

## **Lärm und Vibrationen im Melkstand – Auswirkungen auf das Tier**

### ***Noise and vibration in the milking parlour – Effects on the animal***

MAREN KAUCHE, PASCAL SAVARY, DUSAN NOSAL, MATTHIAS SCHICK

FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE RECKENHOLZ-TÄNIKON ART, TÄNIKON, CH-8356 ETTENHAUSEN

### **Zusammenfassung**

*Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, anhand geeigneter ethologischer und physiologischer Parameter das Ausmaß der Belastung von Lärm und Vibrationen auf das Tier zu erfassen.*

*In einem Autotandem-Melkstand wurden mittels spezieller Lautsprechersysteme verschiedene Lärm- und Vibrationsintensitäten erzeugt (Variante A: 70 dB(A) / 0,5 m/s<sup>2</sup>; Variante B: 80 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>; Variante C: 80 dB(A) / 0,5 m/s<sup>2</sup>; Variante 0: 70 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>) wobei die Varianten A, B und C während jeweils während drei Wochen durchgeführt wurden. Variante 0 fungierte als Kontrollvariante und wurde jeweils im Anschluss an die Varianten A, B und C untersucht. Die Datenerhebung umfasste Verhaltensparameter, die Herzfrequenz während des Melkens sowie die Eutergesundheit.*

*Sowohl Lärm (Variante A) und Vibrationen (Variante B) als auch die Kombination davon (Variante C) führten zu einem signifikanten Anstieg der Anzahl Tiere mit eingeklemmtem Schwanz. Variante C führte zudem zu einem tendenziell häufigeren Auftreten von Koten und Harnen während des Aufenthalts im Melkstand. Auch die Herzfrequenz war in Variante C signifikant höher als während Variante 0. Bezüglich der Eutergesundheit konnten keine Unterschiede festgestellt werden.*

*Die Ergebnisse lassen zwar darauf schließen, dass Kühe durch Lärm und Vibrationen beeinträchtigt werden können, die beobachteten Unterschiede zwischen den Versuchs- und Kontrollvarianten waren jedoch in ihrer absoluten Größe so gering, dass nicht auf eine Einschränkung des Wohlbefindens der Tiere geschlossen werden kann.*

### **Summary**

*The aim of this study was, with the aid of appropriate ethological and physiological parameters, to record the extent of the stress caused in animals by noise and vibration. Various intensities of noise and vibration were produced in an autotandem milking parlour by means of special loudspeaker systems (variant A: 70 dB(A) / 0.5 m/s<sup>2</sup>; variant B: 80 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>; variant C: 80 dB(A) / 0.5 m/s<sup>2</sup>; variant 0: 70 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>), with variants A, B and C each being implemented for three weeks. Variant 0 functioned as a control variant and in each case was investigated following variants A, B and C. Data collection encompassed behaviour parameters, heart rate during milking and udder health.*

*Both noise (variant A) and vibration (variant B) as well as a combination of the two (variant C) produced a significant rise in the number of animals with their tails between their legs. Variant C also resulted in a tendency to more frequent defaecation and urination while in the milking parlour. The heart rate in variant C was also significantly higher than during variant 0. No differences were found in respect of udder health. Although the results lead to the conclusion that cows can be adversely affected by noise and vibration, the differences observed between the experimental and control variants were so slight in absolute terms that they gave no indication of any restriction on the well-being of the animals.*

### 1 Einleitung

Auch bei modernen und normgerecht installierten Melkanlagen können Probleme in den verschiedensten Bereichen des Melkablaufs auftreten. So betreten die Kühe den Melkstand nicht freiwillig, sie sind unruhig und Koten und Harnen vermehrt. Gleichzeitig verändert sich das Melkverhalten und die Eutergesundheit verschlechtert sich. NOSAL et al. (2004) zeigten, dass Luftschall (Lärm) und Körperschall (Vibrationen) Ursache dieser Probleme sein können. In ihren Untersuchungen wurde auf Betrieben, die hinsichtlich der Eutergesundheit als „gut“ eingestuft wurden, Lärm bis 70 dB(A) und Vibrationen zwischen 0,1 und 0,2 m/s<sup>2</sup> gemessen. Problembetriebe wiesen hingegen Lärmwerte von mehr als 70 dB(A) und Vibrationen von über 0,3 m/s<sup>2</sup> auf. Zudem wurde festgestellt, dass die Betriebe mit weniger als 200 000 Zellen/ml eine Lärmintensität von unter 70 dB(A) und Vibrationen unter 0,3 m/s<sup>2</sup> aufweisen. Die Ursachen von Lärm und Vibrationen liegen in erster Linie bei der Konstruktion und Montage der einzelnen funktionellen Teile der Melkanlage wie Vakuumpumpe, Regelventil, Pulsatoren, Leitungssystem und Milchpumpe. Je nach Konstruktion und Montage dieser funktionellen Teile können erhebliche Vakuumschwankungen in den Luft- und Milchleitungen auftreten, die wiederum Lärm und Vibrationen erzeugen. Zudem können bauliche Gegebenheiten den Lärmpegel beeinflussen. Durch entsprechende Installationsänderungen der Melkanlage können Lärm und Vibrationen auf unter 70 dB(A) bzw. 0,1 m/s<sup>2</sup> reduziert werden. GYGAX et al. (2006) stellten eine signifikante Abnahme der Zellzahl nach der Reduktion von Vibrationen durch eine Sanierung der Melkanlage fest.

Während im humanen Bereich Grenzwerte für Lärm und Vibrationen bestehen, fehlen für den Nutztierbereich diesbezügliche Angaben. Ziel dieses Projektes war es, anhand geeigneter ethologischer und physiologischer Parameter das Ausmaß der Belastung von Lärm und Vibrationen auf das Tier zu erfassen.

### 2 Tiere, Material und Methode

#### 2.1 Haltungssystem und Versuchsplanung

Die Untersuchung fand zwischen November 2004 und Mai 2005 auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART statt. Untersucht wurden zehn Kühe der Rasse „Brown Swiss“ und fünf „Schweizer-Fleckvieh-Kühe“. Vier der Focustiere befanden sich in der ersten Laktation, die übrigen elf in den Laktationen zwei bis acht. Ein Autotandem-Melkstand der Firma WestfaliaSurge (2x3 Plätze, Melkvakuum: 42 kPa) wurde mit über spezielle Lautsprechersysteme erzeugten definierten Luft- und Körperschallintensitäten gleichmäßig beschallt (Variante A: 70 dB(A) / 0,5 m/s<sup>2</sup>; Variante B: 80 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>; Variante C: 80 dB(A) / 0,5 m/s<sup>2</sup>; Variante 0: 70 dB(A) / 0 m/s<sup>2</sup>). Jede Variante A, B und C wurde während drei Wochen untersucht, wobei die Variante 0 (Ist-Zustand) als Kontrollvariante diente und jeweils im Anschluss an Variante A, B und C folgte. Die Untersuchung wurde in drei Versuchsphasen (I, II und III) unterteilt. In den Phasen I und II lagen die mittleren Außentemperaturen zwischen -1 und 2 °C, in der Phase III zwischen 11 und 15 °C.

## 2.2 Erhebungsmethoden

Das Verhalten während der gesamten Melkung wurde mittels Direktbeobachtungen erfasst. Die Beobachtungen fanden an zwei Tagen während insgesamt vier Melkzeiten pro Versuchswoche statt, wobei das Verhalten der Fokustiere jeweils einmal morgens und einmal abends erfasst wurde. Als Parameter für das Vorhandensein einer Belastungssituation wurden das unfreiwillige Betreten des Melkstands, das Einklemmen des Schwanzes zwischen den Hinterbeinen, das Schlagen in Richtung des Melkzeugs sowie Koten und Harnen während des Aufenthalts im Melkstand definiert. Die Auswertung erfolgte entsprechend dem Anteil Kühe, der den jeweiligen Verhaltensparameter anzeigte. Zudem wurde die Häufigkeit der „Trippelphasen“ während des Melkens ermittelt.

Die Herzfrequenz wurde während zehn Melkzeiten pro Woche mit Herzfrequenzmessgeräten der Marke Polar S810i gemessen, die in speziell angefertigte Bauchgurten integriert waren. Ausgewertet wurden jeweils die Mittelwerte aus fünf Minuten der Herzfrequenz von 15, 10 und 5 Minuten vor (VMZ), während des Melkens sowie 5, 10 und 15 Minuten nach dem Melken (NMZ). Bei Melkzeiten über fünf Minuten wurden jeweils die ersten und die letzten fünf Minuten betrachtet (Melken 1 und 2), wobei es bei Zeiten unter zehn Minuten Überschneidungen gab.

Parameter für die Eutergesundheit war der somatische Zellzahlgehalt. Einmal pro Woche wurden von jedem Tier Milchproben des Gesamtgemelks entnommen und durch den Schweizer Braunviehzuchtverband analysiert.

## 2.3 Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit generalisierten linearen gemischte Effekte Modellen (Methode 'lme', PINHEIRO & BATES, 2000 oder Methode 'glmmPQL', VENABLES & RIPLEY, 2002) in R 1.9.1 (R Development Core Team, 2004). Erklärende Variablen waren die verschiedenen Varianten (0, A, B und C), die Zeitpunkte vor, während und nach dem Melken, die Melkzeiten (morgens und abends) sowie die Versuchsphasen. Zufällige Effekte waren das Tier (Herzfrequenz, Trippelphasen) bzw. die Melkzeiten (Unfreiwilliges Betreten, Schlagen, eingeklemmter Schwanz, Koten und Harnen), geschachtelt in den Experimentalsituationen, welche wiederum in den Versuchsphasen hierarchisch geschachtelt wurden. Zur Überprüfung der Modellannahmen wurde eine graphische Residuenanalyse durchgeführt. Damit die Annahmen der statistischen Modelle erfüllt wurden, mussten die untersuchten Parameter teilweise log-transformiert (Trippelphasen und Koten und Harnen) oder arcus sinus-transformiert (unfreiwilliges Betreten) werden.

### 3 Resultate

#### 3.1 Verhaltensparameter

Der Anteil Kühe, die den Melkstand nicht freiwillig betreten haben, war bei Variante A mit Vibrationen von  $0,5 \text{ m/s}^2$  niedriger als bei Kontrollvariante 0 (Tabelle 1), allerdings ist dieser Unterschied nicht signifikant. Auch zwischen den Varianten B und C mit den jeweiligen Kontrollvarianten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $F_{1,13} = 1,27$ ;  $p = 0,281$ ). Bezüglich des Anteils an Kühen, die mindestens einmal während einer Melkung geschlagen haben, wurde zwischen den Varianten A, B und C mit den Kontrollvarianten ein statistisch gesicherter Interaktionseffekt mit den Versuchsphasen ( $F_{2,11} = 6,25$ ;  $p = 0,015$ ) erfasst. In Phase III konnte zwischen der Variante C und der Kontrollvariante kein Unterschied festgestellt werden. Während in Variante B ein erhöhter Anteil an Kühen den Parameter „Schlagen“ zeigte, trat dieses Verhalten während Variante A im Vergleich weniger häufig auf. Die Anzahl Kühe mit eingeklemmtem Schwanz war in den Versuchsphasen II und III signifikant niedriger als während Variante I ( $F_{1,13} = 38,04$ ;  $p < 0,001$ ; Tabelle 1). Sowohl Lärm und Vibrationen als auch die Kombinationen aus beiden führten zu einer statistisch gesicherte Erhöhung der Anzahl Tiere mit eingeklemmtem Schwanz ( $F_{2,13} = 19,35$ ;  $p < 0,001$ ).

Tab. 1: Mittelwerte (über alle Melkzeiten und / oder Tiere) und Standardfehler der untersuchten Parameter des Verhaltens (Anteil Tiere in % und / oder Anzahl Phasen) in Abhängigkeit von den verschiedenen Varianten und Versuchsphasen

*Average values (including all milking processes and / or animals) and standard errors in behavioural patterns (proportions of animals in % and / or number of phases) in relation to the different variants and experimental phases*

Verhaltensparameter <i>behavioural pattern</i>	Phase/phase					
	I		II		III	
	Variante A 70 dB(A) $0,5 \text{ m/s}^2$	Variante 0 70 dB(A) $0,0 \text{ m/s}^2$	Variante B 80 dB(A) $0,0 \text{ m/s}^2$	Variante 0 70 dB(A) $0,0 \text{ m/s}^2$	Variante C 80 dB(A) $0,5 \text{ m/s}^2$	Variante 0 70 dB(A) $0,0 \text{ m/s}^2$
Unfreiwilliges Betreten [%] <i>involuntarily accede</i>	16,9 ( $\pm 5,6$ )	30,0 ( $\pm 5,4$ )	25,8 ( $\pm 3,0$ )	20,0 ( $\pm 4,9$ )	28,9 ( $\pm 4,8$ )	28,9 ( $\pm 4,4$ )
Schlagen [%] <i>kicking</i>	17,1 ( $\pm 2,9$ )	31,1 ( $\pm 3,3$ )	27,8 ( $\pm 2,9$ )	23,3 ( $\pm 2,3$ )	10,0 ( $\pm 3,8$ )	10,0 ( $\pm 1,5$ )
Eingeklemmter Schwanz [%] <i>trapped tail</i>	45,2 ( $\pm 11,9$ )	31,1 ( $\pm 4,4$ )	17,6 ( $\pm 2,7$ )	4,4 ( $\pm 1,4$ )	8,9 ( $\pm 3,3$ )	0,0 ( $\pm 0,0$ )
Koten und Harnen [%] <i>elimination</i>	20,5 ( $\pm 6,2$ )	27,8 ( $\pm 6,8$ )	19,4 ( $\pm 4,7$ )	13,3 ( $\pm 1,7$ )	16,7 ( $\pm 3,3$ )	7,8 ( $\pm 2,0$ )
Trippelphasen [n] <i>stepping phases</i>	5,2 ( $\pm 0,9$ )	5,7 ( $\pm 0,5$ )	4,9 ( $\pm 0,4$ )	4,3 ( $\pm 0,3$ )	3,2 ( $\pm 0,3$ )	2,9 ( $\pm 0,2$ )

Kühe die bei einem Lärmpegel von 80 dB(A) gemolken wurden, koteten und harnten tendenziell häufiger als bei 70 dB(A) ( $F_{1,13} = 3,42$ ;  $p = 0,087$ ; Tabelle 1). Während Phase III koteten und harnten sie signifikant weniger als in den Phasen I und II ( $F_{2,10} = 4,10$ ;  $p = 0,050$ ). Sowohl Lärm als auch Vibrationen hatten keinen Einfluss auf die Anzahl Trippelphasen ( $F_{1,44} = 0,01$ ;  $p = 0,913$ ). Während Phase III zeigten die Kühe dieses Verhalten jedoch signifikant seltener als in den Phasen I und II ( $F_{2,28} = 5,93$ ;  $p = 0,007$ ).

### 3.2 Herzfrequenz

Die Kühe hatten während Phase III signifikant niedrigere Herzfrequenzen als während der Phasen I und II ( $F_{2,28} = 8,84$ ;  $p < 0,001$ ; Abbildung 1). Zudem waren die Werte über den gesamten Versuchszeitraum hinweg während der Morgenmelkungen niedriger als am Abend ( $F_{1,76} = 439,07$ ;  $p < 0,001$ ). In Variante C wiesen die Kühe eine signifikant höhere Herzfrequenz auf als bei Kontrollvariante 0 (Variante x Phase:  $F_{2,42} = 8,84$ ;  $p < 0,001$ ; Abb. 1), wobei der Unterschied während der Melkungen am Morgen größer war als am Abend (Variante x Melkzeiten:  $F_{1,76} = 5,64$ ;  $p = 0,020$ ). Die Herzfrequenzen nahmen während der VMZ kontinuierlich zu ( $F_{7,1160} = 213,18$ ;  $p < 0,001$ ). Bis zum Ende des Melkens sanken sie leicht, stiegen jedoch nach dem Verlassen des Melkstandes wieder an. Der Unterschied zwischen Kontroll- und Versuchsvariante war während Phase III sowohl morgens als abends nach dem Melken geringer als in der Zeit davor (Abbildung 1).

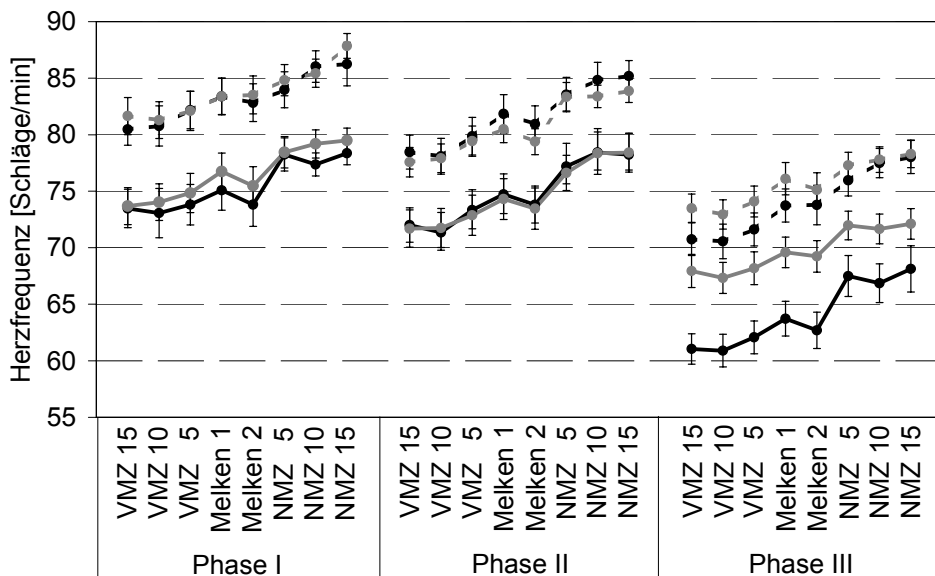


Abb. 1: Herzfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Varianten und Phasen vor, während und nach den Melkungen, jeweils morgens und abends. —●— (Variante 0, morgens), —●— (Variante A, B, C, morgens), ●●● (Variante 0, abends) und ●●● (Variante A, B, C, abends) stehen für Mittelwerte mit Standardfehler pro Tier, Variante und Melkzeiten

Heart rate in relation to the different variants and phases before, during and after milking processes. —●— (variant 0, a.m.), —●— (variants A, B, C, a.m.), ●●● (variant 0, p.m.) and ●●● (variants A, B, C, p.m.) are average values with standard error per animal, variants and milking times

### 3.3 Eutergesundheit

Die Zellzahl lag bei allen Varianten unter 60 000 /ml und damit unter dem Grenzwert von 100 000 /ml, der als Indikator für gesunde Euter gilt. Ein Unterschied zwischen den Versuchs- und Kontrollvarianten konnte nicht festgestellt werden.

## 4 Diskussion

Mit Ausnahme des unfreiwilligen Betretens des Melkstandes war der Anteil der Tiere, die ein Verhaltensmerkmal zeigten, das auf eine belastende Situation schließen lässt, in Phase III niedriger als in den ersten beiden Versuchsphasen. Damit alle Fokustiere in allen Varianten untersucht werden konnten, wurden Kühe gewählt, die sich zu Beginn der Versuche im ersten Laktationsdrittel befanden. Phase III fand daher bei allen Tieren gegen Laktationsende statt. VAN REENEN et al. (2002) stellten in Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung eine Zunahme der Anzahl Trippelphasen und Schläge bis zum 130. Laktationstag fest. Auch NEUFFER (2006) ermittelte eine Zunahme der Anzahl Trippelphasen im Verlauf der Laktation. Eine niedrigere Aktivität während Phase III könnte auf die Jahreszeit bzw. auf höheren Lufttemperaturen zurückgeführt werden. Die Versuchsphasen I und II wurden im Winter durchgeführt, Phase III im Frühling bzw. im Frühsommer.

Hinsichtlich der Häufigkeit von Schlägen während des Melkens liegen unterschiedliche Aussagen vor. In Einzelboxen-Melkständen traten Schläge in Untersuchungen von HOPSTER et al. (2002) überhaupt nicht und bei WENZEL et al. (2003) nur sehr selten auf. NEUFFER et al. (2004) beobachteten in Autotandem-Melkständen, dass 28 % der Kühe mindestens einmal während der Melkungen geschlagen haben. Nach VAN REENEN et al. (2002) variiert die Anzahl Schläge bereits innerhalb von zwei Tagen signifikant. Das Verhaltensmerkmal „Schlagen“ als Parameter für eine belastende Melksituation ist aufgrund dieser widersprüchlichen Aussagen ungeeignet.

Der Anteil Kühe mit eingeklemmtem Schwanz war während der Versuchsvarianten A, B und C signifikant höher als bei den jeweiligen Kontrollvarianten 0. Systematische Untersuchungen bezüglich dieses Merkmals in Zusammenhang mit Stress bei Kühen in Melkständen wurden bislang nicht durchgeführt.

HAGEN et al. (2004) stellten in einem Fischgrätemelkstand bei 7,5 % der Melkungen Harnen fest. Koten wurde nur bei einer einzigen Melkung beobachtet. In der vorliegenden Untersuchung zeigen die Kühe beide Parameter häufiger; insbesondere bei den Varianten B und C mit einem Lärmpegel von 80 dB(A) ist ein Anstieg im Vergleich zu den Kontrollevarianten feststellbar.

Das Niveau der Herzfrequenz war während Phase III deutlich tiefer als in den Phasen I und II. Dies könnte auf die höheren Temperaturen während Phase III zurückzuführen sein, da gemäss BAYER (1979) und MIESCKE et al. (1978) die Herzfrequenz mit zunehmenden Temperaturen sinkt.

Bei einem Lärmpegel von 80 dB(A) (Variante B) ist – verglichen mit der Kontrollvariante 0 – hinsichtlich der Herzfrequenz kein Unterschied erkennbar. ARNOLD et al. (2007) stellten zwar eine erhöhte Herzfrequenz bei einem Lärmpegel einer Melkanlage von 85 dB(A) fest, allerdings nur am ersten Tag der Versuchsphase – danach stellte sich ein Gewöhnungseffekt ein. Auch bei einer Vibrationsintensität von  $0,5 \text{ m/s}^2$  (Variante A) zeigten die Tiere keinen Unterschied im Vergleich zur Kontrollvariante. Hingegen wurde bei der Kombination von Lärm und Vibrationen (Variante C) bereits 15 Minuten vor dem Betreten des Melkstands ein Anstieg der Herzfrequenz festgestellt, was auf eine negative Erwartungshaltung der Tiere schließen lässt. Die Unterschiede zwischen den Varianten C und 0 in Phase III waren im Durchschnitt nicht höher als 6,2 Schläge/min. HOPSTER et al. (1995) stellten bei der für die Kuh sehr belastenden Trennung vom Kalb einen doppelt so hohen Anstieg der Herzfrequenz fest. Ergebnisse von HOPSTER et al. (1998), HOPSTER et al. (2002) und WENZEL et al. (2003) bestätigen die vorliegenden Untersuchungen, die einen Anstieg der Herzfrequenz vor dem Betreten des Melkstandes, gefolgt von einer Abnahme während des Melkens zeigen. Die höheren Werte am Abend entsprechen zwar den Ergebnissen von BAYER (1969), allerdings nicht denen von HAGEN et al. (2004) die morgens höhere Werte gemessen haben als abends.

Eine Interpretation der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Ergebnisse gestaltet sich als schwierig, da stellenweise keine Referenzwerte vorhanden sind oder ein Widerspruch zu Aussagen anderer wissenschaftlicher Untersuchungen besteht. Zudem sind die Unterschiede im absoluten Niveau relativ klein; beispielsweise bedeutet ein signifikanter Anstieg von 13,2 % des Verhaltensparameters „Schwanz einklemmen“ in einer Herde von 30 Kühen lediglich eine Zunahme um 4 Tiere.

Nach NOSAL et al. (2004) beobachten Tierhalter nach der Umstellung auf neue Melkstände mit hohen Lärm- und Vibrationsintensitäten häufig deutliche Veränderungen im Tierverhalten sowie eine Erhöhung des somatischen Zellgehalts der Milch. Diese Beobachtungen konnten im standardisierten Versuch mit künstlich erzeugtem Lärm bzw. künstlich erzeugten Vibrationen bei unveränderter Melkanlage nicht bestätigt werden. Die von NOSAL et al. (2004) beschriebene Probleme beim Melken sind daher primär auf die Ursache von Lärm und Vibrationen zurückzuführen. Insbesondere die Vakuumschwankungen in den Luft- und Milchleitungen und als Konsequenz auch Schwankungen des zitzenendigen Vakuums scheinen das Wohlbefinden der Tiere einzuschränken. Daher sollten sich Beratungsempfehlungen auf die Beseitigung der Ursache von Lärm und Vibrationen konzentrieren; das alleinige Anbringen von geräusch- und vibrationsdämmenden Materialien zur Reduktion von Lärm und Vibrationen sind nicht unbedingt genügend im Hinblick auf die Verbesserung von Eutergesundheit und Kuhkomfort.

## **5 Literatur**

ARNOLD, N. A.; NG, K. T.; JONGMAN, E. C.; HEMSWORTH, P. H. (2007): The behavioural and physiological responses of dairy heifers to tape-recorded milking facility noise with and without a pre-treatment adaptation phase. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106, 13-25

ARNOLD, N. A.; NG, K. T.; JONGMAN, E. C.; HEMSWORTH, P. H. (2008): Avoidance of tape-recorded milking facility noise by dairy heifers in a Y maze choice task. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109, 201-210

BAYER, A. (1969): Rhythmische Veränderungen der Herzfrequenz aufgestallter Milchkühe. *Berliner und Münchner tierärztliche Wochenschrift* 18, 345-346



- BAYER, W. (1979): Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Luftfeuchten bei hoher Umgebungstemperatur auf Leistungseigenschaften laktierender Rinder im Klimastall. Dissertation, Technische Universität Berlin
- GYGAX, L.; NOSAL, D. (2006): Contribution of vibration and noise during milking to the somatic cell count of milk. *J. Dairy Sci.* 89, 2499-2502
- HAGEN, K.; LEXER, D.; PALME, R.; TROXLER, J.; WAIBLINGER, S. (2004): Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in herringbone parlour or an automatic milking unit. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, 209-225
- HOPSTER, H.; O'CONNELL, J. M.; BLOKHUIS, H. J. (1995): Acute effects of cow-calf separation on heart rate, plasma cortisol and behaviour in multiparous dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 1-8
- HOPSTER, H.; VAN DER WERF, J. T. N.; BLOKHUIS, H. J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 1-8
- HOPSTER, H.; BRUCKMAIER, R. M.; VAN DER WERF, J. T. N.; KORTE, S. M.; MACUHOVA, J.; KORTE-BOUWS, G.; VAN REENEN, C. G. (2002): Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3206-3216
- MIESCKE, B.; JOHNSON, E. H.; WENIGER, J. H.; STEINHAUF, D. (1978): Der Einfluss von Wärmebelastung auf Thermoregulation und Leistung laktierender Kühe. *Zeitung für Tierzucht und Züchtungsbiologie* 95: 259-268
- NEUFFER, I., GYGAX, L.; HAUSER, R.; KAUFMANN, C.; WECHSLER, B. (2004): Verhalten von Kühen während der Melkung in verschiedenen Automatischen Melksystemen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2004. *KTBL-Schrift* 437, 107-114.
- NEUFFER, I. (2006): Influence of automatic milking systems on behaviour and health of dairy cows. Dissertation, Universität Hohenheim
- NOSAL, D.; RUTISHAUSER, R.; BILGERY, E.; OERTLE, A. (2004): Lärm und Vibrationen als Stressfaktoren beim Melken. *FAT-Berichte* Nr. 625 (heute *ART-Berichte*), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen
- PINHEIRO, J.C.; BATES, D.M. (2000): *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2004): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <http://www.R-project.org>
- VAN REENEN, C.G.; VAN der WERF, J.T.N.; BRUCKMAIER, R.M.; HOPSTER, H.; ENGEL, B.; NOORDHUIZEN, J.P.T.M.; BLOKHUIS, H.J. (2002): Individual differences in behavioral and physiological responsiveness of primiparous dairy cows to machine milking. *J. Dairy Sci.* 85, 2551-2561
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B.D. (2002): *Modern applied statistics with S*, fourth edition. Springer, New York
- WENZEL, C.; SCHÖNREITER-FISCHER, S.; UNSHELM, J. (2003): Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livestock Production Science* 83, 237-246

**Dank**

Wir danken den Melkern Jakob Brunner und Christof Bühler, unserem Versuchstechniker Markus Keller und dem Messtechniker Beat Kürsteiner für die Unterstützung während der Datenerhebungen sowie Lorenz Gygax für die Hilfe bei der Statistik.

Beitrag erschienen in:  
Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 2008, KTBL-Schrift 471, S. 89-96

© Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).