

Lärm und Vibrationen als Stressfaktoren beim Melken

Verursacher, Auswirkungen und Lösungsmöglichkeiten

Dusan Nosal und Reto Rutishauser, Acroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen,

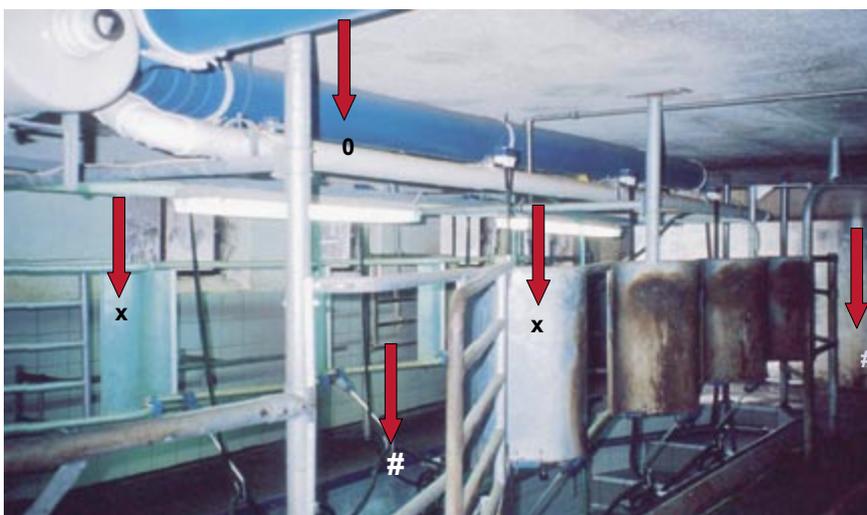
E-Mail: dusan.nosal@fat.admin.ch

Erwin Bilgery, BITEC-Engineering, Rütistrasse 15, CH-8590 Romanshorn

Adrian Oertle, Acoustic-Design, Pfaffenwiesenstr. 6, CH-8404 Winterthur

Lärm und Vibrationen im Melkstand können für Mensch und Tier unangenehm sein, die Vakuumstabilität der Melkanlage und damit auch die Eutergesundheit negativ beeinflussen. Da die Problematik des Lärms und der Vibrationen beim Melken bis jetzt wenig bekannt war, nehmen die in der ISO-Norm 5707 und den FAT-«Weisungen über die Installation der Rohrmelkanlagen» beschriebene Konstruktion, Leistung und Installation der Melkanlagen keinen Bezug auf Vorkommen und Auswirkungen dieser Störquellen. Messungen in 38 als gut eingestuften Betrieben, zwölf Problemetrieben und neun AMS-Betrieben bringen zum Ausdruck, dass Konstruktion, Installation und Montagequalität die Ent-

stehung von Lärm und Vibrationen wesentlich beeinflussen. In guten Betrieben wurde Lärm bis 70 dB (A) und Vibrationen zwischen 0,1 und 0,2 m/s² gemessen. Problembetriebe weisen Lärmwerte von mehr als 70 dB (A) und Vibrationen von über 0,3 m/s² auf. Die statistischen Auswertungen zeigen, dass der grösste Teil der Betriebe mit weniger als 200 000 Zellen/ml Vibrationen bis 0,3 ms² und Lärm bis 72 dB (A) ausweisen. Die Ursachen liegen in erster Linie bei der Konstruktion und Montage der einzelnen funktionellen Teile der Melkanlage wie Vakuumpumpe, Regelventil, Pulsatoren, Leitungssystem und Milchpumpe. Zudem können bauliche Gegebenheiten die Lärmwerte beeinflussen.



Messpunkte:

X - Vibrationen

O - Vakuumstabilität

- Lärm

Abb. 1: Messpunkte für Vakuumstabilität, Luft- und Körperschall am Beispiel eines Fischgrätenmelkstandes.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Was sind Lärm und Vibrationen?	2
Erträglichkeitsgrenzen von Lärm und Vibrationen	2
Messmethodik	2
Untersuchte Betriebe	3
Verursacher von Lärm, Vibrationen und Rauschen im Vakuumsystem	4
Resultate	8
Empfehlungen für die Installation und Montage von vibrations- und lärmarmen Melkanlagen	11
Schlussfolgerungen	11
Literatur	12

Problemstellung

Nur in einem Umfeld, in dem die Kuh sich wohl fühlt, kann sie ihr Leistungspotenzial voll ausschöpfen. Der Melkstand ist ein Teil dieses Umfeldes. Der Betreiber eines neuen Melkstandes stellt oftmals nicht nur Vorteile fest, sondern macht Beobachtungen, die auf ungünstige Verhältnisse hinweisen:

- Kühe gehen nicht freiwillig in den Melkstand.
- Sie koten vor dem Betreten des Melkstandes bzw. während des Melkens.
- Sie sind während des Melkens unruhig und schlagen die Melkeinheiten (ME) ab.
- Das Melkverhalten der Kühe verändert sich auffällig (rückläufige Melkleistung, verlängerte Melkzeiten, lassen sich nicht ausmelken).
- Der Melker fühlt sich während und nach dem Melken unwohl und gestresst.

Messungen und Untersuchungen zeigen, dass ein bisher wenig beachtetes Phänomen – Luftschall (Lärm) und Körperschall (Vibrationen) – Ursache für dieses veränderte Verhalten sein kann. Diese Phänomene können für Mensch und Tier unangenehm sein, die Vakuumstabilität der Melkanlage, die Leistungen und das Wohlbefinden negativ beeinflussen.

Was sind Lärm und Vibrationen?

In den Fachkreisen spricht man von Luftschall (Lärm) und Körperschall (Vibrationen). Mechanische Schwingungen und Wellen in einem elastischen Medium wie Luft, Körper oder Flüssigkeit nennt man Schall. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass Schall (Ursprung) durch mechanische Einwirkung von Maschinen und Anlagen entsteht.

Schall, der sich in der Luft in Form von Schallwellen ausbreitet, ist Luftschall und wird in dB (A) gemessen. Schall, der sich in einem festen Medium mit Frequenzen von mehr als 20 Hz (Hörbereich) ausbreitet, ist Körperschall und wird in m/s^2 (Beschleunigung) gemessen. Schwingungen und Vibrationen sind periodische, gleichartige Wechselbewegungen, die durch selbsterregte Eigenfrequenzen oder mit den Fre-

Tab. 1: Tätigkeitsbezogene Richtwerte für Lärm (nach SUVA 1997)

Tätigkeit	Äquivalenter Dauerschall-Druckpegel L_{eq} in dB (A)	
	Mindestanforderung	Erhöhte Anforderung
Gruppe 1: Industrielle und gewerbliche Tätigkeiten	≤ 85	≤ 75
Gruppe 2: Allgemeine Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten in der Produktion und Überwachung	≤ 65	≤ 55
Gruppe 3: Überwiegend geistige Tätigkeiten, die eine hohe Konzentration verlangen	≤ 50	≤ 40

quenzen eines von aussen einwirkenden Erregers entstehen.

Erträglichkeitsgrenzen von Lärm und Vibrationen

Jede Art von Schall, insbesondere von grosser Intensität, belästigt, stört oder schädigt die Gesundheit des Menschen.

druckpegel für den im Melkstand arbeitenden Melker unter 85 dB (A) liegen. Es stellt sich die Frage, ob die anspruchsvolle, konzentrierte Arbeit des Melkers zur Gruppe 1 oder 2 der Tabelle 1 gehören. Unsere Erfahrungen zeigen, dass die Arbeiten des heutigen Melkers eher der Gruppe 2 zuzuordnen sind und demzufolge die Werte von ≤ 65 dB (A) nicht überschreiten sollen. Bezüglich Vibrationen (Körperschall) gibt die ISO Norm 2631-1 für den humanen Bereich folgende Richtwerte an:

Kleiner als $0,315 m/s^2$	nicht unbehaglich
$0,315 m/s^2$ bis $0,63 m/s^2$	sehr wenig unbehaglich
$0,5 m/s^2$ bis $1 m/s^2$	wenig unbehaglich
$0,8 m/s^2$ bis $1,6 m/s^2$	unbehaglich
$1,25 m/s^2$ bis $2,5 m/s^2$	sehr unbehaglich
Grösser als $2 m/s^2$	extrem unbehaglich

Im humanen Bereich sind die Grenzwerte mittels Normen und Verordnungen recht ausführlich und den Bedürfnissen entsprechend geregelt. Für den Nutztierbereich fehlen jedoch jegliche Angaben. Die Veterinärmediziner und Ethologen sind sich in der Aussage einig, dass die Tiere mindestens so empfindlich wie die Menschen sind. Soll dazu noch eine optimale Leistung erbracht werden, gewinnt die Empfindlichkeit bei den Tieren noch mehr an Bedeutung.

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) schreibt in Art. 34, 2 vor:

«Technische Einrichtungen und Geräte müssen so gestaltet, eingebaut, angeordnet, instand gehalten und betrieben werden, dass die Gesundheit oder Sicherheit nicht durch Lärm oder Vibrationen beeinträchtigt wird».

Gemäss Tabelle 1 müsste die Mindestanforderung der äquivalente Dauerschall-

Messmethodik

Luft- und Körperschall werden am Entstehungsort (Quelle = Emissionspunkt) und am Empfangsort (Arbeitsplatz, Einwirkungsort = Immissionspunkt) gemessen. Luftschall wird mittels Mikrofon (in dB (A)) und Körperschall mittels Sensoren (in m/s^2) ermittelt. Mit Hilfe spezifischer Schallmessgeräte (Real Time Analysen) erfolgt die Erhebung der einzelnen Messwerte bei verschiedenen Frequenzen in der Regel zwischen 1 Hz und 20 kHz im Luft- und Körperschallbereich.

Die Messwerte am Entstehungsort sind Voraussetzung, um Verursacher zu eruiieren und damit dem Konstrukteur, Installateur bzw. Sanierer die Grundlagen und Informationen für die Erarbeitung der erforderlichen Massnahmen zu liefern. Für den Melker und die Kühe sind die Mess-

werte am Empfangsort massgebend. Da von der Fragestellung her die Situation für Melker und Kühe besonders interessiert, beziehen sich unsere Messungen und Auswertungen auf die Werte an den Empfangsorten. Die Messpunkte für Luftschall befinden sich in der Melkgrube und den Melkbuchten 1,2 m ab Boden und jene für den Körperschall an Kotblechen und am Gerüst des Melkstandes (Abb. 1, Beispiel eines Fischgräten-Melkstandes).

Um die Schallauswirkungen auf die Vakuumverhältnisse der Melkanlage zu erfassen, haben wir mit einer speziell entwickelten Messmethodik die Vakuumstabilität und Frequenzen in der Luftleitung, Melkleitung und der Endeinheit gemessen.

Die Pulsatoren werden als Quelle für die Bildung von Luft- und Körperschall vermutet. Daher erfolgten alle erwähnten Messungen mit und ohne eingeschalteten Pulsatoren.

In einzelnen Betrieben wurde im Verlauf der Untersuchungen die Melkanlage saniert und Verbesserungen angebracht. In solchen Fällen haben wir Messungen beim Ist-Zustand und nach dem Umbau durchgeführt.

Neben den Luft- und Körperschallmessungen wurden die Zellzahl sowie die Probleme beim Melken und allfällige Installationsfehler aufgenommen.

Untersuchte Betriebe

Bei der Auswahl der zu untersuchenden Betriebe wurde versucht, möglichst alle auf dem Schweizer Markt vorhandenen Marken und die verschiedenen Melkstandstypen (Side by Side, Fischgräten, Tandem) zu berücksichtigen. Zudem haben wir in neun AMS-Betrieben Lärm- und Vibrationen gemessen.

Die 50 untersuchten Betriebe teilten sich in zwölf sanierte und 38 nicht sanierte auf.

Bei den **nicht sanierten** Betrieben kamen folgende Situationen vor:

- Die Zellzahlen sind niedrig, es gibt keine (oder wenig) Probleme beim Melken, der Landwirt ist zufrieden und sieht sich nicht veranlasst, Änderungen vorzunehmen.
- Der Landwirt ist zwar unzufrieden, kann mit der vorhandenen Situation aber weiter leben (gewisse Gleichgültigkeit)
- Die Melkmaschinenfirma, der Landwirt (oder beide) wollen kein Geld für Verbesserungen ausgeben.
- Der Landwirt oder die Firma macht nur



Abb. 2: Montage der Vakuumpumpe auf abgestimmte Gummiunterlagen und elastische Verbindung zum Auspuff und zur Hauptleitung verhindern die Übertragung der Vibrationen.

dann mit, wenn der andere die Hälfte der Kosten übernimmt.

In den **sanierten Betrieben** haben sowohl der Betriebsleiter als auch die Melkmaschinenfirma Interesse an Verbesserungen gezeigt und waren bereit, für die notwendigen Massnahmen finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen. Die Änderungen und Verbesserungen erfolgten bei jedem

Vibrationsabsorber

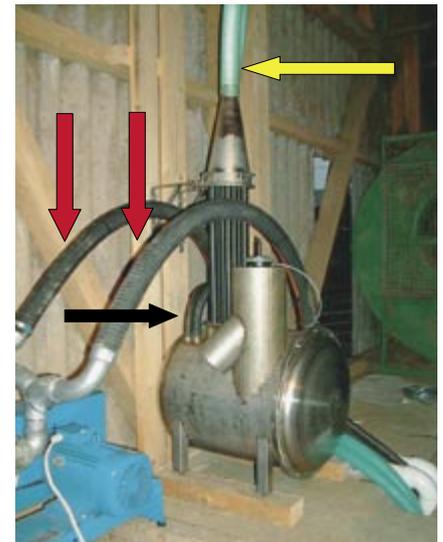


Abb. 3: Ein speziell konstruierter Vibrationsabsorber mit elastischen Verbindungen zur Endeinheit und den Puffertanks.

Betrieb individuell und bezogen sich auf die Behebung der Installationsfehler, Einbau von Optimierungselementen (Erfinder E. Bilgery, patentiert durch Firma Moser AG, Amriswil). Wir haben sowohl bei den ursprünglichen als auch bei den umgebauten Anlagen Messungen durchgeführt. Als eine der wirksamsten Massnahmen zeigten sich die Montage der Vakuumpumpe auf einer dem Gewicht entsprechenden



Abb. 4: Speziell eingebaute Puffertanks zwischen Luftleitung und Pulsatoren.

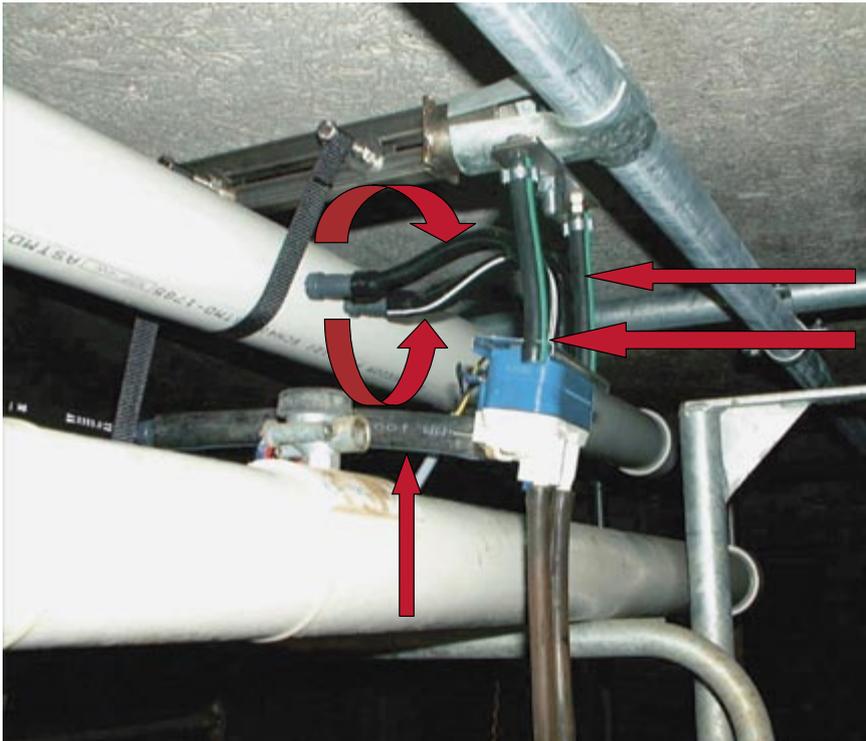


Abb. 5: Befestigung der Pulsatoren mit elastischen, dämpfenden Schläuchen.

Gummiunterlage, die elastischen Verbindungen zwischen der Vakuumpumpe und dem Auspuff sowie der Vakuumpumpe und dem Vakuumtank (Abb. 2). Die aufgrund unserer Untersuchungen neu konzipierte Melkanlage zeigte die stärksten Auswirkungen bezüglich der Reduktion des Lärms und der Vibrationen sowie Ver-

besserung der Vakuumstabilität und Eutergesundheit.

Die wesentlichen Bestandteile der neu entwickelten Melkanlage bestehen aus:

- Verbindung der Vakuumpumpe mit dem Vakuumtank mit elastischen, flexiblen Schläuchen.
- Einbau einer speziellen Einrichtung, ge-

nannt «Vibrationsabsorber» nach dem Vakuumtank, in der unter anderem auch die Regeleinheit integriert ist. Diese spezielle Einrichtung versorgt die Endeinheit und einen oder mehrere Puffertanks der Pulsatoren mit Vakuum (Abb. 3).

- Einbau von separaten Puffertanks zwischen Luftleitung und Pulsator (Abb. 4).
- Schwingungsdämpfende Aufhängung der Luftleitung, der/die Puffertank/s sind an Bändern aufgehängt.
- Befestigung der Pulsatoren mit elastischen, dämpfenden Schläuchen (Abb. 5).

Verursacher von Lärm, Vibrationen und Rauschen im Vakuumsystem

Verursacher von Lärm, Vibrationen und Rauschen sind:

- Montage der Vakuumpumpe und Verbindungen mit dem Vakuumsystem,
- Installation/Montage des Leitungssystems,
- Montage des Regelventils,
- Bauart und Befestigung der Pulsatoren.

Die Untersuchungen in mehr als 50 Betrieben bringen zum Ausdruck, dass die in der Praxis anzutreffenden Ursachen **markenunabhängig** sind.



Abb. 6: Durch die Holzkonstruktion übertragen sich die Schwingungen und Vibrationen von der Vakuumpumpe auf das Gerüst des Melkstandes und somit auf das gesamte Melksystem.



Abb. 7: Querschnittveränderungen und 90°-Bogen verursachen im Leitungssystem Wirbel im strömenden Medium und Druckveränderungen, die sich mit Schallgeschwindigkeit (330 m/s²) retour bewegen.



Abb. 8: Die Regelventile sollen nicht in der Nähe von Bögen montiert sein, sondern nach einer Beruhigungsstrecke von mindestens 3 d (d = Durchmesser der Leitung).

In den meisten Fällen in der Praxis ist die **ungünstige Montage der Vakuumpumpe** direkt auf einem Betonsockel ohne abgestimmte Gummiunterlagen anzutreffen. Noch grössere Übertragung der Schwingungen und Vibrationen auf das Gerüst des Melkstandes und der Melkanlage wird bei der Montage an die Stallwand (oder Milchammerwand) und die Holzkonstruktion der Scheune (Abb. 6) erreicht. Die starren Verbindungen, Metall auf Metall, zwischen der Vakuumpumpe, dem Vakuumtank und dem Vakuumsystem auf der einen und dem Auspuff und der Vakuumpumpe auf der anderen Seite begünstigen die Weiterleitung der durch die Vakuumpumpe erzeugten Schwingungen und Vibrationen.

Als häufigsten Fehler bei der **Installation des Leitungssystems** sind die zahlreichen (meistens unnötigen) Bögen und Querschnittveränderungen (Abb. 7) zu bezeichnen. Diese sind hauptsächlich für die Verstärkung und Verbreitung der Schwingungen und des Rauschens im Melk- und Vakuumsystem verantwortlich. Aus der Literatur der Strömungstechnik ist bekannt, dass eine Verengung im Leitungssystem Druckveränderungen verursacht, die sich mit einer Schallgeschwindigkeit von 330 m/s retour bewegen (bei Melkanlagen von der Vakuumpumpe bis zum Melkzeug). Querschnittsprünge und 90° Anschlüsse im Leitungssystem (Abb. 7) verursachen Wirbel im strömenden Medium (Luft, Flüssigkeit). Es kommt auch

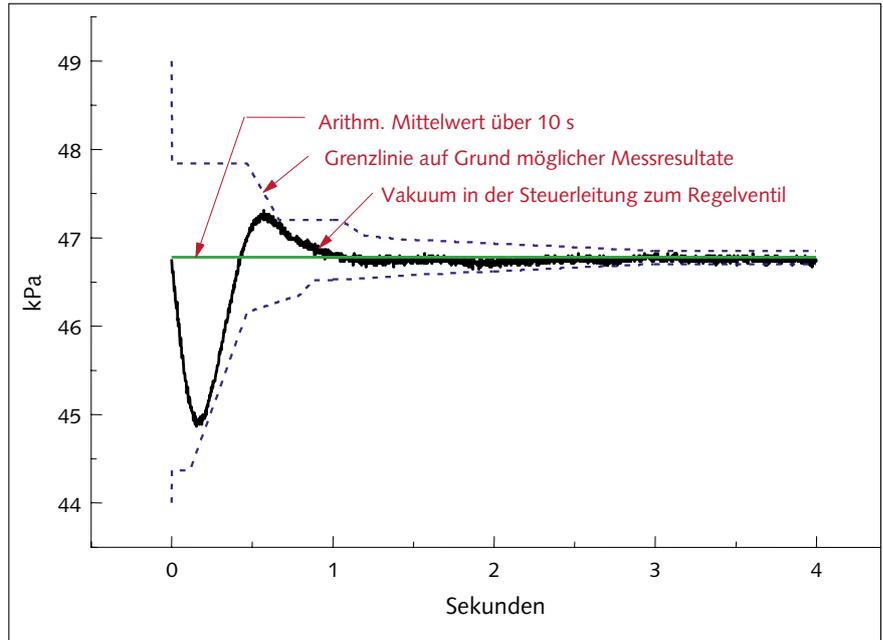


Abb. 9a: Charakteristik eines gut funktionierenden Regelventils.

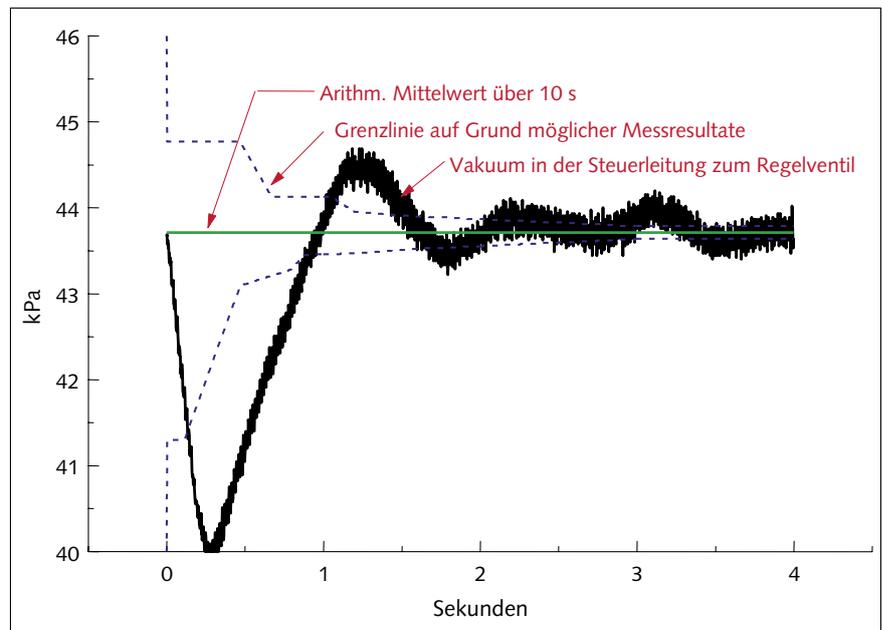


Abb. 9b: Die Charakteristik dieses Regelventils zeigt, dass es innerhalb von zwei Sekunden die verlangte Stabilität nicht erreicht und zudem unerwünschte Schwingungen aufweist, die sich ins gesamte Vakuumsystem verbreiten.

vor, dass die Vakuumpumpe zu weit entfernt von der Endeinheit der Melkanlage montiert ist. Eine zu lange Hauptleitung und zahlreiche Bögen verursachen Reibungsverluste im System. Zudem werden die Luft- und Melkleitungen ohne Gummiunterlagen an Wände, Decken und Böden montiert und die Schwingungen und Vibrationen ungedämpft weitergeleitet. In vielen Fällen ist eine optimale Installation der Vakuumpumpe und des Leitungssystems nur schwer möglich, weil die vorhandenen baulichen Gegebenheiten

zusätzliche Bögen und eine ungünstige Platzierung der Vakuumpumpe nötig machen.

Der wichtige funktionelle Teil der Melkanlage, die **Regeleinheit** (Regelventil), wird oft unfachmännisch installiert. Seitens der ISO-Normen und der Hersteller fehlen die nötigen Richtlinien. Oft sind die Regeleinheiten senkrecht und unmittelbar auf der Luftleitung in der Nähe einer Reduktion oder direkt in einem Bogen ohne die notwendige Beruhigungsstrecke montiert (Abb. 8). Die Fühler für die Steuerung der

Tab. 2: Resultate der Messungen und Erhebungen in nichtsanieren Betrieben

Betrieb Nr.	Melkstand Typ	Lärm dB (A)	Vibrationen m/s ²	Zellzahl pro ml	Probleme beim Melken	Installationsfehler
1	1 x 5 S.b.S	78	0,1	150 000	**	*
2	2 x 3 Tandem	74	0,2	100 000	○	○
3	2 x 3 FGM	76	0,1	120 000	*	*
8	1 x 3 Tandem	65	0,3	140 000	○	○
9	2 x 3 Tandem	70	0,1	80 000	○	*
10	1 x 3 Tandem	73	0,3	100 000	*	*
12	2 x 4 FGM	70	0,1	150 000	○	○
13	2 x 2 Tandem	70	0,1	100 000	○	○
15	2 x 4 S.b.S	65	0,2	120 000	○	○
16	2 x 2 Tandem	72	0,2	100 000	○	○
18	2 x 3 Tandem	79	0,2	80 000	*	*
21	2 x 4 FGM	66	0,3	120 000	○	*
22	2 x 3 FGM	68	0,1	70 000	○	○
23	2 x 3 FGM	74	0,3	230 000	**	**
24	2 x 3 FGM	79	0,3	60 000	*	*
25	2 x 5 FGM	71	0,2	50 000	○	○
26	1 x 6 S.b.S	79	0,3	50 000	*	*
27	2 x 3 FGM	74	0,1	100 000	○	*
28	2 x 3 FGM	81	0,2	250 000	**	**
29	2 x 5 FGM	75	0,4	100 000	○	*
32	1 x 6 S.b.S	75	0,3	100 000	*	*
34	2 x 3 FGM	63	0,2	120 000	○	*
35	1 x 3 Tandem	70	0,3	90 000	○	○
36	2 x 4 FGM	68	0,3	100 000	*	*
37	1 x 6 S.b.S	71	0,2	80 000	○	*
38	2 x 6 S.b.S	64	0,1	100 000	○	*
39	2 x 2 FGM	76	0,5	120 000	**	**
40	1 x 5 S.b.S	75	0,4	100 000	*	*
48	2 x 3 Tandem	69	0.1	80000	○	○
14	2 x 6 FGM	67	0,3	450 000	**	** Kriechstrom
17	2 x 4 FGM	90	0,3	220 000	**	**
19	2 x 12 FGM	79	0,6	380000	**	**
41	2 x 8 FGM	70	0,4	350000	**	**
42	2 x 6 FGM	69	0,5	400000	**	**
43	1 x 32 Karussell	71	0,5	320000	**	**
44	2 x 5 FGM	70	1,0	380000	**	**
45	2 x 6 S.b.S	75	0,7	320000	**	**
47	2 x 7 FGM	72	0.2	170000	*	*

○ Keine Probleme beim Melken bzw. Installation in Ordnung
 * Ab und zu Probleme beim Melken bzw. kleine Installationsfehler
 ** Grosse Melkprobleme bzw. schwerwiegende Installationsfehler

Regeleinheiten weisen gleiche oder ähnliche Unzulänglichkeiten auf.

Die Auswirkungen der Montage und der Steuerung auf die Charakteristik des Regelventils beim gleichen Fabrikat und Typ sind in den Abbildungen 9a und 9b ersichtlich. Abbildung 9a zeigt, dass es möglich ist, die angestrebte, optimale Charakteristik der Regeleinheit zu erreichen. Die Charakteristik in Abbildung 9b bringt ein Rauschen und unstabiles Vakuum zum Ausdruck; die Vakuumstabilität der Regeleinheit wird auch nach vier Sekunden nicht erreicht.

Die Leistung der **Vakuumpumpe** wird massgebend durch die Bedürfnisse der Luftmenge für die Reinigung bestimmt und ist damit für das Melken in vielen Fällen überdimensioniert.

Die heutigen sehr präzisen und empfindlichen **Regelventile** sind durch die überdimensionierten Vakuumpumpen zu stark beansprucht und erzeugen dadurch nicht nur Lärm in der Umgebung, sondern auch Rauschen und Schwingungen im Leitungssystem. ISO-Norm 5707 empfiehlt, die Regelventile möglichst in der Nähe der Endeinheit anzubringen. Viele Installateure montieren die Regelventile im Melkstand und bringen damit eine wesentliche Lärmquelle direkt zum Melker und den Kühen.

In den heutigen Melkständen werden vorwiegend elektronische **Pulsatoren** angewendet. Sie sind starr auf die Pulsleitung montiert und übertragen dadurch das Klopfen der Kolben und Membranen direkt in das Vakuumsystem. Die Pulsatoren erhöhen den Lärmpegel der Umgebung um 3-12 dB (A). Die Kühe meiden die Nähe der Melkplätze, in denen die Ansaugöffnung der Pulsatoren mit zentraler Luftzufuhr (Abb. 10) montiert ist. Die Kopfhaltung und der Blick der Kuh bringen ein unangenehmes Wohlbefinden zum Ausdruck. Auf der Kopfhöhe der Kuh haben wir Luftschall bis zu 73 dB (A) gemessen. Zudem erhöht die Verkleidung der Pulsatoren und des Leitungssystems mit Blechabdeckungen die Lärmwerte.

Die in Tabelle 2 erwähnten Installationsfehler beziehen sich auf die vorgängig beschriebenen Verursacher.

Tab. 3: Resultate der Messungen und Erhebungen in sanierten Betrieben

Betrieb Nr.	Melkstand Typ	Lärm vor Sanierung dB (A)	Lärm nach Sanierung dB (A)	Vibration vor Sanierung m/s ²	Vibration nach Sanierung m/s ²	Zellzahl vor Sanierung	Zellzahl nach Sanierung	Probleme beim Melken	Installationsfehler (Verursacher)	Änderungen
20	1 x 3 Tandem	65	56	0.6	0.1	160 000	80 000	**	**	Installationsänderung
49	2 x 6 FGM	70	65	0.4	0.1	270 000	110 000	**	**	Installationsänderung
31	2 x 4 FGM	71	68	0.6	0.1	500 000	130 000	**	**	Installationsänderung
7	2 x 4 FGM	73	70	0.3	0.1	320 000	150 000	**	** (Kriechstrom)	Installationsänderung Potentialausgl.
11	1 x 3 Tandem	75	69	0.2	0.1	200 000	80 000	**	**	Installationsänderung
4	1 x 6 S.b.S	76	70	0.8	0.1	300 000	100 000	**	**	Installationsänderung
6	2 x 3 FGM	77	69	0.1	0.1	140 000	120 000	**	** (Kriechstrom)	Installationsänderung Potentialausgl.
30	2 x 3 FGM	78	72	0.7	0.1	220 000	120 000	*	*	Installationsänderung
50	2 x 4 FGM	78	67	0.4	0.1	350 000	170 000	**	**	Installationsänderung
5	2 x 3 FGM	79	73	0.2	0.1	200 000	60 000	**	**	Installationsänderung
33	2 x 4 FGM	79	72	1.0	0.1	280 000	70 000	**	**	Installationsänderung
46	2 x 4 FGM	79	55	0.5	0.1	450 000	120 000	**	**	Installationsänderung

Legende:

Keine Probleme beim Melken bzw. Installation in Ordnung

Ab und zu Probleme beim Melken bzw. kleine Installationsfehler

Grosse Melkprobleme bzw. schwerwiegende Installationsfehler

○

*

**



Abb. 10: In der Nähe der Einsaugöffnung der zentralen Luftzufuhr wird ein Lärm bis 73 dB (A) erzeugt und die Kühe fühlen sich in dieser Umgebung nicht wohl.

Resultate

Die statistische Auswertung **aller Betriebe** bringt zum Ausdruck, dass die Vibrationen zwölfmal grösseren Einfluss auf die Zellzahl als der Lärm haben. Dies ist auch beim Vergleich der Trendlinien von Vibrationen (Abb. 11) und Lärm (Abb. 12) eindeutig festzustellen. Zudem ist aus diesen beiden Abbildungen ersichtlich, dass der grösste Teil der Betriebe mit weniger als 200 000 Zellen/ml Vibrationen bis 0,3 m/s² und Lärm bis 72 dB (A) ausweisen. Es gab aber auch Betriebe mit weniger als 200 000 Zellen/ml, in denen Werte von 0,6 m/s² bzw. 78 dB (A) gemessen wurden. Diese Feststellung gehört zu den zahlreichen Phänomenen im Bereich der Milchgewinnung, die man nur damit erklären kann, dass der Melker den entscheidenden Einfluss ausübt und durch seine Arbeit und sein Verhalten technische Fehler kompensieren kann. Auf gleiche Art sind die Widersprüche einiger Betriebe zu erklären, die man in Tabelle 2 (**nicht sanierte Betriebe**) beim Vergleich der Parameter Lärm, Vibrationen, Zellzahl, Probleme beim Melken und Installationsfehler finden kann. Betrieb Nr. 39 hat beispielsweise recht hohe Werte beim Luft- (76 dB (A)) und Körperschall (0,5 m/s²), grosse Probleme beim Melken und schwerwiegende Installationsfehler zu verzeichnen und weist trotzdem nur eine Zellzahl von 120 000 pro ml auf. Auf der anderen Seite finden wir im Betrieb Nr. 14 relativ niedrige Werte von Lärm (67 dB (A)) und Vibrationen (0,3 m/s²), aber grosse Probleme beim Melken und schwerwiegende Installationsfehler, die sich durch die hohe Zellzahl von 450 000 pro ml bemerkbar machen. In Tabelle 3 sind die Werte von Lärm, Vibrationen und der Zellzahl vor und **nach der Sanierung** sowie die Probleme beim Melken und Installationsfehler dargestellt. Nur die Betriebe Nr. 6 und 20 wiesen vor der Umstellung weniger als 200 000 Zellen pro ml Milch auf.

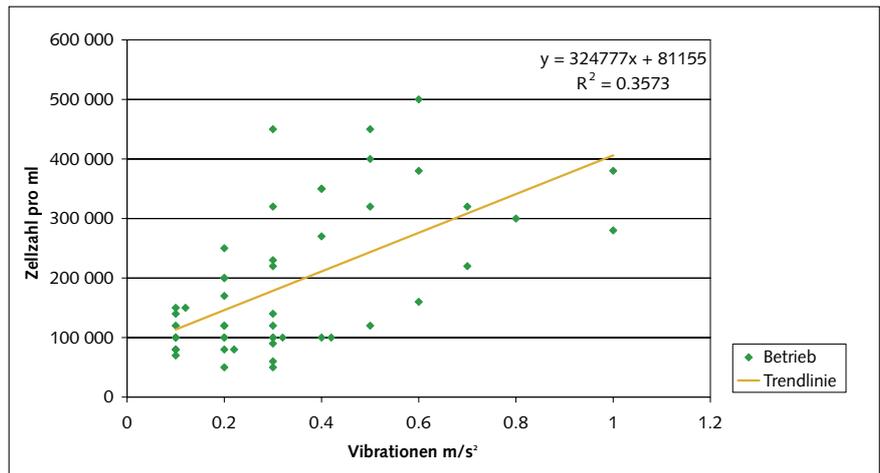


Abb. 11: Zusammenhang zwischen Vibrationen und der Zellzahl in den untersuchten Betrieben.

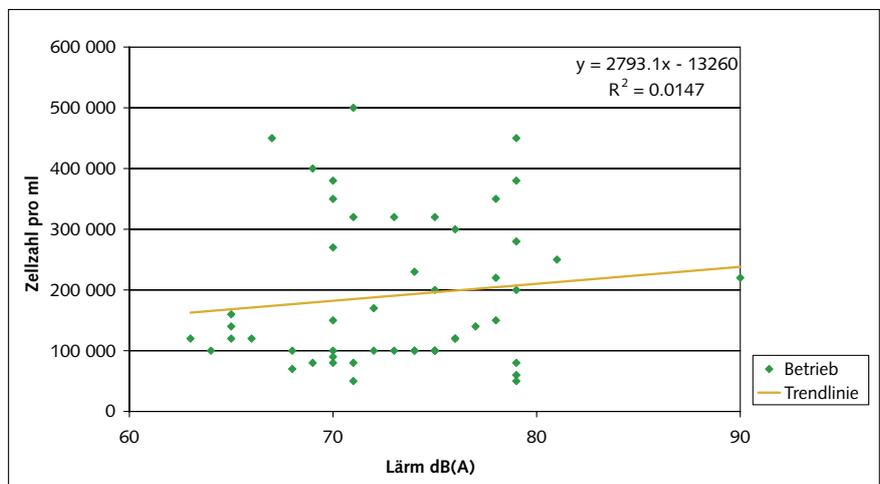


Abb. 12: Zusammenhang zwischen Lärm und der Zellzahl in den untersuchten Betrieben.

In Zusammenarbeit mit dem Landwirt und der Melkmaschinenfirma konnten wir in zwölf Betrieben Installationsänderungen durchführen und die **Melkanlage sanieren**. Die Installationsänderungen bezogen sich auf die unter «Verursacher von Lärm, Vibrationen und Rauschen im Vakuumsystem» beschriebenen Situationen und waren in jedem Betrieb sehr unterschiedlich. Durch die Sanierung liessen sich die Werte von Lärm und Vibrationen erheblich reduzieren. Die Auswirkung dieser Reduktionen auf die Zellzahl (Eutergesundheit) ist bei Vibrationen in Abb. 13 und beim Lärm in Abb. 14 dargestellt. Nach statistischen Auswertungen ist in Bezug auf die Reduktion der Zellzahlen pro ml die Vibration dreimal wichtiger als Lärm. Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem Rückgang der Vibration und der Zellzahl. Zum Beispiel sind im Betrieb Nr. 31 die Vibrationen von 0,6 auf 0,1 m/s² zurückgegangen und die Zellzahl ist von 500 000 auf 130 000 gesunken (Abb. 13). Die Reduktion des Lärms bringt in einzelnen Betrieben auch markante Erfolge bezüglich des Rückgangs der Zellzahlen. Beim Betrieb Nr. 46 ist der Lärm von 79 auf 55 dB (A) zurückgegangen und die Zellzahl von 450 000 auf 120 000 gesunken (Abb. 14). Der Rückgang der Zellzahlen wirkte sich auch auf die Leistung der Kühe aus (gesundes Euter produziert mehr Milch). Bei gleicher Fütterung und gleichem Betriebsmanagement ist die Leistung pro Kuh und Laktation von 7400 auf 8100 Liter gestiegen.

Die Vibrationen erzeugen im Vakuumsystem Schwingungen bei unterschied-

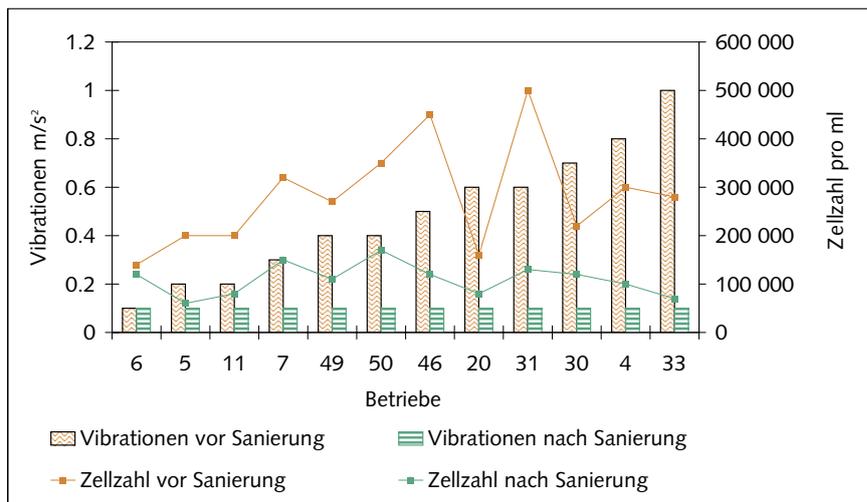


Abb. 13: Zusammenhang zwischen Vibrationen und Zellzahl in den einzelnen Betrieben vor und nach der Sanierung.

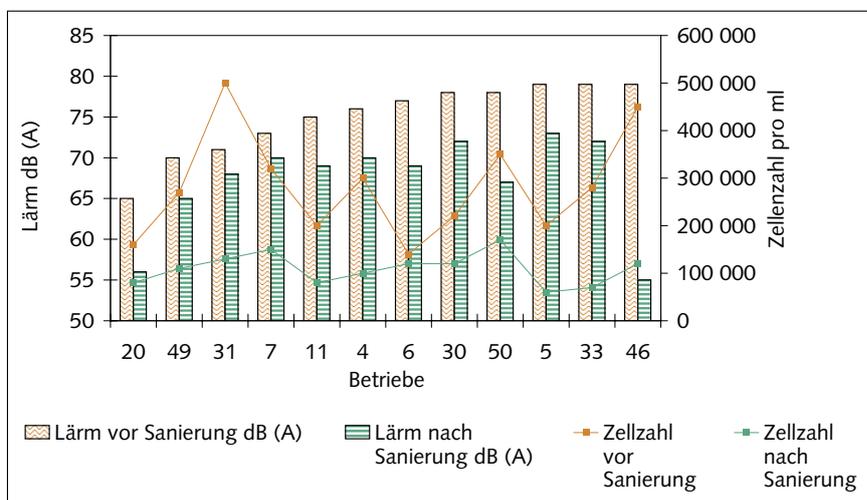


Abb. 14: Zusammenhang zwischen Lärm und Zellzahl in den einzelnen Betrieben vor und nach der Sanierung.

lichen Frequenzen und verursachen unerwünschte Vakuumschwankungen. Die Frequenzen vor und nach der Sanierung der Melkanlage sind in Abb. 15 und jene

der Vakuumstabilität in Abb. 16 dargestellt.

In der Schweiz sind heute in etwa 30 Betrieben Melkroboter (AMS - Automatische

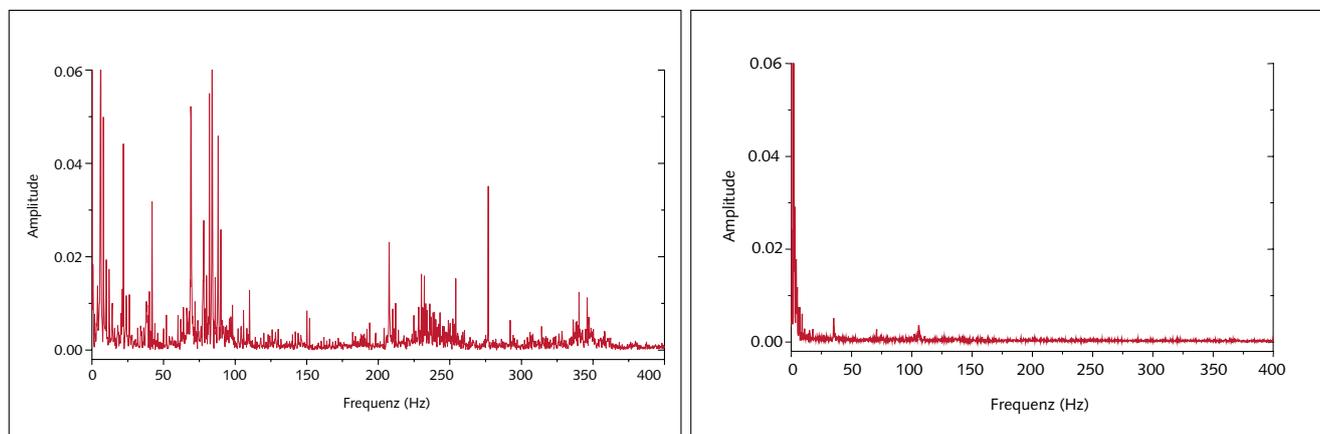


Abb. 15: Ausschlag der Schwingungen, die durch die Vakuumpumpe, Regelventil und Pulsatoren in der Luftleitung bei verschiedenen Frequenzen erzeugt werden, vor und nach der Sanierung.

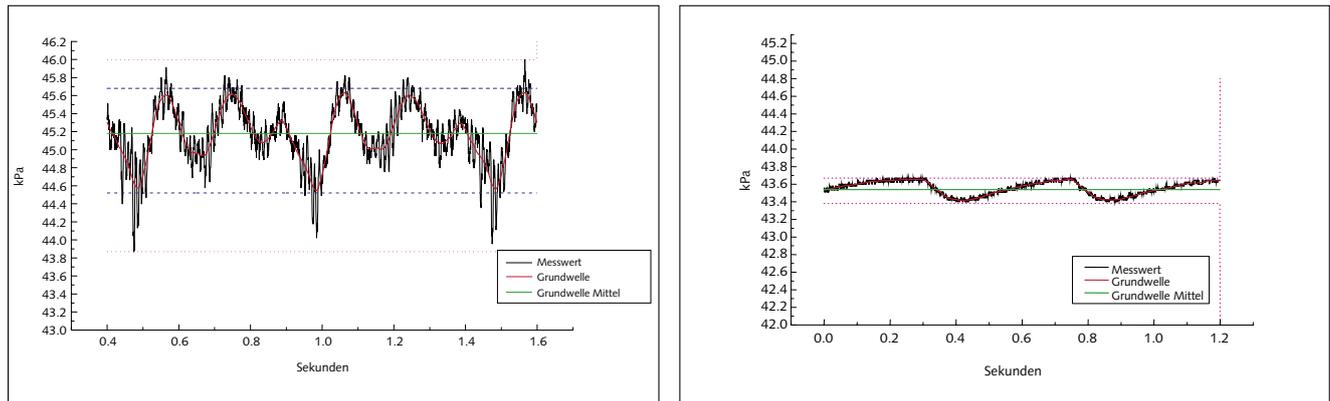


Abb. 16: Bezüglich der Vakuumstabilität in der Luftleitung sind vor der Sanierung starke Schwankungen bei der Grundwelle und bei den Messwerten festzustellen. Die Vakuumstabilität nach der Sanierung weist optimale Grundwelle und Messwerte auf.

Melksysteme) im Einsatz. Es handelt sich um die Marken DeLaval, Lely und Prolion. Es interessierte die Situation bezüglich Vibrationen und Lärm in den AMS-Betrieben. Für die Messungen haben wir je drei Betriebe pro Fabrikat ausgewählt. In Abb. 17 sind die Messpunkte der Vibrationen und des Lärms dargestellt. Die Vibrationen wurden an den Kontaktstellen des Tieres mit dem Konstruktions-Gerüst des Melkroboters (Punkt 1: Fixierung, Punkt 2: Roboterarm, Punkt 3: Krafftterstation) gemessen. Die Messpunkte des Lärms befanden sich im Warteraum unmittelbar vor dem Eingang in die Melkbox (Nr. 1), im Bereich des Roboterarmes (Nr. 2) und auf der Kopfhöhe der Futterstation (Nr. 3). An je drei Messpunkten für Vibrationen und Lärm erfolgten die Messungen bei verschiedenen Arbeitsvorgängen: Einlassen der Kuh, vormelken (Zitzenreinigen), ansetzen, melken und abnehmen der Melkbecher. Die Resultate zeigen, dass kein direkter Zusammenhang zwischen der **Stärke der Vibration, der Höhe des Lärms** und dem Messpunkt bzw. Arbeitsvorgang und Fabrikat besteht. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Verbindung der Konstruktion des Roboters mit der baulichen Anlage in jedem Betrieb anders anzutreffen ist. Dazu kommt, dass die Bewegungen der Kuh in der Melkbucht bei jeder Messung anders sind und die Messwerte stark beeinflussen. Die Resultate der Vibrationen und des Lärms während des Melkvorgangs (Tier einlassen, vormelken, ansetzen, melken und Melkbecher abnehmen) weisen darauf hin, dass bei den einzelnen Arbeitsvorgängen zu hohe Werte vorkommen. Bei Vibrationen (Abb. 18) liegen die Mittelwerte je nach Arbeitsgang zwischen 0,22 und 0,62 m/s². Vereinzelt kommen auch Maximalwerte bis 1,50 m/s² vor. Der Lärm weist Mittelwerte

zwischen 70,3 und 78,3 dB (A) und Maximalwerte bis 88 dB (A) auf. Die Resultate der gemessenen Vibrationen und des Lärms sind sicher nicht als zufrieden-

stellend zu bezeichnen und fordern die Hersteller von AMS heraus, die Anlagen zu optimieren und den Kühen ein angenehmes Melken zu bieten.

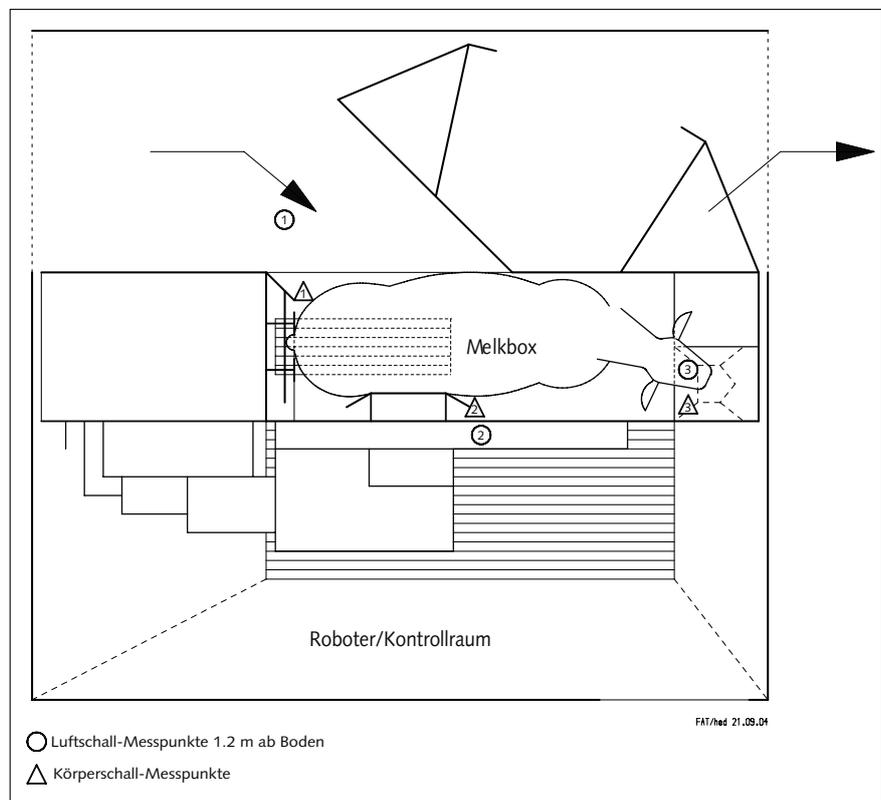


Abb. 17: Messpunkte der Vibrationen und des Lärms in AMS-Betrieben bei verschiedenen Arbeitsvorgängen.

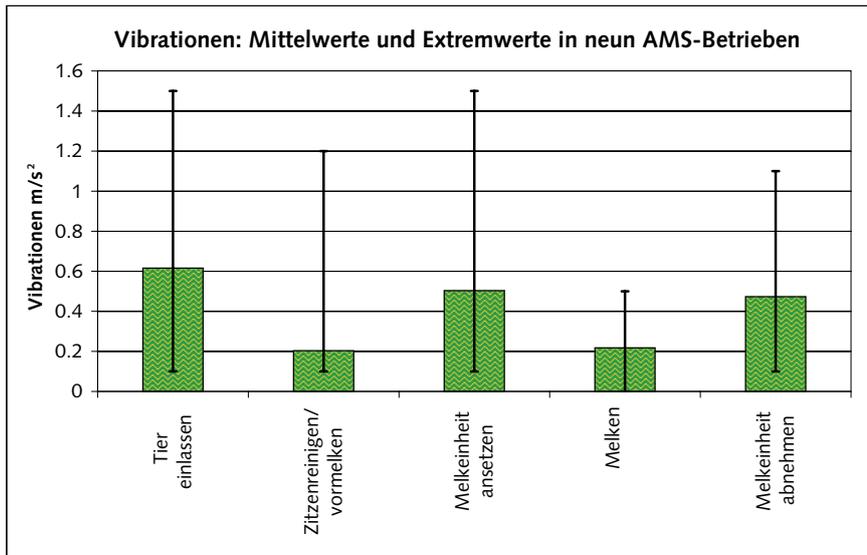


Abb. 18: Vibrationen in neun AMS-Betrieben bei verschiedenen Arbeitsvorgängen.

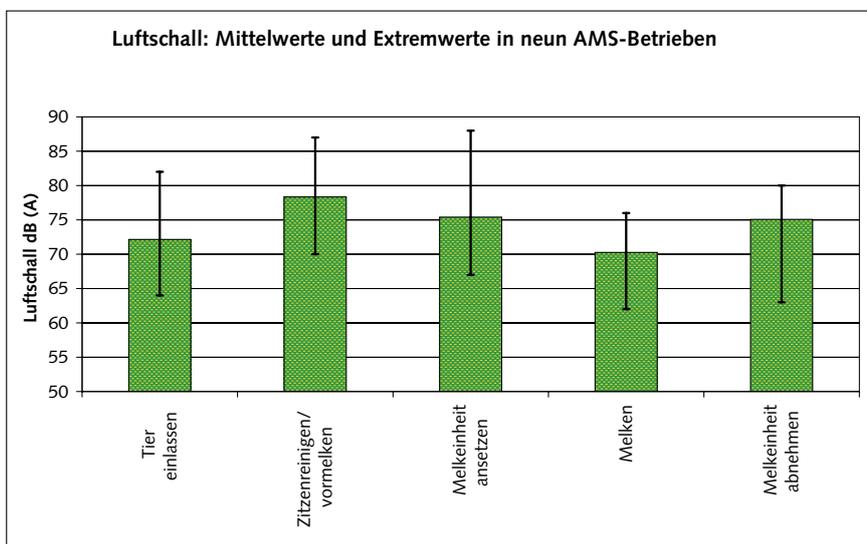


Abb. 19: Lärm in neun AMS-Betrieben bei verschiedenen Arbeitsvorgängen.

Empfehlungen für die Installation und Montage von vibrations- und lärmarmen Melkanlagen

1. Vakuumpumpe (VP) mit Gummiunterlagen auf einen Betonsockel auf dem Boden montieren. Die Festigkeit der Gummiunterlagen muss dem Gewicht der Vakuumpumpe entsprechen.
2. Vakuumtank (VT) getrennt vom VP, nicht auf einem gemeinsamen Chassis, anbringen.
3. Bei der Montage des Auspuffs an die Wand elastische Unterlagen und eventuell zusätzliche Schalldämpfer verwenden.

4. Vibrationen absorbierende, elastische Verbindungen zwischen VP und Auspuff, VP und VT, VP und Leitungssystem benutzen.
5. Anzahl Leitungsbögen minimieren und durch elastische, vakuumfeste Schlauchverbindungen ersetzen.
6. Querschnittveränderungen im Luftleitungssystem (LLS) vermeiden.
7. Anschlüsse des LLS an den VT strömungstechnisch optimieren.
8. Montage des Regelventils (RV) ohne Querschnittsveränderungen und strömungstechnisch optimiert, ausserhalb des Melkstandes durchführen.
9. LLS, Melkleitung, Endeinheit und Milchpumpe mit Hilfe von dämpfenden, elastischen Unterlagen montieren.

10. Pulsatoren elastisch an die Luftleitung anschliessen.
11. Die Ansaugöffnung der zentralen Luftzufuhr für die Pulsatoren ausserhalb des Melkstandes anbringen.
12. Die Luftversorgung der Torzylinder durch einen Kompressor oder separaten Anschluss an die LL vor dem VT ermöglichen.
13. Drehpunkte der Tore mit Kunststoffbüchsen versehen.
14. Anschlagflächen der Tore auf das Gerüst des Melkstandes mit abgestimmten Gummielementen unterlegen.
15. Buchtabtrennungen (Kotsperren) aus massivem Kunststoff jenen aus Blech vorziehen.
16. Kompressoren und Kühlaggregate mit abgestimmten Gummiunterlagen und nicht an die Wand zum Melkstand montieren.

Schlussfolgerungen

Die Melkmaschinenfirmen investieren beträchtliche Summen Geld in die Entwicklung von neuen Produkten und bringen fast jedes Jahr einige Neuerungen auf den Markt. Wie unsere Untersuchungen zum Ausdruck bringen, kommen in der Praxis Konstruktions- und Installationsfehler vor, die nicht nur die Vorteile der Neuentwicklungen zunichte machen, sondern die Eutergesundheit, das Wohlbefinden und die Leistung der Kühe und des Melkers negativ beeinflussen. Wir schlagen vor, dass die Melkmaschinenfirmen unsere «Empfehlungen für Installation und Montage von vibrations- und lärmarmen Melkanlagen» in ihre internen Richtlinien einbauen. Dies würde keine zusätzliche Kosten verursachen, aber einer Menge von Problemen vorbeugen. Zudem lassen sich damit die Eutergesundheit, das Wohlbefinden und die Leistung der Kühe und des Melkers verbessern und einen wirtschaftlichen Erfolg erreichen.

Es ist notwendig, dass der Bauherr eines Melkstandes und sein Architekt schon in der Planungsphase Kontakt mit der Melkmaschinenfirma aufnehmen. Damit können viele Installations- und Montagefehler bei der Melkanlage vermieden und Kosten bei der Montage und dem jährlichen Service der Melkanlage eingespart werden. Die gewünschten Werte von $< 0,3 \text{ m/s}^2$ bei den Vibrationen und $< 70 \text{ dB (A)}$ beim

Lärm sind erreichbar und der Landwirt sollte sie im Kaufvertrag der Melkanlage festhalten. Auch die Hersteller von AMS sind gefordert, diese Werte bei ihren Anlagen zu erreichen.

Wir streben an, dass unsere Resultate und Empfehlungen bei der Revision der ISO-Norm 5707 berücksichtigt werden. Ausserdem sind betreffend genaueren Bestimmungen von leistungs- und gesundheitsrelevanten Grenzwerten noch weitere Untersuchungen nötig.

Literatur

ISO 5707, 1996. Milking machine installations – Construction and performance, Second edition 1996-07-01, 23. S.

ISO 6690, 1996. Milking machine installations – Mechanical tests, Second edition 1996-12-15, 27 S.

ISO 2631-1, 1997. Vibrations et chocs mécaniques – Evaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Partie 1: Spécifications générales.

Nosal D. und Bilgery E., 2001. Effects of vibrations on the vacuumstability in milking equipment. Symposium Agricultural Engineering on the beginning of 21. Century. 06.06.2001, SK-Nitra (mit Beitrag im Tagungsband).

Nosal D. und Bilgery E., 2001. Vibration and vacuumstability in milking equipment. International Conference: Physiological and technical aspects of machine milking. 26./27.06.2001, SK-Nitra (mit Beitrag im Tagungsband).

Nosal D. und Bilgery E., 2002. Lärm und Vibrationen in Melkanlagen, AgrarForschung 9 (1): 4-7.

Nosal D. und Bilgery E., 2004. Airborne noise, structure-borne sound (vibration) and vacuum stability of milking systems. Czech Journal of Animal Science, Volume 49, p. 226-230.

Nosal D. und Bilgery E., 2004. Heavy Metal – nichts für Kühe, dlz agrarmagazin Nr. 6, S. 78-80.

Nosal D., 1998. Weisungen über die Installation der Rohrmelkanlagen (RMA), FAT, 15 S.

Nosal D., 2000. Richtlinien für die Durchführung der Kontrolle von Melkanlagen, FAT, 19 S.

Oertle A., 2004. Schalltechnische Grundsätze für die Konstruktion und Ausführungen von Melkanlagen, Entwurf, 6 S.

Palffy S., 2004. Mündliche Mitteilungen und Videovorführungen über Strömungstechnik.

SUVA (Schweiz. Unfallversicherungsanstalt, Arbeitssicherheit) 1997. Gehörfährender Lärm am Arbeitsplatz. 3. Auflage – Februar 1997, 95 S.

Impressum

Herausgeber: Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Ettenhausen

Die FAT-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: Agroscope FAT Tänikon, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich.

ISSN 1018-502X.

Die FAT-Berichte sind im Volltext im Internet (www.fat.ch)