

Arbeitsmedizinische Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V.

Nutzung der Herzschlagfrequenz bei arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen

► Vorbemerkung

Beachten Sie bitte auch die für das arbeitsmedizinische Leitlinienprinzip geltenden Besonderheiten sowie die sonstigen fachgebietsrelevanten Handlungsempfehlungen.

Die in dieser Leitlinie vorgeschlagenen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind medizinisch notwendig und entsprechen dem allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft.

► Allgemeines

Die Leistung des Herzens wird durch Schlagvolumen, *Herzschlagfrequenz* bzw. *Herzfrequenz* (Hf) und Herzminutenvolumen beschrieben, wobei Letzteres das Produkt aus Schlagvolumen und Hf ist. In der Arbeitswelt sind submaximale Belastungen typisch. Die Hf stellt den zentralen Parameter für die Beurteilung des Aktivitätszustands des Kreislaufs (Beanspruchung) dar*.

Als Hf bezeichnet man die Anzahl der Herzaktionen (Erfassung über das Elektrokardiogramm), als Pulsfrequenz (periphere Ableitung) die Anzahl der Pulsschläge je Minute. Beide Begriffe – Herz- und Pulsfrequenz – müssen voneinander unterschieden werden, denn sie stimmen nicht immer überein (z. B. Pulsdefizit [Differenz zwischen Herz- und Pulsfrequenz] bei absoluten Arrhythmien).

In Ruhe weisen untrainierte gesunde Erwachsene eine Hf von 60 bis 80 min⁻¹ auf, Hochleistungssportler des Ausdauerspektrums demonstrieren wegen ihres höheren Schlagvolumens in Ruhe niedrigere Werte.

* Als physische Arbeit wird im physiologischen Verständnis jeder Aktivitätszustand des Organismus bezeichnet, der durch eine Erhöhung des Energieumsatzes (Energieverbrauchs) über das Ruhenniveau gekennzeichnet ist.

Die *Arbeitsherzschlagfrequenz* (AHf) ist die bei Arbeit erreichte (gesamte) Hf. In älteren Publikationen findet man noch unter diesem Begriff die Differenz zwischen dem bei Arbeit gemessenen Hf-Wert und dem Ruhe- oder Ausgangs-Hf-Wert. Analog der HRnet im englischsprachigen Raum wird diese Differenz aber als Netto-Hf bezeichnet, um auszudrücken, dass es sich um die arbeitsbedingte Hf-Auslenkung vom Ruhe- oder Ausgangswertes her handelt (Netto-Hf = AHf minus Ruhe-Hf).

► Modifizierende Einflussfaktoren der individuellen Herzschlagfrequenz

Lebensalter

Unter Ruhebedingungen zeigt die Hf einen Altersgang. Nach hohen Werten im Säuglings- und Kindesalter nähert sie sich im beginnenden Erwachsenenalter Werten um 70 min⁻¹ an, wobei sie sich mit fortschreitendem Alter nur noch wenig ändert. Dagegen nimmt die maximal erreichbare Hf mit zunehmendem Alter deutlich weiter ab (näherungsweise 220 minus Lebensalter in Jahren) (Ulmer 1997). Der Regulationsbereich Ruhemaximalwert der Hf liegt bei etwa 1:2 (im Alter) bis 1:3 (Adoleszenz). (Bei Sportlern mit niedriger Ruhe-Hf kann der Regulationsbereich größer als 1:3 sein.)

Geschlecht

Auf submaximalen Leistungsstufen sind bei gleicher körperlicher Arbeit die durchschnittlichen Hf-Werte bei Frauen höher als bei Männern. Das geht wesentlich aus dem (anatomisch) etwas kleineren weiblichen Herzen mit der geforderten gleichen Pumpleistung hervor. Aber es spielen dabei auch Muskelmasse, Körperhöhe und Blutmenge eine Rolle. Die maximale Hf liegt bei Frauen geringfügig über den Männer-Werten. Zusätzlich bestehen bei Frauen hormonell Einflüsse auf die Hf.

Anlagebedingte interindividuelle Variabilität

Die interindividuelle Schwankungsbreite von Hf-Werten beim Gesunden unter gleichen äußeren Bedingungen liegt in der Größenordnung von ± 10 bis 20 % des Mittelwertes. Speziell für gutachterliche Zwecke ist dieser Sachverhalt zu berücksichtigen.

Zirkadianer Rhythmus

Die Hf unterliegt – wie auch andere physiologische und biochemische Parameter – einem 24-Stunden-Tagesgang (Bezeichnung: circadianer/zirkadianer, diurnaler Rhythmus oder endogener Tagesbiorhythmus). Körperliche und geistige Aktivitäten mit den daraus folgenden Hf-Anpassungen überdecken jedoch dieses (störungsfreie) Geschehen. Bestimmte arbeitswissenschaftliche Untersuchungen sollten aber den zirkadianen Rhythmus nicht unbeachtet lassen.

Trainingszustand

Trainierte haben eine niedrigere Ruhe-Hf und bei gleichgroßer submaximaler Arbeit eine geringere AHf. Bei vorgegebener körperlicher Belastung wird die AHf als Indikator des Trainingszustandes angesehen. Dies muss beim Zusammenstellen von Probandengruppen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen beachtet werden. Die Interpretation von zusammengefassten Werten von Trainierten und Untrainierten stößt auf prinzipielle Probleme.

Gesundheitszustand

Jede Abweichung vom „normalen“ Gesundheitszustand des zu untersuchenden Probanden (auch ohne medikamentöse Therapie) kann die Hf in Ruhe und die AHf beeinflussen. Dies gilt auch für Inkubations- und Rekonvaleszenzzeiten sowie Schlafmangel, Restalkohol und bestimmte laufende Diätmaßnahmen/Mangelernährung. Manifeste Erkrankungen sollten zum Ausschluss von arbeitsphysiologischen Untersuchungen führen. Prinzipiell gilt, dass an den arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen auf der Basis von Hf-Messungen nur Gesunde und Ausgeruhte teilnehmen sollten, falls nicht spezielle Fragestellungen bestehen.

Physikalische Umgebungseinflüsse

Umgebungseinflüsse wie Lärm, Kälte, Hitze können die Ruhe- und AHf ebenso beeinflussen wie Arbeit in der geografischen Höhe (ohne und mit Hypoxie) oder Tiefe (Taschen oder Caissonarbeiten, Arbeit in Überdruckkammern). Pressatmung oder De-

hydratation durch hitzebedingten Schweißverlust haben deutliche Einflüsse auf die Herzschlagfrequenz. Diese Faktoren können entweder Gegenstand der eigentlichen Untersuchungen sein (Auswirkung der jeweiligen Einfluss- oder Störgröße auf physiologische Funktionsabläufe), oder aber sie treten am Arbeitsplatz als zusätzliche Einflussgrößen auf. Die maßgeblichen Umgebungsvariablen sind messtechnisch mitzufassen und sinnvoll zu interpretieren.

► Tätigkeitsspezifische Belastungsfaktoren

Eingesetzte Muskelmasse

Bei der Beurteilung der Beanspruchung anhand der Hf-Änderung erfolgt oft die Bezugnahme auf dynamische Ganzkörperarbeit. Es interessiert jedoch ebenso die Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems bei der Arbeit mittlerer und kleinerer Muskelmassen (z. B. bei Fließbandarbeit). Die Auslenkung von Hf (und auch anderer Parameter wie arterieller Blutdruck und Sauerstoffaufnahme) weicht dabei aber von der bei Ganzkörperarbeit beobachteten Änderung von Messgrößen ab. Im Allgemeinen gilt, dass unter der Bedingung gleicher vom Probanden erbrachter mechanischer Leistung die Hf-Auslenkung umso größer wird, je kleiner die dafür eingesetzte Muskelmasse ist (Frauendorf et al. 1990).

Als Richtgrößen für die eingesetzte Muskelmasse gelten folgende Relationen (Prozent der Gesamt-Skelett-Muskelmasse für die Arbeit): Ganzkörperarbeit 60 %, Zweiarbeit ca. 25 %, Einarbeit ca. 12 %, Zweihandarbeit ca. 4 % und Einhandarbeit ca. 2 %.

Formen der Muskelarbeit

Dynamisch-muskuläre Arbeit (Bewegungsarbeit, auxotonische/isotonische Muskelaktivität) ist durch wiederholte Kontraktion und Erschlaffung der Skelettmuskulatur gekennzeichnet. Hier liegt Arbeit im physikalischen Sinne vor.

Statisch-muskuläre Arbeit (isometrische Arbeit, Haltearbeit im weitesten Sinne, Zwangshaltungen) ist dadurch charakterisiert, dass mit zunehmender Muskelaktivität (Erhöhung des intramuskulären Druckes) die Durchblutung in diesem Muskel gedrosselt wird. Haltearbeit ist keine Arbeit im physikalischen Sinne, da es zu keiner Wegänderung kommt. Die makromolekularen und biochemischen Prozesse in der kontraktile Einheit des Muskels unterscheiden sich bei dynamischer und statischer

Arbeit nicht. Wegen der Nichtanwendbarkeit der physikalischen Arbeitsformel bei statischer Arbeit wird das Produkt aus Kraft mal Zeit als Maß der erbrachten Leistung verwendet.

Statische Arbeit besitzt eine viel größere gesundheitsgefährdende Potenz als dynamische Arbeit (z. B. für Gelenke und Bandscheiben). Die Hf wird hier, insbesondere bei großen Haltelasten, erheblich erhöht (Grandjean 1991; Rohmert u. Rutenfranz 1983). Diese Tätigkeiten führen rasch zur Muskelermüdung (anaerobe Energiefreisetzung mit Laktatbildung). Es ist Ziel, Arbeitsformen und -phasen so zu gestalten, dass die statische Belastung entweder vollständig vermieden oder zumindest vermindert wird.

Belastungshöhe und -dauer

Die Hf zeigt unterhalb der physischen Dauerleistungsgrenze (s. unten, Interpretation) eine lineare Zunahme mit wachsender Arbeitsschwere. Bei einer leichten Arbeit mit zeitlich konstanter Leistung erreicht die Hf innerhalb weniger Minuten eine annähernd gleichbleibende Auslenkung („steady state“), die prinzipiell bis zum Arbeitsende, also über mehrere Stunden, beibehalten wird (Frauendorf et al. 1990, 1996; Rohmert u. Rutenfranz 1983). Bei sehr schwerer körperlicher Arbeit wird ein solcher Gleichgewichtszustand aber nicht erreicht; die Hf steigt fortlaufend weiter an, es kommt zum sog. Ermüdungsanstieg (kardiovaskuläre Drift, „Ermüdungspuls“). Solche Arbeiten führen umso eher zum Abbruch, je intensiver die Tätigkeit ist. Demzufolge bestimmt nur eine Belastungshöhe über der Dauerleistungsgrenze als Folge einer sich entwickelnden Muskelermüdung die maximal mögliche Belastungsdauer, wenn von anaeroben Prozessen in der Arbeitsmuskulatur abgesehen wird.

► Erfassung der Herzfrequenz

Ableitung der Herzströme

Die Hf wird über das Elektrokardiogramm (EKG) erfasst. Dazu werden herkömmliche Klebeelektroden an der vorderen Brustwand appliziert (z. B. als Ableitung nach NEHB-A). Da es aber bei dieser Art der Untersuchung primär nicht darauf ankommt, pathologische Erscheinungen im EKG zu erfassen, ist die Applikationsart nicht entscheidend. Besondere Sorgfalt erfordert jedoch die Vorbereitung der Haut, da die Elektroden im Allgemeinen über die Dauer einer Arbeitsschicht halten sollen. Eine zu-

sätzliche Fixierung der Elektroden (Klebestreifen, Pflaster) erhöht die Haftdauer. Auf zwischenzeitliche Kontrollen des Elektrodensitzes sollte nicht verzichtet werden, wenn die Arbeit des Probanden dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Die Hautvorbereitung hat zum Ziel, den Fettfilm der Haut zu entfernen, um den Elektroden-Haut-Übergangswiderstand zu vermindern sowie eine bessere Haftung der Elektroden zu ermöglichen. Die Haut am vorgesehenen Elektrodensitz wird mit hautverträglicher, fettlösender Flüssigkeit (z. B. Alkohol) abgerieben. Eine Reihe von Untersuchern klebt durchsichtiges Klebeband auf die für die Elektrodenapplikation vorgesehenen Areale und zieht dann mit dem Klebeband die obersten Epithelschichten ab, andere wiederum entfernen die obersten Hautschichten durch Schmirgeln, um die obersten Hautschichten zu entfernen. Nachreinigung ist vor der Elektrodenapplikation erforderlich. Oberstes Prinzip ist jedoch, die Haut nicht zu beschädigen oder zu verletzen.

(Alternativ kann die Zahl der Herzschläge auch über die Erfassung der Pulsweite am Finger oder am Ohrläppchen erfolgen, dann spricht man von der Messung der Pulsfrequenz, s. oben, „Allgemeines“).

Methoden

Erfassungsmöglichkeiten. Jedes Verfahren hat mindestens drei Gütekriterien zu erfüllen:

1. Nichtinvasivität (durch Oberflächenelektroden realisiert),
2. Robustheit (insbesondere bei Felduntersuchungen an Arbeitsplätzen mit körperlicher Schwerarbeit wichtig) und
3. Rückwirkungsfreiheit (das Verfahren darf das Messergebnis nicht selbst beeinflussen).

Prinzipiell unterscheidet man On- und Offline-Verfahren.

- **Online:** Bei Untersuchungen im Labor (z. B. an Modellarbeitsplätzen) können die Elektroden (unter Beachtung der Bestimmungen der Probanden-Elektrosicherheit) direkt mit dem entsprechenden Registriergerät verbunden werden. Unter den Bedingungen der Untersuchung am Arbeitsplatz (Felduntersuchungen) können über drahtgebundene oder drahtlose Telemetrie die Hf oder das EKG auf einem Monitor kontinuierlich betrachtet und für die nachfolgende Auswertung gespeichert werden.
- **Offline:** Hierbei wird die Speichertechnik eingesetzt, bei der die Elektroden mit einem kleinen, am Körper des Pro-

banden tragbaren (meist Mehrkanal-) Speicher (Festwertspeicher) verbunden werden. Durch miniaturisierte moderne Biosignalspeichersysteme ist eine rückwirkungsarme Hf-Erfassung möglich.

Auswertungsmöglichkeiten

- **Online:** Der Telemetriesender übermittelt das EKG zu einer in der Nähe des Arbeitsortes befindlichen Empfangsanlage, wo die Daten für die anschließende Auswertung erfasst und beobachtet (z. T. auch vorverdichtet) werden. Erforderlich ist dazu immer die parallele Erfassung des Arbeitsablaufs, um die Hf der jeweiligen Tätigkeit zuzuordnen zu können. Dabei dürfen nicht zu kurze Teiltätigkeiten (nicht unter 2 min) festgelegt werden, da sich die Hf über der laufenden Zeit bei einem Belastungswechsel mit einer Zeitkonstante der zugrunde liegenden Exponentialfunktion von mehr als 20 s jeweils erst asymptotisch auf die neue Kreislaufanforderung einstellen muss (Verschleifen der Hf bei zu schnellen Belastungsänderungen). Der Versuchsleiter kann die Informationen zu den aktuellen Teiltätigkeiten entweder radiotelemetrisch übermitteln oder über einen synchron mit der EKG-Telemetrie gestarteten Speicher erfassen, um nach Versuchsende alle Daten gemeinsam auszuwerten.
- **Offline:** Über miniaturisierte – am Körper des Arbeitnehmers tragbare – Speicher (Festwertspeicher) lassen sich über eine Schicht (oder je nach Fragestellung kürzer oder länger) das EKG oder die Hf speichern. Nach Arbeitsende werden diese Daten auf ein anderes Speichermedium übertragen, meist mittels eines Interface-Kabels in einen PC oder eine andere Rechenanlage. Für die nachträgliche Bearbeitung ist auch hier (wie oben angeführt) immer die synchrone Erfassung des Arbeitsablaufs notwendig.

Artefaktgefahren. Trotz „ausgefeilter“ Technik und sorgfältiger Vorbereitung des Probanden können Artefakte immer wieder auftreten, bedingt durch Kabelbrüche oder das Abfallen von Elektroden. Daneben kommen Nulllinienschwankungen (z. B. durch Schwitzen), Bewegungsartefakte oder Einstreuungen von elektrischen Feldern in Frage. Kabelbrüche, Elektrodenabriss sowie Nulllinienschwankungen sind beim Einsatz von Telemetrieanlagen sofort erkennbar und damit im Prinzip abstellbar (Ausnahmen z. B. Arbeiten mit Schutzbekleidung oder im Taucheranzug).

Beim Einsatz von Biosignalspeichern werden Störungen unterschiedlichster Art häufig erst nach Ende der Untersuchung bemerkt. Um derartige Ausfälle rechtzeitig zu erkennen, verwenden manche Geräte bei Störungen akustische Signale oder bieten die Möglichkeit einer radiotelemetrischen Sichtkontrolle. Sehr bewährt haben sich Hard- und Software-QRS-Detektoren bei der Artefakterkennung, d. h. technische Möglichkeiten zur Unterscheidung eines normalen QRS-Komplexes im EKG von einem gestörten. Der Abstand zweier aufeinanderfolgender R-Zacken stellt die Herzperiodendauerlänge dar, die mit einer Genauigkeit von ± 1 ms erfasst werden sollte und aus deren zeitlicher Folge nach Mittelwerts- und Kehrwertbildung die Hf errechnet wird.

Bei der Fehlerbehebung nach erkannten Artefakten ist es zweckmäßig, alle Elektroden neu zu applizieren. Vor der endgültigen Auswertung sollten die Hf-Daten einer visuellen Kontrolle (i. A. auf dem Monitor) auf Plausibilität unterzogen werden.

► Grundsätze der Auswertung und Interpretation

Auswertbare Parameter

Die Hf lässt sich nach verschiedenen Richtungen hin auswerten: u. a. Momentan-Hf, Tätigkeits- oder Schichtmittelwerte, Zeitreihen-Integrale (z. B. Ermüdungsanstieg der Hf) oder die Betrachtung von Variabilitätsmaßen. Aus der Hf-Variabilität kann u. a. auf die vegetative Tonuslage geschlossen werden (s. dazu auch die Leitlinie „Herzrhythmusanalyse in der Arbeitsmedizin“, www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/HerzRhythm.htm). Auf die Einbeziehung der Hf in der Funktionsdiagnostik sei hingewiesen (Löllgen 1990).

Interpretation

Für die Abgrenzung von den Muskel nicht ermüdender zu ermüdender Tätigkeit wird die physische Dauerleistungsgrenze (DLG) zugrundegelegt (Grandjean 1991; Rohmert u. Rutenfranz 1983; Seidel u. Bittighofer 2002; Ulmer 1997).

Bei dynamischer Ganzkörperarbeit ist dieser Grenzbereich erreicht, wenn die körperlichen Aktivitäten etwa ein Drittel der maximalen Ergometrieleistung (W) oder der maximalen Sauerstoffaufnahme erreichen, gleichermaßen bei gesunden untrainierten Männern und Frauen mittlerer Leistungsfähigkeit im Altersbereich zwischen 20 und 50 Jahren. Die Hf, die sich in diesem (Grenz-)Bereich einstellt, liegt

in der Größenordnung 105 bis 110 min^{-1} . Die arbeitsbedingte Auslenkung der Hf (Netto-Hf, s. Abschnitt 1) beträgt hier etwa 35 Schläge (Frauendorf et al. 1990; Grandjean 1991; Rohmert u. Rutenfranz 1983), jeweils auf eine Arbeitsschichtdauer (8 h) bezogen. Die Erholungspulssumme (Summe der Herzschläge je Minute jeweils unter Abzug des Ruhewertes, bis im Verlaufe der Erholung dieser Ruhewert der Hf wieder erreicht ist) beträgt hierbei etwa 100 Schläge (Löllgen 1990). Bis zu diesem DLG-Bereich weisen ausgewählte Kreislauf- und Atmungsgrößen auf ein Gleichgewicht des aeroben Stoffwechsels hin.

Werden diese (Grenz-)Werte überschritten, spricht man von einer physisch ermüdenden Tätigkeit. Bei einer Hf $> 130 \text{ min}^{-1}$ wird die Ermüdung nach Tätigkeitsende durch vorgesehene oder „verdeckte“ Pausen wieder abgebaut. Ermüdende Tätigkeit ist zeitlich umso mehr zu begrenzen, je intensiver die körperliche Arbeit ist und je mehr sie der Erschöpfung nahe kommt, d. h. je weiter die DLG überschritten ist. Herzfrequenzen um 130/140 min^{-1} sind im Arbeitsleben nicht außergewöhnlich und üblicherweise ohne Gesundheitsrisiko.

Bei Tätigkeiten mit eingesetzter kleinerer Muskelmasse als bei Ganzkörperarbeit ist die DLG umso niedriger, je geringer die arbeitende Muskelmasse ist, d. h. Hf, Netto-Hf und Sauerstoffaufnahme weisen in diesem DLG-Bereich niedrigere Werte als bei Ganzkörperarbeit auf (Frauendorf et al. 1990). Man sollte unter dem Gesichtspunkt der Arbeitsgestaltung die Teiltätigkeiten einer speziellen Betrachtung unterziehen, die für ein Überschreiten des DLG-Bereichs als verantwortlich erkannt werden.

Wird die physische DLG überschritten, spricht man von sehr schwerer körperlicher Arbeit oder Schwerstarbeit, und zwar im energetischen Sinne (Frauendorf et al. 1996; Ulmer 1997). Dies führt zur Muskelermüdung (Hinzuziehung des anaeroben Stoffwechsels), was im Allgemeinen ohne gesundheitliche Konsequenzen reversibel ist. Gesundheitlich bedeutsamer ist jedoch Schwer- und Schwerstarbeit aus motorisch-biomechanischer Sicht, da am knöchernen System (Gelenke, Bandscheiben) unter bestimmten Voraussetzungen relevante Schäden gesetzt werden (Frauendorf et al. 1996; Seidel u. Bittighofer 2002; Ulmer 1997).

Es sei darauf hingewiesen, dass im Arbeitsprozess neben statischer und dynamischer Arbeit mentale und emotionale Aktivitäten sowie Klima, Lärm und andere Faktoren die Hf beeinflussen. Die Kombi-

nationen mehrerer simultaner Faktoren aus der Arbeitswelt können die Hf additiv oder auch überadditiv beeinflussen. Hierbei sind diese unterschiedlichen Einflüsse in ihrer Auswirkung auf die Hf oft nur schwierig zu differenzieren. Für die Interpretation des biologischen Aufwandes bei Arbeit ist das Einbeziehen dieser am Arbeitsplatz einwirkenden Faktoren (Messung !) erforderlich. Eine solche Interpretation erhält mehr Gewicht, wenn biologische Messgrößen aus anderen Funktionsbereichen (z. B. Atmung, Muskulatur) mit herangezogen werden können.

► Literatur

- 1 Frauendorf H, Kobryn U, Gelbrich W. Blutdruck- und Herzschlagfrequenzverhalten bei fünf verschiedenen Formen dynamischer Muskelarbeit. *Z Arbwiss* 1990; 44: 214–216
- 2 Frauendorf H, Krueger H, Naumann H-J, Pfister E, Scheuch K, Ulmer H-V, Wirth D. Körperliche Schwerarbeit – aktuelle Gegenstandsbestimmung. In: „Stellung der Arbeitsphysiologie in der heutigen Arbeitsmedizin“. Dokumentationsband über die 36. Jahrestagung der DGAUM. Rindt-Druck, Fulda, 1996, 81–84
- 3 Grandjean E. Physiologische Arbeitsgestaltung. *ecomed*, Landsberg, 1991
- 4 Löllgen H. Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik. Ciba-Geigy, Wehr/Baden, 1990
- 5 Rohmert W, Rutenfranz J. Praktische Arbeitsphysiologie. Thieme, Stuttgart, New York, 1983
- 6 Seidel H-J, Bittighofer OM.: Checkliste Arbeits- und Betriebsmedizin. Thieme, Stuttgart, New York, 2002
- 7 Ulmer H-V. Arbeits- und Sportphysiologie. In: Schmidt RF, Thews G (Hrsg): Physiologie des Menschen. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1997

Erarbeitet von:

H. Frauendorf, Berlin, E. Pfister, Magdeburg,
H-V. Ulmer, Mainz, D. Wirth, Dresden (2000)
Diskutiert im Forum Arbeitsphysiologie
Letztmalig aktualisiert: Mai 2005
Verabschiedet vom Vorstand der DGAUM:
Juni 2005

Hinweise bitte an:

Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft
für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin
Institut für Arbeitsmedizin Universitäts-
klinikum Schleswig-Holstein,
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck
Fax: +49 (451) 500-3632