des Synovialgewebes und einer Verdickung der Sehnenscheiden führen. Wegen der engen und starren Begrenzung des Carpal tunnel bedingt dies eine entsprechende Druckerhöhung in dem Kanal, die eine Kompression des N. medianus mit entsprechenden Funktionsstörungen zur Folge hat (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ORTHOPÄDIE UND ORTHOPÄDISCHE CHIRURGIE AWMF-Leitlinien-Register Nr. 033/026). Solche Druckerhöhungen wurden u. a. von LUNDBORG et al. 1982, SZABO et al. 1989 und REMPEL 1995 beschrieben. Nach Untersuchungen von GELBERMAN et al. 1981 steigt bei CTS-Patienten der Druck im Carpal tunnel ausschließlich haltungsbedingt und ohne zusätzliche Belastung auf etwa

32 mm Hg bei Neutralstellung des Handgelenks, auf ca. 94 mm Hg bei Volarflexion und auf etwa 110 mm Hg bei Dorsalflexion an. In der Vergleichsgruppe ohne CTS lag der Druck bei Neutralstellung des Handgelenks bei 2,5 mm Hg und stieg auf 32 mm Hg bei gebeugtem Handgelenk und auf 30 mm Hg bei gestrecktem Handgelenk an. Bei CTS-Patienten hält der erhöhte Druckpegel nach Expositionsende länger an als bei Gesunden (SZABO et al. 1989).

Es gibt Hinweise dafür, dass eine kompressionsbedingte Ischaemie eine pathogenetische Rolle für die Funktionsstörung des N. medianus spielt (SEILER et al. 1989), obwohl intraneurale Gefäße ein Anastomosengeflecht bilden und eine große Reservekapazität aufweisen (LUNDBORG 1970). Bereits bei einer Druckerhöhung über 30 mm Hg im Carpaltunnel wird nach GELBERMAN et al. 1988 der epineurale Blutfluss reduziert.

### **1.3.2 Krankheitsbild und Diagnose**

Das Krankheitsbild eines CTS beginnt meist mit örtlichen Schmerzen im Handgelenk (MOORE 1992, SZABO u. MADISON 1992), vor allem bei Dorsalflexion der Hand, die gelegentlich auch bis in die Schulter ausstrahlen können. In der Regel kommen dann Hyp- und Parästhesien im Versorgungsgebiet des N. medianus, später auch eine Muskelatrophie des Daumenballens (Abduktor-Opponens-Atrophie) hinzu. Charakteristischerweise verstärken sich die Beschwerden bei Handbewegungen, bei denen der Druck im Carpaltunnel ansteigt (HERBERT et al. 2000). Die Beschwerden beginnen häufig während der Nachtruhe, daher auch die Bezeichnung „Brachialgia parästhetica nocturna“. Diagnostisch werden neben der Palpation und der klinischen Prüfung sensibler oder motorischer Funktionen sowie der Tiefensensibilität als Provokationstests der Phalen-Test (extreme Volarflexion über 60 sec.) und der Tinel-Test (Perkussion des N. medianus im Bereich des Lig. carpi transversum) empfohlen (ROSSIGNOL et al. 1997). Ein diagnostischer Algorithmus für CTS-Symptomkriterien ist von SLUITER et al. 2001 zusammengestellt worden. Als essentiell wird darüber hinaus die Messung der motorischen und sensiblen Nervenleitgeschwindigkeit im Versorgungsbereich des N. medianus angesehen (BARNHART et al. 1991, SZABO et al. 1992). Die AWMF Leitlinie 005/003 Diagnostik und Therapie des Karpaltunnelsyndroms empfiehlt die Bestimmung der distalmotorischen Latenz des N. medianus (im Vergleich zur motorischen Latenz des N. ulnaris der betroffenen Hand). Bei grenzwertigem oder nicht eindeutigem Befund ist zusätzlich eine sensible Neurographie erforderlich.

### **1.3.3. Differenzialdiagnosen**

Differenzialdiagnostisch zu einem CTS kommen hauptsächlich in Betracht:

- Traumata (Radiusfraktur, Handwurzelluxation, posttraumatische Handgelenksarthrose mit Osteophyten, Einblutung)
- Schwellungszustände des Sehnengleitgewebes bei degenerativen, rheumatischen, hormonellen und stoffwechselbedingten Erkrankungen (Diabetes mellitus, Myxödem, Akromegalie, Gicht, Mukopolysaccharidose u. a.), in der Gravidität oder überlastungsbedingt
- Handgelenksarthrose anderweitiger Ursache
- tumoröse und tumorähnliche Raumforderungen (Lipome, Ganglien, Osteophyten)
- multifaktorielle Neuropathie bei Dialysepatienten
- zervikale Radikulopathie der Wurzeln C6 und C7
- Polyneuropathie

Seltenerer Differenzialdiagnosen umfassen:

- Läsionen oder anderweitige Kompressionen des N. medianus (Pronator-Syndrom)
- Thoracic-outlet-Syndrom, Skalenussyndrom
- Spinale Erkrankungen (zervikale Myelopathie, Syringomyelie, spinale Muskelatrophie)
- Nicht-neurogene bzw. anderweitige Erkrankungen (Unterarm-Kompartiment-Syndrom)
- Polymyalgie, Raynaud-Syndrom, Borreliose u. a.

### **1.3.4 Therapie und Rezidivwahrscheinlichkeit**

Das CTS ist einer konservativen und chirurgischen Therapie gut zugänglich. Die Gefahr bleibender Beschwerden ist in der Regel umso größer, je später im Krankheitsverlauf die Diagnose gestellt wird und eine Behandlung einsetzt. Die Behandlung des CTS durch chirurgische Durchtrennung des Retinaculum flexorum ist in etwa 80 % der Fälle erfolgreich (AL-QUATTAN et al. 1994). Die Symptome des CTS können nach Rückkehr in die bisherige Tätigkeit rezidivieren (OWEN 1994).

## **2. Validität und Reliabilität der vorliegenden Erkenntnisse**

### **2.1 Epidemiologische Daten**

#### **2.1.1 Prävalenz und Inzidenz**

Daten zu CTS-Prävalenzen und Inzidenzen sind abhängig von den verwendeten Diagnosekriterien (SLUITER et al. 2001). Bei allen Literaturangaben ist zu beachten,

- ob die CTS-Klassifikation lediglich auf Befragungen mit Schilderungen von Beschwerden und Symptomen beruhen (z. B. MARGOLIS u. KRAUS 1987),

- ob auch klinisch erhobene Befunde berücksichtigt wurden, wie etwa Ergebnisse eines PHALEN- oder TINEL-Tests (HAGBERG et al. 1992),
- ob zusätzlich neurophysiologische Messergebnisse zugrunde gelegt wurden (z. B. DE KROM et al. 1992),
- ob die Erkrankung so schwer war, dass eine Klinikeinweisung erforderlich wurde (z. B. VESSEY et al. 1990) oder
- ob es sich um Patienten handelt, die sich bereits einer einschlägigen chirurgischen Maßnahme unterzogen haben (z. B. ROSSIGNOL et al. 1997, GIERSIEPEN et al. 1999).

Je nach Klassifikation ist mit unterschiedlichen Angaben zur Prävalenz und Inzidenz zu rechnen. Die höchste Diagnosesicherheit haben solche Studien, bei denen nicht nur Aussagen zur Symptomatik und/oder zu neurologischen Messbefunden vorliegen, sondern das CTS auch operiert wurde.

### **2.1.2 Prävalenzen in Bevölkerungsstichproben**

DE KROM et al. 1992 geben die altersadjustierte Prävalenz für 25-74-jährige Frauen in den Niederlanden mit insgesamt 9,2 % an. 5,8 % der Frauen hatten Symptome und einen positiven neurologischen Messbefund, bis zur Untersuchung war jedoch noch kein CTS bekannt. Weitere 3,4 % der untersuchten Frauen waren bereits vor dem Zeitpunkt der Erhebung diagnostiziert worden. Bei Männern betrug die Gesamtprävalenz 0,6 % unter Einbezug der vor der Erhebung diagnostizierten Erkrankungen und der anlässlich der Erhebung neu entdeckten Erkrankungen. ATROSHI et al. 1999 geben für Süd-Schweden die Prävalenz für 25-74-jährige Frauen mit 17,3 % an, wenn die Erhebung auf einer Befragung zu Symptomen beruht. Wird eine klinische Untersuchung im selben Kollektiv zugrunde gelegt, beträgt die Prävalenz 4,6 %. Basieren die Angaben nur auf elektrophysiologischen Messungen, sind 5,2 % aller Frauen erkrankt. Fordert man eine klinische Untersuchung und einen pathologischen elektrophysiologischen Messbefund, sind 3,0 % aller Frauen erkrankt. Für Männer betragen die CTS-Prävalenzen 10,4 %, 2,8 %, 4,3 % und 2,1 % in der Reihenfolge der vorgenannten Kriterien.

### **2.1.3 Prävalenzen in betrieblichen Untersuchungen**

BONFIGLIOLI et al. 2006 ermittelten in einer Querschnittsstudie die CTS-Prävalenz in einem italienischen Betrieb, der elektrische Handwerkzeuge herstellt. Fließbandbeschäftigte wiesen eine CTS-Prävalenz von 43 % auf, die übrigen untersuchten Beschäftigten von 9 % (CTS klinisch und per Nervenleitgeschwindigkeits-Messung gesichert).

WERNER et al. 2005 untersuchten 279 Fließbandarbeiter in der Automobilindustrie und fanden bei 67 ein bereits bekanntes CTS (Prävalenz: 24 %), bei weiteren 23 Beschäftigten wurde anlässlich der neurologischen Untersuchung ein bislang nicht bekanntes CTS diagnostiziert (weitere 8,2 Prozentpunkte für bislang nicht bekannte Prävalenz).

#### **2.1.4 Inzidenzen in Bevölkerungsstichproben**

Nordstrom et al. 1998 geben 35 Neuerkrankungen pro 10.000 Personenjahre an (USA; CTS-Operation als Kriterium nicht gefordert). In Kanada wurden neun CTS-Operationen pro 10.000 Personenjahre registriert, in Bremen zehn CTS-Operationen pro 10.000 Personenjahre für Männer und 24 CTS-Operationen pro 10.000 Personenjahre für Frauen in der Altersgruppe der 21-64-Jährigen (mindestens eine Hand operiert, Giersiepen et al. 1999).

Die operative Dekompression des CTS gehört zu den häufigsten Operationen in Deutschland. Jährlich werden ca. 300.000 Eingriffe durchgeführt, von denen etwa 90 % ambulant erfolgen (Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung 2007).

Über alle Altersgruppen entspricht das einer jährlichen Inzidenz von etwa 40 Operationen je 10.000 Einwohner. Da teilweise beide Hände bei einem Patienten binnen Jahresfrist operiert werden, ist die Inzidenz bezüglich der Gesamtzahl betroffener Personen niedriger anzusetzen.

#### **2.1.5 Inzidenzen in betrieblichen Untersuchungen**

In einer dänischen Follow-Up-Studie unter Gewerkschaftsmitgliedern traten binnen Jahresfrist bei 5,5 % der Befragten einschlägige Symptome neu an der Hand auf, aber nur 1,2 % schilderten auch Symptome, die dem Versorgungsgebiet des N. medianus zuzuordnen waren. Bei Beschäftigten, die eine PC-Maus für mehr als 20 Stunden die Woche nutzten, war binnen Jahresfrist ein statistisch auffälliger Zusammenhang mit einer Risikoerhöhung für ein CTS festzustellen (Range: Odds Ratios 2,6-4,3). Die Autoren sehen sich nicht in der Lage, für die Nutzung PC-typischer Arbeitsgeräte wie Maus oder Tastatur konkrete Dosis- oder Grenzwerte anzugeben, ab denen ein erhöhtes Risiko für das Auftreten eines CTS besteht (ANDERSEN et al. 2003).

WERNER et al. 2005 untersuchten 279 Fließbandarbeiter in der Automobilindustrie (s. o.). Von den letztlich in die Beobachtungskohorte aufgenommenen 189 Personen entwickelten 20 binnen 13 Monaten ein CTS, davon 9,9 % binnen eines Jahres. Bei der Hälfte konnte dies durch eine neurophysiologische Untersuchung gesichert werden, die übrigen Betroffenen entzogen sich der durch den Betrieb angebotenen weiteren neurologischen Diagnostik.

### **2.1.6 Zeitlicher Verlauf**

Zum zeitlichen Verlauf bis zum Auftreten eines CTS liegen in der Literatur unterschiedliche Angaben vor, ganz überwiegend reichen aber z. T. kurze Expositionszeiten aus (MASEAR et al. 1986, BARNHART et al. 1991). So fanden GORSCHKE et al. 1999 innerhalb eines Jahres 11 % Neuerkrankte unter ursprünglich CTS-Gesunden eines Schlachtbetriebs. In der taiwanesischen Fischindustrie war nach CHIANG et al. 1993 das CTS-Risiko dann am höchsten, wenn die Exposition weniger als zwölf Monate betragen hatte. Ein Kausalzusammenhang ist plausibel, wenn der Erkrankungsbeginn in engem zeitlichen Zusammenhang mit der Exposition steht.

### **2.1.7 Altersverteilung**

In Siena, Italien, betragen die jährlichen Inzidenzraten 13,9 pro 10.000 Personenjahre für Männer und 50,6 pro 10.000 Personenjahre für Frauen. Bei den 50-59-jährigen Frauen zeigte sich ein Häufigkeitsgipfel, während es bei Männern eine zweigipfelige Altersverteilung für die 50-59- und 70-79-Jährigen gab (MONDELLI et al. 2002). Die höchsten CTS-OP-Raten wurden 1988 in Ontario, Canada, bei Frauen im Alter von 50-<55 Jahren (37 je 10.000 Frauen) und bei Männern im Alter von 75-<80 Jahren (24 je 10.000 Männer) festgestellt (LISS et al. 1992). Aus den USA wird eine Vorverlegung des Erkrankungsbeginns angegeben, wenn eine arbeitsbedingte Verursachung anerkannt wird (FRANKLIN et al. 1991).

### **2.1.8 Geschlecht**

Die höhere Erkrankungsrate von Frauen wird durch hormonelle Faktoren (nativ oder Kontrazeptiva) mit einer resultierenden Ödemneigung interpretiert. Während der Schwangerschaft auftretende CTS bilden sich in der Regel post partum spontan zurück. Besonders nach der Menopause steigt bei Frauen das CTS-Risiko an. Andererseits arbeiten Frauen häufiger in Berufen mit einschlägigen Anforderungen und auch Haushaltstätigkeiten können zu ähnlichen Expositionen führen. Eine alleinige Zuordnung der unterschiedlichen CTS-Risiken von Männern und Frauen zu hormonellen Unterschieden ist daher unzutreffend (McDIARMID et al. 2000).

### **2.1.9 Händigkeit**

Ganz überwiegend ist die dominante Hand befallen (DUPUIS 1986). Bei bestimmten Berufen können unabhängig von der Händigkeit aufgrund der Belastungssituation auch an der nicht-dominanten Hand Beschwerden auftreten: über Schlachter liegen Aussagen aus der Literatur

zum überwiegend linksseitigen CTS vor (FALCK u. AARNIO 1983). Ein bilaterales Auftreten ist möglich; dann ist aber die Intensität der Beschwerden in der mehr beanspruchten Hand höher (SILVERSTEIN et al. 1987).

### **2.1.10 Prüfung der epidemiologischen Kausalitätskriterien für berufliche Risiken des CTS**

Berufliche Expositionen als Verursacher oder Mitauslöser eines CTS gelten unter Berücksichtigung epidemiologischer Kausalitätskriterien als ausreichend gesichert (vgl. GORDIS 2001). Die in einer Vielzahl von Studien ermittelten Risiken sind mit relativen Risiken bzw. Odds Ratios  $\geq 2$  hinreichend hoch (Kriterium: Assoziationsstärke). Die Ergebnisse mit erhöhten Risiken wurden vielfach repliziert (Kriterium: Replikation), und lassen sich regelmäßig in den verschiedenen untersuchten Subgruppen aufzeigen (Kriterium: Konsistenz). Bei höheren manuellen Belastungen zeigen sich höhere CTS-Erkrankungsrisiken als deutlicher Hinweis auf ein Dosis-Effekt-Kriterium (SILVERSTEIN et al. 1986, WIESLANDER et al. 1989, DE KROM et al. 1990, CHIANG et al. 1993, NORDSTROM et al. 1997, GIERSIEPEN et al. 1999, vgl. Übersichtsarbeiten HAGBERG et al. 1992, BERNARD et al. 1997, VIKARI-JUNTURA et al. 1999). Im biologischen Modell wurde per Laborexperiment ein Druckanstieg im Carpaltunnel unter Belastung nachgewiesen (Kriterium: biologische Plausibilität), nach Expositionsende kam es zu einer Druck-Entlastung im Carpaltunnel (Kriterium: Expositionsunterbrechung; GELBERMAN et al. 1981, SZABO et al. 1989). Die in den verschiedenen Studien ermittelten arbeitsbedingten Risiken wurden unter Beachtung wesentlicher Störgrößen (Confounder) geschätzt. Damit wurden alternative ätiologische Faktoren hinreichend abgegrenzt bzw. die identifizierten Confounder bei den Berechnungen der arbeitsbedingten Risiken adäquat berücksichtigt bzw. unschädlich gemacht (Kriterium: Confounder-Berücksichtigung).

## **2.2 Interpretation der Expositionsangaben**

Viele Untersuchungen zeigen, dass Selbstangaben zur Expositionsdauer zu einer Überschätzung führen. VIKARI-JUNTURA et al. 1996 befragten Forstarbeiter zur täglichen Expositionsdauer repetitiver Art für Hände und Finger. Während die Arbeiter im Median 2-4 Stunden täglich angaben, wurden von den beobachtenden Arbeitswissenschaftlern nur 0,2 Stunden dokumentiert. PALMER et al. 2000 berichten über 2,5-fach höhere Expositionsauern, wenn Angaben von Arbeitern zur Vibrationsbelastung der Hände den objektiven Messungen gegenüber gestellt werden. Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, dass bei der Ermittlung von Belastungsdaten per Selbsteinschätzung erhobene Expositionsauern zurückhaltend interpretiert werden sollten (GIERSIEPEN et al. 2000).



### 2.3 Klassifizierung der Expositionsangaben

SILVERSTEIN et al. 1987 haben Kriterien auf einer arbeitswissenschaftlichen Basis entwickelt für eine Vielzahl von Arbeitsplätzen in der Metall-, Elektronik- und Bekleidungsindustrie hinsichtlich der Wiederholungsfrequenz der Arbeitszyklen für manuelle Tätigkeiten und für die Kraftanforderung an die Hände. Wurde ein Arbeitszyklus mehr als zweimal pro Minute wiederholt oder machten repetitive Tätigkeiten mehr als 50 % der Arbeitszeit aus, ermittelten sie ein um den Faktor 2,7 höheres CTS-Erkrankungsrisiko. Waren die Tätigkeiten dadurch geprägt, dass mit den Händen eine Greifkraft von mehr als 60 Newton („adjusted force“) ausgeübt wurde (z.B. bei der Lastenhandhabung oder bei der Verwendung von Werkzeug), erhöhte sich das CTS-Risiko um das 1,8-fache. Bei einer Überschreitung beider Faktoren stieg das Risiko auf 15,5 an. Derartige Belastungen werden heute von den meisten Beschäftigten z. B. in der Fleisch- und Fischindustrie, von Polsterern, aber auch Kassiererinnen in Supermärkten vor allem dann übertroffen, wenn keine Job-Rotation praktiziert wird (MARGOLIS u. KRAUS 1987, CHIANG et al. 1993, GORSCHKE et al. 1999).

Die vorliegenden epidemiologischen Untersuchungen belegen einen relevanten Einfluss arbeitsbedingter Faktoren auf die Entstehung bzw. Mitverursachung eines CTS. Hoher Kraftaufwand für die Hände bzw. repetitive Bewegungen mit Beugen und Strecken des Handgelenks sind nach Adjustierung für Alter, Geschlecht und andere außerberufliche Faktoren arbeitsbedingte Einflussfaktoren für die Entstehung eines CTS (OWEN 1994).

Dieser Einfluss bleibt nach Adjustierung für verschiedene außerberufliche Faktoren deutlich bestehen und er lässt sich in innerbetrieblichen Kohorten (WERNER et al. 2005, 2006) wie auch in unselektierten Bevölkerungsstichproben aufzeigen (z. B. TANAKA et al. 1995 u. 1997, BALDASSERONI et al. 1995, ATROSHI et al. 1999).

Hinsichtlich der Bedeutung repetitiver Tätigkeiten sei der Review von SULSKY ET AL. 2005 erwähnt, der sich dazu kritisch äußert: Es wird dort beanstandet, es gäbe in den untersuchten Studien keine einheitliche Definitionen für „repetitive Arbeiten“ und „CTS“. Dies erschüttert die Gesamtargumentation jedoch nicht. Nicht die fehlende Einheitlichkeit der verwendeten Kriterien ist entscheidend für die Beurteilung der Kausalität, sondern - im Gegenteil - wenn die Vielfalt der verschiedenen verwendeten Expositions-Erhebungsmethoden in den diversen Studien auf mannigfache Weise immer wieder eine Risikoerhöhung bei einschlägigen Tätigkeiten zeigt, spricht dies eher für als gegen einen kausalen Zusammenhang (Konsistenz-Kriterium für Kausalität, nach GORDIS 2001).

## 2.4 Risikoschätzungen mittels epidemiologischer Untersuchungen

Risikoschätzungen für bestimmte Berufe haben sich beim CTS nicht bewährt; besser ist eine Risikobeurteilung anhand der tatsächlich ausgeübten manuellen Tätigkeiten und der damit verbundenen Belastungsfaktoren. Eine Klassifizierung des CTS-Erkrankungsrisikos nach Berufen ist vor allem dann von statistisch unsicherer Aussage, wenn die Daten aus populationsbezogenen Fall-Kontroll-Studien stammen, denn dann ist - methodisch bedingt - auch in der Fallgruppe nur mit einzelnen Personen in der jeweiligen Berufsgruppe entsprechend der Verteilung der Berufe in der Bevölkerung zu rechnen. Selbst bei großen Fall-Kontroll-Studien mit 1.000 Fällen wird man beispielsweise nicht mehr als einen Polsterer finden, weil dieser Beruf selten ist. Trotzdem ist dieser Beruf höchst gefährdend für ein CTS.

Stammen die Risikoschätzungen aus Querschnittstudien können die Fallzahlen je Beruf auch in kleinen Studien sehr viel größer sein, weil innerhalb von Betrieben eine Häufung bestimmter Berufsgruppen vorkommt. Zu beachten ist hier die Selektion der Personen: die als Referenzgruppe dienenden Beschäftigten haben oft auch manuell anspruchsvolle Tätigkeiten und bei den Erkrankten sind oft nur noch die Personen anzutreffen, für die bislang noch kein Tätigkeitswechsel/-ende nötig war (healthy worker effect). Beide Mechanismen führen zu einer Unterschätzung des wirklichen Erkrankungsrisikos.

Vereinzelt gibt es Kohortenstudien, die dann aber in einschlägig exponierenden Betrieben durchgeführt wurden. Es treten dann die gleichen Probleme bei der Auswahl der Expositions-Referenzgruppe auf wie in Querschnittstudien: Referenzpersonen sind meist die geringer Exponierten im Betrieb, die wiederum häufig höher exponiert sind, als die gleich alte Normalbevölkerung (THOMSEN et al. 2002, NATHAN et al. 2002, WERNER et al. 2005). Auch können sich unter den Referenzpersonen früher stärker Exponierte befinden (Schonarbeitsplatz, z. B. Pförtner), so dass die ermittelten Kontraste zwischen Exponierten und scheinbar nicht Exponierten im Betrieb geringer ausfallen, als sie gegenüber einer nicht exponierten Gruppe außerhalb des Betriebes vorgefunden würden.

Eine große Kohortenstudie liefert aktuell einen Beitrag zur Risikoeinschätzung: VIOLANTE et al. 2007 konnten für die OCTOPUS-Studie 89,9 % von 3.978 infrage kommenden Beschäftigten aus mehreren Industriezweigen in der Basiserhebung einbeziehen und über ein Jahr bezüglich Neuerkrankungen an einem CTS verfolgen. Nach einem Jahr standen 2.180 Personen für die Folgeuntersuchung zur Verfügung und bei 7,3 % hatte sich ein neues CTS entwickelt. Im multivariaten Modell zeigte sich für eine berufliche Belastung, die für einen HAL (Hand Activity Level) das Aktionslimit (Action Level) überschritt, aber noch nicht den Schwellenwert (Threshold

Limit Value - TLV) der ACGIH erreichte, eine Risikoerhöhung um 50 % (Odds Ratio 1,5; 95 % Konfidenzintervall: 0,9-2,5). Wurde der TLV überschritten, war das CTS-Risiko dreifach erhöht: (Odds Ratio 3,0; 95 % Konfidenzintervall: 2,0-4,5). VIOLANTE et al. sehen die von BERNARD im Jahr 1997 gemachte Aussage, dass manuelle Tätigkeit der bedeutsamste beeinflussbare Risikofaktor für ein CTS ist, durch ihre Arbeit bestätigt und sie weisen wie auch BERNARD auf das damit zur Verfügung stehende Präventionspotential hin.

Die von der ACGIH im Jahr 2001 veröffentlichten Daten zu einem Hand Activity Level bzw. zu TLVs stellen keine Grenzwerte im engeren Sinn dar, ab denen eine entsprechende Erkrankung auftritt, sondern beschreiben Expositionsmaße aus einer Kombination der gemittelten Handaktivität und normalisierten Spitzenkraft, die ein Auftreten von muskuloskelettalen Erkrankungen der oberen Extremität wahrscheinlich machen. Sie wurden unter präventiven Gesichtspunkten für die Vermeidung solcher Erkrankungen abgeleitet und sollen eine Hilfestellung bei der Arbeitsgestaltung und -organisation geben. Die Autoren weisen explizit darauf hin, dass es keine 1:1-Übertragbarkeit von Arbeitsplatzfaktoren und dem Auftreten einer Erkrankung der oberen Extremität gibt, sondern diese Erkrankungen oft aus einer Interaktion von physiologischen, mechanischen, individuellen und organisatorischen Faktoren resultieren. Daher ist nicht speziell für jede Erkrankung der oberen Extremität - wie das CTS - ein TLV abgeleitet, sondern für verschiedene arbeitsbedingte Erkrankungen der Hand, des Handgelenkes und des Unterarms. Allerdings zeigen die von VIOLANTE et al. ermittelten Risiken, dass auch bei Einhaltung der TLV-Werte kein vollständiger Schutz vor der Entstehung eines CTS besteht.

Die im Begründungspapier zu den HAL-TLVs gemachten Angaben zur Risikoerhöhung für Erkrankungen bestimmter Regionen der oberen Extremität (Schulter, Ellbogen, Handgelenk...) können aber bei der Expositionsbeurteilung für ein CTS hilfreich sein. Beispielsweise wurde ein erhöhtes Risiko für muskuloskelettale Beschwerden an der oberen Extremität im Handgelenksbereich beobachtet für Handgelenksexension und -flexion mit einer Dauer von mehr als drei Stunden/Tag bzw. für länger andauernde repetitive Arbeiten mit einer Frequenz von mehr als 10/min oder bei mehr als vier Stunden/Tag (ACGIH 2001).

Werden Befragungen in der Gesamtbevölkerung durchgeführt (Survey), dann stellen die Büroberufe die größte Gruppe mit einschlägig Erkrankten dar. Dieser Befund kommt durch die hohe Zahl der dort Beschäftigten zustande und nicht durch die arbeitsassoziierten Risiken. Unter den Büroberufen ist zu differenzieren, ob die Hände dauernd während der Arbeitszeit im Einsatz sind (z.B. Datatypist, Phonotypist) oder teilweise (z. B. Sachbearbeiter mit PC am Arbeitsplatz). ANDERSEN et al. 2003 und PALMER et al. 2007 weisen explizit darauf hin, dass die

vorliegenden Daten für Arbeiten am Computer und mit Tastaturen keine bedeutsame Assoziation mit einem CTS zeigen.

Aufgrund des vorhandenen Kenntnisstandes werden repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Hände im Handgelenk, Tätigkeiten mit erhöhtem Kraftaufwand der Hände, z. B. durch kraftvolles Greifen, oder Tätigkeiten mit Einwirkung von Hand-Arm-Schwingungen durch handgehaltene vibrierende Maschinen als generell geeignet befunden, ein CTS neu zu verursachen oder ein bestehendes CTS wesentlich zu verschlimmern.

### **3. Abgrenzung der bestimmten Personengruppen**

Die für ein CTS infrage kommenden schädigenden Einwirkungen kommen in vielen Berufen vor. Die hohe Prävalenz eines CTS in der Allgemeinbevölkerung - auch ohne besondere berufliche Belastungen - wirft häufig die Frage nach der arbeitsbedingten Abgrenzung der Verursachung oder Verschlimmerung auf. Die arbeitsbedingt schädigenden Einwirkungen hängen weniger von einer Berufsbezeichnung, als vielmehr von den Tätigkeiten mit Risikofaktoren für ein CTS ab. Für repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Hände im Handgelenk oder erhöhtem Kraftaufwand der Hände oder Hand-Arm-Schwingungen, die zu einer Volumenzunahme mit Druckerhöhung im Carpal tunnel führen, ist der Zusammenhang gesichert (systematische Literaturübersicht bei PALMER ET al. 2007). Eine starke Evidenz für einen Kausalzusammenhang besteht zwischen einer Kombination der eingangs genannten arbeitsbedingten Risikofaktoren und dem Auftreten eines CTS (SILVERSTEIN et al. 1987, NATHAN et al. 2002, CHIANG et al. 1990 u. 1993, MCCORMACK et al. 1990, SCHOTTLAND et al. 1991, STETSON et al. 1993, MOORE und GARG 1991).

Damit ist im Einzelfall eine sorgfältige individuelle Beurteilung der tatsächlichen Arbeitsbelastungen unumgänglich. Eine kausale Beziehung ist grundsätzlich für die unter Punkt 1.1 aufgeführten Tätigkeiten anzunehmen, wobei insbesondere zu beachten ist, dass das Erkrankungsrisiko bei einer Kombination dieser Einwirkungen ansteigt.

Als bestimmte Personengruppen, die durch ihre Arbeit einer besonderen Einwirkung zum Entstehen eines CTS in erheblich höherem Maß als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind, können beispielsweise Versicherte gelten, die als Fleischverpacker, Fließbandarbeiter in der Automobilindustrie, Forstarbeiter beim Umgang mit handgehaltenen vibrierenden Werkzeugen (Motorsägen), Geflügelverarbeiter, Kassierer im Supermarkt mit Umsetzen von Lasten, Masseur, Polsterer, Steinbohrer etc. den dargestellten Belastungen ausgesetzt sind. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand gehören Arbeiten mit einer Computertastatur nicht dazu. Diese

Berufsliste ist nur beispielhaft, ausführliche Listen der miteinander verglichenen Berufsgruppen (occupational title) oder der verschiedenen körperlichen Belastungen (physical activities) finden sich z. B. bei PALMER et al. 2007.

#### 4. Literaturhinweise

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS:

ACGIH TLV for Hand Activity. adopted and © 2001. <http://www.acgih.org>.

AL-QUATTAN, M.M., BOWEN, V., MANKTELOW, R.T.:

Factors associated with poor outcome following primary carpal tunnel release in non-diabetic patients. *J. Hand Surg.* 19B: 622-625, 1994.

ANDERSEN JH, THOMSEN JF, OVERGAARD E, LASSEN CF, BRANDT LP, VILSTRUP I, KRYGER AI, MIKKELSEN S.:

Computer use and carpal tunnel syndrome: a 1-year follow-up study. *JAMA* 289: 2963-2969, 2003.

ATROSHI, I., GUMMESSON, C., JOHNSON, R., ORNSTEIN, E., RANSTAM, J., ROSEN, I.:

Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA* 282: 153-8, 1999.

BALDASSERONI, A., TARTAGLIA, R., CARNEVALE, F.:

Rischio di sindrome del tunnel carpale in alcune attività lavorative. *Med. Lav.* 86: 341-351, 1995.

BARNHART, S., DEMERS, P.A., MILLER, M., LONGSTRETH, W.T., ROSENSTOCK, L.:

Carpal tunnel syndrome among ski manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 17: 46-52, 1991.

BERNARD, B.P. (ED.):

Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1997.

BONFIGLIOLI R, MATTIOLI S, SPAGNOLO MR, VIOLANTE FS.:

Course of symptoms and median nerve conduction values in workers performing repetitive jobs at risk for carpal tunnel syndrome. *Occup. Med. (Lond)*. 2006, 56: 115-21. Epub 2005 Dec 21.

BUNDESGESCHÄFTSSTELLE QUALITÄTSSICHERUNG - HERAUSGEBER: MOHR VD, BAUER J, DÖBLER K, ECKERT O, FISCHER B, WOLDENGA V:

Qualitätsreport 2003. Düsseldorf, 2004.

BRAIN, W.R., WRIGHT, A.D., WILKINSON, M.:

Spontaneous compression of both median nerves in the carpal tunnel. Six cases treated surgically. *Lancet*, I: 227, 1947.

CHIANG, H., CHEN, S., YU, H., KO, Y.:

The occurrence of carpal tunnel syndrome in frozen food factory employees. *Kao Hsiung J. Med. Sci.* 6: 73-80, 1990.

CHIANG, H.C., YING-CHI, K.O., CHEN, S.S., YU, H.S., WU, T., CHANG, P.:

Prevalence of shoulder and upper-limb disorders among workers in the fish-processing industry. *Scand J. Work Environ. Health* 19: 126-131, 1993.

DE KROM, M.C.T.F.M., KESTER, A.D.N., KNIPSCHILD, P.G., SPAANS F.:

Risk factors for carpal tunnel syndrome. *Am. J. Epidemiol.* 132:1102-1110, 1990.

- DE KROM, M.C.T.F.M., KESTER, A.D.N., KNIPSCHILD, P.G.:  
Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population.  
J. Clin. Epidemiol. 45: 373-376, 1992.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ORTHOPÄDIE UND ORTHOPÄDISCHE CHIRURGIE UND  
BERUFSVERBAND DER ÄRZTE FÜR ORTHOPÄDIE (BVO):  
AWMF-Leitlinien-Register Nr. 033/026 Entwicklungsstufe 1, letzte Überarbeitung:  
01. April 2002 /www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/033-026.htm.
- DUPUIS, M.: Le poignet. In: DUPUIS, M., LECLAIRE, R.:  
Pathologie médicale de l'appareil locomoteur.  
Saint-Hyacinthe, Édisem, 542, 1986.
- FALCK, B., AARNIO, P.:  
Left sided carpal tunnel syndrome in butchers.  
Scand. J. Work Environ. Health. 9, 291-297, 1983.
- FRANKLIN, G.M., HAUG, J., HEYER, N., CHECKOWAY, H., PECK, N.:  
Occupational carpal tunnel syndrome in Washington State, 1984-1988.  
Am. J. Publ. Health 81: 741-746, 1991.
- GELBERMAN, R.H., HERGENMOEDER, P.T., HARGENS, A.R., LUNDBORG, G.N., AKESON,  
W.K.: The carpal tunnel syndrome, a study of carpal tunnel pressure.  
J. Bone Joint Surg. 63A: 380-383, 1981.
- GELBERMAN, R.H., RYDEVIK, B.L., PESS, G.M., SZABO, R.M., LUNDBORG, G.:  
Carpal tunnel syndrome: a scientific basis for clinical care.  
Orthop. Clin. North America 19: 115-124, 1988.
- GIERSEIPEN, K., EBERLE, E., POHLABELN, H.:  
Populationsbezogene Fall-Kontrollstudie stützt Zusammenhang zwischen  
beruflichen Einflüssen und dem Carpaltunnel-Syndrom.  
In: A.W.RETTENMEIER, C. FELDHAUS (Hrsg.): Dokumentationsband der 39.  
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin  
e.V., 403-407, 1999.
- GIERSEIPEN, K., EBERLE, E., POHLABELN, H.:  
Wann verdoppelt sich für berufliche manuelle Tätigkeit das Erkrankungsrisiko für  
ein Carpaltunnel-Syndrom?  
In: G.Schaecke (Hrsg.): Dokumentationsband der 40. Jahrestagung der  
Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., 193-196,  
2000.
- GORDIS L.:  
Epidemiologie, 2. Auflage, deutsche Übersetzung (2001) Kilian, Marburg
- GORSCHKE, R.G., WILEY, J.P., RENGGER, R.F., BRANT, R.F., GEMER, T.Y., SASYNIUK, T.M.:  
Prevalence and incidence of carpal tunnel syndrome in a meat packing plant.  
Occup. Med. 56: 417-422, 1999.
- HAGBERG, M., MORGENSTERN, H., KELSH, M.:  
Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel  
syndrome. Scand. J. Work Environ. Health 18: 337-345, 1992.
- HERBERT, R., GERR, F., DROPKIN, J.:  
Clinical evaluation and management of work-related carpal tunnel syndrome.  
Am. J. Ind. Med. 37: 62-74, 2000.
- LEITLINIEN FÜR DIAGNOSTIK UND THERAPIE IN DER NEUROLOGIE:  
3. überarbeitete Auflage 2005, ISBN3-13-132413-9; Georg Thieme Verlag  
Stuttgart, WMF-Leitlinien-Register Nr. 030/020 Entwicklungsstufe: 1 (siehe auch  
englisches Original AAEM 1999 bzw. AANEM 2006).

- LISS, G.M., ARMSTRONG, C., KUSIAK, R.A., GAILITIS, M.M.:  
Use of provincial health insurance plan billing data to estimate carpal tunnel syndrome morbidity and surgery rates. *Am. J. Ind. Med.* 22: 395-409, 1992.
- LUNDBORG, G.:  
Ischemic nerve injury: experimental studies on intraneural microvascular pathophysiology and nerve function in a limb subjected to temporary circulatory arrest. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Suppl* 6: 3-113, 1970.
- LUNDBORG, G., GELBERMAN, R.H., MINTEER-CONVERY, M., LEE, Y.F., HARGENS, A.R.:  
Median nerve compression in the carpal tunnel – functional response to experimentally induced controlled pressure. *J. Hand Surg. [Am]*. 7: 252-259, 1982.
- MARGOLIS, W., KRAUS, J.F.:  
The prevalence of carpal tunnel symptoms in female supermarket checkers. *J. Occup. Med.* 29: 953-956, 1987.
- MASEAR, V.R., HAYES, J.M., HYDE, A.G.:  
An industrial cause of carpal tunnel syndrome. *J. Hand Surg. [Am]*. 11: 222-227, 1986.
- MCCORMACK, R.R. JR., INMAN, R.D., WELLS, A., BERNTSEN, C., IMBUS, H.R.:  
Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. *J. Rheumatol.* 17, 958-964, 1990.
- MCDIARMID, M., OLIVER, M., RUSER, J., GUCER, P.:  
Male and female rate differences in carpal tunnel syndrome injuries: personal attributes or job tasks? *Environ. Res.* 83: 23-32, 2000.
- MONDELLI, M., GIANNINI, F., GIACCHI, M.:  
Carpal tunnel syndrome incidence in a general population. *Neurology* 58: 289-94, 2002.
- MOORE, J.S.:  
Carpal tunnel syndrome. *Occup. Med.: State of the Art Review*, 7(4): 741-763, 1992.
- MOORE, J.S., GARG, A.:  
Determination of the operational characteristics of ergonomic exposure assessments for prediction of disorders of the upper extremities and back. In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Congress of the International Ergonomics Association*. London, England: Taylor & Francis, 144-146, 1991.
- NATHAN, P.A., MEADOWS, K.D., ISTVAN, J.A.:  
Predictors of carpal tunnel syndrome: an 11-year study of industrial workers. *J. Hand Surg. [Am]*. 27: 644-51, 2002.
- NORDSTROM, D.L., DESTEFANO, F., VIERKANT, R.A., LAYDE, P.M.:  
Incidence of diagnosed carpal tunnel syndrome in a general population. *Epidemiol.* 9, 342-345, 1998.
- NORDSTROM, D.L., DESTEFANO, F., VIERKANT, R.A., LAYDE, P.M.:  
Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *Occup. Environ. Med.* 54: 734-740, 1997.
- OWEN, R.D.:  
Carpal tunnel syndrome: A products liability prospective. *Ergonomics* 37, 449-476, 1994.
- PAGET J:  
Lectures on Surgical Pathology: Delivered at the Royal College of Surgeons of England. Philadelphia: Lindsay & Blakiston, 1854, p 42.

- PALMER, K.T., HAWARD, B., GRIFFIN, M.J., BENDALL, H., COGGON, D.:  
Validity of self reported occupational exposures to hand transmitted and whole body vibration. *Occup. Environ. Med.* 57: 237-241, 2000.
- PALMER, K.T., HARRIS E.C., COGGON D.:  
Carpal tunnel syndrome and its relation to occupation : a systematic literature review. *Occupational Medicine* 57: 57–66, 2007.
- PHALEN, G.S., GARDNER, W.J., LALONDE, A.A.:  
Neuropathy of the median nerve due to compression beneath the transverse carpal ligament. *J. Bone and Joint Surg.* 32-A, 109-112, 1950.
- RADON, K., NOWAK, D., SZADKOWSKI, D.:  
Berufsbezogene Beschwerden und Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten durch repetitive Belastung.  
In: RETTENMEIER, A., FELDHAUS, CH.: *Arbeitsmedizinische Gefährdungsbeurteilung: Individual- und Gruppenprävention.* Fulda: Rindt-Druck 1999.
- REMPEL, D.:  
Musculoskeletal loading and carpal tunnel pressure.  
In: GORDON, S.L., BLAIR, S.J., FINE, L.J. (Eds.): *Repetitive motion disorders of the upper extremity.* Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1995.
- ROSSIGNOL M, STOCK S, PATRY L, ARMSTRONG B.:  
Carpal tunnel syndrome: what is attributable to work? The Montreal study. *Occup. Environ. Med.* 54: 519-23, 1997.
- SCHOTTLAND, J.R., KIRSCHBERG, G.J., FILLINGIM, R., DAVIS, V.P., HOGG. F.:  
Median nerve latencies in poultry processing workers: an approach to resolving the role of industrial „cumulative trauma” in the development of carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.* 33: 627-631, 1991.
- SEILER, J.G., MILEK, M.A., CARPENTER, G.K., SWIONTKOWSKI, M.F.:  
Intraoperative assessment of median nerve blood flow during carpal tunnel release with laser Doppler flowmetry. *J. Hand Surg. [Am].* 14: 986-991, 1989.
- SILVERSTEIN, B.A., FINE, L.J., ARMSTRONG, T.J.:  
Hand wrist cumulative trauma disorders in industry.  
*Br. J. Ind. Med.* 43: 779-784, 1986.
- SILVERSTEIN, B.A., FINE, L.J., ARMSTRONG, T.J.:  
Occupational factors and the carpal tunnel syndrome.  
*Am. J. Ind. Med.* 11: 343-358, 1987.
- SLUITER, J.K., REST, K.M., FRINGS-DRESEN, M.H.W. (2001):  
Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders.  
*Scand. J. Work Environ. Health.* 27(suppl 1): 1-102, 2001.
- STETSON, D.S., SILVERSTEIN, B.A., KEYSERLING, W.M., WOLFE, R.A., ALBERS, J.W.:  
Median sensory distal amplitude and latency: comparisons between nonexposed managerial / professional employees, and industrial workers.  
*Am. J. Ind. Med.* 24: 175-189, 1993.
- SULSKY SI, MASTROBERTI MA, SCHMIDT MD:  
Quality based critical review of the epidemiological literature on carpal tunnel syndrome and occupation. ENVIRON Holdings, Inc.  
[http://www.environcorp.com/img/media/rep2005\\_02e.pdf](http://www.environcorp.com/img/media/rep2005_02e.pdf)
- SZABO, R.M., CHIDGEY L.K.:  
Stress carpal tunnel pressures in patients with carpal tunnel syndrome and normal patients. *J. Hand Surg. [Am].* 14: 624-627, 1989.



- SZABO, R.M., MADISON, M.:  
Carpal tunnel syndrome. *Orthop. Clin.* 23: 103-109, 1992.
- TANAKA, S., WILD, D.K., SELIGMAN, P.J., HALPERIN, W.E., BEHRENS, V.J.,  
PUTZ-ANDERSON, V.:  
Prevalence and work-relatedness of self-reported carpal tunnel syndrome among  
U.S. workers: Analysis of the occupational health supplement data of 1988  
National Health Interview Survey. *Am. J. Ind. Med.* 27: 451-470, 1995.
- TANAKA, S., WILD, D.K., CAMERON, L.L., FREUND, E.:  
Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence  
of self-reported carpal tunnel syndrome in a national survey of the working  
population. *Am. J. Ind. Med.* 32: 550-556, 1997.
- THOMSEN J.F., HANSSON G.A., MIKKELSEN S., LAURITZEN M.:  
Carpal tunnel syndrome in repetitive work: a follow-up study.  
*Am. J. Ind. Med.* 42: 344-53, 2002.
- VESSEY, M.P., VILLARD-MACKINTOSH, L., YEATES, D.:  
Epidemiology of carpal tunnel syndrome in women of childbearing age. Findings  
in a large cohort study. *Int. J. Epidemiol.* 19: 655-659, 1990.
- VIIKARI-JUNTURA, E., RAUAS, S., MARTIKAINEN, S., KUOSMA, E., RIIHIMAKI, H. ET AL:  
Validity of self reported physical work load in epidemiologic studies on  
musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 22: 251-259, 1996.
- VIIKARI-JUNTURA, E., SILVERSTEIN, B.A.:  
Role of physical load factors in carpal tunnel syndrome.  
*Scand. J. Work Environ. Health* 25: 163-185, 1999.
- VIOLANTE, F.S., AMSTRONG, T., FIORENTINI C., GRAZIOSI F., RISI A., VERNTURI S., CURTI S.,  
ZANARDI F., COOKE R., BONFIGLIOLI R., MATTIOLI S.:  
Carpal Tunnel Syndrome and Manual Work: a longitudinal study.  
*J. Occup. Environ. Med.* 2007 49:1189-96, 2007
- WERNER RA, FRANZBLAU A, GELL N, HARTIGAN AG, EBERSOLE M, ARMSTRONG TJ.:  
Incidence of carpal tunnel syndrome among automobile assembly workers and  
assessment of risk factors. *J. Occup. Environ. Med.* 2005 47: 1044-50, 2005.
- WERNER RA:  
Evaluation of work-related carpal tunnel syndrome.  
*J. Occup. Rehab.* 16: 207-222, 2006.
- WIESLANDER, G., NORBÄK, D., GÖTHE, C.J., JUHLIN, L.:  
Carpal tunnel syndrome (CTS) and exposure to vibration, repetitive wrist  
movements, and heavy manual work: A case-referent study.  
*Br. J. Ind. Med.* 46: 43-47, 1989.

### Internet-Quellen:

Diagnostik und Therapie des Karpaltunnelsyndroms  
Leitlinien der Deutschen Gesellschaft f. Handchirurgie, der Dt. Ges. für Neurochirurgie,  
der Dt. Ges. f. Neurologie und der Dt. Ges. für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
AWMF-Leitlinien-Register Nr. 005/003 Entwicklungsstufe: 3 + IDA,  
<http://leitlinien.net>,  
Zugriff am 16.08.2007

Patienten-Leitlinie des Berufsverbandes Deutscher Neurologen und der Deutschen  
Gesellschaft für Neurologie.  
<http://www.dgn.org/249.0.html>,  
Zugriff am 15.11.2007