

Bewegungsanalyse an verschiedenen industriellen Arbeitsplätzen

Urs Guggenbühl, Helmut Krüger

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich

Einleitung

An Kassearbeitsplätzen [1]*, sowie Lupen- und Mikroskoparbeitsplätzen [2]* klagt das Personal vermehrt über muskulo-skeletale Beschwerden im Schulter- und Rückenbereich. Offensichtlich wird der Stütz- und Bewegungsapparat überbeansprucht. Mit einer gezielten Analyse der Bewegung am Arbeitsplatz sollte es möglich sein, diese Überbeanspruchung qualitativ sowie quantitativ zu erfassen.

Methode

Ein System zur Messung der Bewegung im Raum wurde entwickelt. Mit Ultraschallsendern werden verschiedene Punkte am Körper markiert [3]. Die akustischen Signale werden mit Mikrofonen empfangen, wonach die Differenzen der verschiedenen Signallaufzeiten berechnet werden. Die Senderpunkte werden innerhalb eines Kubus von 3×3×3m mit einer zeitlichen Auflösung von 100 Messpunkten/s aufgezeichnet. Das ganze Messsystem kann problemlos transportiert werden und darum auch direkt im Feld eingesetzt werden. Die Messzeit betrug jeweils 1 Std.

Ergebnisse

Am Kassearbeitsplatz wurde das Ausmass der Handbewegungen gemessen und als Kurve gleicher Häufigkeit dargestellt (Abb.1).

Die Kurven zeigen deutlich, dass sich die linke Hand hauptsächlich bei der Kassenbox, also nahe bei der Kassiererin befand. Wenn man bedenkt, dass während 50% der gesamten Arbeitszeit kassiert wird, dann ist dies nicht weiter verwunderlich. Obwohl der gesamte Scanner noch im Bereich des grossen Greifraums (gestreckter Arm) lag, wurde dieser doch nur am Rande von der Kassiererin bedient. Dies zeigt die Kurve des 95. Perzentils in der XY-Ebene (Grundriss). Die Ansicht in der XZ-Ebene (Aufriss) zeigt eine Aufwärtsbewegung über dem Scanner. Dies bedeutet, dass die Hand, die sehr schnell mit der Ware über den Scanner fuhr, eine Ideallinie in Form einer balistischen Kurve einnahm und so durch eine Aufwärtsbewegung die kinetische Energie der Ware und des Arms abfangen konnte. Die Hebelverhältnisse, Kraftarm zu Lastarm des linken Arms sind in dieser

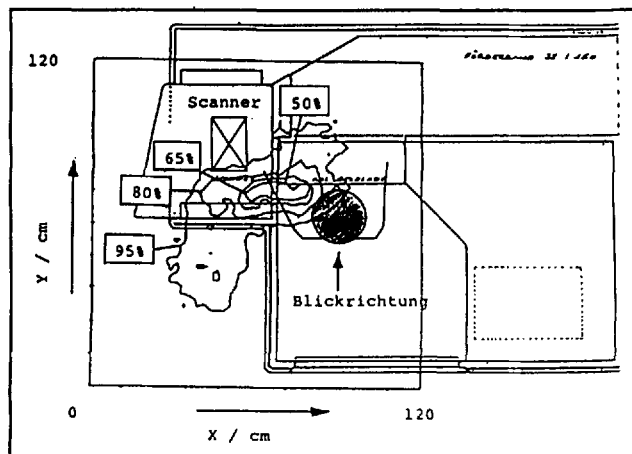


Abb 1: Hier wird die räumliche Verteilung der Hand XY-Ebene (Grundriss) während einer Stunde Messzeit in Kurven gleicher Häufigkeit dargestellt. Die innerste Kurve zeigt das 50., die zweitinnerste das 65., die drittinneerste das 80. und die äusserste das 95. Perzentil. Das heisst, dass sich die Hand z. B. während 50% der Messzeit innerhalb der 50. Perzentilkurve befand usw.

gestreckten Haltung sehr schlecht und beanspruchen den Arm und die notwendige Stabilisierungsmuskulatur im Nacken und Rücken stark [4]. Um die muskuläre Beanspruchung, die durch die schlechten Hebelverhältnisse entsteht, so gering wie möglich zu halten, versucht die Kassiererin, den Arm möglichst angewinkelt zu bewegen (kleiner Winkel zwischen Hand- Ellenbogen-Schulter) und berührt dadurch den Scanner nur am Rande. Bei Betrachtung der Kurven gleicher Häufigkeit der Kopfbewegung am Lupenarbeitsplatz (Abb 2) fällt sofort auf, wie eingeschränkt die Bewegungsfreiheit des Kopfes ist.

95% der Messzeit bewegte sich der Kopf nicht über eine Fläche von ca 16 cm². Bei der Arbeit am Mikroskop ist diese Bewegungseinschränkung noch viel ausgeprägter. Während 95% der Messzeit bewegte sich dort der Kopf nicht über eine Fläche von 3 cm² hinaus. Diese Unbeweglichkeit bezieht sich natürlich auf den ganzen Körper, was durch die Messung der Schulterbewegung bestätigt wurde, die etwa gleich gross wie diejenige des Kopfes war. Im Gegensatz zum Mikroskoparbeitsplatz, wo die arbeitende Person mit gera-

*Das Projekt wurde teilweise gefördert durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Dortmund) und den schweizerischen Nationalfonds.

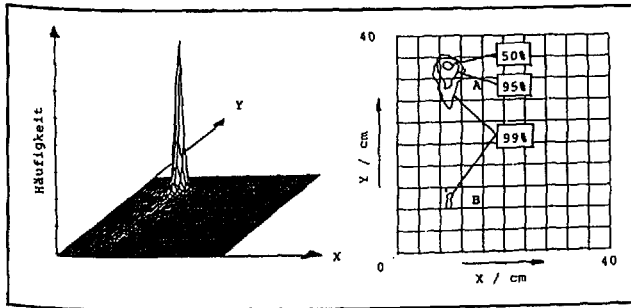
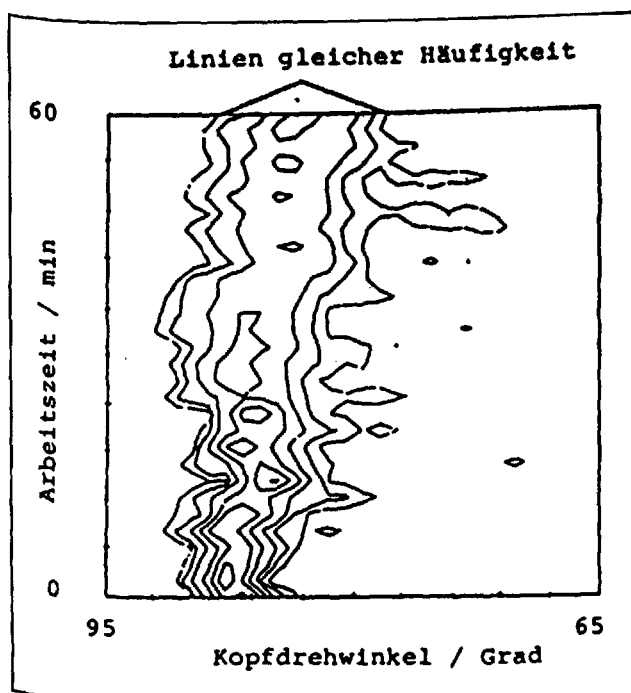


Abb 2: Bewegungsverteilung des Kopfes an einem Lupen-arbeitsplatz in der XY-Ebene (Grundriss), mit Blickrichtung parallel zur Y-Achse. Die Kurven zeigen das 50., 95. und 99. Perzentil der Häufigkeitsverteilung. A = Lupenarbeit B = Zurücklehnen

dem Rücken dasass, musste sie sich am Lupenarbeitsplatz nach vorne beugen, um durch die Lupe sehen zu können. Die Bewegungsmessung am Lupenarbeitsplatz zeigte deshalb auch eine periodische Bewegung nach hinten (99. Perzentil Abb.2) in eine aufrechte Sitzhaltung, die zur dynamischen Entlastung des Rückens diene. In Abb.3 werden die Linien gleicher Häufigkeit der Kopfdrehwinkel, der X-Achse über die Zeit von einer Stunde, Y-Achse an einem Arbeitsplatz mit Stereomikroskop dargestellt.

Die eng zusammenliegenden Kurven zu Beginn der Messzeit bestätigen, wie stark fixiert der Kopf gehalten wurde. Doch nach etwa 20 min wird die Kopfhalt-

Abb 3: Die Linien gleicher Häufigkeit der Drehwinkel des Kopfes gemessen an einem Mikroskoparbeitsplatz.



ung unruhiger, obwohl die Arbeit dieselbe war wie zu Beginn. Die Person scheint sich häufiger zu entspannen, um die Nacken- und Rückenmuskulatur zu lockern. Dies bedeutet, dass eine Überbeanspruchung dieser Muskelgruppen während der Arbeit stattfindet und der Arbeitsrhythmus nur durch ständiges Lockern eingehalten werden kann. Ähnliche Resultate ergeben auch die Messungen am Lupenarbeitsplatz. Der Bildschirmarbeitsplatz, der zum Vergleich herangezogen wurde, zeigt hingegen durchwegs eine breitere und vor allem eine mehrgipflige Verteilung der Kopfdrehwinkel.

Diskussion

Beide Arbeitsplatztypen (Kassen- und Mikroskop/Lupenarbeitsplätze) zeigen Bewegungen der arbeitenden Personen, die auf eine Überbeanspruchung verschiedener Teile des Bewegungsapparates schliessen lassen. Beim untersuchten Kassenarbeitsplatz liegt der Scanner zu weit entfernt, wie aus der Armhaltung (eine Tendenz zu kleinerem Ellenbogenwinkel) der Kassiererin hervorgeht. Gegeben durch den schlechten Hebelarm, der durch den gestreckten Arm entsteht, scheint es verständlich, dass sie so reagiert. Sie bevorzugt also einen kleineren Greifraum für die Scannerbedienung, was sicher eine Entlastung der beteiligten Muskulatur mit sich bringt und die Arbeit dadurch erleichtert. Die Kassiererinnen zeigen auch eine deutliche Erhöhung der muskulären Beschwerden im Bereich des Arms, des Nackens, der Schulter und des Rückens, was bei Büroarbeitern nicht der Fall ist [1]. Auch die Lupen- und Mikroskoparbeiter klagen häufiger über Beschwerden im Nacken-, Schulter- und Rückenbereich als Büroarbeiter [2]. Die enorme Einschränkung der Bewegungsfreiheit, bedingt durch die Okulare des Mikroskops und durch die verlangte Konzentration, um unter vergrößerten Verhältnissen mit den Fingern arbeiten zu können, sowie um die optischen Abbildungsfehler der Lupe zu minimieren, beansprucht die Haltemuskulatur im Nacken-, Schulter- und Rückenbereich stark. Die gebeugte Haltung über die Lupe ist ein zusätzlicher Belastungsfaktor. Es überrascht darum nicht, dass die arbeitende Person Entspannung sucht, indem sie sich in eine aufrechte Haltung bewegt oder sich generell häufiger bewegt. Mit einer gezielten Analyse der Bewegungen an den verschiedenen Arbeitsplätzen wird es möglich, Veränderungen und Abweichungen eines bestimmten Bewegungsablaufs festzustellen, was je nach Grösse der Veränderung oder Abweichung auf eine Überbeanspruchung des Bewegungsapparats schliessen lässt. Mit der Veränderung der Haltung am Mikroskop- und Lupenarbeitsplatz, sowie der Neigung zu einem kleineren Greifraum am Kassenarbeitsplatz scheint ein Mass gefunden zu sein, mit dem die Güte eines Arbeitsplatzes an Hand der Belastung beurteilt werden kann und die entsprechenden Massnahmen getroffen werden können.

Zusammenfassung

Zur Erfassung der Bewegung am Arbeitsplatz wurde ein Messsystem auf Ultraschallbasis aufgebaut. Bewegungen an Kassen-, Mikroskop- und Lupenarbeitsplätzen wurden bereits mit diesem System gemessen. Die Analyse ergab verschiedene Befunde. Einerseits wurde beim Kassensarbeitsplatz eine Bewegungsdynamik gemessen, die die Verwendung eines grossen Greifraums (anatomisch maximaler Greifraum) in Frage stellt und für die Dimensionierung eines Kassensarbeitsplatzes einen «kleineren» Greifraum fordert. Andererseits wurde beim Mikroskop- und Lupenarbeitsplatz eine starre Haltung des Kopfes und der Schulter festgestellt, was auf hohe statische Belastung der Haltemuskulatur des Rückens und des Nackens schliessen lässt.

Summary

An analysis of bodymovement on different industrial work places

A measuring system based on ultrasound was developed to measure bodymovement. Movements of cash register operators, of microscope operators and of operators using a magnifying glass were measured. The analysis showed different results. On one hand the operator found it rather difficult to use his full length of his arm (maximum working aerea) to operate the cash register and a smaller working area was proposed. On the other hand a rigid posture of the head and the shoulder was found to be typical for operators working with microscopes and magnifying glasses. This puts a rather high static load upon the muscular system used to stabilise the back and the neck.

Résumé

Analyse de mouvements à divers postes de travail industriels

Pour analyser les mouvements aux postes de travail, un système de mesure à base d'ultrason a été développé. Les mouvements des postes de travail à la caisse, au microscope et à la loupe ont déjà été évalués avec ce système. Diverses données en résultent. A la caisse une dynamique de mouvements a été mesurée qui met en cause l'espace maximum pour saisir et qui exige un espace plus restreint pour ces postes de travail. D'autre part une tenue rigide de la tête et des épaules a été constatée aux postes de travail au microscope et à la loupe, et nous pouvons conclure que la charge statique de la musculature du dos et de la nuque est trop élevée.

Literatur

- [1] *Hinnen U. und Witschi U.*: Kassensarbeit und technologische Entwicklung. Forschungsbericht in Vorbereitung, 1987.
- [2] *Conrady P., Krueger H. und Zülch J.*: Untersuchung der Belastung bei Lupen- und Mikroskoparbeiten. Forschungsbericht im Druck; Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1987.
- [3] *Fleischer A.G. und Lange W.*: Analysis of hand movements during the performance of positioning tasks. *Ergonomics*, 1983; 26: 555-564.
- [4] *Rohmert W.*: Untersuchung über Muskelermüdung und Arbeitsgestaltung. Berlin-Köln-Frankfurt: Beuth-Vertrieb GmbH, 1962.