

Melktechnik | 20./21. März 2013



4. Tänniker Melktechniktagung

Automatisierung rund ums Melken

Herausgeber: Pascal Savary und Matthias Schick, Agroscope



März 2013

Herausgeberin Agroscope
Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz
Tel: +41 (0)52 368 31 31
info@agroscope.ch, www.agroscope.ch

Grafik Karin Sannwald, Agroscope

Redaktion Etel Keller, Agroscope

Titelbild Lely Astronaut A4 (Quelle: www.lely.com)

ISBN 978-3-905733-30-3

Copyright 2013 Agroscope

Inhalt

Developments in machine milking; past and future	5
Kees de Koning; kees.deKoning@wur.nl	
Wageningen University & Research Center, Boksumerdyk 11, 9084 AA Leeuwarden, the Netherlands	
Vergleich von Melkstand und Melkroboter hinsichtlich der Milchqualität	11
Ernst Jakob, Daniel Goy, John Haldemann, René Badertscher; ernst.jakob@agroscope.admin.ch	
Agroscope, Schwarzenburgstr. 161, 3003 Bern, Schweiz	
Kosten und Nutzen der Automatisierung	17
Christian Gazzarin; christian.gazzarin@agroscope.admin.ch	
Forschungsgruppe Betriebswirtschaft, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	
Entwicklung einer präzisen viertelindividuellen Vakuumregelung für Melkmaschinen	21
Ulrich Ströbel, Sandra Rose-Meierhöfer, Reiner Brunsch; ustroebel@atb-potsdam.de	
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland	
Melktechnische Einflüsse auf die Ausprägung von Hyperkeratosen	27
Martin Spohr ¹ , Franz Uhlenbruck ² ; egdstuttgart@tsk-bw-tgd.de	
¹ Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Schaflandstr. 3/3, 70736 Fellbach, Deutschland	
² Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Weissenburgerstr. 3, 76187 Karlsruhe, Deutschland	
Analyse der Umstellung vom Melkstand auf ein Automatisches Melksystem anhand von hygienischen und Leistungsaspekten	31
Natascha Klinkel ¹ , Hans-Joachim Herrmann ¹ , Wilfried Wolter ² , Steffen Hoy ³ ; Natascha.Klinkel@llh.hessen.de	
¹ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, 35578 Wetzlar, Deutschland	
² Regierungspräsidium Giessen, 35578 Wetzlar, Deutschland	
³ Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Giessen, 35390 Giessen, Deutschland	
Validierung einer neuen Methode (RumiWatch®) zur automatischen Erfassung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen	37
Nils Zehner, Franz Nydegger, Markus Keller, Matthias Schick; nils.zehner@agroscope.admin.ch	
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	
Automatische Fütterungssysteme zur Optimierung der Milchviehhaltung	43
Anne Grothmann, Franz Nydegger; anne.grothmann@agroscope.admin.ch	
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	
Analyse und Bewertung von Arbeitsbelastungen während Melkroutinen in verschiedenen Melkstandtypen	49
Marianne Gansow ¹ , Maren Kauke ¹ , Pascal Savary ¹ , Ulrike Hoehne-Hückstädt ² , Matthias Schick ¹ ;	
marianne.gansow@agroscope.admin.ch	
¹ Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	
² Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Alte Heerstrasse 111, 53757 Sankt Augustin, Deutschland	
Einfluss von Grösse und Form verschiedener Melkstandtypen auf das Wohlbefinden der Milchkühe	53
Yamenah Gómez, Michael Zähler, Pascal Savary; yamenah.gomez@agroscope.admin.ch	
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	

Qualitätssichernde Methoden zur Arbeitsanalyse in der Landwirtschaft..... 57
Christoph Herzog, Andrea Wagner, Matthias Schick; christoph.herzog@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auswirkungen von Installationsvarianten auf die Vakuumstabilität in Melkanlagen..... 59
Franziska Blümel, Pascal Savary, Matthias Schick; franziska.blümel@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Developments in machine milking; past and future

Kees de Koning; kees.deKoning@wur.nl

Wageningen University & Research Center, Boksumerdyk 11, 9084 AA Leeuwarden, the Netherlands

Abstract

It's known that cows are domesticated for more than 5000 years for milk and meat production. It is in fact until recent times that cows were milked manually and only since the end of the 19th century technical devices became available to milk cows in a mechanical way. By inventing the two chamber teat cup with an elastic liner forced to open and close by a pulsator while applying vacuum, the milking machine was introduced. However it was not until the sixties of the 20th century, that real major changes in the dairy sector occurred. While the number of dairy farmers decreased dramatically in many countries, labour productivity increased enormously in terms of milk production per man hour and per hectare. These changes were mainly caused by the introduction of important innovations in dairy farming, like the milking machines, loose housing barns, the bulk milk tanks (cold chain), feeding of ensilaged grass (roughage) and the introduction of the milking parlour. Milking, feeding and resting were no longer bound to one place as in a tie stall. This all caused a boost in the development of modern dairy farming.

The number of innovations related with the milk harvesting process is remarkable. Remarkable innovations were the milk cooling tank, milk pipelines, automatic cluster removers, electronic cow identification, sensors to measure milk yield, conductivity and temperature, management systems, automatic cluster attachment and the milking robots. All these innovations helped dairy farms to stay in business by producing high quality food against reasonable prices. The investments needed convinced many farmers to specialise in dairy production, however many farmers also decided to stop dairy farming. In fact this process of introducing new innovations and technologies is still going on and it is expected to continue in the near future.

Zusammenfassung

Automatisierung der Milchgewinnung – Gestern, Heute - Zukunft

Seit mehr als 5000 Jahren sind Kühe zur Milchgewinnung und Fleischproduktion domestiziert. Das Melken der Kühe

erfolgte bis in jüngerer Zeit von Hand. Erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts stehen technische Geräte für das mechanische Melken zur Verfügung. Die Melkmaschine konnte eingeführt werden dank der Erfindung des Zweikammer-Melkbechers mit Zitzengummi, der mittels Pulsator unter Vakuum geöffnet und geschlossen wird. Wesentliche Änderungen im Milchsektor gab es jedoch erst in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts. Während die Anzahl der Milchproduzenten in vielen Ländern dramatisch abnahm, stieg die Arbeitsproduktivität pro Arbeitskraftstunde und Hektare sehr stark an. Diese Veränderungen waren hauptsächlich bedingt durch die Einführung von wichtigen Innovationen im Milchproduktionssektor, wie z. B. der Melkmaschinen, der Laufstallhaltung, der Milchlagerbehälter (Milchkühlung), der Fütterung von Grassilage (Raufutter) und der Einführung von Melkständen. Das Melken, das Füttern und das Ausruhen der Tiere waren nicht mehr an einen Ort gebunden wie dies im Anbindestall der Fall ist. All dies führte zu einem Aufschwung der modernen Milchviehhaltung.

Die Anzahl Innovationen im Bereich des Milchgewinnungsprozesses sind beträchtlich. Dazu gehören hauptsächlich die Milchkühltanks, die Milchleitungen, die automatische Melkzeugabnahme, die elektronische Identifikation der Kühe, die Sensoren zur Messung der Milchmenge, der Leitfähigkeit und der Temperatur, Managementsysteme, das automatische Anhängen des Melkzeugs und die Melkroboter. All diese Innovationen halfen den Milchproduzenten, ihre Tätigkeit weiterzuführen und dabei Nahrungsmittel hoher Qualität zu einem vernünftigen Preis produzieren zu können. Die erforderlichen Investitionen überzeugten viele Landwirte davon, sich auf die Milchproduktion zu spezialisieren, während sich andere für den Ausstieg aus der Milchproduktion entschieden. Der Innovationsprozess und die Einführung von neuen Technologien sind immer noch im Gang und werden sich auch in der nahen Zukunft fortsetzen.

Résumé

Automatisation de la production laitière – Hier, aujourd'hui - demain

Chacun sait que les vaches sont domestiquées depuis plus de 5000 ans pour leur production de lait et de viande. De

fait, les vaches ont été traites à la main jusqu'à récemment et c'est seulement depuis la fin du XIX^{ème} siècle qu'il existe des dispositifs techniques permettant de traire les vaches de manière mécanique. La machine à traire est le fruit de l'invention d'un gobelet à deux chambres avec un manchon élastique s'ouvrant et se fermant sous l'effet d'un pulsateur commandé par le vide. Malgré tout, il a fallu attendre les années 60 pour que le secteur de la production laitière connaisse de profonds changements. Tandis que le nombre de producteurs laitiers a diminué de manière dramatique dans plusieurs pays, la productivité du travail a augmenté considérablement en termes de production laitière par heure de main d'œuvre et par hectare. Ces changements ont été causés en grande partie par l'introduction d'importantes innovations dans la production laitière, comme les machines à traire, les stabulations libres, les tanks à lait (chaîne du froid), l'affouragement d'herbe ensilée (fourrage) et l'introduction de la salle de traite. La traite, l'affouragement et le repos des animaux n'étant plus nécessairement regroupés en un seul endroit comme dans la stabulation entravée. Tous ces changements ont contribué à stimuler le développement de la production laitière moderne.

Le nombre d'innovations associées à la production laitière est remarquable. Le tank de refroidissement du lait, les lactoducs, les systèmes de décrochage automatique du faisceau trayeur, l'identification électronique des vaches, les capteurs permettant de mesurer le rendement laitier, la conductivité et la température, les systèmes de management, les dispositifs de pose automatique du faisceau trayeur et les robots de traite sont autant d'innovations extraordinaires, qui ont aidé les exploitations laitières à rester dans la course en produisant des denrées alimentaires de qualité à des prix raisonnables. Les investissements nécessaires ont convaincu de nombreux producteurs de se spécialiser dans la production laitière, tandis que d'autres ont décidé d'abandonner cette branche de production. En fait, le processus qui consiste à introduire de nouvelles innovations technologiques se poursuit et se poursuivra sans doute encore à l'avenir.

Introduction

Milk harvesting is one of the most important processes on a dairy farm. The objective is to produce safe and high quality products, that meet the consumer demands. Besides a strong focus on quality, farmers pay much attention to labour productivity and costs related with milk harvesting. The main reason to start the development of auto-

matic milking in the eighties of the last century, was the need for improved labor efficacy due to the growing costs of labour in many dairy countries. Milking is on most dairy-farms a time consuming activity, which takes about 25 to 35 % of the annual labour demand. In this way the milking activities contribute also substantially to the costs of the farm enterprise. Therefore many innovations are focussed on substituting manual labour by the use of technology.

Today two main directions can be distinguished in milk harvesting technologies:

1. High-capacity milking parlours with a high throughput in milk per man-hour
2. Automatic milking systems in which manual labour is replaced by a robot.

High capacity milking parlours are designed for high throughput per man-hour. Labour is optimised in such a way that one operator can milk 120-150 cows per hour. However this means that only 25-30 seconds are available per cow and therefore good udder preparation and milk let down might be questionable. Automatic milking systems take over all the manual labour related with milk harvesting and can milk cows up to 4 or 5 times a day without human supervision. The physical work of machine milking is replaced with management tasks. Sensors including decision support systems to monitor the harvesting process and to control and check any abnormalities during milking are necessary in both milking systems.

Milking technology

The basis of current milking technology is the use of a two chambered teat cup connected to a pulsator and a milk line while applying vacuum to harvest milk. Although the technology itself is improved, the concept is in use for more than one century now. Continuous vacuum is applied inside the liner to remove milk from the teat by creating a pressure difference across the teat canal. The vacuum applied to the teat causes the milk removal however causes also congestion of the teat tissue by the accumulation of blood and other fluids. Therefore atmospheric air is admitted into the pulsation chamber once a second to allow the liner to collapse around the teat end.

The liner is the only direct contact between machine and cow and it is without doubt that the interaction between liner and teat determines to a large extent the perfor-

mance of the milking machine. Hundreds of commercial liners in many dimensions and shapes are available throughout the world. Many ideas came along to improve the both the liners as the pulsation systems. In general it is agreed that liners must be designed and manufactured in such a way that they:

- Have a mouthpiece and barrel size which will fit with the range of teats within the herd
- Milk out quickly and completely with no or minimal teat end congestion
- Minimize liner-slips and cluster fall-offs with a rather long life time
- Comply with the relevant food-contact legislation, can be cleaned easily and are cost effective.

The most important aspects for liner performance in real life are related with quick and complete milking, minimal liner-slips and fall-offs, minimal effect on teat end congestion, long lifetime and cost effectiveness.

Automatic milking

Automatic milking changes many aspects of farm management since both the nature and organisation of labour is altered. Manual labour is partly replaced by management and control and the presence of the operator at regular milking times is no longer required. Facilities for teat cleaning and separation of abnormal milk are

incorporated into the automatic system and several adaptations are needed to accommodate continuous milking. Cow management including routing within the barn, the opportunity for grazing and the use of total mixed rations is altered. A high level of management and realistic expectations are essential to successful adoption of automatic milking.

Reduced labour, a better social life for dairy farm families and increased milk yields due to more frequent milking were reported as important benefits of automatic milking. An average labour reduction of 20 % was reported, although large differences among farms are noted. Results from commercial farms indicate, that milk quality is somewhat negatively affected, although bacterial counts and somatic cell counts remain well below penalty levels.

In terms of quality control, AM-systems offer extra means to assure milk quality and food safety. No adverse effects of the transition have been found for body condition, lameness or teat condition. A potential risk is that fertility of the herd may decline faster than the current trend for conventional dairy farms. The only obvious change was that milk cell count, often an indicator of the prevalence of mastitis, increased overall. Successful adoption of automatic milking depends largely on the management skills of the farmer and the barn layout and farming conditions.

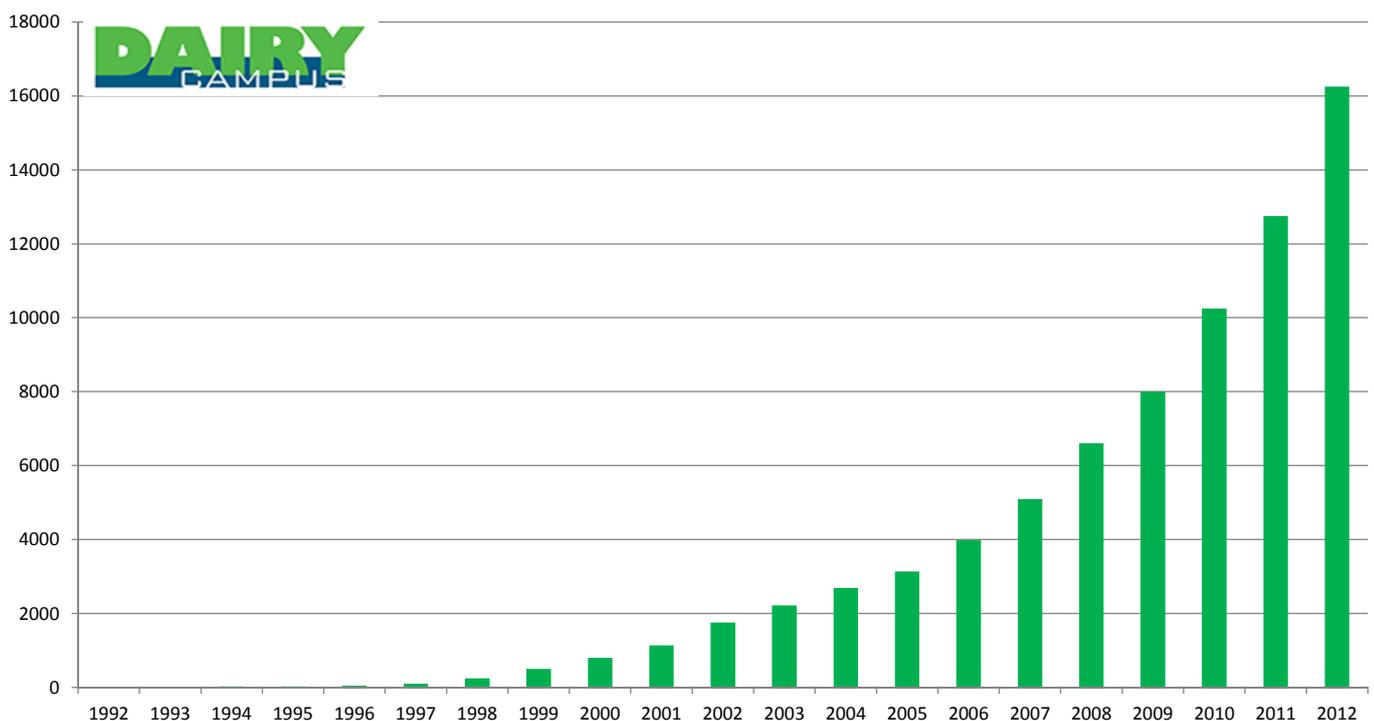


Figure 1: Development of number of farms with automatic milking worldwide (De Koning, 2012).

Automatic milking systems require a higher investment than conventional milking systems. However increased milk yields and reduced labour requirements may lead to a decrease in the fixed costs per kg milk. Theoretically, with an AM-system more cows can be kept with the same labour force compared to conventional milking. In areas where labour is expensive or in short supply, automatic milking is a valid alternative to traditional parlour milking. However if labour is available, and particularly where herd sizes are large conventional milking, often with rotary or rapid exit parlours equipped with features to increase throughput per man-hour will remain popular.

Nevertheless, with future expected increased labour costs, more widespread adoption of AMS in nearly all areas of the developed world appears to be only a matter of time. Automatic milking is gaining widespread acceptance and at the end of 2012 automatic milking is estimated to be in use at over 16000 dairy farms in more than 35 countries worldwide ranging from North America to New Zealand with a major concentration of farms in North West Europe.

Milk recording and sensor technology as management support

Milk recording has always been the basis for dairy herd improvement and breeding programs. Initially individual milk recording started with easy and simple measuring systems like measuring the volume, or weighing the amount of milk. Later besides measuring also a representative sample was taken for analysis of milk components in an external laboratory. In many dairy countries milk recording became an essential part of dairy farming. ICAR (International Committee for Animal Recording) and IDF (International Dairy Federation) played an important role in the development of Guide Lines for both milk recording on farms as in guide lines for the laboratories regarding the analysis of milk components. The data obtained by the dairy herd improvement programs were used for the breeding programs but also by the farmers for their (daily) management. Especially services like individual cell counts are popular among farmers.

Recently systems for in-line analysing of milk components during the milk process have been introduced. In this way the toolbox for modern dairy farm management is expanding steadily. However this will not only affect farmers, new challenges will arise, both for milk recording organisations as for milk laboratories.

Decision support systems

Modern milking systems like the automatic milking systems, are equipped with various sensors ranging from sensors to control the milking process, measuring milk yield, up to sensors that analyse the milk quality in several ways, like milk composition, cell counts, blood detection, conductivity, progesterone, and so on (table 1).

So from exclusively external analysis of samples in well-organized laboratories, sample analysis is slowly shifting to the dairy farm by the introduction of these new sensors. Especially AM-systems are equipped with sensor technology and integrated data management systems to observe and to control the milking process. These data are automatically stored in a database and the farmer has a management program to control the settings and conditions for cows to be milked. Attention lists and reports are presented to the farmer by screen or printer messages. With their sensors automatic milking systems collect enormous amounts of data, which have to be processed with appropriate software. The challenge for both manufacturers as end users is to detect in this cloud of data any abnormalities, so appropriate actions can be taken.

Table 1. Overview of sensors in dairy production (De Koning et al. 2012, ICAR Cork)

Measurement	Indications	Management issue
Hormones	Heat	Reproduction
Urea	Ketosis	Feeding
Proteins	Inflammation	Health
Pathogens	Mastitis/diseases	Health / Product quality
Conductivity	Mastitis	Health
Residues	Milk quality	Product quality
Yield, components	Feed quality	Feeding
Body condition	Condition, feed intake	Feeding
Locomotion score, activity	Claw health, heat	Health, fertility
Location (GPS)	Diseases, welfare	Health
Rumination	Feed intake	Feeding, health

Future: Integration of automatic and conventional milking

While automatic milking is a popular technology on many farms, most farmers are still using conventional milking technologies. On larger farms with more than 200-250 dairy cows milking parlours with more than 20 units are very popular. On farms with more than 500 dairy farms, sometimes several milking parlours are used, although rotary parlours are more or less standard. While these milking parlours are equipped with a whole variety on sensors and other automation devices, attachment of the milk cluster is often done manually. In recent years technologies from automatic milking, like the attachment robots, entered also the rotary parlours with the introduction of rotary parlours with automatic attachment devices. Although being a prototype, first results from research carried out at Camden University, Australia (Kolbach et al, 2012) showed that the so called Automatic Milking Rotary with 16 stands and 2 robotic devices was capable to handle herds between 350 and 430 dairy cows. Several manufacturers are working on these integration issues and more systems are expected to enter the dairy business in the coming years.

Another development is the modular robotic milking unit that can be attached to any existing rotary milking parlour. In fact the module robotic milking unit uses partly the same components as automatic milking systems have, in fact one unit for each stand. In this way it is expected that the milking capacities of such robotic rotaries will be more or less equal to the rotaries with manual attachment, so capacities up to 150 animals per hour should become reality. This implies also the possibility of milking cows in batches, which can be more interesting for very large dairy farms with more than 500 cows. Human supervision regarding the operation and the cow logistics seems to be necessary. Although these systems are still in a very early stage of development, it is expected that the technologies developed for automatic milking will become also common in conventional milking. So the milking machine will stay one of the most important machines on a dairy farm, important for the animal, the farmer and above all necessary to harvest a high-quality product milk.

Concluding remarks

Dairy farmers will remain focussing on labour productivity. The number of farms milking with automatic milking has increased significantly since 2000. In areas

where labour is expensive or in short supply automatic milking is a valid alternative to traditional parlour milking. However if labour is available, and particularly in regions where herd sizes are large, conventional milking with rotary or rapid exit parlours equipped with features increasing throughput per man hour will remain popular. Successful adoption of new technologies depend on the management skills of the farmer, the farming conditions and the cost/benefit analysis of such innovations. Both conventional and automatic milking will be used on dairy farms in modern dairy countries in the foreseeable future. Mixed systems like conventional milking rotaries with robotic technology will be introduced in the foreseeable future. It goes without saying that new sensor technologies and the profound integration of conventional milking technologies with robotic technologies, including the application of data mining statistical models will drive future developments in our dairy business.

Literature

- Kolbach R., Kerrisk K., Garcia S., 2012, The effect of pre-milking with a teat-cup like device, in a novel robotic rotary, on attachment accuracy and milk removal, *Journal of Dairy Science*. 96, 360-365.
- de Koning K., Ipema B., Hogewerf P., Huijsmans P., 2012, The role of new on-farm technologies in dairy herd improvement (DHI) and farm management, ICAR conference Cork 2012, http://www.icar.org/Cork_2012/.
- de Koning K., 2012, personal communication.

Vergleich von Melkstand und Melkroboter hinsichtlich der Milchqualität

Ernst Jakob, Daniel Goy, John Haldemann, René Badertscher; ernst.jakob@agroscope.admin.ch
Agroscope, Schwarzenburgstr. 161, 3003 Bern, Schweiz

Zusammenfassung

Die Milchqualität von Betrieben mit automatischem Melk-system (10 Betriebe) und solchen mit Melkstand (8 Betriebe) wurde verglichen. Es wurden ausschliesslich Produzenten von silofreier Käsereimilch berücksichtigt. Während dreier Jahreszeiten wurde monatlich je eine Probe der Abend- und der Morgenmilch erhoben und untersucht. Geprüft wurden die Gehalte an Fett, Protein, somatischen Zellen, freien Fettsäuren, freier Buttersäure und der Gefrierpunkt. Zur Beurteilung der bakteriologischen Qualität wurden die Keimzahl, die Zahl der lipolytischen Keime und der Buttersäuresporen sowie der Säuregrad nach 11h bei 38 °C bestimmt und die vorbebrütete Reduktase-Probe durchgeführt. Die Milch der AMS-Betriebe zeigte signifikant kürzere Reduktasezeiten (38.0 vs. 47.3 min; $P < 0.001$) höhere Säuregrade in der bebrüteten Probe (14.5 vs. 11.4 °SH; $P < 0.001$), höhere Keimzahlen (7800 vs. 6000 kbE/mL; $P < 0.01$) und stark erhöhte Gehalte an freier Buttersäure nach 24h Lagerung (107 vs. 61 $\mu\text{mol/kg}$; $P < 0.001$). Bei allen Kriterien mit Ausnahme der freien Buttersäure war der Einfluss des Produzenten grösser als jener der Melktechnik. Die meist verstärkte Fettsäurespaltung in der Milch aus AMS-Betrieben birgt Risiken für die Verarbeitung zu Rohmilchkäse.

Résumé

Comparaison entre salle de traite et robot de traite en termes de qualité du lait

La qualité du lait des exploitations équipées de systèmes de traite automatiques (10 exploitations) a été comparée à celle d'exploitations équipées de salles de traite (8 exploitations). L'étude a pris en compte exclusivement des éleveurs produisant du lait de fromagerie sans ensilage. Pendant trois saisons, on a prélevé chaque mois un échantillon de la traite du soir et de celle du matin pour l'analyser. Le test a porté sur les teneurs en matières grasses, en protéines, en cellules somatiques, en acides gras libres, en acides butyriques libres ainsi que sur le point de congélation. Afin d'évaluer la qualité bactériologique, le nombre de germes, le nombre de germes lipolytiques et de spores d'acide butyrique ont également été déterminés ainsi que le degré

d'acidité après 11h à 38 °C. L'épreuve de la réductase sur échantillon fermenté a elle aussi été réalisée. Le lait des exploitations AMS affichait des temps de réductase significativement plus courts (38.0 contre 47.3 min; $P < 0.001$), des degrés d'acidité plus élevés dans l'échantillon fermenté (14.5 contre 11.4 °SH; $P < 0.001$), des nombres de germes plus élevés (7800 contre 6000 kbE/mL; $P < 0.01$) et des teneurs beaucoup plus hautes en acide butyrique libre après stockage de 24 heures (107 contre 61 $\mu\text{mol/kg}$; $P < 0.001$). Pour tous les critères, à l'exception de l'acide butyrique libre, l'influence du producteur était plus importante que celle de la technique de traite. La lipolyse souvent plus marquée dans le lait provenant des exploitations AMS est source de risques pour la transformation en fromage au lait cru.

Summary

Comparison of Milking Parlours and Milking Robots with respect to Milk Quality

The milk quality of farms with automatic milking systems (10 farms) and those with milking parlours (8 farms) was compared. Only producers of milk for cheesemaking from cows not fed on silage were considered. For three seasons, a sample of both the evening and morning milk was taken once a month and investigated. Fat, protein, somatic cell, free fatty acid and free butyric acid content were tested, along with the freezing point. Bacterial count, lipolytic bacteria count and butyric acid spores as well as the degree of acidity after 11 hours at 38° C were determined and the pre-incubated reductase sample carried out in order to assess bacteriological quality. The milk from the AMS farms exhibited significantly shorter reductase times (38.0 vs. 47.3 min; $P < 0.001$), higher degrees of acidity in the incubated sample (14.5 vs. 11.4 °CH; $P < 0.001$), higher bacterial counts (7800 vs. 6000 kbE/ml; $P < 0.01$) and markedly increased free butyric acid content after 24 hours' storage (107 vs. 61 $\mu\text{mol/kg}$; $P < 0.001$). For all criteria except free butyric acid content, the influence of the producer was greater than that of the milking technique. The mostly increased fat breakdown in the milk from AMS farms harbours risks for processing into raw-milk cheese.

Einleitung

Frühere von Agroscope durchgeführte Studien hatten gezeigt, dass die Milch aus Betrieben mit automatischen Melksystemen (AMS) den qualitativen Anforderungen an Käseemilch häufig nicht genügt. Aus diesem Grund verfügte die Interprofession du Gruyère 2008 ein Moratorium für die Installation neuer AMS im Produktionsgebiet des Gruyère AOC. Im Hinblick auf den bevorstehenden Ablauf dieses Moratoriums initiierte die Organisation 2011 eine neue Studie, deren Ziel es war abzuklären, ob sich die Milchqualität mit der neuesten AMS-Generation verbessert hat.

Ergebnisse frühere Studien

Vor zwanzig Jahren kamen die weltweit ersten automatisierten Melksysteme (AMS) auf den Markt. Seither wurden zahlreiche Studien zum Einfluss des Roboter melkens auf die Milchqualität publiziert. Sie kamen mehrheitlich zum Schluss, dass AMS - abgesehen von einem Anstieg der freien Fettsäuren (FFA) - keinen negativen Einfluss auf die Milchqualität haben (Wiking & Nielsen, 2007). Diese Befunde sind aber nur bedingt auf die Schweiz übertragbar, wo anders als in den Herkunftsländern der meisten AMS-Studien, ein sehr bedeutender Teil der Käsesorten aus Rohmilch hergestellt wird. Darum wurden in der Schweiz Studien durchgeführt, die den Fokus besonders auf die Käseemilchqualität legten. Auf eine erste Studie im Jahr 2000 folgte 2006 eine weitere, in welcher AMS mit Rohmelkanlagen und Melkständen verglichen wurden (Häni, 2008). Auslöser der letzteren Studie waren hartnäckige Probleme wegen ranziger Käse in einer Käserei, die einen grossen Teil der Milch von einem AMS-Betrieb bezog. Die Studie von 2006 kam zum Schluss, dass die

Milch aus den AMS-Betrieben bezüglich der Kriterien Säuregrad, vorbebrütete Reduktase und freie Buttersäure vielfach ungenügend sei (Tab. 1).

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse beschloss die Interprofession du Gruyère ein Moratorium für die Zulassung weiterer AMS in der Produktion von Gruyère AOC. Im Hinblick auf den bevorstehenden Ablauf dieses Moratoriums initiierte die Organisation 2011 eine neue Studie, deren Ziel es war abzuklären, ob sich die Milchqualität mit der neuesten AMS-Generation verbessert hat.

Vergleich von AMS-Betrieben mit Melkstandbetrieben 2012/13

Versuchsplan

Alle im Gebiet der Gruyère-Produktion bekannten Käseemilchproduzenten mit AMS wurden in den Versuch einbezogen. Hinzu kam ein AMS-Betrieb, der eine Emmentaler-Käserei beliefert. Total wurden somit 10 AMS-Betriebe, die sich auf 10 verschiedene Käsereigenossenschaften verteilten, berücksichtigt. In 8 dieser 10 Genossenschaften gab es auch einen Betrieb mit Melkstand. Diese 8 Melkstand-Betriebe bildeten die Vergleichsgruppe (siehe Tab. 2).

Im Sommer, Herbst und Winter wurde von jedem Produzenten einmal pro Monat je eine Probe der Abend- und der Morgenmilch erhoben und untersucht.

Material und Methoden

Die Milchproben wurden in der Käserei gefasst und umgehend bei 0-5 °C kalt gestellt. Im Verlaufe des Vormittags wurden die Morgenmilchproben zusammen mit den Proben des Vorabends eingesammelt und gekühlt ins Labor von Agroscope gebracht, wo sie für die verschiedenen

Tabelle 1: Vergleich dreier Melksysteme bezüglich Milchqualität von 2006 (Häni, 2008)

Mittelwerte	AMS*	Rohmelkanlage*	Melkstand*	Signifikanz
Säuregrad 11h/38 °C - °SH	15.3 ^a	10.3 ^b	11.8 ^b	P < 0.001
Vorbebrütete Reduktase - min	22.4 ^a	23.6 ^a	29.8 ^b	P < 0.001
Keimzahl (Bactoscan) - log KBE/mL	4.16 ^a	4.29 ^a	3.66 ^b	P < 0.001
Lipolytische Keime - log KBE/mL	2.80 ^a	3.72 ^b	2.72 ^a	P < 0.01
Freie Buttersäure nach 24h - pAS - (µmol/kg)**	6.33 ^a (158)	3.69 ^b (92)	1.83 ^c (46)	P < 0.001

^{abc} verschiedene Buchstaben bedeuten, dass sich die Mittelwerte signifikant unterscheiden

* Least square means

** nachträglich umgerechnete Werte (1 pAS ≈ 25 µmol/kg)

Tabelle 2: Zusammensetzung der Betriebsgruppen

AMS-Betriebe Melksystem (Anzahl)	Melkstand-Betriebe Melksystem (Anzahl)
Lely A3 (3)	DeLaval, Tandem-Melkstand (2)
Lely A3 next (1)	Surge, Auto Tandem (1)
De Laval VMS 2001 (1)	GEA-Westfalia, Side by Side (1)
De Laval VMS 2004 (1)	SAC (1)
De Laval VMS 2005 (1)	Westfalia, Autotandem (2)
De Laval VMS 2007 (2)	Westfalia, Melkkarussell (1)
De Laval VMS 2011 (1)	
N=10	N=8

Analysen aliquotiert und noch am gleichen Tag auf sämtliche Prüfmerkmale untersucht wurden, mit Ausnahme der freien Fettsäuren und der freien Buttersäure, für welche die Proben eingefroren und unmittelbar vor der Analyse wieder aufgetaut wurden.

Die Gehalte an Fett, Protein, Laktose und freien Fettsäuren sowie der Gefrierpunkt wurden infrarotspektroskopisch gemessen, die Zellzahl durch fluoreszenzoptische Zählung (Combifoss 6000, FOSS, DK-3400 Hillerød). Die Keimzahl wurde ebenfalls fluoreszenzoptisch bestimmt (Bactoscan FC-150, FOSS, DK-3400 Hillerød). Weitere mikrobiologische Analysen umfassten die Zählung der lipolytischen Keime (Crossley Agar mit Butterfett 30 °C/3d), der psychrotrophen Keime (Plate Count Agar mit 0.1 % Magermilchpulver 6.5 °C/10d) sowie der Buttersäuresporen (MPN-Methode mit Bryant-Burkey-Medium 37 °C/7d). Der Säuregrad nach 11h bei 38 °C (Luzernerprobe) und die vorbebrütete Reduktaseproben wurden gemäss dem Hand-

buch von Fromarte (Fromarte, 2010) bestimmt. Für die Quantifizierung der freien Buttersäure wurde die salzsaure Probe mit Ethanol verestert und mittels Headspace-Gaschromatographie analysiert (Badertscher, 2009).

Die statische Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse (General Linear Model, SYSTAT Version 12) nach dem Model $Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma + \delta(y) + \varepsilon$, wobei μ = Mittelwert, α = Einfluss Saison (Sommer/Herbst/Winter), β = Einfluss Melkzeit (Morgen/Abend), γ = Einfluss Melksystem (AMS/Melkstand), $\delta(y)$ Einfluss des Produzenten innerhalb des Melksystems, ε = Reststreuung.

Resultate

Die Varianz der meisten Qualitätsparameter der Milch war in der Gruppe der Melkstandbetriebe etwas geringer als in der Gruppe AMS. Interaktionen zwischen den Einflussfaktoren wurden geprüft. Sie waren aber nur im Fall der freien Buttersäure knapp signifikant (Saison x Produzent) und wurden darum nicht berücksichtigt.

Ungeachtet des Melksystems waren die Unterschiede zwischen den Produzenten die wichtigste Einflussgrösse bezüglich der Milchezusammensetzung (Tab. 3). Nur bezüglich der freien Buttersäure war der Einfluss des Melksystems grösser. Dagegen hatte die Melkzeit nur einen geringen Einfluss auf die Milchezusammensetzung. Die Jahreszeit beeinflusste erwartungsgemäss die Gehalte an Fett, Eiweiss und Laktose, die Zellzahl sowie die Zusammensetzung der Keimflora. Der Gehalt der Milch an freier Buttersäure nahm von Sommer bis Winter um rund 30 % ab.

Tabelle 3: Varianzanalyse aller Parameter der Milchprüfung (N = 201)

Prüfparameter	Saison	Melkzeit	Produzent	Melksystem	LSM± AMS	LSM± Melkstand	Einheiten
Fett	**	*	***	n. s.	4.003	4.064	g/100g
Protein	***	n. s.	***	*	3.334	3.374	g/100g
Laktose	***	n. s.	***	n. s.	4.68	4.68	g/100g
Gefrierpunkt	n. s.	*	***	*	-0.522	-0.524	°C
Zellzahl	***	n. s.	***	**	5.223	5.140	log Zellen/mL
Keimzahl (Bactoscan)	***	n. s.	***	**	3.893	3.776	log kbE/mL
Lipolytische Keime	***	n. s.	**	n. s.	2.148	2.286	log kbE/mL
Psychrotrophe Keime	***	n. s.	***	*	2.046	1.821	log kbE/mL
Buttersäuresporen	*	n. s.	***	n. s.	2.004	2.021	log kbE/mL
Vorbebrütete Reduktase	n. s.	*	***	***	38.0	47.3	min
Säuregrad 11 h/38 °C	n. s.	*	***	***	14.5	11.4	°SH
Freie Buttersäure 0h	***	n. s.	***	***	83	49	µmol/kg
Freie Buttersäure 24h	***	n. s.	***	***	107	61	µmol/kg
Zunahme freie Buttersäure	*	n. s.	***	***	24	13	µmol/kg
Freie Fettsäuren gesamt (FTIR)	*	n. s.	***	***	414	322	µmol/kg

± LSM = least square means

n. s. = Die Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant ($P \geq 0.05$); * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$

Bei sämtlichen Milchprüfparametern, bei denen sich ein statistisch signifikanter Einfluss des Melksystems zeigte, liegen die LSM-Mittelwerte der Melkstandgruppe auf der günstigeren Seite (Tab. 3). Einige Unterschiede sind aber gering und für Milchverarbeitung kaum relevant, obwohl sie statistisch signifikant sind. Dies gilt etwa für den Gefrierpunkt, die Zellzahl und die Keimzahl. Hochsignifikant und bedeutender sind die Unterschiede bei der vorbebrüteten Reduktase. Allerdings erreichten die meisten AMS-Betriebe in der Regel den Sollwert von >15 min (Abb. 1). Bezüglich des Säuregrades der Milch nach 11h bei 38 °C genügten hingegen 3 der 10 AMS-Betriebe meist nicht den Anforderungen (Abb. 2). Der Säuregrad ist ein Mass für die Aktivität säurebildender Keime in der Rohmilch. Die Melkstandbetriebe schnitten allgemein deutlich besser ab.

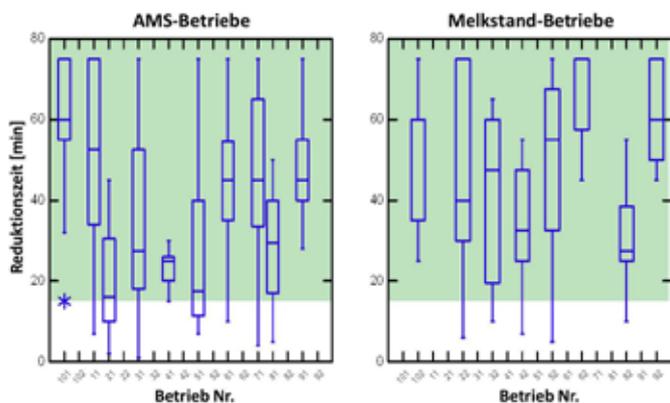


Abbildung 1: Methylenblau-Reduktionstest der Gemelksproben nach 11h Vorbebrütung bei 32 °C (vorbebrütete Reduktase). Der schattierte Bereich markiert den Sollbereich (>15 min).

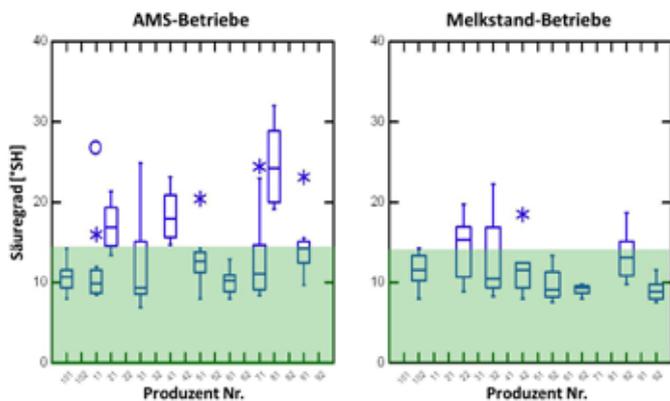


Abbildung 2: Säuregrad der Gemelksproben nach 11h Vorbebrütung bei 38 °C (Luzernerprobe). Der schattierte Bereich markiert den Sollbereich (<15 °SH).

Das schlechtere Abschneiden der AMS-Betriebe bezüglich der Keimbelastung der Milch ist, wie Abbildung 3 zeigt, vor allem auf 2 Betriebe zurückzuführen, bei denen der Medianwert 10 000 kbE/mL überschreitet.

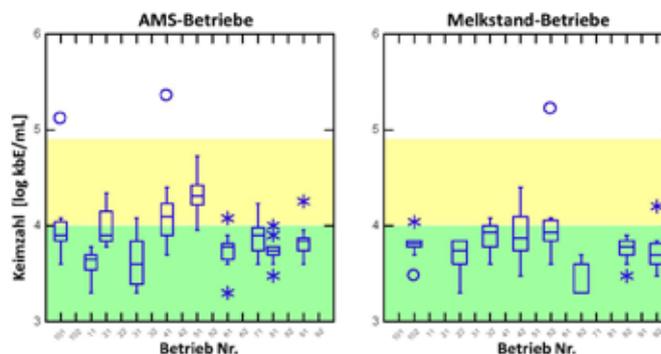


Abbildung 3: Keimzahl der Gemelksproben nach 11h Vorbebrütung bei 38 °C (Luzernerprobe). Der grüne Bereich markiert den Sollbereich für Käseemilch (< 10 000 kbE/mL), der gelbe Bereich die Anforderungen gemäss Verordnung über die Hygiene in der Milchproduktion (< 80 000 kbE/mL).

Grosse Unterschiede zwischen den beiden Melksystemtypen zeigen sich im Gehalt der Milch an freier Buttersäure, und dies sowohl in den frischen Proben als auch nach 24 h Lagerung (Tab. 3 und Abb. 4). Die Milch aus den AMS-Betrieben enthielt im Durchschnitt rund 1,8-mal mehr freie Buttersäure als die Milch der Melkstandbetriebe. Bei 6 der 10 AMS-Betriebe wurde der Richtwert von max. 105 µmol/kg freier Buttersäure in der gelagerten Milchprobe von 45 bis 75 % der untersuchten Gemelke überschritten. Umso bemerkenswerter ist, dass einer der AMS-Betriebe fast durchwegs sehr niedrige Werte zeigte und auch bezüglich der anderen Kriterien mit den Melkstand-Betrieben vergleichbar war.

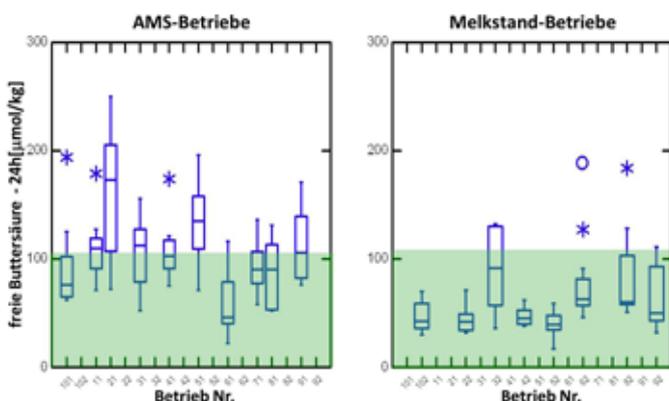


Abbildung 4: Freie Buttersäure nach 24h in den mit Bronopol konservierten Gemelksproben. Der schattierte Bereich markiert den Sollbereich (<105 µmol/kg).

Hinsichtlich der freien Fettsäuren (FTIR) waren die Unterschiede zwischen den Melksystemen weniger ausgeprägt als bei der freien Buttersäure (GC). Die FTIR-Methode erwies sich allerdings als wesentlich weniger präzise als die GC-Methode und zeigte im unteren Konzentrationsbereich nichtlineares Verhalten (Resultate nicht gezeigt).

Diskussion

Ähnlich wie die im Jahr 2006 durchgeführte Studie (Häni, 2008) zeigt auch die vorliegende Untersuchung, dass die Milchqualität der AMS-Betriebe bezüglich der vorbebrüteten Reduktaseprobe, der Luzernerprobe und der freien Buttersäure im Vergleich zu den Betrieben mit Melkstand schlechter abschneidet. Allerdings sind die Unterschiede zwischen AMS- und Melkstandbetrieben gegenüber 2006 deutlich kleiner geworden, insbesondere in Bezug auf die Keimbelastung und die freie Buttersäure. Keine grosse Veränderung ist bezüglich der Luzernerprobe festzustellen. Die Reduktasewerte sind allgemein deutlich höher als 2006, was womöglich damit zusammenhängt, dass die Reduktaseprobe damals durch die Käsereibetriebe selbst durchgeführt wurde und nicht durch das Labor von Agroscope.

Der FFA-Gehalt der Milch wird stark durch Zwischenmelkzeit beeinflusst (Slaghuis *et al.* 2004, Wiking & Nielsen, 2007), was in den AMS-Betrieben zum Zeitpunkt der Studie von 2006 noch wenig beachtet wurde. Die Betriebe wurden 2008 dazu angehalten, minimale Zwischenmelkzeiten von 8h zu gewährleisten. Der nun beobachtete Rückgang der freien Buttersäure in der Milch der AMS-Betriebe um rund 30 % deutet darauf hin, dass die Empfehlungen betreffend die Zwischenmelkzeit tatsächlich umgesetzt wurden. Sollte sich in der Käsereipraxis zeigen, dass dies noch nicht genügt, müssten noch längere minimale Zwischenmelkzeiten empfohlen werden. Wie Slaghuis und Mitarbeiter gezeigt haben (Slaghuis *et al.* 2004), sinkt der FFA-Gehalt der Milch bei einer Verlängerung der Zwischenmelkzeit von 8h auf 12h nochmals um rund 40 %.

Die gegenüber der Studie von 2006 festgestellte qualitative Verbesserung der Milch der AMS-Betriebe kann auch als Ergebnis der technischen Verbesserung der Melkssysteme interpretiert werden. Insgesamt erwies sich der Einfluss des Melksystems auf die Milchqualität als deutlich geringer als der Betriebseinfluss. Drei der 10 AMS-Betriebe waren dem Durchschnitt der Melkstandbetriebe bezüglich aller Qualitätsmerkmale der Milch weitgehend ebenbürtig. Die Feststellung, dass die Ergebnisse der Milchprüfung in der Gruppe der AMS-Betriebe stärker streuen als in der

Melkstandgruppe, zeigt, dass AMS teilweise unter nicht optimalen Bedingungen betrieben und/oder ungenügend überwacht werden.

Literatur

- Badertscher R. 2009. Flüchtige Carbonsäuren in Milch, direkt Headspace. Methode ALP Nr. 4176 (nicht publiziert). Agroscope, Bern.
- Fromarte. 2010. QM Fromarte (Stand vom 7.4.2010), Fromarte, Gurtengasse 6, 3001 Bern.
- Häni JP. 2008. Influence des installations de traite automatique (robots de traite) sur la fromageabilité du lait à Gruyère AOC. Rapport d'essai. Agroscope. ALPinterne no 379, 22.04.2008.
- Slaghuis B., de Jong O., Bos K., Verstappen-Boerekamp J., Ferwerda-van Zonneveld R. 2004. Milk quality on farms with an automatic milking system. Free fatty acids and automatic milking systems. Forschungsbericht zum EU-Projekt QLK5 -2000-31006. Verfügbar unter: www.automaticmilking.nl.
- Wiking L., Nielsen JH. 2007. Effect of automatic milking systems on milk quality. *J. of Animal and Feed Sci.* 16, Suppl. 1, 108–116.

Kosten und Nutzen der Automatisierung

Christian Gazzarin; christian.gazzarin@agroscope.admin.ch

Forschungsgruppe Betriebswirtschaft, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Automatische Melksysteme (AMS) und Fütterungssysteme (AFS) sind vergleichbaren Referenzsystemen (Fischgräte-Melkstand, Futtermischwagen) trotz höheren Investitionen wirtschaftlich ebenbürtig, sofern die Technik optimal ausgelastet ist. Die relative Vorzüglichkeit der Systeme ist abhängig vom gewählten Opportunitätskostenansatz. Je besser (lukrativer) die eingesparte Arbeitszeit eingesetzt werden kann, desto eher lohnt sich die Automatisierung. Allerdings kann mit der Automatisierung nicht an den grossen Schrauben der Kostensenkung gedreht werden, solange das Produktionssystem vornehmlich auf der Stallfütterung basiert.

Résumé

Coûts et utilité de l'automatisation

En dépit d'investissements élevés, les systèmes de traite automatique (AMS) et les systèmes d'affouragement (AFS) sont économiquement équivalents aux systèmes de référence (salle de traite en épi, remorques mélangeuses) qui ont une rentabilité convenable, pour autant que la technique soit exploitée de manière optimale. La supériorité relative de ces systèmes dépend du taux de salaire choisi. Mieux le temps de travail économisé peut être employé, en d'autres termes, plus il peut être employé de manière lucrative, plus l'automatisation vaut la peine. Cependant, l'automatisation ne permettra pas de réduire les coûts de manière faramineuse, tant que le système de production restera surtout basé sur un affouragement à l'étable.

Summary

Costs and Benefits of Automation

Despite the higher investment they require, automatic milking systems (AMS's) and automatic feeding systems (AFS's) are on an economic par with comparable reference systems (herringbone milking parlour, diet-feeder), provided that the technology is optimally utilised.

The relative excellence of the systems is dependent upon the wage rate. The better (i.e. the more lucratively) the saved working time can be used, the more worthwhile automation is. Nevertheless, automation cannot be used to achieve major cost reductions so long as the production system is chiefly based on indoor feeding.

Einführung

Gemäss diversen Modellkalkulationen werden die wesentlichen Kosteneinsparungen in der Milchproduktion bei einer Vergrösserung des Milchviehbestandes von rund 20 Kühen auf eine Grössenordnung von 60 bis 70 Kühen erreicht (Gazzarin *et al.* 2005). In der Praxis haben solche Betriebe jedoch eine längere Durststrecke zu ertragen, was sich in der Buchhaltung mit mässigen Einkommen niederschlägt. Dies dürfte in erster Linie auf allgemeine Wachstumskosten und auf Überkapazitäten im Bereich von Maschinen, Gebäuden und Arbeitskräften zurückzuführen sein.

Neben einer Neuorganisation der Arbeit wie zum Beispiel auch das Auslagern an Lohnunternehmen trägt die Technik massgeblich dazu bei, dass pro Familienarbeitskraft mehr Milch gemolken werden kann und damit die Arbeitsproduktivität gesteigert wird. Technik, die explizit zu einer Automatisierung beiträgt, werden in den arbeitsintensiven Bereichen «Melken» (AMS, Automatische Melksysteme) und «Füttern» (Bsp. Futtermischwagen; AFS, Automatisches Fütterungssystem) eingesetzt.

Fragestellung

Automatisierungstechniken reduzieren den Arbeitszeitbedarf und ermöglichen eine höhere Arbeitsproduktivität. Wie wirken sich jedoch die damit verbundenen hohen Investitionen auf das Einkommen aus? Führt die Investition letztlich zu einer Kosteneinsparung? Ist die Investition für den Betrieb lohnenswert und wenn ja unter welchen Bedingungen?

Methodik und Vorgehen

Anhand von Modellkalkulationen (Gazzarin u. Schick 2004; Gazzarin *et al.* 2005)¹ werden spezialisierte Milchviehbetriebe mit vorwiegend Stallfütterung und einer Milchleistung von 8000 kg/Kuh (Stalldurchschnitt) in drei verschiedenen Bestandesgrössen (40 Kühe, 70 Kühe und 100 Kühe) miteinander verglichen. Hierbei handelt es sich um insgesamt drei Betriebstypen mit unterschiedlichen Melk- und Fütterungstechniken:

Referenzbetrieb: Melkstand mit Fischgräte (2 x 3; 2 x 4; 2 x 6; je nach Bestandesgrösse), Fütterung mit Futtermischwagen.

Betrieb mit AMS: Melkroboter (1-Box frei, 2-Box gelenkt; je nach Bestandesgrösse), Fütterung mit Futtermischwagen.

Betrieb mit AFS: Melkstand mit Fischgräte (2 x 3; 2 x 4; 2 x 6; je nach Bestandesgrösse), Fütterung mit Fütterungsroboter.

Anhand einer Vollkostenrechnung werden die Investitionen, der Arbeitszeitbedarf, die Produktionskosten und die Arbeitsverwertung je Stunde miteinander verglichen. Insgesamt erfolgen sechs Vergleiche, indem die beiden Betriebe mit den Automatisierungstechniken (AMS, AFS) jeweils mit dem Referenzsystem in den drei unterschiedlichen Bestandesgrössen miteinander verglichen werden. Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf Neubauten.

Ergebnisse

Allgemeines

Zur Beurteilung, ob sich eine Automatisierung im Milchviehstall lohnt sind, sollen in erster Linie die Opportunitätskosten betrachtet werden. Die höheren Kapital-, Maschinen und/oder Gebäudekosten (= Automatisierungskosten) müssen der eingesparten Arbeitszeit gegenübergestellt werden, denn dort liegt der Hauptnutzen der Automatisierung. Insofern gilt es, die Kosten der eigenen Arbeit richtig abzuschätzen. Kann ich die eingesparte Arbeitszeit in einer Aktivität einsetzen, mit dem ich die Kosten der Automatisierung mindestens kompensieren kann? Zu den möglichen Aktivitäten zählen:

- Spezialisierung durch Bestandesvergrößerung in der Milchviehhaltung (Kostensenkung und Einkommenssteigerung durch Grösseneffekt)

- Ausbau eines alternativen Betriebszweiges mit höherer Wertschöpfung (z. B. Spezialkulturen)
- Einstieg oder Ausbau eines ausserlandwirtschaftlichen Nebenerwerbs.

Kann die Arbeit nicht für solche oder ähnliche Aktivitäten eingesetzt werden, liegen die Opportunitätskosten nahe bei Null. Die Automatisierung lohnt sich damit kaum, ausser dass sie eine Arbeitszeiteinsparung bewirkt, die jedoch teuer erkauft werden muss.

Je lukrativer die eingesparte Arbeitszeit eingesetzt werden kann, desto höher liegen die Opportunitätskosten der entsprechenden Arbeitsstunde.

Automatisches Melksystem

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst und werden nachfolgend im Detail erläutert.

Erwartungsgemäss liegt die **Investition pro Kuhplatz** beim Automatischen Melksystem höher, auch wenn der Platzbedarf niedriger ist. Bei einer optimalen Auslastung eines Einbox-Systems (z. B. 70 Kühe) liegt die Mehrinvestition etwa bei Fr. 100 000.–, das bedeutet eine Mehrinvestition von 10 %. Bei einer schlechteren Auslastung des AMS muss mit bis zu 20 % höheren Investitionen je Kuhplatz gerechnet werden.

Der **Arbeitszeitbedarf** liegt bei guter Auslastung rund 1000 AKh oder 20 % tiefer als beim Referenzsystem. Bei schlechterer Auslastung beträgt die Einsparung rund 14 %.

Die **Produktionskosten** (Selbstkosten) basieren auf einem Opportunitätskostenansatz von Fr. 28.– je Arbeitsstunde. Dieser Wert bezieht sich auf durchschnittliche Angestelltenlöhne im Talgebiet unter Berücksichtigung einer landwirtschaftsüblichen Tagesarbeitszeit. Es zeigen sich so nur geringe Differenzen zum Referenzsystem. Bei den schlechter ausgelasteten Varianten (40 Kühe, 100 Kühe) machen sich unter anderem auch die höheren Servicekosten bemerkbar. Bei der Wahl eines höheren Opportunitätskostenansatzes würde das AMS im Kostenvergleich besser abschneiden, während ein tiefer Ansatz die konventionelle Melkstandlösung favorisieren würde.

Bei der **Arbeitsverwertung** zeigt sich die einkommensmässige Auswirkung. Ein schlecht ausgelastetes AMS (40 Kühe) hat eine deutlich tiefere Arbeitsverwertung. Beim Zweibox-System für 100 Kühe liegt die Arbeitsverwertung ebenfalls unter dem Referenzsystem, während bei 70 Kühen, das heisst, einer optimalen Auslastung, eine vergleichsweise höhere Arbeitsverwertung zu verzeichnen ist.

¹ «PARK»-Kalkulationsmodell, letzte Aktualisierung 2012

Kenngrosse	40 Kühe	70 Kühe	100 Kühe
Investition pro Kuhplatz (Fr.)			
Referenz (Fischgräte)	17 184	14 732	13 442
AMS	20 592	16 206	15 928
Arbeitszeitbedarf (AKh/Jahr)			
Referenz (Fischgräte)	3485	4847	6138
AMS	2999	3863	5325
Produktionskosten (Selbstkosten, Fr./100 kg Milch)			
Referenz (Fischgräte)	105	90	84
AMS	107	89	86
Arbeitsverwertung (Fr./AKh)			
Referenz (Fischgräte)	11.20	23.20	30.90
AMS	6.13	24.55	28.74

Automatisches Fütterungssystem

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Auch hier ist erwartungsgemäss mit höheren **Investitionen je Kuhplatz** zu rechnen. Unter Voraussetzung eines Neubaus, kann der Futtergang zwar verkleinert werden. Die Technikkosten liegen dennoch deutlich höher als beim Futtermischwagen. Die Mehrinvestition liegt bei 11–20 % und nimmt mit zunehmender Herdengrösse deutlich ab.

Die eingesparte **Arbeitszeit** liegt bei 4–5 % im Vergleich zur Referenzlösung bzw. 142 bis 318 Stunden pro Jahr. Je grösser die Herde, desto grösser ist die eingesparte Arbeitszeit.

Bei den **Produktionskosten** ergeben sich bei einem Opportunitätskostenansatz von Fr. 28.– je AKh kaum Unterschiede. Im Vergleich zum AMS sind die Servicekostenunterschiede geringer, wodurch die höhere Investition voll von den eingesparten Arbeitskosten kompensiert wird. Wie beim AMS beeinflusst die Wahl des Opportunitätskostenansatzes die relative Vorzüglichkeit der beiden Systeme. So würden die Produktionskosten des AFS vergleichsweise höher liegen, je tiefer der Opportunitätskostenansatz gewählt wird.

Bei der **Arbeitsverwertung** zeigen sich ebenfalls nur wenige Unterschiede, was auf die geringe Produktionskostendifferenz zurückzuführen ist. Allerdings ergibt sich für das AFS erst bei grösseren Kuhbeständen (ab 100 Kühen) ein einkommensmässiger Vorteil.

Kenngrosse	40 Kühe	70 Kühe	100 Kühe
Investition pro Kuhplatz (Fr.)			
Referenz (FMW)	17 184	14 732	13 442
AFS	20 761	16 980	14 971
Arbeitszeitbedarf (AKh/Jahr)			
Referenz (FMW)	3485	4847	6138
AFS	3343	4621	5820
Produktionskosten (Selbstkosten, Fr./100 kg Milch)			
Referenz (FMW)	105	90	84
AFS	104	90	83
Arbeitsverwertung (Fr./AKh)			
Referenz (FMW)	11.20	23.20	30.90
AFS	11.15	23.22	31.76

Diskussion und Schlussfolgerung

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich auf ein Referenzsystem mit vorwiegender Stallfütterung. Insofern muss berücksichtigt werden, dass es sich dabei um ein relativ teures Produktionssystem handelt. Dies zeigt sich deutlich, wenn das Referenzsystem bei 40 Kühen einer «Low-cost»-Variante gegenübergestellt wird. Letzteres zeichnet sich aus mit Vollweide, Selbstfütterung am Fahr-silo, saisonale Abkalbung und einer Milchleistung von 6000 kg je Kuh (Stalldurchschnitt). Obwohl 80 000 kg weniger Milch produziert wird, erreicht das «Low-cost»-System eine um rund 60 % höhere Arbeitsverwertung. Und die Milch wird um knapp 17 Rappen günstiger produziert (siehe Tab. 3).

Tabelle 3: Vergleich Referenzsystem (Futtermischwagen) mit «Low-cost»-System (Vollweide, Selbstfütterung im Offenstall, 2000 kg tiefere Milchleistung)

Kenngrosse	40 Kühe
Investition pro Kuhplatz (Fr.)	
Referenz (FMW)	17 184
Low-cost	12 907
Arbeitszeitbedarf (AKh/Jahr)	
Referenz (FMW)	3485
Low-cost	3261
Produktionskosten (Fr./100 kg Milch)	
Referenz (FMW)	105
Low-cost	88
Arbeitsverwertung (Fr./AKh)	
Referenz (FMW)	11.20
Low-cost	18.27

Damit wird deutlich, dass mit Automatisierungstechniken nicht an den grossen Kostenschrauben gedreht werden kann. Die Automatisierung kann jedoch für grössere Betriebe, die keine oder nur mässige Möglichkeiten für die Weidehaltung haben, durchaus wirtschaftliche Vorteile haben:

Automatische Melksysteme bringen nicht nur flexible Arbeitszeiten, sondern können auch bezüglich Einkommen mit Referenzsystemen (Fischgräte-Melkstand) mithalten. Allerdings ist hierfür eine optimale Auslastung eine entscheidende Voraussetzung.

Ähnlich verhält es sich mit automatischen Fütterungssystemen, wobei diese Systeme im Vergleich zum Referenzsystem (Futtermischwagen) erst ab 100 Kühen zu einer besseren Arbeitsverwertung führen.

Automatisierungssysteme benötigen jedoch einen deutlich höheren Investitionsaufwand, was folglich die Liquidität eines Betriebes entsprechend negativ beeinträchtigen kann. Gerade bei schwankenden Milchpreisen ist deshalb ein angepasstes Liquiditätspolster eine wichtige Voraussetzung.

Literatur

- Gazzarin, C. und Schick, M. 2004. Milchproduktionssystem für die Talregion – Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. FAT-Berichte Nr. 608, Agroscope, Ettenhausen.
- Gazzarin, C., Ammann, H., Schick, M., Van Caenegem, L. und Lips, M., 2005. Milchproduktionssysteme in der Tal- und Hügelregion – was ist optimal für die Zukunft? FAT-Berichte Nr. 645, Agroscope, Ettenhausen.

Entwicklung einer präzisen viertelindividuellen Vakuumregelung für Melkmaschinen

Ulrich Ströbel, Sandra Rose-Meierhöfer, Reiner Brunsch; ustroebe@atb-potsdam.de

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland

Zusammenfassung

Ein Problem der verfügbaren Melktechnik besteht darin, dass das zitzenendige Melkvakuum mit ansteigendem Milchfluss stets absinkt. Bei grossen Milchflüssen wird jedoch ein höheres zitzenendiges Melkvakuum zum Abtransport der Milch benötigt, als bei kleinen Milchflüssen. Im Zentrum dieser Arbeit steht deshalb eine neu entwickelte Regelungseinheit zur viertelindividuellen Steuerung des zitzenendigen Melkvakuums. Das Vakuumverhalten am Zitzenende der Kuh im Melksystem Multilactor® mit und ohne Regelungseinheit wird in dieser Arbeit verglichen. Dabei werden der Effekt von einer Veränderung des Öffnungsquerschnitts an einem Vakuumdrosselventil (VDV) und der Effekt des Milchflusses auf das Melkvakuum im Melksystem beobachtet. Als Ergebnis konnten folgende Unterschiede mit und ohne Regelungseinheit beobachtet werden: In Melkabschnitten mit einem niedrigen Milchfluss wird in beiden Pulszyklusphasen das Melkvakuum auf 8 kPa (Entlasten) und 17,5 kPa (Saugen) mit Regelung eingestellt. Ohne Regelung erreicht das Melkvakuum hingegen Werte von 29 kPa (Entlasten) und 33,5 kPa (Saugen). In Melkabschnitten mit einem hohen Milchfluss bleibt das Melkvakuum mit und ohne Regelungseinheit mit ca. 31 kPa relativ hoch und erlaubt in beiden Fällen ein zügiges ausmelken. Eine insgesamt niedrige Vakuumbeaufschlagung für die Zitze, erreicht durch niedriges Vakuum bei kleinen Milchflüssen, wirkt sich jedoch häufig positiv auf den Zustand des Eutergewebes aus.

Résumé

Développement d'un système précis de réglage du vide par quartier pour les machines à traire

La technique de traite actuelle pose un problème car le vide de traite à l'extrémité du trayon baisse constamment en fonction de l'augmentation du débit de lait. Lorsque le débit de lait est élevé, il est cependant nécessaire d'avoir un vide de traite plus élevé à l'extrémité du trayon pour évacuer le lait, qu'avec de petits débits de lait. C'est pourquoi le présent travail est centré sur une nouvelle unité

permettant de régler par quartier le vide de traite à l'extrémité du trayon. Le comportement du vide à l'extrémité du trayon de la vache dans le système de traite Multilactor®, avec et sans unité de régulation fait l'objet d'une comparaison. On a observé l'effet de deux paramètres sur le vide dans le système de traite : la variation du diamètre d'ouverture sur une soupape de retenue du vide et le débit de lait. Les différences suivantes ont pu être constatées avec et sans unité de régulation: dans les phases de traite avec un flux de lait réduit, le vide de traite est fixé à 8 kPa (repos) et 17,5 kPa (suction) dans les deux phases du cycle de pulsation grâce au système de régulation. Sans système de ce type, le vide de traite atteint par contre des valeurs de 29 kPa (repos) et 33,5 kPa (suction). Dans les phases de traite avec un débit de lait élevé, le vide de traite reste relativement haut avec et sans unité de régulation. Il est d'env. 31 kPa et permet dans les deux cas un égouttage rapide. Une exposition moindre aux effets néfastes du vide sur le trayon, atteinte grâce à une réduction du niveau de vide en cas de débits de lait réduits, a en revanche un effet souvent positif sur l'état des tissus de la mamelle.

Summary

Developing a Precise Individual-Quarter Vacuum Control for Milking Machines

A problem of the currently available milking technology is that the teat-end milking vacuum always falls as the milk flow increases. With large flows of milk, however, a higher teat-end vacuum is required for removing the milk than with small flows. A recently developed unit for the individual-quarter control of the teat-end vacuum therefore constitutes the focus of this paper, which compares the vacuum behaviour at the teat end of the cow in the Multilactor® milking system with and without a control unit. Here, the effect of a change in the cross-section of the opening of a vacuum throttle valve (VTV) and the effect of the flow of milk on the vacuum in the milking system are observed. As a result, the following differences with and without a control unit were observed: In low-flow milking stages, the milking vacuum is set to 8

kPa (discharge) and 17.5 kPa (intake) with a control unit in both pulse-cycle phases. By contrast, the milking vacuum reaches values of 29 kPa (discharge) and 33.5 kPa (intake) without a control unit. At approx. 31 kPa, the milking vacuum remains relatively high in high-flow milking phases both with and without a control unit, allowing for speedy udder stripping in both cases. However, a low vacuum applied to the teat in the case of small milk flows often has a positive effect on the state of the udder tissue.

Einleitung

Elektronische Messsysteme sind eine der wichtigsten Schlüsseltechnologie zur weiteren Automatisierung in der zukünftigen Nutztierhaltung (Brehme *et al.*, 2008). Die Melktechnik stellt eine wichtige Techniksparte im Bereich der Verfahrenstechnik der Nutztierhaltung dar. Was die Vakuumapplikation in Melksystemen betrifft, so kann festgestellt werden, dass stabile Vakuumverhältnisse in Melksystemen von mehreren Autoren als die unumstößliche Voraussetzung für das erfolgreiche maschinelle Melken angesehen werden (Hoefelmayer und Maier, 1979; Nordgren, 1980; Schlaiss, 1994). Inzwischen erzeugen die allermeisten Melksysteme stabile Vakuumverhältnisse an den Zitzenenden der Kühe, trotzdem sind immer noch häufig Gewebebeeinträchtigungen nach dem Melken der Tiere zu beobachten. Über die optimale Feineinstellung des Melkvakuums am Zitzenende wird noch immer diskutiert. Darüber hinaus treten Eutererkrankungen immer noch viel zu häufig auf, was jedoch multifaktorielle Ursachen hat. Der Gesundheitszustand von Strichkanal und Zitzenende spielt in jedem Fall eine Rolle für die Verbreitung von Eutererkrankungen. Die Länge und der Durchmesser des Strichkanals haben Auswirkungen auf die Einwanderung von Bakterien ins Euter (Hogan *et al.*, 1988). Auch Hamann (1987) bestätigt, dass der Strichkanal die wichtigste physische und chemische Barriere für das Einwandern von Erregern darstellt. Weiterhin stellen Hamann (1987) und andere Autoren fest, dass das Zitzengewebe an der Zitzenspitze (und auch der Strichkanal) gesund und sauber gehalten werden muss und dass Veränderungen der Zitzen häufig durch mechanische Kräfte an den Zitzenenden herbeigeführt werden. Zum Beispiel durch die reibenden auf und ab Bewegung des Zitzengummis. Das Ausmass der Kräfte hängt dabei in der Regel vom Puls- und Melkvakuum ab (Ebendorf und Ziesack, 1991; Rasmussen, 1993). Grundlegend stellt Reinemann *et al.* (2001) fest, dass niedriges Melkvakuum einen positiven Effekt auf den Zitzenzustand hat, dass sich bei niedrigem Vakuum aber

die Melkdauer verlängert, was wiederum tendenziell die Gewebebelastung an den Zitzen erhöht, da in diesem Fall die Melkbecher länger mit den Zitzen verbunden sind.

Eine vorsichtige Behandlung der Zitzen (besonders Zitzene und Strichkanal) und eine kritische Betrachtung bzw. eine Optimierung der Vakuumapplikation in modernen Melksystemen ist aufgrund der Literatursituation daher in jedem Fall notwendig, auch wenn der Forschungsschwerpunkt der Melktechnik in den letzten Jahren dieses Thema nicht mehr so stark fokussiert hat.

Material und Methoden

In den durchgeführten Versuchen wurde jeweils der Einfluss von Ventileinstellung und Milchdurchfluss auf die Vakuumveränderung im Milchschauch am Zitzenende gemessen. Technisch war ein Vakuumdrosselventil (VDV) als Aktor in einen der Milchschräuche des viertelindividuellen Melksystems Multilactor® eingebaut, mit dem eine Veränderung der Öffnungsfläche im Inneren des Milchschräuches vorgenommen werden konnte. Die weitere Einstellungen am Melksystem Multilactor® sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Technische Einstellungen am Melksystem Multilactor®

Baujahr	2009
Anlagenvakuum	35 kPa
Pulsationsverhältnis	65:35
Pulsationsdauer	60/min
Aufbau der Melkeinheit	Viertel- individuell
Innendurchmesser der vier Milchschräuche	10 mm

Es wurden Vakuumnassmessungen nach der Nassmessmethode (DIN ISO 6690, 2007) am Versuchsmelkstand des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam Bornim e.V. durchgeführt. Die Nassmessungen wurden mit künstlichen Zitzen durchgeführt, welche nach DIN ISO 6690 angefertigt wurden (DIN ISO 6690, 2007). Wasser wurde verwendet, um den Milchfluss im Kuheuter zu simulieren und die eingestellten Durchflussmengen lagen zwischen 0,0 und 1,1 l/min/Viertel, da bis zu dieser maximalen Durchflussmenge eine Vakuumreduzierung für notwendig gehalten wurde. Zur Simulation des Milchflusses wurden vier Durchflussbegrenzer (Parker Hannifin Corporation, Cleveland, USA), die auf einer Grundplatte angebracht sind, verwendet. Bei jedem Durchflussbegrenzer kann der Durchfluss mit Hilfe von einem Stellhahn zwischen 0,0 und 2,0 l/min/Viertel eingestellt werden, wobei die Messgenauigkeit

$\pm 2\%$ beträgt. Im Detail wurden Versuche mit den nachfolgend aufgezählten Milchflussmengen durchgeführt: 0,0; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 0,9; 1,0 und 1,1 l/min/Viertel. In den Nassmessungen wurde der Milchfluss stets für jedes Euterviertel gleich hoch eingestellt.

Das Vakuum wurde mit dem Vakuummessgerät MilkoTest MT52 (System Happel GmbH, Friesenried, Germany) gemessen, dessen Messgenauigkeit bei $\pm 0,1$ kPa liegt. Die Anforderungen nach DIN ISO 6690 (2007) liegen bei mindestens $\pm 0,6$ kPa. Die für den Versuch verwendete Aufzeichnungsrate für Messwerte lag bei 500 Hz. Das Vakuum an der Spitze der DIN-ISO Zitze (DIN ISO 6690, 2007), in der Pulsammer und in der Hauptvakuumleitung, wurde jeweils für 45 Pulszyklen pro Einzelversuch gemessen. Die Sensoren waren direkt mit der DIN-ISO Zitze (DIN ISO 6690, 2007) bzw. mit der Hauptvakuumleitung, oder mittels T-Stück mit dem Pulsschlauch verbunden.

In Abbildung 1 ist der Versuchsaufbau und die Einbaustelle des Vakuumdrosselventils (VDV) schematisch dargestellt. Das Melksystem Multilactor® wurde von der Firma Siliconform GmbH, Türkheim entwickelt und wird in Deutschland produziert. Die wichtigsten technischen Neuheiten am Melksystem Multilactor® sind: Viertelindividuelle Schlauchführung, Melkzeugzwischenreinigung und -desinfektion durch eine automatische Spüleinheit, sequenzielle Pulsation und eine Vakuumabschaltautomatik separat für jedes Euterviertel. Bei einem Abfall oder Abschlag eines oder mehrerer Melkbecher schaltet sich das Vakuum somit automatisch ab. Zum Ansetzen schwenkt ein Melkmagazin automatisch unter das Euter. Die Melkbecher werden dann manuell entnommen und paarweise angesetzt. Das Abnehmen der Melkbecher erfolgt automatisch, allerdings nicht viertelindividuell (Rose und Brunsch, 2007).

Das Vakuumdrosselventil (VDV), welches elementare Bedeutung für die durchgeführten Versuche hat, ist in Abbildung 2 dargestellt. Zur Regelungsentwicklung wurden mehrere VDV Prototypen entwickelt und produziert. In Abbildung 2 ist der zuletzt entwickelte Prototyp der VDV dargestellt. Zweck der VDVs war über den gesamten Entwicklungszeitraum, jeweils die möglichst exakte und schnelle Einstellung unterschiedlicher Öffnungsquerschnitte für Milchschläuche bereitstellen zu können.

Die zwölf unterschiedlich einstellbaren Öffnungsflächen im VDV lagen zwischen 0,0 und 78,5 mm². Ein Milchschlauch mit einem Innendurchmesser von 10 mm hat eine Querschnittsöffnungsfläche von 78,5 mm². Die Quer-

schnittsveränderung dient der Beeinflussung des Melkvakuums an der Kuhzitze.

Die Berechnung des durchschnittlichen Vakuums für die einzelnen Melkphasen erfolgte nach den Vorgaben der DIN ISO 6690 (2007). Mit dieser Berechnungsmethode wurden genaue Zusammenhänge zum zitzenendigen Melkvakuum in Abhängigkeit vom Milchfluss gefunden. Für jede gemessene Kombination von Milchfluss und Öffnungsquerschnitt am VDV wurden acht Wiederholungen durchgeführt. Aus dem Gesamtpool aller möglichen Einstellungsvarianten wurden dann die Einstellungskombinationen zur Softwareerstellung manuell ausgewählt, die dem Ziel entsprachen, bei einem steigenden Milchfluss einen Anstieg des Melkvakuums zu erzeugen.

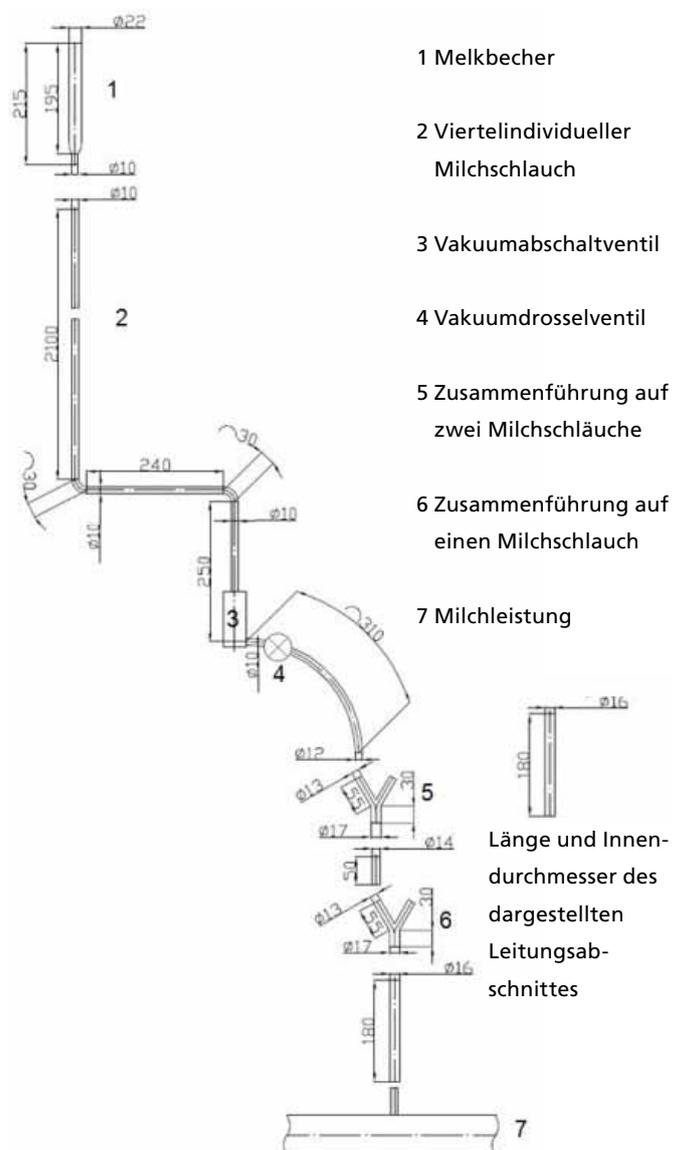


Abbildung 1: Skizze des Versuchsaufbaus: Das Leitungssystem im Melksystem Multilactor® mit eingebautem Vakuumdrosselventil (VDV) (Ströbel et al., 2011).



Abbildung 2: Versuchsaufbau mit den vier Vakuumdrosselventilen (VDV), welche in den vier viertelindividuell geführten Milchschräuchen eingebaut sind.

Ergebnisse und Diskussion

Die Wirkung der Versuchsreihe mit Vakuumregelung lässt sich mit Abbildung 3 erklären. In Abbildung 3 ist zu sehen, dass das Vakuum mit Regelungseinheit auf ca. 16 kPa in der Saug- und auf ca. 7 kPa in der Entlastungsphase gesenkt werden kann. Im Fall ohne Regelungseinheit wirken bei demselben Durchfluss von 0,2 l/min/Viertel hingegen 34 kPa bzw. 29 kPa an den Zitzenenden in der Saug- und Entlastungsphase. Dies ergibt, insbesondere bei niedrigem Durchfluss, eine deutlich geringere Vakuumbelastung für die Kuhzitzen durch den Einsatz der Regelung (Ströbel et al., 2012b). Der Vergleich der beiden Diagramme zeigt, dass die entwickelte Regelungseinheit eine deutliche Reduzierung des zitzennahen Vakuums bei niedrigen Milchflüssen bewirkt. Dies ist sinnvoll, da hier kein hohes Vakuum zum Milchabtransport benötigt wird. Das niedrige Vakuum in diesen Melkabschnitten verhindert eine hohe Belastung für das Zitzen-gewebe und sorgt so für einen «sanften» Milchentzug (Ströbel et al., 2012a). In Melkabschnitten mit einem hohen Milchfluss wird dagegen während der Saugphase mit hohem Vakuum im Milchschlauch gemolken. Meist wird dabei annähernd die Höhe des Anlagenvakuums erreicht. In der Saugphase soll durch ein Vakuum, das in etwa auf dem Niveau des Anlagenvakuums liegt, ein zügiges Ausmelken ermöglicht werden. In der Entlastungsphase hingegen ist eine Reduzierung des Vakuums an der Zitze erwünscht, denn ein niedriges, an den Milchfluss exakt angepasstes Vakuum, schont das empfindliche Eutergewebe der Kühe (Ströbel et al., 2012a).

kuums liegt, ein zügiges Ausmelken ermöglicht werden. In der Entlastungsphase hingegen ist eine Reduzierung des Vakuums an der Zitze erwünscht, denn ein niedriges, an den Milchfluss exakt angepasstes Vakuum, schont das empfindliche Eutergewebe der Kühe (Ströbel et al., 2012a).

Mit der neuen Regelungseinheit lässt sich das Vakuum passgenau steuern – mit zu erwartenden positiven Effekten auf die Tiergesundheit. So ist anzunehmen, dass sich Eutererkrankungen verringern werden. Der Einsatz der schonenden viertelindividuellen Melktechnik kann somit voraussichtlich das Leben und die Leistungsfähigkeit der Milchkühe verlängern. Damit ergäben sich auch positive Effekte für die energetische Gesamtbilanz der Milchproduktion: Durch eine gesteigerte Lebensdauer der Milchkühe kann theoretisch die Energie, die das Tier in der Aufzuchtphase «ohne Milchproduktion» aufnimmt, über einen verlängerten Produktionszeitraum verteilt werden (Ströbel et al., 2012a). Dies ist jedoch eine theoretische Überlegung zu der die Autoren bisher keine eigene Untersuchung durchgeführt haben.

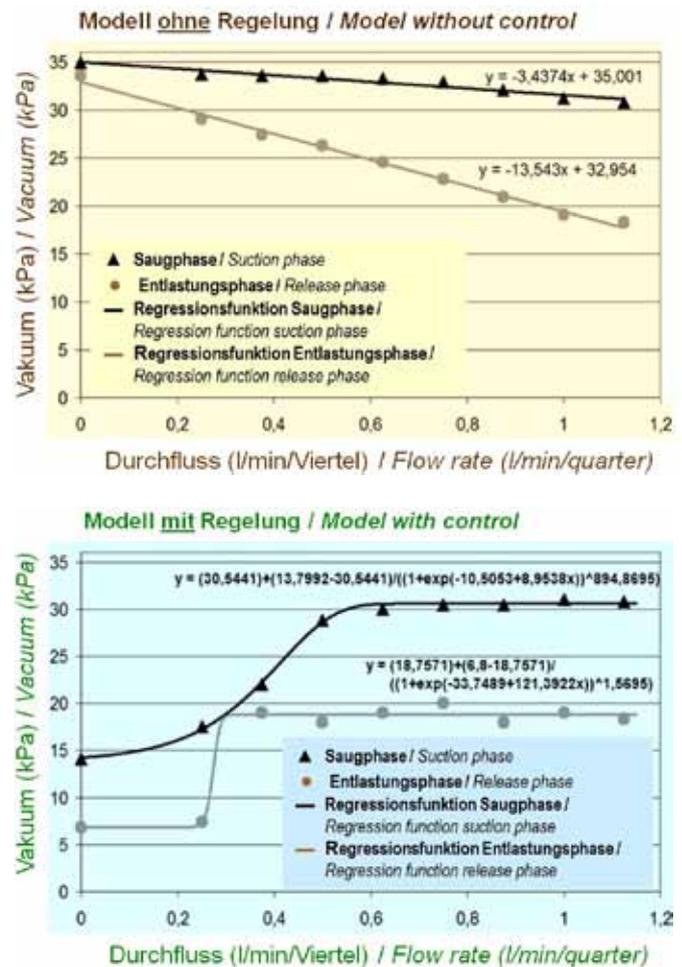


Abbildung 3: Einfluss der Vakuumregelungseinheit auf das zitzenendige Vakuum in Abhängigkeit des Milchflusses (Ströbel et al., 2011).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die beschriebene Vakuumregelungseinheit erzielt die gewünschte Vakuumapplikation, bei der das zitzennahe Melkvakuum in der Entlastungsphase und in den Melkphasen mit niedrigem Milchfluss deutlich gesenkt wird (Ströbel *et al.*, 2012b). Viele weitere Neuerungen auf dem Markt der Melktechnikausstattung zeigen, dass die Weiterentwicklung viertelindividueller Melksysteme grosses Potenzial für eine wesentlich tier- und melkerfreundlichere Milchgewinnung birgt (Ströbel *et al.*, 2012a). Da die benötigten Elektronikbaugruppen zur Verbesserung der Melkbedingungen für Mensch und Tier schon heute prinzipiell zur Verfügung stehen, ist es die Aufgabe der Melktechnikindustrie und -forschung die verfügbaren elektronischen Komponenten an die Nutzungsbedingungen in der Tierhaltung anzupassen und damit robuste Technik für den Einsatz in der Praxis zu entwickeln (Ströbel *et al.*, 2012a).

Danksagung

Die Studie und das damit verbundene Forschungsprojekt wurden gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die BLE ist eine bundesunmittelbare rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Die Autoren danken der BLE und dem BMELV für die umfassende Unterstützung im Projekt. Ausserdem gilt unser Dank den Industriepartnern Siliconform GmbH & Co. KG in Türkheim und IMPULSA AG in Elsterwerda für die gute und konstruktive Zusammenarbeit.

Literatur

- Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R. und Schleusener, T. 2008. ALT pedometer – New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and Electronics in Agriculture* 62: 73–80.
- DIN ISO 6690. 2007. Milking machine installations - mechanical tests. International Organization for Standardization.
- Ebendorf, W. und Ziesack, J. 1991. Studies into reduction of milking vacuum (45 kPa) and its impact on teat stress, udder health as well as on parameters of milk yield and milking. *Mh. Vet. Med.* 46: 827–831.
- Hamann, J. 1987. Machine Milking and Mastitis Section 3: Effect of Machine Milking on Teat-end Condition – A Literature Review. *Bull. Int. Dairy. Fed.* 215: 33–53.
- Hoefelmayr, T. und Maier, J. 1979. Vom klassischen Zweiraumbecher und seinen Funktionsmängeln. *Milchpraxis* 17: 62–64.
- Hogan, J. S., Smith, K. L., Todhunter, D. A. und Schoenberger, P. S. 1988. Rate of environmental mastitis in quarters infected with *Corynebacterium bovis* and *Staphylococcus* species. *Journal of Dairy Science* 71: 2520–2525.
- Nordegren, S. A. 1980. Cyclic Vacuum Fluctuations in Milking Machines. Dissertation Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- Rasmussen, M. D. 1993. Influence of Switch Level of Automatic Cluster Removers on Milking Performance and Udder Health. *Journal of Dairy Research* 60: 287–297.
- Reinemann, D. J., Davis, M. A., Costa, D. und Rodriguez, A. C. 2001. Effects of Milking Vacuum on Milking Performance and Teat Condition. Proceedings, Annual meeting of the National Mastitis Council. International Symposium on Mastitis and Milk Quality.
- Rose, S. und Brunsch, R. 2007. Quarter Individual Milking in Conventional Milking Systems. *Landtechnik* 62 (3): 170–171.
- Schlaiss, G. 1994. Einfluss von modifizierter Zitzengummibewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik des AK Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Nr. 255. Eigenverlag, Hohenheim.
- Ströbel, U., Rose-Meierhöfer, S., Brunsch, R., Zieger, E., Maier, J. und Hatzack, W., inventors, Leibniz Inst. for Agr. Engineering Potsdam-Bornim, assignee. 2011. Verfahren und Kit zum automatischen Melken von Tieren (Method and Kit for the automatic milking of animals). German patent, No.: 10 2011 075 138.6. Registration: 2011.05.03.
- Ströbel, U., Rose-Meierhöfer, S., Müller, A. 2012a. Vier Viertel sind mehr als ein Ganzes, Viertelindividuelle Melktechnik – wie Milchkühe, Melker und Landwirte von den neuen Möglichkeiten profitieren. *Forschungsreport* 23 (1): 20–23.
- Ströbel, U., Rose-Meierhöfer, S., Hoffmann, G., Ammon, C., Amon, T., Brunsch, R. 2012b. Vier Viertel sind mehr als ein Ganzes, Viertelindividuelle Vakuumapplikation für moderne Melksysteme. *Landtechnik* 67 (6): 405–408.

Melktechnische Einflüsse auf die Ausprägung von Hyperkeratosen

Martin Spohr¹, Franz Uhlenbruck²; egdstuttgart@tsk-bw-tgd.de

¹Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Schaflandstr. 3/3, 70736 Fellbach, Deutschland

²Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Weissenburgerstr. 3, 76187 Karlsruhe, Deutschland

Zusammenfassung

Mit einer Studie in 29 Milchviehbetrieben sollte der Einfluss melktechnischer Parameter auf die Ausprägung von Hyperkeratosen der Zitzenkuppe bestimmt werden. Wegen eines starken Einflusses der Rasse, bzw. der Zitzenform und -größe wurde die Auswertung auf 18 Holstein-Friesian-Herden konzentriert. Starke Einflüsse auf die Hyperkeratosenausprägung hatten Parameter, die ausserhalb der DIN/ISO-Prüfung gewonnen wurden und die Druckwirkung des Zitzengummis auf der Zitzenkuppe abbildeten bzw. das Verhältnis von Vakuum-bedingter Ödematisierung zur Massageintensität des Zitzengummis beschrieben. Die «Messungen unter Melkbedingungen» ermöglichen die Beurteilung der Zitzengummibewegung und der daraus resultierenden Druckwirkung auf der Zitzenkuppe.

Résumé

Influence de la technique de traite sur l'ampleur des hyperkératoses

Une étude réalisée dans 29 exploitations de vaches laitières avait pour but de déterminer l'influence de la technique de traite sur l'ampleur des hyperkératoses de la pointe du trayon. La race, la forme et la taille du trayon, jouant un grand rôle, l'évaluation s'est concentrée sur 18 troupeaux de vaches Holstein-Frissonnes. On a constaté que le développement des hyperkératoses était fortement influencé par les paramètres relevés en dehors de l'examen DIN/ISO qui représentaient la pression exercée par le manchon trayeur sur la pointe du trayon – paramètres qui décrivaient le rapport entre la formation d'œdèmes dus au vide et l'intensité du massage du manchon trayeur. Les «mesures réalisées dans les conditions de traite» permettent d'évaluer le mouvement du manchon trayeur et la pression qu'il exerce sur la pointe du trayon.

Summary

Influence of Milking Technology on the Severity of Hyperkeratosis

A study conducted on 29 dairy farms was intended to determine the impact of milking-technology parameters on the severity of teat-end hyperkeratosis. Owing to the strong influence of both breed and teat shape and size, the analysis focused on 18 Holstein-Friesian herds. Parameters obtained outside of the DIN/ISO test and illustrating the pressure effect of the teat-cup liner on the teat end or describing the ratio of vacuum-induced oedematisation to the massage intensity of the teat-cup liner had a strong influence on the severity of the hyperkeratosis. The «Measurements under Milking Conditions» enable the assessment of teat-cup movement and the ensuing pressure effect on the teat end.

Einleitung

In der Vergangenheit bestand die Prüfung einer Melkanlage aus der Messung von Bauteilen nach DIN/ISO. Diese Messung erlaubte eine Objektivierung der Leistungsfähigkeit der Anlage und ihrer Bauteile nach rein physikalisch-technischen Aspekten. Die Wirkung auf und die Reaktion von Zitzengewebe und Euter, den Körperteilen, die direkt mit der Melktechnik in Kontakt stehen, konnten nicht bestimmt werden. Daher war immer wieder festzustellen, dass Melkanlagen, die den Anforderungen der DIN/ISO vollständig entsprachen, keine zufrieden stellenden Melkergebnisse erbrachten oder nahezu baugleiche Melkanlagen ganz unterschiedlich molken. Seit langem gibt es Bestrebungen, die Aktion des Zitzengummis und die Wirkung des Melkvakuums auf das Zitzengewebe messbar zu machen. Neijenhuis *et al.* (2004) stellten zur Beurteilung der Zitzenkondition ein einfaches Vier-Punkte-Scoring-System vor, und wiesen nach, dass stärkere Verhornungen der Strichkanalmündung das Risiko für klinische Mastitiden erhöhten. Reid und Johnson (2003) beobachteten, dass Kühe, die an einer Mastitis erkrankt waren, deutlich schlechtere Zitzenkonditionswerte zeigten als gesunde.

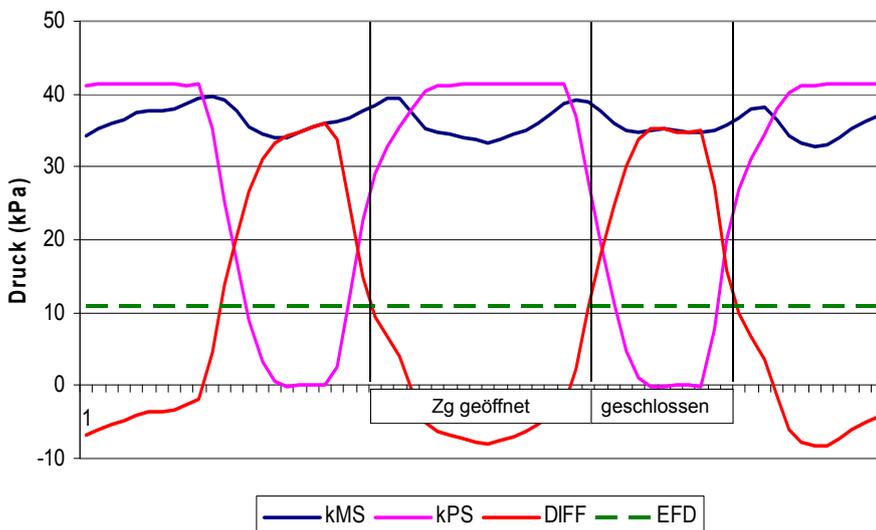
Die melktechnischen Ursachen für eine Hyperplasie des Str. corneum und granulosum, sowie für histologisch nachweisbare Fissuren der Haut im Bereich der Zitzenkuppe (Mein *et al.*, 2003), bestehen in einer vermehrten Kompression des Zitzenkuppengewebes durch die Aktion des Zitzengummis (Massagephase). Zur Abschätzung dieser Druckwirkung wurden verschiedene Messverfahren entwickelt («Compressive load», «Over pressure» und «Residual Vacuum for Massage»), die eine Messung der Zitzengummiaktion unter Laborbedingungen ermöglichen (Mein *et al.*, 2003).

Mit dem Begriff «Messen unter Melkbedingungen» wird ein Verfahren beschrieben, das die Bewegung des Zitzengummis aus den in Puls- und Zitzengummiinnenraum herrschenden Drücken bestimmt. Während der Vakuumverlauf im Pulsraum gut gesteuert und gemessen werden kann, unterliegt das zitzenendige Vakuum zahlreichen Einflussfaktoren (Milchfluss, Dimensionierung der Melkeinheit, Pulsation), die nicht immer geplant und daher oft nicht konstruktiv beherrscht werden. Daraus resultiert die in der Praxis zu beobachtende Vielfalt an zitzenendiger Vakuumhöhe und Vakuumverlaufsform. Dies führt zur eigentlichen melktechnischen Frage, die auch einhundert Jahre nach Beginn des maschinellen Milchentzuges immer noch nicht geklärt ist: «Wie müssen Saugphase und Entlastungsphase gestaltet sein, um ein zügiges, vollständiges und gewebeschonendes Melken zu ermöglichen?»

Material und Methoden

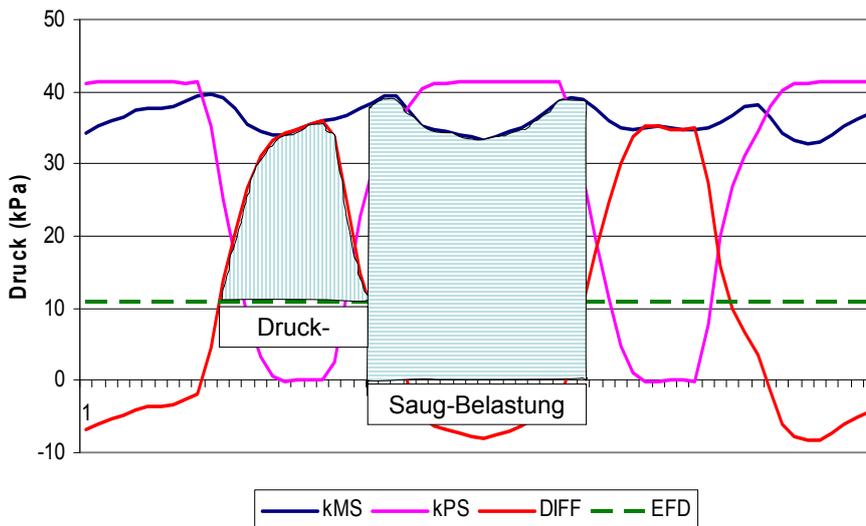
Um die melktechnischen Einflüsse auf die Ausprägung von Hyperkeratosen zu ermitteln, wurden in 29 Milchviehherden Baden-Württembergs die Zitzenkondition der laktierenden Kühe nach dem Scoring-System von Nei-

jenhuis *et al.* (2004) bonitiert und aus den Einzelwerten ein Mittelwert pro Kuh gebildet. Darüber hinaus wurden individuelle Leistungsdaten der Kuh und der Herde aufgenommen. Bei 8 bis 12 Kühen pro Herde wurden «Messungen unter Melkbedingungen» durchgeführt und dabei insgesamt 36 Parameter bestimmt. Zur Abgrenzung der einzelnen Phasen wird aus dem Vakuumverlauf im Puls- und Zitzengummi-Innenraum eine Differenzdruckkurve gebildet und diese mit dem Einfaltdruckwert des Zitzengummis verrechnet. Der Einfaltdruck eines Zitzengummis ist die Druckdifferenz die erforderlich ist, um den Zitzengummi soweit zu verformen, dass sich die gegenüber liegenden Seiten des Zitzengummischafes gerade berühren. Der Zitzengummi ist nach dieser Definition geöffnet, wenn der Differenzdruck kleiner als der Einfaltdruck des Zitzengummis ist (Zitzengummi-Offenphase), in der Massagephase ist der Differenzdruck größer als der Einfaltdruck. Da eine Gewebereaktion auf Drücke sowohl durch Druckhöhe als auch durch Druckdauer beeinflusst wird, wurde die Fläche, die von der Differenzdruckkurve und dem Einfaltdruckwert umschlossen wird für jeden Pulszyklus berechnet und als Durchschnitt der gesamten Melkung («Druckbelastung pro Zyklus») oder als geringster Wert während der Melkung ausgewiesen («geringste Druckbelastung pro Zyklus»). Die Wirkung des Unterdrucks wurde berechnet als Produkt des durchschnittlichen zitzenendigen Vakuums in der Zitzengummi-Offen-Phase und der Länge dieser Phase (Saugbelastung pro Zyklus) (Abb. 1 + 2). Die Messungen wurden durch die DIN/ISO-Prüfung der Melkanlage komplettiert. Aus den Messungen wurden verschiedene Parameter berechnet (Durchschnittswerte einer Melkung) und mit den tierindividuellen Daten verglichen. Zusätzlich wurden die gemessenen Parameter auf Herdenniveau gemittelt und mit den durchschnittlichen Hyperkeratose-Werten der Herde in Beziehung gesetzt.



kMs = kurzer Milchschauch
kPs = kurzer Pulsschauch
DIFF = Differenzvakuum
EFD = Einfaltdruckdifferenz

Abbildung 1: Beispiel einer Zweikanalmessung mit Definition der Zitzengummi-Offen- und -Geschlossenphase.



kMs = kurzer Milchschauch
 kPs = kurzer Pulsschlauch
 DIFF = Differenzvakuum
 EFD = Einfaltdruckdifferenz

Abbildung 2: Beispiel einer Zweikanalmesung mit Definition der Druck- und Saugbelastung pro Zyklus.

Ergebnisse

Der Anteil Kühe mit verhornten Hyperkeratosen (Score III + IV) lag durchschnittlich bei 22,3 % der Kühe einer Herde (Tab. 1). Bei der statistischen Auswertung auf Tierebene hatte lediglich die Rasse einen hochsignifikanten Einfluss, Fleckviehherden zeigten so gut wie keine Hyperkeratosen. Daher wurden im zweiten Schritt nur 18 HF-Herden in die statistische Auswertung einbezogen. Es zeigte sich, dass als Einzelparameter die Positionierung der Melkleitung (hoch oder tief), die Pulsationsart (Gleich- oder Wechseltakt) und die Dauer der Entlastungsphase nach DIN/ISO keine Auswirkung auf die Häufigkeit von Hyperkeratosen in der Herde hatten. Gleiches galt für den Einfaltdruck der verwendeten Sitzengummis, die Höhe des Anlagenvakuums und den maximalen Differenzdruck in der Massagephase. Der Einfluss des Melkanlagenfabrikates war vorhanden, wegen der geringen Fallzahl pro Fabrikat konnte eine statistische Auswertung jedoch nicht erfolgen. Es bestanden schwach signifikante Korrelationen zur Saugbelastung pro Zyklus, zur Taktzahl des Pulsators und zur Saugphasenlänge nach DIN/ISO. Die stärkste Beziehung zur Häufigkeit von verhornten Hyperkeratosen in der Herde hatten die Parameter Druckbelastung pro Zyklus, geringste Druckbelastung pro Zyklus, das Verhältnis von Saug- zu Druckbelastung und die Saugbelastung pro Zyklus. Alle vier Parameter zeigten eine quadratische Beziehung mit einem Optimalbereich (Tab. 2).

Tabelle 1: Frequenz von Kühen mit verhornten Hyperkeratosen pro Betrieb (%)

	Median	Mittel	Std. Abw.
Alle Herden	25	22,3	14,7
Holstein-Friesian	28	28,2	11,4
Fleckvieh	2	7,4	11,2

Tabelle 2: Korrelationen verschiedener Parameter zur Häufigkeit verhornter Hyperkeratosen in der Herde (n=18)

Parameter	Korrelationskoeffizient (r)
Minimale Druckbelastung pro Zyklus	0,698
Druckbelastung pro Zyklus	0,681
Verhältnis Saug- zu Druckbelastung	0,616
Saugbelastung pro Zyklus	0,570
Taktzahl des Pulsators	0,540
Saugphase nach DIN/ISO (msek)	0,512

Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass der Grad der Ausprägung von Hyperkeratosen neben melktechnischen Einflüssen vor allem durch Tier-individuelle und Rasseeinflüsse bestimmt wird. Nach Neijenhuis *et al.* (2000) und Ohnstad *et al.* (2003) sind besonders dünne, lange, spitz zulaufende Zitzen prädestiniert, während dicke fleischige Zitzen oder sog. Trichterzitzen, die deutlich häufiger bei der Rasse Fleckvieh nachgewiesen werden können, weniger anfällig sind. Nach Kirk (2003), Mein *et al.* (2003), Ohnstad *et al.* (2003) und Reid und Johnson (2003) wirken sich Melkbedingungen in zwei unterschiedlichen Mechanismen auf die Zitzenkondition aus:

- Zu kurze D-Phasen nach DIN/ISO (<200 msek) und ein niedriges Melkvakuum bewirken über eine ungenügende Massage der Zitzenkuppe eine verstärkte Ödematisierung des Zitzengewebes. Die Kompression dieses ödematisierten Zitzengewebes durch den Sitzengummi soll Mikroläsionen verursachen; entzündliche Prozesse provozieren darauf hin bindegewebige Zubildungen.

- Lange Melkzeiten bei niedrigen Milchflüssen (Blindmelken) führen zu einer starken Druckwirkung des Zitzengummis auf die Zitzenkuppen und einer reaktiven Hyperplasie des Str. corneum und granulosum.

Der Parameter Druckbelastung pro Zyklus bestätigt diese Arbeitshypothese, da sowohl zu niedrige Werte, die häufig auch mit teigigen, blau-verfärbten Zitzen in Beziehung stehen, als auch zu hohe Werte mit vermehrten Hyperkeratosen verbunden sind. Das Verhältnis von Saug- zu Druckbelastung beleuchtet einen weiteren Aspekt. Das Ausmass des durch den Unterdruck verursachten Zitzenkuppenödems erfordert eine angemessene Rückmassage der Ödem-flüssigkeit. Eine Verlagerung des Verhältnisses aus dem Optimalbereich zu vermehrter Vakuumapplikation oder vermehrter Zitzenkompression beeinträchtigt die Zitzenkuppenintegrität und fördert die Ausprägung von Hyperkeratosen. Die vergleichsweise engen Korrelationen dieser Parameter zur Ausprägung von Hyperkeratosen machen deutlich, dass die vakuumtechnischen Verhältnisse an der Zitzenkuppe nicht durch die nach DIN/ISO gemessenen Parametern wiedergegeben werden können. In Herden mit gehäuft auftretenden verhornten Hyperkeratosen wurden verschiedene Korrekturen erfolgreich durchgeführt: Über die Zitzengummiwahl lässt sich sowohl durch Veränderung des Einfaltdruckes als auch durch konstruktive Änderungen des Zitzengummis (Mehrebenen-Zitzengummis) Einfluss nehmen. Änderungen des Saugphasenverhältnisses wirken sich auf die Länge der Zitzengummi-Offen- und -Geschlossenphase aus, während die Pulsationsart und die Höhe des Anlagenvakuums die Saugbelastung und Massagekraft des Zitzengummis verändern. Der Einfaltdruck des Zitzengummis, der für die Druckwirkung an der Zitzenkuppe von grosser Bedeutung ist, wird im Rahmen der DIN/ISO-Prüfung der Melkanlage nicht berücksichtigt, während er für die «Messungen unter Melkbedingungen» eine bedeutende Rolle spielt. Die Einfaltdruckwerte der in unseren Melkanlagen eingebauten Zitzengummis schwanken, selbst innerhalb des Zitzengummiangebotes einer Firma, zwischen 6 und 16 kPa.

Es wird deutlich, dass die «Messungen unter Melkbedingungen» ein Verfahren zur Abklärung melktechnischer Einflüsse auf die Zitzenkondition von Milchkühen darstellt, das unabhängig vom Anlagentyp die Aktion des Zitzengummis ausreichend genau beschreiben kann.

Literatur

- Kirk, J.H (2003): Risk Factors for Excessive Hyperkeratosis of Teat Ends. www.vetmed.ucdavis.edu.
- Mein, G.A., D.M.D. Williams, D.J. Reinemann (2003): Effects of Milking on Teat-End Hyperkeratosis: 1. Mechanical Forces Applied by the Teatcup Liner and Responses of the Teat. NMC Annual Meeting Proceedings, 114–123.
- Neijenhuis, F., H.W. Barkema, H. Hogeveen, J.P.T.M. Noordhuizen (2000): Classification and Longitudinal Examination of Callused Teat Ends in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* **83**: 2795–2804.
- Neijenhuis, F., J.E. Hillerton, C.O. Paulrud, M.D. Rasmussen, J. Baines (2004): Teat Condition and Mastitis. NMC Annual Meeting Proceedings, 122–131.
- Ohnstad, I.C., G.A. Mein, F. Neijenhuis, J.E. Hillerton, J.R. Baines, R. Farnsworth (2003): Assessing the Scale of Teat End Problems and their Likely Causes. NMC Annual Meeting Proceedings, 128–135.
- Reid, D.A. u. A.P. Johnson (2003): Trouble Shooting Herds with Poor Teat Condition. NMC Annual Meeting Proceedings, 124–127.

Analyse der Umstellung vom Melkstand auf ein Automatisches Melksystem anhand von hygienischen und Leistungsaspekten

Natascha Klinkel¹, Hans-Joachim Herrmann¹, Wilfried Wolter², Steffen Hoy³; Natascha.Klinkel@llh.hessen.de

¹Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, 35578 Wetzlar, Deutschland

²Regierungspräsidium Giessen, 35578 Wetzlar, Deutschland

³Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Giessen, 35390 Giessen, Deutschland

Zusammenfassung

Die steigende Anzahl von Automatischen Melksystemen (AMS) und die damit verbundene Umstellung bedarf der intensiven Kenntnis über die Veränderungen der Leistungsparameter, wie Milchleistung und die somatische Zellzahl der Milch. Die Untersuchung zeigt, dass die Phase der Installation kaum in einen genauen zeitlich definierten Rahmen zu fassen ist. Von der empfohlenen zytobakteriologischen Gesamtbestandsuntersuchung im Vorfeld der Inbetriebnahme bis hin zum dauerhaft stabilen Management des AMS-Betriebes ist mit zwei Jahren zu rechnen. Dabei spielen nicht allein die völlig neue Melktechnik, sondern auch Fragen der Fütterung und des Herdenmanagements eine Rolle. Die untersuchten Daten eines Drittels der Milchviehbetriebe zeigen durchaus, dass das automatische Melken zu einer Verbesserung der Eutergesundheit (gemessen an der Zellzahl) und einer Steigerung der Milchleistung bereits im ersten Jahr nach der Umstellung führen kann. In zwei Drittel der Betriebe kommt es allerdings zu deutlichen Milchleistungsminderungen in Verbindung mit steigenden somatischen Zellzahlen. Zu beachten ist sowohl in der Minderung, als auch in der Steigerung der Leistungsparameter ein umfassender Anteil weiterer relevanter Faktoren, als ausschliesslich der Einsatz einer neuen Melktechnik.

Résumé

Analyse du passage de la salle de traite à un système de traite automatique sous l'aspect de l'hygiène et du rendement

Le nombre croissant des conversions à un système de traite automatique implique de mieux connaître les répercussions sur les paramètres de production laitière. L'étude montre qu'il est difficile de définir précisément le cadre temporel de la phase d'installation. De l'organisation des analyses de l'ensemble du troupeau par préexamen cyto-bactériologique sur des prélèvements des quatre quar-

tiers jusqu'au fonctionnement stable et durable de l'AMS, il faut compter en général deux ans de préparation et de suivi. La technique de traite, entièrement nouvelle, n'est pas la seule à jouer un rôle. Les questions d'affouragement et de management du troupeau doivent également être reconsidérées. Les données d'un tiers des exploitations de vaches laitières étudiées montrent que la traite automatique peut améliorer la santé du pis (mesurée en nombre de cellules) et augmenter la production laitière dès l'année qui suit la conversion. Dans deux tiers des exploitations toutefois, la production laitière commence par diminuer nettement tandis que le nombre des cellules somatiques augmente. Cependant, autant la baisse que la hausse des rendements ne s'expliquent pas exclusivement par l'application d'une nouvelle technique de traite. Un grand nombre d'autres facteurs entrent en ligne de compte.

Summary

Analysis of the Changeover from Milking Parlour to an Automatic Milking System using Hygiene and Performance Factors

The growing number of farms switching to automatic milking systems requires a knowledge of the changes to be expected in terms of the performance parameters of milk production. The study shows that the installation phase is hard to capture within a precisely defined time framework. Progression from the effective organisation of the whole-herd examination using preliminary cytobacteriological tests based on quarter-milking samples to the permanently stable management of the AMS farm tends to take two years of preliminary preparation and follow-up. Here, it is not just the brand-new milking technology but also feed and herd-management issues which require a fresh approach. The examined data from one-third of the dairy farms show that automatic milking can lead to improved udder health (as measured by cell count) and increased milk yield in the very first year after the changeover. Two-thirds of the farms, however, experience sig-

nificant reductions in milk yield in association with rising somatic cell counts. It should be noted that other relevant factors besides the use of a new milking technology are responsible for both the rise and fall of a large proportion of the performance parameters.

Einführung

Die Umstellung auf ein automatisches Melksystem (AMS) bedarf der gezielten und intensiven Vorbereitung. Technische, tiergesundheitliche und auch ökonomische Herausforderungen umrahmen die Installation eines AMS. Erwartungen des Verbrauchers nach hygienisch einwandfreier Milch, die frei von Rückständen ist und von artgerecht gehaltenen und vor allem gesunden Tieren stammt erhöhen die Anforderungen an Betriebsleiter und Hersteller. 2012 wurden im Bundesland Hessen 9,9 % der in der Milchleistungsprüfung befindlichen Milchkühe automatisch gemolken. Dazu kommt, dass Neuinvestitionen in der Melktechnik zu über 50 % in AMS getätigt werden. Die zunehmende Bedeutung der Automatisierung in mittelgrossen Beständen verdeutlicht den Bedarf nach intensiver Kenntnis in der Phase rund um die Umstellung auf ein AMS.

Gesetzliche Grundlage der Umstellung ist die Bekanntmachung im Bundesanzeiger durch das Bundesministerium der Justiz vom 29. September 2006, die Forderungen an Milchviehbetriebe beinhaltet, die ein AMS zu installieren planen. Grundlage dessen ist die Verordnung (EG) Nr. 853/2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprung. Darin wird verlangt, dass das Melken unter hygienisch einwandfreien Bedingungen erfolgt, welches voraussetzt, dass Zitzen, Euter und angrenzende Körperteile vor Melkbeginn sauber sind. Ebenfalls hat eine Überprüfung auf organoleptische sowie abnorme physikalisch-chemische Merkmale der Milch zu erfolgen. Da diese Forderungen auf Grund des fehlenden direkten Kontakts des Betriebsleiters während des Melkvorganges nicht zu erfüllen sind, wurden Massnahmen erlassen, die in Teilen der Überwachung der Eutergesundheit dienen.

Die in dieser Untersuchung näher betrachtete Forderung des sogenannten Massnahmenkatalogs gibt vor: «Bei Installation eines AMV in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist die Eutergesundheit 4–6 Wochen vor der geplanten Inbetriebnahme des Systems und nochmals 1–2 Wochen vor Einbringen in die Herde durch eine zytobakteriologische Untersuchung der Viertelanfangsgemelke zu überprüfen.»

Eigene Untersuchungen

Zur Überprüfung der Forderungen des Massnahmenkatalogs stellten 49 hessische Milchviehbetriebe die Daten aller ihrer zytobakteriologischen Voruntersuchung zur Verfügung. Weiterhin standen die Rückberichte der monatlichen Milchleistungsprüfung (MLP) von insgesamt 24 Monaten je Betrieb zur Verfügung. Aus diesen insgesamt 1124 Rückberichten konnte ein retrospektiver Vergleich erstellt werden, in dem das letzte Jahr am Melkstand und das erste Jahr am AMS miteinander verglichen werden kann. Dazu wurden folgende Parameter herangezogen:

- Datum der Inbetriebnahme des AMS
- Hersteller und Version des installierten AMS
- Ergebnisse der monatlichen Milchleistungsprüfung vor und nach dem Beginn des automatischen Melkens:
 - Prüfungsdatum
 - Angabe der Milch-kg auf Einzeltierebene
 - Anzahl gemolkener Kühe / Gesamtbestandstierzahl
 - Die durchschnittliche Zellzahl der Gesamtherde
 - Häufigkeitsverteilung der Einzelkuhzellzahl (%)

Die statistische Auswertung aller Daten wurden mit Hilfe des Statistiksoftware «SPSS Statistics» durchgeführt. Folgende Verfahren wurden genutzt:

- Statistische Masszahlen (n, x, s, Min., Max.), auch zur Durchführung der Plausibilitätskontrolle,
- Mittelwertvergleiche (Student-Newman-Keuls-Test), arithmetisch und geometrisch gemittelt,
- Vergleich von Häufigkeiten (Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest in Kontingenztafeln),
- Korrelationsanalysen und univariate Varianzanalyse.

Ergebnisse

Die Inbetriebnahme der Systeme aller 49 ausgewerteten Betriebe fand zwischen Dezember 2007 und April 2011 statt. Die MLP-Rückberichte erfassen daher einen Zeitraum zwischen Dezember 2006 und April 2012.

Installiert wurden 22 DeLaval VMS, 19 Lely Astronaut (A2, A3, A3next), 3 Lemmer Fullwood Merlin, 3 Westfalia Titan als Mehrboxenanlagen, 1 GEA Mlone, sowie 1 Insentec-Galaxy. In 10 der 49 Betriebe wurden je 2 Einboxenanlagen (DeLaval, Lely) installiert.

Auswertung der Milchleistungsprüfung

Für den Vergleich relevanter Parameter, die in der Milchleistungsprüfung erfasst werden liegen 552 Rückberichte vor Inbetriebnahme des AMS und 572 nach Inbetriebnahme vor. Zur näheren Betrachtung der somatischen Zellzahl wurden in Anlehnung an Wolter *et al.* (2004) drei Zellzahlklassen gebildet.

Tabelle 1: Einteilung der Zellzahlen in Klassen (verändert nach Wolter *et al.*, 2004)

	Zellzahl / ml Milch
Klasse 1	< 100 000
Klasse 2	100 000 – 400 000
Klasse 3	> 400 000

Die Klassifikation aller 1124 Rückberichte zeigt, dass es zu einen signifikanten Anstieg der Tiere mit Zellzahlen von >400 000 Zellen/ml Milch von 11,0 % auf 12,9 % kommt. Anzustreben wäre in dieser Klasse ein Wert von maximal 2 %.

Dieser Anstieg lässt auf Eutergesundheitsstörungen schließen, die sich auf technische Fehleinstellungen, mangelhafte Reinigung und Desinfektion des AMS und unzureichendes Management gründen können. In Zellzahlklasse 1 wird ein signifikanter Rückgang der Anzahl eutergesunder Kühe ersichtlich. Waren es vor Umstellung durchschnittlich 56,1 %, so sind es am AMS nur noch 53,8 %. Zielwert für die Klassifizierung der Gesamtgemelkszellzahlen ist nach Wolter *et al.* (2004) in Zellzahlklasse 1,66 %, die in dieser Untersuchung nur in Einzelfällen erreicht werden.

Der Vergleich der Zellzahlen vor und nach der Installation zeigt einen durchschnittlichen Anstieg der Zellzahl um +22 000 Zellen/ml Milch im Vergleich der beiden Nutzungs-

jahre. Lag die Zellzahl aller 49 Betriebe vor Nutzung eines AMS bei 199 000 Zellen/ml, so stieg sie nach Umstellung auf 221 000 Zellen/ml im ersten Nutzungsjahr (Abbildung 2). Der Zellzahlanstieg bestätigt die Angaben von Rasmussen *et al.* (2001), die ebenfalls einen Anstieg des Somatic Cell Score (SCC) nachwies. Entlang der Angabe, dass bei einem Zellzahlgehalt der Sammelmilch über 200 000 Zellen/ml davon ausgegangen werden muss, dass 75 % der Kühe eine subklinische Mastitis aufweisen, ist dieser Wert kritisch zu betrachten.

Auffällig ist der niedrige Zellzahlwert genau einen Monat vor Inbetriebnahme des AMS. Denkbar ist eine hohe Sanierungsintensität in den Beständen ab dem vierten Monat vor der geplanten Umstellung. In diesem Zeitraum spiegeln sich die Ergebnisse der durchgeführten Viertelgemelksproben und die damit einhergehenden Behandlungen, Merzungen oder Verkäufe von Problemtieren wieder.

Die Streuung der einzelnen Betriebe in Bezug auf die Entwicklung der Zellzahl ist hoch. In 32,6 % aller Betriebe sank die Zellzahl im ersten Nutzungsjahr, einmalig um bis zu 177 000 Zellen/ml. In 67,4 % der Betriebe stieg die Zellzahl an, im Maximum eines Betriebes um +260 000 Zellen/ml Milch gemittelt über das erste Nutzungsjahr.

Tendenziell ist ersichtlich, dass Betriebe die zuvor einen sehr guten Zellzahlstatus hatten, durch die Nutzung eines AMS einen Anstieg der Zellzahl zu verzeichnen hatten. Dagegen zeigt sich in Betrieben mit erhöhter Zellzahl am Melkstand eine teils deutliche Reduktion nach der Installation des AMS. Es wird der Eindruck vermittelt, dass es zu einer Vereinheitlichung des Zellzahlniveaus durch ein AMS kommt.

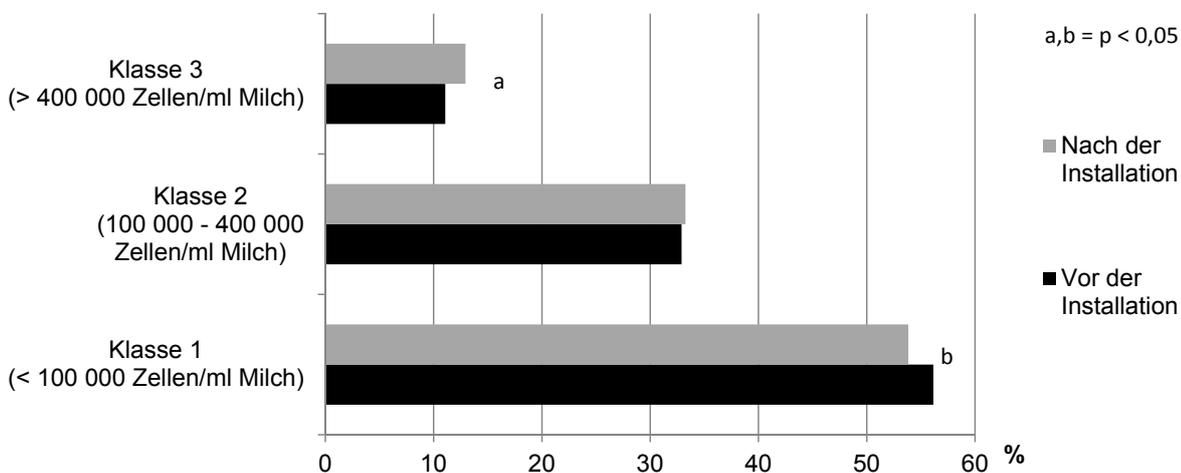


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Einzelkuhzellzahlen der Rückberichte von 1124 ausgewerteten Milchleistungsprüfungen geometrisch gemittelt über 12 Monate vor und nach Inbetriebnahme eines AMS (n = 49 Betriebe).

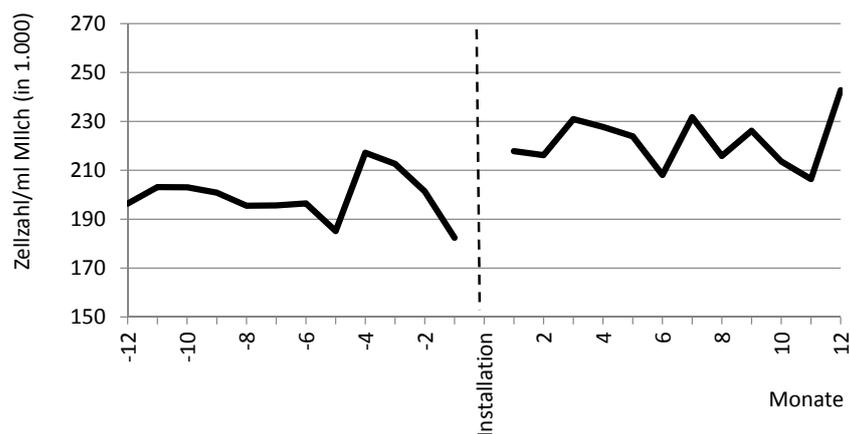


Abbildung 2: Verlauf der geometrisch gemittelten Zellzahl über je 12 Monate vor und nach der Inbetriebnahme eines AMS im Mittel aller 49 Betriebe.

Die Auslastung einer Melkbox durch eine hohe Anzahl an Kühen wurde mit der Höhe der Zellzahl des ersten Nutzungsjahres in Bezug gesetzt. Im Trend zeigt sich eine Abhängigkeit zwischen einer hohen Boxenauslastung mit zu 74 Kühen/Einboxanlage und einer hohen somatischen Zellzahl von 265 000 Zellen/ml Milch ($R^2 = 0,1274$). Tatsächlich wurden im Durchschnitt in den Einboxanlagen ($n=39$) nur 53 Kühe gemolken. Anzustrebende 55–65 Kühe/Einboxanlage werden im ersten Nutzungsjahr nicht erreicht.

Auswertung der zytobakteriologischen Voruntersuchungen

Von allen 49 ausgewerteten Betrieben standen die Ergebnisse der zytobakteriologischen Voruntersuchungen des Landesbetriebes Hessisches Landeslabor zur Verfügung. Die Überprüfung der im Massnahmenkatalog geforderten Anzahl an Untersuchungen zeigt, dass 9 (18,4 %) Betriebe keine der vorgeschriebenen Untersuchung durchgeführt haben. Da alle Untersuchungen von bis zu einem Jahr vor der Umstellung mit einbezogen wurden, ist hier festzustellen, dass keine Kenntnis zum Erregerstatus im Betrieb vorliegt. In 20 (40,8 %) Betrieben wurde die melkende Herde einmal voruntersucht. In weiteren 20 (40,8 %) Betrieben wurde zweimal vor der Umstellung untersucht. Die im Massnahmenkatalog vorgeschriebenen Zeiträume der Untersuchung – 4–6 Wochen, sowie 1–2 Wochen vor Einbringung eines AMS - wurden von keinem der betrachteten Betriebe eingehalten. Es ist ersichtlich, dass die Untersuchungen in vorgeschriebenen Zeiträumen nicht umzusetzen waren. Im Rahmen von belastenden Bauverfahren, dem damit einhergehenden Stress für Mensch und Tier und dem tatsächlichen Einbau der Maschine ist die Untersuchung eine zusätzliche Anstrengung. Im Falle eines Erregernachweises und auf Grund des zeitlichen Druckes vor Installation des AMS kann oft keine Sanierung erfolgen. Sollen in diesem Fall keine Kühe mit *S. aureus*-Nachweis am AMS eingemolken werden, bleibt nur der Verkauf oder die Merzung.

Der Bezug zwischen der Anzahl der durchgeführten Untersuchungen und der somatischen Zellzahl, zeigt einen nicht signifikanten Anstieg der Zellzahl mit steigender Anzahl an Untersuchungen. Betriebe ($n=9$) ohne Voruntersuchung zeigen im Vergleich vor und nach der Einbringung eines AMS die geringste Zellzahl (vorher 223 000; nachher 195 000 Zellen/ml Milch). Bei zweimaliger Voruntersuchung weisen die Betriebe nach Installation eine höhere Zellzahl als am Melkstand auf (vorher 195 000; nachher 232 000 Zellen/ml Milch). Die Ergebnisse zeigen, dass die alleinige Betrachtung der Anzahl der Untersuchungen keine Verbesserung des Zellzahlstatus zufolge hat. Als relevant kennzeichnen sich nicht die Anzahl der Untersuchungen, sondern das Wissen um den Eutergesundheitsstatus der Herde zum einen, bzw. die Nutzung der Erregernachweise mit entsprechender Umsetzung einer Sanierung. Werden Erregernachweise nicht entsprechend Ihrer Dringlichkeit saniert, so kann auch die korrekte Voruntersuchung nicht der Verbesserung der Eutergesundheit dienen. Welche Sanierungsmassnahmen in den einzelnen Betrieben erfolgten, wurde in dieser Untersuchung nicht dokumentiert.

Die Anzahl der Voruntersuchungen wurden ebenfalls zur Milchleistung (kg/Kuh/Tag) in Bezug gesetzt. Wurden zwei Voruntersuchungen durchgeführt, so hatten diese 20 Betriebe vor und nach der Installation die höchste Milchleistung (vorher 26,1 kg; nachher: 25,1 kg) bezogen auf jene 9 Betriebe, die keinerlei Voruntersuchen durchführten. Diese Betriebe wiesen vor und nach der Installation des AMS die geringste Milchleistung (vorher: 24,9 kg; nachher 24,2 kg) auf.

Die zytobakteriologischen Voruntersuchungen aller 40 Betriebe wurden speziell auf die nach Kloppert *et al.* (2000) als «major pathogens» definierten Mastitiserreger *S. agalactiae*, G-Streptokokken, *S. aureus*, *S. dysgalactiae*, Äskulin-positive-Streptokokken, Enterokokken, coliforme Keime, *E. coli* und Hefen hin betrachtet. Von 15 416 ausge-

werteten Vierteln wiesen 378 (2,45 % aller Viertel) einen Erregernachweis auf. Folglich war jede zehnte Kuh mit einem der genannten Erreger infiziert. Die am häufigsten nachgewiesenen Erreger waren Äskulin-positive Streptokokken, wie beispielsweise *S. uberis*. Als kontagiöser euterassoziierter Erreger wurde *S. aureus* mit 2,7 % aller Viertel nachgewiesen. Weitere euterassozierten Erreger wie *S. agalactiae* oder G-Streptokokken wurden nicht nachgewiesen. Alle weiteren betrachteten Erreger traten in einer Präferenz von < 1,00 % aller Viertel auf.

Unterscheidet man die bakteriologischen Befunde nach der Anzahl ihrer durchgeführten Voruntersuchungen so treten keine Unterschiede auf. Auch im Fall der zweimaligen Voruntersuchung ist kein signifikanter Unterschied einer Erregerreduktion nachzuweisen. Über alle Erreger hinweg betrachtet kommt es zu einer Reduktion von 2,43 % auf 2,39 % infizierte Euterviertel. Dagegen sinkt die Nachweisrate von *S. aureus* von 0,74 % auf 0,41 %. Dies weist auf eine Selektion infizierter Tiere hin. Um die Auswirkung euterassoziierter Erreger auf die Zellzahl zu bestimmen wurden zwei Gruppen mit je 7 Betrieben gebildet. Dabei wurden 7 Betriebe ohne einen Nachweis von *S. aureus* jenen 7 Betrieben mit den höchsten Nachweisraten an *S. aureus* (mit bis zu 1,6 % der Viertel) gegenübergestellt und in den erhobenen Zellzahlen des ersten Nutzungsjahres nach Inbetriebnahme verglichen.

Der Vergleich zeigt einen vollständig erhöhten Verlauf der Zellzahlen über die ersten 11 Monate in den 7 Betrieben mit *S. aureus* (Abb. 3). Das späte Absinken der Zellzahl in Betrieben mit *S. aureus* deutet darauf hin, dass infizierte Kühe noch am AMS gemolken wurden und nach entsprechender Zeit den Betrieb verlassen haben.

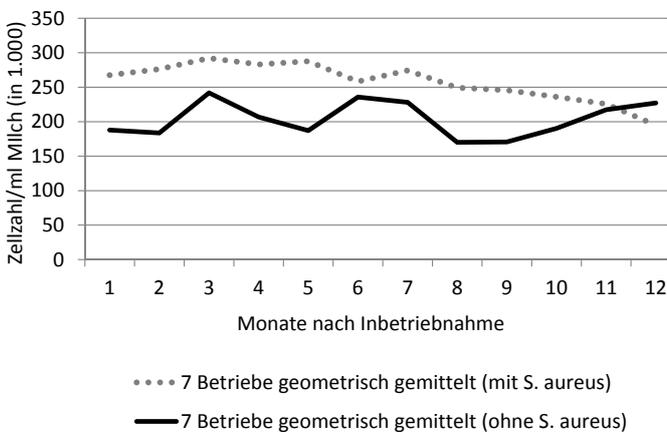


Abbildung 3: Vergleich der geometrisch gemittelten Zellzahl im ersten Jahr nach Inbetriebnahme eines AMS in Abhängigkeit von der Zahl an *S. aureus*-Nachweisen in Eutervierteln (zweimalige Voruntersuchung).

Der Vergleich der Milchleistung unter Nutzung eines AMS mit der Leistung am Melkstand zeigt einen durchschnittlichen Rückgang um -0,7 kg/Kuh/Tag (-2,9 %). Basierend auf 572 Rückberichten der Milchleistungsprüfung betrug die Milchleistung unter Nutzung des Melkstandes 25,54 kg/Kuh/Tag. Im ersten Nutzungsjahr am AMS waren es 24,8 kg/Kuh/Tag. Zu Beginn des automatischen Melkens fällt die Milchleistung deutlich stärker ab als im Durchschnitt (Abb. 4).

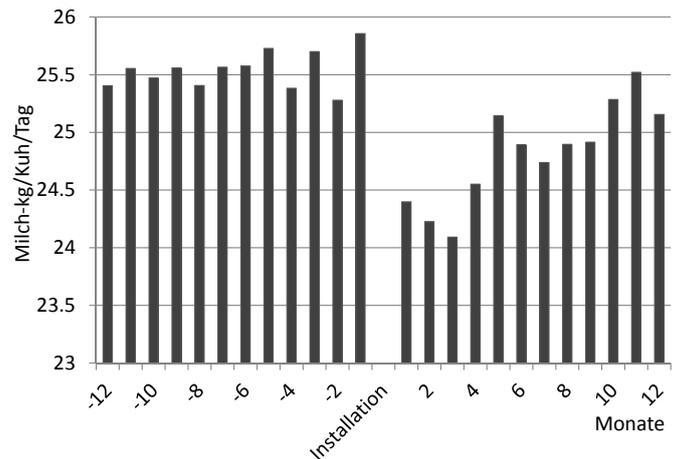


Abbildung 4: Vergleich der Milch-kg (je Kuh und Tag) nach MLP vor und nach Inbetriebnahme eines AMS (n = 49 Betriebe).

Von der letzten MLP am Melkstand hin zur ersten Milchleistungsprüfung am AMS fällt die Milchleistung um -1,5 kg/Kuh/Tag. Dieser Trend setzt sich in den nächsten beiden Monaten weiter fort. Erst im vierten Monat am AMS steigt die Milchleistung wieder an. Am Ende des ersten Nutzungsjahres werden im Durchschnitt über alle 49 ausgewerteten Betriebe wieder die Werte des Vorjahres erreicht. Die milchleistungssteigernde Wirkung der ansteigenden Melkhäufigkeit, sowie die nach Mathijs (2004) genannte systembedingte Leistungssteigerung um 6 % kann im ersten Jahr am AMS nicht nachgewiesen werden.

Die Minderung der Milchleistung betrug auf Betriebsebene maximal -4,46 kg/Kuh/Tag. Stieg die Milchleistung im ersten Nutzungsjahr an, so waren es maximal +3,76 kg/Kuh/Tag.

Um eine Angabe über die gemolkene Milch je 24 h treffen zu können, wurde die Anzahl durchschnittlich gemolgener Kühe je Einzelmelkbox (53 Kühe) mit der täglichen Milchleistung je Kuh/Tag (24,8 kg) multipliziert. Diese täglich ermolene Milchmenge von 1308,5 kg entspricht nicht der nach DLG (2010) erwarteten 1900 kg/Tag. In dieser Untersuchung erreichen im ersten Jahr nach Inbetriebnahme zwei

Betriebe diesen Wert. Lediglich 11 von 49 Betrieben ermelken jeden Tag mehr als 1500 kg/Einzelmelkbox. Diese Minderleistung korreliert stark mit der fehlenden Auslastung der Anlagen.

Zu beachten ist, dass die hier ausgewerteten Angaben der Milchleistungsprüfung in keinem Fall der abgelieferten, folglich verkauften Milch entsprechen. Entsprechend der Korrelation zwischen steigender Zellzahl und fallender Milchleistung dürfte es somit im Untersuchungszeitraum zu einem gestiegenen Anteil zu verwerfender Milch gekommen sein.

Schlussfolgerung

Der Vergleich des ersten Nutzungsjahres eines Automatischen Melksystems und dem vorangegangenen Jahr am Melkstand zeigt einen signifikanten Anstieg von Tieren mit Zellzahlen >400 000 Zellen/ml Milch, sowie eine Milchleistungsminderung um -0,7 kg/Kuh/Tag. Diese Aussage trifft jedoch auf ein Drittel der untersuchten Betriebe nicht zu. Hier konnte nachgewiesen werden, dass es zu einer Milchleistungssteigerung und/oder zu einer Verbesserung des Zellzahl-niveaus kommt. Diese erlangten Ergebnisse spiegeln insgesamt nicht wieder von welchem Leistungsniveau aus die Betriebe an das AMS gingen, was die Ergebnisse sowohl positiv als auch negativ in ihrer Bewertung verzerren kann.

Insgesamt wird deutlich, dass nicht die Melktechnik allein einen allumfassenden Einfluss auf die gezeigte Entwicklung der Betriebe haben kann, sondern dass weitere Faktoren wie ein neues Haltungssystem, eine veränderte Fütterung oder eine Betriebsvergrößerung diesen Prozess ebenfalls in nicht unerheblichem Masse beeinflussen.

Da die Streuung der beobachteten Ergebnisse gross ist, muss es Ziel aller Prozessbeteiligten sein, die einzelbetriebliche Umstellung ganz individuell vorzubereiten, zu beraten und umzusetzen.

Quellenverzeichnis:

DLG (2010): DLG-Kompakt, 100 Antworten zu Automatischen Melksystemen, Herausgeber: Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft e.V., Frankfurt am Main, 2010.

Kloppert *et al.* (2000): Incidence of bovine mastitis pathogens in Hesse, Germany, 1995–1999. Proceedings of the XXI World Buiatrics Congress, Punta del Este, Uruguay.

Mathijs (2004): Socio-economic aspects of automatic milking, In: Automatik Milking – a better understanding, Wageningen Academic Publishers, Seite 46–5.

Rasmussen *et al.* (2002): Milk Quality on Danish Farms with Automatic Milking Systems, Journal of Dairy Science, Volume 85, Issue 11, Pages 2869-2878, November 2002.

Wolter *et al.* (2004): Mastitis bovina, Universidad de Guadalajara, 2004; ISBN: 970270487-1.

Validierung einer neuen Methode (RumiWatch®) zur automatischen Erfassung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen

Nils Zehner, Franz Nydegger, Markus Keller, Matthias Schick; nils.zehner@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Wiederkauaktivität und Futteraufnahme stellen bedeutende, nicht-invasiv messbare Parameter der Gesundheit von Wiederkäuern dar. In der Milchviehhaltung sind heute mehr als 50 % aller frühzeitigen Abgänge von Milchkühen auf Gesundheitsprobleme zurückzuführen. Dennoch ist eine verlässliche Methode zur automatischen Erfassung der Wiederkauaktivität und des Futteraufnahmeverhaltens derzeit nicht verfügbar. Ein neuartiges, an Agroscope entwickeltes Gesundheitsmonitoringsystem für Milchkühe (RumiWatch) soll eine frühzeitige Erkennung von Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern ermöglichen. Das sensorbasierte System beabsichtigt eine kombinierte, automatische Erfassung des Wiederkauens, der Futter- und Wasseraufnahme und des Bewegungsverhaltens. Es umfasst einen Nasenbandsensor, einen Datenlogger mit Echtzeit-Auswertung, ein Pedometer und eine spezifische Auswertungssoftware. Die Datenübertragung erfolgt drahtlos oder mit Hilfe einer SD-Speicherkarte auf PC. Die Verwendung von Niedrigenergiekomponenten ermöglicht Batterielebensdauern von mehreren Monaten bis Jahren bei minimalem Stromverbrauch. Die automatische Messung der Verhaltensparameter basiert auf einem generischen Algorithmus ohne tierspezifische Lerndateien. Die Echtzeit-Analyse ermöglicht eine Quantifizierung von Wiederkauzeiten, Anzahl der rejizierten Boli und Anzahl der Wiederkauschläge pro Bolus. Eine äquivalente Analyse erfolgt für die Parameter des Futteraufnahmeverhaltens. Die Validierung der Methode RumiWatch erfolgte durch den Vergleich der automatisch ausgewerteten Messdaten mit einer zeitgleichen Direktbeobachtung. Die Übereinstimmung in der Quantifizierung von Kauschlägen zwischen der automatischen und visuellen Erfassung betrug $R^2 = 0,7908$ beim Wiederkauen und $R^2 = 0,7691$ bei der Futteraufnahme. Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand stellt die Erfassung durch RumiWatch eine geeignete Methode für wissenschaftliche Untersuchungen und zu Beratungszwecken dar. Nach Abschluss weiterer Entwicklungsschritte ist auch die Anwendung zum Fütterungs- und Tiergesundheitsmanagement in landwirtschaftlichen Milcherzeugungsbetrieben denkbar.

Résumé

Validation d'une nouvelle méthode (RumiWatch) d'enregistrement automatique de la rumination et du comportement alimentaire des vaches laitières

L'activité de rumination et le comportement alimentaire sont deux paramètres importants de la santé des ruminants qui peuvent être mesurés à l'aide d'une technique non invasive. Actuellement plus de 50 % des réformes précoces de vaches laitières sont dus à des problèmes de santé. Pourtant, il n'existe pas de méthode fiable permettant de saisir automatiquement l'activité de rumination et le comportement alimentaire. Un nouveau système de monitoring sanitaire développé à la Agroscope pour les vaches laitières (RumiWatch) doit permettre d'identifier à temps les troubles du métabolisme des ruminants. Le système basé sur des capteurs vise une saisie automatique et combinée de la rumination, de la consommation d'aliments et d'eau et des mouvements de l'animal. L'ensemble se compose d'un capteur placé dans la bride nasale, d'un enregistreur de données avec traitement en temps réel, d'un pedomètre et d'un logiciel d'évaluation spécifique. Les données sont transmises sans fil au PC ou à l'aide d'une carte-mémoire SD. L'utilisation de composants à basse consommation d'énergie permet d'utiliser les piles pendant plusieurs mois voire années avec une consommation minimale d'énergie. La mesure automatique des paramètres du comportement est basée sur un algorithme générique qui ne nécessite pas d'apprentissage des données spécifiques de la vache. L'analyse en temps réel permet de quantifier les durées de rumination, le nombre de bols de rumination et le nombre de mastications par bol. Une analyse équivalente est effectuée pour les paramètres du comportement alimentaire. La méthode RumiWatch a été validée en comparant les données de mesures évaluées automatiquement aux données recueillies lors d'une observation directe réalisée au même moment. La concordance de quantification des mastications entre l'enregistrement automatique et le relevé visuel était de $R^2 = 0,7908$ pour la rumination et de $R^2 = 0,7691$ pour le comportement alimentaire. En l'état actuel de développe-

ment, le système RumiWatch constitue une méthode adaptée aux études scientifiques et aux besoins de la vulgarisation. A l'issue d'autres développements, il pourra également être envisagé d'utiliser le système pour la gestion de l'affouragement et de la santé animale dans des exploitations agricoles de production laitière.

Summary

Validation of a New Method (RumiWatch) for the Automatic Measurement of the Rumination and Feed-Intake Behaviour of Dairy Cows

Rumination activity and feed intake are important, non-invasively measurable parameters of ruminant health. In dairy farming today, health problems are responsible for over 50 % of all early cullings of lactating cows. Despite this, a reliable method for the automatic measurement of rumination activity and feed intake is not yet available. A novel health-monitoring system for dairy cows (RumiWatch), developed at Agroscope in Switzerland, is therefore meant to enable early identification of metabolic problems in ruminants. Incorporating a noseband sensor, a data logger with online data analysis, a pedometer, and evaluation software, the sensor-based system automatically records rumination, feed and water intake, and locomotion. Data are transmitted wirelessly or via an SD Memory Card to a PC running the evaluation software. The use of low-energy components enables battery lives of several months to several years with minimum energy consumption. Automatic measurement of behavioural parameters is based on a generic algorithm without animal-specific learning files. Detailed real-time analysis enables the quantification of total rumination times, number of boli, and chews per bolus while ruminating. An equivalent analysis is being conducted for food-intake-behavior parameters. The RumiWatch method was validated by comparing the automatically analysed measurement data with simultaneous direct and video observations. The agreement between automatic and visual measurement in the quantification of jaw movements was $R^2 = 0.7908$ for rumination and $R^2 = 0.7691$ for feed intake. In its current state of development, the RumiWatch health-monitoring system is suitable for research and advisory purposes. Once further developmental stages have been concluded, its use for feed- and animal-health management on dairy farms is also conceivable, with a view to improving both animal welfare and profitability.

Einleitung

Stoffwechselstörungen bei Milchkühen stellen ein Problem mit weitreichenden physiologischen und ökonomischen Auswirkungen dar. Insbesondere die Wiederkauaktivität gilt als bedeutender, nicht-invasiv messbarer Parameter für die frühzeitige Erkennung von Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern. Die automatische Messung der Kau- und Wiederkauaktivität kann zur frühzeitigen Erkennung von Fütterungsfehlern beitragen und erleichtert so eine wiederkäuergerechte Anpassung der Ration. Die Erfassung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens mit Hilfe einer technischen oder automatischen Methode ist bereits in verschiedenen Studien untersucht worden (Stobbs & Cowper 1972, Rutter *et al.* 1997, Ungar & Rutter 2006, Nydegger *et al.* 2011). Die hierbei entwickelten Lösungen beschränken sich in ihrer Anwendung auf Forschungs- und Beratungszwecke. Ein weiterer potentieller Anwendungsbereich ist auch in intensiven Tierhaltungssystemen mit hohen Tierzahlen, hohem Leistungsniveau und dem damit verbundenem Management-Aufwand zu sehen. Die auf dem Markt verfügbaren Techniken zur automatischen Messung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens sind entweder für den Einsatz in der modernen Laufstallhaltung nicht geeignet oder erlauben keine Erfassung einzelner Kauschläge.

Agroscope beabsichtigt die Entwicklung eines verlässlichen automatischen Systems zur frühzeitigen Detektion von Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern. Das hieraus hervorgegangene Forschungsprojekt «RumiWatch» wird in Zusammenarbeit mit der Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern als Wissenschafts- und der Firma Itin+Hoch GmbH als Industriepartner durchgeführt. Ziel ist es, eine Methode zur kombinierten automatischen Erfassung des Wiederkauens, der Futter- und Wasseraufnahme und des Bewegungsverhaltens zu erarbeiten. In der weiteren Entwicklung soll die Methode zu einem umfassenden Gesundheitsmanagementsystem für Milchkühe ausgebaut werden, das sowohl für die Forschung und Beratung als auch in der landwirtschaftlichen Praxis einsetzbar ist. Das System soll gleichermaßen einen Beitrag zur Sicherung der Tiergesundheit und der Wirtschaftlichkeit in der Milchviehhaltung leisten.

Material und Methoden

Bestandteile und Funktionsprinzip

RumiWatch (Itin+Hoch GmbH, Liestal, Schweiz) ist ein sensorbasiertes System zur automatischen Erfassung des Wie-

derkauens, der Futter- und Wasseraufnahme und des Bewegungsverhaltens. Es umfasst einen Nasenbandsensor, einen Datenlogger mit Echtzeit-Auswertung, ein Pedometer und eine spezifische Auswertungssoftware. Der Nasenbandsensor entspricht in seinem Funktionsprinzip der von Nydegger *et al.* (2011) entwickelten Methode. Er besteht aus einem flüssigkeitsgefülltem Druckschlauch mit integriertem Drucksensor und befindet sich an einem Halfter montiert in einer Schutzhülle über dem Nasenrücken der Kuh (Abb. 1).

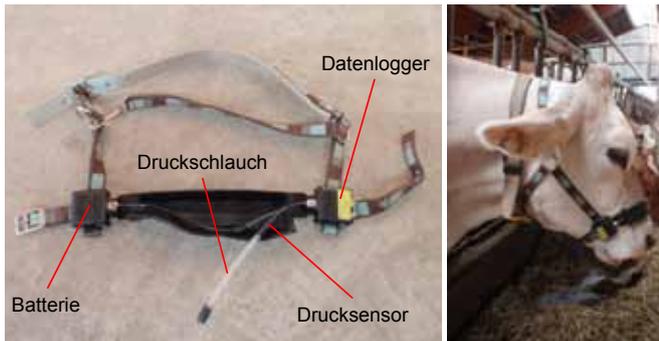


Abbildung 1: RumiWatch-Nasenbandsensor mit flüssigkeitsgefülltem Druckschlauch und integriertem Drucksensor und zwei Elektronikeinheiten für Datenlogger und Batterie.

Die Kaubewegungen der Kuh bewirken Druckveränderungen im Druckschlauch des Nasenbandsensors. Diese werden durch den integrierten Drucksensor erfasst und durch den Datenlogger in Echtzeit ausgewertet. Der anliegende Druck wird hierbei mit einer Loggingfrequenz von 10 Hertz registriert. Die Rohdaten werden auf einer SD-Speicherkarte abgelegt. Die Formatierungsoptionen der SD-Speicherkarte erlauben eine kontinuierliche Rohdatenaufzeichnung von bis zu vier Monaten Dauer. Die Datenübertragung auf PC erfolgt einerseits in Form stündlicher Zusammenfassungen des Tierverhaltens. Andererseits können die Rohdaten durch Nutzung der SD-Speicherkarte oder eines Micro-USB-Anschlusses übertragen und in einer spezifischen Software-Anwendung («RumiWatch-Manager») visualisiert und verwaltet werden.

Die Elektronikkomponenten des Systems ermöglichen einen Langzeitbetrieb von mehreren Monaten bis Jahren dank minimiertem Energieverbrauch. Durch Nutzung von Niedrigenergiekomponenten beträgt die theoretische Batterielebensdauer bis zu zwei Jahre. Die automatische Klassifikation und Quantifizierung der Kaubewegungen beruht auf einem generischen Algorithmus ohne tierspezifische Lerndateien. Die eingehenden Druckdaten werden als «Wiederkauen», «Fressen», «Trinken» oder «sonstige Aktivitäten» klassifiziert. Die Echtzeitauswertung berechnet die totalen Wiederkauzeiten, die Anzahl der rejizierten Boli und Anzahl der Wiederkauschläge pro Bolus. Eine äquivalente Analyse erfolgt für Parameter des Futteraufnahmeverhaltens.

Validierungsmethode

Die Validierung der automatischen Messung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens erfolgte durch eine Direktbeobachtung der Kaubewegungen hochleistender Milchkühe parallel zur automatischen Erfassung durch RumiWatch. Ziel der Untersuchung war es, die Messgenauigkeit der Algorithmen zur automatischen Klassifikation und Quantifizierung der Kaubewegungen zu bestimmen. Die Validierungskriterien und Stichprobengröße der untersuchten Verhaltensparameter sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Direktbeobachtungen des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens wurden bei insgesamt 12 Milchkühen (6 in 1. Laktation, 6 in >1 Laktation) während 14 Tagen durchgeführt. Die Erfassung individueller Kauschläge erfolgte mit Hilfe eines Tablet-PC (teXXmo kaleo 104, teXXmo Mobile Solution GmbH & Co. KG, Böblingen, Deutschland). Die Kauschläge wurden in einem mit VBA-Makros modifizierten MS Excel-Dokument zur Beobachtung von Verhaltensparametern dokumentiert und gezählt. Jeder Kauschlag beim Fressen oder Wiederkauen konnte so mit Hilfe von Zeitstempeln unter Angabe von Erfassungszeit und Erfassungsdatum sekundengenau registriert werden. Abweichungen zwischen der visuellen und automatischen Erfassung können hierdurch mit einer sehr hohen Auflösung analysiert werden.

Tabelle 1: Validierungskriterien und Beobachtungsmethode zur Validierung der automatischen Erfassung durch RumiWatch

Verhalten	Validierungskriterium	Beobachtungsmethode	Kühe[n]	Stichprobengröße [min]
Wiederkauen	Quantifizierung der Wiederkauschläge pro Auswertungssegment	Direkt, visuell	12	435.0
Wiederkauen	Quantifizierung der Wiederkauschläge pro Bolus	Direkt, visuell	12	435.0
Futteraufnahme	Quantifizierung der Fresskauschläge pro Auswertungssegment	Direkt, visuell	12	530.0

Die Versuchstiere wurden in einem Liegeboxenlaufstall mit planbefestigtem Boden und stationärem Entmistungsverfahren gehalten. Die Fütterung erfolgte in Form einer Teilmischration durch ein automatisches Fütterungssystem (Pellon Group Oy, Ylihärnä, Finnland).

Datenauswertung

Die statistische Datenauswertung erfolgte mit Hilfe des Programms MATLAB (Version 7.10.0, Edition R2010a, TheMathWorks Inc., Natick, USA). Ein spezifisches Auswertungs-skript diente der sekundengenauen vergleichenden Darstellung von Sensordaten und Beobachtungsprotokollen. Zeitgleiche Segmente (i) von 5-Minuten-Intervallen wurden sowohl aus Sensordaten und Beobachtungsprotokollen extrahiert. Auswahlkriterium für diese Segmente war eine definitive und ausschliessliche Klassifikation als Wiederkau- oder Futteraufnahmeverhalten basierend auf der visuellen Beobachtung. Die Messgenauigkeit wurde durch Berechnung des mittleren absoluten prozentualen Fehlers (MAPE) zwischen der Anzahl visuell durch Direktbeobachtung (betrachtet als wahrer Wert) und automatisch durch RumiWatch (betrachtet als experimenteller Wert) erfasster Kauschläge bestimmt. Die Differenz wurde als prozentualer Anteil des visuell erfassten Wertes angegeben (Gl. 1).

$$= \frac{100\%}{N} \sum_{i=1}^N \frac{KSV_i - KSA_i}{KSV_i} \quad (\text{Gl. 1})$$

MAPE = mean absolute percentage error = absoluter prozentualer Fehler

KSV = Anzahl visuell erfasster Kauschläge (Direktbeobachtung, wahrer Wert)

KSA = Anzahl automatisch erfasster Kauschläge (RumiWatch, experimenteller Wert)

Zusätzlich wurden der Standardfehler des Mittelwertes (SEM) und das Bestimmtheitsmass (R²) für alle Segmente der Stichprobe berechnet.

Ergebnisse

Zur Analyse der automatischen Quantifizierung von Fress- und Wiederkauschlägen durch RumiWatch wurden zeitgleiche, fünfminütige Auswertungssegmente aus Sensordaten und Beobachtungsprotokollen extrahiert. Der verwendete Algorithmus wurde anhand von 87 Segmenten erfassten Wiederkauverhaltens und 106 Segmenten Futteraufnahmeverhaltens validiert. Die Anzahl der visuell und automatisch erfassten Kauschläge pro 5-Minuten-Auswertungssegment (arithmetischer Mittelwert) ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Anzahl der visuell und automatisch erfassten Kauschläge pro 5-Minuten-Auswertungssegment

Parameter	Segmente [N]	KS visuell [\bar{X}]	KS automat. [\bar{X}]
KS Wiederkauen	87	342,4	344,2
KS pro Bolus	87	64,8	64,4
KS Futteraufnahme	106	415,4	395,8

KS visuell = Anzahl Kauschläge nach visueller Erfassung (Direktbeobachtung)

KS automat. = Anzahl Kauschläge nach automatischer Erfassung (RumiWatch)

Die Abweichung zwischen der automatischen und visuellen Erfassung von Fress- und Wiederkauschlägen wurde in der statistischen Auswertung durch den mittleren absoluten prozentualen Fehler (MAPE), den Standardfehler des Mittelwertes (SEM) und das Bestimmtheitsmass (R²) bestimmt. Hierbei wurde in allen Segmenten der Stichprobe der visuell erfasste Wert (Direktbeobachtung) als wahrer Wert und der automatisch erfasste (RumiWatch) als experimenteller Wert angenommen. Die berechnete Abweichung der automatischen Erfassung des Wiederkau- und Futteraufnahmeverhaltens im Vergleich zur Direktbeobachtung ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Mittlerer absoluter prozentualer Fehler (MAPE), Standardfehler des Mittelwertes (SEM), Bestimmtheitsmass (R²) und Korrelationskoeffizient (r) zwischen visueller (Direktbeobachtung) und automatischer Erfassung (RumiWatch) von Kauschlägen

Parameter	MAPE [%]	SEM [%]	R ²	r
KS Wiederkauen	-0,56	3,86	0,7908	0,89
KS pro Bolus	0,61	15,31	0,6065	0,78
KS Futteraufnahme	4,25	8,5	0,7691	0,88

MAPE = Mean absolute percentage error = Mittlerer absoluter prozentualer Messfehler

SEM = Standard error of the mean = Standardfehler des Mittelwertes

KS = Kauschläge

Hinsichtlich des mittleren absoluten prozentualen Messfehlers (MAPE) zeigen die Ergebnisse, dass die Anzahl der Wiederkauschläge (KS Wiederkauen) geringfügig überschätzt, während die Anzahl der Kauschläge pro Bolus (KS pro Bolus) leicht unterschätzt wird. Die Anzahl der Fresskauschläge wird durch den angewendeten Algorithmus unterschätzt, unter der Annahme, der visuell erfasste sei der wahre Wert. Der Standardfehler des Mittelwertes (SEM) ist bei der Quantifizierung der Wiederkauschläge pro Bolus (KS pro Bolus) vergleichsweise hoch, hier traten

positive und negative Ausreisser auf. Dagegen zeigt das berechnete Bestimmtheitsmass (R^2) einen hohen erklärbaren Anteil der Varianz zwischen den Messwerten, die durch automatische Messung (RumiWatch) und durch Direktbeobachtung erfasst wurden. Dies ist sowohl für Fress- als auch für Wiederkauschläge festzustellen. Der positive Zusammenhang zwischen der automatischen Messung und der Direktbeobachtung wird auch anhand der berechneten Korrelationskoeffizienten (r) deutlich.

Diskussion

Die Messgenauigkeit bei der automatischen Erfassung von Kauschlägen durch RumiWatch ist als zufriedenstellend zu bewerten, zumal es sich um einen generischen Algorithmus handelt und keine tierspezifischen Lerndateien verwendet wurden. Weitere Optimierung der verwendeten Auswertungsalgorithmen ist denkbar und möglich. Insbesondere im Hinblick auf Speicherkapazität und Energiemanagement zeigt das RumiWatch-System deutliche Vorteile gegenüber dem IGER Behaviour Recorder (Rutter *et al.* 1997) und dem ART-MSR-Sensor (Nydegger *et al.* 2011), deren Kapazitäten für eine Langzeitmessung nicht ausreichend sind. Eine Kalibrierung der Sensoren oder die Erstellung tierspezifischer Lerndateien ist bei RumiWatch überflüssig, solange keine höhere als die vorangehend aufgeführte Messgenauigkeit durch den Nutzer verlangt wird.

Schlussfolgerungen

Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand eignet sich das RumiWatch-System vorrangig für Forschungs- und Beratungszwecke. Weitere Forschungsarbeiten sind zur Definition und Integration gesundheitsbezogener Schwellenwerte («Alarmwerten») sowie zur Detektion von Veränderungen des Gesundheitszustandes («gesund», «gefährdet», «krank») erforderlich. Diese kritischen Werte müssen für Veränderungen des Wiederkau-, Futteraufnahme-, Wasseraufnahme-, Bewegungs- und Liegeverhaltens definiert werden. Hierzu ist eine umfassende Datengrundlage aufzubauen, die sowohl Messdaten von gesunden wie auch von Tieren in unterschiedlichen Stadien der Gesundheitsbeeinträchtigung, beispielsweise durch Pansenacidose oder Lahmheit, umfasst. Ein solches Alarmsystem beabsichtigt die frühzeitige Erkennung von Gesundheitsproblemen, Stoffwechselstörungen und Fütterungsdefiziten, die durch eine Verringerung der Wiederkauaktivität, Futter- und Wasseraufnahme indiziert werden. Der Kundennutzen des Systems generiert sich aus der Anwendbarkeit im

Fütterungsmanagement und, nach Abschluss weiterer Entwicklungsarbeiten, als Sensor für Tiergesundheit und Wohlbefinden von Milchkühen. Die Diagnose von kritischen Zuständen und erforderliche Behandlungs- oder Präventivmassnahmen können Veterinären und Tierhaltern dann bereits in einem frühen Stadium ermöglicht werden. Des Weiteren kann das RumiWatch-System ein geeignetes Messinstrument für Forschungsarbeiten zu Kauaktivität, Futtermittelbewertung und Ethologie darstellen.

Literatur

- Nydegger F., Gygax L., Egli W. (2011): *Mesure automatique des mouvements de rumination par capteur de pression. Recherche Agronomique Suisse* 2 (2), pp. 60–65.
- Rutter S. M., Champion R. A., Penning P. D. (1997): *An automatic system to record foraging behavior in free-ranging ruminants. Applied Animal Behaviour Science* 54, pp. 185–195.
- Stobbs T. H. and Cowper L. J. (1972): *Automatic measurement of the jaw movements of dairy cows during grazing and rumination. Tropical Grasslands* 6, pp. 107–112.
- Ungar E. D. and Rutter S. M. (2006): *Classifying cattle jaw movements: Comparing IGER Behaviour Recorder and acoustic techniques. Applied Animal Behaviour Science* 98, pp. 11–27.

Automatische Fütterungssysteme zur Optimierung der Milchviehhaltung

Anne Grothmann, Franz Nydegger; anne.grothmann@agroscope.admin.ch

Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Steigende Arbeitsbelastungen durch immer weiter wachsende Betriebe und Herden zwingen Landwirtinnen und Landwirte dazu, ihre Arbeitsabläufe zu optimieren. Die Fütterung beansprucht auf einem Milchviehbetrieb zirka 25 % des gesamten Arbeitszeitbedarfs (Schick, 2006) und erfordert damit, nach dem Melken, den höchsten Arbeitszeitbedarf. Die automatische Fütterung soll laut Herstellerangaben eine deutliche Arbeitsentlastung, eine bessere Futterhygiene, sowie weniger Futterverluste ermöglichen. Beim Arbeitszeitbedarf tritt mit einer Ersparnis von 48,2 Arbeitskraftminuten (AKmin) pro Tag für 120 Tiere ein deutlicher Unterschied zugunsten des Automatischen Fütterungssystems (AFS) im Vergleich zum Futtermischwagen auf. Der Arbeitszeitbedarf beim AFS hängt stark von der Entnahmetechnik und der Entfernungen zur Futterlagerung ab. Beim Einsatz eines AFS wird eine Futtertischbreite von nur 2,5 m benötigt. Durch die geringere Bauhülle können bis zu 1000 Franken Baukosten pro Grossvieheinheit und bei 60 Tieren jährliche Kosten von 5040 Franken und 10 080 Franken bei einem Stall für 120 Tiere eingespart werden.

Résumé

Systèmes d'affouragement automatiques pour optimiser la détention des vaches laitières

L'augmentation de la charge de travail liée à la croissance des exploitations et des troupeaux contraint les agriculteurs à optimiser l'organisation de leur travail. Dans une exploitation de vaches laitières, l'affouragement occupe env. 25 % du temps de travail total (Schick, 2006) et mobilise donc, après la traite, le temps de travail le plus élevé. Selon les indications des fabricants l'affouragement automatique apporte un net allègement du travail, une meilleure hygiène alimentaire et moins de pertes de fourrage. En termes de temps de travail, les différences sont très nettement en faveur de l'affouragement automatique avec une économie de 48.2 MOmin/jour pour 120 animaux. Le temps de travail requis par les systèmes d'affouragement automatique dépend largement de la technique de reprise du fourrage et de la distance par rapport aux stocks de

fourrage. Avec un système d'affouragement automatique, la largeur de la table d'affouragement ne doit être que de 2,5 m. La réduction de l'enveloppe du bâtiment permet d'économiser jusqu'à 1000 francs de coûts de construction par UGB et des coûts annuels de 5040 francs pour 60 animaux et 10 080 francs pour une étable de 120 bêtes.

Summary

Automatic Feeding Systems for the Optimisation of Dairy Farming

Increasing workloads owing to constantly growing farms and herds are compelling farmers to optimise their workflows. Feeding accounts for approx. 25 % of the total working-time requirement on a dairy farm (Schick, 2006), and therefore involves the highest working-time requirement after milking. According to the manufacturers' claims, automatic feeding is meant to enable a significant easing of workload, better feed hygiene, and lower feed losses. In terms of working-time requirement, with 48.2 MPmin/day savings for 120 animals, there are distinct differences in favour of the AFS as compared with the FMW (feeder-mixer wagon). The working-time requirement for AFS's depends strongly on the unloading technique used and the distances to the feed store. A feeding-table width of just 2.5 m is required when an AFS is used. Thanks to the smaller building envelope, up to CHF 1000 in building costs per LU (livestock unit) and annual costs of CHF 5040 for 60 animals and CHF 10,080 for housing for 120 animals can be saved.

Problemstellung

In den letzten 30 Jahren hielten Geräte wie Futtermischwagen (FMW), Entnahme-, Transport und Verteilgeräte (ETV) und Ballenauflösergeräte zur Futtervorlage Einzug in den Landwirtschaftsbetrieb. Auch das anschliessende regelmässige Futternachschieben kann mit verschiedenen Nachschiebergeräten erfolgen. Für die Kraftfutterzuteilung und das Nachschieben sind bereits vollautomatische Geräte vorhanden. Die automatische Fütterung (AFS) von aufgewerteten Mischrationen und Totalmischrationen

gewinnt in der Milchviehhaltung immer mehr an Bedeutung. Dieses Fütterungsverfahren ermöglicht eine vollautomatische Vorlage von Grundfütterration oder einer Mischration aus Grund- und Kraftfutter mit Hilfe von Futterbändern, schienengeführten oder selbstfahrenden Fütterungsrobotern. Somit sind verschiedene Rationen und häufigere Futtervorlage ohne erhöhten Arbeitszeitbedarf und ohne zusätzliche Arbeitsbelastung möglich. Die Fütterung ist in der Rindviehhaltung bei der täglichen Arbeit mit zirka 25 % des gesamten Arbeitszeitbedarfs ein zeitintensives Arbeitsverfahren und verursacht dadurch hohe Kosten. Die automatische Futtervorlage könnte in der täglichen Arbeitserledigung zu wesentlichen Arbeits- und Kosteneinsparungen führen und somit die einzelbetriebliche Produktivität erhöhen. Trotz des für die Zukunft zu erwartenden Anstiegs der Anzahl an automatischen Fütterungssystemen (AFS) liegen aus der Praxis keine gesicherten Daten zu den Auswirkungen dieser Anlagen auf die Milchleistung, die Inhaltsstoffe, die Futteraufnahme und den Einfluss auf das Tierverhalten vor.

Funktionsweise automatische Fütterungssysteme

Bei der automatischen Fütterung ist besonders das lückenlose Zusammenspiel einzelner Elemente vom Futterlager bis zum Futtertisch wichtig. Aus diesem Grund gibt es bei

den AFS verschiedene technische Ansätze. Dazu zählen Futterbänder, selbstfahrende und schienengeführte Futterwagen (Abb. 1). Eine ausführliche Beschreibung der Systeme findet sich im ART-Bericht 710 (Nydegger & Grothmann, 2009).

Methoden

Arbeitszeiterfassung

Laut Hersteller sollen automatische Fütterungssysteme eine deutliche Arbeitsentlastung, eine bessere Futterhygiene, sowie weniger Futterverluste ermöglichen. Dazu führte Agroscope eine Erhebung auf Betrieben mit automatischer Fütterung, sowie Arbeitszeitmessungen durch. Ziel war es, zu zeigen, welche Systeme auf dem Markt vorhanden sind und ob sie die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen.

Die Erfassung der Arbeitszeitdaten fand auf Arbeitselementebene in Form von Messungen bei der direkten Beobachtung der Arbeitsschritte auf vier Betrieben mit schienengeführten AFS in Deutschland statt. Das Arbeitselement wird definiert als kleinster Abschnitt eines Arbeitsablaufs, der mit üblichen Zeitmessgeräten noch exakt gemessen werden kann. Die Abschnitte werden vor der Messung durch einen Anfangs- und Endpunkt festgelegt. Die Zeitmessung erfolgte mittels Pocket-PC und einer Zeiterfassungssoftware (OrtimB3). Die Daten wurden in eine Planzeitdatenbank einge-

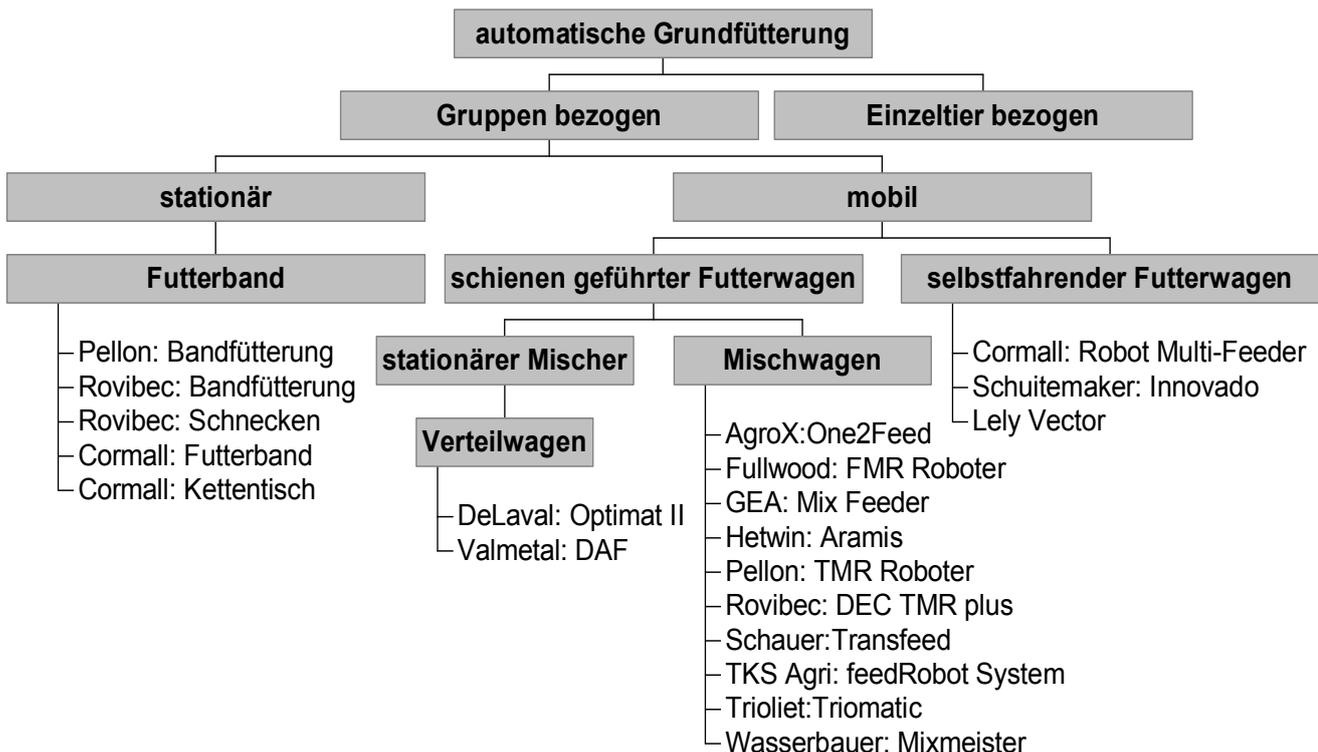


Abbildung 1: Systematik automatische Fütterungsverfahren.

geben, statistisch ausgewertet und in das Modellkalkulationssystem PROOF integriert (Schick, 2006). Es wurden grundlegende Annahmen für ein Modell festgelegt und der Arbeitszeitbedarf für die zwei Betriebsvarianten (60 und 120 Tiere) und der Nutzung von Futtermischwagen (FMW) oder AFS der Arbeitszeitbedarf berechnet. Das Modell basierte dabei auf folgenden Annahmen:

- 2 Betriebsvarianten (60 und 120 Tiere)
- Tägliche Silageentnahme und Futtertischreinigung beim FMW und AFS
- Die Herde mit AFS wird in 2 laktierende Gruppen unterteilt, beim FMW findet keine Gruppenbildung statt
- Bei Futtervorlage mit FMW: Futternachschub dreimal am Tag (entfällt beim AFS vollständig)
- Programmierung (Ration. AFS: 1-mal/ Woche, FMW: 2-mal/ Jahr)
- Ration: beide Verfahren je fünf Grundfutterkomponenten

Berechnung der jährlichen Kosten

Auf Basis der Arbeitszeitmessungen und der Modellierung der Arbeitszeiten für Betriebe mit Herdengrößen von 60 und 120 Tieren wurden Berechnungen zu den jährlichen Kosten durchgeführt. Auf der Grundlage des Leistungsbedarfs, dem Arbeitszeitbedarf und den Baukosten wurden die jährlichen Kosten für AFS und Futtermischwagen berechnet.

Dabei erfolgten folgende Annahmen:

- Neubau des Stalls
- Nutzungsdauer Stall: 20 Jahre
- Nutzungsdauer Futtertechnik: 12 Jahre
- AFS erstellt bei 60 Tieren 11 mal am Tag eine neue Mischung (Laktierende 6 Fütterungen, Jungvieh 3 Fütterungen, Trockensteher 2 Fütterungen/Tag)
- AFS erstellt bei 120 Tieren 22 mal am Tag eine neue Mischung (2 Gruppen «Laktierend» je 8 Futtervorlagen/

Tag, Jungvieh: 3 Futtervorlagen/Tag, Trockensteher: 3 Futtervorlagen/Tag)

- Tägliche Befüllung der Vorratsbehälter mit Futter beim AFS
- Beim Futtermischwagen wird 1-mal (60 Tiere) bzw. 2-mal (120 Tiere) am Tag Futter entnommen und vorgelegt
- Maschinenbesatz:
 - AFS: Teleskoplader (50 kW) mit Schneidezange, AFS
 - (schienegeführter TMR Roboter, 5 Vorratsbehälter für Grundfutter)
 - FMW: Teleskoplader (50 kW) mit Schneidezange, Traktor (4 Radantrieb, 50 kW), Futterfräs- und Mischwagen mit Waage 12m³

Ergebnisse

Arbeitszeitmessungen

Die Daten der Arbeitszeitmessungen wurden mit konventioneller Futtermischwagenfütterung verglichen. Hier zeigt sich das Potenzial von Arbeitszeiteinsparung auf Milchviehbetrieben, wenn die optimale Fütterungstechnik eingesetzt wird. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, ergab die Modellierung der Arbeitszeiten, dass Betriebe mit 60 Tieren und AFS 50,6 Arbeitskraftminuten (AKmin) und mit 120 Tieren 65,2 AKmin pro Tag für die Fütterung aufwenden. Dies schließt den Arbeitszeitbedarf für Rationsmanagement, tägliche Befüllung der Vorratsbehälter und tägliche Reinigung des Futtertisches ein. Um die gleiche Herde mit einem Futtermischwagen inklusive Futtervorlage und Futternachschub zu versorgen, müssen für 60 Tiere 71,3 AKmin oder bei 120 Tieren 113,4 AKmin pro Tag kalkuliert werden. Mit 42,1 AKmin/Tag Arbeitszeiterparnis treten beim Befüllen der Vorratsbehälter bzw. des Futtermischwagens für 120 Tiere deutliche Unterschiede zugunsten des AFS auf. Zusätzlich entfällt der Zeitbedarf für die Futtervorlage beim AFS vollständig (Abb. 2).

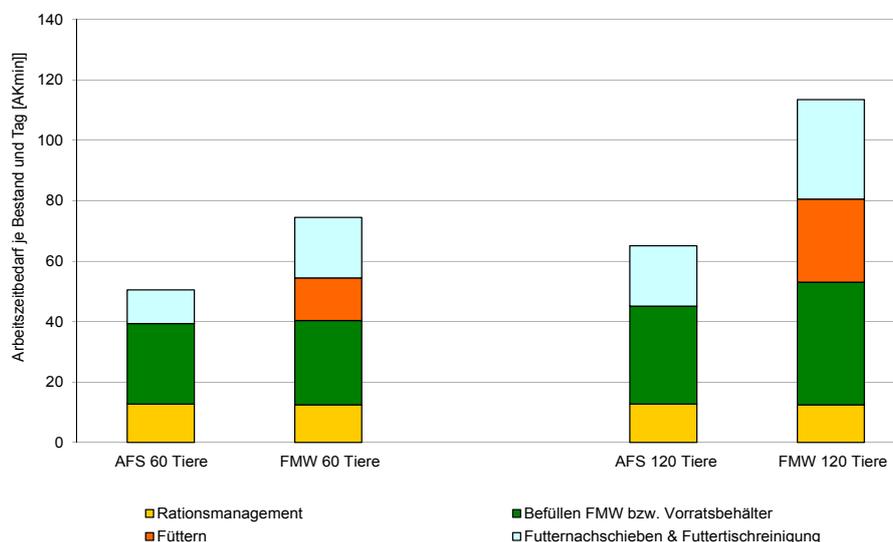


Abbildung 2: Vergleich des täglichen Arbeitszeitbedarfs zwischen automatischer Fütterung (AFS) und Futtermischwagen (FMW).

Jährliche Kosten

Die Ergebnisse zeigen, dass bei 60 Tieren die jährlichen Kosten bei der Nutzung einer automatischen Fütterung deutlich höher sind. Die jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten bei der Fütterung mit AFS belaufen sich bei einer Herde mit 60 Tieren auf 43 083 Franken und auf 35 562 Franken, wenn die Tiere mit dem Futtermischwagen versorgt werden (Tab.1). Die Kostensteigerung bei einer Verdopplung der Herdengrößen ist bei AFS im Vergleich zum Futtermischwagen aber sehr gering. Die jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten für die Versorgung von 120 Tieren fallen bei AFS mit 43 609 Franken deutlich geringer aus als beim FMW mit 51 995 Franken. Ein entscheidender Faktor bei den jährlichen Kosten sind die Minderkosten beim Stallgebäude. Bei der Nutzung eines AFS wird eine Futtertischbreite von nur 2,5 m benötigt (Abb. 3). Allein durch die geringere Bauhülle können bis zu 1000 Franken Baukosten pro GVE und 5040 Franken bei 60 Tieren und 10 080 Franken bei einem Stall für 120 Tiere an jährlichen Kosten eingespart werden.

Tabelle 1: Vergleich der jährlichen Kosten bei automatischer Fütterung (AFS) und Futtermischwagen (FMW)

	FMW 60	AFS 60	FMW 120	AFS 120
Minderkosten Stallgebäude Fr./Jahr	-	5040	-	10 080
Tot. Arbeits- und Maschinenkosten Fr./Tag	97,43	118,04	142,45	119,48
Tot. Arbeits- und Maschinenkosten Fr./Jahr	35 562	43 083	51 995	43 609

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik zeigen, dass automatische Fütterungssysteme nicht nur auf Betrieben mit grosser Bestandsgrösse und hoher Milchleis-

tung genutzt werden. Zwar ist die Verbreitung der automatischen Fütterung zum grossen Teil noch auf Skandinavien, Dänemark und die Niederlande konzentriert, doch steigt das Interesse auch in anderen Ländern deutlich an. Befragte Landwirte gaben an, eine erhöhte Arbeitsflexibilität und eine deutliche Arbeitserleichterung durch das automatische Fütterungssystem zu erreichen. Bedienung und Zuverlässigkeit wurden von den meisten Landwirten sehr positiv bewertet. Zusätzlich erwähnten die Landwirte, dass im Stall ein geringeres Problem mit Rangkämpfen zwischen den Tieren bestehe und insgesamt weniger Futtermittelverluste auftreten würden. Es erfolgen auf den Betrieben zwischen ein und 13 Futtervorlagen am Tag mit bis zu zehn verschiedenen Futterkomponenten (Nydegger & Grothmann, 2009).

Die Nutzung von automatischen Fütterungssystemen kann Arbeitszeit einsparen und die Flexibilität steigern. Eine deutliche Einsparung der Arbeitszeit ist aber, im Vergleich zu konventionellen Futtermischwagen, nur bei grösseren Herden zu erwarten. Es zeigte sich, dass eine klare Reduktion der Arbeitszeit mit Herden von 60 Tieren nicht möglich ist, sich die Flexibilität der Betriebsleitung aber markant vergrössert. Dies stützt entsprechende Aussagen der Landwirte in der vorher durchgeführten Erhebung (Nydegger & Grothmann, 2009). In einem simulierten Vergleich der Arbeitszeiten zwischen AFS und Futtermischwagen kommen Bisaglia *et al.* (2008) auf ein ähnliches Ergebnis. Grundlage der Berechnung ist eine Herde mit 120 Milchkühen in zwei Leistungsgruppen und 10 Futtervorlagen pro Tag und Gruppe und 3 Futtervorlagen pro Tag für eine Tiergruppe mit 35 Färsen. Bei ihrer Kosten-Nutzen Analyse liegt die tägliche Arbeitszeiteinsparung mit AFS bei 100 Minuten pro Tag. Grundsätzlich ist ein AFS eine gute Möglichkeit, den Arbeitszeitbedarf und die körperliche Arbeitsbelastung in der Milchviehhaltung zu optimieren. Mit Hinblick auf die relativ hohen Investitionskosten für AFS (ca. 120 000–200 000 CHF) muss

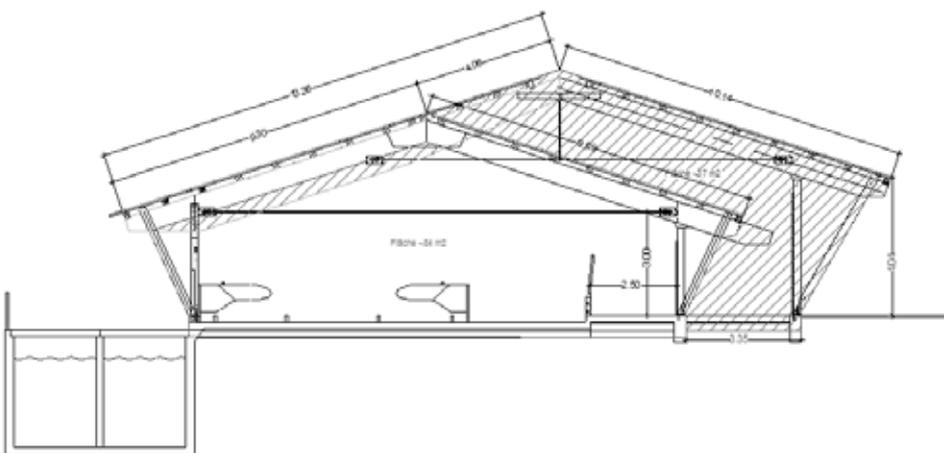


Abbildung 3: Vergleich Ausmass der Bauhülle bei Futterdurchfahrt mit automatischer Fütterung (AFS) oder Futtermischwagen (FMW).

die Wirtschaftlichkeit für jeden Betrieb individuell ermittelt werden. Die Berechnung der jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten zeigen, dass bei einer Herdengrösse von 60 Tieren die Kosten für eine automatische Fütterung deutlich über jenen der Futtermischwagen liegen. Bei einer Verdoppelung der Tierzahl steigen die jährlichen Kosten bei AFS eindeutig geringer. Dadurch entsteht für das AFS ein Kostenvorteil gegenüber der Futtervorlage mit Futtermischwagen.

Des Weiteren sollten möglichst alle Fütterungsgruppen inklusive Trockensteher und Jungtiere mit dem AFS gefüttert werden können. Die Vorratsbehälter für die verschiedenen Futterkomponenten, insbesondere Raufutter, machen einen wesentlichen Anteil der Investition aus. Die Anzahl an eingesetzten Grundfutterkomponenten beeinflusst die Investitionskosten daher erheblich.

Ausblick

Ein allfälliger Einfluss einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die Leistung, Milchhaltsstoffe und Verhalten ist, besonders im Zusammenhang mit dem automatischen Fütterungssystem, noch nicht endgültig geklärt. Trotz des zu erwartenden Anstiegs der Anzahl an automatischen Fütterungssystemen in der Praxis sind kaum gesicherte Daten zu den Auswirkungen dieser Anlagen vorhanden. Aus diesem Grund wird an Agroscope zurzeit ein Projekt zur Untersuchung der Einflüsse von AFS auf das Tier und den Menschen durchgeführt. Dafür werden Daten zur Futteraufnahme, zur Milchleistung, zum Verhalten bei der Futteraufnahme, zur Fress- und Wiederkauaktivität sowie zum Aktivitäts- und Ruheverhalten bei verschiedenen Fütterungshäufigkeiten erhoben. Zusätzlich finden auf dem Agroscope-Forschungsbetrieb und auf ausgesuchten Praxisbetrieben Untersuchungen zum Bereich der Futterhygiene statt.

Literatur

Bisaglia C. *et al.*, 2008. A simulated comparison between investment and labour requirements for a conventional mixer feeder wagon and an automated total mixed ration system; CRA-Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, Treviso.

Gazzarin C. & Albisser Vögeli G., 2010. Maschinenkosten 2010. Mit Kostenansätzen für Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen; ART-Bericht 733, Agroscope, Ettenhausen.

Nydegger F. & Grothmann A., 2009. Automatische Fütterungssysteme – Erhebung zum Stand der Technik. ART-Bericht 710, Agroscope, Ettenhausen.

Schick M., 2006. Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Habilitationsschrift. Universität Hohenheim.

Analyse und Bewertung von Arbeitsbelastungen während Melkroutinen in verschiedenen Melkstandtypen

Marianne Gansow¹, Maren Kauke¹, Pascal Savary¹, Ulrike Hoehne-Hückstädt², Matthias Schick¹;
marianne.gansow@agroscope.admin.ch

¹Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

²Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Alte Heerstrasse 111, 53757 Sankt Augustin, Deutschland

Zusammenfassung

Mehr als die Hälfte der Schweizer Milchproduzenten, die ihre Kühe in Melkständen melken, leiden regelmässig unter Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems. Die Melkarbeit stellt eine mögliche Ursache dar, daher wurde die Arbeitsbelastung in verschiedenen Melkstandtypen (Autotandem, Fischgräten-30° und -50°, Side-by-Side, Karussell) untersucht. Ziel der Studie ist die Herausgabe von Empfehlungen zur ergonomischen Optimierung der Melkstandgestaltung.

Résumé

Analyse et évaluation de la charge de travail pendant les routines de traite dans différents types de salles de traite

Plus de la moitié des producteurs laitiers suisses qui traitent leurs vaches dans des salles de traite, souffrent régulièrement de troubles du système musculo-squelettique. La traite étant une cause possible de ces troubles, la charge de travail dans différents types de salles de traite (Autotandem, salle de traite en épi 30° et 50°, Side-by-Side, carrousel) a donc fait l'objet d'une étude. Le but était de publier des recommandations pour l'optimisation ergonomique de la conception des salles de traite.

Summary

Analysis and assessment of workload during milking routines in various types of milking parlours

More than half of Swiss dairy farmers who milk their cows in parlours regularly suffer from musculoskeletal complaints. Because milking routine represents a possible cause, workload was measured in various types of milking parlours (autotandem, herringbone 30°, herringbone

50°, side-by-side and rotary). The aim of this study was to publish recommendations for the ergonomic optimisation of milking-parlour design.

Einführung

Landwirtinnen und Landwirte sind häufig von Muskel-Skelett-Erkrankungen, insbesondere der oberen Extremitäten, betroffen (Kolstrup, 2012; Pinzke, 2003; Stal *et al.*, 1997). Daher ist es notwendig Situationen mit erhöhter körperlicher Arbeitsbelastung zu erkennen und diese zu optimieren. Aufgrund steigender Tierzahlen und einer ständigen Abnahme von Milchviehbetrieben mit Anbindehaltung, steigt die Zahl jener Tiere, die in Laufställen gehalten und somit in Melkständen gemolken werden. Das Bundesamt für Landwirtschaft BLW berichtet im Jahr 2012, dass 44 % der Milchkühe in Laufställen gehalten werden (BLW, 2012). Das Melken in Melkständen stellt gegenüber dem Melken in Anbindeställen eine geringere physische Arbeitsbelastung dar, da sich das Euter auf einer vorteilhaften Arbeitshöhe befindet (Hwang *et al.*, 2010; Hansson & Moritz, 2000). Nach Jakob *et al.* (2012) ist die ideale Arbeitshöhe erreicht, wenn das Zitzenende auf Schulterhöhe des Melkpersonals liegt. Dies ist im Melkstand nahezu meist erreicht. Trotz arbeitswirtschaftlicher Vorteile von Melkständen, nimmt der Anteil an Muskel-Skelett-Erkrankungen von Milchviehhalterinnen und -haltern zu (Kolstrup, 2012; Pinzke, 2003). Nach Jakob (2007) könnte dies im Zusammenhang mit der höheren Effizienz des Melkpersonals stehen, da die Arbeitspersonen im Melkstand zu 90 % ausgelastet sind und hierdurch repetitiven und statischen Arbeitsbelastungen ausgesetzt werden. Dies stimmt mit früheren Untersuchungen überein, die von einer höheren statischen Belastung beim Melken mit Melkmaschinen im Vergleich zum Melken im Anbindestall berichten und des Weiteren hohe repetitive Belastungen der Handgelenke und Hände beim Melken im Karussell feststellten (Stal *et al.*, 2000; Stal *et al.*, 2003). Bis-

her ist die Arbeitsbelastung beim Melken nur unzureichend quantifiziert. Dies liegt mitunter an dem Fehlen objektiver und praxistauglicher Messmethoden zur Erfassung quantitativer Daten im Bereich der physischen Arbeitsbelastung (Nordander *et al.*, 2013).

Projektziele

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Untersuchung der Auswirkung verschiedener Melkstandformen auf die Arbeitsbelastung der Melkperson anhand einer objektiven und praxistauglichen Methode. Hierbei werden neben dem Melkstandtyp auch die Einflüsse physiologischer (Melker Grösse und Euterhöhe) und baulicher (Gerüsthöhe) Eigenschaften überprüft. Die Ergebnisse sollen konkrete Empfehlungen zur Optimierung der Ergonomie im Bereich des Melkstandbaus aufzeigen.

Methodik und Vorgehen

Die Arbeitsbelastung wurde durch das CUELA-System objektiv erfasst (Computer unterstützte Erfassung und Langzeitanalyse zur Erfassung von Bewegungen des Muskel-Skelett-Systems; Ellegast, 1988). Das CUELA-System quantifiziert die Arbeitsbelastung zunächst mechanisch durch die Erfassung von Flexionswinkeln und klassifiziert diese anschliessend nach den OWAS Richtlinien (Ovako Working Posture Analysing System; Karhu *et al.*, 1977; Stoffert, 1985). CUELA misst und zeichnet Daten von den Bewegungswinkeln der Gelenke parallel zur Arbeitszeit auf. Es nutzt zur Erfassung der Arbeitsbelastung Winkelsensoren, die an den Gelenken des Probanden positioniert werden und so die Erfassung von 35 Flexionswinkeln ermöglichen. Das System wiegt zirka 3 kg und wird am Probanden befestigt. Vor Beginn dieses Versuchs wurde die Validität des CUELA-Systems in einer Machbarkeitsstudie geprüft (Hoehne-Hückstädt, 2009).

Die Untersuchung zur Analyse und Bewertung von Arbeitsbelastung in unterschiedlichen Melkstandtypen fand auf 15 Milchviehbetrieben statt. Dabei waren die fünf Melkstandtypen Autotandem, Fischgräten-30° und -50°, Side-by-Side sowie das Karussell jeweils auf drei Betrieben vertreten. Die Arbeitsbelastung wurde auf jedem Betrieb an zwei Probanden während einer Melkung erfasst. Die Messdaten der einzelnen Probanden wurden zudem in die Melkroutine (Intervall) Vormelken, Anrüsten, Einschwenken und Anhängen eingeteilt. Die Datenverarbeitung und -auswertung erfolgte computerunterstützt mit der CUELA-zugehörigen Software

WIDAAN (Winkel-Daten-Analyse). In WIDAAN wird die Verteilung der Arbeitsbelastung in Form von Perzentil-Werten, arithmetischen und quadratischen Mittelwerten dargestellt. Diese Werte werden für jeden Probanden und jedes Intervall tierbezogen angegeben. Statistische Unterschiede der Belastung an den Flexionswinkeln zwischen den Melkstandtypen wurden anhand der 5^{ten}, 50^{ten} und 75^{ten} Perzentile (Zielvariable) untersucht. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Generalisierten Linearen Gemischte Effekte Modellen (Methode 'lme', Pinheiro & Bates, 2000) in R 1.9.1 (R Development Core Team, 2004). Erklärende Variable waren die Melkstandtypen und das Verhältnis zwischen Körperhöhe des Melkers und Höhe des Euterbodens (Code). Zufällige Variable waren die Kühe geschachtelt in den Betrieben.

Die Daten waren zum Zeitpunkt der Erstellung des Tagungsbeitrages noch nicht ausgewertet. Die Ergebnisse werden im Referat an der Tagung vorgestellt.

Kundennutzen

Durch die gewonnenen Informationen wird eine Aussage über die Arbeitsbelastung in unterschiedlichen Melkstandtypen ermöglicht. Die Ergonomie beim Melken kann verbessert und der Komfort am «Arbeitsplatz Melkstand» demzufolge optimiert werden. Die Entwicklung zukünftiger Melkstände kann sich dementsprechend an wissenschaftlichen Richtwerten ergonomisch vorteilhafter Melkstandtypen orientieren und so das Risiko für berufsbezogene Erkrankungen in Milchviehbetrieben reduzieren.

Literatur

- BLW, 2012. Agrarbericht 2012. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern.
- Ellegast R. P., 1998. Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. Sankt Augustin.
- Hoehne-Hückstädt U. & Kauke M., 2009. Arbeitsbelastung beim Melken. ART-Schriftenreihe 9, Agroscope, Zürich, 59–67.
- Hwang J., Kong Y.K. & Jung M.C., 2010. Posture evaluations of tethering and loose-housing systems in dairy farms. *Applied Ergonomics* 42 (1), 1–8.
- 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.

- Jakob M., Rose-Meierhöfer S., Brunsch R., 2007 Einfluss der Melkstandausstattung auf die Arbeitsbelastung des Melkers. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 3, 173-181.
- Karhu O., Kansi P. & Kuorinka I., 1977. Correcting working postures in industries: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8.4, 199–201.
- Kolstrup C., 2012. Work-related musculoskeletal discomfort of dairy farmers and employed workers. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 7(1), 23.
- Nordander C., Ohlsson K., Åkesson I., Arvidsson I., Balogh I., Hansson G.Å. & Skerfving S., 2013. Exposure-response relationships in work-related musculoskeletal disorders in elbows and hands – A synthesis of group-level data on exposure and response obtained using uniform methods of data collection. *Applied Ergonomics* 44(2), 241–253.
- Pinheiro J. C. & Bates D. M., 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York.
- Pinzke S., 2003. Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. *Ann Agric Environ Med* (10), 185–195.
- R Development Core Team, 2004. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <http://www.R-project.org>.
- Stal M., Moritz U., Johnsson B. & Pinzke S., 1997. The Natural Course of Musculoskeletal Symptoms and Clinical Findings in Upper Extremities of Female Milkers. *International Journal of Occupational and Environmental Health* (3), 190–197.
- Stal M., Hansson G. A. & Moritz U., 2000. Upper extremity muscular load during machine milking. *International Journal of Industrial Ergonomics* 26 (1), 9–17.
- Stal M., Pinzke S., Hansson G.A. & Kolstrup C., 2003. Highly repetitive work operations in a modern milking system. A case study of wrist positions and movements in a rotary system. [Research Support, Non-U S Gov't]. *Ann Agric Environ Med* 10 (1), 67–72.
- Stoffert G., 1985. Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaften* 39, 31–38.

Einfluss von Grösse und Form verschiedener Melkstandtypen auf das Wohlbefinden der Milchkühe

Yamenah Gómez, Michael Zähler, Pascal Savary; yamenah.gomez@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Platzmangel in Melkständen kann eine Belastung für Milchkühe bedeuten. Aus diesem Grund untersucht Agroscope im Rahmen eines Forschungsprojektes den Einfluss verschiedener Melkplatzabmessungen in Fischgräten-, Side-by-Side- und Tandem-Melkständen auf das Wohlbefinden der Kühe. Ziel ist dabei, Empfehlungsmasse für die einzelnen Melkstandtypen unter Berücksichtigung des Tierwohls herauszugeben. Dieses Forschungsprojekt leistet somit einen wichtigen Beitrag für eine artgerechte und optimierte Milchviehhaltung.

Résumé

Influence de la dimension et de la forme de différents types de salles de traite sur le bien-être des vaches laitières

Le manque de place dans les salles de traite peut être une cause de stress pour les vaches laitières. C'est la raison pour laquelle Agroscope étudie, dans le cadre d'un projet de recherche, l'influence de différentes dimensions des places de traite sur le bien-être des vaches pour les salles en épi, side-by-side et tandem. L'objectif est une recommandation concernant les dimensions de ces différents types de salles de traite en tenant compte du bien-être de l'animal. Ce projet de recherche contribue donc à optimiser la détention des vaches laitières dans le respect des besoins de l'espèce.

Summary

Influence of different milking-parlour dimensions on the well-being of the dairy cows

A shortage of space in milking parlours can cause stress in dairy cows. For this reason, and as part of a research project, Agroscope is investigating the influence of different milking-parlour dimensions in herringbone, side-by-side and tandem milking parlours on the well-being of the cows. The aim is to issue recommended dimensions for the individual milking-parlour types, bearing in mind ani-

mal welfare. This research project will therefore make an important contribution to optimised, species-appropriate dairy-cow husbandry.

Einführung

Gemäss Artikel 3 der Schweizer Tierschutzverordnung (TSchV) sind Tiere so zu halten, «dass ihre Körperfunktionen und ihr Verhalten nicht gestört werden und ihre Anpassungsfähigkeit nicht überfordert wird» (TSchV, 2008). Um diesen Grundsatz zu erfüllen, sind im Anhang 1 der TSchV «Mindestanforderungen für das Halten» der einzelnen Tierarten festgelegt und auf Untersuchungen basierende Empfehlungsmasse angegeben (TSchV, 2008; Zähler, 2009). Die Abmessungen für Fress- und Liegeplätze müssen per Verordnung an die Grösse der Tiere angepasst sein. Der Einfluss unterschiedlicher Dimensionen dieser Bereiche auf das Tierverhalten und Tierwohl wurde bereits vielfach untersucht (DeVries *et al.*, 2004a; DeVries and von Keyserlingk, 2006; DeVries *et al.*, 2004b; Eilers, 2007; Fregonesi and Leaver, 2002; Gisiger, 2002/03; Hartmann and Reeken, 2010; Hörning, 2003; Kögler, 2005; Tucker *et al.*, 2004; Veissier *et al.*, 2004).

Im Bereich Melken sind weder Mindestanforderungen noch Empfehlungsmasse vorhanden, die auf wissenschaftlichen Untersuchungen basieren. Im Melkstand wird vor allem auf die Melkleistung, also auf die Anzahl gemolkenener Kühe pro Stunde, fokussiert (Fernandez *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 1997). Das Wohlbefinden der Tiere im Melkstand wurde bis anhin beim Bau der Melkstände kaum berücksichtigt. In den letzten Jahren wurde vermehrt das Verhalten der Kühe während des Melkens untersucht, insbesondere im Zusammenhang mit Mensch-Tier-Beziehung und im Vergleich unterschiedlicher Melkverfahren (Abeni *et al.*, 2005; Hagen *et al.*, 2004; Hillerton *et al.*, 2002; Hopter *et al.*, 2002; Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1998; Raussi and Kaihilahti, 2002; Rousing *et al.*, 2004; Sandrucci *et al.*, 2007; Troxler, 2009; Van Reenen *et al.*, 2002; Wechsler *et al.*, 2012; Wenzel *et al.*, 2003; Wiktorsson *et al.*, 2003; Willis, 1983).

Die Empfehlungsmasse für den Bau von Melkständen basieren auf Praxiserfahrungen der Melktechnik-Firmen und Beratungs-Institutionen und haben sich in den letzten 30 Jahren kaum verändert. Die Milchkühe wurden allerdings bedingt durch die Zucht auf höhere Milchleistung immer grösser (Jauschnegg, 1994). Allein zwischen 1993 und 2003 nahm die Widerristhöhe teilweise um bis zu 4 cm zu (Petermann, 2005).

Eine Umfrage auf Schweizer Milchviehbetrieben zeigte auf, dass durchschnittlich 21 % der Betriebe mit Melkständen Melkprobleme hat (Savary *et al.*, 2010). Es wird vermehrt von Verhaltensänderungen, wie z.B. Meidung des Melkstandes, eingezogener Schwanz, vermehrtes Koten und Harnen im Melkstand, Milchleistungsdepression, Milchejektionsstörungen und Läsionen berichtet (Savary *et al.*, 2011; Savary *et al.*, 2010). Dies sind Anzeichen, dass sich die Kühe im Melkstand nicht wohlfühlen. Dass die Tiere nicht mehr optimal in die Melkstände passen, wurde unter anderem auch in einer früheren Befragung als «verbogene Rohre» beschrieben (Spohr, 2006). Der Platzmangel im Melkstand könnte eine mögliche Ursache für den obengenannten hohen Anteil «Betriebe mit Melkproblemen» sein. Da die Tiergrössen zwischen den Betrieben stark variieren, ist es künftig notwendig, die Abmessungen im Bereich Melken anhand der betriebsspezifischen Tiergrössen festzulegen. Hierzu müssen die Körpermasse der Kühe bekannt sein, um anhand der Körpermasse eine Funktion für die baulichen Abmessungen unterschiedlicher Melkstandtypen berechnen zu können.

Projektziele

Das Ziel dieses Projektes ist, Empfehlungen zu Abmessungen für die verschiedenen Melkstandtypen als Funktion von Körpermassen von Kühen zu erarbeiten. Dazu werden in einer Praxiserhebung Körpermasse von Milchkühen, sowie Abmessungen von Einzel- und Gruppenmelkständen erfasst. Des Weiteren sollen die Einschränkungen des Wohlbefindens von Milchkühen aufgrund unterschiedlicher Melkstandtypen und Grössen auf ethologischer, physiologischer und klinischer Ebene genauer untersucht werden. Hierzu wird zurzeit auf dem Versuchsbetrieb der Agroscope am Standort Tänikon ein Versuchsmelkstand gebaut, der in Grösse und Form variabel ist und somit experimentelle Untersuchungen unter standardisierten Bedingungen ermöglicht. Ergänzend werden zu diesen Untersuchungen auch bauliche und arbeitswirtschaftliche Parameter erfasst und analysiert.

Methodik und Vorgehen

Die Erfassung der Körpermasse wird insgesamt an mindestens 750 Kühen (aufgrund der Bestimmung der Stichprobengrösse) der 2./3. Laktation durchgeführt, unterteilt in die drei Hauptrassen Braunvieh, Fleckvieh und Holstein. Folgende Körpermasse werden erhoben: Widerristhöhe, schräge Rumpflänge, Gesamtlänge, Hüftbreite, Brustbreite und Brustumfang, sowie Knie-, Schulter- und Sitzbeinhöhe. Dabei werden in einem Vorversuch als Methode die Aufnahmen von Bildern inkl. Auswertung mit Bildanalyseprogramm angewendet und diese mit der herkömmlichen Methode «Massband/Messstock» verglichen und entsprechend validiert.

Für die experimentelle Untersuchung im Versuchsmelkstand wird ein «Cross-Over Design» angewendet. Dazu werden die Kühe auf dem Versuchsbetrieb in zwei Gruppen eingeteilt, um den Einfluss verschiedener Melkstandtypen und Formen (extrem gross versus extrem klein sowie normal gross versus normal klein) auf ethologische, physiologische und klinische Parameter bei den Kühen vergleichen zu können.

Literatur

- Abeni, F., Calamari, L., Calza, F., Speroni, M., Bertoni, G., Pirlo, G., 2005. Welfare assessment based on metabolic and endocrine aspects in primiparous cows milked in a parlor or with an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 88, 3542–3552.
- DeVries, T.J., Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2004a. Effect of Feeding Space on the Inter-Cow Distance, Aggression, and Feeding Behavior of Free-Stall Housed Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sc.* 87, 1432–1438.
- DeVries, T.J., von Keyserlingk, M.A.G., 2006. Feed Stalls Affect the Social and Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89, 3522–3531.
- DeVries, T.J., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2004b. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1432–1438.
- Eilers, U., 2007. Liegeboxenmasse: Kompromissformel für Komfort, Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf – Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Wild, Fischerei.
- Fernandez, M.E., Marino, R.A., Carreira, X.C., 2009. Algorithms for dairy barn design: Maternity and milking areas. *J. Dairy Sci.* 92, 2276–2296.
- Fregonesi, J.A., Leaver, J.D., 2002. Influence of space allowance and milk yield level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle systems. *Livest. Prod. Sci.* 78, 245–257.

- Gisiger, E., 2002/03. Evaluation der Körpermasse von Milchkühen zur Ableitung der Mindestabmessungen von Liegeboxen, Institut für Nutztierwissenschaften, Physiologie und Tierhaltung, Eidgenössisch Technische Hochschule, Zürich, pp. 1–56.
- Hagen, K., Lexer, D., Palme, R., Troxler, J., Waiblinger, S., 2004. Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, 209–225.
- Hartmann, L., Reeken, J.-B., 2010. Körpermasse von Milchkühen und daraus abgeleitete Ansprüche an die Liegefläche, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Hohenheim, pp. 1–87.
- Hillerton, J.E., Ohnstad, I., Baines, J.R., Leach, K.A., 2002. Performance differences and cow responses in new milking parlours. *J. Dairy Res.* 69, 75–80.
- 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.
- Hörning, B., 2003. Optimale Gestaltung von Liegeboxen, Gumpensteiner Bautagung, Irdning, pp. 57–62.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., Hendriks, M., Metz, J.H.M., Schouten, W.G.P., 1998. Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56, 13–28.
- Kögler, H., 2005. Einfluss der Liegeboxengestaltung auf die Gelenk- und Eutergesundheit von Milchkühen, Gumpensteiner Bautagung, Irdning, pp. 37–41.
- Petermann, R., 2005. Development of milk yield and withers height (WH) of Swiss dairy breeds (1992–2003), Berufsbildungszentrum – Natur und Ernährung, Schöpfheim, Switzerland, p. 1.
- Raussi, S., Kaihilahti, J., 2002. Cow welfare aspects in Automatic Milking Systems, NJF Seminar – Technology for milking and housing of dairy cows, Hamar, pp. 71–76.
- Rousing, T., Bonde, M., Badsberg, J.H., Sorensen, J.T., 2004. Stepping and kicking behaviour during milking in relation to response in human-animal interaction test and clinical health in loose housed dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 88, 1–8.
- Sandrucci, A., Tamburini, A., Bava, L., Zucali, M., 2007. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: Results of a field study. *J. Dairy Sci.* 90, 1159–1167.
- Savary, P., Kauke, M., Korth, F., Schick, M., 2011. Melkstandtechnik und Melkprobleme auf Schweizer Milchviehbetrieben, ART-Schriftenreihe Nr. 15, Agroscope, Ettenhausen, pp. 55–61.
- Savary, P., Korth, F., Kauke, M., 2010. Melkstandtechnik auf Schweizer Milchviehbetrieben – Beurteilung aus Sicht der Praxis, ART-Bericht Nr. 37, Agroscope, Ettenhausen, pp. 1–8.
- Smith, J.F., Armstrong, D.V., Gamroth, M.J., Martin, J.G., 1997. Planning the milking center in expanding dairies. *J. Dairy Sci.* 80, 1866–1871.
- Spohr, M., 2006. Tierhaltung, dlz Agrar Magazin, pp. 72–77.
- Troxler, J., 2009. Die Kuh beim Melken - Einfluss der Haltungsumwelt und des Menschen, ART-Schriftenreihe, pp. 31–36.
- TSchV, 2008. 455.1 Tierschutzverordnung (TSchV), Bund.
- Tucker, C.B., Weary, D.M., Fraser, D., 2004. Free-stall dimensions: Effects on preference and stall usage. *J. Dairy Sci.* 87, 1208–1216.
- Van Reenen, C.G., Van der Werf, J.T.N., Bruckmaier, R.M., Hopster, H., Engel, B., Noordhuizen, J., Blokhuis, H.J., 2002. Individual differences in behavioral and physiological responsiveness of primiparous dairy cows to machine milking. *J. Dairy Sci.* 85, 2551–2561.
- Veissier, I., Capdeville, J., Delval, E., 2004. Cubicle housing systems for cattle: Comfort of dairy cows depends on cubicle adjustment. *J. Anim. Sci.* 82, 3321–3337.
- Wechsler, B., Neuffer, I., Helmreich, S., Gygax, L., Hauser, R., 2012. Automatische Melksysteme – Aspekte der Tiergerechtigkeit, Agroscope, Ettenhausen, pp. 1–12.
- Wenzel, C., Schonreiter-Fischer, S., Unshelm, J., 2003. Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livest. Prod. Sci.* 83, 237–246.
- Wiktorsson, H., Pettersson, G., Olofsson, J., Svennersten-Sjaunja, K., Melin, M., 2003. Welfare Status of Dairy Cows in Barns with Automatic Milking – Relations between the environment and cow behaviour, physiologic, metabolic and performance parameters, EU Project Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms.
- Willis, G.L., 1983. A Possible Relationship Between the Flinch, Step and Kick Response and Milk-Yield in Lactating Cows. *Applied Animal Ethology* 10, 287–290.
- Zähner, M., 2009. ART-Baumerklärblätter, Agroscope, Ettenhausen.

Qualitätssichernde Methoden zur Arbeitsanalyse in der Landwirtschaft

Christoph Herzog, Andrea Wagner, Matthias Schick; christoph.herzog@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Die Methoden der Arbeitsanalyse auf landwirtschaftlichen Betrieben sollen stetig überprüft und verbessert werden. Aktuelle Methoden der Arbeitszeit- und Einflussgrössenerfassung sind zeitintensiv und fehleranfällig. Zudem besteht bei den Messungen ein Einfluss der Messperson auf die Arbeitsperson. Ziel des Projekts ist es, ein Qualitätssicherungssystem zu erarbeiten, neue Methoden der Datenaufnahme zu entwickeln und hinsichtlich ihrer Qualität zu überprüfen.

Résumé

Méthodes d'assurance qualité pour l'analyse du travail dans l'agriculture

Les méthodes d'analyse du travail dans les exploitations agricoles doivent continuellement être contrôlées et améliorées. Les méthodes actuelles d'enregistrement du temps de travail et des facteurs d'influence demandent beaucoup de temps et sont sujettes aux erreurs. De plus, la personne effectuant les mesures peut influencer la personne au travail. Le but du présent projet est d'élaborer un système d'assurance qualité, de développer de nouvelles méthodes pour la saisie des données et d'en contrôler la qualité.

Summary

Quality-Assurance Methods for Work Analysis in Agriculture

Work-analysis methods on farms are meant to be constantly examined and improved. Current methods for recording working hours and influencing factors are time-consuming and prone to error. Moreover, the measurements reflect the influence of the person taking the measurements on the person performing the labour. The aim of the project is to create a quality-assurance system as well as to develop new methods of data acquisition and validate them in terms of their quality.

Einleitung

Auf landwirtschaftlichen Betrieben ist die menschliche Arbeit in der Regel der knappste Produktionsfaktor. Ziel der Arbeitszeiterfassung ist es unter anderem die Produktivität der Betriebe zu erfassen, um diese anschliessend durch effizienteren Einsatz der Arbeit zu erhöhen (Schick, 2006). Die Erfassung der Arbeitszeit kann nach Luczak (1998) in finale und kausale Methoden gegliedert werden. Während bei der finalen Methode die Arbeitszeit indirekt mithilfe von Arbeitstagebüchern oder Fragebögen ermittelt wird, findet bei der kausalen Methode eine direkte Arbeitsbeobachtung statt. Hierbei wird der Arbeitsvorgang in Arbeitselemente aufgegliedert und zugehörige Einflussgrössen werden bestimmt (Auernhammer, 1986). Nachteile dieser Methode liegen im hohen Zeitbedarf für die Messperson während der Datenerfassung und in der anschliessenden Datenauswertung sowie der Einschränkung, dass von einer Messperson jeweils nur eine Arbeitsperson erfasst werden kann (Schrade *et al.*, 2004). Durch die Anwesenheit der Messperson ist die Arbeitskraft zudem in ihrer Arbeitsweise beeinflusst, was auch das Messergebnis beeinflussen kann (Haidn, 1992). Diese Einflussgrössen können zu einer Qualitätsminderung der arbeitswissenschaftlichen Untersuchung führen.

Projektziele

Ziel des Projekts ist es, neue Methoden zur Arbeitszeit- und Einflussgrössenerfassung zu entwickeln und zu validieren. Hierzu wird ein Qualitätssicherungssystem für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen entworfen. Die neu entwickelten Methoden werden auf allen Stufen der Arbeitsanalyse – von der Datenerfassung bis zur Auswertung – einen möglichst hohen Automatisierungsgrad aufweisen, standardisiert sein und sowohl bei Arbeiten in der Aussen- als auch der Innenwirtschaft Anwendung finden.

Methodik und Vorgehen

Zur Entwicklung optimierter Methoden der Arbeitsanalyse wird zunächst ein Anforderungskatalog erstellt. Darin werden Muss-, Soll- und Kann-Kriterien wie zum Beispiel die Messgenauigkeit oder die Datenstruktur festgelegt.

Nachfolgend werden vorhandene Verfahren als Instrumente zur automatisierten Arbeitszeit- und Einflussgrößenmessung erfasst und auf ihre Eignung entsprechend der Anforderungskriterien überprüft. Hierbei sind Ansätze sowohl für aussen- als auch für innenwirtschaftliche Arbeitsverfahren vorhanden. Auch Verfahren aus dem ausserlandwirtschaftlichen Bereich werden hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungskriterien überprüft. Im nächsten Schritt werden Versuche auf Betrieben geplant.

Für Arbeitsverfahren in der Aussenwirtschaft bietet die Landtechnikindustrie Systeme an, welche auf GPS, Radartechnik oder Radio Frequency Identification (RFID) basieren. Diese erfassen die Zeit und zurückgelegte Distanzen für Feldarbeiten. Zudem können weitere den Arbeitszeitbedarf beeinflussende Größen wie zum Beispiel der Ertrag oder die effektive Arbeitsbreite automatisiert erfasst werden. Diese Verfahren sind in der Regel an landwirtschaftliche Fahrzeuge gekoppelt (Fleuren, 2009). Für Arbeitsverfahren in der Innenwirtschaft sind ebenfalls Ansätze automatisierter Arbeitszeiterfassung vorhanden. So wurde für das Arbeitsverfahren Melken von der Industrie ein Messverfahren entwickelt, das den Arbeitszeitaufwand pro Kuh misst, um Empfehlungen zur Verbesserung der Melkroutine geben zu können. Mithilfe dieses Verfahrens ist es jedoch nicht möglich, weitere Einflussgrößen, wie zum Beispiel die exakt zurückgelegte Strecke der Melkperson zu erfassen.

Es soll deshalb anhand des erstellten Anforderungskatalogs überprüft werden, inwiefern weitere Mess-, Sensor- und Datenübertragungstechniken wie zum Beispiel WLAN-Ortung, RFID, Radarsensoren, Ultraschall oder Videoanalyseverfahren, zur automatisierten Arbeitszeitmessung und zur Lokalisierung von Arbeitspersonen geeignet sind. Die genannten Techniken werden aktuell in anderen Bereichen, wie zum Beispiel dem Rettungswesen verwendet.

Kundennutzen

Durch einen höheren Automatisierungsgrad der Messungen sind eine Steigerung der Anzahl gemessener Daten und eine Reduzierung des Einflusses von Messpersonal auf Arbeitspersonen zu erwarten. Dadurch kann eine grössere Genauigkeit erreicht werden, was die Qualität und damit die Aussagekraft der Messungen steigern soll.

Der Zeitaufwand sowie die Arbeitsbelastung für das Messpersonal kann durch automatisierte Messverfahren reduziert werden, zudem ist eine Erfassung mehrerer Arbeitspersonen gleichzeitig möglich.

Literatur

- Auernhammer, H. (1986): Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptdruck der Vorlesung am Institut für Landtechnik der TU-München Weihenstephan.
- Fleuren, T. (2009): iGreen – Landwirtschaft der Zukunft. ICSY Report Nr.4, TU Kaiserslautern, S. 1–2, 2009.
- Haidn, B. (1990): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation TU München-Weihenstephan.
- Luczak, H. (1998): Arbeitswissenschaft. Springer Verlag Berlin.
- Schick, M. (2006): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitspaltung, Habilitationsschrift, Ergonomieverlag Stuttgart.
- Schrade, S., M. Keck u. M. Schick (2004): Vergleichende Bewertung von Methoden zur Erfassung des Arbeitszeitaufwandes in der Mutterkuhhaltung. 14. Arbeitswissenschaftliches Seminar, Agroscope, Ettenhausen.

Auswirkungen von Installationsvarianten auf die Vakuumstabilität in Melkanlagen

Franziska Blümel, Pascal Savary, Matthias Schick; franziska.blümel@agroscope.admin.ch
Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Trotz normgerechter Installation der Melkanlage kann die Melktechnik eine mögliche Ursache für Melkprobleme darstellen. Ziel dieses Projektes ist die Analyse des Einflusses verschiedener Installations- und Montageformen von Melkanlagen auf die Vakuumstabilität sowie deren Auswirkung auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Milchkühen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung dienen der Optimierung und Aktualisierung des Branchenstandards «Installation und Service von Melkanlagen», welche ihrerseits Grundlagen für die Melkberatung darstellen.

Résumé

Variantes de montage et influence sur la stabilité du vide dans les installations de traite

En dépit d'un montage dans les normes de l'installation de traite, la technique de traite peut être une cause de problèmes de traite. Ce projet avait pour but d'analyser l'influence de différentes formes de montage et d'installation sur la stabilité du vide et ses répercussions sur la santé et le bien-être des vaches laitières. Les résultats de cette étude servent à optimiser et actualiser le standard de la branche «Montage et entretien des installations de traite» et posent les bases des activités de conseil dans le domaine de la traite.

Summary

Different Forms of Installation and Effect on Vacuum Stability in Milking Systems

Despite installation of a milking system in accordance with the relevant standards, milking technology may constitute a possible cause of milking problems. The aim of this project is to analyse the influence of different forms of installation and fitting on vacuum stability, and the latter's impact on the health and welfare of dairy cows. The results of this investigation contribute to the optimi-

sation and updating of the 'Installation and Servicing of Milking Systems' industry standards, and supply the foundation for a milking advisory service.

Einleitung

Melkprobleme können trotz moderner und normgerecht installierter Melkanlagen auftreten. Melkerinnen und Melker, die mit Melkproblemen konfrontiert sind, berichten, dass die Kühe den Melkstand nicht freiwillig betreten und während des Melkens unruhig sind. «Zögerliches Betreten des Melkstandes, Schlagen nach Melkzeug oder Melker und «Aufziehen» der Milch (sich nur unvollständig ausmelken lassen) deuten auf Stress beim Melken hin» (Richter, 2006). In der Folge sind oft Leistungseinbussen zu vermerken oder es kann zu erschwerten, längeren Melkzeiten führen.

Eine Umfrage von Agroscope zeigte, dass 21 Prozent der Schweizer Milchviehbetriebe Melkprobleme im Melkstand haben (Savary *et al.*, 2010). Unter Melkproblemen werden unter anderem Verhaltens-, Milchejektions-, (Euter-) Gesundheits- und Fruchtbarkeitstörungen, sowie Leistungsdepressionen verstanden. Die Ursache solcher Melkprobleme kann beispielsweise in den Bereichen Haltung (Stall, Warteraum, Melkstand), elektrische Immissionen, Tierernährung, Zucht, Mensch (Melkarbeit, Melkhygiene) oder in der Melktechnik (mangelnde Funktionstüchtigkeit, Lärm und Vibrationen, Vakuumschwankungen) liegen.

Nosal *et al.* (2004) zeigten, dass Lärm und Vibrationen mögliche Ursachen dieser Probleme darstellen könnten. Problembetriebe hinsichtlich der Eutergesundheit wiesen Lärmwerte von mehr als 70 dB(A) und Vibrationen von über

0,3 m/s² auf. Nach Sanierung dieser Betriebe konnte die Anzahl somatischer Zellen in der Tankmilch deutlich reduziert werden. Somit liegen die Ursachen von Lärm und Vibrationen in erster Linie trotz normgerechter Konstruktion und Montage bei den einzelnen funktionellen Teilen der Melkanlage wie Vakuumpumpe, Regelventil, Pulsatoren, Leitungssystem und Milchpumpe. Kauke et al. (2008) untersuchten anhand ethologischer und physiologischer Parameter das Ausmass der Belastung von Lärm und Vibrationen auf das Tier. In diesem Versuch wurden Lärm und Vibrationen im Melkstand künstlich über Lautsprecher erzeugt. Die Ergebnisse der Herzfrequenzmessungen liessen zwar darauf schliessen, dass Kühe durch beide Einflussgrössen beeinträchtigt werden können, die beobachteten Unterschiede waren jedoch in ihrer absoluten Grösse so gering, dass nicht eindeutig eine Einschränkung des Wohlbefindens der Tiere gefolgert werden konnte.

Anhand dieser Resultate kann davon ausgegangen werden, dass nicht Lärm und Vibrationen die eigentlichen Melkprobleme hervorrufen. Im Focus liegen die Vakuumschwankungen als Ursache von Lärm und Vibrationen. Diese Hypothese wird im Rahmen dieses Projektes überprüft.

Projektziele

Ziel dieser Untersuchung ist, den Einfluss verschiedener Installations- und Montageformen auf die Vakuumstabilität in der Melkanlage zu analysieren. Grenzwerte für die gemessenen Parameter werden definiert und in einem Folgeversuch im Versuchsmelkstand validiert. Dabei werden die Auswirkungen von Vakuumschwankungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Milchkuhe erfasst.

Methodik und Vorgehen

Die Untersuchung wurde mit Hilfe einer experimentellen Melkanlage am Agroscope-Standort Tänikon vom 11. Juli bis 14. August 2012 durchgeführt. Die Melkanlage (DeLaval, DeLaval AG, Sursee, Schweiz) entspricht einem Melkstandtyp «Side by Side» mit 1 x 4 Melkplätzen und ist nach der ISO Norm 5707 (2007) installiert. Die Melkanlage wird von der Vakuumpumpe DeLaval VPE 76 mit einer Leistung von 900 l/min bei 50 kPa angetrieben. Pulsatoren des Typs Elektropuls EP 100, die durch die Mastereinheit DMP 150 gesteuert werden, sind in die Melkanlage integriert. Die

tiefverlegten Milchleitungen aus nichtrostendem Edelstahl weisen einen Innendurchmesser von 60 mm und einen Aussendurchmesser von 63,5 mm auf. Die Durchmesser der blauen PVC-Luftleitungen betragen innen 68 mm und aussen 75 mm. Das eingesetzte Melkzeug ClassicLiner 25/25 mit Absperrventil (GEA Farm Technologies Suisse AG, Ittingen, Schweiz) fasst ein Volumen von 300 ccm im Sammelstück. Auch im Versuchsmelkstand von Agroscope werden die Milchkuhe mit diesem Melkzeug gemolken. An der experimentellen Melkwand kam dieses Melkzeug während der Versuche ebenfalls zum Einsatz, um die Ergebnisse des Folgeversuches im Versuchsmelkstand mit den Ergebnissen der Melkwand besser vergleichen zu können.

An jedem Melkplatz simuliert ein Milchflusssimulator mit Kunstzitzen und mit einer Durchflussgenauigkeit bis zu 0,1 kg/min gemäss ISO Norm 6690 (2007) den Milchfluss der Kuh. Die Masse der künstlichen Zitzen entsprechen der ISO Norm 6690 (2007) und wurden aus eloxiertem Aluminium angefertigt (Mekotech, Matzingen, Schweiz). Drei der Milchflusssimulatoren haben je einen Durchflussregler (Krohne, Typ VA40, TG21, Basel, Schweiz), der die eingestellte Wassermenge gleichmässig auf die vier Kunstzitzen verteilt. Einer der drei Milchflusssimulatoren weist für jede Zitze einen Durchflussmesser auf (Abb. 1).



Abbildung 1: Milchflusssimulator (b) an Melkplatz 2 mit vier Durchflussmessern (a) und den Drucksensoren «Vzspi» (Vakuum unter der Zitzenspitze) und «Vpuls» (Vakuum am kurzen Pulsschlauch).

Des Weiteren befindet sich an diesem Melkplatz der Drucksensor «Vzspi», mit dem das Vakuum unter der Zitzenspitze gemessen wird, und die zwei Drucksensoren «Vpuls», die das Vakuum im kurzen Pulsschlauch (links und rechts) aufzeichnen. Zudem wird das Vakuum in der Hauptluftleitung in der Nähe des Vakuums tanks und des Regel-

ventils, im Milchabscheider, in der Pulsator-Luftleitung in der Nähe des ersten und des letzten Pulsators stromaufwärts von der Hauptluftleitung, sowie in der Melkleitung am Nächsten und am Weitesten vom Milchabscheider gemessen. Die dafür verwendeten Drucksensoren (JUMO GmbH & Co. KG, JUMO dTrans p30, Typ 404366, Fulda, Deutschland) arbeiten mit einer Abtastrate von 2500 Hertz.

Abbildung 2 stellt eine Messreihe mit einer Dauer von einer Sekunde zur Analyse des Vakuumverhaltens in den Leitungen und im Milchabscheider dar. Hierbei unterscheidet man zwischen zwei Typen von zyklischen Vakuumverläufen: das Rauschen und die Grundwelle. Das Rauschen sind Druckdifferenzen, die durch Reibungsverluste zwischen Luft und innerer Oberfläche von Leitungen entstehen. Die Analyse des Rauschens ermöglicht die Bewertung der strömungstechnischen Installation der Melkanlage. Die Grundwelle wird hauptsächlich durch zyklische Lufteinlässe von den Pulsatoren und durch Turbulenzen der Luft verursacht. Mit der Analyse der Grundwelle können die strömungstechnische Installation und die Dämpfungseigenschaften der Melkanlage bewertet werden. Beide Kurven-Typen werden anhand der Bandbreite (Differenz in kPa zwischen den minimalen und maximalen Vakuumwerten während einer Messreihe) und anhand ihrer Energie (Punkte, Fläche unter der Kurve = Summe aller absoluten Druckdifferenzen einer Messreihe) analysiert (Abb. 2).

Im Pulsraum und im Sitzengummi-Innenraum unter der Zitze kann der Druck innerhalb von wenigen Millisekunden stark schwanken (Mikroschwankungen). Diese Vakuumchwankungen werden durch Volumenänderungen

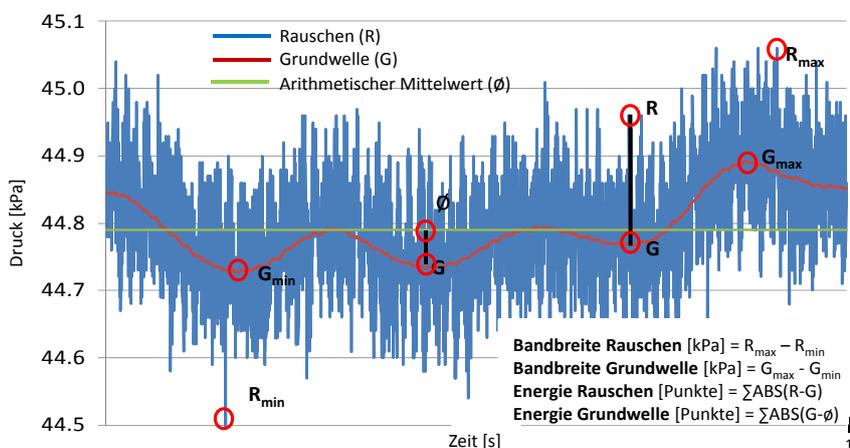


Abbildung 2: Vakuumverlauf von einer Sekunde dargestellt mit 2500 Messpunkten. Mit Hilfe der Parameter «Bandbreite Rauschen», «Energie Rauschen», «Bandbreite Grundwelle» und «Energie Grundwelle» können die Vakuumverhältnisse in den Leitungen und im Milchabscheider der Melkanlage analysiert werden.

(Sitzengummi-Bewegungen) und sehr schnellen Luftbewegungen in den Pulsatoren verursacht. Sie werden mit Hilfe der Energie (Punkte), der Geschwindigkeit (kPa/s) und der Beschleunigung (kPa/s²) analysiert.

Des Weiteren wurden Lufttemperatur, -feuchtigkeit, -druck, Wassertemperatur, Lärm und Vibrationen bei jedem Versuch miterfasst. Die Lufttemperatur und der Luftdruck wurden durch integrierte Messsysteme anhand eines Computers aufgenommen. Luftfeuchtigkeit und Wassertemperatur wurden mithilfe eines Testo (Testo AG, T 177-H1, Lenzkirch, Deutschland) protokolliert. Lärm wurde an zwei Stellen (Bereich Kopfhöhe-Kuh und Bereich Kopfhöhe-Mensch) an der Melkwand mit einem Schallpegelmessgerät (CL-Electronics GmbH, Typ C 320, Buchs, Schweiz) gemessen. Vibrationen wurden mit einem Vibrationsmessgerät (B&K Messtechnik GmbH, Typ 2513, Bülach, Schweiz) auf der Luftleitung und auf der Melkleitung, an je zwei Stellen gemessen.

Tabelle 1 stellt die verschiedenen Installations- und Montagevarianten dar. Ausgehend von einer Installationsvariante, die den Mindestanforderungen der ISO-Normen 5707 (2007) entspricht, wurden die Montageformen der Vakuumpumpe, des Vakuums tanks, des Regelventils, der Hauptluft-, der Pulsatoren-luft-, der Milchleitung und der Pulsatoren schrittweise geändert. Somit wurden die Auswirkungen dieser einzelnen Schlüsselemente der Melkanlage auf die Vakuumverhältnisse in der Melkanlage analysiert. Die Erfassung des Vakuums fand für jede Variante mit vier Wasserflüssen (0 kg/min, 1,9 kg/min, 3,9 kg/min und 5,8 kg/min) statt, mit je fünf Messreihen (Wiederholungen; Tab.1). Das Betriebsvakuum der Melkanlage betrug während der Versuche 45 kPa.

Kundennutzen

Mit den Ergebnissen dieser Untersuchung sollen Empfehlungen zur Optimierung der Installation- und Montage von Melkanlagen herausgegeben werden. Diese Empfehlungen können zur Planung neuer Melkanlagen oder zur Sanierung von bestehenden Melkanlagen herangezogen werden. Grenzwerte sollen als Bestandteil der Richtlinien für die Installation von Melkanlagen im Rahmen des Schweizer Branchenstandards aufgenommen werden, was der Qualitätssicherheit und Verbindlichkeit bei der Installation neuer Melkanlagen dient.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Alfred Kummer, Erwin Bilgery, Beat Kürsteiner, Hubert Bollhalder und Thomas Hämmerli für die Zusammenarbeit, Beratung und Unterstützung bei den Versuchen. Des Weiteren gilt unser Dank dem Schweizerischen Landmaschinen-Verband (SLV) für die Förderung des Projektes.

Literatur

ISO 5707 (2007): Milking machine installations – Construction and performance, Third edition 2007-02-15.

ISO 6690 (2007): Milking machine installations – Mechanical tests, Third edition 2007-02-15.

Kauke M., Savary P., Nosal D., Schick M. (2008): Lärm und Vibrationen im Melkstand – Auswirkungen auf das Tier. Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 2008. KTBL-Schrift 471. 89–96.

Nosal D., Rutishauser R., Bilgery E., Oertle A. (2004): Lärm und Vibrationen als Stressfaktoren beim Melken. FAT-Berichte 625, Agroscope, Ettenhausen.

Richter, T. (2006). Krankheitsursache Haltung. Stuttgart: Enke Verlag.

Savary P., Kauke M., Korth F. (2010): Melkstandstechniken auf Schweizer Milchviehbetrieben – Beurteilung aus der Sicht des Anwenders. ART-Berichte 731, Agroscope, Ettenhausen.

4. Tänniker Melktechniktagung

ISBN 978-3-905733-30-3

Copyright 2013 Agroscope



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

