

Präventivmedizin am Arbeitsplatz

E. Grandjean

Zusammenfassung

Die Übersicht zeigt, daß die Gesundheit am Arbeitsplatz heute nur noch durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Fachbereiche möglich ist. Dazu gehören im wesentlichen die Arbeitsmedizin, die Arbeitsphysiologie, die Arbeitspsychologie und die Industriehygiene.

Grundsätzliche Betrachtungen

Während des größten Teils seines Lebens ist der Mensch an der Arbeit. Dabei können wir in grober Annäherung sagen, daß er 8 Stunden schläft, 8 Stunden arbeitet und während 8 Stunden seinen Freizeitbeschäftigungen nachgeht. Die Möglichkeiten, seine Gesundheit – sein psychisches und physisches Wohlbefinden – am Arbeitsplatz zu beeinträchtigen, sind somit erheblich. Daraus ergibt sich die Bedeutung der Wissenschaften, die die Gefährdung der Gesundheit am Arbeitsplatz analysieren und deren Schutz und Förderung zum Ziel haben. Mit diesen Problemkreisen beschäftigen sich heute die Arbeitsmedizin, die Arbeitsphysiologie, die Arbeitspsychologie und die Industriehygiene.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß nur ein interdisziplinäres Vorgehen, das heißt eine Berücksichtigung aller vier erwähnten Arbeitsbereiche, sinnvoll ist, wenn dem Menschen als Ganzheit gedient sein soll. Auf dieser Ganzheitsbetrachtung des Menschen muß letzten Endes auch die praktische Präventivmedizin aufgebaut sein.

Tatsächlich bilden die vier erwähnten Fachbereiche einen wesentlichen Teil der Präventivmedizin:

die *Arbeitsmedizin* untersucht die berufsbedingten Krankheiten;

die *Arbeitsphysiologie* schafft die Grundlagen, um die Arbeit an den Menschen anzupassen;

die *Arbeitspsychologie* befaßt sich mit den psychischen und psychologischen Wechsel-

beziehungen zwischen dem Menschen und seiner Arbeitswelt;

die *Industriehygiene* untersucht die potentiellen Gesundheitsrisiken und entwickelt die notwendigen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen.

Einige kurze Beispiele sollen im folgenden Wesen und Bedeutung dieser vier Gebiete illustrieren.

Arbeitsmedizin

Eigentliche Berufskrankheiten, die das volle Bild des arbeitsbedingten Gesundheitsschadens zeigen, sind selten geworden. Die Fortschritte im Arbeitsschutz und die neueren üblichen Industrieanstalten gewähren dem arbeitenden Menschen heute einen erheblich größeren Schutz als früher. Ein ungelöstes Problem bilden dagegen die häufigen kleinen Gesundheitsbeeinträchtigungen, deren Zusammenhang mit dem Arbeitsplatz nicht ohne weiteres nachgewiesen werden kann.

Als Beispiel dafür sei eine Untersuchung [1] in bleiverarbeitenden schweizerischen Betrieben erwähnt. Von insgesamt 94 Bleiarbeitern waren 3 in ärztlicher Behandlung wegen chronischer Bleivergiftung. Die Untersuchung ergab jedoch, daß erheblich mehr Ar-

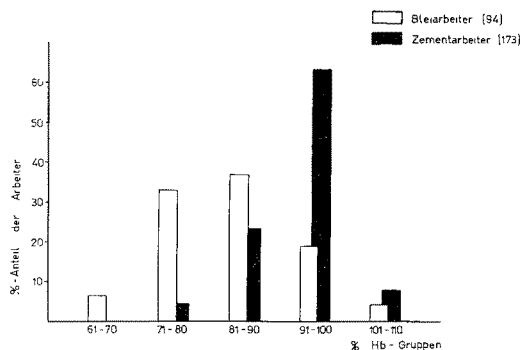
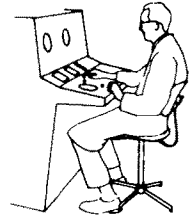
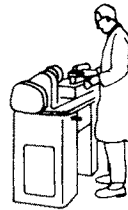
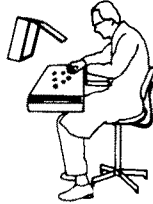


Abb. 1 Hämoglobinzahlen bei 94 Bleiarbeitern und 173 Zementarbeitern

beiter Beeinträchtigungen der Gesundheit aufwiesen. Dies ging vor allem deutlich aus den zahlreichen latenten anämischen Zuständen hervor. Abb.1 zeigt in Form von

Häufigkeitsverteilungen die Hämoglobinzahlen der 94 Bleiarbeiter und vergleichsweise diejenigen von 173 Zementarbeitern. Bei den Zementarbeitern lagen die häufig-

Tätigkeitsmerkmale verschiedener Berufsgruppen



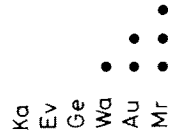
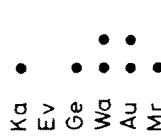
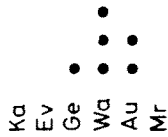
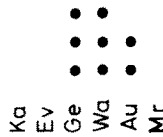
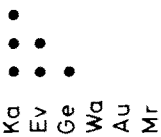
Schmied

Feinarbeit
(Uhrenindustrie)

Auslesearbeit
(Rondellen auf dem Fließband)

Steuerung
(Bedienung einer Werkzeugmaschine)

Kontrolle
(Chem. Fabrik, Kraftwerk)



Kraftaufwand
Energieverbrauch
Geschicklichkeit
Wahrnehmung
Aufmerksamkeit
Monotonieresistenz

→ Zunehmende Automation →

Abb.2 Die berufliche Belastung des Menschen hat sich in den letzten Jahrzehnten gewandelt: Schwerarbeit und Kraftleistungen werden seltener, hohe Anforderungen an Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit dagegen häufiger. – Die schwarzen Punkte über den Belastungsmerkmalen entsprechen einer groben Schätzung der Beanspruchung des menschlichen Organismus.

sten Werte zwischen 91 und 100 % Hb, bei den Bleiarbeitern dagegen schwankten sie zwischen 70 und 90 %. Rund 40 % dieser Gruppe hatten einen anämischen Zustand. Von diesen können wir mit Bestimmtheit sagen, daß sie einen beeinträchtigten Gesundheitszustand aufwiesen, der mit hoher Wahrscheinlichkeit in kausalem Zusammenhang mit der Bleiexposition stand.

Ähnliche Ergebnisse zeigten epidemiologische Studien bei Lösungsmittelarbeitern [2]. Unter diesen wurden häufig Symptome nervöser und vegetativer Störungen sowie Zeichen eines psycho-organischen Syndroms (gestörte Merkfähigkeit, Gedächtnisschwäche, Affektibilität usw.) festgestellt. Die statistische Analyse der Resultate zeigte eine signifikante Abhängigkeit der Häufigkeit dieser nervösen Symptome vom durchschnittlichen Expositionsgrad zum Lösungsmittel. Diese Ergebnisse zeigen, daß epidemiologische Untersuchungen in Industriebetrieben von präventivmedizinischer Bedeutung sind, auch wenn keine eigentlichen alarmierenden Vergiftungsfälle bekannt sind.

Arbeitsphysiologie

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Arbeitsphysiologie stark gewandelt; dabei wird ein Zusammenschluß mit der Arbeitspsychologie immer notwendiger. Diese Tendenz findet auch darin Ausdruck, daß die beiden Wissensgebiete im Ausland zu einer interdisziplinären Wissenschaft, zur Ergonomie, geworden sind.

In Abb. 2 ist versucht worden, den gleichzeitigen Wandel in den Produktionsmethoden und der Problematik von Arbeitsphysiologie und Arbeitspsychologie aufzuzeigen. Tatsächlich wird die Schwerarbeit in der Industrie und im Gewerbe seltener, während die Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen an die Wahrnehmung, die Konzentration und die Geschicklichkeit häufiger werden. Da-

durch verschiebt sich die berufliche Belastung vom Muskel- und Bewegungsapparat auf das Nervensystem.

Arbeitspsychologie

Als Beispiel für die interdisziplinäre Erforschung des menschlichen Verhaltens am Arbeitsplatz seien hier die aktuellen Untersuchungen über die Ermüdung erwähnt. In Abb. 3 sind die häufigsten Ursachen der Ermüdung und ihre Summationswirkung schematisch dargestellt.

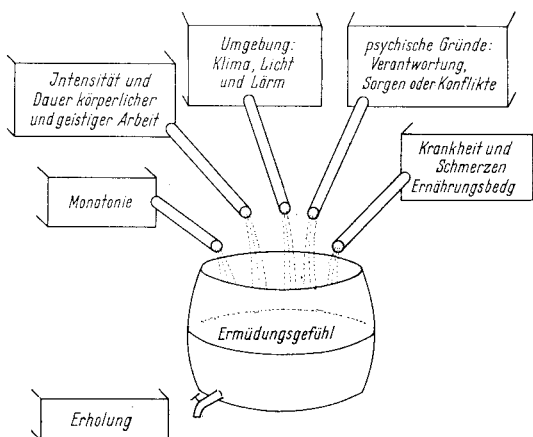


Abb. 3 Schematische Darstellung der Ermüdungsursachen und deren Summation

Tatsächlich lehrt uns die Erfahrung, daß die tägliche Ermüdung die Folge einer Summation verschiedenster Faktoren ist. In Abb. 3 sind die Ursachen als Quellen dargestellt, die ein Faß allmählich füllen. Der Flüssigkeitsspiegel im Faß entspricht dem Ermüdungszustand, der sich als subjektives Ermüdungsgefühl äußert. Der Faßauslauf entspricht der Gesamtheit der Erholungsvorgänge, die durch Schlaf, Freizeit und zahlreiche Arten von Pausen gesichert werden. Die Gesamtheit der Erholungsvorgänge muß

mit der Gesamtheit der Beanspruchungen im Gleichgewicht sein, damit physiologische Lebensbedingungen gewährleistet sind.

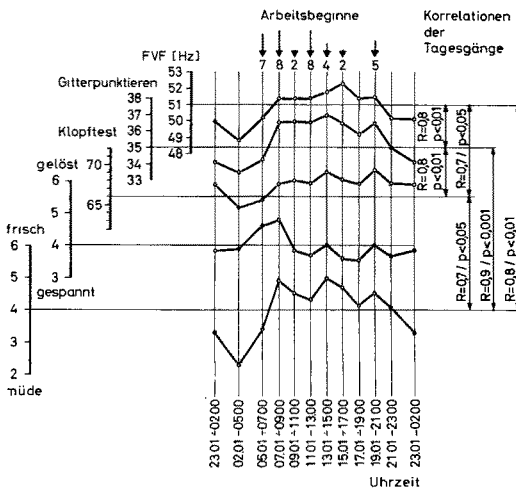


Abb. 4 Durchschnittswerte der Ermüdungsmessungen bei 69 Flugverkehrsleitern über eine Zeit von 3 Wochen
FVF = Flimmererschmelzungsfrequenz

In Abb. 4 sind die Ergebnisse fortlaufender Ermüdungsmessungen während 3 Wochen bei Flugverkehrsleitern dargestellt [3]. Über 24 Stunden wurden alle zwei Stunden drei Leistungsteste (Flimmererschmelzungsfrequenz, Gitterpunktieren und Klopfest) sowie die subjektiven Ermüdungsempfindungen mittels eines bipolaren Fragebogens gemessen. (Die Methodik des bipolaren Fragebogens geht aus Abb. 5 hervor.)

Die Leistungsteste Flimmererschmelzungsfrequenz und Gitterpunktieren zeigten einen parallelen Verlauf in Abhängigkeit der Tageszeit. Die Leistungen waren deutlich erniedrigt von 21.00 bis 07.00 Uhr. Mit diesem Verlauf der Leistungsfähigkeit stimmte die subjektive Einstufung beim Gegensatzpaar «frisch-müde» (unterste Kurve der Abb. 4) sehr gut überein: die Versuchspersonen stufen sich in den Nachtstunden auf der Seite «müde» ein, während sie sich von 07.00 bis

Durchschnitte der ersten und letzten Erhebung von 8 Versuchstagen

- 8 - 9 Uhr (N = 170)
- 17 - 18.30 Uhr (N = 175)

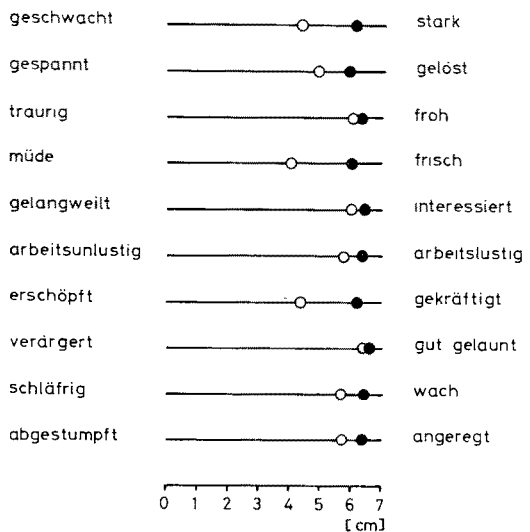


Abb. 5 Bipolarer Fragebogen zur Messung der subjektiven Ermüdung

Die Versuchsperson muß sich zwischen den Gegensatzpaaren entsprechend ihrer momentanen Stimmungslage mit einem Strich einstufen. Die Punkte und Ringe entsprechen den Durchschnittswerten von 24 Verkäuferinnen eines Warenhauses [5]. Die Werte am Abend sind bei 4 Gegensatzpaaren deutlich und statistisch signifikant nach links, das heißt im Sinne zunehmender subjektiver Ermüdung, verschoben.

21.00 Uhr mehrheitlich auf der Seite «frisch» einordneten. Die statistische Prüfung ergab eine signifikante Korrelation der Durchschnittswerte der beiden ersten Leistungsteste und der subjektiven Einstufung zwischen «frisch» und «müde». Die übrigen Korrelationen waren weniger deutlich. Dieses Beispiel zeigt, daß die Ermüdung bzw. die Leistungsbereitschaft des Menschen sowohl physiologische als auch psychologische Symptome hat. Solche Erhebungen geben die Grundlagen für eine sinnvolle

Gestaltung der Arbeitsbedingungen, insbesondere der Arbeitszeit.

Industriehygiene

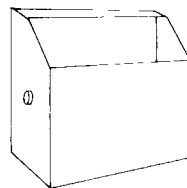
Die Industriehygiene untersucht die Umgebungsfaktoren am Arbeitsplatz. Hier sind in erster Linie Gase, Dämpfe, Staub und radioaktive Strahlen zu erwähnen. Ferner gehören die klimatischen Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegung, Wärmestrahlung sowie die Lärmeinflüsse zu den Problemkreisen der Industriehygiene. Das Gebiet ist sehr weitläufig – müssen doch mit chemischen oder physikalischen Methoden die Umgebungsfaktoren erfaßt und auf Grund der heutigen Kenntnisse der Hygiene und Toxikologie auch beurteilt werden. Und schließlich muß die Industriehygiene auch noch praktisch wirksame Schutzmaßnahmen erarbeiten.

Als Beispiel seien hier Untersuchungen erwähnt, die zum Ziel hatten, einen Reinigungsapparat für Perchloräthylen zu entwickeln, der eine möglichst niedrige Exposition der Arbeit zu diesem Lösungsmittel bewirken würde [4].

Perchloräthylen ist ein weitverbreitetes Lösungsmittel, das unter anderem zu Reinigungszwecken in der Maschinenindustrie Verwendung findet. Epidemiologische Untersuchungen gaben Anlaß zur Vermutung, daß dieser Stoff bereits bei Konzentrationen von 100 ppm (100 ml pro m³ Luft) in der Atemluft zu Gesundheitsschäden führen kann. Bei der Verwendung der üblichen offenen Reinigungstanks kommen Expositionen von mehr als 200 ppm vor.

Systematische Untersuchungen [4] haben gestattet, den in Abb. 6 dargestellten Tank zu entwickeln, der sich durch eine wirksame Entlüftung auf halber Tankhöhe (Punkte 5 und 6 auf Abb. 6) auszeichnet. Dadurch strömt die Raumluft von außen in den Tank hinein, und der die Reinigung verrichtende

Arbeiter ist nur noch geringen Perchloräthylenkonzentrationen ausgesetzt. Tatsächlich ergaben chemische Luftanalysen in Kopfhöhe des Arbeiters noch Werte zwischen 15 und 30 ppm. Damit war der Beweis erbracht, daß man mit einem zweckmäßig gebauten und mit richtigen Ventilationsanlagen versehenen Reinigungstank die Perchloräthylenkonzentrationen in der Atemluft auf ein ungefährliches Maß herunterdrücken kann.



- 1 = Bad 1
- 2 = Bad 2
- 3 = Bad 3
- 4 = Trocknungsraum
- 5 = Ventilator 1
- 6 = Ventilator 2

RAUMLUFT 20 u 20 ppm

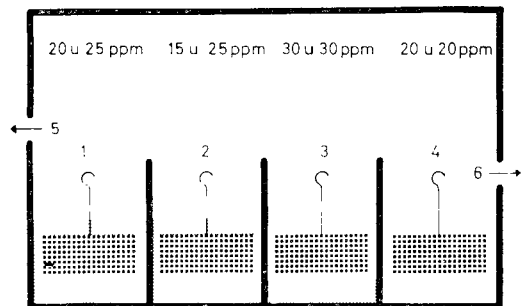


Abb. 6 Schematische Darstellung eines Apparates zur Reinigung mit Perchloräthylen

Die karierten Flächen stellen die Behälter dar, in welchen das Reinigungsgut (z. B. Metallteile) in das erwärmte Perchloräthylen getaucht werden. Die ppm-Werte wurden auf Kopfhöhe des Arbeiters gemessen.

Dieses Beispiel illustriert die Zielsetzung der Industriehygiene: potentielle Gesundheitsgefährdungen auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren.

Literatur

[1] Egli R., Grandjean E., Marmet J. und Kapp H.: Die

- Verbreitung der chronischen Bleivergiftung in Akkumulatoren- und Bleifarbenfabriken. Schweiz. med. Wschr. 87, 1171 (1957).
- [2] *Grandjean E., Münchinger R., Turrian V., Haas P. A., Knoepfel H.-K. et Rosenmund H.:* Investigations sur l'exposition au trichloréthylène dans l'industrie mécanique. Z. Präventivmed. 1, 13–35 (1956).
- [3] *Grandjean E.:* Fatigue: its physiological and psychological significance. Ergonomics 11, 427–436 (1968).
- [4] *Grandjean E., Wanner H. U. und Rhiner A.:* Untersuchungen über Perchloräthylen-Emanationen an zwei Typen von offenen Metallreinigungsapparaten. Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 21, 69–79 (1964).
- [5] *Grandjean E. und Kretzschmar H.:* Multimomentaufnahmen und Ermüdungserscheinungen beim Verkaufspersonal eines Warenhauses. Biomechanics I, First International Seminar, Zurich 1967, pp. 271/272. Karger Basel-New York 1968.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. med. *E. Grandjean*, Direktor des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie ETH, Clausiusstraße 25, 8006 Zürich