



Einfluss der Melkstandausstattung auf die Arbeitsbelastung des Melkers

· *Arbeitsbelastung* · *Beanspruchung* · *Melker* · *Beschwerden am Muskelskelettsystem* · *Bewegungsanalyse* · *Körperhaltungsanalyse*

Zusammenfassung

Eine aktuelle Analyse von Arbeitsunfähigkeitsdaten zeigt vor allem bei Melkerinnen eine Häufung degenerativer Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems. Dies steht im Gegensatz zum eigentlich durch technische Weiterentwicklung reduzierten Belastungsprofil in modernen Melkständen. Daher wurden Körperhaltungen und Expositionszeiten für zwei unterschiedliche Gruppenmelkstandtypen mit einem Bewegungsanalyse-system erfasst. Die Ergebnisse zeigen im Bereich der oberen Extremitäten Körperhaltungen im nach DIN EN 1005-4 bedingt akzeptablen Bereich. Die Körperhaltung ist personenspezifisch und abhängig von der Körpergröße.

Praktische Relevanz

Arbeitsgestalterische Maßnahmen zur Beanspruchungsprävention für den Beruf Melker setzen die Kenntnis über die Variation in der Arbeitsausführung voraus. Die Messergebnisse sollen einen Beitrag dazu liefern, Gestaltungsrichtlinien für ergonomische Melkstandkonstruktionen und die Anpassung technischer Hilfsmittel zur körperlichen Entlastung zu erarbeiten.

Influence de l'équipement de la machine à traire sur la charge liée au travail du trayeur

· *charge liée au travail* · *stress* · *trayeur* · *maladies dégénératives des muscles et du squelette* · *analyse de mouvements* · *analyse de la tenue*

Résumé

Les conditions de travail des trayeuses ont été améliorées par les développements techniques des années passées. Pourtant les maladies dégénératives des muscles et du squelette ont augmentés. Pour cette raison, deux différents types de machines à traire ont été examinés par un système d'analyse de mouvements. Cette analyse montre que les trayeuses travaillent dans des positions de tenue qui sont de justesse dans les limites acceptables selon la DIN EN 1005-4. En outre chaque personne a une tenue individuelle qui dépend de plus de sa taille.

Importance Pratique

La prévention de maladies dégénératives des trayeuses ne peut être réalisée qu'avec des améliorations ergonomiques qui impliquent la connaissance des variations durant le cours de travail. Les résultats de cette recherche peuvent alors contribuer à des recommandations ergonomiques dans l'industrie de traite.



The influence of milking parlour equipment on the workload of the milker

· *Work load · strain · milkers · musculoskeletal disorders · motion analysis · body posture analysis*

Summary

The technical development in milk production has led to changes in milking parlours concerning the workload of milkers. Physically demanding work tasks have become less, but at the same time the variety of tasks has decreased. Modern milking parlours are functioning highly efficient. One of the remaining physically demanding tasks is attaching the milking unit; strain depends on its weight, the task duration as well as the body posture. The body posture is influenced by the size of the person and the distance between the worker and the udder.

The results of an evaluation of temporary disability data showed a significant number of female milkers being absent due to musculoskeletal disorders (Liebers & Caffier 2005). A Swedish long term survey also reported a raise in discomfort among milkers (Pinzke 2003). This is contradictory to the actual decrease of physically demanding work during milking. The objective of this study was to analyse the actual work routine and the influence of several factors like the equipment and the work style.

For this the body postures were measured with a motion analysis system (Simi Reality Motion Systems, Germany) in two different milking systems (Herringbone, Side-by-Side) while the milker was attaching the cluster. The applied motion analysis system was based on video tracking of the work process and the consecutive generation of 3-D-room-coordinates calculated from marker positions on the worker's body. The marker positions were determined from two videos for each frame by tracking algorithms of the software.

The postural analysis brought up that it is necessary to bend forward, lift the arm and stretch it to be able to reach the teats. The arm holding the cluster showed constant values for the duration of the work task, but also variations of 10° within the same setting. The strain on the arm depends on the cluster weight and the upper arm elevation. The moment of torque was calculated for a light and a heavy milking cluster based on the measured length of the lever arm.

The attaching arm showed a dynamic progression during work; the variation was larger in practice compared to the experimental setting. The exact body posture depended on the size of the person, the work style, the working environment and other parameters. For the herringbone milking system the data variation tended to be larger. The herringbone is characterised by a larger distance between the milker and the furthest teat. The duration for attaching the cluster was also longer

compared to Side-by-side. It took round about 10 seconds from grabbing the cluster until it was attached to the udder.

The exposure analysis according to DIN EN 1005-4 brought up extreme joint postures for the upper arm elevation. The weight of the milking cluster is not regarded and inevitably causes higher strain. There are some technical devices that help to ergonomically improve the work task. It is possible to adjust the floor height, service arms are available to hold the cluster and take it off and indexing is used to move the cow in the right position.

Further investigations are planned to measure the impact of cluster weight in combination with different body postures. The proposal of ergonomic guidelines for the implementation of technical equipment in milking parlours shall be achieved.

Practical relevance

Appropriate work place design to prevent disorders amongst milkers is based on the knowledge of the work routine as well as factors that may cause disorders. The presented results shall contribute to develop guidelines to implement ergonomic devices to reduce strain and improve work place design in modern milking parlours.



1 Einführung

Das Melken macht einen Großteil der täglichen Arbeit auf dem Milchviehbetrieb aus und wird in der Regel von spezialisierten Fachkräften erledigt. Die Arbeitsbelastung resultiert aus der Dauer und der Schwere der Arbeit und ist stark abhängig vom Melkverfahren und vom Haltungssystem, innerhalb der einzelnen Verfahren wiederum von zahlreichen anderen Faktoren, auf die noch näher eingegangen wird.

Auernhammer beschrieb 1987 ausführlich das Belastungsprofil für eine Rohrmelkanlage. Zudem verglich er die damals üblichen Systeme Eimermelkanlage, Rohrmelkanlage und den Fischgrätenmelkstand. Letzterer liegt in seinem Belastungsprofil in allen Belastungsarten (körperlich, geistig und Umgebung) unterhalb der Dauerleistungsgrenze, welche in seinem Vergleich als Bewertungsmaßstab diente. Diese These wird auch von Konietzko und Dupuis (1992) bestätigt. In Brandenburg herrschen heute die Gruppenmelkstände vor, hierzu zählt auch der Fischgrätenmelkstand. Kann man daher davon ausgehen, dass die Arbeitsbelastung in ausreichendem Maße reduziert worden ist?

Bei weiterer Sichtung der Literatur und auf Nachfragen bei den Berufsgenossenschaften scheint dies nicht der Fall zu sein. Liebers und Caffier (2005) beispielsweise zeigten aus der Untersuchung von Arbeitsunfähigkeitsdaten eine signifikant über dem Durchschnitt liegende Häufigkeit durch degenerative Erkrankungen im Muskel-Skelett-System bei Melkerinnen auf.

Die zunehmende Technisierung im Melkstand hat insgesamt zu einer Veränderung der Belastung geführt. Das Tragen schwerer Lasten und die ungünstigen Körperhaltungen, die noch auftraten als der Melker mit Melkzeug und Milchkanne zur Kuh ging, sind in modernen Anlagen kein Problem mehr. Hier ist hingegen die reduzierte Aufgabenvielfalt mit sich häufig wiederholenden Arbeitsvorgängen problematisch. Die Arbeitsproduktivität konnte in den letzten Jahren enorm gesteigert werden, die veränderte physische Belastung ist durch steigende Spezialisierung mit aufwändiger Technik und starker Arbeitsteilung gekennzeichnet.

In einem Übersichtsartikel berichtet Reinemann (2005) über die veränderte Problematik bei den auftretenden Belastungen im Melkstand. Pinzke (2003) beispielsweise schreibt, dass im Vergleich zur Situation im Jahr 1988 eine untersuchte schwedische Gruppe von Melkern heute mehr Beschwerden im Muskel-Skelett-Bereich aufführt als damals. Während 1988 die meisten Melker noch in Anbindeställen (Eimer- oder Rohrmelkanlage) arbeiteten, dominierten 2002 auch in Schweden die Laufställe (Gruppenmelkstand). Die Arbeitsproduktivität, die Dauer der wöchentlichen Arbeitszeit für das Melken sowie die Zahl der gemolkenen Kühe pro Arbeitskraft sind stark gestiegen. Insbesondere in großen Milchviehanlagen, wo Melkkarusselle und Melkstände mit bis zu 40 Melkplätzen vorhanden sind, setzt ein Melker bei drei Melkprozessen am Tag bis zu 600-mal das Melkzeug an. Die Formulierung von Belastungsgrenzen für derartige repetitive Aufgaben oder statische Belastungen ist bis jetzt noch nicht gelungen (Caffier et al. 1999).

Als Hauptproblem im modernen Arbeitsprozess Melken beschreiben Stal (1999) und Stal und Juliszewski (2001) die Belastung der oberen Extremitäten. Diese wird ihrer Meinung nach vor allem verursacht durch die statische Haltearbeit beim Ansetzen der Melkzeuge sowie durch Torsionsbewegungen des ansetzenden Handgelenks. Zum Ansetzen des Melkzeuges an das Euter hält der Melker das Melkzeug in der einen Hand und setzt mit der anderen Hand die einzelnen Melkbecher an die Zitzen an. Weiterhin treten erhöhte Belastungen beim Vormelken und Reinigen des Euters auf. Das Halten des Melkzeuges beim Ansetzen erfordert statische Muskelarbeit, Beanspruchungen treten hier häufiger und früher auf, als bei dynamischer Muskelbelastung. Als vorübergehende Beanspruchung tritt bei statischer Haltearbeit der Ermüdungsschmerz auf. Dauerhafte Beanspruchungen sind unter anderem Entzündungen der Sehnen- oder Muskelansätze, der Sehnenscheiden oder Muskelrheumatismus (Hecker 1998). In einer aktuellen Untersuchung haben Stal et al. (2003) nachgewiesen, dass der Einsatz eines zusätzlichen Servicearms, der das Melkzeug unter das Euter führt, die Muskelaktivität verringern kann.

Der Einsatz von Servicearmen scheint nicht nur aus arbeitsphysiologischer Sicht sinnvoll, sondern Servicearme können auch den Sitz des Melkzeuges verbessern (Rose 2005). Durch die automatische Abnahme wird eine zu lange Haftzeit am Euter verhindert und der Abnahmeprozess durch den Melker entfällt. Die Praxistauglichkeit unterschiedlicher Servicearme wurde kürzlich von Lehnert (2006) überprüft.

Eine weitere Möglichkeit der Belastungsreduzierung für den Melker wäre über die Verringerung der Melkzeuggewichte möglich. Auch Arborelius et al. (1986) verweisen auf die Wirksamkeit der Reduzierung des Lastgewichtes als Fazit ihrer elektromyografischen Untersuchungen. Bei den Melkzeuggewichten finden sich Unterschiede von bis zu 100% und mehr, das niedrigste Melkzeuggewicht liegt bei 1,2 kg, während das schwerste Modell 2,8 kg wiegt. Um aber einen hohen Ausmelkgrad zu erreichen, hat sich der Einsatz von schweren Melkzeugen als vorteilhaft gegenüber Melkzeugen unter 2 kg erwiesen (Rodens 2002). Günstig für die Handhabung der Melkzeuge sind auch möglichst flexible Schläuche. Am besten haben sich dabei ziehharmnikaförmige Schläuche erwiesen. Insgesamt sind Melkzeuge von ihrer Konstruktion her ähnlich aufgebaut, die vier Melkbecher münden alle in ein gemeinsames Sammelstück aus dem dann die Milch über einen gemeinsamen Schlauch abgeführt wird. Ein auf der Messe „EuroTier 2006“ in Hannover mit einer DLG-Goldmedaille ausgezeichnetes System (Multilactor, Siliconform, Deutschland) arbeitet erstmals ohne Sammelstück, wodurch die Melkbecher einzeln gegriffen werden und die notwendige statische Haltearbeit des gesamten Melkzeuges unter dem Euter überflüssig wird.

Neben der gerätetechnischen Ausstattung beeinflussen jedoch auch personenspezifische Parameter wie Körpergröße, Körperproportionen, das Geschlecht und die Arbeitsweise die Auswirkungen der Arbeit auf den Körper. Als dritte Gruppe von Einflussfaktoren sind die tierspezifischen Parameter zu benennen. Unterschiedliche Kuhgrößen, Euterformen und Verhaltensweisen üben ebenfalls einen Einfluss auf Belastung des Melkers aus, da der Ansetzprozess teilweise erschwert wird.

Eine genaue und all diese Einflussfaktoren berücksichtigende Analyse der Belastung bei verschiedenen Melkstandausstattungen wurde auf Basis der aktuellen Literatur bis jetzt noch nicht durchgeführt. Da weiterhin von einer hohen, jedoch im Vergleich zu älteren Melkstandtypen veränderten Belastung der Arbeitskräfte beim Melken auszugehen ist, sollten die Einflüsse unterschiedlicher Faktoren in den so genannten Gruppenmelkständen erfasst und bewertet werden. Dahin gehend wurde der Arbeitsprozess Ansetzen des Melkzeugs über Bewegungsanalysen und Zeitstudien genauer untersucht. Die Variation der technischen Ausstattungsparameter wie die Höhe der Melkflurkante, das Melkzeuggewicht oder der Abstand des Euters zum Melker wurden vorrangig untersucht.

2 Methodik

2.1 Bewegungsanalyse

Die Bewegungsanalyse ist eine in der Medizin, im Sport und in der Arbeitswissenschaft verbreitete Methode zur

objektiven Erfassung von Bewegungen unter Verwendung von am Körper befestigten Markern. In den Untersuchungen wurde ein auf passive, reflektierende Marker basierendes System angewendet (Jakob 2006). Mit Hilfe von zwei digitalen Videokameras (Canon XM 2) wurden die Arbeitsprozesse zunächst aufgezeichnet. Über die Auswertungssoftware (Simi Motion, Deutschland) konnten dann die Markerpositionen für alle Bildfolgen bestimmt werden. Bei guter Aufzeichnungsqualität erfolgt dies automatisch über Bilderkennungsalgorithmen. Eine gute Aufzeichnungsqualität ist dann gegeben, wenn sich der Marker in seiner ganzen Fläche kontrastreich von seiner Umgebung abhebt. Um eine dreidimensionale Betrachtungsweise zu ermöglichen, müssen mindestens zwei Kameras verwendet werden. Aus den Bild für Bild ermittelten Markerpositionen wurden dann 3-D-Raumkoordinaten berechnet, die für die Berechnung von Kenngrößen verwendet werden. Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau der Bewegungsanalysen.

Das Hauptaugenmerk bei den Bewegungsanalysen lag auf der Ermittlung der Expositionszeiten sowie der Haltung der Arme und des Oberkörpers.

Hierzu wurden die jeweils relevanten Körperpunkte mit reflektierenden, kugelförmigen Markern gekennzeichnet (Epicondylus lat., Acromium, Trochanter Major, Kopf). Die Marker wurden auf die Kleidung der Arbeitskräfte aufgeklebt. Um die beim Ansetzen eingenommenen Körperhaltungen aufzuzeichnen, musste der Arbeitsprozess dann von der Seite aufgezeichnet werden.

2.2 Arbeitsprozess und Varianten

Der Arbeitsprozess Ansetzen der Melkzeuge wurde zunächst im Versuchsmelkstand an einem Kunsteuter für die Gruppenmelkstand-Varianten Fischgräte 33° und Side-by-Side durchgeführt. Weiterhin wurden Untersuchungen in zwei Praxisbetrieben mit einem Fischgrätenmelkstand 33° sowie in einem Melkkarussell durchgeführt, unter anderem um die Praxistauglichkeit der Bewegungsanalyse zu überprüfen. Bei den Probanden handelte es sich um geübte Melkerinnen. Für den Versuchsmelkstand standen drei Melkerinnen zur Verfügung, zwei lagen mit ihrer Körpergröße im 50. Perzentil, die dritte im 25. Perzentil. Auf den Versuchsbetrieben hatten die Melkerinnen ebenfalls dem 50. Perzentil entsprechende Körpergrößen.

Die beiden Melkstandvarianten unterscheiden sich unter anderem im Stellungswinkel der Kuh zur Melkflurkante und somit in den Positionen des Euters im Verhältnis zum Melker (Bild 2). Beim Fischgrätenmelkstand steht die Kuh in einem Winkel von etwa 33° zur Melkflurkante, beim Side-by-side-System beträgt der Winkel 90°. Bei einem Winkel von 33° ist der Abstand der am weitesten entfernten Zitze daher höher. Das Melkkarussell entspricht in der Position der Kuh dem Fischgrätenmelkstand.

Der beobachtete Arbeitsprozess umfasst das Ergreifen der Melkeinheit mit einer Hand (haltender Arm) und das darauf folgende Ansetzen der vier Melkbecher an die Zitzen. In der Regel wird mit dem am weitesten entfernten Becher begonnen und die restlichen werden dann in Abhängigkeit von der Position des Melkers zur Kuh im oder gegen den Uhrzeigersinn angesetzt.

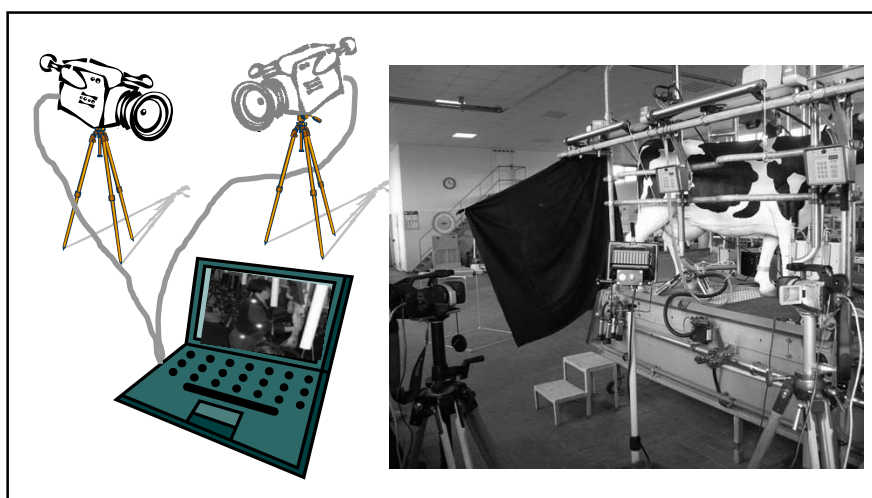


Bild 1: Schematischer Aufbau (links) der videobasierten Bewegungsanalyse und im Versuchsmelkstand (rechts)

Figure 1: Schematic (left) and experimental set up (right) of video based motion analysis

Illustration 1: Construction schématique (à gauche) de l'analyse de mouvement en salle de traite expérimentale (à droite) sur base vidéo

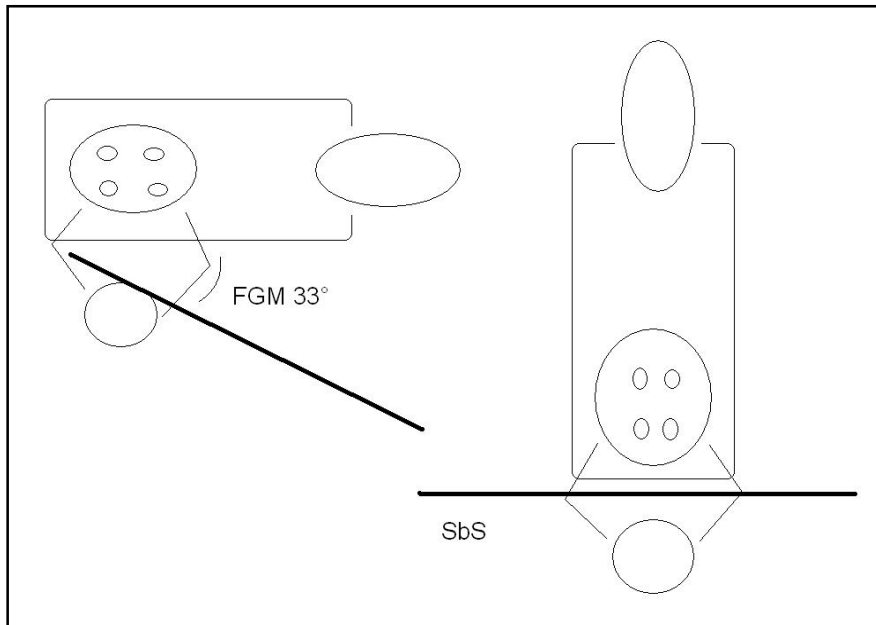


Bild 2: Skizze Position des Melkers zum Euter im Fischgräten- und Side-by-Side-Melkstand
Figure 2: View of milker and udder position for the herringbone and side-by-side milking parlour
Illustration 2: position du trayeur/pis dans la salle de traite en épi et salle de traite Side-by-Side (schéma)

Bild 3 dargestellt. Jeder Ablaufabschnitt beginnt mit dem Ergreifen des Zitzenbeckers und endet mit Loslassen des angesetzten Bechers. Die Standardabweichungen verdeutlichen die registrierten Schwankungsbreiten. Für den Gesamtprozess ergeben sich aus den Messungen etwa 10 Sekunden vom Ergreifen der Melkeinheit bis zum Ansetzen des letzten Zitzenbeckers. In diesem Zeitraum leistet der das Melkzeug haltende Arm statische Arbeit, wobei die wirkende Gewichtskraft mit jedem angesetzten Becher abnimmt. Auffallend sind die Messwerte für den Fischgrätenmelkstand beim Ablaufabschnitt vier. Hier wurden sowohl die höchsten Zeitwerte als auch die größte Streuung gemessen.

Da die Einzelzeiten der definierten Ablaufabschnitte für die Erfassung von Hand mit herkömmlichen computer-gestützten Mehruhrensyste-men sehr kurz sind, wurden sie aus den Videos ermittelt. Dies ermöglicht eine hohe Genauigkeit.

2.3 Interpretationsalgorithmen

Die für die Interpretation aufbereiteten Daten beinhalten unter anderem die theoretisch auf den Melker wirkenden Kräfte bei unterschiedlichen Melkstandausstattungen. Variiert wurden zwei unterschiedliche Melkzeuggewichte (1,4 und 2,5 kg) und der tatsächlich gemessene Abstand zwischen Schulter und Handgelenk (l). Diese Werte wurden in das Kraftgleichungssystem eingetragen und daraus das Kraftmoment berechnet:

$$M_F = m * l * g$$

M_F Kraftmoment
 m Melkzeuggewicht
 l Abstand Schulter Handgelenk

Aus den Bewegungsanalysen wurden auf der Basis der Markerkoordinaten die Abstände zwischen Handgelenk und Schulter ermittelt. Weiterhin wurde der Oberkörperwinkel im Verhältnis zur XZ-Ebene berechnet. Die x-Achse wurde im Rahmen der Kalibrierung parallel zur Melkflurkante angeordnet, die z-Achse ist die Vertikale.

Der Oberarmwinkel wurde aus der Stellung dreier Marker (Trochanter major,

Acromium und Epicondylus lat.) zueinander berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Zeitmessungen

Die benötigten Zeiten für das Ansetzen der einzelnen Melkbecher sind in

3.2 Bewegungsanalysen

Um das Melkzeug anzusetzen, muss die Arbeitsperson dieses von seiner Halterung zum Euter transportieren und es über den Zeitraum des Ansetzens im angemessenen Abstand unter dem Euter positionieren. Das Euter befindet sich mit seinem Mittelpunkt in einer lateralen Entfernung von 40 bis 50 cm

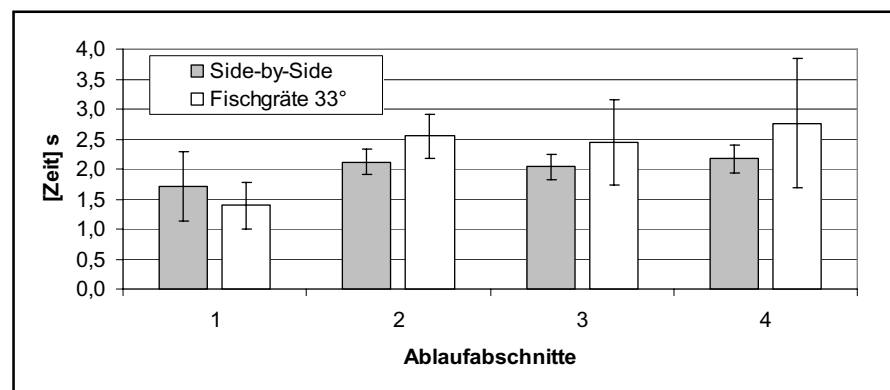


Bild 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der benötigten Zeiten für das Ansetzen von jeweils einem Melkbecher (Ablaufabschnitt 1-4) bei den untersuchten Melkstandtypen

Figure 3: Average and standard deviation for the duration of attaching the cups (1-4) for herringbone and side-by-side

Illustration 3: écart-type et moyen du temps nécessaire pour la pose de chaque gobelet trayeur (section 1-4) pour la salle de traite en épi et la salle de traite Side-by-Side



vom Körper des Melkers. Variationen im Abstand entstehen zum einen durch den Typ des Melkstandes, beim Fischgrätenmelkstand sind die Entfernungen größer, und zum anderen durch die Standposition der Kuh. Eine kleine Kuh rückt eventuell weiter nach vorne, d. h. vom Melker weg, und ist dann schwerer erreichbar. Über neue Systeme wie das „Indexing“ werden die Kühe entsprechend ihrer Größe in die dem Melker nächste Position gezwungen.

Die Reichweite nach vorn liegt bei Männern zwischen 66 und 79 cm, bei Frauen zwischen 62 und 76 cm. Hiervon ist die Körpertiefe abzuziehen, die bei Männern und Frauen zwischen 23 und 35 cm liegt. So bleiben Männern effektive 45 cm Armlänge Frauen hingegen nur 40 cm (Lange 1991).

Die Bewegungsanalysen ergaben, dass die Überwindung des angegebenen Abstands zwischen Melker und Kuh-euter nicht über die Streckung des Armes allein, sondern aus einer Kombination von Oberkörperneigung, Armstreckung und Anheben des Armes, erfolgt. Weiterhin handelt es sich nicht um eine einmal eingenommene statische Körperhaltung, sondern die Werte variieren im Prozessverlauf in Abhängigkeit von der Entfernung der Zitze zum Melker. Die beispielsweise für die Abduktion des Oberarms gemessenen Werte werden in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Je größer der gemessene Winkel ist, desto größer ist auch der

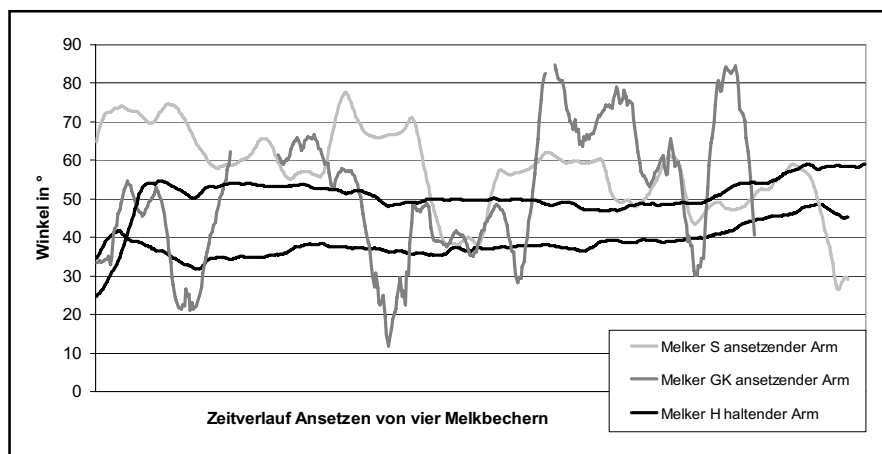


Bild 6: Winkelverlauf des Oberarms im Fischgrätenmelkstand für das Ansetzen von vier Melkbechern, Melker S ansetzender Arm, Melker H haltender Arm im Versuchsmelkstand, Melker GK im Praxisbetrieb

Figure 6: Course of the upper arm elevation during attaching the milking unit for the herringbone type; milker S attaching arm, Milker H holding arm both experimental milking stand, milker GK holding arm in practice

Illustration 6: Cours de bras dans la salle de traite en épi pour la pose de quatre gobelets trayeurs, trayeur S bras attache, trayeur H bras tenu dans la salle de traite expérimental, trayeur GK en pratique

Hebelarm, und mit ihm steigt die geleistete Haltearbeit. Die Mittelwerte der Winkel sind beim Side-by-Side-Melkstand etwas niedriger, auch die Schwankungsbreite ist geringer.

Die aufgezeichneten Mittelwerte der Oberkörperneigung zu einer gedachten vertikalen Achse lagen bei 17,6° im

Side-by-Side- und bei 21,1° im Fischgrätenmelkstand.

In Bild 6 sind die gemessenen Winkelverläufe für das einmalige Ansetzen eines Melkzeuges dargestellt. Der gleichmäßige Verlauf bei Melker H ist darauf zurückzuführen, dass es sich um den haltenden Arm handelt. Dennoch war zwischen zwei Wiederholungen bei gleichem Versuchsaufbau ein Unterschied von etwa 10° über den gesamten Verlauf erkennbar. Die beiden grauen Kurvenverläufe zeigen den Armwinkel des ansetzenden Armes auf. Die größten Schwankungen bzw. die stärkste Dynamik zeigte die Melkerin im Praxisbetrieb auf. Bei ihr wurden auch die größten Winkel gemessen.

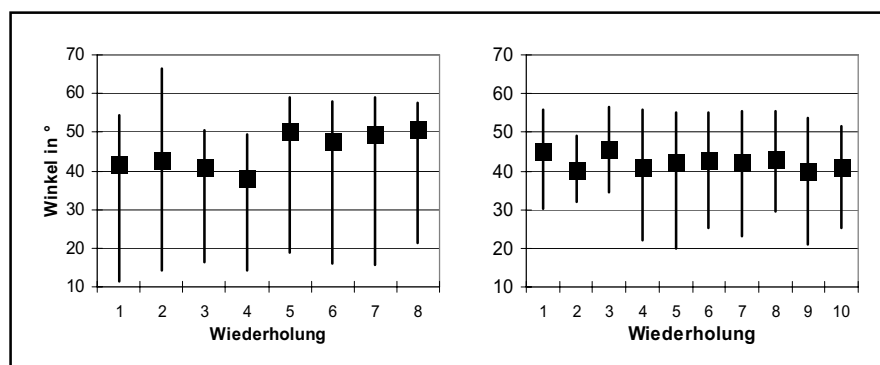


Bild 4/5: Spannweiten und Mittelwerte der Abduktion des ansetzenden Oberarms im Fischgräten- (links) und Side-by-Side-Melkstand (rechts)

Figure 4/5: Range and median angles of the upper arm elevation for herringbone (left) and side-by-side (right)

Illustration 4/5: Intervalle et moyenne d'élévation du bras dans la salle de traite en épi (à gauche) et salle de traite Side-by-Side (à droite)

3.3 Belastungsanalysen

Gemäß der DIN EN 1005-4 zur Risikobeurteilung bei der Arbeit an Maschinen werden Körperhaltungen und Bewegungen anhand von Zonenmodellen bewertet. Die Zone 2 liegt für die Oberarmhaltung im Winkelbereich von 20-60°. Die Werte oberhalb der Zone 2 sind in die Zone 3 einzuordnen. Statische Haltearbeit in Zone 3 ist nicht ak-

zeptabel, wobei dabei das zusätzliche Gewicht des Melkzeuges noch keine Berücksichtigung in der Norm findet und die Grenzen unter Last entsprechend der Gewichte neu zu definieren wären. Die gemessenen Winkel des haltenden Armes lagen bei Melker H in allen Fällen unterhalb der Zone 3.

Für niedrig frequente Bewegungen (< 2/min) ist die Zone 3 fallweise akzeptabel, nicht jedoch, wenn die Maschine über längere Zeit von ein- und derselben Person genutzt wird. Die Bewertung der Oberkörperneigung gemäß DIN EN 1005-4 erbrachte durchschnittlich 74% der Gesamtzeit bei einer Probandin im Fischgrätenmelkstand im Vergleich zu 42% im Side-by-Side Melkstand in der Zone 2. Dies entspricht einer akzeptablen Körperhaltung, solange die Maschine nicht über einen längeren Zeitraum genutzt wird.

Weiterhin wurden die Abstände zwischen dem an der Schulter befestigten Marker und dem Handgelenksmarker ermittelt. Letzterer wurde in Bild 7 als Hebelarm eingesetzt und daraus die theoretisch wirkende Kraft für zwei unterschiedlich schwere Melkzeuge berechnet (siehe 2.3). Basis der Berech-

nungen war das Gewicht von 1,4 kg für Melkzeug A und 2,5 kg für Melkzeug B. Je weiter der Arm ausgestreckt wird, desto höher ist auch die wirkende Kraft. Da die Durchführung des Gesamtprozesses letztlich in einer Kombination aus Oberkörperneigung, Abduktion und Streckung des Armes erfolgt, repräsentieren die Werte in Bild 5 nur einen Anteil an der insgesamt geleisteten Arbeit.

Im Bereich der gemessenen Beugewinkel des Oberkörpers entspricht die wirkende Kraft der Summe der von den kranial gelegenen Körperanteilen ausgeübten Biegemomente. Hinzuzurechnen ist die vom haltenden Arm ausgehende Kraft (Bild 7). Insgesamt ergibt sich daraus neben der zu leistenden statischen Haltearbeit ein Druck, der auf die Bandscheiben wirkt. Weiterhin bedeutet jede Abweichung von der aufrechten Standposition, also die Torsion oder Beugung, dass die die Wirbelsäule umspannende Muskulatur Haltearbeit zu verrichten hat.

Bild 8 zeigt die Winkelsumme für jeweils 500 Messwerte auf. Die Aufzeichnungsfrequenz beträgt 50 Hz. Insgesamt werden in dieser Darstellung

die bisher dargestellten Ergebnisse bestätigt. Je geringer die Summe ausfällt, desto geringer sind die Abweichungen der Körperhaltung von einer Neutralstellung desto geringer ist auch die Belastung. Die Summen der Oberarmwinkel im Fischgrätenmelkstand liegen bei den ersten vier Wiederholungen noch unterhalb der Side-by-Side Variante, die Trendlinie steigt jedoch im Verlauf der Wiederholungen. Die anderen Trendlinien sind nahezu konstant.

4 Diskussion

Ähnlich den Ansätzen, die im Projektmanagement angewendet werden, ließe sich im Rahmen der Belastungsmessung beim Melken von „harten und weichen Einflussfaktoren“ sprechen. Die so genannten „harten Faktoren“ sind die objektiv quantifizierbaren Größen, wozu beim Melken etwa das Melkzeuggewicht, die Körpergröße des Melkers oder der Abstand zwischen Melker und Euter zu zählen wären. Zu den „weichen Faktoren“ wiederum sind die nicht objektiv erfassbaren Parameter zu zählen wie beispielsweise die individuelle Arbeitsausführung in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik, der Leistungsgrad, welcher die benötigte Zeit beeinflusst, oder das individuelle Beanspruchungsempfinden. Die Summe aus allen Faktoren ergibt am Ende die Belastung, die in derart komplexen Fragestellungen sicher nur auf Teilaspekte bezogen beantwortet bzw. schrittweise Faktor für Faktor reduziert werden kann.

Die erfolgten Messungen sind daher zunächst als erster Schritt zu betrachten und dienen der objektiven und zeitlich hoch aufgelösten Erfassung der Ist-Situation, der Erfassung der auftretenden Faktoren bzw. um unterschiedliche Melkstandausstattungen anhand einzelner Faktoren gezielt miteinander zu vergleichen. Es wurde bewusst eine Methode eingesetzt, die vom Beobachter unabhängiges Datenmaterial ermittelt. Die bisher in diesem Bereich durchgeführten Risikobewertungen oder Vergleiche unterschiedlicher Systeme beruhen meist auf Befragungen oder Methoden auf Beobachtungsbasis.

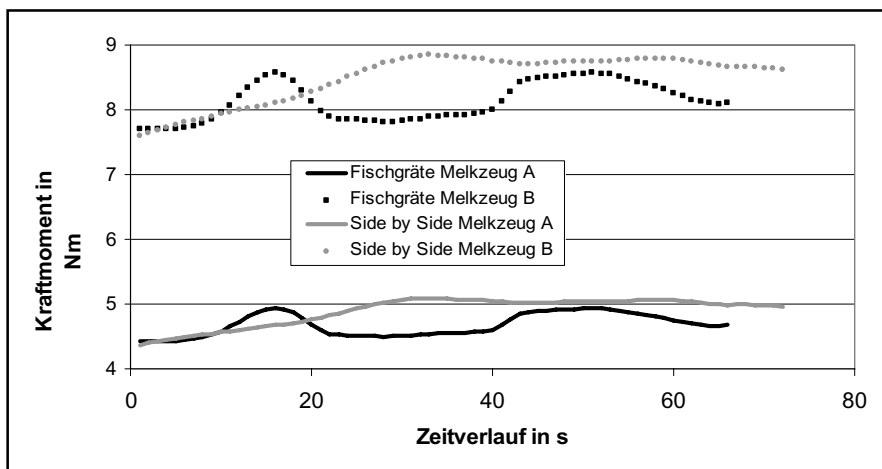


Bild 7: Am haltenden Arm auftretende Kraftmomente basierend auf den bewegungsanalytisch ermittelten Abständen zwischen Schulter und Handgelenk bei unterschiedlichen Melkzeuggewichten

Figure 7: Theoretical moment of torque based on the measured length of lever arm for two different weights of milking clusters

Illustration 7: Moments de torsion survenant au bras tenu basée à distance entre l'épaule et le poignet pour deux différent poids de faisceau trayeur

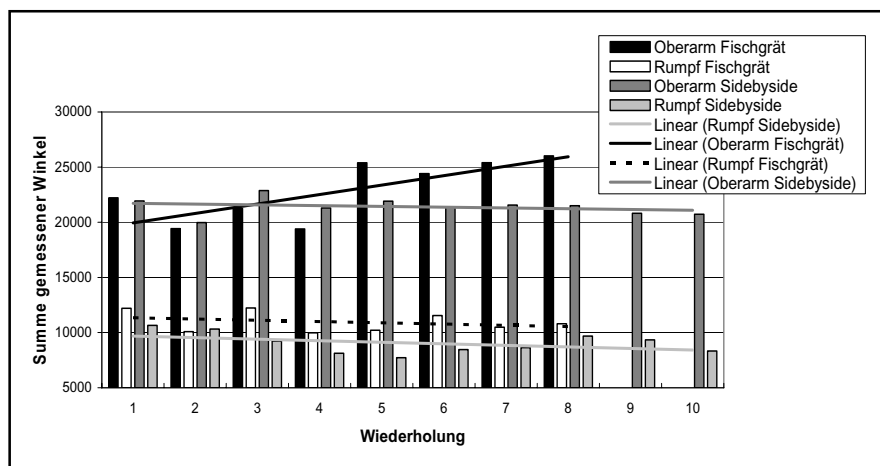


Bild 8: Summe der gemessenen Winkel aus 500 Messwerten für die Abduktion des haltenden Oberarmes und die Vorbeugung des Rumpfes im Versuchsmelkstand bei den Varianten Fischgräte und Side-by-Side bei einer Versuchsperson

Figure 8: Sum of 500 measured angles for the upper arm elevation of the holding arm as well as the trunk inclination for one test person and both types of milking parlour

Illustration 8: Somme des angles mesurés de 500 valeurs mesurées pour l'élévation du bras tenu et inclinaison du tronc pour une personne et les deux salles de traite

Die detaillierte Erfassung der Ist-Zeiten ermöglicht die Kalkulation der Expositionszeiten. Setzt ein Melker also 600-mal am Tag das Melkzeug an, so muss sein das Melkzeug haltender Arm insgesamt rund 1,7 Stunden das Melkzeug halten. Je nach Melkzeuggewicht variiert dabei das auf den Arm wirkende Kraftmoment. Je nach eingenommener Körperhaltung wiederum verteilt sich die Belastung auf die Wirbelsäule, die Schulter- und Nackenmuskulatur und die Armmuskeln. Da die Entfernung des Euters vom Melker in der Regel die effektive Reichweite des Armes übersteigt, erfolgt in jedem Fall eine Vorbeugung des Oberkörpers. Entsprechend der größeren Entfernung zwischen der am weitesten entfernten Zitze und dem Melker waren im Fischgrätenmelkstand auch die Messwerte höher. Insgesamt ist aber trotz der standardisierten Bedingungen im Versuchsmelkstand am Kunsteuter eine große Variation in den Messwerten zu verzeichnen. Dies beruht letztlich auf den so genannten weichen Faktoren, wie z. B. auf der jeweiligen individuell variierenden Arbeitsausführung. Besonders große Schwankungen und im Vergleich zum Versuchsmelkstand hohe Werte zeigten die Ansetzvorgänge, die in einem Praxisbetrieb aufgenommen wurden (Bild 6). Derartige

Schwankungen erschweren die Bewertung der unterschiedlichen Einflussfaktoren.

Die Aufsummierung aller Messwerte (Bild 8) unter Angabe der Anzahl der Werte und der Aufzeichnungsfrequenz ermöglicht einen ersten objektiven Vergleich der verschiedenen Varianten, aber auch die Möglichkeit verschieden große oder schnelle Probanden miteinander zu vergleichen. Diese Summe könnte bei gleicher Aufzeichnungsfrequenz als Dosis bezeichnet werden.

Wendet man die DIN EN 1005-4 für die Risikobewertung der Arbeit an Maschinen für das Ansetzen von Melkzeugen an, so ist festzustellen, dass ein großer Teil der Körperhaltungen nur im bedingt akzeptablen Bereich liegt. Für die weitergehende Risikobewertung ist die zusätzliche Erfassung der Bewegungsfrequenz sowie der Gesamtarbeitszeit an der Maschine notwendig. Diese wiederum wird nach einer U-Kurve bewertet, die anzeigt, dass das Gesundheitsrisiko ansteigt, wenn eines der Kurvenenden erreicht wird. An den Kurvenenden liegen jeweils die statische Haltearbeit und die hochfrequenten Bewegungen. Die in der Norm dargestellten Zonen berücksichtigen nicht die Arbeit unter „Last“, wie im Fall des

Melkens das notwendige Heben des Melkzeugs. Schwergewichtige Werkzeuge beeinflussen das Bewertungsergebnis, in welchem Umfang dies der Fall ist erfordert weitergehende Untersuchungen.

Nach Untersuchung einiger der so genannten „harten Faktoren“ lässt sich feststellen, dass auch im modernen Melkprozess je nach Ausstattung und Körpergröße des Melkers davon ausgegangen werden kann, dass es zu ermüdenden und schmerzhaften Bewegungen im Arbeitsprozess kommt. Die eingangs beschriebenen technischen Hilfsmittel wie z. B. Servicearme, Hubböden oder Indexing helfen, diese Risikofaktoren zu verringern, weil dadurch das Lastgewicht oder der Abstand zwischen Melker und Kuh reduziert werden. Dies setzt jedoch die jeweils richtige Nutzung dieser Hilfen voraus. Die individuelle Anpassung über den Hubboden beispielsweise hat zur Voraussetzung, dass bei mehr als einem Melker, alle Melker innerhalb der Gruppe ähnlich groß sind. Die großen Schwankungen zwischen den Versuchspersonen innerhalb einer Variante verdeutlichen aber auch den großen Einfluss der Arbeitskräfte bzw. der „weichen Faktoren“.

Weitere Untersuchungen sind geplant, um den Einfluss von Melkzeuggewicht und Körperhaltung zu quantifizieren. Außerdem sollen langfristig ergonomische Richtlinien zur Melkarbeit entwickelt werden.

Literatur

Arborelius, U. P.; Ekholm, J.; Nisell, R.; Nemeth, G.; Svensson, O.: Shoulder load during machine milking – an electromyographic and biomechanical study, *Ergonomics* 29 (12) S 1591-1607 1986

Auernhammer, H.: Wie schwer ist die Melkarbeit? DLG-Mitteilungen 23 1234-1237 1987

Caffier, G.; Steinberg, U.; Liebers, F.: Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungsbeurteilung im Zusammenhang



mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Forschung Fb 850, Dortmund/Berlin, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1999

DIN EN 1005-4: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen; Deutsche Fassung EN 1005-4:2005

Hecker, R.: Physikalische Arbeitswissenschaft. 1. Aufl. - Berlin: Köster 1998

Jakob, M.: Einführung in die Bewegungsanalyse über automatische, bildoptische Markertracking. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 56, Potsdam-Bornim/Bonn 2006

Konietzko, J.; Dupuis, H. (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin: Arbeitsphysiologie, Arbeitspathologie, Prävention. Bd. 3. Landsberg/ München/ Zürich: ecomed S. 4 Kap. IV - 9.12.1 1992

Lange, W.: Kleine ergonomische Datensammlung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 6. Auflage, Köln, Verlag TÜV Rheinland 1991

Lehnert, S.: Servicearme: Was sie wirklich leisten. Top agrar 5, S. 16-20 2006

LKV Brandenburg: Jahresbericht 2004

Lundqvist, P.: Working environment in farm buildings. LBT, Rapport 58, Dissertation, Lund 1988

Pinzke, S.: Towards the good work. Methods for studying Working Postures to Prevent Musculoskeletal Disorders with farming as Reference Work. Doctoral thesis 1999

Pinzke, S.: Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. Ann Agric Environ Med 2003, 10, 185-195 2003

Reinemann, D. J.: A Review of Studies on the Ergonomics of Milking. University of Wisconsin Milking Research and Instruction Lab: 1-2 2005

Rodens, B.: Neuer Schwung aus Irland. dlz, 11/2002, S. 88-91 2002

Rose, S.: Untersuchung mechanischer Belastungen am Euter bei verschiedenen Melk-systemen. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik des AK Forschung und Lehre

der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 436 2005

Stål, M.: Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Female Machine Milkers - An Epidemiological, Clinical and Ergonomic Study. Doctoral Dissertation Lund University: 1-3 1999 (http://www.lub.lu.se/cgi-bin/show_diss.pl?db=global&frame=me...)

Stål, M.; Juliszewski, T.: Analysis of wrist angles and movements applied to machine milking. Farm Work Science Facing the Challenges of the XXI Century. Proceedings XXIX CIOSTA CIGR V Congress, Krakow, Poland, 25-27 June, 2001, pp. 273-276 2001

Stål, M.; Pinzke, S.; Hansson, G.-Å: The effect on workload by using a support arm in parlour milking. International Journal of Industrial Ergonomics 32 (2003): 121-132 2003

Anschrift der Verfasser

Dr. rer. agr. Martina Jakob

Dr. rer. Agr. Sandra Rose

Prof. Dr. agr. habil. Reiner Brunsch

Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim e.V.

Max-Eyth-Allee 100

D-14469 Potsdam-Bornim

E-Mail: mjakob@atb-potsdam.de

Das erfolgreiche Lehrbuch in der Neuauflage!



Heinz Schuler Lehrbuch Organisations- psychologie

Mitherausgeber: Hermann Brandstätter, Walter Bungard, Siegfried Greif, Eberhard Ulich und Bernhard Wilpert.
4., aktual. Aufl. 2007. 696 S., 61 Abb., 34 Tab., 4 Übersichten, Gb € 59.95 / CHF 99.00
ISBN 978-3-456-84458-9

Das Lehrbuch verbindet die wissenschaftlichen mit den praktischen Aspekten der Organisationspsychologie, erschließt ein weitreichendes Verständnis der Rolle des Menschen in Arbeitsorganisationen und eröffnet den Zugang zu konkreten Gestaltungsmöglichkeiten.

Erhältlich im Buchhandel oder über
www.verlag-hanshuber.com

HUBER