

Validierung der automatischen Erfassung der physischen Beanspruchung von MelkerInnen beim Melken in Melkständen oberösterreichischer Betriebe

Elisabeth QUENDLER¹, Magdalena MAYRHOFER¹, Bernhard PRINZ²,
Alfred NIMMERICHTER²

*¹ Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur
Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien*

*² Training und Sport, Fachhochschule Wiener Neustadt,
Johannes Guttenberg Straße 3, A-2700 Wiener Neustadt, Austria*

Kurzfassung: Die körperlichen Auswirkungen der aktuellen Melktechnik österreichischer Milchviehbetriebe auf die physische Beanspruchung von Männern und Frauen sind nicht bekannt. Geschlechtsspezifische Kennzahlen zur Arbeitsbeanspruchung bei der Melkarbeit im Melkstand nach Arbeitsvorgängen fehlen gänzlich in der Literatur. Ziel der Arbeit war daher das automatisierte sensorische Messen der physischen Beanspruchung während der Melkarbeit über den Sauerstoffverbrauch (VO₂), die Herzfrequenz (HF) und den Energieumsatz (AkJ, Watt) sowohl mit teurer präziser als auch kostengünstiger Messtechnik. Die Messungen wurden auf vier Milchviehbetrieben in Oberösterreich bei acht Personen, vier männlichen und vier weiblichen MelkerInnen im Alter von 45 bis 52 Jahren, durchgeführt. Die Messdaten wurden in den Melkstandtypen Side-by-Side und Fischgräten Swing-Over während der Melkarbeit mit einem Metamax3B Spirometer und dem Movisens EKG- und Aktivitätssensor erhoben. Der Melkprozess wurde nach Vorbereitungsarbeit, Melkprozess und Nachbereitungsarbeit differenziert analysiert. Dieser dauerte durchschnittlich 86 AKmin und wurde mit einem durchschnittlichen Sauerstoffverbrauch von 46.5 l/h und einer Herzfrequenz von 98 bpm verrichtet. Ein Überschreiten der Dauerleistungsgrenze von 60 l/h war bei den Vor- und Nachbereitungsarbeiten gegeben. Bei der Melkarbeit wurde mit 32.4% (VO₂ in % von VO_{2max}) eine moderate Beanspruchung und mit 143 W/m² ein mittlerer Energieumsatz ermittelt. Während der Melkarbeit war die Beanspruchung bei den Melkerinnen um 9.2% (VO₂ in % von VO_{2max}) höher als bei den Melkern. Eine Reduzierung der physischen Arbeitsbeanspruchung bei den Vor- und Nachbereitungsarbeiten ist durch zusätzliche Pausen, langsames Arbeitstempo, Arbeitsteilung sowie technische Hilfsmittel erzielbar. Die AkJ pro Minute bei der Melkarbeit, die mit dem präzisen Metamax3B Spirometer (teurer Messtechnik) ermittelt sowie über die Sauerstoffverbrauchswerte berechnet wurden, waren im Mittel um 419 % höher als jene nach den Movisens-Messwerten ermittelten Mittelwerte, die der preiswerte Aktivitätssensor mit Algorithmen, über linear interpolierte Beschleunigungswerte der Herzfrequenz, errechnete.

Schlüsselwörter: Arbeitsbeanspruchung, Melken, Melkstand, Geschlecht, Energieverbrauch, Herzfrequenz

1. Problemstellung

Die Milchviehhaltung ist einerseits durch einen hohen Arbeitsaufwand sowie andererseits durch einen hohen Anteil an regelmäßig sich wiederkehrenden und zeitgebundenen Arbeiten geprägt (Wolkersdorfer, 2012).

Nach Auernhammer (1989) ergibt sich die Arbeitsbeanspruchung aus der körperlichen und geistigen Tätigkeit unter Einwirkung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebung. In Abhängigkeit von der technischen und baulichen Ausstattung ist die Melkperson verschiedenen belastenden Situationen ausgesetzt (Hoehne-Hückstädt, 2009). Für Jakob et al. (2007) haben Parameter wie geschlechtsspezifische Körpergröße und Körpergewicht sowie Schulterhöhe und Armlänge einen Einfluss auf die Arbeitsbelastung. Es wurden einige Untersuchungen zu Muskel- und Skeletterkrankungen beim Melken durchgeführt, es fehlen aber Studien, die die Auswirkungen verschiedener Melksysteme und der Ausstattung moderner Melkstände auf die physische Beanspruchung des Melkers belegen (Hoehne-Hückstädt, 2009, Quendler et al., 2016). Ahonen et al. (1990) verweisen auf die Notwendigkeit von Untersuchungen, die die Höhe der physischen Beanspruchung sowie Belastung durch neuere Melksysteme aufzeigen.

Das Ziel dieser Arbeit war daher die geschlechtsspezifische Erfassung (Evaluierung) der physischen Beanspruchung während der Melkarbeit über den Sauerstoffverbrauch (VO_2), die Herzfrequenz (HF) und den Energieumsatz (AkJ, Watt) sowie das Evaluieren der Messgenauigkeit von kostenintensiven und preiswerten Messgeräten über die ermittelten mittleren Energieumsätze.

2. Material und Methode

Die Untersuchung wurde auf vier oberösterreichischen Milchviehbetrieben mit 8 MelkerInnen durchgeführt. Das Alter dieser lag im Mittel bei 50 Jahren (STABW=2.4) ($n=8$) und der mittlere Body-Mass-Index betrug 24.4 kg/m^2 (STABW=3.5) ($n=8$).

Die ProbandInnen molken in den Melkstandtypen 2x4 Swing-Over Fischgräten-Melkstand (FG) ($n=4$) und 1x4 Side by Side ($n=2$) sowie 2x4 Side by Side ($n=2$) Melkstand. Die Melkstände, die Melkgruben und die Melkeinheiten wurden mit einem Hochdruckreiniger ($n=2$) oder einem Wasserschlauch mit Spritzdüse ($n=2$) gereinigt. Während der Datenaufnahme wurden mittlere Temperaturen und relative Luftfeuchtwerte im Melkstand von 10.5 °C und 69.2% ($n=8$) erreicht. Die Arbeit beim täglichen Melken umfasste die Vorbereitungsarbeiten in und außerhalb der Melkgrube (Milchtank vorbereiten, Milchfilter einlegen, Melkeinheiten vorbereiten, Kühe in den Wartebereich treiben, Vakuumpumpe einschalten,...), den Melkprozess in der Melkgrube (Euter reinigen, Vormelken, Melkeinheiten anhängen/kontrollieren/abnehmen,...) und die Nachbereitungsarbeiten in und außerhalb der Melkgrube (Vakuumpumpe ausschalten, Milchfilter entnehmen, Melkeinheiten nachbereiten, Melkstand reinigen, Milchtank nachbereiten,...).

Die physischen Beanspruchungen während der Melkarbeit sowie nach Arbeitsteilvorgängen wurden über den Sauerstoffverbrauch (VO_2) in l/h, ml/min/kg und in % von VO_{2max} mit dem Metamax3B Spirometer (Cortex Biophysik, Leipzig) und die Herzfrequenz (HF) in bpm mit dem Movisens EKG- und Aktivitätssensor messtechnisch erfasst, den Arbeitsenergieumsatz (AkJ, Watt) dokumentierten beide Geräte.

Zur Bestimmung des Energieumsatzes und der individuellen Arbeitsbeanspruchung wurde der gemessene Sauerstoffverbrauch als valide Referenz herangezogen.

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), die maximale Leistung (P_{max}) und die maximale Herzfrequenz (HF_{max}) der MelkerInnen wurden mit dem Stufentest auf einem elektronisch gebremsten Ergometer (Daum 8008 TRS, Fürth, Deutschland) bestimmt.

Das Datenmaterial wurde deskriptiv mit dem Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel 2007) ausgewertet. Zur Überprüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Geschlechtern sowie den Messgeräten wurde der t-Test für unverbundene Stichproben sowie der Wilcoxon-Test herangezogen. Das Signifikanzniveau wurde mit $P \leq 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die erreichten maximalen Leistungen am Fahrradergometer der MelkerInnen (n=8) lagen über den Richtwerten, die bei einem durchschnittlichen Alter von 50 Jahren bei Frauen mit 110 Watt und Männern mit 180 Watt festgelegt sind (Hartmann et. al., 2013). Der maximale Sauerstoffverbrauch betrug zwischen 28 und 45 ml/min/kg. Auch die VO_{2max} Werte befanden sich innerhalb der Normwerte, die mit 30 bis 50 ml/min/kg, abhängig von Geschlecht und Alter für nicht ausdauertrainierte Erwachsene, vorgegeben sind (Meyer und Kindermann, 1999).

Der mittlere Sauerstoffverbrauch von 11.0 Milliliter pro Minute und Kilogramm der MelkerInnen (n=8) während des Melkprozesses, der durchschnittlich 86 AKmin dauerte, lag unter der Dauerleistungsgrenze (DLG). Der errechnete Sauerstoffverbrauch in ml/min/kg in Prozent des maximalen Sauerstoffverbrauches in der Höhe von 32,4 % entsprach einer moderaten Beanspruchung (Tab. 1).

Tabelle 1: Mittlere Sauerstoffaufnahme in ml/min/kg sowie in % des VO_{2max}, Herzfrequenz in bpm und mittlerer Arbeitsenergieumsatz (AEUST) in kJ/min mit Standardabweichungen beim Melkprozess der MelkerInnen (n=8) und nach Geschlecht

Melkprozess	VO ₂ ml/min/kg	VO ₂ % von VO _{2max}	HF ¹⁾ Bpm	AEUST ¹⁾ AkJ/min	AEUST ²⁾ AkJ/min
MelkerInnen (n=8)	11.0±0.9	32.4±7.9	97±16.5	2.1±0.5	11.3±2.6
Melker (n=4)	10.7±1.0	27.8±4.1	88±4.6	2.5±0.3	13.2±1.9
Melkerinnen (n=4)	11.3±0.9	37.0±8.4	105±20.8	1.7±0.3	9.3±1.5

¹⁾ Daten mit Movisens EKG und Aktivitätssensor erhoben

²⁾ Daten mit MetaMax3B erhoben

Im absoluten Sauerstoffverbrauch (in l/h) wurden signifikante Unterschiede zwischen Melker und Melkerinnen ermittelt ($0.0048 < 0.05$; s.). Bei den Männern war die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme um 16.3 l/h höher als bei den Frauen. Dies ist damit zu erklären, dass der absolute Sauerstoffverbrauch (VO₂) die Körpermasse nicht berücksichtigt und die Melker im Mittel um 29 kg schwerer und 10 cm größer als die Melkerinnen waren. Aufgrund der anthropometrischen Daten ist der relative Sauerstoffverbrauch besser geeignet, um genauere Aussagen über die individuelle Belastung zu treffen und Personen miteinander zu vergleichen (Spomedial, 2001).

Der durchschnittliche Sauerstoffverbrauch bei der Vorbereitungsarbeit in l/h der Melkerinnen lag um 5 l/h über dem Grenzwert der DLG und unterschied sich signifikant von jenem der Melker ($0.0353 < 0.05$, s.). Bei der Nachbereitungsarbeit (15 min) unterschritt dieser den Grenzwert der DLG.

Bei den Männern bestand während der Vor- (65.1 l/h) und Nachbereitungsarbeit (67.5 l/h) eine Überschreitung der DLG von 60 l/h nach der UNI EN ISO Norm 8996. Bei den Männern wurde der Grenzwert mit bis zu 7.5 l/h überschritten und auch jener der Nachbereitungsarbeiten differierte signifikant vom mittleren Sauerstoffverbrauch der Frauen ($0.0002 < 0.05$; s.).

Die Melkarbeit verursachte einen mittleren Energieverbrauch von 134 Watt/m²* (n=8), auch die Teilabschnitte Vorbereitungsarbeiten mit 174 Watt/m², Melken mit 134 Watt/m² und Nachbereitungsarbeiten mit 169 Watt/m² - der einem mittleren Energieumsatz sowie einer mittleren Beanspruchung entsprach.

Gemäß dieser Ergebnisse könnte die Melkarbeit ohne eine zunehmende muskuläre Ermüdung während eines Arbeitstages von acht Stunden ausgeübt werden. Durch die Untergliederung des Melkprozesses in Teiltätigkeitsbereiche, Vor- und Nachbereiten für das Melken und das eigentliche Melken und eine Differenzierung der Mittelwerte nach diesen, waren Überschreitungen der DLG bei den Vor- und Nachbereitungsarbeiten gegeben.

Bei der Vorbereitungsarbeit wurde bei den Frauen die DLG (12 AkJ/min) um 0.5 AkJ/min überschritten. Bei den Männern kam es während der Nachbereitungsarbeit mit 0.4 AkJ/min zu einer Überschreitung der DLG (17 AkJ/min).

Im mittleren Arbeitsenergieumsatz des Melkprozesses bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Melkern und Melkerinnen ($0.0184 < 0.05$; s.). Die Männer haben im Vergleich zu Frauen einen höheren Muskelanteil und verbrauchten folglich bei derselben Tätigkeit mehr Energie, worauf dieser Unterschied beruht (Lauber & Schmalstieg, 2001, Weineck, 2004).

Die durchschnittliche Herzfrequenz (n=8) während des Melkprozesses verhielt sich immer unter 110 bpm (Hartmann et al., 2013).

Die mittleren Sauerstoffverbräuche, Arbeitsenergieumsätze und Herzfrequenzen von Vor- und Nachbereitungsarbeiten verhielten sich sehr ähnlich, bedingt durch ähnliche Tätigkeiten und Körperbewegungen. Die niedrigen Energieumsätze beim eigentlichen Melken sind auf die monotone und ständig wiederholende Hand- und Armtätigkeit im Stehen mit teilweise langsamen Gehen durch den Wechsel der Melkstandseite zurückzuführen.

Eine Minderung der körperlichen Beanspruchung während der Vor- und Nachbereitungsarbeit sowie Unterschreiten der DLG kann durch Arbeitsteilung, technische Hilfsmittel (Kuhreiber), zusätzliche Pausen im Arbeitsablauf oder Reduzierung der Geschwindigkeit erzielt werden (Quendler et al, 2017a).

Die AkJ/min, die anhand der Sauerstoffverbrauchsmesswerte des präzisen Spirometers (Metamax3B) berechnet wurden, waren um durchschnittlich 418% höher als jene des Movisens EKG- und Aktivitätssensors, die dieser mit Algorithmen, über die Herzfrequenz auf der Basis von Beschleunigungswerten, errechnete. Die Arbeitsenergieumsatzmittelwerte der beiden Geräte für den Melkprozess unterschieden sich hoch signifikant ($0.0001 < 0.05$; h.s.). Nach Birte von Haaren et al. (2011) und Quendler (2017b) neigt der Movisens Aktivitätssensor auch beim Bergaufgehen sowie bei Lasthandhabung ohne Beschleunigung - ohne Fortbewegung durch Gehen - dazu, den Energieumsatz nicht adäquat zu berechnen.

4. Literatur

- Auernhammer, H (1989) Methodische Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Beurteilung der Arbeitsbelastung. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 3. Hrsg, 322-323.
- Birte von Haaren, Gnam, J-P, Härtel, S, Löffler, S, Helmholdt, S, Anastasopoulou, P, Bös, K 2011 Energieumsatzmessung mit Aktivitätssensoren – Validität des kmsMove-Akzelerometers. Institut für Sport und Sportwissenschaft, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 1.
- Hartmann, B, Spallek, M, Ellegast, R (2013) Arbeitsbezogene Muskel- und Skeletterkrankungen. Ecomed, 32-35.
- Hoehne-Hückstädt, U, Kauke, M (2009) Arbeitsbelastung beim Melken. ART-Schriftreihe 9. 59-60.
- Jakob, M, Rose, S, Brunsch R. (2007) Einfluss Melkstandausstattung auf die Arbeitsbelastung des Melkers. Zeitschrift für Arbeitswissenschaften (61): 173-181.
- Lauber, A, Schmalstieg, P (2007) Verstehen & Pflegen 2. 2. Aufl. Thieme Verlag KG. 268.
- Meyer, T. und Kindermann, W. (1999) Standards in der Sportmedizin, die maximale Sauerstoffaufnahme. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 285.
- Quendler, E, Mayrhofer, M, Prinz, B, Nimmerichter, A (2017a) Comparative determination of physical stress and strain on milkers in milking parlours on dairy farms in Upper Austria, using ECG, an activity sensor and spirometer. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, Vol 24, No 2:294-298
- Quendler, E, Trieb, K, Nimmerichter, A (2017) Validation of automated detection of physical and mental stress during work in a Hühnermobil 225. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, Vol 24, No 2:329-331.
- Spomedial (2001) Atmung der Frau. http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e9012/e9017/e9295/e9327/index_ger.html. (Abruf am, 22.7.2015).
- Spomedial (2001) Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max). http://www.dshs-koeln.de/imb/spomedial/content/e866/e2442/e3862/e4009/e4019/index_ger.html. (Abruf am, 12.6.2015).
- Weineck, J. (2004) Sportbiologie. 9. Aufl., Spitta Verlag & Co. KG. Deutschland, 171.
- Wolkersdorfer, F. (2012): Automatisches Melken in Oberösterreich – Erfahrungen und Empfehlungen aus und für die Praxis, 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 77-80.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt den landwirtschaftlichen Betriebsleitern und der AUVA, die das Erheben der Daten für diese Studie ermöglicht und unterstützt haben.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de