

Gesundheitsgefährdung solcherart eingesetzter Arbeitnehmer im Hinblick auf die Erteilung von Sonderarbeitsbewilligungen abzuklären.

Es versteht sich, dass der arbeitsärztliche Dienst durch diese praxisbezogene Tätigkeit sehr wohl in der Lage ist, sich durch aktive Mitarbeit in verschiedensten Gremien zur Entwicklung der Arbeitsmedizin in der Schweiz beizutragen.

Zusammenfassung

Die heutige nach wie vor entwicklungsbedürftige Situation der Arbeitsmedizin in der Schweiz wird in Zusammenhang mit der Entwicklung der Gesetzgebung und der hiezu traditionell eher negativen Einstellung der Sozialpartner gebracht. Das neue Unfallverhütungsgesetz könnte einem Ausbau der entsprechenden Infrastruktur Impulse geben. Insbesondere sollte dabei von den in unseren Nachbarländern gemachten Erfahrungen profitiert werden. In der kompetenten, eigenverantwortlichen Tätigkeit vor allem des Betriebsarztes wird das Kernstück eines medizinischen Arbeitnehmerschutzes zum Vorteil aller Beteiligten gesehen. Mangelhafte Ausbildungsmöglichkeiten in der Schweiz und fehlendes Image dieser ärztlichen Spezialität erklären die leider noch bestehenden Rekrutierungsschwierigkeiten bei den Arbeitsärzten. Der Bericht schliesst mit Informationen über Pflichtenheft und Beispielen von Untersuchungen, die in den letzten Jahren vom Arbeitsärztlichen Dienst des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit durchgeführt wurden.

Résumé

La pratique de la médecine du travail en Suisse

La situation en Suisse de la médecine du travail, qui nécessite une amélioration, est à lier au développement de la législation, ainsi qu'à

l'attitude plutôt négative presque traditionnelle, des partenaires sociaux. La nouvelle loi concernant la prévention des accidents pourrait donner un nouvel élan pour améliorer l'infrastructure actuelle. On devrait surtout profiter des expériences faites par les pays voisins.

Il faut voir dans l'activité compétente et responsable du médecin d'entreprise le point central de la protection du travailleur, et ceci dans l'intérêt de tous. Les possibilités insuffisantes de formation en Suisse et l'image méconnue de cette spécialité médicale expliquent les problèmes existant dans le recrutement de médecins du travail.

Le rapport conclut par des informations sur le cahier des charges et des exemples de travaux effectués pendant les dernières années par le Service médical du travail de l'Ofiamt.

Summary

Practicing Industrial Medicine in Switzerland

The actual state of the industrial medicine in Switzerland, which has not reached yet a satisfying level, is brought in connection with the development of the corresponding legislation as well as the traditionally rather negative attitude of the social partners towards the introduction of an efficient industrial medicine. The revised law of accident prevention might promote the completion of the necessary infrastructure. To our own behoof, we should take advantage of the experiences made in our neighbour states.

The independent and competent activity of an industrial physician is considered as the essential condition of an efficient protection of the worker to the advantage of themselves as well as the employers. The lack of postgraduate instruction and the deficient image of this speciality of medicine in our country are responsible for the difficulties in providing our industry with a considerable number of doctors of industrial medicine.

The paper concludes with an information on the tasks of the Service of Occupational Medicine of the Federal Office for Industry and Labour and on examples of its work during the past years.

Medizinische Aspekte der Beanspruchungsmessungen am Arbeitsplatz

J. Buchberger, Arbeitsärztlicher Dienst des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Bern¹

1. Einleitung

Der Arbeitnehmerschutz hat neben verschiedensten schädlichen Einwirkungen am Arbeitsplatz auch Überbeanspruchungen des Menschen durch die Arbeit zu verhindern (vgl. Art. 6 des Arbeitsgesetzes). Gleiche Belastungen können bekanntlich je nach Alter, Geschlecht, Konstitution, Grösse, Gewicht, Trainingszustand und weiteren Eigenschaften des Arbeiters zu unterschiedlichen Beanspruchungen führen. Zur Erfassung individueller Beanspruchungen benötigt man möglichst einfache und zuverlässige Kriterien, Methoden und Instrumente.

In Analogie zum «Man Monitoring», das mittels Dosimetern laufend die individuelle Belastung durch Strahlen, Lärm, Staub, Lösungsmittel, Abgase usw. erfasst, gilt es auch die körperlichen und psychischen

Beanspruchungen des Einzelnen am Arbeitsplatz zu ermitteln. Dazu eignet sich besonders die kontinuierliche Langzeitregistrierung körpereigener Biopotentiale und anderer Biosignale sowie die Verfolgung einiger biochemischer Kenngrössen.

2. Moderne Systeme zur Erfassung der Beanspruchung

Die Registrierung bioelektrischer Potentiale (EKG, EMG, EEG) war früher weitgehend an Laborbedingungen gebunden. Die Signale wurden von den Aufnahmeelektroden über abgeschirmte Drahtleitungen dem stationären Registriergerät zugeführt. Oft war eine Abschirmung des ganzen Untersuchungsraumes (Faradaykäfig) erforderlich. Beanspruchungsstudien bei beruflichen Tätigkeiten liessen sich nur unter künstlichen Bedingungen während kurzer Perioden durchführen.

Heute stehen für Beanspruchungsstudien unter

¹ Bundesgasse 8, 3003 Bern, Telefon 031 61 29 32.

gebräuchlichen Arbeitsbedingungen drei moderne Varianten der Erfassung bioelektrischer Signale im Vordergrund: a) Telemetrie, b) Magnetbandspeicher

und c) programmierte Festspeicher. In der folgenden Zusammenstellung sind die wichtigsten Vor- und Nachteile dieser Systeme einander gegenübergestellt:

Art der Signalerfassung	Besondere Vorteile	Besondere Nachteile
Telemetrie	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe mechanische Anfälligkeit • Unmittelbare Wiedergabe der aufgenommenen Signale • Hohes Auflösungsvermögen für bioelektrische Signale, deshalb auch für EEG u.ä. geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkte Reichweite ("tote Zonen" auch bei geringer Entfernung zwischen Sender und Empfänger) • Störungsanfälliger Signalempfang bei äusseren Störquellen • Anwesenheit des Untersuchungspersonals bei der Empfangstation während der Registrierung erforderlich
Magnetbandspeicher	<ul style="list-style-type: none"> • Örtliche Unabhängigkeit, Registrierung ohne Anwesenheit des Untersuchungspersonals • Hohes Auflösungsvermögen für bioelektrische Signale, deshalb auch für EEG u.ä. geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwendige, störanfällige Mechanik, kürzere Lebensdauer • Schlechte Verträglichkeit von Staub, Stoss, Hitze etc. • Relativ langsame Datenübertragung • Relativ hohe Investitionskosten
Programmierte Festspeicher (Solid State Memory)	<ul style="list-style-type: none"> • Örtliche Unabhängigkeit, Registrierung ohne Anwesenheit des Untersuchungspersonals • Geringste Störanfälligkeit durch Wegfall der Mechanik • Programmierte Vorverarbeitung der Daten bereits bei Aufnahme, Eliminierung uninteressanter Signale • Sehr kleines Gewicht, hoher Miniaturisierungsgrad, minimaler Stromverbrauch • Adaptierbar an Rechner, kein spezielles Wiedergabegerät erforderlich, sehr rasche Datenübertragung • Relativ günstige Investitionskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Wegen beschränkter Speicherkapazität Registrierung der Originaldaten nicht möglich • Beschränktes Auflösungsvermögen für hochfrequente Signale, deshalb für EEG u.ä. nicht geeignet

3. Die Herzschlagfrequenz

Von allen Kenngrössen der Beanspruchung erlangte die Herzschlagfrequenz bis jetzt die weitaus grösste praktische Bedeutung [10]. Sie widerspiegelt direkt die Beanspruchung des für Dauerleistungen ausschlaggebenden Herzkreislaufsystems, ist leicht und genau messbar und reagiert empfindlich sowohl auf körperliche als auch psychische Belastungen. Ein gewisser

Nachteil liegt darin, dass sich die Pulsfrequenz je nach Lebensalter, Geschlecht, Trainingszustand, Schilddrüsenaktivität, Verdauungstätigkeit, vegetativer Tonuslage, Einwirkung von Genussmitteln und anderem mehr sehr unterschiedlich verhält. Zudem ist die Reaktion der Pulsfrequenz auf verschiedenartige Belastungen unspezifisch.

Die Beurteilung der Beanspruchung wird durch die

Langzeitregistrierung der Pulsfrequenz unter Einbezug des Schlafes wesentlich verbessert, weil man dadurch die tatsächlichen Ruhewerte jedes Einzelnen berücksichtigen kann. Zusätzlich kann im fahrradergometrischen Versuch die individuelle Korrelation zwischen Pulsfrequenz und Belastung sowie die maximale Herzschlagfrequenz ermittelt werden. Etwa ein Drittel der altersentsprechenden Pulsfrequenzreserve (Differenz zwischen Ruhe- und Maximalwert) dürfte als zulässige Dauerleistungsgrenze erachtet werden.

Bei beruflichen Tätigkeiten, bei welchen gleichzeitig physische, mentale, emotionale und eventuell auch thermische Belastungen auftreten, erlaubt die Pulsfrequenz nur die Beurteilung der Gesamtbeanspruchung. Zur Abgrenzung einzelner Beanspruchungskomponenten sind in der Literatur nur wenige Ansätze [14, 17] zu finden. Es empfiehlt sich, gleichzeitig zusätzliche Messwerte, wie innere Körpertemperatur, Bewegungsaktivität und Catecholaminausscheidung, zu erfassen. Für solche Kennwerte, die als elektrische Signale aufgenommen und gespeichert werden können, dürfte der Einsatz von mehrkanaligen Festspeichern zweckmässig sein.

Drahtgebundene Übertragung elektro- oder phonokardiographisch aufgenommener Signale, photoelektrische Pulsaufnahme am Ohrläppchen, aber auch die Speicherung der elektrokardiographisch aufgenommenen Herzschlagfrequenz auf Magnetband (sofern nicht die ganze EKG-Kurve von Interesse ist) werden zunehmend von den durch Mikroprozessoren gesteuerten Festspeichern verdrängt. Die Telemetrie eignet sich weiterhin besonders dann, wenn der Untersucher die Messdaten direkt während der untersuchten Tätigkeit beurteilen will. Der programmierte Festspeicher wird künftig überall dort bevorzugt werden, wo Messwerte über längere Zeit (Tag und Nacht) ohne Anwesenheit des Untersuchers gespeichert werden sollen, um später mit Hilfe eines Computers in gewünschter Form ausgewertet und wiedergegeben zu werden [12].

4. Ein neues Memocardiometer

In unserem arbeitsmedizinischen Laboratorium wird gegenwärtig ein System von Beanspruchungsdosimetern aufgebaut, die im Sinne des «Man Monitoring» physiologische Reaktionen auf Arbeitsbelastungen kontinuierlich über lange Zeitperioden registrieren und speichern können. Der erste Teil dieser Entwicklung wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Cardionics AB, Stockholm, und dem Ingenieurbüro E. Pilger, St. Gallen, erarbeitet.

Das vom Arbeitnehmer zu tragende kleine Memocardiometer (12×6×3 cm, 200 g) besteht aus einem Analogeingang mit Signalverstärkung und hervorragender Filterung, einem Quarzzeitgeber, einem mikroprozessorgesteuerten Zähler und einem Datenspeicher. Auf einem Kanal werden die mittels zweier Elektroden aufgenommenen EKG-Potentiale zugeleitet, ein zweiter Kanal ist für die manuelle Markierung (Arbeit, Ruhe) bestimmt. Die bis über 35 Stunden gespeicherten Daten werden in wenigen Minuten

über eine V-24-Schnittstelle und spezielles Interface vom Tischcomputer HP-85 übernommen und in der gewünschten statistischen Bearbeitung ausgedruckt bzw. als Kurve aufgezeichnet.

5. Das Langzeit-Elektrokardiogramm

Kontinuierliche einkanalige Registrierung der EKG-Kurve während der Arbeitsdauer oder noch besser während 24 Stunden ermöglicht die Aufdeckung von latenten Myokardischämien, Reizleitungs- und Rhythmusstörungen [10]. Der Ursprung solcher Störungen lässt sich durch ein mehrkanaliges EKG lokalisieren.

Die gleichzeitige Analyse der Arbeitsplatzsituation trägt zur Klärung der Beanspruchungskapazität des Einzelnen bei und legt nahe, welche Belastungen er vermeiden muss. Es bleibt abzuklären, inwieweit die Überschreitung einer physiologischen Variationsbreite harmloser Unregelmässigkeiten des Herzrhythmus bzw. bestimmter EKG-Intervalle beim Gesunden als Anzeichen einer Überbeanspruchung gewertet werden muss.

6. Das Langzeit-Elektromyogramm

Ein über Hautelektroden während der Arbeit (evtl. auch der Freizeit) kontinuierlich aufgenommenes EMG liefert Informationen über den Umfang und den zeitlichen Ablauf der Aktivität der entsprechenden Muskeln, bzw. Muskelgruppen. Eine Analyse von Frequenz, Amplitude, Dauer und Form der Muskelpotentiale ist natürlich nicht möglich, da ausserhalb der Laborbedingungen die elektrische Muskelaktivität immer als eine Vielzahl sich überlagernder Aktionspotentiale vieler motorischer Einheiten erfasst wird.

Das mit Hilfe eines kleinen Speichergerätes [6] oder telemetrisch aufgenommene EMG kann am besten als integrierter Summenwert der Muskelpotentiale in Zeitabschnitten von zum Beispiel 1 Minute ausgewertet werden. Dabei sind mehr die Veränderungen und Relationen solcher Summenwerte als ihre absolute Grösse von Bedeutung. Das Verhältnis zwischen integrierter elektrischer Aktivität und mechanischer bzw. metabolischer Aktivität der Muskeln lässt sich nicht definieren.

Muskuläre Aktivität ist nicht immer mit sichtbarer dynamischer oder statischer Muskelarbeit verbunden. Ein vom arbeitsmedizinischen Standpunkt interessantes Beispiel dafür ist die Spannung der Nackenmuskulatur, welche bestimmte Überbeanspruchung signalisieren kann (Arbeit am Bildschirmgerät).

7. Kontinuierliche Registrierung der Bewegungsaktivität

Bewegungen des Körpers bzw. bestimmter Körperteile (der Arme, der Beine, des Rumpfes und des Kopfes) können mit Hilfe von piezoelektrischen Akzellerationsaufnehmern in elektrische Signale umgewandelt werden. Nach Verstärkung der Signale wird jeweils bei Überschreitung einer vorgewählten Schwellenspannung ein elektrischer Puls ausgelöst.

Die Pulse werden innerhalb vorgegebener Zeitintervalle gezählt und entsprechende Summen als Mass der Bewegungsaktivität gespeichert. Die über mehrere Stunden bis Tage gespeicherten Daten werden über ein Interface von einem Rechner übernommen, verarbeitet und als Zahlenwerte ausgedruckt oder in Kurven aufgezeichnet.

Die Aktivitätsmessgeräte finden heute besonders in der pharmakologischen und klinischen Forschung Interesse [2, 5]. Sie haben sehr kleine Dimensionen und werden, zum Beispiel zur Erfassung von Armbewegungen, wie eine grössere Armbanduhr getragen. In der Arbeitsmedizin verspricht man sich von dieser wenig aufwendigen und kaum belästigenden Erfassung der Bewegungsaktivität eine Hilfe bei der Abklärung individueller beruflicher Beanspruchungsprofile, allenfalls auch unter Berücksichtigung der Freizeit. Eine teilweise ähnliche Aussage ermöglichen auch einfache Schrittzähler, welche im Schuhwerk, am Unterschenkel, am Hosengürtel oder in der Tasche getragen werden. Sie sind aber oft wenig zuverlässig.

8. Die Registrierung der Atemfrequenz während der Arbeit

Zur Aufnahme der Atemfrequenz dienen entweder elektrische Dehnungsfühler, welche auf thorakale bzw. abdominale Atembewegungen reagieren, oder Thermistorenfühler, die bei geeigneter Platzierung auf der Nase die Temperaturschwankungen vom Ein- und Ausatmen als Atemzugsignale erfassen [6]. Die mechanischen oder thermischen Veränderungen werden im Fühler in elektrische Impulse umgewandelt und einem am Körper getragenen Festspeicher zugeleitet. Dort werden die Atemzüge (ähnlich der Pulsfrequenz) gezählt und die Minutenwerte gespeichert. Ferner wird die Atemfrequenz telemetrisch registriert.

Darüber hinaus könnte mit Hilfe eines empfindlichen Thermoelements auch die Schnelligkeit der Temperaturveränderungen der Atemluft erfasst werden, woraus sich durch einfache Integration die Atemzug- und Atemminutenvolumina ermitteln lassen. Die Aussagekraft der Atemfrequenz allein ist verhältnismässig gering.

9. Der Sauerstoff- und Energieverbrauch

Die Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs dient zugleich der Berechnung des Energieverbrauchs, der unter normalen Bedingungen nicht messbar ist. Aber selbst die Messung der Sauerstoffaufnahme am Arbeitsplatz ist problematisch. Die Entnahme der ausgeatmeten Luft bedingt das Tragen der Apparatur und verursacht dadurch eine zusätzliche Belastung des Probanden und somit einen erheblichen Eingriff in den normalen Arbeitsgang. Das Schwitzen unter der Halbmaske, die Einschränkung des Gesichtsfeldes, der Verständigungsmöglichkeit und zum Teil auch der Bewegungsfreiheit wirken belästigend.

Mit der klassischen tragbaren Gasuhr nach Kofranyi für Untersuchungen der Arbeitsbelastung wird nur das Atemzeitvolumen direkt gemessen, während die Gas-

analyse kleiner Luftproben getrennt in einem der bewährten Analysenverfahren erfolgt. Einen weiteren Schritt bedeutet das Spirometer «Oxycon», das ebenfalls auf dem Rücken getragen wird und rund 4 kg wiegt. Es besteht aus einer trockenen Gasuhr und einer Sauerstoffmesszelle. Eine Silberelektrode wird durch den Sauerstoff polarisiert, und der dadurch entstehende Stromfluss dient als Mass der Sauerstoffkonzentration. Ein eingebautes Thermobarometer erlaubt die Umrechnung der Messwerte auf Standardbedingungen. Mit Hilfe der Telemetrie werden die Signale einem Empfänger übermittelt. Dort werden fortlaufend nach programmierter Berechnung das Atemminutenvolumen und der Sauerstoffverbrauch angezeigt, eventuell mittels angeschlossener Geräte aufgezeichnet oder gespeichert.

10. Das Lactat und der Basenüberschuss im Kapillarblut

Aufgrund leistungsphysiologischer Erkenntnissergebnisse signalisiert ein Anstieg der Lactatkonzentration im arterialisierten Kapillarblut auf 2 mmol/l einen beginnenden Übergang von rein aeroben zur zunehmend anaeroben Energiegewinnung (aerobe Schwelle); ab 4 mmol/l überwiegt dann der anaerobe Prozess [7]. Bei Dauerleistungen mit Einsatz eines Grossteils der gesamten Muskulatur, wie zum Beispiel in der Waldarbeit, dürfte der Lactatwert von 2 mmol/l die zulässige Dauerbeanspruchung limitieren.

Eine gewissermassen kontinuierliche Verfolgung des Lactats im Kapillarblut während der Arbeit ist möglich, aber ziemlich anspruchsvoll. Dabei werden dem hyperämisierten Ohrfläppchen zum Beispiel jede zehnte Minute 1 bis 2 Blutropfen zur Lactatbestimmung entnommen. Anstatt des Lactats kann mittels der methodisch vorteilhafteren Mikroblutgasanalyse die Veränderung des Basenüberschusses (Delta Base Excess) ermittelt werden [4]. Die entsprechende Beanspruchungsgrenze für Dauerleistungen beträgt 2,5 mval/l.

11. Kontinuierliche Registrierung der Körpertemperatur

Kontinuierliche Registrierung der inneren Körpertemperatur liefert wertvolle Angaben über die Beanspruchung des menschlichen Organismus insbesondere bei Schwerarbeit und Hitze. Im allgemeinen wird ein Anstieg der inneren Körpertemperatur über 38,5°C als Zeichen einer Überbeanspruchung gewertet. Je nach Situation bedarf es differenzierter Kriterien.

Für telemetrische Registrierung oder Speicherung eignen sich elektrische Messmethoden: Bei sogenannten Thermoelementen wird die von der Temperatur abhängige Potentialdifferenz zwischen zwei geeigneten Metallen (Kupfer-Konstantan-Draht) gemessen. Bei Widerstandthermometern wird der ebenfalls temperaturabhängige Widerstand eines Nickel- bzw. Platinleiters gemessen. Ähnlich wird bei den Thermistorenfühlern der Widerstand eines Halbleiters erfasst.

Das grösste Problem der kontinuierlichen Messung der Körpertemperatur während der Arbeit bringt die Platzierung des Thermofühlers. Der für die Beurteilung der Beanspruchung relevante Messwert ist die innere (zentrale) Temperatur [15]. Ihre Messung setzt die sehr unliebsame, sonst aber harmlose Einführung eines Fühlers in den Enddarm voraus. Die Platzierung des Fühlers im Oesophagus oder im Ohr ist bei der Arbeit kaum möglich. Messungen im Mund liefern normalerweise niedrigere Werte, vor allem sind sie aber wegen der Einwirkung der Atemluft unzuverlässig. Die Hauttemperatur kann bei den Beanspruchungsuntersuchungen ebenfalls interessieren, erlaubt aber keine verlässlichen Schlüsse auf die innere Temperatur.

12. Die Messung der Schweißproduktion bei der Arbeit

Die Erträglichkeit der Arbeit unter Hitzebedingungen ist beim Gesunden durch die Schweißproduktion und -verdunstung limitiert [13]. Bei gegenüber der Körpertemperatur erhöhter Umgebungstemperatur kann dem Körper übermässige Wärme nur noch durch Schweißverdunstung entzogen werden.

Unter Berücksichtigung der aufgenommenen Nahrungsmittel und Getränke sowie des ausgeschiedenen Stuhls und Urins kann der Schweißverlust (Menge des verdunsteten, abgetropften und abgewischten Schweißes) durch genaues Wägen des Probanden, zum Beispiel jede Stunde oder vor und nach der Arbeit, ermittelt werden. Für gesunde junge Männer liegt die langfristig zulässige Beanspruchungsgrenze bei 400 ml Schweiß pro Stunde, wobei im Extremfall kurzfristig auch über 2 l pro Stunde und mehr ertragen werden können. Die Schweißverdunstung kann an ausgewählten Hautstellen mit Hilfe eines thermoelektrischen Evaporimeters gemessen werden.

13. Kontinuierliche Registrierung des Hautwiderstands

Die Veränderungen des Hautwiderstands signalisieren in Abhängigkeit von der (oft unsichtbaren) Produktion und der Qualität des Schweißes emotionale Beanspruchungen als Ausdruck von psychischem Stress. Für eine arbeitsmedizinische Interpretation der Messwerte fehlen noch ausreichende Erfahrungen, die Methode dürfte jedoch bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Pulsfrequenzverhaltens zusätzliche Hinweise für die Beurteilung der individuellen Beanspruchung liefern. Die relativ einfach zu messenden Hautwiderstandswerte können zum Beispiel in einminütigen Intervallen mit einem programmierten Festspeicher während längerer Perioden (z.B. 24 Std.) aufgenommen und anschliessend über einen Tischcomputer numerisch oder als Kurve wiedergegeben werden.

14. Das Langzeit-Elektroencephalogramm

Auch die elektrischen Gehirnpotentiale können heute mit miniaturisierten Apparaten kontinuierlich während 24 Stunden und mehr, einschliesslich Arbeit und

Schlaf, registriert werden [9]. Dadurch lassen sich unter belastenden Situationen gewisse latente Störungen aufdecken. Von wesentlicher arbeitsmedizinischer Bedeutung ist die Möglichkeit der Analyse von Wach- und Schlafphasen bzw. der Schlafqualität bei den Nachtarbeitern, da ein Teil von ihnen offensichtlich wegen schlechterer Qualität des Tagesschlafes gesundheitlich benachteiligt ist.

Bei Registrierung der bioelektrischen Gehirnpotentiale bedarf es einer hohen Auflösung, so dass sie während längerer Perioden entweder telemetrisch oder auf Magnetbandspeicher aufgenommen werden müssen. Dies erfordert zur Auswertung teure Wiedergabegeräte und einen erheblichen Zeitaufwand. Eine breitere Anwendung der Elektroencephalographie in der arbeitsmedizinischen Praxis ist noch nicht in Sicht.

15. Die Catecholaminausscheidung

Seit Jahren wird nach einer möglichst einfach zu erfassenden Kenngrösse gesucht, die auf emotionale und mentale Beanspruchungen etwa so empfindlich wie die Herzschlagfrequenz, jedoch wesentlich spezifischer reagieren würde, um psychische von körperlichen Beanspruchungen besser unterscheiden zu können. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei dem Verhalten der Cortisol- und Catecholaminkonzentration (Adrenalin und Noradrenalin) im Plasma sowie den Ausscheidungsmengen der Catecholamine und ihres Abbauproduktes – der Vanillinmandelsäure im Urin [8]. Die Konzentrationen dieser Stoffe in Plasma und Urin weisen jedoch grosse inter- und intraindividuelle Unterschiede, insbesondere auch rhythmische Tagesschwankungen auf. Deshalb sind vorderhand auch keine zuverlässigen Normwerte bekannt.

Die Aussagekraft der Catecholaminwerte wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich beurteilt. Als einigermaßen befriedigendes Kriterium psychischer Beanspruchungen kann ein wesentlicher Anstieg der im Urin ausgeschiedenen Adrenalinmenge bei gleichzeitigem relativ kleinerem Anstieg der Noradrenalin-ausscheidung gelten; bei überwiegend körperlichen Beanspruchungen scheint das Verhältnis umgekehrt zu liegen [3, 11].

Die Bestimmungen der Catecholamine und des Cortisols im Plasma eignen sich wegen der unangenehmen Venenpunktionen, der aufwendigen Analyse und der nur geringen zusätzlichen Aussagekraft der Resultate kaum für praktische Beanspruchungsuntersuchungen. Die Plasmakonzentrationen sprechen eher auf momentane Beanspruchungen an.

Zur kontinuierlichen Verfolgung der Catecholamin- bzw. der Vanillinmandelsäureausscheidung wird Gesamturin etwa in zwei- bis sechstündigen Perioden gesammelt, wobei neben der Konzentration der zu prüfenden Stoffe auch die Menge des pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Urins bestimmt werden muss. Die Analyse ist relativ anspruchsvoll, eine Automatisierung ist nur teilweise möglich. Als alternative Kenngrösse können bei gleichzeitiger Bestimmung des

Kreatinins im Urin die Catecholamine auf 1 g Kreatinin berechnet werden.

Verhältnismässig einfach ist die Bestimmung der Vanillinmandelsäure im Urin, die aber nur eine relativ grobe und unspezifische Beurteilung der psychischen und körperlichen Belastung erlaubt. Bei einseitigen, zum Beispiel ausschliesslich emotionalen, Beanspruchungen fällt natürlich der Differenzierungsbedarf dahin. Die Aussage der Catecholamine bzw. der Vanillinmandelsäure wird wesentlich aufgewertet, wenn zugleich das Verhalten der Herzschlagfrequenz und weitere Kenngrössen mitberücksichtigt werden.

16. Abschliessende Bemerkungen

Trotz der wachsenden technischen Möglichkeiten der objektiven Erfassung der Beanspruchung am Arbeitsplatz wird es in der Praxis auch künftig aus verschiedenen Gründen oft schwer sein, die geeigneten Untersuchungsmethoden nach Bedarf anzuwenden. Zudem ist auch bei der Interpretation der Messwerte immer mit einigen Schwierigkeiten zu rechnen.

Eine nicht zu unterschätzende Hilfe für die Beurteilung der individuellen Beanspruchung kann auch die Befragung des Arbeitnehmers über sein Befinden bei bzw. nach der zu untersuchenden Arbeitsbelastung leisten. Besonders bewährt hat sich die Methode der Selbsteinstufung auf bipolaren Skalen [16], zum Beispiel zwischen frisch und müde oder gelöst und gespannt. Die periodische Erfassung objektiver Ermüdungserscheinungen (etwa mittels Flimmerverschmelzungsfrequenz) vermochte sich bisher nicht durchzusetzen, einige Ansätze dazu sind aber vorhanden.

Bei der Beurteilung bestimmter (insbesondere auch psychischer Beanspruchungen wird vermutlich ebenfalls den Langzeit-Sphygmomanometern zur unblutigen periodischen Erfassung des Blutdrucks eine gewisse Bedeutung zukommen. Diese vorerst für die Überwachung von Patienten entwickelten Geräte können relativ gut während des ganzen Tages am Körper getragen werden.

Zusammenfassung

Zum Schutze des Arbeitnehmers vor Überbeanspruchung durch Arbeit kann heute – im Sinne einer Beanspruchungsdosimetrie – kontinuierliche Langzeitregistrierung der Herzschlagfrequenz, des EKG, des EMG, der Bewegungsaktivität, der Atemfrequenz, des Sauerstoffverbrauchs, der Körpertemperatur, des Hautwiderstandes und des EEG sowie periodisch wiederholte Lactatbestimmungen im Kapillarblut und Catecholaminbestimmungen im Urin herangezogen werden. Die Herzschlagfrequenz erlangte bis jetzt von allen Beanspruchungskenngrössen die weitaus grösste praktische Bedeutung.

Zur Erfassung von Kenngrössen, welche als elektrische Signale registriert werden können, stehen drei moderne Systeme im Vordergrund: Telemetrie, Magnetbandspeicher, programmierte Festspeicher. Die grössten Vorteile für die Langzeitspeicherung elektrischer Biosignale (mit Ausnahme der hochfrequenten wie EEG) bieten neuerdings die programmierten Festspeicher. Im arbeitsmedizinischen Laboratorium des Biga wurde im Rahmen des Aufbaus eines Systems von persönlichen Beanspruchungsdosimetern ein miniaturisiertes Memocardiometer eingeführt, das während etwa 35 Stunden die Herzschlagfrequenz kontinuierlich erfasst. Die gespeicherten Werte werden über ein Interface von dem Tischcomputer HP-85

übernommen und in gewünschter statistischer Verarbeitung ausgedruckt oder in Kurvenform aufgezeichnet.

Résumé

Aspects médicaux de la charge de travail

En vue de protéger les travailleurs contre un surmenage par leur travail, on se sert de diverses méthodes pour mesurer leur fatigue psychique et physique. Il s'agit d'enregistrements de longue durée par exemple de la fréquence cardiaque, de l'ECG, de l'EMG, des mouvements corporels, de la fréquence respiratoire, de la consommation d'oxygène, de la température corporelle, de la résistance de la peau, de l'EEG, ainsi que des mesures périodiques de l'acide lactique dans le sang capillaire et des catéchines dans l'urine. Parmi toutes ces valeurs, la fréquence cardiaque a été la plus importante pour la pratique.

Les valeurs précitées, enregistrées par des signaux électroniques, peuvent l'être par trois systèmes d'enregistrement principaux: télé-métrie, bande magnétique et «solid state memory». Les «solid state memories» sont actuellement la meilleure méthode pour l'enregistrement de longue durée des signaux biologiques, sauf ceux à haute fréquence. En collaboration avec le laboratoire du service médical du travail de l'OFIAMT, qui est en train de mettre sur pied un système de mesure de la fatigue corporelle et mentale de l'individu, on a développé un mini-mémocardiomètre, capable d'enregistrer la fréquence cardiaque pendant environ 35 heures. Les valeurs mémorisées sont transmises à travers un «interface» dans l'ordinateur HP-85, qui imprime tous les résultats statistiques, soit en chiffres, soit sous forme de diagramme.

Summary

Medical aspects of occupational stress

To protect workers from overstress by occupational work, there are some methods to measure their working stress by recording different parameters continually during a period of several hours or days. The following physiological parameters are taken into consideration: heart rate, ECG, EMG, movement activities, breathing rate, oxygen consumption, body temperature, resistance of the skin and EEG. Periodically repeated measurements of the lactic acid in capillary blood as well of the catecholamines in the urine are also suitable. The heart rate is till now the most important parameter for practical use to estimate the physical and psychical strain.

For values which can be registered by an electrical signal, three modern pickup systems are available: telemetry, magnetic tape recording, solid state memory. The most important advantage of the solid state memory used for the long time registration of bioelectrical signals (except those of high frequency) is actually evident. As the Laboratory of Occupational Medicine of the Federal Office for Industry and Labour is setting up a system to evaluate the individual psychical and physical stress, there has been developed a small memocardiometer which is able to record the heart rate during about 35 hours. The stored data are transmitted via an interface to the computer HP-85, to be immediately available for calculations, tabulating and plotting.

Literatur (Stark reduzierte Auswahl)

- [1] Arbeitsgesetz (Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel vom 13. März 1964), EDMZ (Bern 1979).
- [2] *Borbely, A. A.* et al., Langzeitregistrierung der Bewegungsaktivität: Anwendung in Forschung und Klinik, Schweiz. med. Wschr. 111, 730–735 (1981).
- [3] *Borsch-Galetke, E.*, Catecholaminausscheidung bei Feinwerkerinnen mit und ohne Akkordarbeit, Zbl. Arbeitsmed. 27, 53–58 (1977).
- [4] *Buchberger, J.*, Anwendung der Blutgasanalyse bei Bewertung der Dauerleistungsfähigkeit von Holzhauern, Int. Arch. Occup. Environ. Health 44, 45–53 (1979).
- [5] *Colburn, T. R.*, et al., An ambulatory activity monitor with solid state memory, Biomedical Sciences Instrum. Symp., ISA BM 76322, 117–122 (1976).
- [6] *Hilferti, R.*, et al., Die kontinuierliche mobile Erfassung und digitale Speicherung von Biosignalen in Arbeitsmedizin und Ergonomie, Zbl. Arbeitsmed. 30, 57–62 (1980).

- [7] Keul, J., et al., Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik, Leistungssport, H. 8, 22–32 (1978).
- [8] Levi, L., Stress: Nebenniere und Schilddrüse, in: Seelische und körperliche Störungen durch Stress (A.W.v.Eiff, Hrsg; G. Fischer Stuttgart-New York 1976).
- [9] Qui, R. J., et al., Some developments in ambulatory monitoring of the EEG, in: ISAM 79 (Third Int.Symposium on Ambulatory Monitoring), Eds. F. D. Stott et al. (Academic Press, London 1980).
- [10] Schaecke, G., Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm in der Arbeitsmedizin (G. Thieme, Stuttgart, 1976).
- [11] Schiele, R., et al., Untersuchungen zum Verhalten verschiedener beanspruchungsbezogener biologischer Parameter unter definierten physischen und psychischen Belastungen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (Dortmund 1978).
- [12] Sköldström, B., und Holmer, I., A portable microprocessor system for heart rate recordings, in: ISAM 79 (Third Int.Symposium on Ambulatory Monitoring), Eds. F. D. Stott et al. (Academic Press, London 1980).
- [13] Vogt, J. J., et al., Die erforderliche Schweissabgabe als Index der Wärmebelastung, Z. Arb. wiss. 4, 241–250 (1978).
- [14] Vogt, J. J., et al., Die Bewertung der motorischen und thermischen Belastung durch fortlaufende Messung der Pulsfrequenz am Arbeitsplatz, Z. Arb. wiss. 2, 165–170 (1976).
- [15] Vokac, Z., und Bakka, T., Continuous recording of rectal temperature and heart rate in field studies of shiftwork, Proc. of the XIV Int. Conference on Chronobiology, Hannover 1979.
- [16] Wendt, H. W., Über Ermüdungs-Indikatoren. Psychologie und Praxis, H. 1, 129 (1956).
- [17] Zacek, I., Die Theorie der Pulsfrequenzkomponenten und ihre Anwendung, I + II: Arbeit und Leistung, H. 28, 88–96 (1974), III: Z. Arb. wiss. 1, 38–40 (1975), IV: Z. Arb. wiss. 2, 177–182 (1976).

Zum Aufbau der Arbeitsmedizin in den Industriestaaten

J. Buchberger, *Arbeitsärztlicher Dienst des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Bern*¹

1. Einleitung

Die Frage eines wünschbaren bzw. notwendigen Ausbaus der arbeitsmedizinischen Infrastruktur in der Schweiz beschäftigt zunehmend verschiedene Fachgremien und gesundheitspolitisch interessierte Kreise. Die Ansichten bezüglich des realen Bedarfs, der Effizienz, der Wirtschaftlichkeit und der Realisierbarkeit alternativer Strukturen der arbeitsmedizinischen Versorgung sind recht unterschiedlich. Für eine konstruktive Diskussion werden natürlich auch Angaben über verschiedene mehr oder weniger bewährte Strukturen der Arbeitsmedizin im Ausland benötigt, selbst wenn sie primär nicht als Vorbilder dienen müssen.

In dieser Zeitschrift wurde im Jahr 1978 über die Organisation der Arbeitsmedizin in einigen Industrieländern referiert. Der vorliegende Artikel wurde als Ergänzung zu den früheren Berichten verfasst. Er stützt sich unter anderem auf Studienbesuche arbeitsmedizinischer Institutionen in 16 Ländern.

2. Arbeitsmedizinische Abteilungen der Staatsverwaltung

Die Überwachung des Arbeitnehmerschutzes gehört heute in allen Industrieländern in den Verantwortungsbereich bestimmter Organe der Staatsverwaltung, wie Ministerien und Bundesämter für Arbeit, für Sozialwesen oder für öffentliche Gesundheit. Ihnen obliegt die Oberaufsicht über den Vollzug von Gesetzen und Verordnungen zum Schutze des Arbeitnehmers vor gesundheitlich schädlichen Einwirkungen der Arbeit und des Arbeitsmilieus. In diesem Sinne erarbeiten die zuständigen Behörden entsprechende Nor-

men, Richtlinien und Empfehlungen bzw. erlassen Vorschriften. Sie koordinieren die arbeitsmedizinische Versorgung und sichern (direkt oder indirekt) auch die Information der Betriebsleitungen sowie der Arbeitnehmerorganisationen über arbeitsmedizinische Fragen bzw. fördern die arbeitshygienische Aufklärung. Sie organisieren sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Inspektionen der Betriebe und sind meistens befugt, gegen fehlbare Betriebsleitungen bestimmte Sanktionen zu ergreifen. Schliesslich fördern sie oft auch die Rekrutierung und Ausbildung des arbeitsmedizinischen Fachpersonals sowie die arbeitsmedizinische Forschung und die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis.

Die organisatorischen Formen, die Dimensionen und die Leistungseffizienz der für die arbeitsmedizinischen Belange zuständigen Organe der Staatsverwaltung sind freilich, wie auch die gesamte Administration, von Land zu Land verschieden. Ein Modell der arbeitsmedizinischen Aufsicht, das für jedes Staatsgefüge als optimal gelten könnte, lässt sich gegenwärtig kaum eruieren.

Als Nachteil wird oft empfunden, wenn eine arbeitsmedizinische Aufsichtsbehörde rein als Bürobetrieb gestaltet ist und sich dadurch der eigentlichen Arbeitsmedizin, der Arbeitsphysiologie und der Arbeitshygiene entfremdet. Selbst einfachere arbeitsmedizinische Abklärungen erfordern dann den Beizug externer Experten. Die Abwertung der fachlichen Kompetenz lässt sich durch den Anschluss der arbeitsmedizinischen Behörde an ein arbeitsmedizinisches Institut oder durch enge Zusammenarbeit mit einem solchen vermeiden, wie es zum Beispiel in Norwegen, Däne-

¹ Bundesgasse 8, 3003 Bern, Telefon 031 61 29 32.