

Optimierung der Arbeitshaltung beim Anhängen des Melkzeuges

Empfehlungen zur idealen Arbeitshöhe der Standfläche verschiedener Melkstandtypen

Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

Problemstellung	2
Methoden	2
Ergebnisse und Diskussion	3
Schlussfolgerung	7
Literaturnachweis	8



Analyse der Arbeitsbelastung im Melkstand mit dem CUELA-System (Fotos: Agroscope).

Autoren

Marianne Cockburn
Pascal Savary
Matthias Schick

Die Melkarbeit ist im Melkstand ergonomisch günstiger als im Anbindestall. Trotzdem sind bei vielen Tierhalterinnen und Tierhaltern, die ihre Tiere im Laufstall halten, häufig Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems erkennbar. Beschwerden entstehen insbesondere in den oberen Extremitäten des Körpers sowie im Bereich des Nackens und der Schultern. Diese Bereiche werden beim Anhängen des Melkzeuges stark beansprucht.

Ziel dieser Studie war daher eine objektive Analyse und Bewertung der physischen Arbeitsbelastung in verschiedenen Melkstandtypen anhand der Körperhaltungen bei der jeweiligen Melkroutine.

Die Ergebnisse zeigen, dass nicht vorrangig der Melkstandtyp über das Ausmass

der Arbeitsbelastung bestimmt, sondern die Interaktion des Melkstandtyps mit dem Verhältnis von Melkergrösse und Euterbodenhöhe. Die betriebsspezifische Betrachtung der Grössenverhältnisse des Melkpersonals und der Herde sind somit ausschlaggebend für eine ergonomisch optimierte Gestaltung des Melkstandes. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchung wurde für Autotandem-, Fischgräten-30°, Fischgräten-50°, Side-by-Side- und Karussell-Melkstände ein individueller Koeffizient für den jeweiligen Melkstandtyp ermittelt. Anhand der durchschnittlichen Melkergrösse und der Euterbodenhöhe kann mit diesem Koeffizienten die optimale Höhe der Standfläche für jede Melkerin und jeden Melker bestimmt werden.



Problemstellung

Obwohl Milchviehhalterinnen und Milchviehhalter das Melken im Melkstand als physisch wenig anstrengend beurteilen (Kauke *et al.* 2010), wurde es bereits mit ungünstigen ergonomischen Haltungen in Verbindung gebracht (Jakob *et al.* 2009; Jakob *et al.* 2012; Pinzke *et al.* 2001; Stål *et al.* 2003). Dies könnte erklären, weshalb viele Milchviehhalterinnen und Milchviehhalter unter Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems leiden (Kauke *et al.* 2010; Kolstrup *et al.* 2010; Stål *et al.* 1996).

Beim Melken im Melkstand wurde besonders während des Anhängens des Melkzeugs eine hohe Belastung festgestellt. Die einseitigen und wiederholten Abläufe beim Ansetzen des Melkzeugs führen, insbesondere bei Melkerinnen, zu Problemen im Bereich der Unterarme und Handgelenke (Stål 1999). Dies liegt daran, dass Melkzeuge, die bis zu drei Kilogramm wiegen können, in einer statischen Haltung in Kombination mit unvorteilhaften Körperhaltungen angehoben werden (Pinzke *et al.* 2001).

Die Ergonomie während des Melkens wird von verschiedenen Einflussgrößen, zum Beispiel vom Melkstandtyp, von der Standflächenhöhe, der Euterhöhe und der Personen-grösse, bestimmt. Die vorliegende Studie analysiert den Einfluss dieser Parameter auf mögliche gesundheits-schädigende Körperhaltungen bei der Melkroutine «Anhängen».

Methoden

Körperhaltungsanalyse

Das CUELA-System (Computerunterstützte Erfassung und Langzeitanalyse zur Erfassung von Bewegungen des Muskel-Skelett-Systems) wird für die Körperhaltungsanalyse eingesetzt. Das System erfasst die Dauer und die Intensität der Beugewinkel verschiedener Gelenke (Ellegast *et al.* 2009). Diese Flexionswinkel ergeben sich aus Messungen der Gelenkpositionen, die der Proband während der untersuchten Melkung durchgeführt hat. So können Rückschlüsse über die Haltung während der Arbeit gezogen werden. CUELA nutzt Bewegungssensoren, um die Inklination und Torsion, also den Bewegungsraum verschiedener Gelenke, zu erfassen. Wenn ein Arm zum Beispiel gebeugt wird, verkleinert sich der Winkel des Ellbogengelenks (Flexion), wird der Arm hingegen gestreckt, vergrössert sich der Winkel (Extension).

Das vorliegende Experiment nutzte CUELA, um die Flexionswinkel von 35 verschiedenen Gelenken zu messen. Diese waren am Körper verteilt angebracht, befanden sich jedoch vorwiegend im Bereich der Arme, Beine und Wirbelsäule. Das System wurde am Melker angebracht (Abb. 1) und erfasste die Bewegungen der fokussierten Gelenke mit einer Abtastrate von 50 Hertz. Parallel dazu wurden die Arbeitsabläufe mit Video aufgezeichnet.

Versuchsaufbau und Probanden

Die Studie wurde unter Praxisbedingungen bei insgesamt 15 Schweizer Milchviehbetrieben durchgeführt. Die folgenden Melkstandtypen wurden auf je drei Betrieben analysiert: Autotandem (ATD), Fischgräten 30° (FG 30°), Fischgräten 50° (FG 50°), Side by Side (SbS) und Karussell. Auf jedem Betrieb wurde die Körperhaltung von zwei Personen jeweils während einer Melkung (abends) erfasst. Insgesamt wurden die Daten von 30 Probanden (4 weiblich

und 26 männlich) aufgenommen (Tab. 1). Die Probanden waren erfahrene Melkerinnen und Melker. Sie waren sowohl mit dem Melkstand als auch mit den Kühen vertraut.

Datenverarbeitung

Die erfassten Daten wurden mit der Statistiksoftware WIDAAN ausgewertet (Winkel-Daten-Analyse, IFA, Sankt Augustin, Deutschland). Das WIDAAN-Programm gab die Ergebnisse der Messungen in Form von Perzentil-Werten (5^{ten}, 25^{ten}, 50^{ten}, 75^{ten} und 95^{ten}) wieder. Mit den Perzentil-Werten konnte die Verteilung der Winkel-daten analysiert werden. WIDAAN stellte zudem die Daten mittels einer virtuellen Figur dar und verknüpfte diese mit den Videoaufzeichnungen. Die gemessenen CUELA-Daten konnten so manuell den Routinearbeiten «Anrüsten», «Vormelken», «Melkeinheit-Einschwenken», «Melkzeug-Anhängen» und «Dippen» unterteilt werden. Da das Ansetzen des Melkzeugs als körperlich belastend eingestuft wurde, fokussiert die vorliegende Untersuchung auf diesen Arbeitsprozess (Pinzke *et al.* 2001; Kauke *et al.* 2010).

Für die Bewertung der Haltung sind für 25 der 35 gemessenen Gelenke Richtwerte aus Normen und aus der arbeitswissenschaftlichen Literatur verfügbar (ISO 11226; DIN EN 1005-4; Drury 1987; Hoehne-Hückstädt *et al.* 2007; McAtamney und Corlett 1993). Dabei wurden für die individuellen Gelenke Winkelbereiche kategorisiert und die Belastungssituation als «günstig», «bedenklich» oder «ungünstig» bewertet. Am Beispiel der Rumpfnähe stellt Abbildung 2 die Winkelbereiche für die Bewertung der Haltung für diesen Körperbereich nach ISO-Norm 11226 dar. Alle bewerteten Gelenke und Körperregionen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Die Arbeitshöhe im Melkstand als Summe von Standflächen- und Euterbodenhöhe variiert von Kuh zu Kuh und beeinflusst somit die Körperhaltung der Melkerin und des Melkers stark. Um die Arbeitshöhe zwischen den Melkständen zu vergleichen, wurde ein Koeffizient kreiert, der das Verhältnis von Körpergrösse der Probanden und Arbeitshöhe widerspiegelt:

Formel 1 (Koeffizient)

$$(\text{Standfläche} + \text{Euterbodenhöhe}) : \text{Körpergrösse}$$

Ein Koeffizient von 0,7 bedeutet, dass die Euterbodenhöhe 70 % der Körpergrösse der Melkperson entspricht. Tabelle 1 zeigt die Spanne zwischen Minimal- und Maximalwerten der erfassten Koeffizienten je nach Melkstandtyp.

Die Daten wurden in der Statistiksoftware R mit dem linearen gemischten Modell analysiert, wobei der Melkstandtyp und der Koeffizient als fixe Effekte sowie der Betrieb und die Kuh als zufällige Effekte behandelt wurden. Statistisch geprüfte Unterschiede bezogen sich auf die Winkel-daten des 5^{ten}, 50^{ten} und 95^{ten} Perzentils, um sowohl den Median als auch extreme Haltungen auszuwerten.

Modell-Entwicklung

Der statistische Output (Modellschätzung) wurde in einer mathematischen Kalkulation genutzt, um Werte für die Koeffizienten zwischen 0,7 und 1,0 (in 0,05-Intervallen) zu modellieren. Damit wurde ermittelt, bei welchem Koeffizienten die Werte aus ergonomischer Sicht am vorteilhaftesten



Abb. 1: Melker mit CUELA-System bei der Arbeitsroutine «Anrüsten».

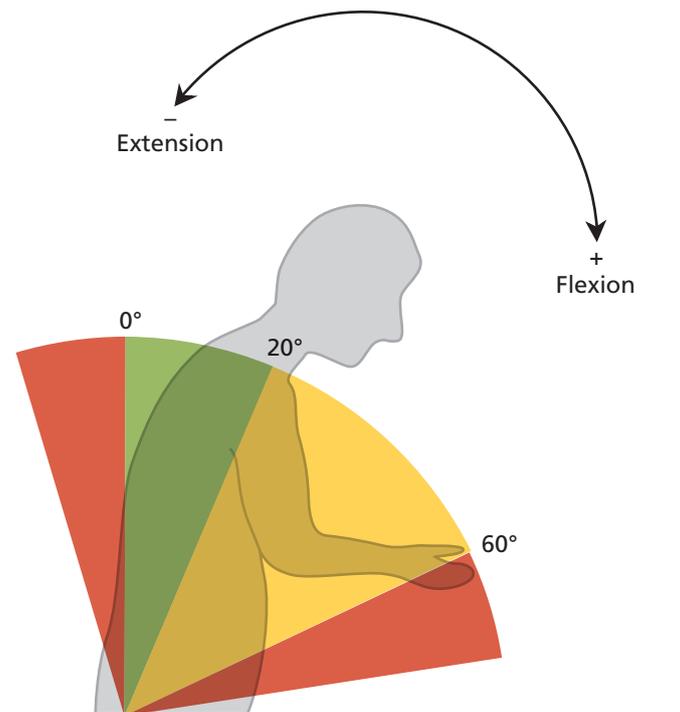


Abb. 2: Definierte Winkelbereiche (günstig: grün; bedenklich: gelb; ungünstig: rot) für die Bewertung der Körperhaltung des Rumpfes in Flexion und Extension (Bewegungsrichtungen).

Tab. 1: Probanden- und Melkstandeigenschaften (Mittelwert \pm Standardabweichung) sowie Koeffizient (minimale und maximale Werte) nach Melkstandtypen.

Melkstandtyp	Probanden (= Melkerinnen und Melker)				Melkstand			Koeffizient	
	Alter (Jahre)	Körpergröße (cm)	Schulterhöhe (cm)	Gewicht (kg)	Standflächenhöhe (cm)	Gerüsthöhe (cm)	Melkzeuggewicht (kg)	Min.	Max.
Autotandem	34 \pm 14	172 \pm 7	142 \pm 8	81 \pm 21	90.4 \pm 1.7	164.9 \pm 7.6	2.9 \pm 0.6	0.72	1.09
Fischgräte 30°	36 \pm 12	177 \pm 4	146 \pm 4	81 \pm 12	92.4 \pm 4.0	155.2 \pm 8.6	2.6 \pm 0.4	0.70	0.96
Fischgräte 50°	46 \pm 5	176 \pm 4	146 \pm 4	77 \pm 7	92.0 \pm 3.1	165.6 \pm 3.7	3.1 \pm 0.2	0.71	0.94
Side by Side	36 \pm 10	176 \pm 5	146 \pm 5	75 \pm 16	99.1 \pm 7.3	169.4 \pm 3.9	2.7 \pm 0.0	0.71	0.98
Karussell	33 \pm 11	176 \pm 4	146 \pm 5	83 \pm 11	91.6 \pm 3.8	168.4 \pm 8.0	2.6 \pm 0.6	0.67	0.93

ten sind. Diese Daten wurden genutzt, indem die Summe aller Werte im «günstigen» Bereich (des 5^{ten}, 50^{ten} und 95^{ten} Perzentils) für jeden Melkstandtyp und für die unterschiedlichen Koeffizienten errechnet wurde. Die grösste Häufigkeit an Werten im positiven Bereich zeigte an, bei welchem Koeffizienten die besten Verhältnisse vorlagen. Wenn 100 % der modellierten Daten eines Koeffizienten im positiven Bereich lägen, würde dies demzufolge 25 vorteilhafte Körperhaltungen bei je drei Perzentilen bedeuten und so bei 75 liegen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Arbeitshöhe beim Melken im Melkstand hängt von der Höhe des Euterbodens und der Standfläche ab. Bei allen untersuchten Betrieben lag der Median der Euterbodenhöhe, gemessen von der Standfläche, cirka zwischen 50 und 60cm (Abb. 3). Dabei lagen die Minimal- und Maximalwerte innerhalb einer Herde bis zu 30cm auseinander.

Daher wurde in dieser Studie eine durchschnittliche Euterbodenhöhe von 55cm als Grundlage für die Berechnung der optimierten Arbeitshöhe angenommen.

Die gemessenen Standflächen waren bei den Melkstandtypen ATD, FG 30°, FG 50° und Karussell im Durchschnitt um 90cm, beim Typ SbS hingegen fast 100cm hoch, wobei die Spanne bei diesem Melkstandtyp am grössten war (Tab. 1). Diese Werte entsprechen den Empfehlungen von Billon (2009), der eine höhere Standfläche für SbS-Melkstände empfiehlt.

Die Körpergröße der Probanden lag im Mittel zwischen 172 und 177 cm (Tab. 1). Die Verteilung dieser Körpermasse war für die jeweiligen Melkstandtypen relativ homogen, einzig im Melkstand ATD melkte eine 160cm grosse Person.

Mit den ausgewählten Betrieben konnte eine balancierte Datenbasis bezüglich Arbeitshöhe definiert werden. Diese widerspiegelt sich in den Koeffizienten, die nach Melk-

Tab. 2: Übersicht über Gelenke und Körperregionen, mit denen die Körperhaltung in Anlehnung an Normen und an die arbeitswissenschaftliche Literatur bewertet wurde. Für alle Gelenke sind die positiven und negativen Bewegungsrichtungen beschrieben.

Gelenk/Körperteil	Sensor Nummer	Bewegungen	positive/negative Werte
Kopf	15 16	Neigung Seitneigung	+ nach vorne / - nach hinten + nach rechts / - nach links
Halswirbelsäule	5 6	Lateralflexion Flexion/Extension	+ nach rechts / - nach links + nach vorne / - nach hinten
Rumpfneigung und Rumpfseitneigung	22 23 21	Flexion/Extension Lateralflexion Torsion	+ nach vorne / - nach hinten + nach rechts / - nach links + nach rechts / - nach links
Rückenkrümmung	19 20	Seitneigung Neigung	+ nach vorne / - nach hinten + nach rechts / - nach links
Kniegelenk	13 (links) / 14 (rechts)	Flexion/Extension	+ nach vorne / - nach hinten
Schultergelenk	28 (links) / 29 (rechts) 30 (links) / 31 (rechts) 32 (links) / 33 (rechts)	Ad-/Abduktion Flexion/Extension Innen-/Aussenrotation	+ zum Körper hin / - zur Seite + nach vorne / - nach hinten + Innenrotation / - Aussenrotation
Ellbogengelenk	3 (links) / 4 (rechts)	Flexion/Extension	+ Flexion / - Extension
Unterarm	34 (links) / 35 (rechts)	Pronation/Supination	+ einwärts / - auswärts
Handgelenk	9 (links) / 10 (rechts) 7 (links) / 8 (rechts)	Radial-/Ulnarabduktion Flexion/Extension	+ nach innen / - nach aussen + Flexion / - Extension

standtypen zwischen 0,7 und 1,0 lagen (Tab. 1). Aufgrund dessen wurde eine Modellierung der Daten für die Bestimmung einer optimalen Höhe der Standfläche durchgeführt. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über den Anteil von «ungünstigen» Haltungen der jeweiligen Gelenke unabhängig vom Melkstandtyp wieder. Diese Prozentwerte wurden aus den originalen von CUELA gemessenen Winkelwerten in den 5^{ten}, 50^{ten} und 95^{ten} Perzentilen gerechnet. Mit weniger als 20 % «ungünstigen» Haltungen über alle Perzentile zeigten der Rumpf in Lateralflexion und Rotation, der Rücken in Seitenneigung und das Handgelenk in Flexion und Extension die geringste Belastung. Am stärksten

belastet (über 40 % der Messungen des 50^{ten} Perzentiles im «ungünstigen» Bereich) waren der Kopf, die Halswirbelsäule, die Ellbogengelenke, die Kniegelenke, alle in Flexion und Extension, die Schultergelenke in Ad- und Abduktion sowie in Flexion und Extension. Diese Ergebnisse bestätigen frühere Studien, die von einer erhöhten Belastung des Nackenbereichs, der Ellbogen, der Knie und der Schultern berichten.

Weiter war zu erkennen, dass die beiden Ellbogen im 50^{ten} Perzentil zu über 70 Prozent in einer «ungünstigen» Körperhaltung agierten und somit am stärksten belastet waren. Die Ellbogen sollten cirka in einem 90°-Winkel (zwischen 60° und 100°) agieren, um eine Belastung der Gelenke zu minimieren. Dafür muss nach Billon (1985) sowie nach Tuure und Alasuutari (2009) das Euter so nah wie möglich bei der Melkerin oder dem Melker stehen.

Die Distanz zwischen der Melkperson und dem Euter wird stark von der Euterbodenhöhe und der Kuhposition beeinflusst. Letztere hängt vom Melkstandtyp ab. Dies zeigt Abbildung 4 deutlich. Mit der Ausnahme von FG 30° beugte sich bei allen Melkern der linke Ellenbogen in Richtung eines 90°-Winkels mit zunehmender Euterbodenhöhe beziehungsweise mit zunehmendem Koeffizienten. Dabei konnte nur beim Melkstandtyp FG 50° und beim Typ SbS bei einem Koeffizienten von 1,0 eine günstige Haltung der Ellbogengelenke mit einem Winkel deutlich über der unteren Grenze von 60° erreicht werden. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der Empfehlung von Billon (2009), die bei den FG-50°- und SbS-Melkständen eine um 10 cm höhere Standfläche als beim FG-30°-Melkstand vorgibt.

Eine höhere Standfläche hat allerdings einen negativen Einfluss auf die Haltung der Schultergelenke in Flexion. Je höher der Euterboden ist, umso mehr bewegt sich das Schultergelenk nach vorne. Beim Anhängen des Melkzeugs zeigten die CUELA-Messungen, dass das Schultergelenk sich ausschliesslich in einer bedenklichen Haltung

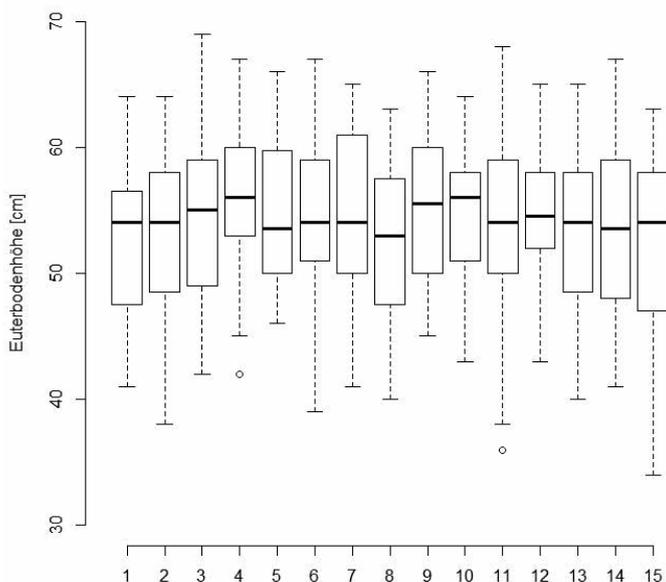


Abb. 3: Gemessene Euterbodenhöhe in den einzelnen Betrieben. Die Boxplots zeigen das untere Quartil, den Median und das obere Quartil (Box) sowie die Spanne zwischen Minimal- und Maximalwert (gestrichelte Linie).

Tab. 3: Anteil von «ungünstigen» Haltungen in Prozent des 5^{ten}, 50^{ten} und 95^{ten} Perzentsils im Mittel über alle Melkstandtypen nach Gelenken, Körperbereichen und Bewegungen.

Gelenk/Körperbereich	Sensornummer	Bewegung	Perzentil		
			5 ^{tes}	50 ^{tes}	95 ^{tes}
Kopf	15	Neigung	73	45	17
	16	Seitneigung	68	51	68
Halswirbelsäule	5	Lateralflexion	53	33	57
	6	Flexion/Extension	89	62	36
Rumpfneigung und Rumpfseitneigung	22	Flexion/Extension	39	20	7
	23	Lateralflexion	2	1	4
	21	Torsion	0	0	0
Rückenkrümmung	19	Seitneigung	2	0	1
	20	Neigung	46	30	19
Kniegelenk	13 (links)	Flexion/Extension	26	41	69
	14 (rechts)		33	50	76
Schultergelenk	28 (links)	Ad-/Abduktion	9	31	53
	29 (rechts)		33	62	82
	30 (links)	Flexion/Extension	11	39	71
	31 (rechts)		17	45	75
	32 (links)		25	12	13
33 (rechts)	Innen-/Aussenrotation	17	6	25	
Ellbogengelenk	3 (links)	Flexion/Extension	94	70	19
	4 (rechts)		100	77	23
Unterarm	34 (links)	Pronation/Supination	23	4	27
	35 (rechts)		14	9	30
Handgelenk	9 (links)	Radial-/Ulnarduktion	50	28	24
	10 (rechts)		13	3	16
	7 (links)	Flexion/Extension	3	0	2
	8 (rechts)		0	0	5

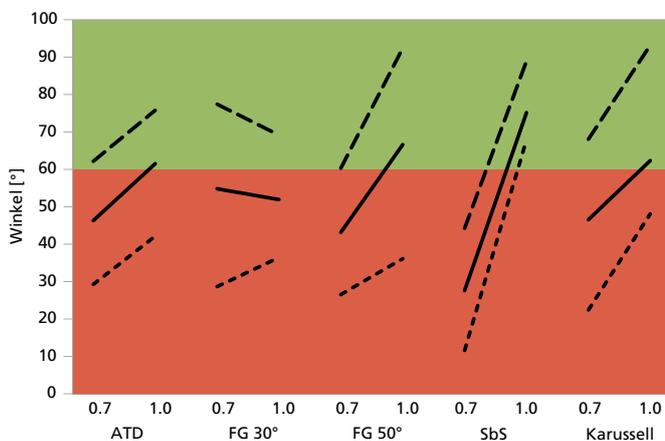


Abb. 4: Winkelwerte des linken Ellenbogens (Flexion) in Abhängigkeit des Verhältnisses von Körpergröße und Arbeitshöhe (Koeffizient zwischen 0,7 und 1) und des Melkstandtyps (ATD = Autotandem, FG = Fischgräten, Sbs = Side by Side). Dargestellt sind Modellschätzungen für das 5^{te}, 50^{ste} und 95^{ste} Perzentil (untere, mittlere und obere Gerade).

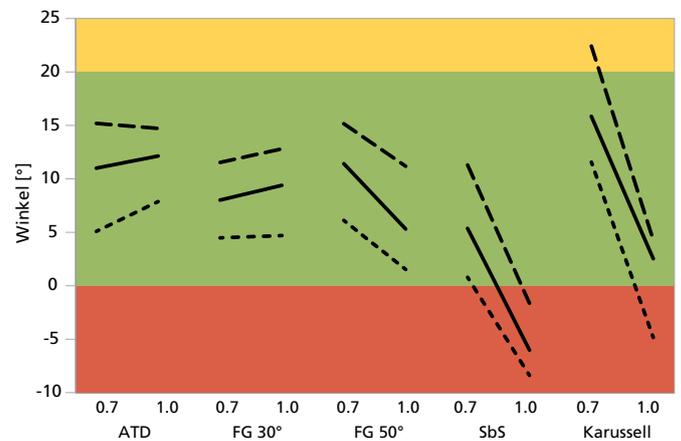


Abb. 5: Winkelwerte der Rumpfneigung (Flexion und Extension) in Abhängigkeit des Verhältnisses von Körpergröße und Arbeitshöhe (Koeffizient zwischen 0,7 und 1) und des Melkstandtyps (ATD = Autotandem, FG = Fischgräten, Sbs = Side by Side). Dargestellt sind Modellschätzungen für das 5^{te}, 50^{ste} und 95^{ste} Perzentil (untere, mittlere und obere Gerade).

befand. Bei einem Verhältnis von Körpergröße und Arbeitshöhe von 1,0 war es bei den Melkstandtypen ATD, FG 50° und Karussell sogar in einer ungünstigen Position. Der Einfluss der Arbeitshöhe auf die Flexion des Schultergelenks wurde auch bei Jakob *et al.* (2012) sowie bei Tuure und Alasuutari (2009) nachgewiesen.

Gegen eine Erhöhung der Standfläche sprachen zudem die Winkelwerte der Halskrümmung. Je höher der Euterbo-

den, umso häufiger war der Hals in einer Extension. Die negativen Winkelwerte bedeuten, dass die hintere Halsmuskulatur kontrahiert wurde. Eine Kontraktion der Rumpfmuskulatur wurde auch beim Typ Sbs mit hoher Standfläche erfasst (Abb. 5). Die Rumpfposition war mehrheitlich in einer günstigen Haltung. Bei den Melkstandtypen ATD, FG 30° und 50° war der Einfluss der Euterbodenhöhe relativ gering.



Abb. 6: Beispiel eines Hubbodens in einem Melkstand.

Die oben genannten Ergebnisse weisen auf ein antagonistisches Verhältnis zwischen verschiedenen Gelenken hin. Dies hat zur Folge, dass niemals alle Gelenke während des gesamten Arbeitsabschnittes «Melkzeug-Anhängen» in einem ergonomisch günstigen Bereich liegen können. Dadurch kann die ideale Einstellung der Standfläche keine Arbeitshöhe bewirken, bei der ausschliesslich günstige Körperhaltungen eingenommen werden. Tabelle 4 zeigt anhand der Modellschätzungen unter Berücksichtigung von Koeffizient und Melkstandtyp die Anzahl der Gelenke in einer günstigen Haltung. Der maximale Wert von 75 wird nie erreicht. Zudem ist es ersichtlich, dass die ideale Arbeitshöhe melkstandtypspezifisch ist.

Ausschlaggebend hierbei war das Verhältnis zwischen Körpergrösse und Euterbodenhöhe (ausgedrückt durch den Koeffizienten). Der Melkstandtyp FG 50° wies die höchste Anzahl an günstigen Haltungen des Körpers bei Koeffizienten zwischen 0,7 und 0,75 auf (Tab. 4). Ab einem Koeffizienten von 0,9 nahm die Anzahl der Gelenke in einem «positiven» Bereich stark ab. Die Melkstandtypen ATD und FG 30° hatten die höchsten Werte bei Koeffizienten von 0,8 beziehungsweise 0,7, zeigten aber mehr als 40 günstige Haltungen über eine grössere Koeffizientenspanne. Diese beiden Melkstandtypen sind somit ergonomisch toleranter, was die Arbeitshöhe anbelangt. Zwar zeigten die Melkstandtypen SbS und Karussell eine geringere

Tab. 4: Anzahl der Gelenke im positiven ergonomischen Bereich bei einem bestimmten Koeffizienten nach den Modellschätzungen.

(Der maximal erreichbare Wert, bei dem alle Messungen durchgehend im «günstigen» Bereich sind, liegt bei 72). Die hervorgehobenen Werte zeigen für jeden Melkstandtyp an, bei welchen Koeffizienten die maximale Anzahl an vorteilhaften Messungen über das 5^{te}, 50^{ste} und 95^{ste} Perzentil erreicht werden kann.

Melkstandtyp	Koeffizient						
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
Autotandem	44	45	45	46	45	45	39
Fischgräte 30°	42	41	40	42	42	40	42
Fischgräte 50°	48	49	46	42	37	39	36
Side by Side	42	40	38	38	33	34	32
Karussell	39	41	40	36	34	35	34

Anzahl günstiger Haltungen, die Unterschiede waren insgesamt jedoch eher gering. Trotzdem wäre bei den beiden Melkstandstypen eine tiefere Standfläche im Gegensatz zur bisherigen Praxis ergonomisch gesehen zu empfehlen. Beim SbS-Melkstand ist dies aber mit gewissen Einschränkungen verbunden. Das Kotblech, das dem Schutz von Melktechnik und Melker dient, wird in der Regel schräg in Richtung der Melkgrube montiert und würde im Fall einer tieferen Höhe die Bewegungsfreiheit des Melkers einschränken. Beim Melken durch die hinteren Beine ist zudem die Sicht auf das Euter und insbesondere auf die vorderen Zitzen bereits geringer als beim seitlichen Melken. Eine tiefere Standfläche würde dies noch verschärfen. Zwar müssen die Zitzen beim Ansetzen des Melkzeuges nicht zwingend sichtbar sein, jedoch bei der Kontrolle der Zitzen auf Sauberkeit und Verletzungen (Art. 10 Abs. 4 und Art. 12 Abs. 5; VHyMP 2011). Beim SbS-Melkstand ist es deswegen wichtig, einen Kompromiss zwischen Ergonomie und hygienischen Anforderungen zu finden.

Warum das Karussell etwas schlechter abschneidet als die anderen Melkstandstypen kann nicht eindeutig erklärt werden. Auf Grund der Position der Kühe in einem 30°-Winkel wäre ein ähnliches Ergebnis wie im FG-30°-Melkstand zu erwarten. Es wird vermutet, dass sich die Bewegung der Kühe auf dem Karussell-Melkstand negativ auf die Körperhaltung auswirkt. Bei den drei untersuchten Karussellen drehte sich die Standfläche des Melkers nicht parallel zur Standfläche der Kühe. Dies hat zur Folge, dass eine Rotation des Rumpfes in Drehrichtung sowie eine verstärkte Schulterflexion entstehen kann, wenn der Melker nicht mitläuft. Abbildung 5 stellt im 50^{sten} Perzentil für den Karussell-Typ höhere Winkelwerte bei der Schulterflexion dar, was für diese Hypothese spricht.

Anhand des Koeffizienten (Tab. 4) kann eine Formel genutzt werden, um die ergonomisch ideale Standflächenhöhe für jeden Melkstandtyp und jede Körpergrösse von Melkerinnen und Melkern zu errechnen:

Formel 2

(Körpergrösse [cm] x Koeffizient) – Euterbodenhöhe [cm]

Diese Formel stellt eine Grundlage für die Auswahl und die Planung eines Melkstandes dar. Sie ermöglicht unter Berücksichtigung der Herde (durchschnittliche Euterbodenhöhe) und vor allem des Melkpersonals, dass auf die individuellen Eigenschaften des Betriebes eingegangen werden kann. Melken regelmässig mehrere Personen abwechselnd eine Herde, empfiehlt sich bei Neubauten die Verwendung eines Hubbodens (Abb. 6). Die ergonomisch ideale Arbeitshöhe kann somit anhand der vorliegenden Formel für jede Melkerin und jeden Melker eingestellt werden. Falls eine solche flexible Lösung nicht vorgesehen wird, ist es umso wichtiger, eine betriebspezifische Grubentiefe zu bauen. Da die Euterbodenhöhe einen erheblichen Einfluss auf die Variation der idealen Standflächenhöhe hat, ist es auch wichtig, die mittlere Euterbodenhöhe der Herde gut abzuschätzen.

Schlussfolgerung

Die Studie zeigt deutlich, dass die optimale Körperhaltung der Melkerin und des Melkers sehr stark von den Parametern Melkstandtyp und Körpergrösse abhängt. Dies führt zu erheblichen Unterschieden in der ergonomisch optimalen Standflächenhöhe. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie ergeben tiefere Höhen, als sie bisher in der Praxis empfohlen wurden. Eine tiefere Arbeitshöhe führt zu einer Entlastung insbesondere der Schulter und des Nackens. In Anbetracht des relativ hohen Anteils von Schweizer Melkerinnen und Melkern mit Beschwerden in diesen Bereichen des Muskel-Skelett-Systems (Kauke *et al.*, 2010) ist eine tiefere Arbeitshöhe zu empfehlen, allerdings nur unter der Bedingung, dass die Sicht auf das Euter beziehungsweise auf die Zitzen nicht eingeschränkt ist.

Literaturnachweis

Billon P., 2009. La traite des vaches laitière. Guides France Agricole.

Cockburn M., Savary P., Kauke M., Schick M., Hoehne-Hückstädt U., Hermanns I. & Ellegast R., 2015. Improving ergonomics in milking parlors: Empirical findings for optimal working heights in five milking parlor types. *Journal of Dairy Science* 98 (2), 966–974.

DIN EN 1005-4. Menschliche körperliche Leistung, Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Beuth, Berlin, 2002.

Drury C.B., 1987. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Seminars in Occupational Medicine* 2, 41–49.

Ellegast R., Hermanns I. & Schiefer C., 2009. Workload Assessment in Field Using the Ambulatory CUELA System. In: *Proceedings of the Second International Conference Digital Human Modeling – ICDHM 2009*. San Diego/USA, 221–226.

Höhne-Hückstädt U., Herda C., Ellegast R., Hermanns I., Hamburger R. & Ditchen D., 2007. Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremitäten – Entwicklung eines Systems zur Erfassung und arbeitswissenschaftlichen Bewertung von komplexen Bewegungen der oberen Extremität bei beruflichen Tätigkeiten. BGIA-Report 2.

ISO 11226. Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit. Beuth, Berlin, 2000.

Jakob M. & Liebers F., 2009. The influence of working heights and weights of milking units on the body posture of female milking parlor operatives. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal* 11, 1–10.

Jakob M., Liebers F. & Behrendt S., 2012. The effects of working height and manipulated weights on subjective strain, body posture and muscular activity of milking parlor operatives – Laboratory study. *Applied Ergonomics* 43 (4), 753–761.

Kauke M., Hermanns I., Höhne-Hückstädt U., Schick M. & Ellegast R., 2009. Analysis and assessment of workloads via CUELA using the example of the milking procedure. *BAB* 66, 22–30.

Kauke M., Korth F., Savary P. & Schick M., 2010. Arbeitsbelastung auf modernen Milchviehbetrieben am Beispiel des Arbeitsverfahrens «Melken»: ART-Tagungsband. Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung. In: 24. IGN-Tagung, Ettenhausen, 90–93.

Kolstrup C., Douphrate D. I., Pinzke S., Stål M., Lundqvist P., Rosecrance J.C. & Reynolds S.J., 2010. Musculoskeletal symptoms among U.S. and Swedish dairy workers. In: *Proc. 7th Intl. Conf. on Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS2010)*, 108. University of Angers, France.

McAtamney L. & Corlett E.N., 1993. RULA: A survey method for the investigations of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 24 (2), 91–99.

Pinzke S., Stål M. & Hansson G.Å., 2001. Physical workload on upper extremities in various operations during machine milking. *Annals of agricultural and Environmental Medicine* 8, 63–70.

Stål M., Moritz U., Gustafsson B. & Johnsson B., 1996. Milking is a high-risk job for young females. *Scand. J. Rehab. Med.* 28 (2), 95–104.

Stål M., 1999. Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Female Machine Milkers. An epidemiological, clinical and ergonomic study. Dissertation Lund University, Schweden.

Stål M., Pinzke S., Hansson G.Å., Kolstrup C., 2003. Highly repetitive work operations in a modern milking system. A case study of wrist positions and movements in a rotary system. *Ann. Agric. Environ. Med.* 10, 67–72.

Tuure V.M. & Alasuutari S., 2009. Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 66, 48–54.

VHyMP, 2011. Verordnung des EDI über die Hygiene in der Milchproduktion. SR. 916.351.021.1. Der Schweizerische Bundesrat, Bern.

Impressum

Herausgeber	Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, www.agroscope.ch
Auskünfte	Pascal Savary E-Mail: pascal.savary@agroscope.admin.ch
Gestaltung und Druck	Sonderegger Publish AG, Weinfelden
Download	www.agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2015
Adress-änderungen	Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Bern E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch (bitte Abonnementsnummer angeben, die sich auf der Adressticket befindet)
ISSN	2296-7206 (print), 2296-7214 (online)