

Technik

Agroscope Science | Nr. 45 / März 2017



## 6. Tänniker Melktechniktagung

Aspekte zur Optimierung der maschinellen  
Milchgewinnung

**Herausgeber:**

Pascal Savary und Matthias Schick



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

---

## Impressum

---

Herausgeber: Forschungsanstalt Agroscope  
Tänikon 1, 8356 Ettenhausen  
[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

---

Titelbild: Moser Stalleinrichtungen AG, Amriswil

---

Übersetzungen: Regula Wolz

---

Gestaltung: Karin Sannwald

---

Druck: Diana Heer und Karin Sannwald

---

Download: [www.agroscope.ch/science](http://www.agroscope.ch/science)

---

Copyright: © Agroscope 2017

---

ISSN 2296-729X

---

ISBN 978-3-906804-33-0

---

# Inhalt

<b>Milking time tests – a tool for milking advisory services .....</b>	<b>5</b>
Odd Rønningen TINE SA, Norway	
<b>Eutergesundheit in der Schweiz: Status quo und wohin möchten wir? .....</b>	<b>17</b>
Michèle Bodmer ECBHM, Wiederkäuferklinik Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Schweiz	
<b>Detection of carry-over in automated milk sampling equipment .....</b>	<b>21</b>
Peter Løvendahl Center for Quantitative Genetics and Genomics, Dept. Molecular Biology and Genetics, Aarhus University, AU-Foulum, DK-8830 Tjele, Denmark	
<b>Schonendes Melken. Nachhaltige und wirtschaftliche Milchproduktion ist möglich! .....</b>	<b>25</b>
Werner Happel System Happel GmbH, Physiologische Melktechnik, Mühlweg 4, 87654 Friesenried, Deutschland	
<b>Hygienische Schwachstellen in Melkanlagen – Praxiserfahrungen aus Sicht der Beratung .....</b>	<b>33</b>
Jürg Maurer Agroscope, Mikrobielle Systeme von Lebensmitteln MSL, Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Bern, Schweiz	
<b>DIN ISO Messungen in AMS .....</b>	<b>37</b>
Wolfgang Spörer LKV Sachsen-Anhalt e.V., Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Berlin, Deutschland	
<b>Grundlagen und Komponenten der Mastitisprävention .....</b>	<b>41</b>
Ute Müller Institut für Tierwissenschaften, Physiologie und Hygiene, Universität Bonn, Deutschland	
<b>Effects of milking stall dimensions on behavior of dairy cows during milking in different milking parlor types .....</b>	<b>47</b>
Yamenah Gómez <sup>1</sup> , Melissa Terranova <sup>3,4</sup> , Michael Zähler <sup>1</sup> , Edna Hillmann <sup>2</sup> and Pascal Savary <sup>1</sup> <sup>1</sup> Agroscope, Research Group Work, Building and System Assessment, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Switzerland <sup>2</sup> ETH Zurich, Department of Environmental System Sciences, Ethology and Animal Welfare Unit, 8092 Zurich, Switzerland <sup>3</sup> ETH Zurich, Department of Environmental System Sciences, Animal Nutrition, 8092 Zurich, Switzerland <sup>4</sup> University of Hohenheim, Faculty of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Engineering, Livestock Systems Engineering, 70599 Stuttgart, Germany	
<b>Auswirkung einer verlängerten a-Phase der Pulskurve auf das Nachgemelk .....</b>	<b>51</b>
Silke Herrmann <sup>1,2</sup> , Hartmut Grimm <sup>1</sup> , Matthias Schick <sup>2</sup> und Pascal Savary <sup>2</sup> <sup>1</sup> Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Garbenstrasse 9, 70599 Stuttgart, Deutschland <sup>2</sup> Agroscope, Forschungsgruppe Arbeit, Bau und Systembewertung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz	
<b>Prüfung von Melkanlagen – Möglichkeiten und Grenzen von Messungen unter Melkbedingungen .....</b>	<b>53</b>
Martin Spohr Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Schaflandstrasse 3/3, 70736 Fellbach, Deutschland	

<b>Die Verwendung von viertelindividuellen Milchflussdaten zur Steuerung von Aktoren an einer Melkanlage .....</b>	<b>59</b>
U. Ströbel <sup>1</sup> , S. Jahn <sup>1</sup> , A. Schimmang <sup>2</sup> , S. Manig <sup>2</sup> , J. Brundisch <sup>2</sup> , M. Kempa <sup>1</sup> und C. Ammon <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland	
<sup>2</sup> Impulsa AG, An den Kanitzen 30, 04910 Elsterwerda, Deutschland	
<b>Effects of dynamic vacuum changes on milking performance and teat condition in dairy cows .....</b>	<b>67</b>
Rupert M. Bruckmaier	
Veterinary Physiology, Vetsuisse Faculty, University of Bern, Switzerland	
<b>Kriterien für die Bewertung des Melkvorgangs und der Melkanlage .....</b>	<b>71</b>
Angelika Haeussermann, Daniela Meyer und Eberhard Hartung	
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, 24118 Kiel, Deutschland	
<b>Milchkuh der Zukunft .....</b>	<b>77</b>
Anke Römer	
Institut für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland	

# Milking time tests – a tool for milking advisory services

Odd Rønningen  
TINE SA, Norway

## Summary

A milking-time test aims to assess the capabilities of the milking machine as well as the interaction between cow, milker and machine. The test must be done under normal milking conditions, ideally without disturbing the animals or milkers, or affecting the operation of the machine. Current technology has enabled the acquisition of detailed vacuum records from various parts of a teat-cup cluster with only minor disruptions of the milking process. Since this technology can be used in practical milking regardless of the type of milking machine utilised, milking advisory services have made it a part of their inspection of the milking process.

Vacuum records from individual milkings must be processed in order to obtain useful information. Currently, it is possible to determine total machine-on time, let-down period at the onset of milking, the period of high milk-flow rate, the overmilking period, and detachment time. The average teat-end (short milk tube) vacuum can be determined both for the entire milking and for defined parts of a milking, e.g. at high milk-flow rate. Mouthpiece chamber (MPC) vacuum appears to be a valuable indicator of the suitability of the teat-cup cluster. There is evidence that too-high or a too-low an MPC vacuum is unfavourable. The occurrence of irregular vacuum fluctuations and details relating to cluster detachment can be determined from the vacuum records. In future more parameters will no doubt be extracted from the vacuum records, e.g. information based on the pattern inside each pulsation cycle, such as vacuum in the liner-open phase, a parameter describing teat-end massage, and fluctuations in MPC vacuum.

## Zusammenfassung

### Milking-time-Test – ein Werkzeug für Melkberatungsdienste

Bei einem Milking-time-Test werden die Leistungsfähigkeit der Melkmaschine und die Interaktionen zwischen Kuh, melkender Person und Maschine untersucht. Der Test muss unter normalen Melkbedingungen durchgeführt werden, idealerweise ohne das Tier und die mel-

kende Person zu stören und ohne den Betrieb der Melkmaschine zu beeinflussen. Aufgrund technologischer Entwicklungen ist die Aufzeichnung detaillierter Daten zum Vakuumverlauf an verschiedenen Stellen des Melkzeugs mit nur geringfügiger Störung des Melkvorgangs möglich. Da diese Technologie in der Praxis des Melkens unabhängig von der Art der Melkmaschine eingesetzt werden kann, wird sie inzwischen von den Melkberatungsdiensten routinemässig zur Untersuchung des Melkvorgangs eingesetzt.

Die Aufzeichnungen des Vakuumverlaufs beim Melkvorgang müssen bearbeitet werden, damit daraus nützliche Informationen abgeleitet werden können. Gegenwärtig können die gesamte Melkzeit, die Anrüstzeit vor dem Milcheinschuss, die Zeit mit hohem Milchfluss, die Zeit mit Blindmelken und die Zeit für die Abnahme des Melkzeugs gemessen werden. Das durchschnittliche zitzenendige Vakuum (kurzer Milchschauch) kann über die gesamte Melkzeit oder über festgelegte Phasen des Melkvorgangs, z.B. die Phase mit hohem Milchfluss, bestimmt werden. Das Vakuum im Mundstückraum scheint ein zuverlässiger Indikator für die Eignung des Melkzeugs zu sein. Es gibt Hinweise dafür, dass ein zu hohes oder zu niedriges Vakuum im Mundstückraum ungünstig ist. Aus den Aufzeichnungen des Vakuums lassen sich das Auftreten unregelmässiger Schwankungen des Vakuums und Einzelheiten zum Ablösen der Melkbecher ableiten. Zukünftig werden sich sicherlich noch weitere Parameter aus den Vakuumaufzeichnungen bestimmen lassen, zum Beispiel Informationen aufgrund des Musters innerhalb der Pulszyklen, wie das Vakuum in der Phase des offenen Zitzen-gummis, ein Parameter, der die Massage der Zitzenspitzen beschreibt, und Schwankungen des Vakuums im Mundstückraum.

## Résumé

### Tests du temps de traite – un instrument pour les conseillers de traite

Le test du temps de traite a pour but d'évaluer la capacité de traite de la machine et l'interaction entre la vache, le trayeur et la machine. Le test doit être effectué dans des conditions de traite normales. L'idéal étant qu'il ne

dérange ni les animaux, ni les trayeurs et qu'il ne perturbe pas le fonctionnement de la machine à traire. La technologie actuelle permet d'enregistrer les niveaux de vide de manière détaillée sur les différentes parties du gobelet trayeur pratiquement sans perturber le processus de traite. Cette technologie pouvant être utilisée dans la pratique, quel que soit le type de la machine à traire, elle fait désormais partie des contrôles du processus de traite appliqués par les conseillers spécialisés.

Les enregistrements des niveaux de vide des traites individuelles peuvent fournir des informations utiles. Pour l'instant, il est possible de déterminer la durée totale de fonctionnement de la machine, la période d'éjection au début de la traite, la période où le flux de lait est élevé, la période de surtraite et le moment du décrochage. Il est possible de trouver le vide moyen à l'extrémité du trayon (tuyau à lait court) pour l'ensemble de la traite ou pour des parties définies de la traite, p. ex. lorsque le flux de lait est élevé. Le vide du manchon trayeur (MPC) semble être un bon indicateur de l'adéquation du faisceau trayeur. Il a été prouvé qu'un vide trop élevé ou trop bas dans le MPC est défavorable. Les enregistrements de vide permettent également de déterminer les fluctuations irrégulières du niveau de vide et d'obtenir des informations détaillées sur le décrochage des faisceaux. A l'avenir, il sera certainement possible d'extraire encore d'autres paramètres des enregistrements de vide, p. ex. l'information basée sur les schémas de chaque cycle de pulsation, comme le vide dans la phase d'ouverture du manchon, un paramètre décrivant le massage de l'extrémité du trayon et les fluctuations du vide dans le MPC.

The function of a milking machine can be assessed in dry tests, wet tests or milking time tests (ISO standard 3918, 2007). A dry test is conducted with the machine running but not milking, and only air flowing through the machine. A wet test is performed with the machine running without milking animals, but having both air and liquid (water, milk, or artificial milk) flowing through the machine. A milking-time test is a test made during milking of live animals.

A milking time tests will not only assess the milking machine's capability, but more important the interaction between the cow, the milker and the machine. For that purpose it is important that the tests are done under practical milking, ideally without disturbing the animals or the milkers or affecting the milking machine's operation. That requires specialized measuring equipment, and the possibility of making a test is restricted to the available equipment at any time.

At the time being, vacuum recording equipment which marginally alters the properties of the milking cluster is commercially available. This has given the rise to a branch of milking time tests based on vacuum recording in the milking cluster. In the Nordic countries this type of milking time test has been practised a couple of decades, and has gradually replaced dry tests checking conformance with ISO standards. The main reference for this paper is the experience from the Nordic evolution of milking time tests.

A wider scope of milking-time tests includes the mechanical action of the teatcup liner and instantaneous milk flow. The liner wall movement and compression of the teat are needed to keep teats in shape during milkings and for lactations. Milk flow is an important measure on how the animals respond to the milking, and as an explanatory factor for changes in vacuum.

Liner wall movement and the consequent compression of the teat have to some extent been recorded in laboratory (Rønningen, 2007), but is far from being available in field. Only indirect measures based on vacuum may be available in the foreseeable future.

Milk flow records from single teats or whole udders can be obtained from milk meters or automatic milking systems (AMS). The Lactocorder milk meter yields milk flow records as a by-product of milk recording. Some advisory services have utilized this in checking of milking machine performance and milking routine. Lots of experience with this exists, but is not discussed in this paper. Milk flow data are used in automatic milking systems in internal operational management, but is to a low degree available for further analysis of milking performance.

It has been a wish to find a milk flow-rate sensor that could be combined with a vacuum logging device for general use. However, available sensors require mounting in a defined position, or have flow restrictors. This does not meet the requirement that the equipment shall not affect the normal function of the milking cluster. Vacuum measurements can indirectly indicate some milk flow parameters. This is discussed below.

## Milking time tests in milking advisory services

Milking advisors in the Danish Dairy Board started to use a specialized milking analyser, MT30 and a later version MT2000, to record vacuum in different location of the mil-

king cluster in the mid 90-ties. Field results from MT30 have been analysed by Rasmussen (1998). A parallel development took place in TINE SA, the Norwegian dairy farmers' cooperative (Rønningen, 2002; Rønningen, 2002b; Borkhus & Rønningen, 2003).

The Nordic Committee for Milk Quality (NMSM), an expert group on milking issues, with members from the national dairy farmers' organisations concluded that it was time for a common effort to harmonize milking time tests. An ad hoc group was formed to define measurements and methods for a field test based on the Nordic experience. Before this work really started the International dairy Federation (IDF) initiated a working group to define how to perform milking time measurements and how to interpret the crude results, and the NMSM group chose to work within this group.

The IDF group made good progress in collecting knowledge from many countries and selecting the most important measures from a milking time test. Unfortunately, the report from the work stopped at draft status, as the group disintegrated due to people retiring or changing jobs.

Some group members had focus on the development of handy recording instruments for use in the milking unit in field conditions, and started the work on specification of a vacuum recording instrument. An industrial partner saw the potential in developing a new vacuum logger as a commercial product. That resulted in the VaDia vacuum logger, now being used routinely by milking advisors world-wide.

In the meeting between the advisor and the dairy farmer/milker, vacuum records can be used in various ways. One method is to look at graphs together and spot incidents where the milker causes vacuum drops. This is an effective way for correcting routines of handling milking units, but not for an in depth analysis of the milking process. A more ambitious method is to extract meaningful parameters from the huge mass of data. The challenge is to find a limited number of indicators to assess the milking process. An ideal indicator shall be measurable, have significance for udder health or milking efficiency, and represent things one can do something about.

It's important to remember that advice in most cases shall be given on herd/group basis. That means that the adviser in most cases must act on average herd/group data, even if the base is data per cow.

The rest of this paper contains recommendations on how to record vacuum in a teatcup cluster and an overview of possible indicators for evaluation of the milking process.

## Definition of measuring points and methodology for vacuum in milking-time tests

ISO standard 6690 (2007) regulates measurements and measuring points for dry tests. These regulations should also be followed in milking-time tests when measuring in dry parts of the installations. Additional measuring points are needed for milking-time tests.

Milking-time tests include assessment of vacuum fluctuations, which require a system for data acquisition including sensors and connectors to the measuring points that can record the actual fluctuations.

### Measuring points

Records of short milk tube (SMT), short pulse tube (SPT) and MPC vacuum in a teatcup will give an excellent information on the vacuum conditions in that teatcup. If measuring on one teat, a rear teat is preferable, fore and rear if measuring two teats. It is recommended to have an extra channel for mouthpiece chamber (MPC) vacuum for a second teat when measuring short milk tube (SMT), short pulse tube (SPT) and MPC vacuum in one teatcup.

Claw vacuum can be represented by the vacuum in the long milk tube immediately below the nipple of the claw. The measuring point should be located in the upper part of the tube to minimize the influence of milk flow.

In a parlour, the milkline vacuum sensor should be connected close to and downstream the units measured.

Pulsator airline vacuum sensor should be connected accordingly.

### Sensors and data acquisition

Requirements of test equipment for measuring vacuum changing over time are given in § 4.3 of ISO 6690 (2007). These requirements are based on a study of Rasmussen *et al.* (2003) where information about connectors, test of response rates, and recommended sampling rates and response rates can be found. Minimum sample rate and minimum response rate for various types of tests are shown in table 1.

A sample rate of 200 Hz and a response rate of 2500 kPa/s seem to be advisable for vacuum measurements in a milking-time test for practical advisory purposes. This will provide full information about vacuum conditions when measuring in the fixed installation, and pulsation system. The same applies for the claw, short milk tube and mouthpiece chamber during uninterrupted milking conditions.

**Table 1: Requirements for sample and response rate at different measuring locations (ISO 6690, 2007)**

	Minimum Sample Rate (Hz)	Minimum Response Rate (kPa/s)
Tests in the receiver and in dry parts of the milking machine	24	100
Test of pulsators	100	1 000
Wet or milking-time tests in the milkline	48	1 000
Wet or milking-time tests in the claw	63	1 000
Wet or milking-time tests in the short milk tube	170	2 500
Milking-time test of vacuum changes in the SMT during a liner slip	1 000	22 000
Milking-time test of vacuum changes in the SMT during a liner squawk	2 500	42 000

However, during liner slips or liner squawks, the vacuum changes so fast that a data acquisition system operating at 200 Hz is not capable of recording the fastest changes. Occurrence of slips and squawks can though be detected, even if parameters like maximum and minimum vacuum during the event cannot be precisely determined.

### Connections to the measuring points

Rasmussen *et al.* (2003) investigated the effect of various connectors to measuring points and lengths and diameters of tube connections to the vacuum sensors. According to that study, a connector of 2 mm inner diameter, a connecting tube of 2 mm inner diameter and length not more than 1 m and a vacuum sensor with a small inner volume will satisfy the requirement for response rate (2500 kPa/s). However, liquid in the connecting tube may impair the measurements. Thus, it is essential in practice to keep connecting tubes and fittings clear of liquid when testing in wet locations. As the length of tube or volume of connection fittings increase, the amount of liquid drawn into the measuring system increases. Measurements at wet locations should be done using the shortest possible connecting tubes to avoid drawing liquid into the measurement system, and the connection fittings should be cleared of liquid immediately before taking measurements. The inner diameter of connections and the way they are mounted to any part of the milking machine that carries liquid should be such that the connecting fittings and tubes allow liquid to drain freely. Measurements made in the short milk tube should be made with fittings that are flush with the internal surface and as close as possible to the liner end of the SMT.

## Interpretation of vacuum records

### Vacuum in the fixed parts of the milking machine

The international standard ISO 5707 (2007) states that «The ultimate goal of vacuum regulation is to maintain vacuum conditions at the teat end within the intended

range. In order to meet this requirement the machine shall be capable of adequate vacuum control and the operators shall use the machine with reasonable care and in accordance with the user's manual». A milking-time test on vacuum in the milkline and pulsator vacuum line is the best way to check if this goal is achieved.

### Vacuum drops in milkline

Milkline vacuum drops are incidents of sudden drops of vacuum. Rønningen (2002) found that vacuum drops in the milkline were associated with technical data of the installation, and the number of milking units loading the installation (Table 2). The rate of vacuum drops was also associated with udder health in terms of new infection rate and the incidence rate of clinical mastitis (Table 3).

**Table 2: Association between milking machine parameters and milkline vacuum stability (Rønningen, 2002). Effective reserve and whether a vacuum milk tank was used improved the statistical model, and are included in the table.**

	Milkline vacuum drops > 5 kPa per hour [n]
Milkline length [m]	**
Milkline diameter [mm]	*
Milkline slope [mm/m]	**
No. of milking units [n]	**
Effective reserve [l/min]	n.s.
Vacuum milk tank [1 = Yes; 0 = No]	n.s.

Significances: \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ; n.s.  $p > 0.10$

**Table 3: Association between milkline vacuum stability and udder health parameters (Rønningen, 2002)**

	New infection rate [%]	Incidence rate of clinical mastitis [cases per 100 cows]
Predicted frequency of milkline vacuum drops [drops > 5 kPa per hour]	(*)	*

Significances: \*  $p < 0.05$ ; (\*)  $p < 0.10$

Rasmussen (1998) found in a field study that the rate of vacuum drops in the milkline, detected in a similar way, was the machine descriptor with the highest association with udder health.

The predominating character of milkline vacuum is stability. Only minor fluctuation shall occur during regular milking. Irregularities may, however, happen, mostly in the shape of sudden vacuum drops due to unplanned air inlet in a milking unit. Rønningen (2002) studied how irregularities could be quantified. Irregularities can be measured as a sudden drop in vacuum below a moving average. It was concluded that in a milking time test for the purpose of milking advisory vacuum drops of 5 kPa below the moving average was of a reasonable choice. The number of drops per hour is a suitable indicator.

## Milking unit vacuum

Figure 1 shows a normal record of vacuum below the teat end and in the mouthpiece chamber.

At teatcup attachment the teat end vacuum rises to a high level as the mouthpiece is closed by the teat. The vacuum fluctuates through the milking due to pulsation, and the vacuum level may change due to the milk flow. In figure 1 one can see a vacuum reduction as milk flow starts, and an increase when the flow stops. Mouthpiece chamber vacuum varies a lot in average and fluctuations, and the pattern may change during milking. In figure 1 one can see a marked change in fluctuations as milk flow stops in the relevant teat.

## Duration of individual phases of a milking

A cow-milking comprises several phases that may be investigated individually. The total machine-on time can be divided into four periods: let-down, main milk flow, over-milking and detachment (Fig. 1).

### Machine-on time/milk flow

A high milk flow-rate and subsequent short machine on time indicate good milk let-down, and can be interpreted as an indicator of physiologically sound milking. Short machine on time is good for milking work efficiency.

However, studies show that short machine on time is associated with poor udder health see for example table 3. Østerås & Lund (1988) found a corresponding association between machine on time and prevalence of animals with mastitis. It is supposed that the mechanism behind this is that fast milking cows are more susceptible to mastitis infection than the slower ones.

### Let-down period

The let-down time is intended to reflect the time from teatcup attachment till full milk let-down. In this period the milk flow and the teat cistern pressure changes. This can be seen as decrease in average teat end vacuum with increasing milk flow (milking units where milk is lifted), and possibly changes in vacuum fluctuations. The mouthpiece chamber vacuum will often change, up or down, in average and/or fluctuations, while it will enter into a state of relatively stable average after the transition to the main milking period. In some cases the milk flow will start, but after a short while declines before it again starts to increase for normal milking, bimodal flow.

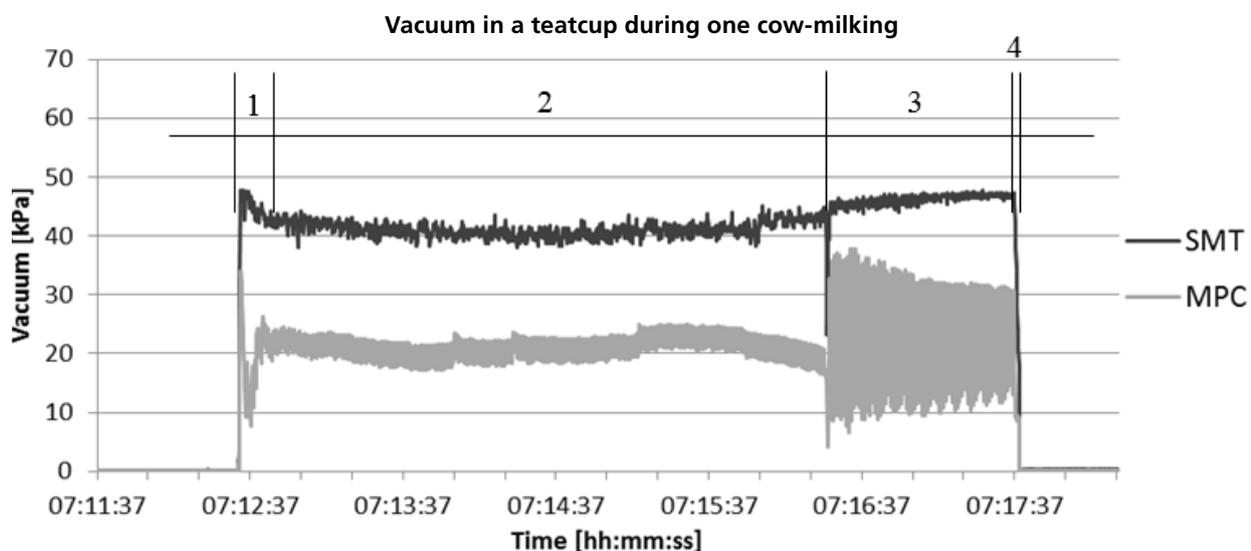


Figure 1: Vacuum course in one cow-milking divided into four periods; 1 = Let-down; 2 = Main milk flow; 3 = Overmilking; 4 = Detachment. SMT = Short milk tube vacuum, MPC = Mouthpiece chamber vacuum.

Bimodal flow and long let-down time are regarded as signs of suboptimal prestimulation and/ or cluster attachment timing.

### Main milk flow period

The main milking time goes from start of full let-down till the milk flow of the relevant teat stops. In most cases the flow from a single teat goes from nearly maximum flow to practically zero in some seconds. This event can often be seen as a sudden change in average vacuum and/or fluctuations in mouthpiece chamber vacuum.

To determine the end of milk flow for the whole udder is more challenging. The end of milk flow does not coincide between individual teats. That results in a stepwise decline in udder milk flow (milking units where milk is lifted), which in some cases can be clearly seen as a stepwise increase in teat end vacuum, and the moment when the last teat stops is regarded as end of milking on whole udder basis. However, a gradual decline in milk flow from individual teats happen, resulting in gradually changing teat end vacuum, and subsequent difficulties in determining the end of milk flow.

Other systems for milking-time tests (eg Lactocorder) divide the main milking period into a peak-flow period and a period of declining flow.

### Overmilking period

There is a general opinion that overmilking is detrimental to udder health and should be avoided, but there are few studies to support this. Overmilking is also negative from a milking capacity point of view.

The common advice is to limit overmilking to a minimum. For judgement of values extracted in an evaluation protocol, one has to consider the type of milking equipment and how results were determined.

When the evaluation for end of milk flow checks one or two teats out of four in an udder, one has to allow for one or more teats not being empty when the monitored teat(s) is empty. In this case a herd average overmilking of some duration can be accepted. However, in this case a closer look at results from individual animals gives valuable extra information.

With single teatcup removal, like in an automatic milking system (AMS), overmilking per teat should not exceed the time needed for an automatic system to detect stop in milk flow, check for restarted milk flow

and perform the detachment. The same applies for a milking unit with monitoring of flow from all teats, but with the time running from the moment the last teat is empty.

### Detachment period

The recommended method for unit detachment is to shut off vacuum and catch the unit when it slides off the teats. After vacuum shut-off air leaks into the cluster, thereby reducing the vacuum until vacuum no longer is sufficient to keep the cluster on. The vacuum reduction time should be within 0.5–5 seconds (Rasmussen & al., 2007). Automatic detachment should be performed similarly.

### Teat end vacuum

Vacuum in SMT is in most cases very close to the teat end vacuum, and is for practical reasons a substitution for the true teat end vacuum. However, in some milking systems there are a restriction between the short milk tub and the liner barrel, and the short milk tube vacuum will differ from the teat end vacuum, at least in parts of the pulsation cycle.

Average teat end vacuum for the machine-on time may give some information about the milkout vacuum, but more detailed information about the various phases of milking is preferable.

### Main milking period

Østerås & Lund (1988) found a rather narrow optimal system vacuum range (48–52 kPa, figure 2) in a mastitis study. Corresponding teat end vacuum will be 10–15 kPa lower. It can be concluded that both too high and too low vacuum may be risk factors for mastitis. Observe that vacuum values are given in cm Hg in this graph.

Rasmussen & Madsen (2000) made a study with varying levels of system vacuum. Vacuums corresponding with teat end vacuums between 26 and 39 kPa were chosen. The studies comprised tie-stall with high milking line and a lowline parlour. Conclusions:

Low vacuum (contrary to high) had the following effects:

- Increased machine on time and lowered milk flow-rate
- Increased liner slip frequencies
- Improved (marginally) teat condition
- No effect on mastitis

Short milk tube vacuum below 32 kPa is not recommended.

Rønningen & Rasmussen (2008) found in a study based on milking-time test in practical advisory work a positive cor-

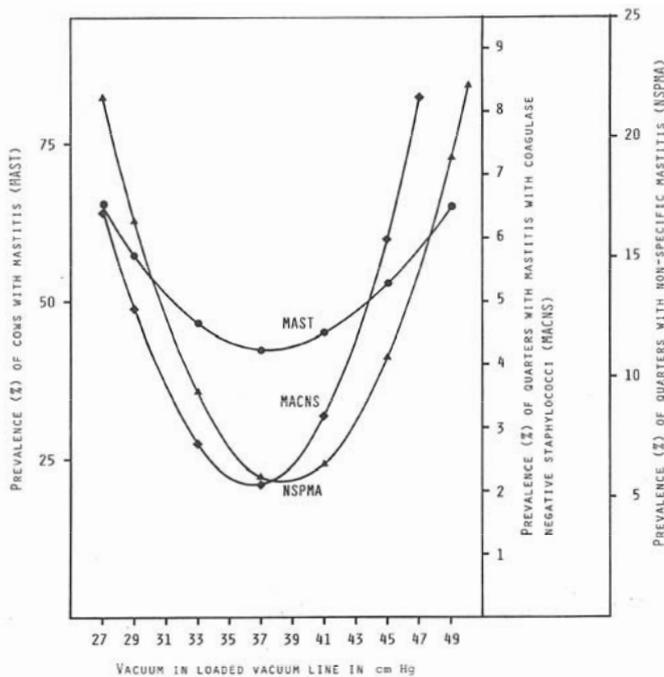


Fig. 2. The associations between the dependent variables, prevalence of cows with mastitis (MAST), prevalence of quarters with non-specific mastitis (NSPMA) and prevalence of quarters with coagulase-negative staphylococcal mastitis (MACNS), and the independent variable,  $x_1$ , vacuum in loaded air pipeline.

Figure 2: System vacuum and prevalence of mastitis (Østerås & Lund, 1988).

relation between mastitis loss index and teat end vacuum (Table 3). It can be deduced that the average vacuum in this study (36,4 kPa) is somewhat higher than optimal vacuum, ref. Østerås & Lund (1988).

ISO 5707 (2007) describes a teat end milk-out vacuum between 32 and 42 kPa as suitable for good milking.

Generally, there is a wide range in acceptable average teat end vacuum. In a herd the status of teat condition, liner slips and machine on time, rather than general recommendations for vacuum level, may justify change in vacuum settings.

### Overmilking period

High vacuum in the overmilking period is harsh on teat condition. Overmilking in highline systems may result in

vacuum increasing above 48 kPa which should be avoided. Milking on empty teats additionally increases the risk for creating Reverse Pressure Gradients across the teat canal that may give rise to bacteria entering the teat canal (Rasmussen *et al.*, 1994). Finally, overmilking increases the risk of liner slips especially if the cluster is not aligned contemporary.

### Mouthpiece chamber (MPC) vacuum

#### Main milking period

Borkhus & Rønningen (2003) described the mechanisms behind MPC vacuum, and how some factors may affect the vacuum (Fig. 3).

The reason for mouthpiece and mouthpiece vacuum is to keep the teatcup stable on the teat. With a too low vacuum in the mouthpiece it has no stabilizing effect, and the risk of liner slip is increased. A MPC vacuum close to the teat end vacuum results in a high stress on the teat tissue, and tissue changes may occur. A medium high MPC vacuum is what should be aimed at.

MPC vacuum equal to teat end vacuum indicates that the teat doesn't reach the pulsating part of the liner, and consequently isn't getting any teat tip massage in the liner collapse phase. A liner barrel that is too wide for the teat may also lead to a very high MPC vacuum.

Rasmussen (1998) observed that the variation in MPC vacuum between cows in a herd was positively associated with the rate of new incidents of high somatic cell counts. He postulated that a low variation in MPC vacuum within a herd indicates that the liners are poorly adapted to the variety of teat sizes in the herd, so that the majority of animals will be either milked with a very low MPC vacuum or with a very high MPC vacuum. A good liner will result in MPC vacuum values distributed over the whole scale. In this case the variation will be high.

Rønningen (2002b) found a positive correlation between MPC vacuum in the main milk flow period and mastitis

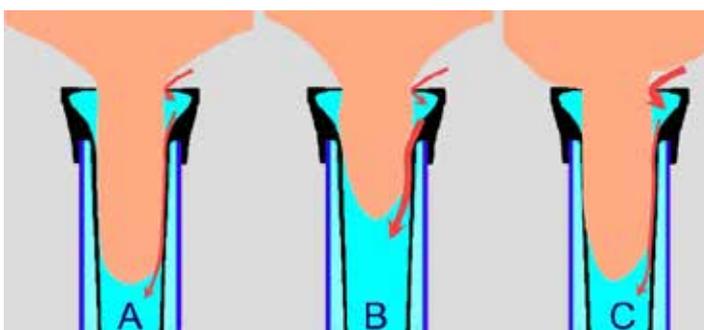


Figure 3: The balance between the air leaks between teat and mouthpiece lip on one hand, and the leakage between the teat and the liner barrel on the other hand determine the MPC vacuum. A illustrates balanced air leakage resulting in a medium high MPC vacuum. A low flow resistance in the barrel (B) results in a high MPC vacuum, while a low flow resistance under the mouthpiece lip (C) results in a low MPC vacuum. (Borkhus & Rønningen, 2003).

indicators (Table 4). Further investigations revealed that also very low MPC vacuum was associated with poor udder health. This gave rise to the hypothesis that a medium high MPC vacuum is favourable. This was checked by Rønningen & Rasmussen (2008), and they found a strong negative correlation between the proportion of cows in a herd with a medium high MPC vacuum (10–30 kPa) and a mastitis loss index (Table 5).

Borkhus & Rønningen (2003) showed that short and thin teats tended to have higher MPC vacuum than longer teats. This was confirmed by Rønningen & Rasmussen (2008), who also showed effect of liner type and SMT vacuum on MPC vacuum (Table 6)

The research shows that MPC vacuum is a strong indicator on the aptness of the milking unit for the milked cows. Further, the teat sizes and liner types are shown to be of major importance in controlling MPC vacuum. These results can be utilized in practical advisory work in milking-time tests. The proportion of cows milked with a medium high mouthpiece chamber vacuum in the milking unit a key value on herd level that can be obtained in milking-time tests with MPC vacuum recording. With the knowledge of the properties of potential liners one advice could be to select a liner moving the MPC vacuum in the wanted direction.

### Overmilking period

The transition from main milking to overmilking, which often can be observed as liner crawling, introduces a new regime in MPC vacuum. The teat cistern is no longer refilled with milk from the udder cistern, and the teat is no longer able to maintain the pressure towards the liner in the liner open phase. In this phase the air flow resistance under the mouthpiece lip and along the teat in the liner barrel changes, resulting in a change in MPC vacuum.

It has been observed adverse effects of little or no variation in MPC vacuum. Tissue changes (ringing, swelling) at the teat base and negative pressure gradients during detachment seem to be linked to absence of fluctuations in MPC vacuum. Observations made in practical milking time tests have indicated that nearly constant vacuum in the overmilking period very often is followed by a negative pressure gradient during cluster detachment.

### Other measures

#### Irregular vacuum fluctuations (IVF)

The teat end vacuum will always fluctuate during milking with a pulsating liner. Fluctuations are caused by the regular movement of the liner walls, oscillations induced by steady milk and air flow, and fluctuations caused by irregularities in air flow, mostly due to unplanned air inlet through a teatcup. Already in 1968 Nyhan (1968) divided

**Table 4: Associations between outcome of milking-time tests (MTT) and udder health parameters. Data from Helse Pluss Field investigation 1999–2000 (Rønningen, 2002b). n = 185 herds.**

	Teat with MTT	SMT vacuum drops [n/milking]	Main milk flow period [s]	MPC vacuum at main milk flow [kPa]	MPC vacuum at overmilking [kPa]
New infection rate	Fore		- *	+ *	- (*)
Prevalence of cows with SCC > 200 000 /ml	Fore Rear	+ * + *	- ** - *	+ *	
Mastitis loss index	Rear			+ *	- *

Significance: \*\*= $p < 0.01$ ; \*= $p < 0.05$ ; (\*)= $p < 0.1$

**Table 5: Associations between outcome from milking-time test as independent variables and mastitis loss index as dependent variable. A higher loss index indicates poorer udder health. (Rønningen and Rasmussen, 2008).**

Independent variable	Mastitis loss index
Proportion of cows with medium high mouth-piece chamber vacuum (10–30 kPa) in the main milking phase [%]	- **
Machine on time [s]	- *
Short milk tube vacuum in the main milking phase [kPa]	+ (*)
Vacuum drops in the short milk tube [no/milking]	+ n.s.

Significances: \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ; (\*)  $p < 0.10$ ; n.s.  $p > 0.10$

**Table 6: Summary statistics of factors affecting the proportion of milkings with high or low MPC vacuum during peak flow period. 113 herds with known liner types.**

Independent variables	High (>30 kPa) MPC vacuum	Low (<10 kPa) MPC vacuum
Teat length class [Short, Medium, Long]	***	***
Teat diameter class [Thin, Medium, Thick]	***	***
Teatcup liner type [12 types]	***	*
SMT vacuum in peak flow period [kPa]	***	n.s.

Significance: \*\*\*= $p < 0.001$ ; \*= $p < 0.05$ ; n.s.= $p > 0.1$

teat end vacuum fluctuations into cyclic fluctuations and irregular fluctuations, and identified the irregular ones as an udder health risk factor.

More methods have been used for detecting incidents of unplanned air inlet in the teatcup, like two variants of vacuum drop incidents in Norwegian and Danish investigations, or irregular vacuum fluctuations (Davis & Reinemann, 2001). Rønningen & Rasmussen (2008) compared the methods, and concluded that the rate of irregular vacuum fluctuations, IVF1 and IVF2 (Davis & Reinemann, 2001), seem to be the most suitable methods for automatic detection of irregular vacuum fluctuations.

IVFs are found in continuous assessment of a vacuum record representing teat end vacuum, for example short

milk tube vacuum. One event of IVF is defined as an incident with a vacuum change of at least a certain range, and a rate of change of at least a certain value. The two categories of IVFs are defined as follows (Davis & Reinemann, 2001):

- IVF1 – Range: 21 kPa Rate: 100 kPa/s
- IVF2 – Range: 14 kPa Rate: 56 kPa/s

The number of incidents of irregular fluctuations (IVF1 or IVF2) per cow milking will be a measure to describe one milking.

### Negative pressure gradient

Reverse pressure gradient denotes a situation with higher vacuum in the teat cistern than under the teat end, a situation which may set up a flow of milk or air through the teat canal in the reverse direction compared to normal milking. This may also transport bacteria into the teat canal and the teat cistern. Rasmussen *et al.* (1994) found a significant risk of reverse pressure gradients when the mouthpiece chamber vacuum was higher than the teat end vacuum, and Rasmussen (1998) reported that higher vacuum in the mouthpiece than the teat end vacuum was associated with poorer udder health.

A new term, negative pressure gradient, has been introduced to describe a situation with a higher instantaneous mouthpiece chamber vacuum than teat end vacuum. For individual animals this can be quantified in kPa.s (kiloPascal.seconds).

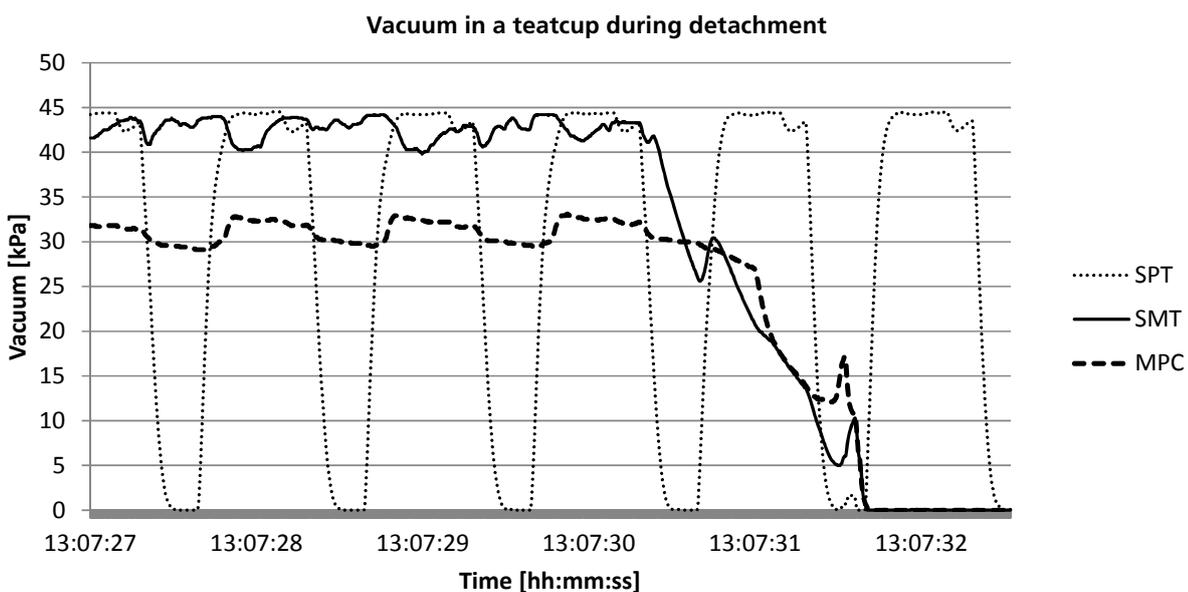


Figure 4: Teatcup vacuum during cluster detachment. Short milk tube vacuum (SMT) declines due to vacuum shut-off while MPC vacuum (MPC) declines at a different speed. The area between the lines for the period with MPC the higher is defined as negative pressure gradient. SPT = Short pulse tube vacuum.

Incidents of negative pressure gradients are illustrated in figure 4. During teatcup detachment the SMT vacuum drops below the MPC vacuum. These incidents are what is defined as negative pressure gradients, and the magnitude of each incident is the area between the curves.

**Pulsation at detachment**

Measurements in practical advisory work show different strategies in the control of pulsators during detachment. Pulsators may run, be stopped in b-phase (liner open), or be stopped in d-phase (liner closed). Rasmussen *et al.* (1994) reported that the occurrence of reverse pressure gradients was highest with the pulsator stopped in d-phase.

Observations in practical measurements indicate that the amount of negative pressure gradients during detachment is clearly higher with the pulsator stopped in d-phase.

It can be concluded that pulsator should either run or be stopped in b-phase during detachment.

**Possible future measures – within pulsation cycles**

With commercially available measuring equipment one can easily acquire detailed vacuum records for each pulsation cycle of a milking. Analysing what happens inside pulsation cycles may give information in addition to max/min and averages for parts of or a full cow-milking. Traditionally pulsator testing has been a within cycle analysis, performed in dry tests, with the aim to establish the pattern of the vacuum controlling the cyclic liner wall movement. Milking time tests have the potential of dividing the pulsation cycle into two parts, one with liner open and one with the liner closed.

**Liner open ratio**

This is the part of the cycle when the liner is open so milk can actually flow through the teat canal. Compared to pulsator ratio, it is assumed to be a more precise measure to assess the effect on average milk flow. Liner open ratio is given in percentage of the full cycle.

**Liner open vacuum**

This is the average vacuum in the liner open phase. It is significant for instantaneous milk flow from the teat, and thus for the average milk flow. It will differ from the average vacuum, in some cases to a high degree.

**Teat massage**

Differential pressure across the liner wall in the liner closed phase will result in a compressive load on the teat. Compressive pressure on the teat, and even more the load on tissue inside the teat, is a complex matter. Liner properties and teat properties are parts of the complex in addition to the differential pressure. «Drucksumme» (Spohr, 2012) is documented to be associated with teat condition, and is an indicator that probably can be extracted from the milking time vacuum records. The concept of «Overpressure» (Mein *et al.*, 2003) has likewise shown its significance as a predictor of teat condition, but additional measurements are needed.

**Maximum b-phase vacuum**

This value is determined for the purpose of splitting the pulsation cycle into four phases according to ISO Standard 3918 (2007)

Normally, the difference between the installation’s working vacuum and the maximum b-phase vacuum is an indi-

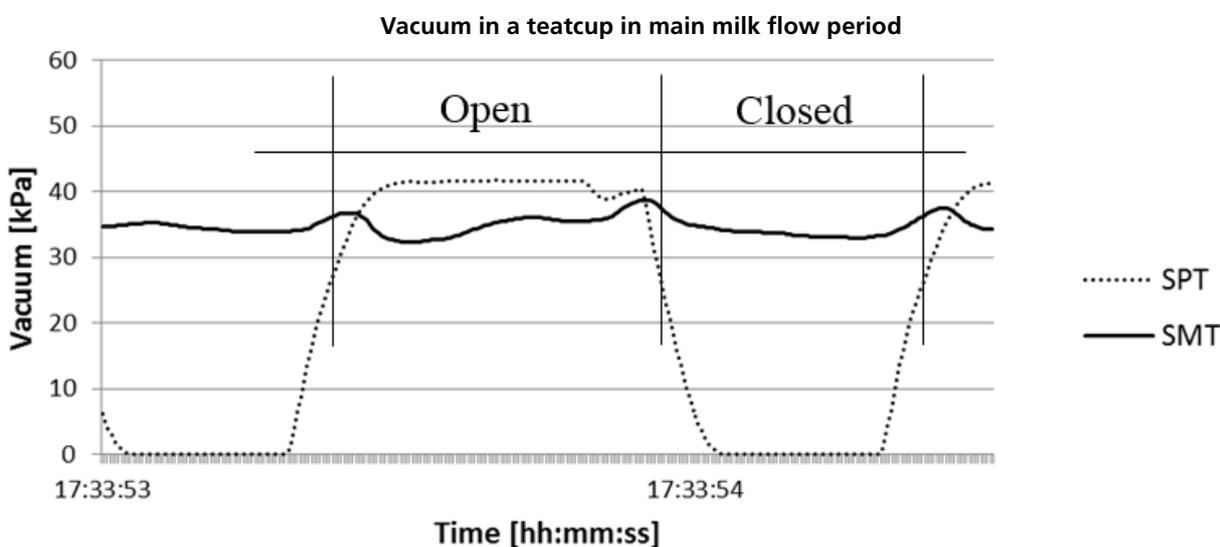


Figure 5: Vacuum during liner open (Open) and liner closed (Closed) phases in a pulsation cycle. SPT = Short pulse tube, SMT = Short milk tube.

cation of the air flow capacity of the pulsator airline. If there is a vacuum regulation between the vacuum line and the pulsator, the maximum b-phase vacuum serves as a check on this regulation.

In most cases the maximum b-phase vacuum will reflect the system vacuum. Fluctuation in maximum b-phase vacuum over a series of pulsation cycles indicates deficiency in the vacuum supply or regulation.

## References

- Borkhus. M. & O. Rønningen, 2003. Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. *Journal of Dairy Research* 70, 283–288.
- Davis M.A. and Reinemann D.J. Measurement and classification of irregular vacuum fluctuations (IVF). Proceedings AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality, Vancouver, BC, Canada, 2001, 2 pp.
- ISO 3918, 2007. Milking machine installations – Vocabulary. The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 41 pp.
- ISO 5707, 2007. Milking machine installations – Construction and performance. The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 50 pp.
- ISO 6690, 2007. Milking machine installations – Mechanical tests. The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 38 pp.
- 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 response of the teat. Proc. 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Ft Worth, Texas, USA. 114–123.
- Nyhan, J.F., 1968. The effect of vacuum fluctuation on udder disease. Symposium on machine milking 1968, Reading, England, 71–82.
- Rasmusen, M.D., E.S. Frimer & E.L. Decker, 1994. Reverse pressure gradients across the teat canal related to machine milking. *Journal of Dairy Science* . 77:984–993.
- Rasmussen, M. D., 1998. Management, milking performance, and udder health. FIL-IDF 25th Int. Dairy Congress, Aarhus, Denmark. Abstr. and poster session, Future Milk Farming, 55–56.
- Rasmussen, M.D., D.J. Reinemann & G.A. Mein, 2003. Measuring Vacuum in Milking Machines. *Bull. Int. Dairy Fed.* 381, 19–32.
- Rasmussen, M.D. & N.P. Madsen, 2000. Effects of milkline vacuum, pulsator airline vacuum and cluster weight on milk yield, teat condition and udder health. *Journal of Dairy Science* 83, 77–84.
- Rasmussen M.D., O. Rønningen & M. Bjerring, 2007. Milking time tests: what is it and what can we gain from it? International Symposium on Advances in Milking, Cork, Ireland, April 11 2007, 2–9.
- Rønningen, O., 2002. Milkline vacuum stability in milking machine installations. *Journal of Dairy Research* 69, 501–509.
- Rønningen, O.; 2002b. Vacuum conditions in various types of liners. NJF-Seminar no 337, 11–13 Feb 2002, Hamar, Norway. 6p.
- Rønningen, O. & M.D. Rasmussen, 2008. Assessment of teatcup cluster vacuum records in machine milking. International Conference on Agricultural Engineering: Agricultural & Biosystems Engineering for a Sustainable World, EurAgEng 2008, 9 pp.
- Rønningen, O., 2007. Measurements of liner movement. International Symposium on advances in milking, Cork, Ireland, April 11 2007, 32–41.
- Spohr, M. & F. Uhlenbruck, 2012. Melktechnische Einflüsse auf die Ausprägung von Hyperkeratosen. DVG-Tagung: Herausforderungen in der Zukunft der Mastitisbekämpfung, Grub 22–23 März 2012, 120–125.
- Østerås, O. & A. Lund, 1988. Epidemiological analyses of the association between bovine udder health and milking machine and milking management. *Preventive Veterinary Medicine* 6 91–108.



# Eutergesundheit in der Schweiz: Status quo und wohin möchten wir?

Michèle Bodmer

ECBHM, Wiederkäuferklinik Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Schweiz

## Zusammenfassung

Eine Fragebogenstudie zur Schweizer Eutergesundheit hat gezeigt, dass bei 972 befragten Milchproduzenten die Kennzahlen der Eutergesundheit mehrheitlich in der Norm waren, dass Abweichungen aber mit dem Management zusammenhängen. Im Bereich Mastitismanagement auf Problembetrieben wurde festgestellt, dass bei Melkarbeit und Hygiene Verbesserungspotential besteht und dass die Zitzengummis sehr oft zu spät gewechselt wurden. Die in diesem Projekt mit Hilfe von Buchhaltungsdaten geschätzten Mastitiskosten beliefen sich auf 129.40 CHF/Kuh und Jahr. Im Bereich *S. aureus* wurden für die Schweiz relevante Genotypen identifiziert und es konnte gezeigt werden, dass sich die ansteckenden Typen insbesondere auf Gemeinschaftsalpen sehr schnell verbreiten. Betrachtet man die Antibiotikaresistenzen von Mastitiserregern gibt es mehrere Studien zur Schweizer Situation. Alle Arbeiten zeigten u.a. die Tendenz zur Penicillinresistenz bei KNS, und das Vorkommen von Methicillinresistenz bei derselben Keimgruppe, wobei die Penicillinresistenzen bei *S. aureus* waren bei ca. 20 % und bei *S. uberis* gar nur bei 5 %. Vor dem Hintergrund der Vorbeugung von Antibiotikaresistenzen wurden Landwirte zu Ihrer Einstellung zum Antibiotikaverbrauch befragt, wobei klar wird, dass das Wissen über Antibiotika sehr unterschiedlich ist und insbesondere bezüglich Reservewirkstoffe eine grosse Unklarheit herrscht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Fokus für die Eutergesundheit in der Schweiz auch im Hinblick auf die Antibiotikareduktionsstrategie des Bundes und die revidierte Tierarzneimittelverordnung weg von einer reinen Verbesserung der Eutergesundheit hin zum Erhalten einer guten Eutergesundheit mit Reduktion des Antibiotikaeinsatzes verschiebt.

## Résumé

### Santé des mamelles en Suisse: Statu quo et jusqu'où voulons-nous aller?

Un questionnaire sur la santé des mamelles en Suisse a montré que chez 972 des producteurs de lait interrogés, les paramètres de la santé de la mamelle étaient générale-

ment dans la norme, mais qu'il y avait certaines différences au niveau du management. Sur le plan de la gestion des mammites dans les exploitations à problèmes, il a été constaté que le travail de traite et l'hygiène pouvaient être améliorés et que les manchons trayeurs étaient très souvent changés trop tard. Les coûts des mammites estimés à l'aide de données comptables dans le cadre de ce projet s'élevaient à 129,40 CHF par vache et par an. Par rapport au *S. aureus*, les génotypes importants pour la Suisse ont été identifiés et les chercheurs ont pu montrer que les types contagieux se propageaient rapidement, notamment sur les alpages communautaires. Plusieurs études sont disponibles concernant la situation des résistances des agents pathogènes de la mammité aux antibiotiques en Suisse. Tous les travaux ont montré entre autre une tendance à une résistance de KNS à la pénicilline, et la manifestation d'une résistance à la méticilline du même groupe de germes, sachant que les résistances à la pénicilline étaient de l'ordre de 20 % pour *S. aureus* et seulement de 5 % pour *S. uberis*. Dans le contexte de la prévention des résistances aux antibiotiques, on a demandé aux agriculteurs ce qu'ils pensaient de la consommation d'antibiotiques. Il apparaît clairement que les connaissances sur les antibiotiques sont très variables et qu'il règne un grand flou notamment en ce qui concerne les substances de réserve. En résumé, on peut donc dire que l'intérêt pour la santé de la mamelle en Suisse, dans l'esprit de la stratégie fédérale de réduction des antibiotiques et de la nouvelle ordonnance sur les médicaments vétérinaires, passe d'une simple amélioration de la santé de la mamelle au maintien d'un bon état de santé de cette dernière en réduisant la consommation d'antibiotiques.

## Summary

### Udder health in Switzerland: Status quo and where do we want to go?

A questionnaire study on Swiss udder health showed that the majority of key udder-health figures for 972 interviewed milk producers were in the normal range, but revealed deviations associated with management. Regarding mastitis management on problem farms, it was noted that there

is potential for improvement in milking work and hygiene, and that the teat-cup liners are very often changed too late. The mastitis costs estimated in this project with the help of accounting data came to CHF 129.40 per cow and year. In terms of *S. aureus*, genotypes relevant for Switzerland were identified and it was shown that the contagious types spread very quickly, especially in cooperative alpine dairies. Looking at the antibiotic resistances of mastitis pathogens, there are several studies on the Swiss situation. All of the papers showed inter alia the tendency for penicillin resistance in CNS and the occurrence of methicillin resistance in the same group of bacteria, with penicillin resistance standing at approx. 20 % in the case of *S. aureus* and at a mere 5 % for *S. uberis*. Against the background of the prevention of antibiotic resistances, farmers' attitudes to antibiotic use were surveyed, it becoming clear that knowledge about antibiotics varies widely, and that there is great uncertainty with regard to reserve active agents in particular. In summary, it can be said that the focus on udder health in Switzerland – including in terms of the antibiotic-reduction strategy of the Federal Government and the revised Ordinance on Veterinary Medicinal Products – is shifting away from a mere improvement in udder health towards the maintenance of good udder health with reduced use of antibiotics.

## Status quo

Die Milchqualität in Bezug auf die somatischen Zellzahlen ist in der Schweiz im internationalen Vergleich sehr gut. So lag der Jahresdurchschnitt der Tankzellzahlen der Ablieferungsmilch im Jahr 2015 bei rund 108 000 Zellen/ml (Quelle: Swissmilk, SuisseLab). Betrachtet man die Antibiotikaverkaufsmengen für Mastitispräparate (Euterinjektoren), verzeichnet die Schweiz im Vergleich zum übrigen Europa einen sehr hohen Verbrauch (Quelle: Archvet, BLV) und steht sogar an letzter Stelle.

Diese Daten dürfen wohl dahingehend interpretiert werden, dass zumindest ein Teil unserer guten Milchqualität mit einem hohen Antibiotikaverbrauch, also durch häufige Euterbehandlungen erkauft wird.

Eine Fragebogenstudie, die vom VPH Institut der Vetsuisse-Fakultät Bern 2013 mit 979 Milchproduzenten zum Thema Eutergesundheit durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass die Kennzahlen der Eutergesundheit zwar bei den meisten Befragten im Normbereich waren, dass gewisse Unterschiede aber im Zusammenhang mit dem Management standen. So hatten in Laufställen das Stallklima, die Liege-

flächen der Kühe, die Auswahl der Genetik und die konsequente Futtermittelanalyse einen Einfluss auf die Inzidenz von klinischen Mastitiden. Eine Mehrheit der Produzenten wollte die Eutergesundheit weiter verbessern, allerdings war für viele nicht klar wie (Gordon *et al.* 2013).

Aufgrund dessen wurde dann im Jahr 2012 ein landesweites Mastitiskontrollprojekt gestartet, welches 100 Betriebe mit erhöhten theoretischen Tankzellzahlen untersuchte. Ein Teilprojekt beschrieb das Mastitismanagement und zeigte, dass v.a. im Umgang mit Mastitiden, bei der Melkarbeit und bei den Melksystemen Verbesserungspotential vorliegt (Kretzschmar *et al.* 2013). So wurde sowohl bei klinischen Mastitiden wie auch bei subklinischen Mastitiden 67 % bzw. 68 % der Betriebsleiter nie oder nur teilweise vor der Behandlung eine Milchprobe entnommen. Vor der Applikation der Euterinjektoren wurde von 9 % der Betriebsleiter keine Zitzenkuppelinfektion durchgeführt und 39 % führten diese nur teilweise durch. Im Bereich Melkarbeit wuschen sich nur knapp 20 % vor dem Melken die Hände, 14 % trugen Handschuhe und 21 % molken nie vor. Nur 15 % der Betriebe wechselten die Zitzengummis jeweils fristgerecht. Bezüglich Erregerspektrum wurden bei über 12 % der Viertel mit erhöhten Zellzahlen *C. bovis*, bei rund 9 % Koagulase negative Staphylokokken (KNS), bei 5.5 % *S. aureus* und bei 4 % *S. uberis* nachgewiesen.

Ein weiteres Teilprojekt untersuchte die Form der Betreuung bei Mastitisproblemen (Tschopp *et al.* 2015). So wurden je 25 % der Betriebe durch die Privattierärzte betreut (monatliche Besuche), in Arbeitskreisen geschult oder durch einen einmaligen schriftlichen Bericht instruiert. Die 4. Gruppe diente als negative Kontrollgruppe und erhielt keinerlei Unterstützung. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gruppe «Arbeitskreise» die Eutergesundheit auf einem guten Niveau halten konnte ohne den Antibiotikaverbrauch zu steigern, wogegen die tierärztlich betreute Gruppe einen deutlichen Anstieg im Antibiotikaverbrauch ohne wesentliche Verbesserung der Eutergesundheit zeigte. Keine Unterschiede bestanden zwischen der Berichtgruppe und der negativen Kontrollgruppe. Mit einem Fragebogen konnte gezeigt werden, dass die Teilnahme an der Studie die Einstellung der Landwirte zum Thema Mastitiskontrolle verändert hat, wobei wiederum die Form des Arbeitskreises am besten abgeschnitten hat. In einer letzten Teilstudie wurden die Mastitiskosten errechnet, welche sich auf 129.40CHF/Jahr beliefen (Heiniger *et al.* 2014).

Im Bereich *S. aureus* wurde von H.U. Graber und seiner Gruppe die in der Schweiz vorkommenden Genotypen charakterisiert (Fournier *et al.* 2008). Es zeigte sich, dass primär

ein Genotyp, der Genotyp B in der Schweiz für Herdenprobleme sorgt und auch als hochansteckend eingestuft werden kann (van den Borne *et al.* in press). Vor diesem Hintergrund wurde eine PCR-Methode entwickelt, die *S. aureus* Genotyp B nachweist und auch für die Tankmilch geeignet ist. Völk *et al.* (2013) haben auch gezeigt, dass eine sehr rasche Verbreitung von *S. aureus* Genotyp B während der Sömmerung auf Gemeinschaftsalpen stattfindet. Dies wird momentan im Kanton Tessin in einer regionalen Sanierungsstrategie angegangen. Betrachtet man die Antibiotikaresistenzen von Mastitisserregern gibt es mehrere Studien zur Schweizer Situation (Overesch *et al.* 2010; Frey *et al.* 2013; Rüeggsegger *et al.* 2014). Alle Arbeiten zeigten dieselben Tendenzen bei der Gruppe der Koagulase-negativen Staphylokokken, wo bei rund 40 % der Stämme eine Penicillinresistenz vorliegt. In 9.7 % der resistenten KNS-Isolate konnte eine Methicillinresistenz nachgewiesen werden, die sie gegen alle Beta-Lactamantibiotika resistent macht. Bei *S. aureus* besteht in ca. 20 % der Fälle in vitro eine Penicillinresistenz und bei *S. uberis* sogar nur in 5 % der Fälle. Die mässigen Therapieerfolge dieser zwei Keimgruppen können demnach nicht ausschliesslich über eine Antibiotikaresistenz erklärt werden.

Vor dem Hintergrund der Vorbeugung von Antibiotikaresistenzen wurde vor kurzem eine weitere Fragebogenstudie zum Thema Antibiotikaverbrauch und Einstellung zur Antibiotikareduktion im Bereich Mastitis lanciert und die Daten der befragten Landwirte ausgewertet. Es wird dabei deutlich, dass das Wissen über Antibiotika sehr unterschiedlich ist und insbesondere bezüglich Reservewirkstoffe eine grosse Unklarheit herrscht (Schwendner *et al.* in Vorbereitung). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Fokus für die Eutergesundheit in der Schweiz auch im Hinblick auf die Antibiotikareduktionsstrategie des Bundes (<https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/tiere/tierseuchen/tierarzneimittel/antibiotika/nationale-strategie-antibiotikaresistenzen--star-.html>) und der revidierten Tierarzneimittelverordnung weg von einer reinen Verbesserung der Eutergesundheit hin zum Erhalten einer guten Eutergesundheit mit Reduktion des Antibiotikaeinsatzes verschiebt.

## Wohin möchten wir?

Wenn wir oben genannte Ziele konsequent verfolgen möchten, rückt die Prävention stark in den Vordergrund. Dazu muss erforscht werden, was die Beweggründe sind, die Landwirte aber auch Tierärzte daran hindern mehr präventiv aktiv zu werden.

Dazu wurde eine kleine Studie in der Region Prättigau durchgeführt, deren Ziel es war, die Motivation und Ängste bezüglich einer *S. aureus* Kontrollstrategie zu ergründen (Bodmer *et al.* in Vorbereitung). Wichtige Resultate daraus sind, dass die Eutergesundheit oft nicht oberste Priorität hat und dass z. B. Fruchtbarkeits- und Kälbergesundheitsprobleme als wichtiger erachtet werden. Die individuelle Schmerzgrenze bezüglich Tankzellzahl ist sehr unterschiedlich und wenn diese nicht überschritten wird, gibt es keine Motivation mehr präventive Massnahmen zu ergreifen. Es konnte gezeigt werden, dass Landwirte, die bereits einmal ein Herdenproblem mit *S. aureus* hatten ein signifikant besseres Fachwissen über *S. aureus* hatten als ihre Berufskollegen.

Die Mehrheit der Landwirte gab auch an, dass die Tierärzte für sie die ersten Ansprechpersonen sind, wenn sie ein Mastitisproblem vermuten. Für das weitere Vorgehen bedeutet dies, dass das Wissen über bestimmte Aspekte der Eutergesundheit verständlicher vermittelt werden muss und auch die Tierärzte da eine wichtige Verantwortung wahrzunehmen haben. Deshalb wurde im September 2016 ein Projekt gestartet, das untersuchen soll, ob durch eine Fortbildung von Tierärzten in regelmässigen Arbeitskreistreffen zum Thema Eutergesundheit die Antibiotikaverschreibungsmuster verändert werden können.

Aufgrund der generell sehr guten Milchqualität in der Schweiz, können auch wenig krankmachende Mastitiselemente einen Einfluss auf die Tankmilchqualität haben. Deshalb wurde vor kurzem eine Arbeit abgeschlossen, die das Verhalten von verschiedenen CNS Spezies in 3 Milchviehherden untersucht (Dolder *et al.* in Revision). Die Ergebnisse zeigen, dass gewisse Spezies (*S. haemolyticus*, *S. warneri* und *S. chromogenes*) Herdenweise gehäuft vorkommen können wohingegen andere wichtige Spezies wie *S. xylosus* in allen untersuchten Herden vorkam.

Es besteht bereits sehr viel Wissen in Bezug auf wirksame Präventionsstrategien allerdings muss deren Umsetzung in die Praxis begleitet werden und in Zukunft kontinuierlich auf Ihre Wirksamkeit überprüft werden.

## Literatur

Boss, R., J. Naskova, a Steiner, and H.U. Graber. 2011. Mastitis diagnostics: quantitative PCR for *Staphylococcus aureus* genotype B in bulk tank milk. *J. Dairy Sci.* 94:128–37. doi:10.3168/jds.2010–3251.

- Fournier, C., P. Kuhnert, J. Frey, R. Miserez, M. Kirchhofer, T. Kaufmann, A. Steiner, and H.U. Graber. 2008. Bovine *Staphylococcus aureus*: Association of virulence genes, genotypes and clinical outcome. *Res. Vet. Sci.* 85:439–448. doi:10.1016/j.rvsc.2008.01.010.
- Frey, Y., J.P. Rodriguez, A. Thomann, S. Schwendener, and V. Perreten. 2013. Genetic characterization of antimicrobial resistance in coagulase-negative staphylococci from bovine mastitis milk. *J. Dairy Sci.* 96:2247–57. doi:10.3168/jds.2012-6091.
- Gordon, P.F., B.H. van den Borne, M. Reist, S. Kohler, and M.G. Doherr. 2013. Questionnaire-based study to assess the association between management practices and mastitis within tie-stall and free-stall dairy housing systems in Switzerland. *BMC Vet. Res.* 9:200. doi:10.1186/1746-6148-9-200.
- Graber, H.U., E. Studer, W. Schaeren, and A. Steiner. 2007. Development and evaluation of a highly sensitive and specific assay to detect *Staphylococcus aureus* in bovine mastitic milk. *Cattle Pract.* 15:289. doi:10.3168/jds.2006-902.
- Heiniger, D., B.H. van den Borne, I. Lechner, A. Tschopp, D. Strabel, A. Steiner, H. Meier. 2014. Cost-benefit analysis of an intervention to improve udder health in Swiss dairy farms. *Schweiz Arch Tierheilkd.* Oct;156(10):473–81. doi: 10.1024/0036-7281/a000634
- Kretzschmar, L., B.H.P. van den Borne, T. Kaufmann, M. Reist, D. Strabel, M. Harisberger, A. Steiner, and M. Bodmer. 2013. Mastitis management in Swiss dairy farms with udder health problems. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 155:453–62. doi:10.1024/0036-7281/a000491.
- Overesch, G., R. Stephan, V. Perreten: Antimicrobial susceptibility of gram-positive udderpathogens from bovine mastitis milk in Switzerland. *Schweiz. Archiv Tierheilkd.* 2013 Jun: 155:339–50.
- Rüegsegger, F., J. Ruf, A. Tschuor, Y. Sigrist, M. Roskopf, and M. Hässig. 2014. Antimicrobial susceptibility of mastitis pathogens of dairy cows in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 156:483–488. doi:10.1024/0036-7281/a000635.
- Tschopp, A., M. Reist, T. Kaufmann, M. Bodmer, L. Kretzschmar, D. Heiniger, B. Berchtold, F. Wohlfender, M. Harisberger, R. Boss, D. Strabel, M.-E. Cousin, H.U. Graber, A. Steiner, and B.H.P. van den Borne. 2014. A multi-arm randomized field trial evaluating strategies for udder health improvement in Swiss dairy herds. *J. Dairy Sci.* 1–21. doi:10.3168/jds.2014-8053.
- Voelk, V., H.U. Graber, B.H.P. van den Borne, C. Sartori, A. Steiner, M. Bodmer, and M.C. Haerdi-Landerer. 2014. A longitudinal study investigating the prevalence of *Staphylococcus aureus* genotype B in seasonally communal dairy herds. *J. Dairy Sci.* 97:4184–92. doi:10.3168/jds.2013-7291.

# Detection of carry-over in automated milk sampling equipment

Peter Løvendahl

Center for Quantitative Genetics and Genomics, Dept. Molecular Biology and Genetics, Aarhus University, AU-Foulum, 8830 Tjele, Denmark

## Summary

Carry-over can be a cause of serious error in milk samples obtained from automatic milking systems. «Carry-over» means that a test-day sample also contains a fraction of milk from the cow milked just before the current one. The fraction varies between 0 and 20 %. The carried-over milk consists of residues in pump-houses and pipes not emptied between cows. The consequence for cell counts of a 10 % carry-over from a mastitis cow with 5 000 000 cells will give an extra 500 000 cells in the next cow, which will be diagnosed with clinical mastitis, despite being completely healthy. For other tests also based on test-day samples, such as PCR- and ELISA-based tests, the result can be a higher number of false positives. This will increase the need for re-testing, and hence raise costs. For fat and protein percentage, the result is lower accuracy in individual estimated breeding values. Both farmers and AMS manufacturers can help to reduce carry-over – the former, mainly by keeping the AMS well adjusted, and the latter, mainly by improving designs and software to ensure reduced carry-over in new generations of automatic milking systems.

## Zusammenfassung

### Nachweis von Verschleppungen bei der automatisierten Milchprobenahme

Die Verschleppung von Milchresten kann zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen bei Milchproben aus automatisierten Melksystemen führen. Unter einer Verschleppung ist dabei zu verstehen, dass ein Teil der Milch der unmittelbar vorher gemelkten Kuh in die Probe der tatsächlich zu untersuchenden Kuh übertragen wird. Der Anteil der übertragenen Milch schwankt dabei oft zwischen 0 bis zu 20 %. Es handelt sich um Milchreste aus Pumpen und Leitungen, die zwischen dem Melken der einzelnen Kühe nicht entleert werden. Bei einer 10 %igen Verschleppung der Milch einer Kuh mit Mastitis und einem Zellzahlgehalt der Milch von 5 000 000 Zellen wird die Zellzahl bei der nachfolgenden Kuh um 500 000 Zellen erhöht. Dadurch wird bei dieser Kuh klinische Mastitis angenommen, auch

wenn sie völlig gesund ist. Auch bei anderen Tests, die sich auf eine Tagesprobe stützen, wie PCR- oder ELISA-Tests, kann es zu einer höheren Zahl von falsch-positiven Ergebnissen kommen. Die damit erforderlichen Wiederholungen der Tests verursachen zusätzliche Kosten. Durch die Verzerrung des individuellen Fett- und Proteinanteils kommt es zu einer ungenaueren Zuchtwertschätzung. Verschleppungen lassen sich reduzieren: im Betrieb in erster Linie durch ein gut eingestelltes AMS, seitens der AMS-Hersteller durch ein angepasstes Design und verbesserte Software bei den neuen AMS-Generationen.

## Résumé

### Détection de lait résiduel dans les systèmes d'échantillonnage de lait automatisés

Le lait résiduel peut entraîner de graves erreurs dans les résultats des échantillons de lait provenant des systèmes de traite automatiques. Le lait résiduel signifie que l'échantillon testé contient également une fraction de lait de la vache traite juste avant. La fraction varie entre 0 et 20 %. Le lait résiduel vient du fait que les pompes et les tuyaux ne sont pas vidangés entre les vaches. Lorsque lors du comptage des cellules, il y a 10 % de lait résiduel provenant d'une vache atteinte de mammite ayant 5 000 000 cellules, cela signifie que 500 000 cellules supplémentaires seront comptées pour la prochaine vache. L'animal sera donc classé comme atteint de mammite chronique alors qu'il est parfaitement sain. Ces résultats peuvent conduire à un plus grand nombre de faux positifs dans les autres tests, comme les tests basés sur PCR et ELISA qui reposent eux aussi sur des échantillons de test journalier. Cela augmentera la nécessité de refaire des tests et par conséquent, les coûts. En ce qui concerne les teneurs en graisses et en protéines, les valeurs d'élevage individuelles estimées sont moins précises. Il existe toutefois des moyens de réduire le lait résiduel. L'exploitant doit principalement veiller à ce que l'AMS soit bien réglé. Les fabricants d'AMS, quant à eux, doivent veiller à améliorer la conception de leurs produits et les logiciels, de manière à ce qu'il y ait moins de lait résiduel avec les nouvelles générations d'AMS.

## Introduction

Carry-over is not the only one issue that arrived with automatic milking systems (AMS)! Milking cows automatically began already in the last millennium, and immediately raised a number of issues with milk quality, cow health, machine durability, false alarms, increased mastitis, milk yield and composition, milking frequency and so on. Some issues interfered with legislation, others with farm economy, and some technical ones related to milk recording and sampling. The overall cause of these issues was that we went from human control of a number of simple systems to an automated, integrated and highly complex system. In the change to the far more complex system, approval methods designed for simple systems, failed to deal with the complexity of the AMS.

It is obvious that for the farm manager the records of yield and composition should reflect accurately the milk from the given cow. The steps in between are more or less irrelevant as long as the final records are precise and accurate representations of the performance of exactly that cow. The national recording organizations and ICAR who provide guidelines for testing and approving recording equipment (ICAR, 2016) share this goal. However, the tradition was to approve milk meters and milk samplers as stand-alone units. This worked fine for parlor milking, but failed when brought into the complexity of AMS, because milk pumps, programmed pumping, sensors, long pipes and tubes interfered with the equipment in unpredictable ways. We discovered this problem in our experimental herd and reported a statistical method to detect carry over (Løvendahl & Bjerring, 2006).

Carry-over in milk samples was defined as the fraction of a milk sample coming from the cow milk just before the current cow. This fractional carry-over can reach 20 % but is more

often between 2 and 10 % (Løvendahl *et al.*, 2010). Having detected that carry-over exist as a problem, more questions are coming up. Is carry over related to the make of AMS or the make of the sampler or both? Will the producer do anything to repair this problem? How does carry-over affect milk records on given cows in the herd? Is carry over worse for protein than for fat or somatic cells? Can recording data still be trusted even when there is carry-over in the samples? Does carry over impact on breeding values? What can reduce carry over here and now? This presentation seek to answer some of these questions, and comment on some related ones.

## What is carry-over and how can I see it?

Carry-over is residues of milk left in tubes, pipes, containers and pumps that are not emptied completely after milking of one cow before the next milking begins. The complexity of AMS leaves many such places for residues, some are visible and others hidden. Visible carry-over was observed as residues of milk in the collection container as in figures 1a and 1b, of commonly found AMS units. The milk residues look yellow, because we were at the same time trying out a new detection and carry-over test method using yellow colored milk.

Carry-over is mainly a problem if milk recording is going on at a test day or if milk samples are used for diagnostic purposes. In that situation, it is important to know how much carry over we can expect. Then, some ways to measure or estimate carry over are important to have at hand. We have used two methods, one based on statistical analysis of fat content in many samples, the other by tracing a colorant added to milk. Details and results from the two methods is described below.



Figure 1a, 1b: Visible residues of milk in the end units of two AMS systems that are not adjusted well enough for milk sampling.

## Statistical detection of carry-over

The idea is to use a «linear mixed model» and have many milk records with fat percentage (Løvendahl & Bjerring, 2006). The model will estimate the expected fat% for each cow at each milking, based on similar records from many other milkings of the same cow, and similarly for the other cows in the herd. At each milking, the deviation from the expected value is plotted against the fat% in the cow milked just before, and a trendline is fitted through the data points. If the slope of the line is zero or flat it means that, there is no dependency between fat% recorded in the present and the previous cow, so having no carry over. If the slope is positive it means that fat% in the present cow is higher than expected if the cow milked before was also high in fat%. This is shown as an example in table 1. We have applied the method routinely to milk data from our experimental farm where about 60 cows are milked in each of 3 AMS units. Milk samples were taken over 48 h consecutively in each week, and an estimate of carry over was made for each week and each AMS. These estimates showed very high values and large variation in the estimated carry-over (figure 2). Following pilot investigations of possible solutions the units were rebuild and modified with the intention to reduce carry over. This involved physical changes as well as changes to the control software, and addition of forced tube cleaning between milkings. Following modification a much lower carry over was found (figure 2), and results came mostly below a target set at 4 % carry over. However, estimates of carry over were still highly variable, but at a lower level.

Table 1: Examples of carry over in milk samples (extract from Løvendahl & Bjerring, 2006)						
Milking Order	True %Fat	Milk Kg	Fixed fraction carry-over (20 %)			
			%fat from this	%fat from previous	Measured %fat	Deviation %fat
Cleaned					0.00	
1	4.50	12		0.00	4.50	0.00
2	6.00	3	4.80	0.90	5.70	-0.30
3	3.30	11	2.64	1.14	3.78	0.48
4	4.50	14	3.60	0.76	4.36	-0.14
5	7.10	19	5.68	0.87	6.55	-0.55
6	5.20	9	4.16	1.31	5.47	0.27
7	3.10	2	2.48	1.09	3.57	0.47
8	5.20	4	4.16	0.71	4.87	-0.33

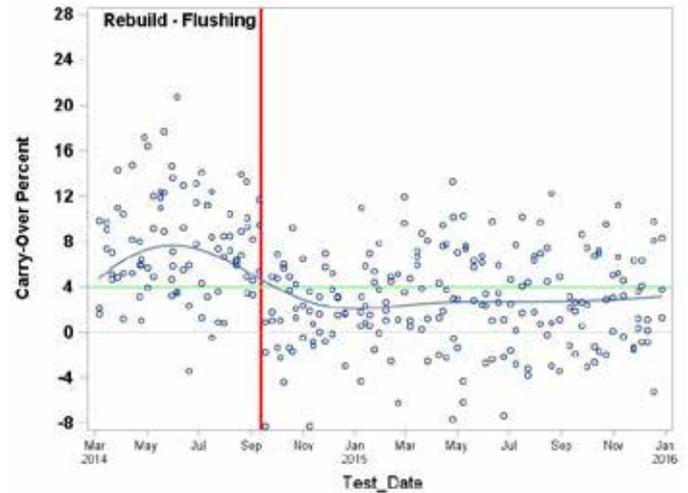


Figure 2: Detected carry over in weekly test-sessions before and following modifications (Rebuild-flushing at the red line) to the AMS milking and sampling system. The green horizontal line indicate the target for acceptable carry over at 4 %.

## Color tracer method for detection of carry-over

The statistical approach to carry detection is effective if there is enough data and that usually takes data from each AMS over 2 days (i.e. + 200 samples) to give a just reasonably good estimate. A faster method developed as a «bench test» allow reliable assessment of carry over being obtained in just one working day, and using a single AMS unit. However, the method require the AMS to be closed down for milking during the test.

The testing principle is that we milk two «phantom cows» called «Yellow» and «White» (Løvendahl, Larsen & Bjerring, 2010). Cow yellow is a bucket with 10 Kg of milk spiked with a fluorescent yellow colorant, and cow «White» is a bucket with 10 Kg of milk without any added color. We put the AMS in recording mode and collect milk samples. First, we milk Yellow two times, then milk White two times. The color intensities in the milk samples are measured using a spectro-fluorometer, which can be a small instrument that is rather easy to operate. Let milk from Yellow have intensity of 100 % (very yellow), and White have intensity at 0 %. If samples from White are truly white (i.e. 0 %) there is no carry-over. However, if the first milk from White has 7 % intensity, there is 7 % carry over. With this method we have detected carry over between 0 % and over 20 % (Løvendahl et al. 2010). The method was presented at ICAR meetings and is available to manufacturers of AMS equipment and test centers for milk recording devices. It was also exercised at a hands-on workshop at

Leeuwarden, NL for a group of ICAR test-center persons. Although the used colorants are non-toxic, we must recommend a thorough cleaning of the AMS and samplers after use in farm tests.



Figure 3: Test tubes with «Yellow», «White» and carry-over milk used in tracer method carry-over test.

### Simple ways to reduce carry over or deal with it

Although future generations of AMS and samplers will have less carry-over, there are some simple ways to cope with this on already installed equipment. The key is to have the settings adjusted for test-day. That means to put level sensors as deep as possible so that end-units are emptied well as the volume of milk left in pump houses can be between half and one liter. Recording technicians should be trained in doing this adjustment job, and doing it at every test day at every herd. Also, the service technicians visiting herds should be aware that settings of the sensors are fundamental in obtaining the least carry over. It might also be possible for some makes of AMS to make changes to software, firmware or hardware that would more thoroughly reduce carry over. Herd owners should repeatedly ask the providers for this option on a regular basis until their units have been upgraded or changed.

Milk samples are increasingly used for diagnostic purposes with PCR and ELISA tests for diseases or pregnancy. The test may in some cases be affected by carry over, and make false positives, often around the detection limit of these tests. In such cases a re-testing is needed to verify the result. This unfortunately delay decisions and increase testing expenses.

### Acknowledgement

Most of the carry-over studies involved my colleagues Martin Bjerring and Torben Larsen. Funding was obtained from a range of projects using data from the research station «Danish Cattle Research Centre». Collaboration with the Danish recording organization «RYK» Skejby, Denmark co-funded some studies together with ICAR (Rome, Italy).

### References

- ICAR, 2016. International agreement on recording practices. Recording guidelines. Available at <http://www.icar.org/index.php/recording-guidelines-in-menu/>.
- Løvendahl, P. and M. Bjerring, 2006. Detection of Carry-over in Automated Milk Sampling Equipment. *Journal of Dairy Science*, 89: 3645–3652.
- Løvendahl, P., T. Larsen and M. Bjerring, 2010. Determination of carry-over in automated milking, recording and sampling systems using fluorescent tracers. *Proceeding of 37th ICAR Biennial Annual Meeting*. P. 147–152 (ICAR Technical Series; no. 14).
- Løvendahl, P, M. Bjerring and T. Larsen, 2014. A testing protocol for carry over in AMS using tracer-color dilution. In *Main Program: IDF/ISO Analytical Week and ICAR/Interbull Conference*. P. 43.

# Schonendes Melken. Nachhaltige und wirtschaftliche Milchproduktion ist möglich!

Werner Happel

System Happel GmbH, Physiologische Melktechnik, Mühlweg 4, 87654 Friesenried, Deutschland

## Zusammenfassung

Um das maschinelle Melken zu optimieren muss die Physiologie des natürlichen Milchentzuges, das Kalbsaugen berücksichtigt werden. Alle Störfaktoren, die das Melken oder die Gesundheit der Kuh beeinträchtigen, sollten vermieden werden. Von besonderer Bedeutung für eine natürliche Infektionsabwehr sind Zitzen mit funktionsfähigem Strichkanal, ohne Hyperkeratosen. Schonend Melken heisst, möglichst geringe Gewebebeanspruchung ausüben, was durch zügiges Melken und eine Vakuumentlastung während der Massagephase erreicht werden kann. Ebenfalls ein wichtiger Faktor ist die Qualität der Zitzenmassage, die eine wirksame Blutrückführung in der Zitze gewährleisten soll, ohne aber zu viel mechanischen Druck auf den Strichkanal auszuüben. Der Fokus bei der Entwicklung des neuen AktivPuls Melksystems mit SSC Technologie war es, bei minimaler Wartung und äusserster Zuverlässigkeit im Praxiseinsatz diese Vorgaben zu erfüllen: Vakuumentlastung in der Massagephase - effektive Zitzenmassage, bei Schonung des Strichkanals - hohe Melkkapazität.

Nach umfangreichen Tests hat sich das hochwertige Siliconmaterial: SiliconPro als beste Materialvariante für den Zitzengummi herausgestellt.

Für die Realisierung von hohen Melkgeschwindigkeiten wurde folgende Lösung gefunden: Der Lufteinlass über elastische Düsen im Kopf des SiliconPro und der Längskanal im Schaft leitet die Milch optimal ohne Rückstau ins Sammelstück. Von dort wird sie über Milchleitflächen und ein grosses, konisches Auslasselement mit Finne schonend und ruhig mit wenig Turbulenzen in den Milchschlauch weitertransportiert. Das Sammelstück benötigt keinen Lufteinlass mehr. Die Funktion der Vakuumentlastung wird durch eine im SiliconPro integrierte Schrägfläche in allen Milchflussbereichen zuverlässig ausgeübt.

Für die Zitzenmassage wurde eine komplett neue, einzigartige Lösung realisiert. Die Massage der Zitze wird mittels zweier nebeneinander positionierter Massageleisten am Schaft des SiliconPro, in Kombination mit dazwischen-

liegenden dünnwandigen Massagefeldern durchgeführt. Hauptvorteil ist, dass für unterschiedliche Zitzenlängen eine bessere und schonende Massage erreicht wird und der Druck auf den Strichkanal über die dünnwandigen Massagefelder reduziert wird.

Die Vorteile und die Zuverlässigkeit des neuen Melksystems wurden bereits in vielen Praxisbetrieben international bestätigt.

## Résumé

### Traire en douceur. Pour une production de lait économique et rentable

Pour optimiser la traite mécanique, il faut tenir compte de la physiologie de l'extraction naturelle du lait lors de la tétée du veau. Tous les facteurs qui perturbent la traite ou la santé de la vache devraient être évités. Pour la défense naturelle contre les infections, il est particulièrement important que les trayons aient un canal qui fonctionne bien et qu'ils ne présentent pas d'hyperkératoses. Traire en douceur veut dire exercer le moins de contraintes possible sur les tissus. On peut y parvenir grâce à une traite rapide et à une réduction du vide pendant la phase de massage. La qualité du massage des trayons est également un facteur important. Il a pour but de faire refluer le sang dans le trayon sans exercer une pression mécanique trop importante sur le canal du trayon. Le nouveau système de traite AktivPuls avec technologie SSC à l'appui a été conçu pour satisfaire à ces exigences dans la pratique moyennant une maintenance minimale et une fiabilité maximale: réduction du vide dans la phase de massage - massage effectif des trayons, tout en ménageant le canal des trayons - capacité de traite élevée.

Après des tests approfondis, le matériel en silicone de haute qualité SiliconPro s'est avéré être la meilleure option pour le manchon trayeur.

La solution suivante a été adoptée pour obtenir des vitesses de traite élevées: l'entrée d'air via des buses élastiques sur la tête du manchon SiliconPro et sur le petit tuyau à

lait amène le lait dans la griffe sans aucun engorgement. De là, grâce à des conduits d'évacuation et un grand élément de sortie de forme conique avec une rigole, le lait est acheminé en douceur et avec ménagement dans le tuyau à lait en évitant le plus possible les turbulences. La griffe n'a pas besoin d'entrée d'air. La fonction de réduction du vide est exercée de manière fiable à tous les niveaux de flux de lait par le plan incliné intégré dans le SiliconPro.

Une solution unique entièrement nouvelle a été trouvée pour le massage des trayons. Le trayon est massé grâce à deux lices de massage placées côte à côte dans le gobelet du SiliconPro, entre lesquelles on trouve des plages de massage très fines. Le principal avantage est qu'il est possible de fournir un meilleur massage plus doux pour des trayons de différentes longueurs et que la pression exercée sur le canal du trayon est réduite du fait des parois fines des plages de massage.

Les avantages et la fiabilité du nouveau système de traite ont déjà été confirmés dans plusieurs exploitations au niveau international.

## Summary

### Gentle Milking. Sustainable and Economic Milk Production is Possible!

In order to optimise machine milking, the physiology of natural milk removal – i.e. that of calf suckling – must be borne in mind. Any disruptive factors having an adverse affect on milking or the health of the cow should be avoided. Teats with a functional streak canal and without hyperkeratoses are of particular importance for natural defence against infections. Gentle milking means putting as little stress as possible on tissues; this can be achieved by quick milking and vacuum relief during the massage phase. Another important factor is the quality of the teat massage, which is meant to ensure effective recirculation of blood in the teat, without exerting too much mechanical pressure on the streak canal. When developing the new AktivPuls milking system with SSC technology, the focus was on meeting the requirements of vacuum relief in the massage phase, effective teat massage without putting stress on the streak canal, and high milking capacity, with the provisos of minimal maintenance and utmost reliability in practical application.

After exhaustive tests, the high-quality silicon material SiliconPro has proven to be the best material variant for the liner.

To achieve high milking speeds, the following solution was found: air intake via elastic nozzles in the head of the SiliconPro and in the axial canal in the shaft optimally conveys the milk, without backflow into the clawpiece. From there, it is transported gently and quietly onwards with little turbulence into the milk hose via milk conduction surfaces and a large, conical outlet element with fins. The clawpiece requires no further air intake. The vacuum-relief function is reliably performed in all milk-flow areas by a sloping surface incorporated in the SiliconPro.

For the teat massage, a brand-new and unique solution was implemented. The teat massage is carried out by means of two massage bars positioned next to one another on the shaft of the SiliconPro, in combination with thin-walled massage fields in between. The main advantages here are that a better and gentler massage is achieved for different teat lengths, and the thin-walled massage fields reduce the pressure on the streak canal.

The advantages and reliability of the new milking system have already been confirmed internationally on many commercial farms.

## Einleitung

Die wirtschaftliche Milcherzeugung im internationalen Wettbewerb wird zu einer immer grösseren Herausforderung für den Milcherzeuger, sowohl für das automatische, als auch für das konventionelle Melken. Der Fokus für Verbesserungen liegt vor allem im Management, in der Fütterung und in der Melktechnik. Im Mittelpunkt der Bemühungen steht das Tierwohl und der praktische Nutzen für den Landwirt. Die Wirtschaftlichkeit der Kuh ist in entscheidendem Masse davon abhängig, wie lange sie gesund eine hohe Milchleistung produzieren kann.

In der Melktechnik wurden durch wissenschaftliche Arbeiten neue Erkenntnisse gewonnen und umgesetzt, wie z.B. Abläufe und Varianten der Stimulationsphase (R.Bruckmaier et.al.2001, Rasmussen et.al.1992).

Es herrscht Übereinstimmung, dass die Zitzen beim Melkvorgang möglichst schonend behandelt, und der Strichkanal und das Zitzengewebe möglichst wenig belastet werden soll.

Die Studien zeigen aber auch, dass beim Maschinenmelken nach der Melkzeugabnahme an den Zitzen Blutstau und eine Verdickung der Zitzenwandungen durch die Vakuum-

belastung feststellbar ist (Hamann, Mein 1988). Andauernder Gewebestress an den Zitzen verursacht Hyperkeratosen, dadurch wird die Funktion des Strichkanals als natürliche Infektionsbarriere gegenüber Erregern beeinträchtigt und das Mastitisrisiko erhöht.

Das Grundprinzip der maschinellen Melktechnik, das bis heute angewandt wird, geht auf das Jahr 1902, den Zwei-raum- Melkbecher zurück. (WGM Tagung 2006, Albers et.al.)

Untersuchungen des natürlichen Melkens, dem Kalbsaugen (F.Happel 1963) haben gezeigt, dass beim Kalbsaugen während jeder Massagephase das Vakuum unterbrochen wird.

Bei üblichen Standard Melksystemen bleibt jedoch das Vakuum auch während der Massagephase bestehen und verursacht dadurch einen Blutstau.

Weitere Untersuchungen( D. Reinemann, Mein 2009) zeigen, dass die Art und Weise der Zitzenmassage erheblichen Einfluss auf das Melkergebnis und die Zitzenkonditionen hat.

## Zielsetzung

Ziel der melktechnischen Optimierung Phase 1 war es, ein Melkzeug zu entwickeln, das die vorteilhafte Vakuum-entlastung im Melkzeug realisiert, bei minimalem Wartungsaufwand und hoher Funktionssicherheit. Weitere Vorgaben waren eine hohe Melkkapazität und schonendste Milchbehandlung.

Das Ergebnis jahrelanger Tests war das patentierte AktivPuls Melksystem, das erstmalig die natürliche Vakuum-entlastung, integriert im Zitzengummi realisiert hat.

Das AktivPuls Melkzeug kombiniert schonendes Melken mit höchster Melkkapazität mit einem Sammelstück, das die Milch mit minimalen Turbulenzen über spezielle Milchleitelemente weiter transportiert. (Abb. 1a AktivPuls Melkzeug, 1b, 1c Sammelstück, Milchleitelement AktivPuls)

Die Vakuum-entlastung wird erreicht durch einen speziellen Schrägabschluss bei dem mittels der Zitzengummiwandung in der Massagephase die Verbindung zum Vakuum unterbrochen wird (Abb. 2a Saugphase, 2b Entlastungsphase).



Abbildung 1a: AktivPuls Melkzeug; 1b: AktivPuls Sammelstück; 1c: Milchleitelement im AktivPuls Sammelstück.

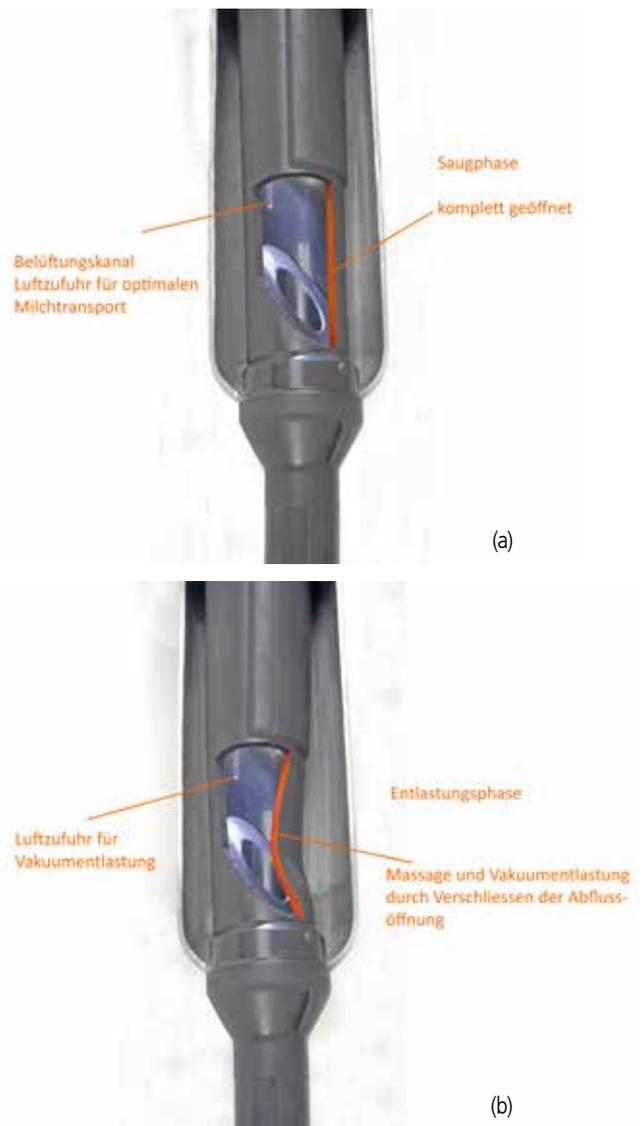


Abbildung 2a: AktivPuls Saugphase; 2b: AktivPuls Entlastungsphase.

Der Lufteinlass erfolgt über eine Düse im Zitzengummikopf und einen Belüftungskanal im Zitzengummischacht. (Abb. 3a Düse) So wird erreicht, dass eine Entlastungsphase für die Zitzen in jeder Milchflussphase garantiert wird (Abb. 3b Vakuumverlauf, 10L/min.).



Abbildung 3a: Düse, Belüftungskanal; 3b: Vakuumkurve unterhalb der Zitze, 10L/min.

Die hohen Erwartungen für das AktivPuls Melksystem haben sich in der Praxis bestätigt. Das schonende Melken mit der natürlichen Vakuumentlastung garantiert dem Landwirt, dass sich die Zitzenkonditionen verbessern, was sich positiv auf die Eutergesundheit auswirkt.

Durch die hohe Melkkapazität ist AktivPuls in der Lage, Kühe mit höchstem Minutengemelk (bis 14L/min) problemlos und zügig zu melken.

Wissenschaftliche Untersuchungen (S. Sagkob 2009, A. Vetter 2014) haben die Verbesserungen der Zitzenkonditionen durch AktivPuls bestätigt, bei vergleichbaren Melkzeiten wie Standardsysteme.

Die melktechnische Optimierung Phase 2 begann im Jahr 2012 mit folgenden Zielsetzungen:

- Funktionssicherstellung der AktivPuls Melkvorteile bei verschiedenen Einsatzbedingungen
- Optimierungen bei der Zitzenmassage, Vorbild Kalbsaugen
- Längere Nutzungsdauer der Zitzengummis und höhere Wirtschaftlichkeit

## Material und Methoden

Als Lösung für eine längere **Nutzungsdauer** war der Wechsel des Materials von Zitzengummi auf Zitzen«silicon» schon vorbestimmt. Der Vorteile von hochwertiger Siliconqualität liegen vor allem in der höheren Nutzungsdauer, der glatteren Materialoberfläche für bessere Reinigung und in den bestehenden internationalen Lebensmittelzulassungen nach BfR und FDA Richtlinien.

Wir haben uns nach langen Testreihen und Praxistests für eine Hi- tech Siliconqualität «AktivPuls SiliconPro» entschieden, die bis zu 8000 Melkungen erlaubt, und sich mit geringen Flexibilitätsveränderungen über die ganze Laufzeit als optimal erwiesen hat für das AktivPuls Melksystem.

Bei Optimierungsversuchen für die **Zitzenmassage** sind viele Faktoren zu berücksichtigen:

Vor allem Materialqualität, Shorehärte, Wandstärken, Konstruktion, Elastizität oder Längsspannung von denen jeder Faktor für sich das Ergebnis entscheidend verändern kann. Unabhängig davon kann auch die Dauer der Pulsationsphasen, (z.B. a und c Phasen) Einflüsse auf das Melken haben. Wichtig dabei scheint vor allem zu sein, dass die Bewegungsabläufe beim Öffnen und Massieren harmonisch verlaufen.

Nach unserer Erfahrung hat auch die Stärke und anliegende Fläche bei der Zitzenmassage eine grosse Bedeutung. Zum Beispiel hat eine sehr dünne Wandstärke beim Schlauchteil den Vorteil, dass die Zitzenspitze schonend behandelt wird, andererseits ist das Melkergebnis nicht zufriedenstellend, da nicht genügend Massagekraft auf die Zitze für eine gute Blutrückführung übertragen wird (Abb. 4a ZG dünne Wandung, Abb. 4b starke Wandung). Eine starke Wandung überträgt eine gute Massagekraft auf die Zitze, aber die Punktbelastung auf den Strichkanal ist sehr hoch. Die Bildung von Strichkanalveränderungen wie Hyperkeratosen sind zu erwarten.

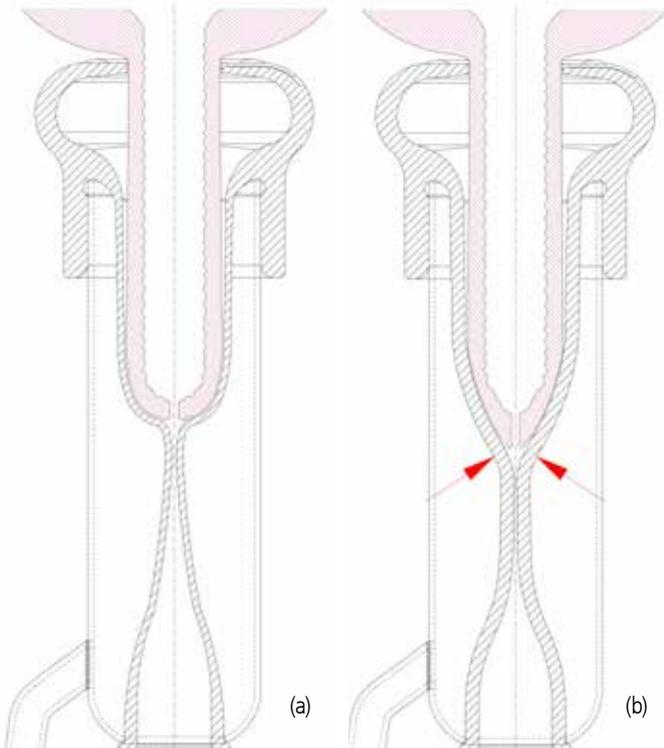


Abbildung 4a: dünne Wandung ZG; 4b: starke Wandung ZG

Bei AktivPuls SSC mit SilicoPro Siliconzitzen haben wir folgende Lösung realisiert:

1. Die Massage wird auf die Zitzenlänge übertragen über 2 Massageleisten, die leiterförmig längs am Schlauchteil positioniert sind und nicht den Strichkanal beaufschlagen.
2. Zwischen den Massageleisten erfolgt über mittige, dünnwandige Massagezonen eine grossflächige, asymmetrische Massage auf die Zitzenspitze und den Strichkanal. Dadurch wird eine Punktbelastung am empfindlichen Strichkanal vermieden.
3. Unterschiedliche Zitzenlängen werden durch die einzigartige Anordnung der Massagezonen besser massiert (Abb. 5a SiliconPro Massage, 5b SSC Massage lange Zitze, 5c SSC Massage kurze Zitze).

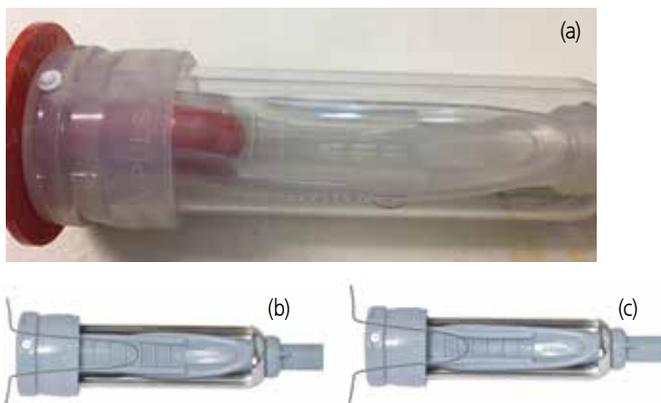


Abbildung 5a: SiliconPro Massage; 5b: Massage lange Zitze; 5c: Massage kurze Zitze.

Zur **Funktionssicherheit** des AktivPuls Melkzeugs unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen waren 2 Themen im Fokus:

- Sichere, unempfindliche Lufteinlassdüse am SiliconPro, die auch unter extremen Bedingungen (sehr lange Melkzeiten, unsaubere Einsatzbedingungen) nicht verstopft.
- Einsatz von AktivPuls Melkzeug SSC, ohne Spezial Spülaufnahmen.

Das Risiko einer Luftdüse im Zitzengummikopf besteht darin, dass sie im Melkbetrieb verstopfen kann, entweder durch Staub, Kuhhaare oder schmutziges Umfeld. Dann ist die Funktion nicht mehr gegeben.

Im Falle einer Verstopfung kann eine (feste) Düse nur über eine Nadel oder ähnliches wieder geöffnet werden. Das ist beim Melken zu aufwändig und nicht praxisgerecht. Spezielle Spülaufnahmen (Abb. 6 Clearwash) können die Situation verbessern, aber auch das ist z.B. bei Umrüstungsbetrieben nicht immer möglich.



Abbildung 6: Clearwash.

Als Lösung wurde die SmartAir Düse entwickelt. SmartAir besteht aus Silicon, ist erhaben, hochelastisch und die Länge der Düsenverengung beträgt nur 0,5 mm. Ein Blockieren der Düse ist dadurch praktisch nicht mehr möglich. Bei Praxistests blieb die Düse selbst unter schmutzigen Bedingungen noch frei (Abb. 7 Extrembedingungen, SmartAir Düse offen).



Abbildung 7: SmartAir Düse.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass selbst wenn die Düse verstopft wäre, diese durch einfaches Überstreifen mit dem Finger wieder freigemacht werden kann.

Die SmartAir Düse hat somit die gesetzten Ziele erreicht und die Funktionssicherheit des AktivPuls SSC Melksystems noch gesteigert. Eine spezielle Spülaufnahme für die Düsenreinigung ist nicht mehr notwendig.

AktivPuls SiliconPro mit SmartAir Düse ist eine sinnvolle Weiterentwicklung zur Optimierung des schonenden Melkens. Die SiliconPro Siliconzitzen sind bereits in 4 verschiedenen Größen verfügbar (Abb. 8a SiliconPro Schnittdarstellung, Abb. 8b SiliconPro Sortiment).

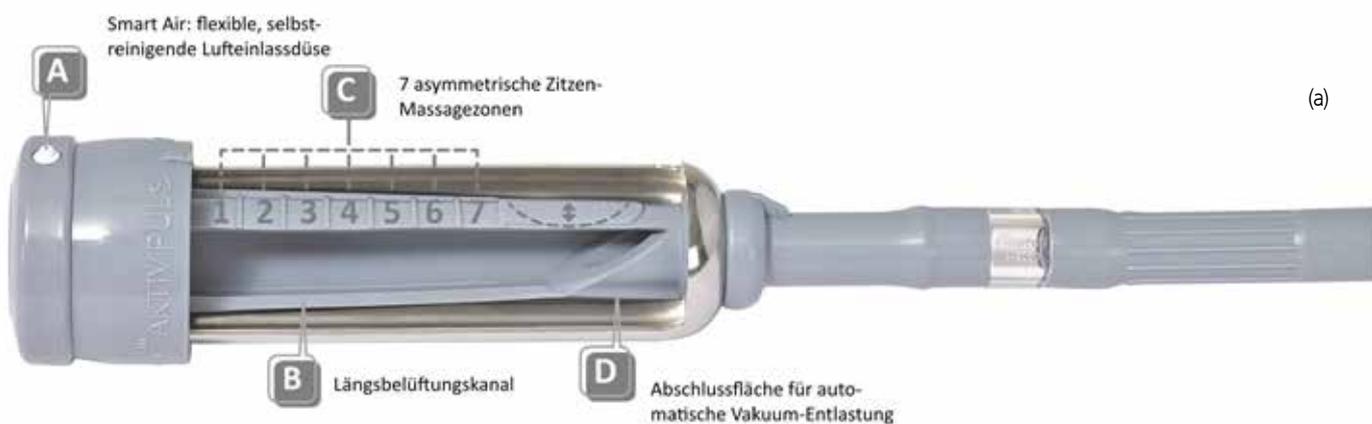


Abbildung 8a: Schnittdarstellung SiliconPro; 8b: SiliconPro Sortiment.

## Ergebnis

Mit der Entwicklung des AktivPuls SSC Melkzeugs wurde ein weiterer Schritt zur Optimierung des maschinellen Melkens realisiert. Tiergerechtes Melken, umgesetzt in eine praxisgerechte Konstruktion, bieten dem Milcherzeuger einen wirtschaftlichen Vorteil und praktischen Nutzen (Abb. 9 AktivPuls SSC Melkzeug).



Abbildung 9: AktivPuls SSC Melkzeug.

## Ausblick

Bei zukünftigen Entwicklungen wird eine Analyse der Daten zur Beurteilung der Herdengesundheit und Automatisierung eine wichtige Rolle spielen. Die Sensorik einerseits zur Gesundheitsüberwachung der Tiere, andererseits zur kontinuierlichen Überwachung der Technik wird zunehmen. Vorstellbar sind zum Beispiel Thermografiekameras bei automatischen Melksystemen zur Früherkennung von Euterkrankheiten.

Signaleinrichtungen (z.B. Anzeige, Erfassung von Zitzengummikopfvakuum Abb. 10) als Hilfsmittel für die Auswahl der richtigen Zitzengummigröße, oder z.B. Automatische Dippeinrichtungen, die in der Lage sind, materialsparend schon im Melkbecher die Zitzen von unten zu dippen (Abb. 11).



Abbildung 10: Zitzengummikopfvakuum.

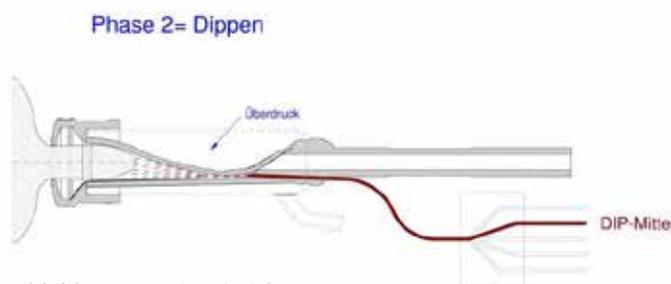


Abbildung 11: Dippeinrichtung.

## Literatur

- Albers, E., B. Schulze-Wartenhorst, Das Zweiraum Melkbecherprinzip. Fachgruppe Melken und Melktechnik, WGM Tagung 2006.
- Bruckmaier, R.M., M. Hilger, 2001. Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. *Journal of Dairy Research* 68, 369–376.
- Hamann, J., G.A. Mein, 1988. Responses of bovine teat to machine milking: Measurement of changes in thickness of teat apex. *Journal of Dairy Research* 55, 331–338.
- Happel, F., 1963 Untersuchung der pneumatischen und mechanischen Belastungen der Zitze beim natürlichen Milchentzug durch das Kalb als Grundlage zur Beurteilung des Maschinenmelkens. *Tierärztliche Umschau*, 1–8.
- Rasmussen, M.D., E.S. Frimer, D.M. Galton, L.G. Peterson, 1992. The influence of premilking teat preparation and attachment delay on milk yield and milking performance. *Journal of Dairy Science* 75, 2131–2141.
- Reinemann, D.J., G.A. Mein, 2011. Unraveling the mysteries of liner compression. Countdown Meeting, Melbourne, Australia.
- Sagkob, S., H.J. Rudovsky, S. Pache, H.J. Herrmann, W. Wolter, H. Bernhardt 2010. Effects of different cluster types on teat condition and milk release parameters, XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Quebec City, Canada.

Vetter, A., A.H. van Dorland, M. Youssef, R.M. Bruckmaier, 2014. Effects of a latency period between pre-stimulation and teat cup attachment and periodic vacuum reduction on milking characteristics and teat condition in dairy cows. *Journal of Dairy Research* (2014) 81, 107–112.

# Hygienische Schwachstellen in Melkanlagen – Praxiserfahrungen aus Sicht der Beratung

Jürg Maurer

Agroscope, Mikrobielle Systeme von Lebensmitteln MSL, Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Bern, Schweiz

## Zusammenfassung

Saubere Melkanlagen, Milchsammeltanks und Melkutensilien sind Voraussetzung für eine einwandfreie Milch, die für die Verarbeitung zu Käse und insbesondere zu Rohmilchkäse geeignet ist. Ungenügend gereinigte Melkanlagen sind nach wie vor die häufigsten Ursachen für bakteriologisch beanstandete Milch. Keimarme Milch lässt sich nur gewinnen, wenn die Melkanlage und das Milchgeschirr sorgfältig und regelmässig gereinigt, kontrolliert und gewartet wird. Trotz aller Bemühungen, sehen sich Milchproduzenten immer wieder mit Beanstandungen durch den Milchverarbeiter konfrontiert. Diese Beanstandungen beziehen sich vor allem auf Keime (Propionsäurebakterien, Histamin bildende-, stark reduzierende- usw.), die zu Schäden bei der Verarbeitung zu Käse führen. Die Ursache ist oft bei unsachgemässer Installation von Teilen der Melkanlage sowie ungenügender Reinigung und Wartung der Melkanlage zu suchen. Die regionalen Milchproduzentenberater und Agroscope sind bestrebt, den betroffenen Milchproduzenten durchsuchen nach der Ursache vor Ort und daraus folgenden Empfehlungen und Massnahmen zu einer dauerhaften, einwandfreien Milchqualität zu verhelfen.

## Résumé

### Points faibles dans l'hygiène des installations de traite – expériences pratiques des conseillers

Des installations et des ustensiles de traite ainsi que des tanks à lait propres sont la condition indispensable pour obtenir un lait de qualité irréprochable adapté à la fabrication de fromage et notamment de fromage au lait cru. Les installations de traite qui ne sont pas suffisamment nettoyées, restent la cause la plus fréquente d'un lait déficient au niveau de la qualité bactériologique. Il n'est possible d'obtenir du lait à faible teneur en germes que si l'installation de traite et les ustensiles utilisés pour le lait sont nettoyés, contrôlés et entretenus soigneusement et régulièrement. En dépit de leurs efforts, les producteurs laitiers se voient invariablement confrontés à des contestations de la part des entreprises de transformation du lait. Ces contestations portent surtout sur les germes (bac-

téries de l'acide propionique, productrices d'histamine, fortement réductrices, etc.), qui causent des dommages lors de la fabrication du fromage. Les problèmes sont souvent dus à une installation incorrecte d'éléments de la machine à traire, ainsi qu'à un nettoyage et un entretien insuffisants de cette dernière. Les conseillers régionaux et Agroscope s'efforcent d'aider les producteurs laitiers concernés en cherchant la cause des problèmes sur place et en recommandant les mesures à prendre pour une qualité de lait durable et irréprochable.

## Summary

### Hygiene Weaknesses in Milking Installations – Practical Experience from an Extension Perspective

Clean milking installations, milk-collecting tanks and milking facilities are a requirement for safe, high-quality milk suitable for making into cheese, in particular raw-milk cheese. Inadequately cleaned milking installations are still the most common cause of bacteriologically unsound milk. Milk with a low bacterial load can only be obtained if the milking system and equipment are carefully and regularly cleaned, checked and serviced. Despite all their efforts, milk producers are time and again faced with complaints from the milk processor. These complaints refer primarily to germs (propionic-acid, histamine-forming and strongly reducing bacteria, etc.), which lead to damage during the cheesemaking process. The cause often lies in the improper installation of milking-system parts, as well as inadequate cleaning and servicing of the milking installation. Regional dairy extension workers and Agroscope strive to help affected milk producers achieve lasting, impeccably safe milk quality by searching for the cause of any problems on site and making consequent recommendations for measures to be taken.

### Ursachen für chronische Infektionen in Melkanlagen oder im Milchsammeltank

Selbst wenn die Gesamtkeimzahl der abgelieferten Milch tief liegt, kann eine chronische Kontamination mit käse-

reischädlichen Keimen (Abb. 1 und Abb. 2) vorliegen. Chronische Infektionen in Melkanlagen sind meist auf eine der folgenden Ursachen zurückzuführen:

- zu tiefe Reinigungstemperaturen
- zu kurze Reinigungsdauer
- zu tiefe Dosierung des Reinigungsmittels oder Verwendung ungeeigneter Reinigungsmittel
- ungenügende Reinigung von heiklen Anlagenteilen bei der automatischen Reinigung der Melkanlage
- fehlende visuelle Kontrolle der Sauberkeit von Melkanlagen nach der Reinigung.
- ungenügende Wartung von Melkanlagen (defekte Dichtungen, spröde Gummiteile, alte Schläuche usw.)
- mangelhafter Service von Melkanlagen
- fehlerhafte Installation von Melkanlagen
- fehlerhaft montierte Briden bei Schlauchanschlüssen
- ungenügende Reinigung des Milchsammeltanks
- Verschmutzte Dichtungen im Milchsammeltank (Rührwerk, Auslaufhahn)
- fehlerhafte Schweissnähte in Milchleitungen



Abbildung 1: Raclettekäse mit fehlerhafter Lochung verursacht durch eine Propionsäuregärung.



Abbildung 2: Deklassierter Emmentaler mit Rissen und brennendem Geschmack als Folge der Bildung von Histamin durch *Lactobacillus prabuchneri*.

### Korrekte Reinigung von Melkanlagen

Für die optimale Reinigung der Melkanlage sind folgende Punkte zu beachten:

- Nach jedem Melken sofort vorspülen, reinigen und nachspülen.
- Für die Reinigung von Melkanlagen sind geprüfte Produkte von vertrauenswürdigen Firmen zu verwenden.
- Die Vorgaben des Herstellers für die Dosierung des Reinigungsmittels sind einzuhalten und die korrekte Dosierung zu überprüfen.
- Alkalische und saure Reinigungsmittel müssen abwechselnd angewendet werden.
- Reinigungstemperatur: Die Temperatur der Reinigungslösung sollte während der Reinigung mindestens 60 °C im Rücklauf erreichen (Tabelle 1). Nur so ist gewährleistet, dass hitzeresistente Keime abgetötet werden.

Falls die minimale Temperatur von 60 °C nicht erreicht wird, sind folgende Möglichkeiten zur Anhebung der Temperatur zu prüfen:

- Vorspülen mit Warmwasser
- Betriebstemperatur des Boilers erhöhen

**Tabelle 1: Vergleich der Temperatur der Reinigungsmittellösung von Melkanlagen bei Histamin-positiven und Histamin-negativen Betrieben**

Positive Betriebe	Maximale Temperatur (°C) bei 1. Besuch	Maximale Temperatur (°C) bei 2. Besuch	Negative Betriebe	Maximale Temperatur (°C)
1	52	56	1	54
2	44	59	2	59
3	51	51	3	62
4	56	56	4	62
5	52	52	5	50
6	57	57		
7	52	55		
8	58	62		
Ø	52.8	56.0	Ø	57.4

- Menge der Reinigungslösung erhöhen
- Einbau eines Durchlauferhitzers
- Installation eines grösseren Boilers

### Visuelle Kontrolle und manuelle Reinigung

Die Abbildungen 3–5 zeigen Beispiele von Ablagerungen in Melkanlagen, die nachweislich für Kontaminationen der Rohmilch mit Propionsäurebakterien oder Lactobacillus para-buchneri verantwortlich waren. Von aussen sind solche Ablagerungen meist nicht sichtbar, weshalb es sehr wichtig ist, dass heikle Anlagenteile regelmässig für eine visuelle Kontrolle demontiert und manuell gereinigt werden.



Abbildung 3: Ablagerungen in einem Milchmengenmessgerät durch eine Propionsäuregärung.



Abbildung 4: Ablagerungen beim Klappenventil eines Milchsammeltanks.



Abbildung 5: Ablagerungen unter Gummidichtung eines Deckels der Endeinheit.

Diese Anlagenteile müssen regelmässig visuell kontrolliert und von Hand gereinigt werden:

- Deckel und Dichtungen der Endeinheit
- Dreiweghahn und Milchhahn
- Sammelstück
- Dichtung von Rührwerk und Auslaufhahn des Milchtanks

Werden undichte oder gar tropfende Stellen (Abb. 6) bei einer Melkanlage festgestellt, müssen die Komponenten umgehend demontiert, gereinigt und die Ursachen (Abb. 7) behoben werden.

### Jahresservice von Melkanlagen

Es wird empfohlen, dass der Milchproduzent beim Jahresservice der Melkanlage anwesend ist. Beim Jahresservice sind sämtliche Dichtungen und Verschraubungen zu prüfen und zu reinigen. Defekte Dichtungen sind zu ersetzen. Bei Melkanlagen mit automatischer Reinigung ist die Genauigkeit der Temperatursonden zu überprüfen. Auch die Einhaltung der Sollwerte der Reinigungstemperatur ist zu überprüfen und auf dem Serviceblatt zu dokumentieren.

Folgende Punkte müssen beim Jahresservice überprüft und dokumentiert werden:

- Temperatur der Reinigungsmittellösung.
- Menge und Volumenstrom der Reinigungsmittellösung.
- Dosierung der Reinigungsmittel (Konzentration).
- Kontrolle der Sauberkeit kritischer Stellen (siehe Abbildungen 3–7). Die Servicefachperson sollte den Milchproduzenten informieren, wie oft heikle Anlagenteile, wie z. B. Sammelstück, Milchhahnen, Gummitteile der Endeinheit, usw. manuell gereinigt werden müssen.



Abbildung 6: Undichte Verschraubung einer Milchleitung.

- Die Vakuumleitung muss einfach mit Wasser gespült werden können.
- Die Kapazität des Boilers muss so dimensioniert sein, dass für die Reinigung der Melkanlage stets ausreichend heisses Wasser zur Verfügung steht und die geforderte Minimaltemperatur von 60 °C im Rücklauf erreicht wird.

Die regionalen Milchproduzentenberater können bei der Planung baulicher Massnahmen an den Melkanlagen beigezogen werden.



Abbildung 7: Defekte Dichtung aus Milchleitung mit Ablagerungen.

Folgende Anlagenteile müssen bei den jährlichen Servicearbeiten kontrolliert, gereinigt oder bei Bedarf ersetzt werden:

- Vakuumleitung, Vakuumtank, Vakuumhahnen, Vakuumregelventil, Verschraubungen und Dichtungen der Milchleitung
- sämtliche Gummitteile der Endeinheit und des Melkzeugs
- Milchmengenmessgerät

#### **Neuinstallation und bauliche Änderungen an Melkanlagen**

Bei der Neuinstallation oder der Abänderung von Melkanlagen ist die Beachtung der folgenden kritischen Punkte von grosser Wichtigkeit für den hygienischen Betrieb der Anlagen:

- Wenig Verschraubungen, keine unnötigen Bögen, gute Zugänglichkeit heikler Anlagenteile für die visuelle Kontrolle und die manuelle Reinigung.

# DIN ISO Messung in AMS

Wolfgang Spörer

LKV Sachsen-Anhalt e.V., Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Berlin, Deutschland

## Zusammenfassung

Die hohe Melkfrequenz in automatischen Melksystemen erfordert ein besonderes Mass an funktionaler Sicherheit in den melktechnischen Parametern. Dies kann nur durch intensive Wartung und Prüfung gewährleistet werden. Die derzeit angewendeten Prüfschritte aus der DIN ISO 6690 zur Überprüfung von konventionellen Melkanlagen können nur bedingt angewendet werden, da eine Einstufung der Melkanlage nach DIN ISO 3918, auf Grund spezieller Bauformen, nicht ohne weiteres möglich ist. Das viertelspezifische Melken, die in der DIN ISO 20966 geforderten Vorrichtungen zum Melken unter Abwesenheit von Personal erfordern zusätzliche Messungen. Der Luftdurchfluss an AI (Luftdurchfluss im Zitzenbecher) und der Luftdurchfluss an Ad (Luftdurchfluss vor der ersten viertelspezifischen Verteilung) sind weitere Prüfpunkte die zielführend sein können. In einer Fachgruppe der WGM wurden dazu in Zusammenarbeit mit 4 Herstellern Vorschläge erarbeitet, die eine Prüfung der automatischen Melksysteme nach DIN ISO ermöglichen. Die Prüfschritte wurden den einzelnen Systemen angepasst und Anschlussstellen klar definiert. Mit der Drucklegung Jan 2017 steht ein Handbuch zur Verfügung, in dem der Prüfmodus für automatische Melksysteme in Ein- und Mehrboxenanlagen beschrieben ist. Dieser Prüfmodus soll für weitere Revisionen der ISO als Diskussionsgrundlage dienen.

## Résumé

### Mesures DIN ISO dans l'AMS

La fréquence de traite élevée dans les systèmes de traite automatiques exige que les paramètres de la technique de traite répondent à un niveau de sécurité fonctionnelle particulièrement élevé. Seule une maintenance et des contrôles intensifs peuvent le garantir. Les phases de test actuellement utilisées selon la norme ISO 6690 pour le contrôle des installations de traite classiques ne peuvent être appliquées que dans une moindre mesure, car il n'est pas possible de classer les installations de traite automatiques selon la norme ISO 3918, du fait de leur forme spéciale. La traite par quar-

tier, exigée par la norme ISO 20966 dans les dispositifs où la traite se déroule en l'absence de personnel, nécessite des mesures supplémentaires. Le flux d'air à AI (flux d'air dans le gobelet trayeur) et le flux d'air à Ad (flux d'air avant la première division spécifique par quartier) sont des points de contrôle qui pourraient s'avérer judicieux. Un groupe spécialisé du WGM a établi des propositions en collaboration avec quatre fabricants afin de contrôler les systèmes de traite automatiques selon DIN ISO. Les étapes de test ont été adaptées aux différents systèmes et les points de raccordement clairement définis. La publication de janvier 2017 est un manuel de référence qui décrit le mode de test des systèmes de traite automatiques pour les installations à un box et plus. Il est prévu que ce mode de test serve de base de discussion pour les futures révisions de la norme ISO.

## Summary

### DIN ISO Measurements in AMS's

The high milking frequency in automatic milking systems calls for a special degree of functional safety in the milking-technology parameters. This can only be ensured via intensive maintenance and testing. The ISO 6690 test steps currently used to inspect conventional milking systems are only of limited usefulness, since a rating of the milking system according to ISO 3918, based on special designs, is not readily possible. Quarter-specific milking and the devices required in ISO 20966 for milking in the absence of personnel call for additional measurements. The airflow at AI (airflow in the teat-cup cluster) and at Ad (airflow before the first quarter-specific distribution) are further test points that may prove expedient. To this end, a WGM specialist group developed proposals enabling the testing of automatic milking systems according to DIN ISO in partnership with four manufacturers. The test steps were adapted to the individual systems, and connection points were clearly defined. Printed in January 2017, a manual describing the test mode for automatic milking systems in single- and multi-box systems is now available. This test mode is to serve as a basis for the discussion of further revisions of the ISO standard.

## Einleitung

Automatische Melksysteme haben sich in den letzten Jahren in stärkerem Masse in der Milchgewinnung etabliert. Sie existieren in Ein- bzw. Mehrboxensystemen sowie mit speziellem Automatisierungsgrad im Melkkarussell. Da sich das mechanische Melken im AMS bei einer Gruppengrösse von ca. 60 Milchkühen auf nur einem Melkplatz reduziert, sind hier bis zu über 180 Melkungen je Melkplatz/Tag zu erwarten. Dieser Zustand erfordert eine ständige Wartung und Kontrolle der Funktionssicherheit.

Qualitätssicherungssysteme der abnehmenden Hand, wie sie Molkereien oder im Handel installiert sind, verlangen immer mehr die Prozesskontrolle im landwirtschaftlichen Betrieb. Dabei wird auch auf die Überprüfung der Melkanlage im automatischen Melksystem Wert gelegt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist es notwendig, ähnlich wie im konventionellen Melkanlagenbereich, Prüfmodi zu entwickeln, die einerseits die gültigen DIN ISO beinhalten und andererseits, auf Grund der hohen Auslastung der automatischen Melksysteme, ziel führend im Ergebnis sind. Die Fachgruppe DIN ISO der WGM hat sich in Zusammenarbeit mit 4 Herstellern dieser Aufgabe gestellt und bietet diese zur Diskussion an.

## Gültige Normativen und Voraussetzungen

Die derzeit gültige Normative für automatische Melksysteme ist die DIN ISO 20966 (2008). Die darin beschriebenen Anweisungen legen die grundsätzliche Bauart und Funktionsweise der AMS fest.

Bezüglich der Prüfung in der melktechnischen Anlage gibt die Norm jedoch nur einen Querverweis zu den derzeit gültigen Normen DIN ISO 3918, 5707 und 6690 (2010).

Durch die unterschiedliche Bauweise der einzelnen Hersteller lässt sich jedoch die Melkanlage im AMS nicht ohne weiteres in eine wie in der DIN ISO 3918 beschriebene Melkanlagenarte, wie Rohrmelkanlage, Messbehälteranlage oder Kannenmelkanlage einstufen. Diese Einstufung ist jedoch notwendig um für die einzelnen Messschritte die geforderten Anschlussstellen zur Vakuumprüfung und Luftdurchflussmessung festlegen zu können. Hinzu kommen noch zusätzliche Baugruppen, welche nach der DIN ISO 20966 vorhanden sein müssen. Hierzu zählen Vorrichtungen zum unbeabsichtigten Abtreten oder zur Erkennung abnormer Milch. Die Fachgruppe DIN ISO der WGM hat deshalb dazu angeregt für

spätere Revisionen der Melktechnikenormen die Melkanlage im AMS als eine eigene Melkanlagenart zu definieren. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Herstellersysteme muss auch berücksichtigt werden, dass einzelne Anschlussstellen mit zusätzlicher Ausrüstung erzeugt werden müssen. Dazu haben alle Hersteller spezielle Prüfsätze, die für die Prüfung angefordert werden können. Die Prüfung der Melkanlage im AMS sollte nur von durch den Hersteller autorisiertes Personal bzw. in Anwesenheit von Servicetechnikern durchgeführt werden, da die Hersteller keinerlei Haftung für auftretende Schäden, die durch die Messung entstehen übernehmen.

## Luftdurchflussmessungen

Die klassischen Messungen zum Luftdurchfluss in konventioneller Melktechnik sind die Messungen an den Anschlussstellen A1 und A2. Diese Messungen sind in der DIN ISO 6690 beschrieben und umfassen im Wesentlichen die Reserveluftleistung, die Luftdurchflussleistung der Vakuumversorgung sowie Luftdurchflussmessungen zur Ermittlung von Leckagen im System. Da sich jedoch die das Melken in AMS hauptsächlich auf der viertelspezifischen Ebene abspielt sind hier zusätzliche Messungen sinnvoll.

Dazu zählt die Luftdurchflussleistung im Zitzenbecher AI (Airflow-Liner) sowie die Luftdurchflussleistung vor der ersten viertelspezifischen Verteilung (Messung an Ad (Aiflow Divider)).

## Luftdurchflussmessung an AI (Airflow-Liner)

Auf Grund der viertelspezifischen Gemelksgewinnung ist es notwendig, eine bestimmte Luftleistung an jedem Melkbecher zur Verfügung zu haben. Diese Luftdurchflussmenge wird von den Herstellern vorgegeben und muss für jeden Zitzenbecher einzeln geprüft werden. Für die Messung ist eine Zusatzausrüstung erforderlich. Die Messung ist nicht in den derzeit gültigen Normativen ISO und DIN beschrieben und beinhaltet die Luftleistung an dieser Anschlussstelle bei einer Vakuumabsenkung von 5 kPa vom ermittelten Betriebsvakuum. Manche Hersteller geben Sollwerte an, die sich auf eine Vakuumabsenkung von nur 2 kPa beziehen. Darum ist es notwendig vor Messbeginn das Systemhandbuch zum jeweiligen AMS an zu fordern.

## Luftdurchflussmessungen an Ad (Airflow-Divider)

Mit den einzelnen Messungen am Zitzenbecher ist nicht eindeutig gewährleistet, dass auch alle 4 Zitzenbecher gleichermaßen mit der erforderlichen Leistung versorgt sind. Gerade bei automatischen Melksystemen in denen nach der Milchsammeleinrichtung Milchmengenmessgeräte installiert sind, weisen hier doch erhebliche Querschnittsverengungen auf. Darum hält es die Fachgruppe für sinnvoll die Luftdurchflussleistung vor der ersten viertelspezifischen Verteilung (Airflow-Divider) zu ermitteln. Dazu wird an diesem Anschlusspunkt eine Luftleistung ermittelt, die bei einer Vakuumabsenkung von 5 kPa vom Betriebsvakuum erreicht wird. Nicht alle Hersteller geben hierfür Grenzwerte an.

## Pulsationsprüfung

Die Pulsationsprüfung erfolgt wie bei den Messungen in der konventionellen Melktechnik. Da bis zu vier Pulsatoren in den AMS vorhanden sein können, muss nur darauf geachtet werden, dass hier alle Melkbecher mit einbezogen werden, das heißt, bei einem 2 Kanalmessgerät muss die Pulsation zweimal je Melkplatz gemessen werden (Vorderviertel, Hinterviertel zum Beispiel).

## Messung der Regelkennlinie

Das Melksystem im AMS arbeitet überwiegend auf viertelspezifischer Ebene und hat auch wie bereits oben beschrieben zusätzliche Ausrüstungen, die gegen unbeabsichtigtes Abtreten wirken sollen. Nach DIN ISO 6690 müssen diese Vorrichtungen bei der Erfassung der Regelkennlinie eingeschaltet sein. Dies kann derzeit nicht von den Herstellern gewährleistet werden, sodass von der Fachgruppe empfohlen wurde die Regelkennlinie nicht zu erfassen. Wird dies jedoch von Herstellern gefordert, hat sich die Fachgruppe dafür ausgesprochen, diesen «Reglertest» zu nennen, um eine klare Abtrennung zur Erfassung der Regelkennlinie darzustellen.

## Messungen der AMS in Mehrboxensystemen

Spezielle Anforderungen entstehen bei der Messung in Mehrboxensystemen. Während sich die Prüfschritte in

einem Doppelboxensystem mit einer Vakuumversorgung noch relativ überschaubar realisieren lassen, sind in der Praxis Systeme vorhanden, bei denen bis zu 8 AMS an eine Vakuumversorgung angeschlossen sind. Diese werden teilweise noch über eine Drosselung der Luftversorgung je Einzelplatz betrieben. Somit entstehen für die Prüfung nach DIN ISO spezielle Anforderungen. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Gesamtleistung der Anlage ausreicht um alle Melkboxen mit der nötigen Evakuierungsleistung zu versorgen. Damit stellt neben der erforderlichen Nennleistung der Vakuumpumpe, der konstruktive Aufbau über die nötigen Rohrquerschnitte die entscheidenden Anforderungen. Auch muss berücksichtigt werden, dass solche Anlagen im modularen Aufbau entstehen, sodass oftmals bereits Vakuumpumpen eingesetzt werden, die in ihrer Leistung der Endstufe entsprechen. Für eine Dichtprüfung kann hierzu ein Messpunkt A2 ausserhalb der Boxen genutzt werden. Hiermit lassen sich der Gesamtluftverbrauch aller Melkboxen und eine Gesamtdichtheit des Systems ermitteln. Bei Überschreitung der vom Hersteller vorgegebenen Werte, können zur speziellen Analyse einzelne Boxen sowie einzelne Baugruppen an den vorhandenen Steuerelementen der Melkboxen zu bzw. abgeschaltet werden.

## Das Ergänzungsband der Fachgruppe DIN ISO der WGM

Im Ergänzungsband der WGM sind von den allgemeinen Festlegungen zur Messung in automatischen über genaue Definitionen zu neuen Messschritten die speziellen Anschlussstellen mit den dazugehörigen Messbedingungen beschrieben. Spezielle Prüfschritte sind von 4 Herstellern mit Bildbeispielen und Sollwertvorgaben der einzelnen AMS Systeme. Weitere Hersteller sollen folgen und können ohne weiteres mit eingefügt werden. Neben den Bildbeispielen sind auch technische Zeichnungen enthalten, die der derzeit gültigen DIN ISO 3918 angepasst sind und die Anschlussstellen für den jeweiligen AMS Typ im Überblick eingezeichnet sind. Darüber hinaus befindet sich ein Messprotokoll der WGM im Anhang, nachdem eine Prüfung der Melkanlage im AMS durchgeführt werden kann. Das Ergänzungsband zum Messen in automatischen Melksystemen steht mit der Drucklegung Februar zur praktischen Anwendung und zur Diskussion für weitere Revisionen der ISO zur Verfügung. Das Ergänzungsband kann über die WGM erworben werden.

## Literatur

DIN ISO 3918: 2010 -01 Melkanlagenbegriffe (ISO 3918: 2007) Beuth Verlag GmbH, Berlin.

DIN ISO 5707: 2010 -04 Konstruktion und Leistung (ISO 5707:2007) Beuth Verlag GmbH, Berlin.

DIN ISO 6690: 2010 -04 Melkanlagen – Mechanische Prüfungen (ISO 6690: 2007) Beuth Verlag GmbH, Berlin.

DIN ISO 20966: 2008 -04 Automatische Melksysteme – Anforderung und Prüfung (ISO 20966: 2007) – Beuth Verlag GmbH, Berlin.

DIN ISO Messungen in automatischen Melksystemen (Ergänzungsband zum Handbuch der WGM «Überprüfung von Melkanlagen») WGM e.V., Berlin.

# Grundlagen und Komponenten der Mastitisprävention

Ute Müller

Institut für Tierwissenschaften, Physiologie und Hygiene, Universität Bonn, Deutschland

## Zusammenfassung

Der Auseinandersetzung mit Mastitispräventionsmassnahmen kommt in der heutigen Zeit erneut besondere Bedeutung zu: zum einen durch die schwankenden Milchpreise, wodurch eine kostenintensive Mastitis vermieden werden sollte. Zum anderen durch die Forderung des verminderten Antibiotikaeinsatzes in der Milchviehhaltung, welcher, besonders während der Trockenstehphase, nur durch konsequente Präventionsmassnahmen erreicht werden kann. Mastitisprävention bedeutet zunächst, sich den Infektionsprozess von Mastitiserregern zu vergegenwärtigen und dann die Einzelfaktoren der drei Komponenten «Tier», «Mastitiserreger» und «Umwelt/Melken», die diesen Prozess beeinflussen, zu optimieren. Im Einzelnen können das je nach Schwerpunkt der betrieblichen Situation unterschiedliche Hygienemassnahmen beim Melken oder im Stall bedeuten, technische oder methodische Massnahmen während des Melkens und/oder unterstützende Massnahmen im Bereich Haltung, Fütterung und Zucht. Eine weitere wesentliche Komponente der Mastitisprävention stellt dabei auch die kontinuierliche Kontrolle des Einzeltieres (des Euters und der Milch) dar. So können Erfolge von Präventionsmassnahmen kontrolliert oder gegebenenfalls Verschlechterungen der Euter-gesundheit rechtzeitig erkannt und verbessert werden. Damit trägt Mastitisprävention zum Schutz und Wohl des Tieres bei.

## Résumé

### Prévention des mammites: bases et composantes

En ce moment, la question des mesures de prévention des mammites regagne de l'importance: d'une part, du fait de la fluctuation des prix du lait, qui impliquent d'éviter les mammites dont le coût est élevé; d'autre part, du fait de la volonté de réduire l'emploi des antibiotiques dans l'élevage de vaches laitières, objectif qui ne peut être atteint, notamment pendant la phase de tarissement, qu'en appliquant des mesures préventives systématiques. Prévenir les mammites signifie tout d'abord assimiler le processus d'infection par les agents pathogènes de la mammite pour ensuite optimiser les facteurs des trois composants qui exercent un impact sur

le processus, à savoir l'animal, les agents pathogènes et l'environnement/la traite. Dans chaque cas, et suivant la situation particulière de l'exploitation, il peut s'agir de différentes mesures d'hygiène lors de la traite ou dans l'étable, de mesures techniques ou méthodiques pendant la traite et/ou de mesures d'accompagnement dans les domaines de la détention, de l'alimentation et de la sélection. Le contrôle continu de chaque animal individuellement (mamelle et lait) constitue une autre composante essentielle de la prévention des mammites. Ceci permet de contrôler le succès des mesures de prévention ou éventuellement de déceler à temps les troubles de la santé de la mamelle et de les améliorer. Par conséquent, la prévention des mammites contribue à la protection et au bien-être de l'animal.

## Summary

### Principles and Components of Mastitis Prevention

The discussion of mastitis prevention measures in this day and age has once again become particularly important: on the one hand, because of fluctuating milk prices, which make the avoidance of costly mastitis cases a priority; on the other, owing to the promotion of reduced antibiotic use in dairy farming, which – especially during the dry period – can only be achieved through the systematic application of preventive measures. Mastitis prevention first and foremost means visualising the infection process of mastitis pathogens, and then optimising the individual factors of the three components 'animal', 'mastitis pathogen' and 'environment/milking', which influence this process. Specifically, and depending on the focus of the farm situation, this could mean different hygiene measures during milking or in the stall, technical or methodological measures during milking, and/or supportive measures in terms of housing, feeding and rearing. In this context, a further essential component of mastitis prevention is the continual examination of the individual animal (its udder and milk). This allows the success of preventive measures to be monitored, or, where applicable, a deterioration in udder health to be recognised and rectified in good time. In this way, mastitis prevention contributes to the protection and welfare of the animal.

Nicht nur die Forderung nach der Minimierung des Antibiotikaeinsatzes in der Nutztierhaltung sowie die schwankende Milchpreise machen die Mastitisprävention in milchviehhaltenden Betrieben zu einer Notwendigkeit. Auch aus Sicht von Tierschutz und Tierwohl ist es erforderlich, Milchkühe vor Erkrankungen und schmerzhaften Entzündungen zu schützen.

Für eine effektive Mastitisprävention ist es unerlässlich die patho-physiologischen Zusammenhänge bei der Entstehung von Mastitiden zu kennen. Mastitiden, d. h. Entzündungen der Milchdrüse in der Gesamtheit ihrer milchbildenden, speichernden und ableitenden Abschnitte (Wendt *et al.* 1994), gehören zu den Faktorenkrankheiten in der Milchviehhaltung (auch Managementkrankheiten genannt). Damit kommt zum Ausdruck, dass verschiedene Faktoren zusammentreffen müssen, bis sich eine Mastitis (subklinisch oder mit klinischen Symptomen) entwickeln kann. Diese Faktoren können drei Bereichen mit ihren jeweiligen Komponenten zugeordnet werden:

1. dem «Tier» (d. h. Immunsystem, Kondition/Stoffwechsellage, Euter- und Zitzenform, Zitzenkondition etc.),
2. den «pathogenen Mastiserreger» (d. h. den kuh-, den umweltassoziierten sowie den hautbesiedelnden Erregern, siehe Tabelle 1) sowie
3. der «Umwelt» (d. h. Einflüssen des Melkprozesses und der Haltungsumgebung in der Zwischenmelkzeit).

Diese Bereiche beeinflussen sich gegenseitig und sind voneinander abhängig: Die Umweltfaktoren beeinflussen beispielsweise das Immunsystem des Tieres, seinen Stoffwechsel und Zitzenkondition. Sie sind ebenfalls wesentlich dafür verantwortlich, wie sich die kuh- und umweltassoziierten Bakterien entwickeln. Vom Immunsystem des Tieres ist wiederum der Verlauf der weiteren Infektion nach Kontamination, d. h. dem Kontakt der pathogenen Bakterien, abhängig. Bei der Mastitisprävention gilt es, eine Optimierung der Faktoren in allen drei Bereichen zu verfolgen.

Um zu verstehen, wo Präventionsmassnahmen im Bezug auf Mastitiden ansetzen, ist es hilfreich, sich den Infektionsweg von Mastiserregern zu vergegenwärtigen (siehe Abbildung 1). Das Wort «Infektion» beschreibt einen Prozess aus mehreren Einzelphasen. Die folgenden Phasen beziehen sich im Wesentlichen auf den Hauptinfektionsweg von Mastiserregern über den Zitzenstrichkanal (galaktogene Infektion (siehe Abbildung 2), im Gegensatz zu hämatogener oder lymphogener Infektion) in das Euter.

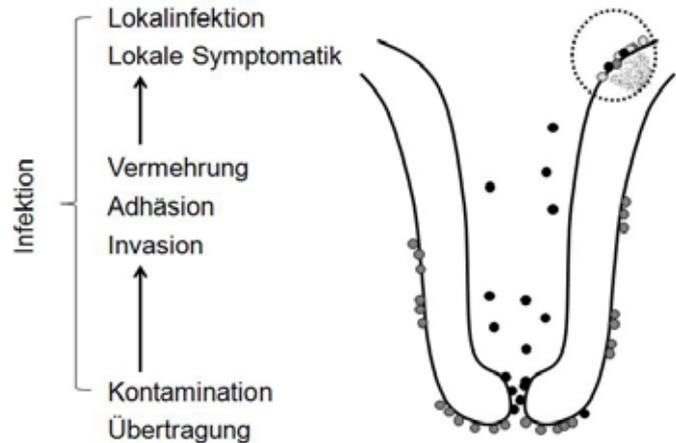


Abbildung 1: Einzelphasen einer bakteriellen Infektion der Zitze (Reineke und Müller 2013).

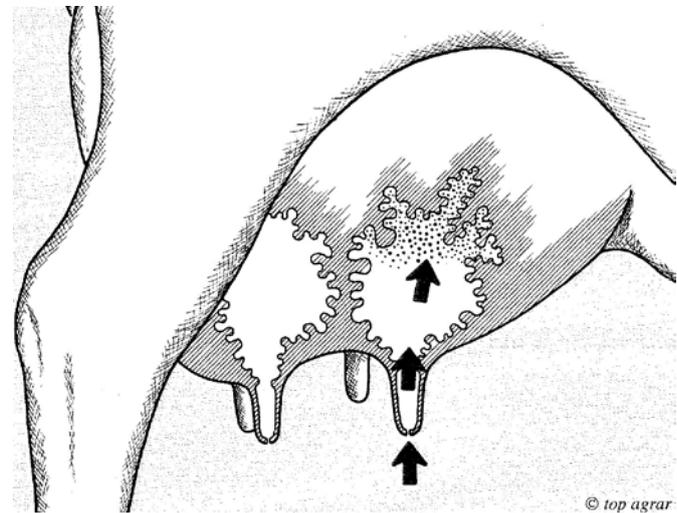


Abbildung 2: Hauptinfektionsweg über die Zitze (galaktogen) (Kleinschroth *et al.* 1994).

Die erste Phase der Infektion wird als Übertragung bzw. Kontamination der Zitzenhaut, der Zitzenkuppe und der Strichkanalöffnung mit Bakterien, unter anderem auch pathogenen Mastiserregern, bezeichnet. Dabei unterscheidet man grundsätzlich kuh- und umweltassoziierte Erreger (siehe Tabelle 1). In dem Zusammenhang ist das Wort «Keimdruck» geläufig. Eine Verringerung des Keimdrucks erfolgt durch regelmässige **Hygienemassnahmen**, d. h. eine kontinuierliche und effektive Reinigung/Behandlung der Infektionsquellen von Mastiserregern. Die regelmässigen Präventionsmassnahmen zur Verringerung der Kontaminationsgefahr sind im Einzelnen:

- Reinigung der Liegeflächen, aber auch der Laufflächen zur Verminderung des Verschmutzungsgrades der Laufflächen, der Kuh und besonders des Euters,
- Reinigung/Spülung der Melkzeuge sowie der gesamten Melkanlage,

Tabelle 1: Epidemiologische Zusammenfassung der Mastitiserreger (mod. n. Winter 2009)

Gruppe	Definition	Erreger	Reservoir	Übertragung	Prophylaxe
Kuhassozierte Erreger	Leben im Euter	<i>S.agalactiae</i> , <i>S.aureus</i> , <i>S.canis</i> , Mykoplasmen ( <i>S.dysgalactiae</i> , <i>S.uberis</i> )	Euter	beim Melken	Handschuhe, Melkhygiene, Melkroutine, Melkreihenfolge, Melkzeugzwischeninfektion, Zitzenkondition
Umweltassozierte Erreger	Kommen in der Umgebung des Tieres vor	<i>E.coli</i> , coliforme Keime, <i>S.uberis</i> , <i>S.dysgalactiae</i> , Enterokokken	Umwelt, verschmutzte Euterhaut, Liegeboxen, Zitzenreinigung	jederzeit	Stallhygiene, Einstreu, Stallklima, Euter- und Zitzenreinigung, Beseitigung prädisponierende Faktoren
Hautbesiedelnde Erreger	Befinden sich auf der Euterhaut	Koagulase negative Staphylokokken (KNS) und <i>Corynebacterium bovis</i>	Euterhaut Strichkanal	jederzeit (beim Melken)	Stärkung der Immunabwehr

- Wechsel der Zitzengummis etc. entsprechend der Empfehlung,
- Euter- und Zitzenreinigung vor dem Melken,
- Melkzeugzwischeninfektion, besonders bei kuhassozierten Mastitiserregern und
- Behandlung infizierter Euter mit kuhassozierten Mastitiserregern.

Bei der Auflistung wird deutlich, dass bakterientypische Eigenschaften zu nutzen sind, um damit nicht Behandlungs- sondern auch Präventionsmassnahmen gezielt anwenden zu können. Die pathogenen Mastitiserreger können in drei Gruppen entsprechend ihrer Eigenschaften eingeteilt werden: die kuhassozierten, die umweltassozierten sowie die hautbesiedelnden Erreger. Die Tabelle 1 fasst die Charakteristika dieser drei Gruppen zusammen. Je nach Gruppe konzentrieren sich die prophylaktischen Massnahmen auf andere Bereiche, entweder schwerpunktmässig auf das Melken oder die Zwischenmelkzeit (meist im Stall).

Den Infektionsverlauf fortsetzend folgt nach der Kontamination die Invasion. Diese geht einher mit der Haftung der Bakterien an Epithelzellen und ihrer Vermehrung, wobei ihnen Bestandteile der Haut und/oder Schleimhaut als Nahrung dienen. In Bezug auf Euterinfektionen bedeutet dies zunächst, dass Bakterien in den Strichkanal eindringen, aber auch in Wunden auf der Zitzenhaut. An Hautverletzungen haftet und vermehrt sich in erster Linie der *Staph.aureus*.

Haben die Mastitiserreger die Eintrittspforte der Strichkanalöffnung überwinden können, sind sie durch direkte Managementmassnahmen nur noch bedingt erreichbar. Nun helfen der Kuh in erster Linie anatomische Faktoren im Bereich des Strichkanals:

- Die Länge des Strichkanals an sich: sowohl die Länge des Strichkanals als auch die Fürstenbergsche Rosette (am Übergang des Strichkanals in die Zitzenzisterne). Sie bilden zusammen eine mechanische Barriere gegen eine aufsteigende Infektion in die Zitze.

- Der Schliessmuskel des Strichkanals. Auch er stellt eine mechanische Barriere gegen das Eindringen von Bakterien dar. Diese mechanische Barriere wird durch die Keratinschicht unterstützt. An dem wachsähnlichen Material bleiben Erreger hängend, so dass ihr Eindringen in die Zisterne verhindert wird. Ein Grossteil der Keratinschicht wird während des Milchentzuges samt anhaftender Mikroorganismen ausgeschwemmt, weshalb sie sich in der Laktation ständig erneuert.

Die ersten beiden anatomischen Faktoren werden durch die **Zucht** beeinflusst. Die Länge des Strichkanals steht in einem proportionalen Verhältnis zu der Euterzitzenlänge, d. h. je kürzer die Zitze, umso kürzer der Strichkanal. Es ist davon auszugehen, dass die Effizienz des Schliessmuskels mit höherer Melkbarkeit abnimmt.

Die Funktion dieser anatomischen Abwehrmechanismen kann durch **Dipp- oder Sprühmittel** mit entsprechendem Anteil an pflegenden Wirkstoffen sowie Mittel mit filmbildenden Eigenschaften unterstützt werden.

Einen wesentlichen Einfluss auf die genannten anatomischen Abwehrmechanismen der Zitze, der Zitzenhaut, des Strichkanals bzw. der Strichkanalöffnung hat das Melken – sowohl die **Melktechnik** als auch die **Melkmethode** (in Bezug auf Stimulation, Melkzeugabnahme und Nachbehandlung). Durch Fehler beim Melken kann es zu folgenden Auswirkungen kommen: Hyperkeratosen an der Strichkanalöffnung, Schwellungen am Zitzenende oder an der Zitzenbasis, Zitzenhautverletzungen, Zitzenverfärbungen, Durchblutungsstörungen der Zitzen etc. Um dieses Folgen durch Melkfehler zu vermeiden, müssen die Einstellungen der Melktechnik und die daran angepasste Melkmethode Folgendes gewährleisten:

- Ausreichende Stimulationsdauer und -intensität, dass keine Bimodalität bzw. kein Vakuumabfall zu Beginn des Melkprozesses entsteht und das Melkzeug somit nicht klettern kann.

- Optimales Verhältnis der Pulsphasen und damit ausreichende Zeit für den Milchfluss bei gleichzeitig effektiver Massagephase sowie entsprechenden Öffnungs- und Schliesszeiten des Zitzengummis.
- Ein die Zitze nicht schädigendes Melkvakuum.
- Optimale Qualität und dem entsprechender Einfalldruck des Zitzengummis.
- Rechtzeitige Melkzeugabnahme.
- Entspannter Melkprozess für einen optimalen Milchfluss.
- ....

Neben dem Einfluss auf die Zitzenkondition hat der Melkprozess auch massgeblichen Einfluss auf das Eindringen von Bakterien in den Strichkanal und auf die Übertragung von Kuh zu Kuh. Entsprechende hygienische Präventionsmassnahmen während des Melkens wurden oben bereits genannt.

Eine weitere wesentliche mechanische Abwehrkomponente stellt der **Milchfluss** an sich dar. Wenn Bakterien in die Milchdrüse eindringen konnten, können sie mit dem regelmässigen, täglichen Milchstrom ausgeschwemmt werden. Angefangen von der Keratinschicht im Strichkanal mit den anhaftenden Bakterien, über alle ableitenden Milchgänge bis hin zu den eigentlichen milchbildenden Alveolen stellt das Ausschwemmen der Bakterien, wodurch sie an dem Anhaften an den Epithelzellen gehindert werden, ein wesentlichen Bestandteil der lokalen Abwehr dar.

Wie in Abbildung 3 ersichtlich verfügen das Euter und der gesamte Organismus des Tieres, neben den genannten mechanischen und anatomischen Abwehrmechanismen, über eine Reihe von zellulären (Leukozyten = Polymorphkernige neutrophile Granulozyten (PMNs), Makrophagen und Lymphozyten), chemischen (Laktoferrin, Lysozym, Zytokine, Lactoperoxidase-Thiocyanat-Wasserstoffperoxid-System,) und humoralen Abwehrfaktoren (Immunglobuline). Das komplexe Zusammenspiel ihrer Funktionen bewirkt, dass eingedrungene Bakterien an der Vermehrung gehindert, phagozytiert und Toxine neutralisiert werden. Die Funktionsfähigkeit dieser Faktoren steht in unmittelbarem Zusammenhang zu der Kondition, dem Gesundheitsstatus und/oder der Stoffwechselsituation des Tieres und sind damit von der **Fütterung** und der **Haltung** der Tiere abhängig. Dass dieser Abwehrkomplex auch ausreichend Nährstoffe benötigt, ist unter anderem daran erkennbar, dass bei vorhandener Infektion und damit einhergehendem Anstieg der Leukozyten weniger Energie zu Milchproduktion zur Verfügung steht und die Milchleistung in dem betroffenen Viertel sinkt.

Eine wesentliche Komponente der Mastitisprävention ist die kontinuierliche Kontrolle des Einzeltieres (des Euters und der Milch):

- Manuelle und visuelle Kontrolle des Euters und der Milch bei jedem Melkvorgang in einem konventionellen Melksystemen
- Kontrolle der entsprechenden Sensordaten bei Automatischen Melksystemen
- Kontrolle der Zellgehalte im Gesamtgemelk im Rahmen der monatlichen Milchleistungsprüfung (MLP)
- Kontrolle der Sauberkeit der Tiere, besonders der Hinterbeine und des Euters (damit einhergehend Kontrolle der Stallhygiene)
- Kontrolle der Stoffwechselsituation der Laktationsgruppen (mittels verschiedener MLP-Parameter, Body Condition Scoring, Rationsanalysen etc.)

Auch die Kontrolle des Zellgehaltes der Hoftankmilch im Rahmen der Milchgüteprüfung könnte als Kontrollinstrument aufgeführt werden. Die Sensibilität hängt aber wesentlich von der Herdengrösse bzw. Herdenleistung ab und ist damit unter Umständen kein geeignetes Instrument, um im Sinne der Mastitisprävention rechtzeitig auf Veränderungen reagieren zu können.

Die Mastitisprävention hat zum Ziel, bei den genannten Kontrollen innerhalb der Normalbereiche zu bleiben. Die Normalbereiche sind entweder physiologisch «vorgegeben» (z. B. weniger als 100.000 Zellen/ml Milch im Viertel-anfangsgemelk) oder betriebsindividuell aufgrund von Erfahrungswerten festzulegen. Im Sinne des Präventionsgedanken ist es in erster Linie wichtig, DASS Grenzwerte bei den verschiedenen Kontrollen festgelegt werden, um damit bei Überschreiten dieser Werte mit entsprechenden Massnahmen (von Prävention bis Therapie) rechtzeitig zu reagieren.

Sobald Beeinträchtigungen der Eutergesundheit sichtbar werden (z. B. bei Überschreitung des Zellgehaltes im Rahmen der MLP), müssen ggfs. weitere Kontrollen folgen (wie z. B. die Untersuchung der Vieranfangsgemelksproben mittels des Schalm-Tests oder ihre zytobakteriologische Analyse in einem Labor), um dann entsprechende therapeutische Massnahmen einzuleiten.

Mastitisprävention schliesst im Letzten auch eine zeitnahe Reaktion auf die Verschlechterung der Eutergesundheit ein und stellt damit eine wesentliche Voraussetzung zur Minimierung des Antibiotikaeinsatzes, für einen geringeren Kostenaufwand sowie für eine Haltung im Sinne des Tierschutzes dar.

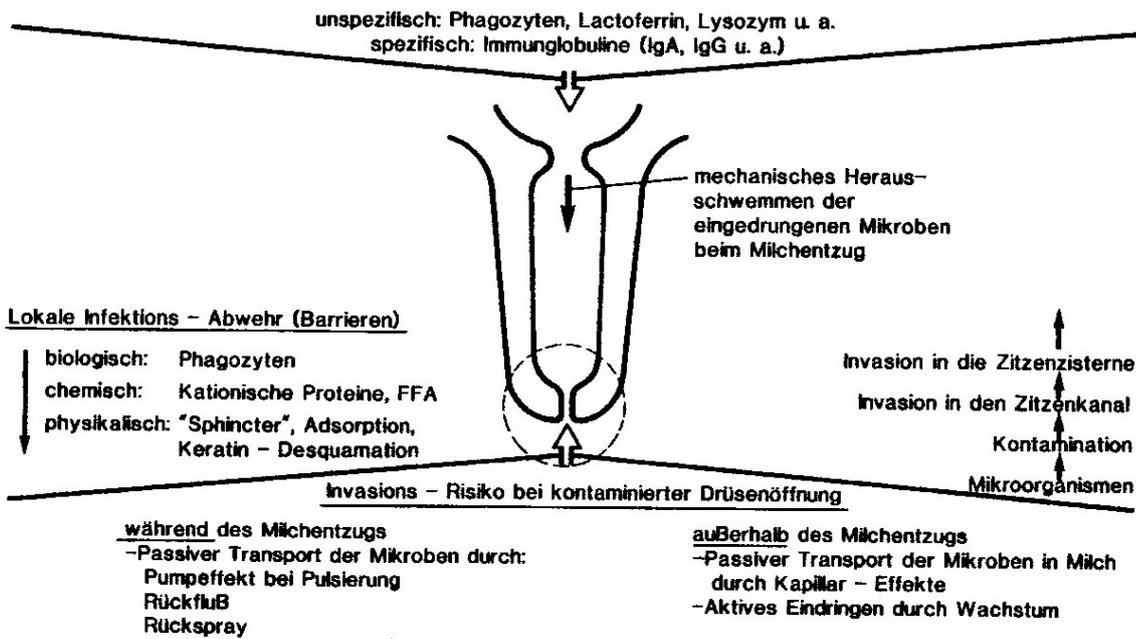


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Infektionsrisikos mit Mastitiserregern und der komplexen Abwehrmechanismen (DVG 2002).

## Literatur

- DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft), 2002: Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem, Verlag der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V., Giessen, Deutschland.
- Kleinschroth E., Rabold R. & Deneke J., 1994: Mastitis – Euterkrankheiten erkennen, vorbeugen und behandeln, top agrar extra, Landwirtschaftsverlag, Münster, Deutschland.
- Reineke F. & Müller U., 2013: Diagnostische Verfahren auf Betriebsebene, 14. Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Milcherzeugerberater e.V., 17.–19. September 2013, Kiel, Deutschland.
- Wendt K., Bostedt H., Mielke H. & Fuchs H.-W., 1994: Euter- und Gesäugekrankheiten, Gustav Fischer Verlag Jena, Deutschland.
- Winter P., 2009: Praktischer Leitfaden Mastitis – Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand, Parey Verlag Stuttgart, Deutschland.



# Effects of milking stall dimensions on behavior of dairy cows during milking in different milking parlor types

Yamenah Gómez<sup>1</sup>, Melissa Terranova<sup>3,4</sup>, Michael Zähler<sup>1</sup>, Edna Hillmann<sup>2</sup> and Pascal Savary<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, Research Group Work, Building and System Assessment, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Switzerland

<sup>2</sup>ETH Zurich, Department of Environmental System Sciences, Ethology and Animal Welfare Unit, 8092 Zurich, Switzerland

<sup>3</sup>ETH Zurich, Department of Environmental System Sciences, Animal Nutrition, 8092 Zurich, Switzerland

<sup>4</sup>University of Hohenheim, Faculty of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Engineering, Livestock Systems Engineering, 70599 Stuttgart, Germany

## Summary

In recent decades, dairy cows have increased in size due to breeding selection for higher milk yield. Despite this, the dimensions of milking-parlour stalls have never been adjusted, and are still based on past practical experience of milking-machine manufacturers and advisory institutions. Milking stalls that are too small could lead to impaired behaviour of the cows during milking, owing to a lack of comfort.

The aim of this study was to examine the current space allowance of milking stalls on dairy farms and to assess the effect of space allowance on cow behaviour (rumination, latency in entering the milking stall, elimination and restlessness) during milking.

## Zusammenfassung

### Einflüsse der Melkstand-Abmessungen auf das Verhalten von Milchkühen während des Melkens in verschiedenen Melkstandtypen

In den vergangenen Jahrzehnten nahm die Körpergrösse von Milchkühen aufgrund der Zucht auf höhere Milchträge ständig zu. Die Abmessungen der Melkstände wurden jedoch nie angepasst und beruhen auf der praktischen Erfahrung von Melkmaschinen-Herstellern und Beratungseinrichtungen. Einschränkende Melkstandabmessungen könnten jedoch aufgrund mangelnden Komforts zu einem beeinträchtigten Verhalten während des Melkens führen.

Das Ziel dieser Studie war es, das gängige Raumangebot von Melkständen in Milchviehbetrieben und den Einfluss der Abmessungen auf das Verhalten der Kühe während des Melkens (Wiederkäuen, Zögern vor dem Betreten des Melkstands, Eliminierung und Ruhelosigkeit) zu prüfen.

## Résumé

### Effets des dimensions des postes de traite sur le comportement des vaches laitières durant la traite dans différents types de salles de traite

Ces dernières décennies, la taille des vaches laitières a augmenté suite aux améliorations génétiques visant à augmenter le rendement laitier. Toutefois, les dimensions des postes de traite dans les salles de traite n'ont jamais été ajustées et restent basées sur l'expérience pratique des fabricants de machines à traire et des organismes de conseil. Les dimensions imitées des postes de traite peuvent affecter le comportement des vaches durant la traite suite à un manque de confort.

La présente étude avait pour but d'examiner la place actuellement disponible dans les postes de traite des exploitations laitières et de déterminer l'effet de l'espace disponible sur le comportement des vaches (rumination, période de latence avant d'entrer dans le poste de traite, élimination et agitation) pendant la traite.

## Introduction

Breeding selection for high milk yield has caused body dimensions of dairy cows to increase in the past decades. Between 1967 and 1987, diagonal body length of Holstein dairy cows increased by 13.9 cm according to analyses of breeding history (Grothe, 2007; Brade and Brade, 2013). Similar results were observed by Rudolphi *et al.* (2008) for Holstein cows between 1988 and 2005, with an increase in weight of 20 % and in height of 8 % (+11 cm).

In Switzerland, minimum requirements and recommendations exist that dimensions of feeding and lying areas should be adapted to the size or weight or both of the animals (TSchV, 2008). Concerning milking, there are no studies dealing with effects of milking stall dimensions on

cow behavior, but small space allowance in waiting areas was found to increase heart rate and agonistic behavior, and these effects were still detectable during the milking (Irrgang *et al.*, 2015). To our knowledge, there are no research based recommendations for milking stall dimensions. In the milking parlor, the main focus is on milk yield and efficiency of milking. The recommendations for the construction of milking parlors are usually based on the practical experience of milking machine manufacturers and advisory institutions. However, not only milking stall dimensions but also the parlor type might affect behavior during milking, as found by Savary *et al.* (2014). With reference to the lack of scientific background information for milking stall dimensions, these facts highlight the importance of investigating space allowances of milking stalls in different milking parlors for the well-being of cows (Gomez *et al.*, in press).

## Material and Methods

The study was conducted in March 2015 on 15 Swiss dairy farms (5 per milking parlor type: Side-by-Side, Herringbone and Tandem parlor, for details see Gomez *et al.*, in press). In total, 444 cows of two main breeds (Brown Swiss, Red and Black Holstein) were measured in size. Behavioral data were collected during one evening milking of 10 focus cows per farm.

On each farm, stall dimensions in the parlor were measured. Only clear widths and lengths were measured because these are relevant for the space that is available to cows. For stall width and length, the mean was calculated per farm. In the Tandem parlors feed dispensers were used that reduced the space for cows. Therefore, the length of

the feed dispenser ( $\varnothing$  30 cm) was subtracted from the length of the stall to make space allowance for cows comparable across parlor types.

To measure cow body dimensions, we used a camera system with a digital single lens reflex camera (Figure 1a, [label 1]; Nikon D7000 with the prime lens Nikon AF NIKKOR 24 mm f/2.8 D), attached to a mobile tall tripod (Figure 1a; [label 2]) connected to a laptop (Figure 1a; [label 3]) to trigger pictures using the software Lightroom 5 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, California, USA). This method allowed fast collection of data without the need to handle and to touch the cows. Pictures were taken from top view perspective with a red reference plate (15 x 15 cm) at backbone height (Figure 1a; [label 4]) during one feeding in the mornings. The images were analyzed using the software ImageJ 1.48v. With the reference plate, the measurement tool was calibrated and the body lengths and belly widths of cows were measured (Figure 1b). Body length was defined from the head of the humerus (Caput humeri), defined as the cranial boundary for shoulders, to the caudal ischial tuberosity at the pin bones (Os ischii). Belly width was defined as the largest width found at the belly from top view.

To get a comparable unit for spatial conditions of individual cows, a so-called space ratio (SR) was calculated, separately for length (SR<sub>length</sub>) and width (SR<sub>width</sub>), using the formula milking stall dimension divided by cow dimension (Eqs. [1] and [2]):

$$SR_{width} = \frac{\text{clear width of milking stall (cm)}}{\text{belly width of cow (cm)}} \quad (1)$$

$$SR_{length} = \frac{\text{clear length of milking stall (cm)}}{\text{body length of cow (cm)}} \quad (2)$$

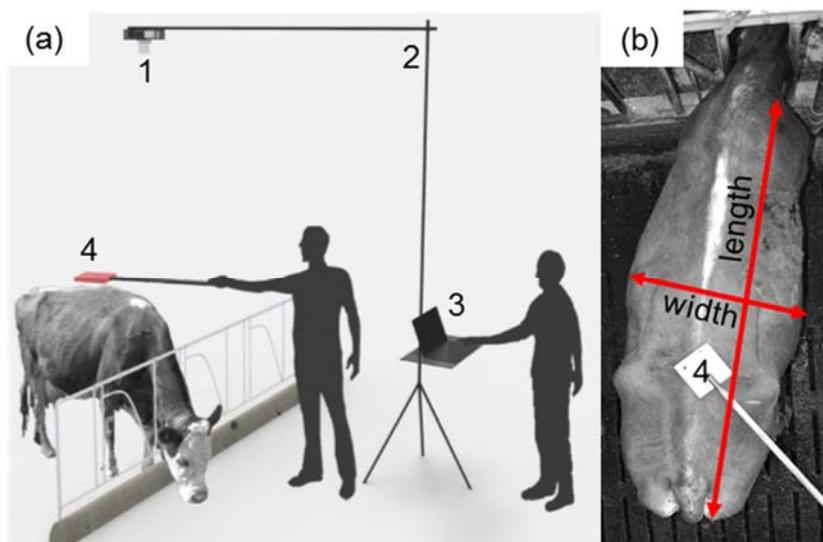


Figure 1: Camera system installation to measure cows from top view perspective without the need for direct handling (a). The camera (1; Nikon D7000, prime lens NIKKOR 24mm f/2.88 D) was fixed on a mobile tall tripod (2) and connected to a laptop (3) to trigger pictures when the reference plate (4; size 15 x 15 cm) was at backbone height of the cow. Based on the area and length of the reference plate, the pixel scale was calibrated in the software ImageJ to measure body length and belly width of cows (b).

For statistical analysis, SRs were calculated individually for all cows based on the averaged milking stall dimension found on their particular farm.  $SR_{length} > 1$  reflects the length of the milking stall to be larger than the length of the cow, whereas  $SRs < 1$  indicates a too short or too narrow milking stall for this particular cow, respectively.

On each farm, ten healthy cows were chosen for behavioral observation during one evening milking. We recorded rumination, elimination and the latency to enter the milking stall by direct observations. Hind leg activity was recorded using acceleration loggers. Data were analyzed using generalized linear mixed-effects models with farm as random effect.

## Results

The results will be presented at the conference.

## Literature

- Brade, W. and E. Brade. 2013. Zuchtgeschichte der Deutschen Holsteinrinder. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 91(2): 1–41.
- Gomez, Y., M. Terranova, M. Zähler, E. Hillmann, and P. Savary. 2016. Effects of milking stall dimensions on behavior of dairy cows during milking in different milking parlor types. Journal of Dairy Science, in press.
- Grothe, P. O. 2007. Holstein-Schauen im Wandel der Zeit. Land und Forst 22:35–37.
- Irrgang, N., K. A. Zipp, S. Brandt, and U. Knierim. 2015. Effects of space allowance in the waiting area on agonistic interactions and heart rate of high and low ranking horned dairy cows. Livest. Sci. 179:47–53.
- Rudolphi, B. 2008. Klasse statt Masse – Zusammenhänge von Grösse, Gewicht und Leistungen bei Milchkühen. in 26. Tag des Milchviehalters, Sachsen-Anhalt, Germany.
- Savary P., O. Weber, and Th. Richter. 2014. Ethologische Untersuchungen im Melkstand – ein Vergleich zwischen Gruppen- und Einzelmelkständen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 2014, KTBL-Schrift 505, 184–191.



# Auswirkung einer verlängerten a-Phase der Pulskurve auf das Nachgemelk

Silke Herrmann<sup>1,2</sup>, Hartmut Grimm<sup>1</sup>, Matthias Schick<sup>2</sup> und Pascal Savary<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Garbenstrasse 9, 70599 Stuttgart, Deutschland

<sup>2</sup>Agroscope, Forschungsgruppe Arbeit, Bau und Systembewertung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

## Zusammenfassung

Systembedingt findet im Verlauf des Melkvorgangs häufig das sog. «Klettern» des Melkbeckers statt. Dadurch wird, auf Grund des abnehmenden Innendrucks in der Zitzenzisterne, die Zitze in den Melkbecher eingesaugt. Die Euter-Zitzen-Passage schliesst sich dadurch und es entsteht vermehrtes Nachgemelk. Dieses kann nur durch das Ziehen am Sammelstück gewonnen werden.

Ein langsames Öffnen des Zitzengummis sollte dazu führen, dass der Zitzen-Innendruck länger aufrecht gehalten werden kann. Folglich würde das «Klettern» verzögert und das Nachgemelk reduziert werden. Ziel der Untersuchung war es deshalb die Auswirkung einer Verlängerung der Dauer der a-Phase des Pulszyklus von 140 ms (Referenz) auf 300 ms, und somit eines langsamen Öffnens der Zitzengummis, hinsichtlich der Höhe des Nachgemelks zu analysieren.

## Résumé

### Effet de la prolongation de la phase a du cycle de pulsation sur la quantité de lait d'égouttage

Conditionné par le fonctionnement de base de la machine à traire, le gobelet trayeur va grimper le long du trayon durant la traite. Ce phénomène a lieu en raison de la diminution de la pression dans la cavité du trayon en fin de traite. Par conséquent le trayon va être aspiré dans le manchon trayeur. Le repli annulaire entre le bassinnet et la cavité du trayon va se fermer et du lait d'égouttage va rester dans la mamelle. La seule façon de libérer ce dernier est de faire pression sur la griffe.

Le ralentissement du mouvement d'ouverture du manchon trayeur devrait permettre de garder une pression élevée à l'intérieur de la cavité du trayon plus longtemps durant la traite. Ainsi, le «grimpage» du gobelet trayeur pourrait être retardé, amenant à une réduction de la quantité de lait d'égouttage. Le but de cette étude était d'analyser l'effet d'une prolongation de la phase a du

cycle de pulsation de 140 ms (référence) à 300 ms, donc d'un ralentissement du mouvement d'ouverture du manchon trayeur, sur la quantité de lait d'égouttage.

## Summary

### Influence of an Extended a-Phase of the Pulsation Cycle on the Quantity of Strip Milk

Depending on the system used, over the course of the milking process, the teat cup often «rides up» the cow's teat. The decreasing internal pressure in the teat cistern then causes the teat to be sucked into the teat cup. This causes closure of the udder-teat passage, and strip milk is produced, which can only be extracted by pulling on the claw-piece.

Slow opening of the teat liner should make it possible to maintain the internal pressure of the teat for longer. As a consequence, the «riding up» would be delayed and the quantity of strip milk reduced. The aim of the study was therefore to analyse the influence of an extension of the a-phase of the pulsation cycle from 140 ms (reference) to 300 ms, i.e. the influence of a slow opening of the teat liner, on the quantity of strip milk produced.

## Einführung

Am Ende der Melkphase fließt von den Alveolen in den Zisternen immer weniger Milch. Der Euter Innen-Druck, insbesondere in den Zisternen der Zitze, nimmt deshalb stark ab. Dadurch wird die Haftreibung zwischen Zitze und Zitzengummi verringert und es kommt zum «Klettern» des Melkbeckers. Dabei wird die Zitze in den Melkbecher innerhalb von ein bis zwei Pulszyklen eingesaugt. Die Lippe des Zitzengummikopfes übt Druck auf die Euter-Zitzen-Passage und letztere schliesst sich ab. Daraus resultiert die Entstehung von Nachgemelk, welches sich negativ auf Persistenz und Eutergesundheit von Milchkühen auswirken kann. Die Gewinnung des Nachgemelks wäre aber mit hohem technischen oder Arbeitszeitaufwand verbunden.

Durch einen längeren Erhalt des Innendrucks in der Zitzenzisterne wäre es aber möglich den Zeitpunkt des «Kletterns» des Melkbeckers zu verzögern und dadurch das Nachgemelk zu reduzieren. Dafür müsste die hohe Strömungsgeschwindigkeit des Milchflusses durch der Euter-Zitzen-Passage, welche durch die Öffnungsgeschwindigkeit des Zitzengummis stark beeinflusst wird, verringert werden. Dies kann anhand einer verlangsamten Öffnungsbewegung des Zitzengummis erreicht werden (Schlaiss, 1994). Waizmann (2014) wies nach, dass durch einer Verlängerung der a-Phase der Pulscurve bis zu 300 ms die Zitzengummiwand sich deutlich langsamer bewegte.

## Projektziele

Ziel des Experiments war, den Einfluss einer verlängerten a-Phase der Pulscurve auf die Milchejektion und insbesondere auf die Höhe des Nachgemelks zu analysieren.

## Methodik und Vorgehen

Die Untersuchung fand im Versuchsmelkstand von Agroscope in Tänikon statt. In einem 2 x 3 Autotandem-Melkstand (GEA, Bönen, Deutschland) wurden 35 Kühe der Rassen Red Holstein und Brown-Swiss mit zwei verschiedenen Pulscurven-Typen gemolken. Als Referenz galt eine Pulscurve mit einer Dauer der a-Phase von 140 ms. Die Dauer der a-Phase wurde bei der zweiten Pulscurve auf 300 ms verlängert. Dafür war die b-Phase verkürzt. Die Dauer der c- und d-Phase blieb hingegen gleich. Die genaue Phasendauer konnte anhand der Geschwindigkeit der Drehmotoren des Pulsators von Typ RotoPuls® Integral (BITEC Engineering, Romanshorn, Schweiz) bestimmt werden. Der Pulsator wurde auf Wechseltakt eingestellt. Die Kühe wurden randomisiert dreimal morgens und dreimal abends mit den jeweiligen Pulscurven-Typen gemolken. Die Melkanlage mit einer tiefverlegten Melkleitung wurde mit einem Betriebsvakuum von 39 kPa und einem Pulstakt von 60 Takten pro Minuten betrieben.

Die physiologischen Parameter der Milchejektion sind mit Hilfe des Milchmengenmessgeräts LactoCorder (WMB, Balgach, Schweiz) erfasst worden. Ausgewertet wurden die Höhe des Gesamt- und des Nachgemelks, der höchste Milchfluss, sowie die Dauer der Plateau- und der Abstiegsphase der Milchflusskurve. Für die Gewinnung des Nachgemelks war eine standardisierte Methode bestimmt worden. Sobald der Milchfluss die Grenze von 330 g/min unterschritten hatte, stellte das Pulsator auf Haftvakuum

um und das Melkzeug blieb mit geschlossenen Zitzengummis am Euter hängen. Mit einem Gewicht von 1.4 kg wurde das Melkzeug anschliessend belastet, damit die Euter-Zitzen-Passage wieder durchlässig wurde. Dann startete das Melken neu. Diese zusätzlich gewonnene Milchmenge wurde vom LactoCorder als Nachgemelk erfasst.

Die Höhe des Nachgemelks ist tierindividuell und kann unter anderem vom Verhältnis zwischen der Schaftbreite des Zitzengummis und der Zitzenbreite abhängig sein. Deshalb wurden die Zitzen aller Versuchstiere zirka 1 cm oberhalb der Zitzenspitze mit einer Schieblehre vermessen. Anhand der durchschnittlichen Zitzenbreite eines Euters wurden die Kühe in drei Klassen (<22 mm, 22–23 mm und >23 mm) unterteilt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit linearen gemischten Effekten Modellen. Als Zielvariablen wurden die oben genannten Parameter herangezogen. Die erklärenden Variablen waren die Pulscurven-Typen (zwei Faktoren: a-Phase = 140 ms und 300 ms), die Melkzeiten (zwei Faktoren: morgens und abends) und die Zitzenbreite (drei Faktoren: <22 mm, 22–23 mm und >23 mm). Die zufälligen Variablen waren die Kühe geschachtelt in den Versuchstagen. Die Residuen waren alle Normalverteilt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Referat an der Tagung vorgestellt.

## Literatur

- Schlaiss G. 1994. Einfluss von modifizierter Zitzengummi-bewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. Dissertation Universität Hohenheim.
- Waizmann B. 2014. Einflüsse einer verlängerten a-Phase der Pulscurve auf die tatsächliche Zitzengummi-bewegung. Masterarbeit Universität Hohenheim.

# Prüfung von Melkanlagen – Möglichkeiten und Grenzen von Messungen unter Melkbedingungen

Martin Spohr

Eutergesundheitsdienst der TSK Baden-Württemberg, Schaflandstrasse 3/3, 70736 Fellbach, Deutschland

## Zusammenfassung

Mit den Messungen unter Melkbedingungen kann das Zusammenwirken von Melktechnik, Milchkuh und Melkroutine dargestellt werden. Im Vergleich zur Melkanlagenprüfung nach DIN/ISO, die eine rein technische Bewertung ermöglicht, fehlt diesen Messungen aber in einigen Bereichen noch die wissenschaftlich fundierte Validierung. Insbesondere die objektive Bewertung von Zitzenkonditionsstörungen und die Kenntnis über die Ursachen dieser Veränderungen sind noch nicht ausreichend vorhanden. Trotzdem stellt die Methode der Messungen unter Melkbedingungen bereits jetzt eine wertvolle Ergänzung der bisherigen Melkanlagenprüfung dar. Haupteinsatzgebiete der Methode sind Probleme mit der Zitzenkondition, dem Verhalten der Milchkühe während des Melkens, der Funktionsweise des Melkzeugs und der Arbeitseffizienz.

## Résumé

### Contrôle des installations de traite – Possibilités et limites des mesures réalisées dans les conditions de traite

Les mesures réalisées dans les conditions de traite permettent d'appréhender les interactions entre la technique de traite, la vache laitière et la routine de traite. Par rapport au contrôle des installations de traite selon les normes DIN/ISO, qui permettent une évaluation purement technique, il manque encore à ces mesures, dans certains domaines, une validation scientifiquement fondée. L'évaluation objective des anomalies de l'état des trayons et la connaissance des causes de ces altérations ne sont notamment pas encore satisfaisantes. Malgré tout, la méthode des mesures réalisées dans les conditions de traite apporte déjà un complément précieux au contrôle des installations de traite, pratiqué jusqu'ici. La méthode est principalement utilisée pour les problèmes concernant l'état des trayons, le comportement des vaches laitières pendant la traite, le fonctionnement de l'unité trayeuse et l'efficacité du travail.

## Summary

### Inspection of Milking Installations – Possibilities and Limitations of Measurements under Milking Conditions

Taking measurements under milking conditions allows us to portray the interaction of milking technique, dairy cow and milking routine. However, unlike the milking installation inspection according to DIN/ISO, which enables a purely technical evaluation, these measurements still lack a scientifically sound validation in several areas. In particular, an objective assessment of teat-condition disorders and knowledge on the causes of these changes are still not sufficiently available. Despite this, the methodology for obtaining measurements under milking conditions already represents a valuable addition to the previous milking installation inspection. The main areas of application of the methodology are problems with teat condition, the behaviour of dairy cows during milking, the functioning of the milking cluster, and work efficiency.

## 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. Mit dem Begriff «Messungen unter Melkbedingungen» wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die Drücke im Puls- und Zitzengummiminnenraum sowie im Zitzengummikopf während des Melkens von Kühen bestimmt und Aussagen über die Melkbedingungen abgeleitet werden. Während der Druckverlauf im Pulsraum gut gesteuert und gemessen werden kann, unterliegt das zitzenendige Vakuum und

der Unterdruck im Zitzengummikopfbereich zahlreichen Einflussfaktoren (Milchfluss, Dimensionierung des Zitzengummis, Pulsation, Zitzenform und -grösse), die nicht immer planbar und daher oft nicht konstruktiv beherrschbar sind. Daraus resultiert die in der Praxis zu beobachtende Vielfalt an Vakuumhöhen und Vakuumverlaufsformen in verschiedenen Bereichen des Melkzeuges. Für die technische Bewertung von Melkanlagen finden sich in den Normen DIN/ISO 5707 (Konstruktion und Leistung) und 6690 (Mechanische Prüfung) ausreichend Messmethoden und Kennzahlen. Für den Bereich der Messungen unter Melkbedingungen existieren diese Vorgaben nicht oder nur in rudimentärer Form, daher herrscht bei der Beurteilung von Melksystemen auf dieser Basis grosse Unsicherheit.

## Material und Methoden

Für die Messung der Druckverhältnisse stehen mehrere Messpunkte zur Verfügung. Der Unterdruck an der Zitzen spitze wird im Bereich des Zitzen-nahen Teils des kurzen Milchschauches gemessen. Differenzen zwischen dem Messpunkt und der Zitzenspitze ergeben sich nur bei Systemen mit periodischem Lufteinlass (Biomilker®) und zeitweisem Verschluss des Zitzengummiausgangs (VacuStop® und AktivPuls®). Der kurze Milchschauch muss für die Messung mittels Kanüle oder Leerröhrchen perforiert werden. Während des Melkens kann Milch über diese Öffnung in den Messschlauch zurückgesaugt werden. Der Druckverlauf im Pulsraum wird in der Regel über ein im Zitzenbecher-nahen Bereich des kurzen Pulsschauches eingebautes T-Stück gemessen. Um die Druckverhältnisse im Zitzengummikopfbereich aufzunehmen, werden Injektionsnadeln, Leerröhrchen oder spezielle Adapter in den Wölbungsbereich unterhalb der Zitzengummilippen eingesetzt, um eine mögliche Verletzung des Zitzengewebes auszuschliessen.

Für die Messungen unter Melkbedingungen können alle Messgeräte mit mehreren Druckaufnehmern und ausreichend grosser Speicherkapazität verwendet werden. Es ist darauf zu achten, dass während der Messung Milch vom kurzen Milchschauch in das Messgerät eingesaugt werden kann. Daher sind Feuchtigkeitsfilter oder Feuchtigkeitsunempfindliche Drucksensoren nötig. Die erforderliche Messfrequenz richtet sich nach der Fragestellung: Für die Bestimmung der Druckbelastung an der Zitzenkuppe und alle Vakuum-Durchschnittswerte sind Abtastraten von 30Hz ausreichend. Kurzfristige Druckänderungen (z. B. Liner Slip, hochfrequente Schwingungen) benötigen z. T. deut-

lich höhere Messfrequenzen. Die Grösse der Speicher (Datenlogger) sollte so dimensioniert sein, dass über eine Melkzeit hinweg gemessen werden kann, ohne den Speicher zwischenzeitlich auslesen zu müssen.

Da die Messungen unter Melkbedingungen nicht normiert sind, ist die Art und Zahl der bestimmbarer Parameter nicht festgelegt, eine Auflistung kann daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht umfassend sein (Tab. 1).

**Tabelle 1: Mögliche, bei Messungen unter Melkbedingungen bestimmbar, Parameter**

Informationsquelle	Parameter
Zitzenendiges Vakuum	Ø Vakuumhöhe Hauptmelkphase
	Ø Vakuumhöhe Nachmelkphase
	Häufigkeit von Liner Slips
	Maschinen-Haftzeit
Pulsvakuum + zitzenendiges Vakuum	Dauer Zitzengummi-Offenphase
	Dauer Zitzengummi-Geschlossenphase
	Ø Vakuumhöhe Zitzengummi-Offenphase
	Ø Vakuumhöhe Zitzengummi-Geschlossenphase
	Zitzenkompression
Zitzengummikopf-Vakuum	Dauer Hauptmelkphase
	Dauer Nachmelkphase
	Ø Vakuumhöhe
	Vakuumfluktuation
	Melkbereitschaft der Kuh (Bimodalität)
Kuh	Tierverhalten
Euter / Zitze	Zitzenkondition
	maschinelles Ausmelkgrad
	Gemelksmenge / Ø Milchfluss
Melker	Melkroutine

Die aktuell durchgeführten Messungen konzentrieren sich auf folgende Bereiche:

Das zitzenendige Vakuum kann als Durchschnittswert über die gesamte Melkzeit einer Kuh oder während verschiedener Gemelksabschnitte bestimmt werden. Sowohl Erfahrungen aus der Forschung als auch praktische Erfahrungen zeigen, dass ein mittleres Vakuum an der Zitzenspitze im Bereich von 32 bis 42kPa während der Dauer des Spitzenmilchflusses ein schnelles, schonendes und vollständiges Melken ermöglicht (DIN/ISO 5707, 2010). Insbesondere bei Melksystemen mit Gleichakt pulsation sollte das zitzenendige Vakuum getrennt für die Zitzengummi-Offen- und -Geschlossenphase ausgewiesen werden. Diese Phasen können aus der Differenz zwischen zitzenendigem- und Pulsations-Vakuum bei Berücksichtigung der

Einfaltdruckdifferenz des Zitzengummis bestimmt werden. Die Druckverhältnisse im Zitzengummikopf-Bereich werden in erster Linie durch die Grösse, Form und Melkbereitschaft der Zitze beeinflusst. Über Verlauf und Höhe des Unterdrucks wird die Melkung in die Phase mit hohem Milchfluss (Hauptmelkphase) und die Nachmelkphase (wenn die Zitzengummis zu «klettern» beginnen) unterteilt. Die Nachmelkphase ist dabei nicht gleichbedeutend mit Blindmelken, da in dieser Phase durchaus noch Milchfluss zu beobachten ist (Abb. 1). Neben den Durchschnittswerten des Drucks im Zitzengummikopf-Bereich in den einzelnen Phasen ist die Schwankungsbreite der Messwerte (Amplitude) von Bedeutung. Als Ergänzung zu den Druckmessungen sind Aufzeichnungen über die Dauer der einzelnen Melkphasen wertvoll, da sie die Bestimmung von durchschnittlichen Milchflüssen und die Kontrolle der Abnahmeautomaten und Melkroutinen ermöglichen. Die Beurteilung der Zitzenkondition, die Bestimmung des Ausmelkgrades und andere Beobachtungen komplettieren die Messungen.

Das Ziel der Messungen unter Melkbedingungen besteht darin, das Zusammenwirken von Melktechnik, Milchkuh und der praktizierten Melkroutine zu beschreiben. Daraus leitet sich die Fragestellung ab, wie viele Messungen erforderlich sind, um die betriebliche Situation repräsentativ wiederzugeben. Entsprechend der Höhe der Messwerte

und ihrer Variabilität innerhalb der Herde sollten bei der Bestimmung des durchschnittlichen zitzenendigen Vakuums und der Druckbelastung der Zitze 5 bis 10 Messungen durchgeführt werden. Bei der Messung der Gemelksmengen und des durchschnittlichen Milchflusses sollten mind. 20 Messungen erfolgen. Die Variabilität bei den Messungen im Zitzengummikopf ist in der Regel so hoch, dass eigentlich mehr als 50 Messungen erforderlich wären, um den repräsentativen Durchschnittswert für die Herde annähernd sicher und genau zu bestimmen. Dies ist normalerweise nicht möglich, so dass eine Mittelwertberechnung dieser Parameter nicht sinnvoll, eine Häufigkeitsverteilung dagegen informativer ist.

## Ergebnisse

Mit den Messungen unter Melkbedingungen können bestimmte Fragestellungen untersucht werden, die sich auf die Zitzenkondition, das Verhalten der Milchkühe und den Melkablauf beziehen. Die Messungen sind dabei eine Informationsquelle unter mehreren (DIN/ISO-Prüfung, Zitzenkonditionsbewertung, Beurteilung der Melkroutine, des Tierverhaltens und des maschinellen Ausmelkgrades) und sollten nur in Kombination mit diesen bewertet werden. Einige Messergebnisse sind in Tab. 2 zusammengefasst.

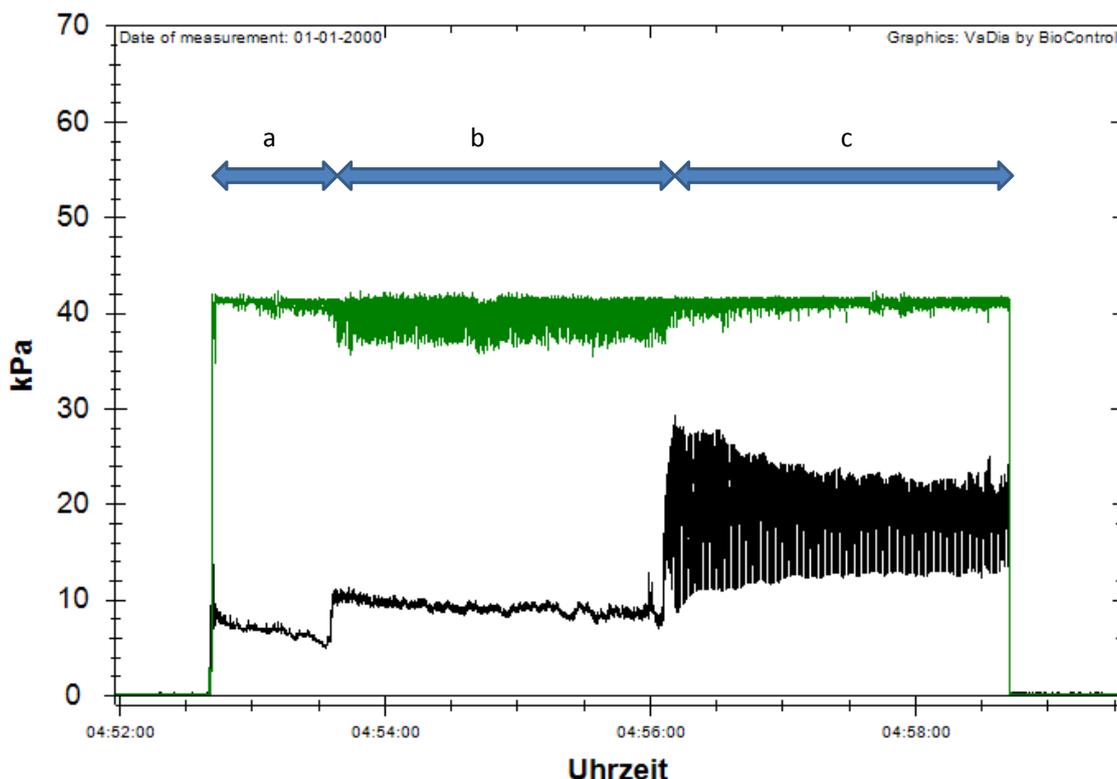


Abbildung 1: Beispielhafte Messung unter Melkbedingungen (grüne Kurve = zitzenendiges Vakuum, schwarze Kurve = Zitzengummikopfvakuum, a = Stimulations-, b = Hauptmelk-, c = Nachmelkphase).

**Tabelle 2: Einige Ergebnisse der Messungen unter Melkbedingungen (n=350 Melkungen)**

Parameter	Mittel	Std.Abw.	Median
Gemelksmenge (l)	13,87	4,21	13,90
Ø Milchfluss (l/min)	2,17	0,72	2,08
Dauer Hauptmelkphase (s)	254	117	238
Dauer Nachmelkphase (s)	120	100	98
Ø Vakuum Hauptmelkphase (kPa)	36,51	2,29	36,45
Ø Vakuum Nachmelkphase (kPa)	39,20	2,97	39,20
Ø Vakuum Zitzengummikopf Hauptmelkphase (kPa)	14,76	8,82	12,85
Ø Vakuum Zitzengummikopf Nachmelkphase (kPa)	28,23	6,56	28,00

Hyperkeratosen sind vermehrte Verhornungen der Strichkanalauskleidung, die mit einer erhöhten Mastitisanfälligkeit und schlechterer Melkbarkeit in Beziehung stehen. Die stärkste Beziehung zur Häufigkeit von verhornten Hyperkeratosen in der Herde haben die Parameter «durchschnittliche Druckbelastung pro Zyklus» (kPa\*s) und das «Verhältnis von Saug- zu Druckbelastung». Einen geringen Einfluss haben das Melkanlagenfabrikat, das Anlagenvakuum und der maximale Differenzdruck in der Massagephase. Keine Auswirkung auf die Häufigkeit von Hyperkeratosen in der Herde haben u.a. die Positionierung der Melkleitung (hoch oder tief), die Pulsationsart (Gleich- oder Wechseltakt) oder die Einfaltdruckdifferenz der verwendeten Zitzengummis (Spohr und Uhlenbruck, 2012). Zur Bestimmung der Häufigkeit von Hyperkeratosen stehen einfache Scoringssysteme zur Verfügung. Zitzenödeme sind dagegen nur schwer zu objektivieren; die bislang erprobten Methoden sind entweder nicht reproduzierbar (Cutimeter), erfordern einen erhöhten technischen und zeitlichen Aufwand (Ultraschall) oder sind sehr subjektiv (Palpation). Daher gibt es nur wenige Informationen über die Beziehungen zwischen melktechnischen Parametern und der Entwicklung von Zitzenödemem. Tendenziell kann davon ausgegangen werden, dass die Höhe und Stabilität des Zitzengummikopfvakuums für die Ausprägung von Zitzenödemem mitverantwortlich ist. Je höher und stabiler das Zitzengummikopfvakuum in der Hauptmelkphase, umso häufiger sind die ödematösen Schwellungen der Zitzenwandung und der Zitzenbasis zu erkennen. Dabei neigen grosse Zitzen eher zu Ödemem als kleine. Nach Zvertvaegher *et al.* (2013) zeigen Kühe mit einer durch den Melkakt verursachten Ödematisierung der Zitzen höhere Zellgehalte. Zecconi *et al.* (1992) stellten bei Kühen mit einer verstärkten Anschwellung der Zitzenkuppe vermehrte Strichkanalbesiedlungen mit anschliessender erhöhter Mastitisinzidenz fest.

Bei Kühen und Kalbinnen, die beim Melken unruhig sind und versuchen das Melkzeug abzutreten, werden oft melktechnische Ursachen vermutet. Unter Praxisbedingungen steht als Hauptursache allerdings Belästigung durch Fliegen und Mücken im Vordergrund. Bei unzureichender Stimulation (zu kurze Manipulation, zu kurze Verzögerungszeit), die dazu führt, dass das Melkzeug an nicht-melkbereite Zitzen angehängt wird, können besonders erstlaktierende Kühe mit Unruhe reagieren. In solchen Fällen ist ein hohes Zitzengummikopfvakuum bereits zu Beginn des Melkens feststellbar (Abb. 2). Nach Newman *et al.* (1991) reagieren Kühe mit vermehrtem

Abschlagen der Melkzeuge, wenn das Zitzengummikopfvakuum 23kPa übersteigt.

Der Zitzengummi nimmt die Zitze während des Melkens auf und sorgt über das zitzenendige Vakuum, die Haftreibung zwischen Zitzenhaut und Zitzengummischafft und das Zitzengummikopfvakuum für eine gute Haftung des Melkzeugs am Euter. Die Zitzen dehnen sich unter dem Einfluss des Melkvakuums um ca. 25 bis 30 %, wobei diese Werte tierindividuell stark schwanken können. Je vollständiger die Zitze den Zitzengummischafft ausfüllt, umso hermetischer wird der Zitzengummikopf vom zitzenendigen Vakuum abgeschirmt und umso geringer ist das Zitzengummikopfvakuum. Bei deutlich zu engen Zitzengummis (Schafft und Kopfföffnung) können Ausmelkprobleme durch frühzeitige Verlegung der Euter-Zitzen-Passage auftreten. Daher sollten möglichst viele Kühe ein Zitzengummikopfvakuum in der Hauptmelkphase zwischen 10 und 20kPa entwickeln. Wenn ungefähr die gleiche Anzahl Kühe mit höheren und niedrigeren Werten vorhanden ist, kann die Auswahl des Zitzengummityps als für die durchschnittliche Zitzengrösse der Herde optimal eingestuft werden.

Haftschwierigkeiten der Melkzeuge (sog. liner slips) sind insbesondere dann festzustellen, wenn über einen relativ zu engen Zitzengummischafft und eine grosse Zitzengummikopfföffnung das Zitzengummikopfvakuum nur gering ausgeprägt ist. Darüber hinaus erhöhen ungleiche Zugwirkungen an den einzelnen Zitzenbechern, unruhige Kühe und kleine Zitzen das Risiko für liner slips. Die Haftschwierigkeiten treten überwiegend zu Beginn des Kletterns der Zitzengummis (wenn die Reibung zwischen Zitzenhaut und Zitzengummischafft reduziert ist) auf. Die Höhe des zitzenendigen Vakuums spielt in den üblichen zitzenendigen Vakuumbereichen für die Entstehung von Haftungs-

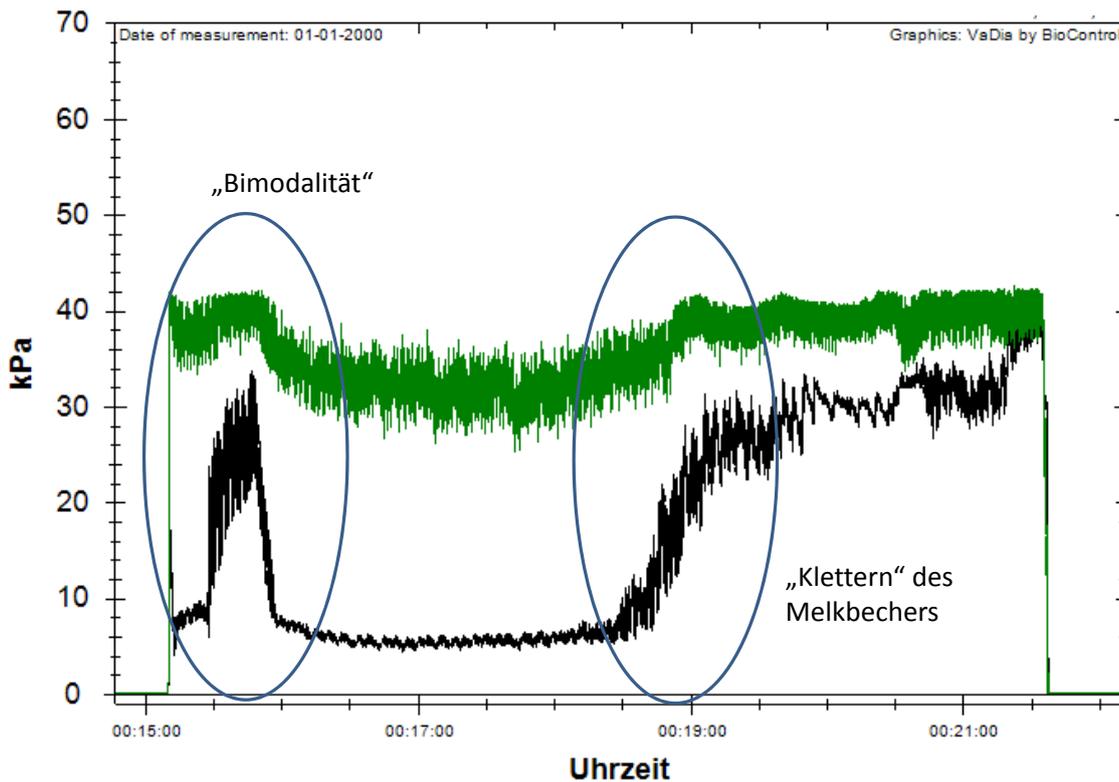


Abbildung 2: Beispielhafte Messung unter Melkbedingungen bei einer Kuh mit mangelnder Melkbereitschaft (Kurvenzuordnung wie Abb. 1).

problemen keine bedeutende Rolle, liner slips während des höchsten Milchflusses sind eher selten.

Ein schlechter maschineller Ausmelkgrad scheint nicht durch die Grösse der Zitze oder die Melkbarkeit der Kuh beeinflusst zu werden. Dagegen fördert ein hohes Zitzen-gummikopfvakuum in der Hauptmelk- und der Nachmelkphase sowie ein hohes zitzenendiges Vakuum den frühzeitigen Verschluss der Euter-Zitzen-Passage.

Der durchschnittliche Milchfluss der Kühe korrespondiert mit keinem der gemessenen Parameter. Die Beobachtung eines geringeren zitzenendigen Vakuums bei leichtmelkenden Kühe ist eher die Folge als die Ursache der Melkbarkeit. Die in kontrollierten Versuchen nachgewiesene Erhöhung des (Spitzen-)Milchflusses bei erhöhtem zitzenendigen Vakuum lässt sich anhand der Praxismessungen nicht bestätigen.

Da «lange Melkzeiten» als häufiger Grund für Bestandsuntersuchungen genannt werden, wurde für diese Fragestellung ein eigener Untersuchungsgang entwickelt («Melkzeitoptimierung»). Dieser umfasst Bereiche wie die Melkbarkeit der Herde, die zeitgerechte Melkzeugabnahme, die Kuhwechsellzeiten und die Melkroutinen. Die durchschnittliche Melkbarkeit der Herde wird bestimmt

und über die Messung des Zitzen-gummikopfvakuums zu Beginn der Melkzeit die Melkbereitschaft der Kühe abgelesen. Zusätzlich kann über Höhe und Verlauf des Vakuums in diesem Bereich die Passform des eingesetzten Zitzen-gummis abgeschätzt werden. Die Dauer der Nachmelkphase, als absolute Zeit und im Verhältnis zur Dauer der Hauptmelkphase, gibt einen guten Eindruck über die Festlegung des Melkendes (Abnahmeschwellenwert, Verzögerungszeit, Blindmelken). Zu lange Zeiten, in denen die Melkzeuge im Vergleich zu den eigentlichen Melkzeiten nicht aktiv sind, deuten auf Fehler im Bereich des Kuhverkehrs oder der Melkroutine hin. In diesen Fällen sind (Arbeits-)Zeitmessungen während des Melkens erforderlich, um eine Optimierung der Melkzeit zu erreichen.

## Literatur

- DIN ISO 5707: Melkanlagen – Konstruktion und Leistung (ISO 5707: 2007), 2010.
- DIN ISO 6690: Melkanlagen – Mechanische Prüfungen (ISO 6690:2007), 2010.
- Newmann, J., R. Grindal u. M. Butler: Influence of Liner Design on Mouthpiece Chamber Vacuum during Milking. (1991) J. Dairy Research 58, 21–27.

- Spohr, M. u. F. Uhlenbruck: Melktechnische Einflüsse auf die Ausprägung von Hyperkeratosen in «Herausforderungen der Zukunft in der Mastitisbekämpfung» DVG-Tagung am 22.3.2012 in Grub: 101–106.
- Zecconi, A., J. Hamann, V. Bronzo u. G. Ruffo: Machine-induced teat tissue reactions and infection risk in a dairy herd free from contagious mastitis pathogens. (1992) *J. Dairy Research* 59: 265–271.
- Zwertvaegher, I., S. De Vlieghe, B. Verbist, A. Van Nuffel, J. Baert u. S. Van Weyenberg: Short communication: Association between teat dimensions and milking-induced changes in teat dimensions and quarter milk somatic cell count in dairy cows. (2013) *J. Dairy Science* 96: 1075–1080.

# Die Verwendung von viertelindividuellen Milchflussdaten zur Steuerung von Aktoren an einer Melkanlage

U. Ströbel<sup>1</sup>, S. Jahn<sup>1</sup>, A. Schimmang<sup>2</sup>, S. Manig<sup>2</sup>, J. Brundisch<sup>2</sup>, M. Kempa<sup>1</sup> und C. Ammon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland

<sup>2</sup>Impulsa AG, An den Kanitzen 30, 04910 Elsterwerda, Deutschland

## Zusammenfassung

Der Fortschritt in der Melktechnik trägt grundsätzlich dazu bei, das Tierwohl zu steigern und die Produktionskosten zu senken. Auch der Milchfluss pro Euter wird in den meisten europäischen Herden inzwischen elektronisch erfasst. Eine viertelindividuelle Messung des Milchflusses findet bisher aber nur in wenigen Betrieben statt, hier meist nur in automatischen Melksystemen, da diese Systeme von mehr Tieren pro Tag genutzt werden, als dies in Gruppenmelkständen der Fall ist. Die viertelindividuelle Milchflusserfassung lässt jedoch eine Vielzahl an Diagnosemöglichkeiten und die Ansteuerung von Aktoren in Melksystemen zu. Das Ziel der vorliegenden Studie lag darin, ein neues Milchmengenmessgerät zu entwickeln, bei dem der Milchfluss pro Euterviertel mit einem zuverlässigen Messprinzip und neuester Sensorik erfasst wird. Zu diesem Zweck wurde das Kippschalenmessprinzip genutzt. Nachdem mit mehreren Labormustern Einzelversuche zur technischen Verbesserung vorgenommen wurden, können die Entwickler in dieser Studie einen Prototyp vorweisen, mit dem bereits eine umfangreiche Testreihe zur Funktion und Nutzung der Messwerte durchgeführt wurde. Die durchgeführte Untersuchung ähnelt dem ICAR\*-Labortest für Milchmengenmessgeräte. Der hier vorgestellte Prototyp kann Milchflüsse von 0–3 kg/min bestimmen und verarbeiten. Bei fünf Wiederholung und einem Eichwert der Kippschale von ca. 25 g lag die Standardabweichung der fünf Messungen bei allen getesteten Milchflüssen unter 0,26 g. Eine gute Reproduzierbarkeit der bisherigen Messergebnisse ist damit gegeben.

## Résumé

### Utilisation des données de flux de lait par quartier pour guider les utilisateurs d'une installation de traite

Le progrès de la technique de traite contribue largement à améliorer le bien-être des animaux et à faire baisser les coûts de production. Le débit de lait par vache est lui aussi

enregistré de manière électronique dans la plupart des troupeaux européens. A ce jour, seules quelques exploitations effectuent cependant une mesure du débit de lait par quartier, et ceci généralement uniquement dans des systèmes de traite automatiques, car ces systèmes peuvent être utilisés par un plus grand nombre d'animaux par jour que dans les salles de traite par lot. La saisie du débit de lait par quartier offre toutefois un grand nombre de possibilités de diagnostics et permet d'orienter les utilisateurs des systèmes de traite. La présente étude avait pour objectif de développer un nouvel instrument de mesure des quantités de lait permettant d'enregistrer le flux de lait par quartier selon un principe de mesure fiable et une technique de capteurs ultramoderne. Dans ce but, les chercheurs-euses ont utilisé le principe de mesure à plateau basculant. Après que différents essais aient apporté les améliorations techniques nécessaires aux nombreux modèles de laboratoire, les développeurs-euses ont pu présenter un prototype dans cette étude, avec lequel une série de tests a déjà été effectuée sur le fonctionnement et l'utilisation des valeurs de mesure. L'étude réalisée se rapproche des résultats du test de laboratoire ICAR pour les appareils de mesure de la quantité de lait. Le prototype présenté ici peut déterminer et traiter des flux de lait de 0–3 kg/min. La reproductibilité des résultats de mesure était convaincante.

## Summary

### The Use of Quarter-Individual Milk Flow Data for Controlling Actuators in a Milking Installation

Progress in milking technology basically helps to increase animal welfare and reduce production costs. Nowadays, milk flow per udder is also recorded electronically in most European herds. To date, however, only a few farms have carried out a quarter-individual measurement of milk flow – this generally only in automatic milking systems, which are used by more animals per day than group milking parlours. Despite this, quarter-individual milk-flow recording permits a large number of diagnosis options and the control of actuators in milking systems. The aim

**of the present study was to develop a new milk-quantity measuring device in which milk flow per udder quarter is determined via a reliable measuring principle and the latest sensor technology. To this end, the tilt-tray measuring principle was used. After individual tests were undertaken with several laboratory prototypes for the purpose of technical improvement, the developers were able to produce a prototype in this study that has already been used to carry out an extensive test series on the function and use of measured values. The study conducted resembles the ICAR laboratory test for milk-quantity measuring devices. The prototype introduced here can determine and process milk flows of 0–3 kg/min. The reproducibility of the measurement results was convincing.**

## Einleitung

Die Melktechnik stellt eine wichtige Techniksparte im Bereich der Verfahrenstechnik der Nutztierhaltung dar. Elektronische Messsysteme sind eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien zur weiteren Automatisierung in der zukünftigen Nutztierhaltung (Brehme *et al.*, 2008).

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; Nordegren, 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 wichtige 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-Bewegungen des Zitzen-

gummis. Das Ausmass der Kräfte hängt dabei in der Regel vom Puls- und Melkvakuum ab (Ebendorf und Ziesack, 1991; Rasmussen, 1993). Grundlegend stellen 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. Bei einem niedrigen Anlagenvakuum kann sich die Massagefunktion des Zitzengummis verringern, was die Gewebebelastung und eventuell auch die Mastitisanfälligkeit einer Zitze, deutlich erhöhen kann. Deshalb ist eine optimal eingestellte und gewartete Melkanlage für erfolgreiches Melken und euterschonendes Melken unabdingbar. Das Vakuum am Sammelstück eines Melkzeugs sollte während des Spitzenmilchflusses innerhalb eines Bereichs von 32–42 kPa bleiben, um ein schnelles, vollständiges und schonendes Melken zu gewährleisten (Besier, Lind, & Bruckmaier, 2016).

In diesem Zusammenhang erwähnt schon Dassler (2007) die Notwendigkeit der Milchflussmessung zur Überprüfung der Tiergesundheit. Er stellt heraus, dass innovative Melktechnik einen Einfluss auf gängige Milchflussparameter hat und so zur Beurteilung der Eutergesundheit beitragen kann. Im Rahmen einer viertelindividuellen Milchflussmessung kann dementsprechend noch genauer auf eventuelle Abweichungen der Milchflussparameter reagiert und so die Gesundheit der Tiere sichergestellt werden.

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. Eine vom viertelweisen Milchfluss gesteuerte Vakuumapplikation, individuell für jede Zitze, kann die Zeitdauer der Vakuumeinwirkung auf die Zitzen wesentlich verringern.

Deshalb wird in der folgenden Studie ein neuer Prototyp für ein Milchmengenmessgerät vorgestellt, welcher Milchflüsse mit geringem Messfehler und mit einer hohen Aufzeichnungsrate pro Euterviertel mit einem soliden physikalischen Messprinzip messen und elektronisch verarbeiten kann. Dieses neue Messgerät stellt eine wichtige Grundlage zur viertelindividuellen Behandlung der einzelnen Euterviertel beim Melkprozess dar. Im Folgenden werden die wichtigsten Versuche und Messergebnisse dargestellt, die mit dem neuen Prototyp des Milchmengenmessgerätes bisher erzielt wurden. Das Ziel war es, die Funktionsfähigkeit des neuen Gerätes zu überprüfen.

## Material und Methoden

Am Projektbeginn wurden mehrere Labormuster eines viertelindividuellen Milchmengenmessgerätes entwickelt, getestet und weiter optimiert (siehe Abb. 1). Mit Hilfe der Nassmessmethode (ISO 6690, 2007) wurde die Funktionalität der letzten Prototypen (siehe Abb. 2) eines viertelindividuellen Milchmengenmessgerätes (ViMi) bei verschiedenen Durchflussraten, Anlagenvakuumwerten und Lufteinlassmengen intensiver getestet. Es wurden dabei zwei verschiedene Kippschalen, eine schmale und eine breite, verwendet. Die Versuchsergebnisse wurden zur weiteren technischen Optimierung der Prototypen aus Abbildung 2 genutzt.

Drei Versuchsreihen wurden zur Ermittlung der Messgenauigkeit des ViMi unter Verwendung der Nassmessmethode (ISO 6690, 2007) durchgeführt:

**Versuchsreihe «Durchfluss»:** Der Durchfluss pro Euterviertel wurde zwischen 0,25 und 3,0 kg/min, in 0,25 kg-Schritten, variiert. Als Testmedium wurde Wasser verwendet. Die gesamte Durchflussmenge am ViMi wurde nach einer dreiminütigen Messung pro Einstellung, mit der gesammelten (wahren) Durchflussmenge in einer Milchkanne verglichen. Die wahre Durchflussmenge (Masse in kg) in

der Milchkanne wurde pro Einstellung und Wiederholung, jeweils mit einer geeichten Waage ermittelt. Es wurden jeweils 5 Wiederholungen jeder Einstellung vorgenommen. Das Anlagenvakuum bei dieser Versuchsreihe betrug 30 und 40 kPa. Der Lufteinlass bei dieser Versuchsreihe wurde konstant auf 2 l/min pro Euterviertel festgesetzt.

In einer folgenden Versuchsreihe «Lufteinlass» wurde der Lufteinlass von 0,1 bis 5 l/min pro Euterviertel (etwa in 1-Liter-Schritten) variiert. Dabei wurde pro Einstellung ebenfalls der Vergleich der am ViMi angezeigten Milchmenge gegen die wahre Milchmenge in der Milchkanne vorgenommen. Das Anlagenvakuum und der eingestellte Durchfluss waren hierbei konstant (50 kPa/ 1,5 kg/min). Es wurden ebenfalls 5 Wiederholungen für jede Messreihe durchgeführt.

In einer dritten Versuchsreihe «Anlagenvakuum» wurde das Anlagenvakuum mit den Werten 30, 35, 40 und 50 kPa variiert, während der Durchfluss und der Lufteinlass mit 1,5 kg/min und 2 l/min, jeweils pro Euterviertel, konstant gehalten wurde. Die übrigen Versuchseinstellungen bei Lufteinlass und Anlagenvakuum waren analog zur Versuchsreihe «Durchfluss».



Bildquelle: ATB Potsdam und Impulsa AG Elsterwerda

Abbildung 1: Erste ViMi-Prototypen-Generation.  
 a) Gehäusedeckel mit Neukonstruktion zur Flüssigkeitszuführung für eine verkleinerte Kippschale;  
 b) Gehäuseunterteil mit verkleinerter Kippschale;  
 c) Neu entwickeltes Vakuum-Abschaltventil, welches pro Euterviertel eingebaut werden soll.



Bildquelle: Impulsa AG Elsterwerda

Abbildung 2: Aktuelle ViMi-Prototypen (Stand: 04/2016).

Links breite, Mitte schmale Kippschale und rechts Foto der schmalen Kippschale, eingebaut im aktuellen ViMi-Prototyp.

Darüber hinaus wurde die Funktion des aktuellen ViMi-Prototyps (siehe Abb. 2) in Bezug auf Vakuumabfall und den maximal möglichen Durchfluss getestet. Dabei wurde beim maximal möglichen Durchfluss nur eine visuelle Bewertung der technischen Funktion von ViMi vorgenommen.

Nach gegenwärtigem ICAR (International Committee for Animal Recording, Hauptsitz in Rom, Italien)-Standard für Vierviertelgeräte, darf der Vakuumabfall eines Milchmengenmessgerätes maximal 5 kPa, bei einem Lufteinlass von 3 l/min und bei einem Durchfluss von 1,25 kg/min - jeweils pro Euterviertel angegeben - betragen. Dabei muss das Anlagenvakuum der Melkanlage 50 kPa betragen. Ein Standard zur Überprüfung und Zertifizierung von viertelindividuellen Milchmengenmessgeräten ist auf der ICAR\*-Homepage\* jedoch derzeit nicht veröffentlicht. Deshalb wurden die bisherigen Kriterien für Geräte herangezogen, welche an vier Eutervierteln messen und diese wurden für die durchgeführte Untersuchung logisch angepasst.

## Ergebnisse und Diskussion

Bei den Versuchen zum maximal erlaubten Vakuumabfall wurde am Gerät aus Abbildung 2 mit der schmalen Kippschale, unter den zuvor genannten Anforderungen, Vakuumabfälle zwischen 0,25 und 0,5 kPa gemessen (siehe Abb. 3). Bei höheren Durchflussmengen als vorgegeben stieg der Vakuumabfall bis ca. 1,5 kPa an. Diese Messungen wurden dreimal wiederholt. Die Schwankung der Einzelwerte lag bei ca. 0,1 kPa um den Median. Die Messungen wurden für die Anlagenvakua von 30, 35 und 40 kPa wiederholt, wobei die Vakuumabfallergebnisse dabei, bei

einem Durchfluss von 1,25 kg/min, ebenfalls zwischen 0,25 und 0,5 kPa lagen. Weitere Details zu dieser Untersuchung sind in Abbildung 3 dargestellt.

Bei den Versuchen zum maximal möglichen Durchfluss am viertelindividuellem Milchmengenmessgerät (ViMi) aus Abbildung 2, konnte festgestellt werden, dass ein Durchfluss von 3,0 kg/min ohne grundsätzliche Funktionsprobleme mit der schmalen Kippschale bewältigt werden kann, wobei sich der Eichwert pro Kippung (rechnerischer Massewert der geförderten Fluidmenge pro Kippung), mit steigendem Durchfluss etwas erhöht hat.

In Bezug auf die Messgenauigkeit wurde festgestellt, dass eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei jeweils gleichem Durchfluss mit Standardabweichungen kleiner 0,26 g pro Kippung erreicht wurde, wobei der durchschnittliche Eichwert pro Kippung, zwischen 16 und 22 g variiert hat. Damit ist eine nur geringe (voraussichtlich lineare) Abhängigkeit des Messwertes pro Kippung vom jeweils eingestellten Durchflusswert festgestellt worden. Bisher scheint es so, dass nur bei sehr hohen Durchflussraten pro Euterviertel eine elektronische Messwertkorrektur vorgenommen werden muss. Bezüglich der Messgenauigkeit in Abhängigkeit vom Lufteinlass und Anlagenvakuum wurde festgestellt, dass ViMi gleichbleibende Messwerte pro Kippung bei variierendem Lufteinlass und Anlagenvakuum, verknüpft mit konstantem (fest eingestelltem) Durchfluss, erzeugt. Dies bedeutet, dass ViMi, unter den getesteten Einstellungen, zuverlässig die gesamte Durchflussmenge pro Melkung und Viertel (das Viertelgemelk) misst. Genanntes erfolgt also unabhängig davon, wie Anlagenvakuum und Lufteinlass z. B. von Landwirten, Beratern oder Servicekräften an der Melkanlage verän-

dert werden, was äusserst günstig für die zukünftige, wartungsarme und dauerhaft-exakte Funktion des Gerätes ist.

Aus den gewonnenen Messergebnissen resultiert, dass ein erneuter Prototyp gebaut werden soll, bei dem die Abhängigkeit der Messgenauigkeit, von der vorkommenden Durchflussmenge (später vom Momentan-Milchfluss), weiter reduziert werden soll. Dieser dann weiter optimierte Prototyp soll sich durch eine strömungsgünstige Milcheinleitung mit Beruhigungszone und eine bessere Separation von Milch und Luft auszeichnen. Somit soll das zuvor genannte Ziel erreicht werden. Weiterhin soll im zukünftigen Prototyp eine neuartige Kippschale einen günstigeren Masseschwerpunkt als bisher aufweisen. Dadurch soll das Messgerät stabiler auf fehlgeleitete Luftströme und auf vorkommende Fluidwellen in der Kippschale reagieren. Durch ein innovatives elektronisches Messsystem kann der Kippwinkel, den die Kippschale über die Zeit vollzieht und damit auch die Winkelgeschwindigkeit der Kippschalenachse, jederzeit abgelesen, gespeichert und elektronisch verarbeitet werden.

Die Autoren der vorliegenden Studie prognostizieren, dass nach der Weiterentwicklung eines verbesserten ViMi-Prototypen und nach der Ermittlung der Korrekturalgorithmen für das neue Design die Markteinführung eines viertelindividuellen Milchmengenmessgerätes in wenigen Jahren realistisch ist. Dies ermöglicht, dass die Melksysteme der Zukunft, individuell, nach euterviertelbezogenem Milchfluss, Optimierungen der viertel-individuellen Melkeinstellungen, z. B. Pulsverhältnis und Viertelvakuum,

sowie die viertelweise Melkbecherabnahme, vornehmen können. Letztendlich kann die Verwendung der viertelindividuellen Milchflussdaten zur Steuerung von Aktoren an einer Melkanlage kostensenkend eingesetzt werden. Darüber hinaus ermöglichen diese Milchflussdaten pro Euterviertel voraussichtlich eine bessere Diagnose von Eutererkrankungen. Zuletzt genanntes dient dem Schutze des Tierwohls und der Verringerung des Medikamenten-Einsatzes bei der Milchgewinnung. Somit kann die neue Technik Vorteile für Landwirte und Melktechnikhersteller gleichermaßen bieten.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung lagen darin, dass eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse für die Durchflussmenge bei gleichbleibenden Durchflusswerten erreicht werden konnte. Die Standardabweichungen lagen hierbei für alle Messungen bei kleiner 0,26 g, wobei der anvisierte Eichwert der Kippschale um 16 bis 22 g lag. Weiter wurde festgestellt, dass eine geringe Abhängigkeit der Messergebnisse vom Durchfluss besteht. Nach derzeitigem Untersuchungsstand kann davon ausgegangen werden, dass ein mathematischer Korrekturalgorithmus für Durchflusswerte nur für sehr hohe Durchflüsse über etwa 1,5 kg/min benötigt wird. Solche hohen Durchflüsse kommen beim Rind pro Euterviertel nur selten vor. Dies wird durch ATB-eigene Messwerte aus einem Praxisbetrieb belegt. Damit bleibt der Gesamtfehler bei der Bestimmung eines Viertelgemelks

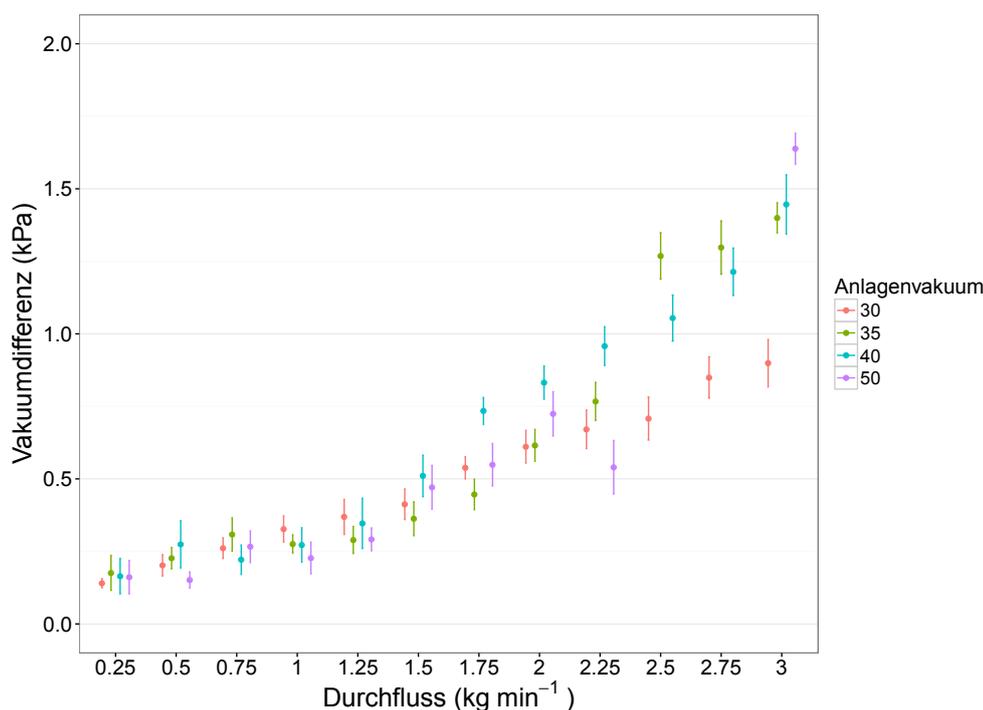


Abbildung 3: Ermittlung des Vakuumabfalles an einem ViMi-Prototypen mit schmaler Kippschale aus Abbildung 2.

beherrschbar. Die Messergebnisse der beschriebenen Versuchsreihe werden derzeit zur Konstruktion einer weiteren Prototypenreihe genutzt. Im Anschluss soll das hier entwickelte Milchmengenmessgerät für die Serienproduktion optimiert und vermarktet werden. Damit erhalten Landwirte ein weiteres sinnvolles Diagnoseinstrument zur Überwachung ihrer Herde. Melktechnikhersteller können demnach in Zukunft ein viertelindividuelles Milchmengenmessgerät als Sensor zur Steuerung von viertelindividuell arbeitenden Aktoren aller Art heranziehen. Dies kann dabei helfen, das Tierwohl bei der Milchgewinnung zu schützen und die Produktionskosten der Milchgewinnung zu senken.

## Danksagung

Die Studie und das damit verbundene Forschungsprojekt ViMi wurden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF). Die BMWi ist eine oberste Bundesbehörde der Bundesrepublik Deutschland und die AiF eine nationale industriegetragene Organisation zur Förderung angewandter Forschung und Entwicklung im deutschen Mittelstand. Die Autoren danken dem BMWi und der AiF für die umfassende Unterstützung im Projekt. Ausserdem gilt unser besonderer Dank dem Industriepartner IMPULSA AG in Elsterwerda. Für die gute, konstruktive und langjährige Zusammenarbeit möchten wir uns an dieser Stelle herzlich bedanken.

## Literatur

- Besier, J., Lind, O. und Bruckmaier, R. M. 2016. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health - a literature review. *Journal of Applied Animal Research* 44 (1): 263–272.
- 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.
- Dassler, L. 2007. Melktechnische Parameter zur Charakterisierung der Milchabgabe von Kühen unter besonderer Berücksichtigung der Vor- und Hauptphase, Dissertation, 212 Seiten, Eigenverlag, Halle an der Saale.
- 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.
- Hoefelmayer, 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.



international  
cooperations



- 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.



# Effects of dynamic vacuum changes on milking performance and teat condition in dairy cows

Rupert M. Bruckmaier

Veterinary Physiology, Vetsuisse Faculty, University of Bern, Switzerland

## Summary

Dynamic vacuum changes during machine milking are caused by the cyclic liner movement and related pulsatile withdrawal of milk from the teat (cyclic vacuum fluctuation), or by sudden vacuum losses through liner slips, cluster changing, or cluster fall off during milking (irregular vacuum fluctuation). Cyclic vacuum fluctuations are similar to those occurring during calf suckling and are not supposed to have any negative effect on milking performance, teat condition, or udder health. However, irregular fluctuations may increase the risk of intramammary infection. Additional dynamic vacuum changes are milk flow dependent vacuum drops that are caused by the transported milk in the milk tubes. Because a sufficiently high claw vacuum (around 30 kPa) is necessary for liner closure and the massage effect during the d-phase of pulsation, the system vacuum must be set high enough to allow the required claw vacuum despite vacuum drop. However, during low or absent milk flow (mainly towards the end of milking) almost the full system acts on the teat. Our investigation showed that an extremely low vacuum (<25 kPa) at the teat caused a reduced milking performance but did not have an increased impact on the teat as compared to controls. In contrast, a very high system vacuum to maintain an adequate vacuum level during peak milk flow despite vacuum drop increased milking performance but caused an increased teat wall thickness. Milking systems with only moderate vacuum drop during milk flow allow optimal vacuum settings for both performance and teat condition.

## Zusammenfassung

### Der Einfluss dynamischer Vakuumveränderungen auf den Melkverlauf und die Zitzenkondition bei Milchkühen

Dynamische Vakuumveränderungen während des Melkens mit der Melkmaschine können verursacht werden durch die zyklische Bewegung des Zitzengummis und dem damit zusammenhängenden pulsierenden Ausströmen von Milch aus der Zitze (zyklische Vakuumveränderungen), oder

durch plötzlichen Vakuumabfall durch Abrutschen des Zitzengummis, Melkzeugswechsel oder Abfallen des Melkzeugs während des Melkens (unregelmässige Vakuumveränderungen). Zyklische Vakuumveränderungen sind vergleichbar mit den Bedingungen beim saugenden Kalb und es wird angenommen, dass sie keine negativen Auswirkungen auf Milchleistung, Zitzenkondition und Eutergesundheit haben. Unregelmässige Vakuumschwankungen können jedoch das Risiko von Euterinfektionen erhöhen. Zusätzliche dynamische Vakuumveränderungen sind mit dem Milchfluss zusammenhängende Vakuum-Abfälle, die durch die transportierte Milch in den Milchschräuchen verursacht werden. Weil ein ausreichend hohes Vakuum im Sammelstück (etwa 30 kPa) für das Schliessen des Zitzengummis und den Massageeffekt während der d-Phase des Pulszyklus erforderlich ist, muss das Systemvakuum hoch genug eingestellt sein, um das Vakuum an der Zitze trotz des Vakuumabfalls zu gewährleisten. Während Phasen mit geringem oder fehlendem Milchfluss (hauptsächlich gegen Ende des Melkens) wirkt annähernd das volle Systemvakuum auf die Zitzen ein. Unsere Untersuchungen zeigen, dass ein sehr tiefes Vakuum (<25 kPa) an der Zitze zu einer reduzierten Melkleistung (verlängerte Melkzeit) führte, aber keine negative Wirkung auf das Zitzengewebe im Vergleich zu den Kontrollen ausübte. Dagegen erhöhte ein sehr hohes Systemvakuum (50 kPa), mit dem ein Vakuum > 30 kPa während der Phase mit höchstem Milchfluss trotz starken Vakuumabfalls aufrechterhalten werden kann, zwar die Melkleistung, verursachte aber eine höhere Zitzenwanddicke nach dem Melkende. Melksysteme mit einem nur moderaten Vakuumabfall während des Milchflusses ermöglichen Vakuumeinstellungen, die sowohl für die Melkleistung als auch für die Zitzenkondition einen optimalen Kompromiss darstellen.

## Résumé

### Effets des variations dynamiques de vide sur le déroulement de la traite et l'état des trayons des vaches laitières

Les variations dynamiques de vide durant la traite mécanique sont causées par le mouvement cyclique des man-

chons, par l'éjection du lait du trayon sous l'effet des pulsations (fluctuation cyclique de vide), ou par des soudaines pertes de vide dues au glissement des manchons, au changement de faisceau trayeur ou à la chute du faisceau pendant la traite (fluctuation irrégulière de vide). Les fluctuations cycliques du vide sont similaires à celles qui se produisent lorsque le veau tète et ne sont pas supposées avoir d'effet négatif sur la performance de traite, l'état des trayons ou la santé de la mamelle. Toutefois, les fluctuations irrégulières peuvent augmenter le risque d'affections inflammatoires. Il existe encore une autre forme de variations dynamiques de vide, qui sont des chutes de vide dépendantes du flux de lait causées par le transport du lait dans les tuyaux. Comme il est nécessaire d'avoir un niveau de vide suffisamment élevé dans la griffe (environ 30 kPa) pour fléchir les manchons et pour qu'il y ait un effet de massage durant la phase de pulsation, le vide du système doit être réglé assez haut pour assurer le maintien du niveau de vide sous le trayon en dépit de la chute de vide. Cependant lorsque le flux de lait est bas ou inexistant (principalement vers la fin de la traite), presque toute la puissance du vide du système agit sur le trayon. Nos investigations ont montré qu'un vide extrêmement bas (<25 kPa) au niveau des trayons entraîne une baisse de la performance de traite, mais n'a pas plus d'impact sur le trayon par rapport aux témoins. Au contraire, un vide très élevé dans le système (50 kPa) afin de maintenir un niveau de vide adéquat pendant les pics de débit de lait en dépit de la chute du vide augmente la performance de traite, mais entraîne un épaississement de la paroi des trayons. Les systèmes de traite qui n'affichent qu'une baisse modérée du niveau de vide pendant la circulation du lait permettent un réglage optimal du vide que ce soit pour la performance de traite ou pour l'état de santé des trayons.

### Dynamic vacuum changes during machine milking: vacuum fluctuations and vacuum drops

The function of the two-chamber teat cup of most machine milking units is based on the periodic extraction of milk from the mammary gland by vacuum. While inside the teat cup liner and claw of most milking systems vacuum is continuously applied, the volume between the liner and the teat cup (pulsation chamber) is periodically subjected to either vacuum (pulsation chamber vacuum; PCV) or atmospheric pressure by pulsation which leads to alternating opening or closing of the teat cup liner. The

rhythmic movement of the liner between open and closed position occurs in most milking systems around 60 times per minute. If vacuum is present both inside and outside the liner it is open, and the applied vacuum removes milk from the teat. If atmospheric pressure is present in the pulsation chamber, the liner is collapsed and puts pressure on the teat tip, thus causing a cessation of milk flow despite the continued presence of vacuum at the teat. The collapse of the liner is caused by the claw vacuum, i.e. by the same vacuum which has also to transport the removed milk through the milk tubes. Because the claw vacuum has these several tasks, it is subject to changes through pulsation, caused by the cyclic liner movement and stop and go of milk in the milk tubes. This effect is usually called «cyclic vacuum fluctuation» (Besier et al., 2016). In addition irregular vacuum fluctuations do exist that are caused by sudden excessive air inlets into the system through kicking etc. (Nyhan, 1968; Thiel et al., 1973). Cyclic vacuum fluctuations are almost similar to those occurring during calf suckling, and are obviously not a risk for the udder health. Cyclic vacuum fluctuations (i.e. short term vacuum drops) can even be intended by the milking system to reduce the continuous vacuum load on the teat. These intended vacuum drops were rather beneficial than adverse for the teat condition after milking, and do not reduce the milking performance (Vetter et al., 2014). In contrast to cyclic fluctuations, irregular vacuum fluctuations may lead to an increased risk of intramammary infection (Nyhan, 1968).

Milk flow dependent vacuum drops are not related to the pulsation of the liner. They are not present in the absence of milk flow, and they increase with increasing milk flow level during the course of milking (Ambord and Bruckmaier, 2010; Besier et al., 2016). The extent of a vacuum drop during milk flow depends not only of the milk flow level but also of many factors related to the milking system. Vacuum drops are usually higher in high line than low line systems because the vertical transport of milk diminishes the remaining vacuum. Vacuum drops induce a reduction of milking performance. Lower vacuum causes lower peak milk flow rate, and thus longer milking time. The degree of pressure inside the liner acting on the teat end during the massage phase of pulsation (atmospheric pressure in pulsation chamber) is also a crucial factor to guarantee undisturbed milking performance and proper teat condition. The pressure should be high enough to allow an adequate massage effect on the teat end when the liner is closed. Therefore, based on ISO note 5707 (2007), the teat end vacuum should not be lower than 31 kPa.

## Effects of vacuum drops at different levels of system vacuum on milking performance and teat condition

In a recent study we have investigated machine milking performance and teat condition at different levels of system vacuum combined with different levels of milk-flow dependent vacuum drops at the teat (Besier and Bruckmaier, 2016). An extremely low vacuum at the teat (<25 kPa) during the plateau phase of milk flow caused a reduced milking performance, i.e. the milking time was prolonged. However, milk yield was not influenced, and strip yield was even reduced. The low vacuum did not have an increased impact on the teat as compared to controls. In contrast, a very high system vacuum (50 kPa) to maintain an adequate vacuum level during peak milk flow (34 kPa) despite vacuum drop increased milking performance but caused an increased teat wall thickness after cluster removal. This is obviously an effect of the impact of high vacuum (up to 50 kPa) towards the end of milking when milk flow gradually decreases. If a high system vacuum is required to maintain a sufficient vacuum level during high milk flow for adequate liner closer and to prevent liner slips, an early cluster detachment at the end of milking at a milk flow of 600 or 800 g/min could help to reduce the impact of the high vacuum on the teat.

## References

- Ambord, S., Bruckmaier, R.M., 2010. Milk flow-dependent vacuum loss in high-line milking systems: effects on milking characteristics and teat tissue condition. *J. Dairy Sci.* 93, 3588–3594.
- Besier, J., Bruckmaier, R.M., 2016. Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 3096–3102.
- Besier, J., Lind, O., Bruckmaier, R.M., 2016. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: Types, causes and impacts on teat condition and udder health—A literature review. *J. Appl. Anim. Res.* 44, 263–272.
- International Organization for Standardization, 2007b. ISO 5707. Milking machine installations - Construction and performance.
- Nyhan, J.F., 1968. Effect of vacuum fluctuation on udder disease. Presented at the Proceedings of the Symposium on Machine Milking 1968, Shinfield, Reading, England, pp. 71–82.
- Thiel, C.C., Cousins, C.L., Westgarth, D.R., Neave, F.K., 1973. The influence of some physical characteristics of milking machine on the rate of new mastitis infections. *J. Dairy Res.* 40, 117–120.
- Vetter, A., van Dorland, H.A., Youssef, M., Bruckmaier, R.M., 2014. Effects of a latency period between pre-stimulation and teat cup attachment and periodic vacuum reduction on milking characteristics and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Res.* 81, 107–112.



# Kriterien für die Bewertung des Melkvorgangs und der Melkanlage

Angelika Haeussermann, Daniela Meyer und Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, 24118 Kiel, Deutschland

## Zusammenfassung

Die Aufgabe einer Melkanlage ist es, einen zügigen, euterschonenden und möglichst vollständigen Milchentzug sicher zu stellen. Dies kann nur gewährleistet werden, wenn die Ausrüstung und Einstellung der Melkanlage mit dem Betrieb, den Tieren, den Arbeitsabläufen und individuellen Präferenzen des Betriebsleiters abgestimmt sind. Damit eine umfassende Bewertung des Melkvorgangs und der Melkanlage und ihrer Wirkung auf den Milchentzug und das Tier stattfinden kann, ist eine standardisierte Datenaufnahme und Auswertung der Daten sicherzustellen. Ziel eines laufenden Forschungsprojektes ist es daher, ein elektronisches Analysewerkzeug zu entwickeln, mit welchem Anwender systematisch bei der Erfassung und Auswertung tier- und anlagenbezogener Merkmale und deren Interpretation unterstützt werden können. Der erste Konzeptentwurf berücksichtigt Informationen zur Melktechnik, zur Melkroutine, zu Präsenzzeiten der Tiere im Melkstand und zur baulichen Gestaltung. Ausgewählte Kriterien werden durch Datenerhebungen auf Praxisbetrieben auf ihre Relevanz überprüft. Die Basis hierfür bilden Messungen und Beobachtungen sowie betriebliche Informationen und auf dem Betrieb vorhandene, extern erfasste Daten.

## Résumé

### Critères d'évaluation du processus et de l'installation de traite

Une installation de traite a pour fonction d'assurer une extraction rapide du lait la plus complète possible tout en ménageant la mamelle. Un tel résultat ne peut être garanti que si l'équipement et le réglage de l'installation de traite sont adaptés à l'exploitation, aux animaux, à l'organisation du travail et aux préférences individuelles du chef d'exploitation. Afin d'évaluer de manière complète le processus et l'installation de traite, ainsi que son effet sur l'extraction du lait et sur l'animal, il est indispensable de procéder à un relevé standardisé des données et à leur évaluation. Le but d'un projet de recherche en cours est donc de mettre au point un outil d'analyse électronique dont la fonction sera d'aider l'utilisateur à saisir et évaluer de manière

systematique les critères liés à l'animal et à l'installation, puis à les interpréter. La première esquisse du concept tient compte des informations relatives à la technique et à la routine de traite, aux temps de présence des animaux dans la stalle de traite, et au mode de construction de l'installation. La pertinence des critères sélectionnés est vérifiée à l'aide de relevés de données effectués dans des exploitations. La base de ces relevés est constituée de mesures et d'observations ainsi que d'informations opérationnelles et de données disponibles sur l'exploitation, enregistrées en externe.

## Summary

### Criteria for Evaluating the Milking Process and Milking System

The job of a milking system is to ensure rapid milk extraction that is easy on the cow's udder and as complete as possible. This can only be guaranteed if the equipment and set-up of the milking system are compatible with the farm, animals and work processes, as well as with the personal preferences of the farm manager. Standardised data acquisition and analysis must be ensured to enable a comprehensive assessment of milking process and system, as well as the effect of both on milk removal and the animal. The aim of an ongoing research project is therefore to develop an electronic analysis tool for systematically supporting users in the collection and assessment of animal- and system-related characteristics and their interpretation. The first design concept considers information on milking technique and routine, time spent by the animals in the milking parlour, and the design of the building. Data surveys conducted on commercial farms examine selected criteria for relevance, based on measurements and observations, farm/operational information, and externally gathered data available on the farm.

### Einflussfaktoren auf einen tiergerechten maschinellen Milchentzug

Die Anforderungen an den maschinellen Milchentzug aus arbeitswirtschaftlicher Sicht und zur Vermeidung von

negativen Auswirkungen auf Tier und Eutergesundheit sind, dass dieser zügig, schonend und möglichst vollständig ausgeführt wird. Schmerzen, Schäden und Unbehagen für das Tier sind zu vermeiden, da diese das Tierwohl, die Vollständigkeit der Milchejektion und Immunabwehr des Tieres negativ beeinträchtigen können. Einflussfaktoren auf den Milchentzug sind der Mensch, die Technik, bauliche Gegebenheiten und die Tiere selbst (Abb. 1).

Eine wichtige Voraussetzung um Unbehagen auf Seiten des Tieres zu vermeiden, ist ein ruhiger, konstanter Melkablauf (Abb. 1, links: Mensch und Tier). Die Interaktion zwischen Mensch und Tier bestimmt den Ablauf und die Geschwindigkeit des Zutriebs der Tiere in den Melkstand und die Reaktion der Tiere auf die melkende Person. Die akkurate Durchführung der Arbeitsroutinen wirkt sich darüber hinaus auf die Melkdauer und die Vollständigkeit des Milchentzugs aus. Sie stellt sicher, dass die Tiere zu Melkbeginn ausreichend stimuliert sind, das Risiko für eine Keimübertragung minimiert wird, minimale Lufteinbrüche beim Ansetzen des Melkzeugs und möglichst geringe Dreh- und Hebelkräfte beim Melken entstehen und Blindmelken vermieden wird. Die Einhaltung der Hygienemaßnahmen unterbindet die Übertragung von Erregern auf gesunde Euterviertel. Hier sind die fachgerechte Reinigung und Desinfektion der Zitzen, der Euterreinigungstücher, Hände, Zitzengummis und Melkzeuge, die richtige Melkreihenfolge und die Kenntnis um Risikogruppen und infizierte Tiere als mögliche Einflussfaktoren von Seiten des Menschen zu berücksichtigen.

Der Melkablauf wird auch von baulichen Gegebenheiten beeinflusst (Abb. 1, rechts). Hierzu zählen der Vorwartebereich, die Gestaltung von Zu- und Austrieb und der Melkstandtyp. Sie müssen sicherstellen, dass die Tiere ihren Melkplatz ruhig aber zügig erreichen und verlassen können, wenig Stress für Tier und Mensch entsteht und die Arbeitsplatzgestaltung einen ruhigen, zügigen und vollständigen Ablauf erlauben. Der Melkstandtyp beeinflusst auch, wie die Tiere zueinander positioniert sind, welche Standfläche ihnen zur Verfügung steht, welche Sicht die melkende Person auf das Tier hat, wie das Melkzeug angesetzt wird und wieviel Platz für Zusatzausrüstungen zur Verfügung steht und nimmt somit einen direkten Einfluss auf Tierwohlbefinden (Waiblinger & Rouha-Mülleder, 2015; Gomez *et al.*, 2017), Arbeitsbedingungen (Cockburn *et al.*, 2015) und Milchentzug.

Im Anschluss an den Tierzutrieb und die vorbereitenden Melkroutinen, während des eigentlichen Melkprozesses, sind die Funktion, die Ausstattung und die Einstellung der

Melkanlage für den Milchentzug entscheidend. Zu berücksichtigen sind:

- Dimensionierung der Leitungen und Schläuche für den Milchtransport, inklusive Strömungshindernisse und Höhenunterschiede
- Leistung der Vakuumpumpe und Vakuumregelung, Dimensionierung der Luftleitungen
- Einstellung Betriebsvakuum und Pulsator
- Melkzeugdesign und -wartung: Sammelstück, Melkbecher, Zitzengummis
- Vorhandene Zusatzausrüstung zur Automatisierung bzw. Unterstützung von Arbeitsroutinen
- Einstellung der Schaltwerte für Stimulationsdauer, Nachmelkbeginn und Melkzeugabnahme
- Sensorik für die Erkennung von Eutererkrankungen

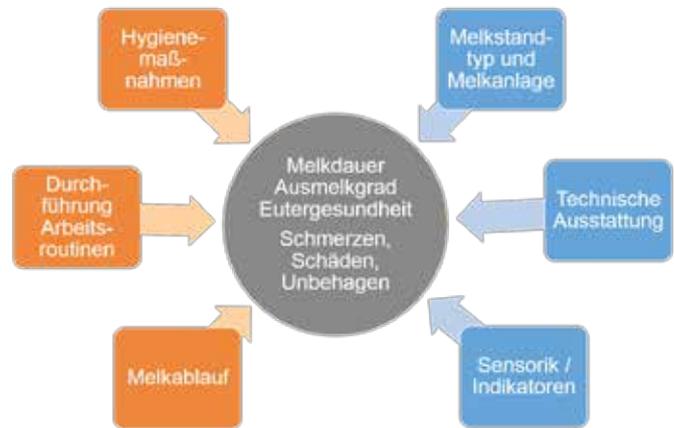


Abbildung 1: Einflussfaktoren auf den tiergerechten maschinellen Milchentzug (links: Mensch und Tier; rechts: Technik, bauliche Gegebenheiten).

Die Ausstattung und Einstellung der Melkanlage beeinflusst den Milchflussverlauf, die Risiken für eine Erregerübertragung durch Lufteinbrüche und Vakuumschwankungen im Melkzeug, Lokalisation und Höhe der Druckmassage an der Zitze, die Dauer von Blindmelkzeiten, den Ausmelkgrad und das Risiko der Erregerübertragung von Tier zu Tier. Mein *et al.* (2004) schätzen, dass melktechnische Effekte im Durchschnitt der Betriebe nur zu etwa 20 % zur Entstehung von Neuinfektionen beitragen. Dies schließt sowohl die direkte Erregerübertragung durch die Melkanlage als auch den indirekten Einfluss durch die Wirkung des maschinellen Melkens auf die Abwehrfunktion der Zitze mit ein. Da die kausalen Zusammenhänge, die zur Entstehung einer Mastitis beitragen, jedoch häufig nicht mit erfasst werden, können diesen Zahlen nur Einschätzungen wiedergegeben, die zudem einzelbetrieblich und regional stark variieren können. Neben einem zügigen Milchentzug soll durch die optimale Ausstattung und Einstellung der Melkanlage die Erregerübertragung auf gesunde

Viertel vermieden und die natürliche Abwehrfunktion der Zitze erhalten werden. Hierbei ist es wichtig, auch die Tiere selbst, insbesondere die Zusammenstellung der Herde mit Blick auf die Euter- bzw. Zitzenmorphologie, mit zu berücksichtigen.

## Indikatoren für die Beurteilung des Melkvorgangs und der Melkanlage

In die umfassende Beurteilung der Melkanlage und des Melkverlaufs fließen, neben den oben genannten, bekannten Einflussfaktoren, Daten aus separaten Erhebungen, zum Beispiel aus Beobachtungen und Messungen, mit ein. Zu den beobachtbaren Indikatoren zählen die Mensch-Tier-Interaktion beim Zu- und Austrieb und im Melkstand, das Tierverhalten, Arbeitsabläufe und die Ausrüstung des Melkpersonals, Lufteinbrüche beim Ansetzen und während des Melkens, die korrekte Ausrichtung des Melkzeugs sowie die Bonitierung der Zitzen nach dem Melken. Sie geben eine erste Auskunft über mögliche Ursachen für Probleme bezüglich Milchentzug oder Euter-gesundheit, wie überlange Melkdauern, ein ungenügender Ausmelkgrad, eine unzureichende lokale Erregerabwehr oder eine häufige Erregerübertragung.

Darauf aufbauende Messungen, z. B. die Aufzeichnung einer Milchflusskurve oder des Vakuumverlaufs unter der Zitze und an der Zitzenbasis, unterstützen darüber hinaus die Analyse der Risikofaktoren durch den Milchentzug. Sowohl die Messung des Milchflusses als auch des Vakuumverlaufs an der Zitze ermöglichen die Aufzeichnung von Lufteinbrüchen und Blindmelkzeiten und liefern Informationen zur Gleichförmigkeit des Melkverlaufs. Vakuummessungen im kurzen Puls- und Milchschauch erlauben zudem eine Einschätzung der Druckbelastung auf die Zitze durch Vakuumpitzen, eine zu geringe oder zu hohe Druckmassage. Weitere Messungen, wie die Erfassung der Zitzenmasse, des Ausmelkgrads, der Melkdauer oder die Kontrolle von Schaltwerten, zum Beispiel für die Melkzeugabnahme, sowie die Erfassung von Keimgehalten, somatischen Zellen und Mastitiserregern in der Milch und die Verknüpfung der Information mit den zuvor genannten Indikatoren vervollständigen die umfangreiche Datenaufnahme. Die wichtigsten Kriterien für die Bewertung des Milchentzugs sind in Abbildung 2 dargestellt. Fraglich ist, ob grundsätzlich alle denkbaren Indikatoren erfasst werden müssen, oder ob es übergeordnete Kriterien gibt, die bereits als Einschluss- oder Ausschlusskriterien für nachfolgend zu erhebende Beobachtungen oder Messungen herangezogen werden können. Mögliche

Ebenen für die Datenerfassung und Beziehungen der Indikatoren zueinander werden daher im Rahmen eines laufenden Forschungsprojektes zusammengetragen und untersucht.

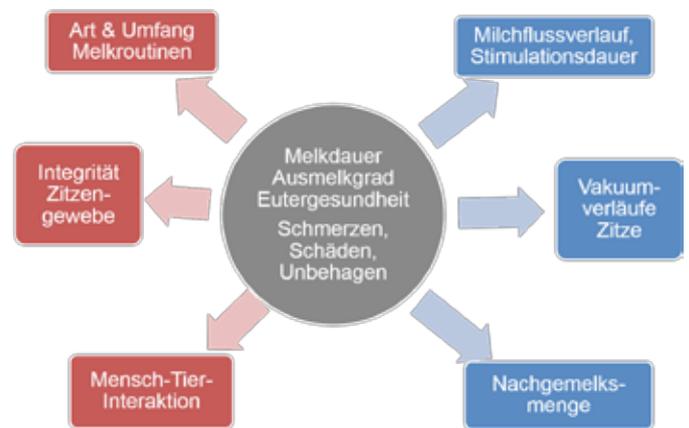


Abbildung 2: Indikatoren für den tiergerechten maschinellen Milchentzug (links: Datenerfassung durch Beobachtung, Bonitierung; rechts: Messungen).

## Entwicklung eines Analysewerkzeuges zur Beurteilung des Melkvorgangs

Die standardisierte Datenerfassung und Datenauswertung ist ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Milchentzugs und die Schwachstellenanalyse in einer Melkanlage. Hierzu zählt auch die richtige Auswahl der zu erfassenden Merkmale und bestmögliche Verknüpfung der daraus hervorgehenden Information. Die Grundlage für eine standardisierte Beurteilung des Melkablaufs wird derzeit im Rahmen eines durch der Europäischen Innovationspartnerschaft EIP Agri und das Land Schleswig-Holstein geförderten Projektes erarbeitet. Ziel ist die Entwicklung eines elektronischen Analysewerkzeuges, welches den Anwender systematisch bei der Erfassung tier- und anlagenbezogener Merkmale, bei der Bewertung der erfassten Merkmale und bei der Ableitung darauf basierender Handlungsempfehlung unterstützt. Für die Datenerfassung und die Auswertung der Daten wurde zunächst ein Konzeptentwurf erstellt, der durch die Datenerhebung auf verschiedenen Milchviehbetrieben kontinuierlich weiterentwickelt wird. Der erste Konzeptentwurf bindet Informationen zur Melktechnik, zur Melkroutine, zu Präsenzzeiten der Tiere im Melkstand und zur baulichen Gestaltung in die Bewertung mit ein. Ausgewählte Kriterien werden durch Datenerhebungen auf Praxisbetrieben auf ihre Relevanz überprüft. Neben Messungen und Beobachtungen fließen betriebliche Informationen und auf dem Betrieb vorhandene, extern erfasste

Daten, unter anderem zur Eutergesundheit mit ein. Projektpartner in der Operationellen Gruppe «InnoMelk», die das Innovationsprojekt durchführt, sind Milchviehbetriebe sowie Vertreter der Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., der Landwirtschaftskammern in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen Schleswig-Holstein e.V., der Fachhochschule Kiel, des Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Bewertungskriterien, die im aktuellen Konzeptentwurf in die Datenerhebung mit einfließen, sind in Tabelle 1 gelistet. Die Untergliederung der zu bewertenden Bereiche in Zu- und Austrieb, vor- und nachbereitende Melkroutinen, maschineller Milchentzug, Anlagenhygiene und Auslastung der Melkanlage spiegelt die oben genannten Kernbereiche bauliche Gestaltung, Melkroutine, Melktechnik und Präsenzzeiten wider, splittet sie jedoch für die Datenerhebung zum Teil noch etwas weiter auf. Erfasst werden Einflussfaktoren und daraus abgeleitete Indikatoren, die Rückschlüsse auf die Ursachen der Probleme ermöglichen. Indikatoren, die mehrfach gelistet sind, wie die Zitzenkondition, der Milchfluss und das Nachgemelk, erlauben Aussagen zu mehreren Bereichen, sind in der Regel jedoch nicht eindeutig einem Bereich zuordenbar und müssen daher gemeinsam mit anderen Indikatoren bewertet oder, sofern es sich um Sammelbegriffe handelt, weiter aufgeschlüsselt werden. Der Begriff «Zitzenkondition» umfasst verschiedene Veränderung an der Zitze, die in der Regel durch eine Bonitierung der Zitzen erfasst werden und ja nach Art der Veränderung auf unterschiedliche Ursachen hinweisen (Mein *et al.*, 2001). Neben Umwelteinflüssen und der Interaktion zwischen Vakuumbhöhe, Zitzenmorphologie und Zitzengummidesign (Haeussermann *et al.*, 2016), sind die Dauer der Blindmelkphase und die in dieser Phase an der Zitze wirkende Vakuumbhöhe wichtige Einflussfaktoren auf Veränderung des Zitzengewebes (Rasmussen, 2015). Haeussermann *et al.* (2016) untersuchten in Halbeuterversuchen die Auswirkung eines Zitzengummis mit variierender Wanddicke und konkav geformten Ebenen auf die Dicke und Rauigkeit von Hyperkeratosen und stellten einen positiven Effekt auf Zitzen mit rauer Oberfläche der Hyperkeratosen fest. Besier und Bruckmaier (2016) stellten in ihrer Studie Betriebsvakua von 50 kPa und 42 kPa gegenüber. Das höhere Betriebsvakuum übte einen negativen Effekt auf die erfasste Dicke der Zitzenwand und den Durchmesser des Zitzenkanals aus, obgleich die Vakuumbhöhe unter der Zitze mit 34 kPa bzw. 33 kPa in der Plateauphase des Milchflusses in beiden Fällen vergleichbar war. Da in Melk-

phasen ohne Milchfluss jedoch keine Vakuumbabsenkung stattfindet, wirkt das hohe Betriebsvakuum von hier 50 kPa insbesondere in den Blindmelkphasen in voller Höhe auf das Zitzengewebe ein. Die weitergehende Absenkung der Vakuumbhöhe unter der Zitze auf 24 kPa bei einem Betriebsvakuum von 42 kPa hatte dagegen keinen weiteren positiven Effekt auf das Zitzengewebe (Besier und Bruckmaier, 2016).

Unter dem Begriff «Milchfluss», der in Tabelle 1 in nahezu allen Bereichen genannt ist, sind verschiedene Teilindikatoren zusammengefasst. Je nachdem ob die Art und Gestaltung des Zutrieb, die Melkroutinen, der Melkvorgang oder die Auslastung der Melkanlage bewertet werden soll, ist der Verlauf des Milchflusses zu Beginn, während der Plateauphase oder zum Ende des Melkvorgangs, der mittlere oder auch der höchste Milchfluss relevant. Gleichzeitig sind mehrere Einflussfaktoren auf den Milchfluss zu berücksichtigen: er wird sowohl durch die Anatomie von Euter und Zitze (Bruckmaier *et al.*, 1991; Hamann & Burvenich, 1994; Graff, 2005) die Milchmenge (Dauer der Plateauphase relativ zur Gesamtmelkdauer) als auch durch die Einstellung der Melkanlage (Vakuumbhöhe, Taktzahl und Phasenverhältnis, Melkzeugabnahme) beeinflusst. Die Absenkung der Vakuumbhöhe unter der Zitze auf 30 kPa, 26 kPa bzw. 24 kPa in der Hauptmilchflussphase bewirkte in Untersuchungen von Rasmussen & Madsen (2000) und Besier & Bruckmaier (2016) einen verringerten Milchfluss und wird aufgrund der damit verbundenen verlängerte Melkdauer und eines erhöhten Risikos für Haftprobleme, insbesondere bei schweren Melkzeugen, nicht empfohlen. Melken bei niedrigerem Milchfluss (Vakuumbhöhe 24 kPa im Vergleich zu 33 kPa unter der Zitze) wirkte sich jedoch positiv auf den Ausmelkgrad aus (Besier und Bruckmaier, 2016).

Die Höhe des Nachgemelks, als Indikator für den Ausmelkgrad, ist in den Bereichen vor- und nachbereitende Melkroutinen und maschineller Milchentzug gelistet (Tab. 1). Der Ausmelkgrad wird durch die Eutervorbereitung, den Melkbechersitz, Dreh- und Hebelkräfte am Melkzeug, die Einstellung der Melkanlage (Vakuumbhöhe, Länge der Pulsphasen), Zitzenmorphologie und Zitzengummipassform (Design Zitzengummikopf und -schaft), maschinelles Nachmelken und den Zeitpunkt der Melkzeugabnahme beeinflusst. Die Nachgemelksmenge kann durch die Aufzeichnung der, im Anschluss an das Hauptgemelk, maschinell ermolkenen Milchmenge (Besier und Bruckmaier, 2016) oder durch manuelles Nachmelken nach Abnahme des Melkzeugs (Rasmussen & Madsen, 2000; Davis & Reinemann, 2001) erfasst werden. Ein hoher Aus-

**Tabelle 1: Bewertungskriterien für den Melkvorgang im aktuellen Konzeptentwurf**

Bereich	Einfluss auf...	Einfluss durch...	Indikatoren
Zutrieb und Austrieb der Tiere	Dauer Gruppenwechsel; Tierverhalten; Hemmung Milchejektion	Bauliche Gestaltung Vorwartebereich und Melkstand; Mensch-Tier-Interaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundriss</li> <li>• Treiberaktion</li> <li>• unruhige Tiere</li> <li>• Milchfluss</li> <li>• Melkplatzbelegung</li> </ul>
Vorbereitende Melkroutinen	Mastitiserkennung; Erregerübertragung; Milchejektion; Melkdauer; Ausmelkgrad	Durchführung, Dauer und Vollständigkeit der Melkroutinen; Melkstandausrüstung Automatisierung und Einstellung von Schaltwerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsabläufe und Ausrüstung Melker</li> <li>• Zitzensauberkeit</li> <li>• Zeitdauer taktiler Reiz bis Melkbeginn</li> <li>• Lufteinbrüche beim Ansetzen</li> <li>• Melkzeugausrüstung</li> <li>• Milchfluss / Vakuumverlauf Zitzenbasis</li> <li>• Nachgemelk</li> </ul>
Maschinelles Milchentzug	Tierverhalten; Melkdauer; Ausmelkgrad; Erregerübertragung und lokale Abwehrfunktion Zitze	Konstruktion, Design und Wartung der Melkanlage; Einstellung Pulsator und Vakuumhöhe; Melkbecherhaftung; Zitzengummi und Zitzenmorphologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftziehen, Abfallen der Melkzeuge</li> <li>• Vakuumhöhe und Vakuumverlauf an Zitzenbasis, -spitze</li> <li>• Milchfluss</li> <li>• Nachgemelk</li> <li>• Zitzenkondition</li> </ul>
Nachbereitende Melkroutinen	Blindmelkdauer; Ausmelkgrad; Erregerübertragung und lokale Abwehrfunktion Zitze	Durchführung der Melkroutinen; Melkstandausrüstung, Automatisierung und Einstellung von Schaltwerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsabläufe</li> <li>• Milchfluss / Vakuumverlauf Zitzenbasis</li> <li>• Nachgemelk</li> <li>• Zitzenkondition</li> </ul>
Anlagenhygiene	Erregerübertragung, Milchqualität	Anlagenkonstruktion, Reinigung und Desinfektion; Melkzeug-zwischendesinfektion; Wirkstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keimgehalt Milch</li> </ul>
Auslastung Melkanlage	Investitions- und Verbrauchskosten	Melkstandgröße und bauliche Gestaltung; Anzahl Tiere, Milchleistung & Melkdauer; Anzahl Melkpersonal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melkleistung (Tiere, Milchmenge h<sup>-1</sup>)</li> <li>• Dauer Melkroutinen</li> <li>• Melkplatzbelegung</li> <li>• Milchfluss</li> </ul>

melkgrad ist grundsätzlich erwünscht, da im Euter verbleibende Restmilchmengen Einfluss auf die Milchleistung, die Persistenz und die Eutergesundheit nehmen können (Ebendorff *et al.*, 1990). Er sollte jedoch bevorzugt über die vorbereitenden Melkroutinen, die Zitzen-gummipassform und die Einstellung der Melkanlage während des Melkvorgangs erreicht werden und nur bedingt über den Schaltwert für die Melkzeugabnahme, da Blindmelkzeiten bei hohem Betriebsvakuum ein Risiko für Gewebeschäden an der Zitze darstellen. Aktuelle Empfehlungen für die Melkzeugabnahme, sind in Rasmussen *et al.* (2016) zusammengestellt. Demnach ist bei zweimal täglichem Melken mit einem Milchrückgang zu rechnen, wenn der Schaltwert 600 g/min übersteigt, bei dreimaligem Melken kann das Melkzeug früher abgenommen werden (Rasmussen *et al.*, 2016). Um einen negativen Effekt auf das Zitzengewebe zu vermeiden empfehlen Besier und Bruckmaier (2016) in Anlagen mit hohem Betriebsvakuum eine Abnahme des Melkzeugs bei einem Milchfluss von bis zu 1000 g/min. Gegenüber dem in den Untersuchungen gewählten Schaltwert für die Melkzeugabnahme von 200 g/min könnte, bei nur minimalem Milchverlust, rechnerisch zudem die Melkdauer deutlich verkürzt werden (Besier und Bruckmaier, 2016). Die Entscheidung, ob eher ein zügiges oder ein vollständiges

Melken oder eine sinnvolle Kombination aus beidem präferiert werden, ist zudem vom Betrieb selbst bzw. den erwarteten Auswirkungen auf die Arbeitszeit, die Milchmenge und die Eutergesundheit abhängig.

Neben den oben beschriebenen Kriterien Zitzenkondition, Milchfluss, Vakuumhöhe unter der Zitze und Nachgemelk sind in Tabelle 1 weitere Indikatoren, wie unruhige Tiere, Arbeitsabläufe, Lufteinbrüche, Vakuumverläufe an der Zitzenbasis oder die Melkplatzbelegungsrate gelistet. Sie sollen das Gesamtbild ergänzen und somit insgesamt eine bessere Interpretation ermöglichen. Die Bewertung der Aussagekraft für die Beurteilung des Melkprozesses und die Auswahl der relevanten Informationen ist im weiteren Projektverlauf geplant. Inwieweit verschiedene Messungen sich zudem gegenseitig ergänzen oder ersetzen können, ob zwei Indikatoren somit ergänzend oder alternativ zu erfassen sind, ist bisher noch wenig untersucht. So kann die Überprüfung der Stimulation, der Kontinuität des Melkverlaufs, der Melkzeughaftung und der Melkzeugabnahme sowohl durch die Aufzeichnung einer Milchflusskurve als auch durch die Messung der Vakuumhöhe im Melkzeug während des Melkvorgangs erfolgen. Beide Messmethoden sind jedoch noch vergleichend gegenüberzustellen.

## Literatur

- Besier, J.; Bruckmaier, R. M., 2016: Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 3096–3102.
- Bruckmaier, R.; Mayer, H.; Schams, D., 1991. Effects of alpha- and beta-adrenergic agonists on intramammary pressure and milk flow in dairy cows. *J. Dairy Res.* 58, 411–419.
- Cockburn, M.; Savary, P.; Kauke, M.; Schick, M.; Hoehne-Huckstadt, U.; Hermanns, I.; Ellegast, R., 2015: Improving ergonomics in milking parlors: empirical findings for optimal working heights in five milking parlor types. *J. Dairy Sci.* 98, 966–974.
- Davis, M. A.; Reinemann, D. J., 2001: Methodology of measuring strip yield. AABP-NMC Symposium on Mastitis and Milk Quality, 5 p.
- Ebendorff, W.; Wallstabe, J.; Kreutzer, A.; Ziesack, J., 1990: Effect of automatic udder stimulation and stripping on milk production and udder health of cows. *Milchwissenschaft - Milk science international* 45, 299–302.
- Gomez, Y.; Terranova, M.; Zahner, M.; Hillmann, E.; Savary, P., 2017: Effects of milking stall dimensions on behavior of dairy cows during milking in different milking parlor types. *J. Dairy Sci.* 100, 1331–1339.
- Graff, K., 2005. Untersuchungen von Zusammenhängen zwischen morphologischen Merkmalen des Euters, der Eutergesundheit und melktechnischen Parametern bei Tieren der Rasse Deutsches Holstein. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg
- Haeussermann, A.; Britten, J.; Britten, A.; Pahl, C.; Alveby, N.; Hartung, E., 2016: Effect of a multi-sided concave liner barrel design on thickness and roughness of teat-end hyperkeratosis. *J. Dairy Res.* 83, 188–195.
- Hamann, J.; Burvenich, C., 1994. Physiological status of the bovine teat. In: *Bull. IDF* 297, 3–12.
- Mein, G. A.; Neijenhuis, F.; Morgan, W. F., 2001: Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: Proc. 2nd Int. Symp. on mastitis and milk quality, Vancouver, BC, Canada, 347–351.
- Mein, G.; Reinemann, D.; Schuring, N.; Ohnstad, I., 2004: Milking machines and mastitis risk: a storm in a teat cup. Proc. 43rd National Mastitis Council Annual Meeting, Charlotte, North Carolina, USA, 176–188.
- Rasmussen, M. D., 2015. Overmilking and Teat Condition. *Agroscope Science* 16, 5–12.
- Rasmussen, M. D.; Madsen, N. P., 2000: Effects of milkline vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat condition, and udder health. *J. Dairy Sci.* 83, 77–84.
- Rasmussen, M.D.; Dzidic, A.; Tancin, V.; Ginsberg, R.; Bruckmaier, R.M.; Reinemann, D.J., 2016. When should the cluster be detached for cows? A review of the literature. Poster presentation at 6th IDF Mastitis Conference, Nantes, France, <http://www.idfmastitis2016.com/en/>.
- Waiblinger, S.; Rouha-Mülleder, C., 2015. Stress bei Milchkühen in verschiedenen Melkstandtypen – Ergebnisse einer Praxisuntersuchung. *Agroscope Science* 16, 23–26.

# Milchkuh der Zukunft

Anke Römer

Institut für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland

## Zusammenfassung

Kühe zählen zu den ältesten Haustierarten. Ihr Besitz bedeutete Wohlstand und soziale Anerkennung. Heute scheint die Haltung von Nutztieren zum Zwecke der Nahrungsmittelproduktion in den modernen Industrieländern als makaber. Wird es auch in Zukunft Kühe zur Milchgewinnung geben? Das hängt in entscheidendem Masse von der gesellschaftlichen Entwicklung und dem Versorgungsgrad der Menschheit ab. In Ländern mit einer schlechten Versorgungslage mit Nahrungsmitteln wird eine Kuh immer ein Statussymbol sein, Milch eines der wertvollsten Nahrungsmittel und Fleisch ein Luxus-Konsum. In hoch entwickelten Ländern dagegen wird die Tierhaltung zur Lebensmittelgewinnung abnehmen. Dennoch wird die Milchkuh auch in Zukunft eines der wertvollsten Haustiere bleiben. Unter den gegenwärtigen Produktions- und Absatzbedingungen wird sich die Milchleistung je Kuh weiter erhöhen. Die Nutzungsdauer wird weiter steigen. Aber nicht mehr jedes Jahr ist von jeder Kuh ein Kalb nötig, sodass sich die Zwischenkalbezeiten deutlich erhöhen werden. Dies ist keine Verschlechterung der Fruchtbarkeit, sondern eine dem Leistungsniveau angepasste Verbesserung, die zugleich mehr Tierwohl und ein längeres Leben garantieren.

## Résumé

### La vache laitière du futur

Les vaches font partie des plus anciens animaux domestiques. Autrefois, posséder des vaches était signe de prospérité et de reconnaissance sociale. Aujourd'hui, la détention d'animaux de rente à des fins de production alimentaire a une connotation macabre dans les pays industriels modernes. Y aura-t-il encore des vaches pour produire du lait à l'avenir? Cela dépend en grande partie de l'évolution sociale et du niveau d'approvisionnement de la population. Dans les pays où l'approvisionnement en denrées alimentaires est précaire, une vache restera toujours un symbole de prestige, le lait un des aliments les plus précieux et la viande un produit de luxe. Dans les pays très développés en revanche, la détention d'animaux pour la production de denrées alimentaires va diminuer. Il

n'empêche que la vache laitière restera encore à l'avenir l'un des animaux de rente les plus précieux. Dans les conditions actuelles de production et de distribution, le rendement laitier par vache continuera à augmenter. La durée d'utilisation des vaches continuera elle aussi à s'allonger. Mais il ne sera plus nécessaire que chaque vache ait un veau chaque année. Par conséquent, les intervalles inter-vêlage se creuseront considérablement. Cela ne signifie pas une détérioration de la fécondité, mais une amélioration, adaptée au niveau de productivité, qui offre à la fois à l'animal davantage de bien-être et une durée de vie plus longue.

## Summary

### The Dairy Cow of the Future

Cows are among the oldest domesticated animal species. In the past, owning them meant prosperity and social recognition. Today, keeping livestock for purposes of food production in modern industrial countries seems macabre. Will there still be cows for milk production in the future? That depends significantly on social development and on the degree to which humanity's needs are covered. In countries with a poor food-supply situation a cow will always be a status symbol, milk one of the most valuable foodstuffs, and meat a luxury item. By contrast, stock rearing for food production in highly developed countries will decrease. Nevertheless, the dairy cow will remain one of the most valuable domestic animals in future. Under current production and sales conditions, milk yield per cow will continue to increase, as will useful-life expectancy. But it is no longer necessary for every cow to give birth every year, so time intervals between calvings will become significantly longer. This does not mean a decrease in fertility, but rather an improvement adapted to performance level, which simultaneously guarantees higher animal welfare and longer life expectancy.

Wie wird sich die Milchproduktion in Europa in den nächsten Jahren entwickeln? Das lässt sich prognostizieren, prophezeien, erahnen, anhand bisheriger Trends ableiten. Aber fest steht, in 20 Jahren werden wir über die heutige

Landwirtschaft, wie eh und je, von den «guten alten» Zeiten reden. Wagen wir also einen Blick «zurück in die Zukunft». Vor 40 Jahren stellte man sich die heutige landwirtschaftliche Nutztierhaltung in Hochhäusern vor, auf denen, ähnlich einem Parkhaus, die einzelnen Produktionszweige in runden Etagen aufgegliedert sind (Abb. 1). Die Ver- und Entsorgung dieses geschlossenen Systems erfolgte über Rohrleitungen.

Kein Geruch, kein Einblick für die Aussenstehenden, keine LKW-Transporte. Wäre unsere Gesellschaft zufriedener, wenn es so gekommen wäre? Stattdessen haben die Landwirte ihre Ställe geöffnet, den Kühen frische Luft und Licht geboten, den ganzen Tag über, im Sommer und im Winter, um es den Kühen so angenehm wie möglich zu machen. Das entspricht den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen, denn die optimale Wohlfühltemperatur der heutigen Milchkuh liegt bei 0–10 °C. Frische Luft vermindert die Schadgaskonzentration und den Keimdruck, stärkt das Immunsystem und erhöht das Tierwohl. Darauf legt nicht nur die Gesellschaft zu Recht viel Wert, sondern auch die Landwirte. Sie haben im Übrigen bereits vor vielen Jahren und vor heutigen gesellschaftlichen Diskussionen Kredite für Investitionen aufgenommen, um den Kühen ein angenehmeres, gesundes Leben zu ermöglichen. Nur ihre eigene, die menschliche Wohlfühltemperatur, wird mit dieser Haltungsform in drei der vier Jahreszeiten nicht erfüllt. Werden unsere Milchviehställe in 20 Jahren wieder geschlossen sein? Solche Ideen gibt es sehr wohl und sie sind gut durchdacht und interessant konzipiert. Die Firma Agriversa Projektentwicklung GmbH hat

gemeinsam mit dem renommierten Architektenbüro Patzschke Planungsgesellschafts mbH solch eine Vision praktisch entworfen: hermetisch geschlossene Systeme, in denen alle Abprodukte weiterverwertet werden, vollklimatisierte Stallbereiche mit Joggingzentrum für Kuh und Mensch unter Höhenbedingungen wie sie von Spitzensportlern zum Training genutzt werden (Abb. 2). Helles Tageslicht strahlt durch die gelbfarbenen, teilweise UV-Licht durchlässigen Dachfolien. Die Bevölkerung wird durch Seitenverglasung der Wände, modernes Design, integriertes Fitness-Center und Milchrestaurant eingeladen, am Produktionskonzept teilzuhaben. Ganz so futuristisch ist diese Vorstellung nicht, denn der erste Bau beginnt möglicherweise bereits demnächst.

Goldlicht-Folienställe in der offenen Version gibt es bereits. In Hohendorf bei Wolgast (BRD) stehen die 1000 Kühe im goldenen Licht des Foliendaches mit Blick auf das Wasser des Peenestroms (Abb. 3).

Der seit Jahrzehnten kontinuierliche Trend zu grösseren spezialisierten Betrieben wird sich in Europa weiter fortsetzen. Für ein Betriebswachstum bieten sich Regionen mit Flächenpotenzial und guten strukturellen Voraussetzungen besonders an. Die Milch wird in die Gunstregionen «wandern». Die Globalisierung wird auch vor der Landwirtschaft keinen Halt machen. Bietet sie doch in unserer heutigen Welt Vorteile für Synergieeffekte und Effizienz. Natürliche Standortvoraussetzungen und die Notwendigkeit der Verwertung von Grundfutter über Wiederkäuer prädestinieren Westeuropa für eine zeitgemässe Land-

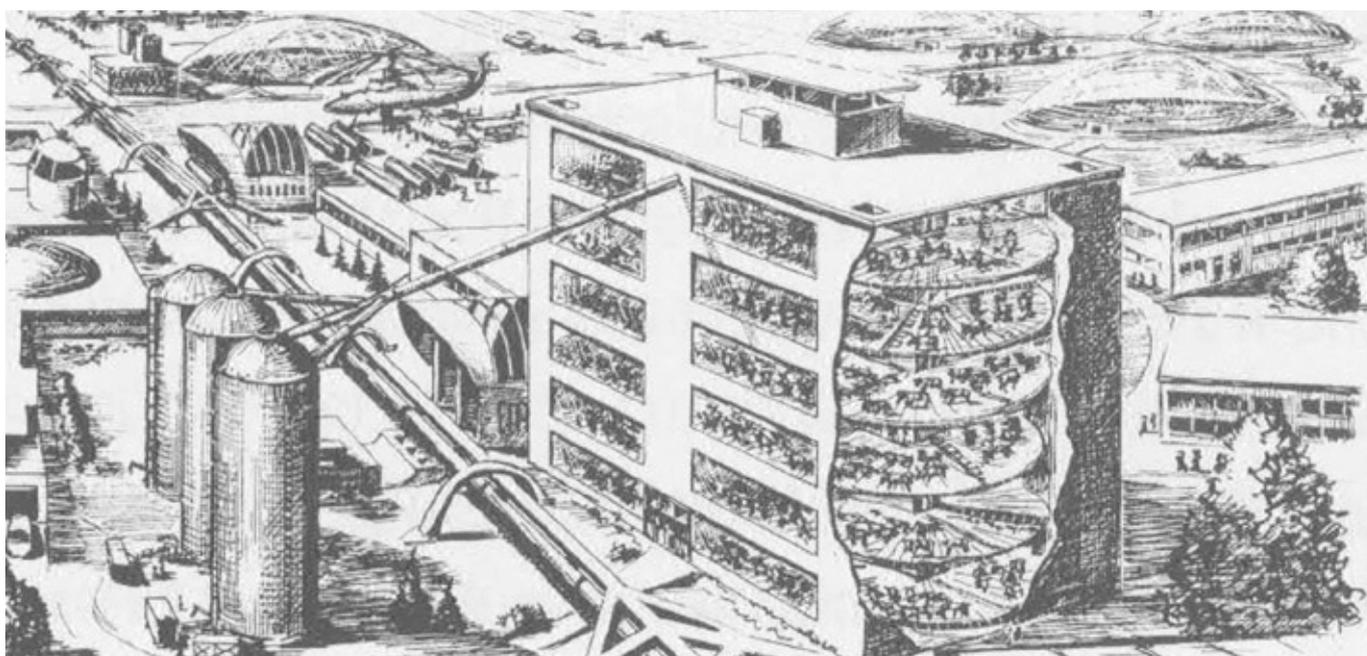


Abbildung 1: Vision der heutigen Milchviehhaltung aus dem Jahr 1976 (Quelle: Holzapfel, 1976).

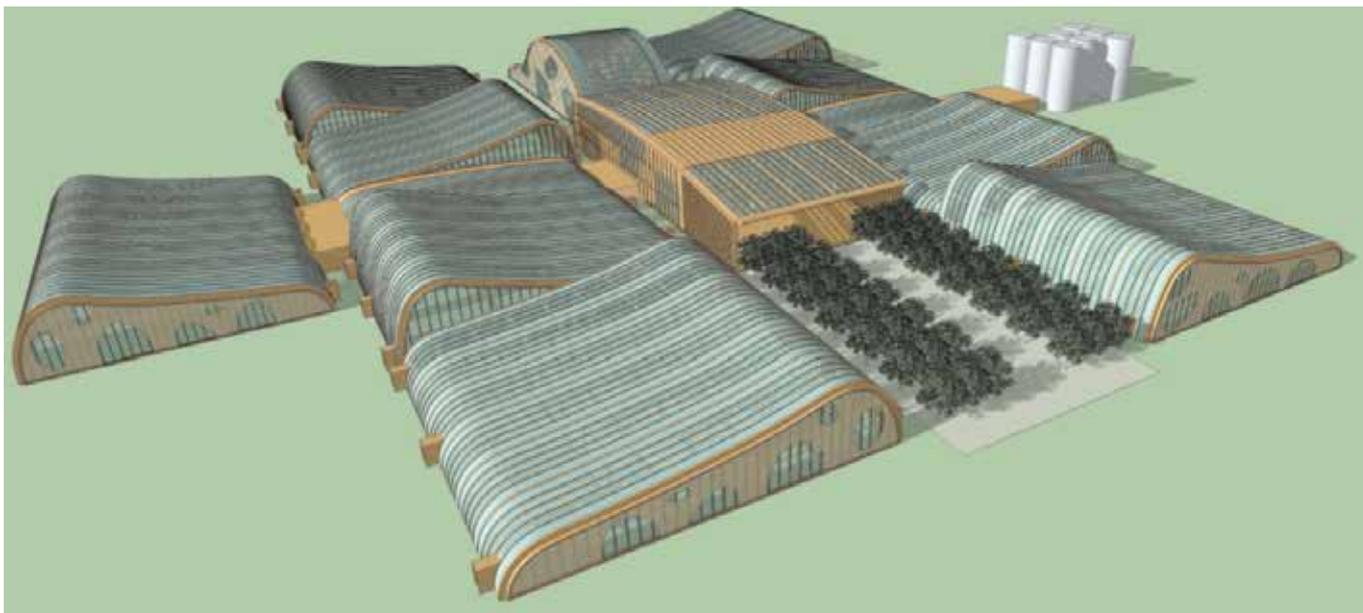


Abbildung 2: Null-Emissions-Hypoxie-Stall der Firma Agriversa Projektentwicklung GmbH.

wirtschaft. Der Nordosten Deutschlands ist derzeit bereits globaler Trendsetter. Wer einen neuen Kuhstall baut, wird nicht in eine geringere Kuhzahl investieren, sondern meistens in eine höhere und dabei gleichzeitig in Tierwohl. Die mit Lohnarbeit und Mitarbeiterführung vertrauten «grossen» Betriebe werden von jetzt 200 auf 500 Kühe aufstocken, die noch grösseren auf 2.000 bis 3.000 Kühe. Dass eine solche Betriebsgrösse nicht von sich aus nachteilig für die Gesundheit der Tiere ist, beweisen bereits einige der Betriebe, die zum Testherdenprojekt der RinderAllianz (Zuchtverband in Mecklenburg-Vorpommern) gehören. In diesem seit 2005 laufenden Projekt erfassen alle angeschlossenen Milchviehbetriebe die Gesundheit ihrer Kühe nach einem einheitlichen Diagnoseschlüssel. Ziel ist es, auf der Basis dieser realen Gesundheitsdaten Zuchtwerte zu schätzen. An der Landesforschungsanstalt für Landwirt-

schaft und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern werden die Gesundheitsdaten der Kühe mit dem Management, der Milchleistung und den Fruchtbarkeitsergebnissen verglichen, um Trends für zukünftig noch besseres Tierwohl zu erforschen.

Die Nutztierhaltung wird mit steigendem Wohlstand der Bevölkerung weiter und sogar noch stärker im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehen. Die Herden werden wachsen und gleichzeitig wird sich die Anzahl milchviehhaltender Betriebe verringern. Dadurch wird auch der persönliche Bezug der Gesellschaft zur Landwirtschaft geringer werden. Menschen, die von der Stadt aufs Land ziehen, begegnen der Nutztierhaltung ganz neu und sind überrascht, dass nicht mehr alles so ist, wie es vor vielen Jahren war oder wie es in den meisten heutigen Kinderbüchern steht.



Abbildung 3: Folienstall der Peeneland GmbH in Hohen-dorf (BRD).

Zudem möchten sie die ursprüngliche idyllische Natur genießen und sind nicht auf ein Umfeld mit Milchrind vorbereitet. Geruchsbelästigungen, LKW-Transporte, arbeiten wenn andere Feierabend haben, passen nicht in das entfremdete Bild einer ländlichen Idylle. Es muss in Zukunft zu gegenseitigem Kennenlernen und zu mehr Toleranz kommen. Dafür bieten sich Hoffeste, gemeinsame Aktivitäten innerhalb der Gemeinde und offene Ställe an, sei es durch offene oder verglaste Wände. Diese Aktivitäten ruhen jedoch häufig auf den Schultern der Landwirte. Viele von ihnen leiden unter dem derzeitigen Druck der Missachtung, wünschen sich eine wahrheitsgetreue Darstellung ihrer täglichen Arbeit und ja, auch Anerkennung für das, was sie tun. Durch die Entkopplung der Vermarktung fehlt der Bezug zum Verbraucher, der sich ansonsten nur noch auf Märkten oder Ab-Hof-Verkäufen, aber in wesentlich kleinerem Umfang realisieren lässt. Eine lange Schlange am Verkaufstand, zufriedene Kunden, Andrang am Milchautomat, all das ist viel zu selten geworden und macht Erfolgserlebnisse für die Landwirte rar. Und mit zunehmender Betriebsgröße wird das immer schwieriger. Auch Weidehaltung wird sich in Zukunft weiter verringern, denn eine optimale Umweltgestaltung für höchstes Tierwohl, ausgewogene Ernährung und beste Gesundheit für die Tiere sind arbeitstechnisch am besten in Ställen umzusetzen. Auch die Güllebelastung bei der Weidehaltung ist punktuell schwieriger zu händeln. Für Herdengrößen von 50 bis 100 Kühen kann auch künftig die Weidehaltung attraktiv sein. Sie stellt jedoch deutlich höhere Anforderungen an das Fütterungsmanagement und eine ausgewogene Nährstoffversorgung, die allmähliche Vorbereitung auf die Weide bzw. die Stallfütterung, Wasserversorgung, Weidehygiene, Sonnenschutz, Parasitenprophylaxe, um einen ähnlichen Gesundheitsstatus wie bei ganzjähriger optimaler Stallhaltung zu erreichen. Fehler, die hier bei der Betreuung und Versorgung gemacht werden, mindern die Gesundheit und Leistungskraft des Hochleistungssportlers Milchkuh ungleich schneller und heftiger als noch vor 20 oder 30 Jahren.

- Es werden noch mehr Bullen mit hohen Zuchtwerten für Gesundheit und Langlebigkeit zur Verfügung stehen.
- Wenn Nutztierhaltung in Deutschland weiterhin Teil der Wertschöpfung sein soll, sind die Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft zu verbessern, die Arbeitsbelastungen zu reduzieren, sodass auch genügend Freizeit für Lebensqualität sorgen kann. Für kleine Familienbetriebe wird es schwer werden, Begeisterung für diesen Job zu finden, wenn nicht Freizeit, Urlaub, Einkommen und gesellschaftliche Anerkennung mit anderen Berufsbildern mithalten können.
- Technisierung und Automatisierung werden wie in allen Bereichen der Wirtschaft zunehmen.

- Der wissenschaftlich-technische Vorlauf dafür ist da, muss aber auch in das ökonomische Gefüge der Betriebe passen.
- Gute Mitarbeiter zieht es eher in die Wirtschaft, weil dort das soziale Umfeld oft besser ist, mehr bezahlt wird. Dabei ist die Ausbildung zum Landwirt viel umfassender: von der angewandten Biologie über vielseitige technische Fertigkeiten bis hin zur betriebswirtschaftlichen Kompetenz und Mitarbeiterführung.
- Landwirte werden zukünftig noch mehr Dienstleister sein. Bei Bindung an Grossinvestoren gehen sie zwar ein geringeres privates Risiko ein, sind damit aber weniger frei in ihren eigenen Entscheidungen.
- Das Image der Nutztierhaltung in der Gesellschaft muss sich verbessern.
- Die Vergrößerung der Betriebe erfordert jedoch auch ein entsprechendes Management und Know how. Hier sind Aus- und Weiterbildung und Qualifizierung abzuschließen.
- Der durchschnittliche Milchkuhbestand wird sich in den neuen Bundesländern in Deutschland auf 500 Kühe je Betrieb erhöhen.
- Die Milchleistung wird sich bis 2020 im bundesweiten Durchschnitt auf 9.000 kg je Kuh erhöhen, in den besten Betrieben auf 14.000 kg, unabhängig von der Betriebsgröße.
- Die Lebensleistung wird auf 31.000 kg je Kuh ansteigen und die Nutzungsdauer von derzeit 36 auf 43 Monate.
- In den nächsten 20 Jahren wird die Milchleistung aufgrund der genetischen Determination weiter ansteigen, die Kühe werden 8 und mehr Jahre alt und ausgezeichnet werden dann Kühe mit 200.000 kg Lebensleistung.



---

## 6. Tänniker Melktechniktagung

---

Copyright 2017 Agroscope

---



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

