



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Gemeinsame Melktechniktagung

Agroscope und AGRIDEA



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

Impressum

Herausgeberin AGRIDEA
Eschikon 28 • CH-8315 Lindau
T +41 (0)52 354 97 00 • F +41 (0)52 354 97 97
kontakt@agridea.ch • www.agridea.ch

Redaktion Chiara Augsburg, Nadja Stump, AGRIDEA

Übersetzung Trait d'Union

Titelbild Matthias Schick, Strickhof

Druck AGRIDEA

ISBN 978-3-033-07822-2

© AGRIDEA, September 2020

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers ist es verboten,
diese Broschüre oder Teile daraus zu fotokopieren oder auf andere Art zu
vervielfältigen.

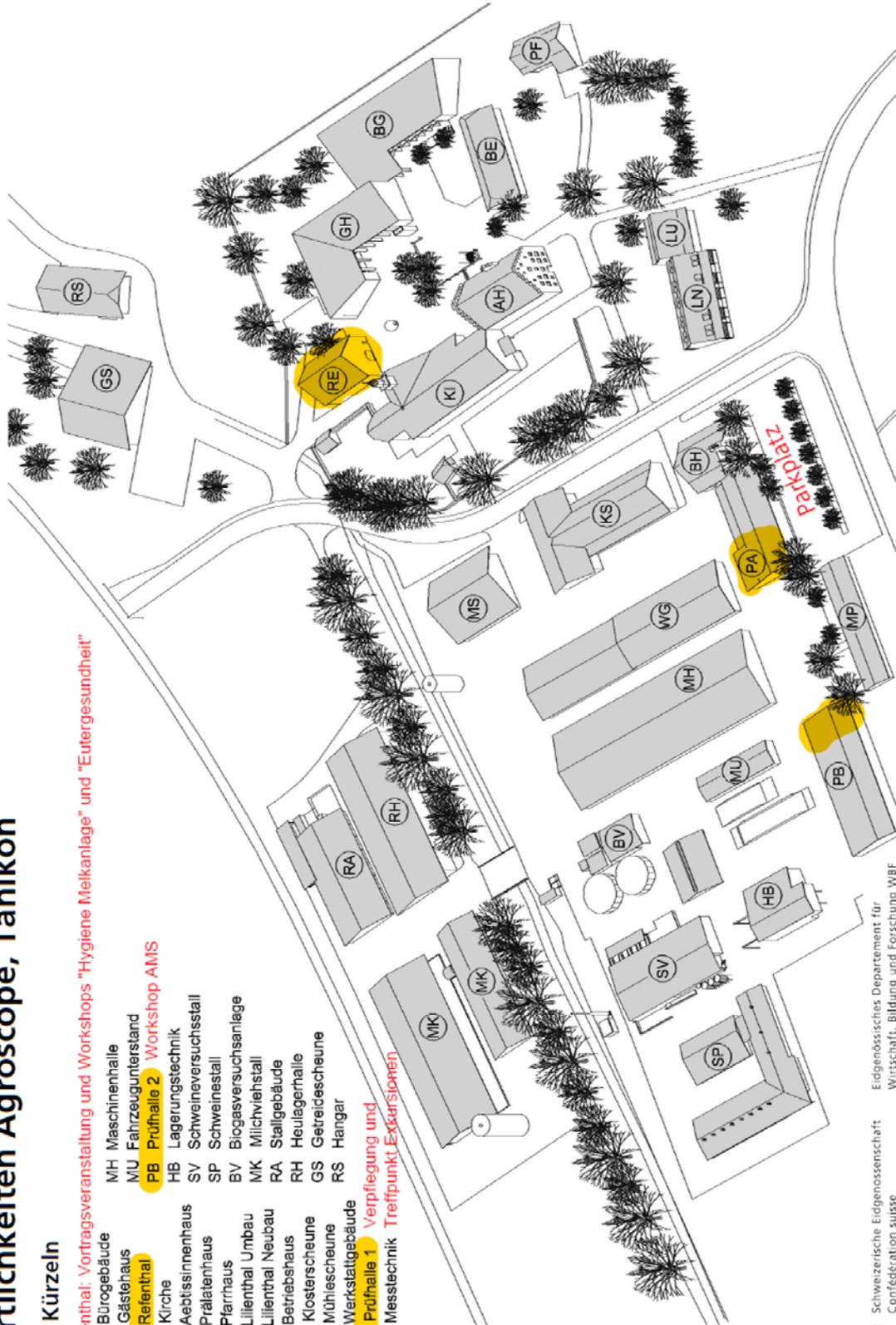
Sämtliche Angaben in dieser Publikation erfolgen ohne Gewähr.
Massgebend ist einzig die entsprechende Gesetzgebung.

Örtlichkeiten Agroscope, Tänikon

mit Kürzeln

Referential: Vortragsveranstaltung und Workshops "Hygiene Melkanlage" und "Eutergesundheit"

- BG Bürogebäude
- GH Gästehaus
- RE Referential**
- KI Kirche
- AH Aebtissinnenhaus
- BE Prälatenhaus
- PF Pfarrhaus
- LU Lilienthal Umbau
- LN Lilienthal Neubau
- BH Betriebshaus
- KS Klosterscheune
- MS Mühlescheune
- WG Werkstatgebäude**
- PA Prüfmalle 1**
- MP Messtechnik
- MH Maschinenhalle
- MU Fahrzeugunterstand
- PB Prüfmalle 2**
- HB Lagerungstechnik
- SV Schweineversuchsstall
- SP Schweinestall
- BV Biogasversuchsanlage
- MK Milchviehstall
- RA Stallgebäude
- RH Heulagerhalle
- GS Getreisescheune
- RS Hangar
- Verpflegung und Treffpunkt Exkursionen**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

erstellt: 21. 5. 2014 / kaur
korr: / kaur

Programm

Dienstag, 15. September 2020

09.00 Eintreffen, Anmeldung

09.30 Begrüssung

Nadja El Benni
Agroscope

09.40 Qualitätssicherung in der Melktechnik durch den Branchenstandard

Urs Schmid
Schweiz. Landmaschinen-
Verband / DeLaval AG

Smart Dairy Farming

Moderation:
Christina Umstätter
Agroscope

10.00 Herausforderungen für die Niederländische Milcherzeugung:

die Rolle von Forschung, Innovation und Ausbildung –
ein Einblick in das Dairy Campus Innovationszentrum

Kees de Koning
Wageningen University and
Research

10.20 Nutzen von Milchspektren zur Beurteilung der Tiergesundheit auf Einzeltier- und Herden-ebene

Josef Gross
Vetsuisse Uni Bern

10.40 Kaffeepause

11.10 Automatisch melken und Weidegang – Herausforderungen und Lösungen

Uwe Eilers
Landwirtschaftliches Zent-
rum Baden-Württemberg
(LAZBW)

**11.30 Nutzung von Daten aus automatischen Melk-
systemen in der tierärztlichen Bestandesbe-
treuung**

Michèle Bodmer
Vetsuisse Uni Bern

11.50 Key-Messages

Christina Umstätter
Agroscope

Reduzierung von Hitzestress im Rinderstall

Moderation:
Felix Adrion
Agroscope

12.00 Bauliche Massnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Rinderställen

Peter Stötzel
Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft

12.20 Technische Massnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Rinderställen

Johannes Zahner
Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft

12.40 Key-Messages

Felix Adrion
Agroscope

12.45 Mittagessen

14.00 Workshops (2 aus 3 wählbar; auch online möglich)

Hygiene in der Melkanlage	Josef Doppmann, ZMP und Bruno Forrer, Bamos AG
Probleme mit Euterentzündungen – Wie weiter?	Claudia Syring, Rindergesundheitsdienst RGD
Prüfverfahren nach ISO-Norm in automatischen Melk- systemen	Michael Hubal, Landwirtschaftskammer Niedersachsen

14.45 Kaffeepause

15.00 Zweite Runde Workshops

15.45 Kaffeepause

Aktuelles aus der Forschung I

Moderation:
Markus Rombach
AGRIDEA

**16.10 Automatische Verringerung der Milchleistung
vor dem Trockenstellen**

Ergebnisse von zwei Milchviehbetrieben mit unter-
schiedlichem Leistungsniveau

Ute Müller
Rheinische Friedrich-Wil-
helms-Universität Bonn

**16.30 Auswirkung des Zitzengummis und der Melk-
zeugbelüftung auf die Melkleistung und das Zit-
zengummikopfvakuum**

Felix Adrion
Agroscope

16.50 Key-Messages

Markus Rombach
AGRIDEA

17.00 Apéro und Postersession

18.30 Conference Dinner

Mittwoch, 16. September 2020

Aktuelles aus Forschung II

Moderation:
Josef Gross
Vetsuisse Uni Bern

**09.00 Effekt von Vakuumeinstellungen und Abnahmeschwellen auf die Melkleistung und Zitzenkon-
dition in konventionellen Melksystemen**

Rupert Bruckmaier
Vetsuisse Uni Bern

**09.20 Beeinflusst die Vakuumhöhe das Tierverhalten
beim Melken?**

Angelika Häussermann
Christian-Albrechts-Univer-
sität zu Kiel

09.40 Kaffeepause

**10.10 Untersuchungen zur Rhythmizität von Milchkü-
hen an automatischen Melksystemen**

Patricia Fuchs
Agroscope

**10.30 Boom auf dem globalen Milchmarkt: Wo steht
die Schweiz?**

Pierrick Jan
Agroscope

10.50 Key-Messages

Josef Gross
Vetsuisse Uni Bern

11.00 Kaffeepause

Aktuelles aus der Praxis

Moderation:
Chiara Augsburg
AGRIDEA

**11.30 Neue Ansätze für das präzise und effiziente
Melken**

Martin Wiedemann
DeLaval GmbH, Deutsch-
land

**11.50 Maschinelles Melken zwischen Mythen und wis-
senschaftlichen Erkenntnissen**

Martin Spohr
Tierseuchenkasse Baden-
Württemberg

12.10 Key-Messages

Chiara Augsburg
AGRIDEA

12.20 Ende der Tagung und Stehimbiss

Fakultative Exkursionen (nur eine wählbar)

**14.00 Besichtigung der Swiss Future Farm
(auch online möglich)**

Dauer: 1 Stunde

**14.00 Besuch auf Praxisbetrieb Fa. Lely: AMS mit
Weidegang und Käseemilchproduktion (nur
vor Ort)**

Dauer: 2 Stunden

Inhaltsverzeichnis

1 Herausforderungen für die Niederländische Milcherzeugung: die Rolle von Forschung, Innovation und Ausbildung – ein Einblick in das Dairy Campus Innovationszentrum	8
2 Nutzen von Milchspektren zur Beurteilung der Tiergesundheit auf Einzeltier- und Herdenebene	15
3 Automatisch melken und Weidegang – Herausforderungen und Lösungen	21
4 Nutzung von Daten aus automatischen Melksystemen in der tierärztlichen Bestandesbetreuung.....	29
5 Bauliche Massnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Rinderställen.....	33
6 Technische Massnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Rinderställen.....	40
7 Hygiene in der Melkanlage als wichtiger Bestandteil der Produktequalität.....	47
8 Probleme mit Euterentzündungen – wie weiter?	53
9 Prüfverfahren nach ISO-Norm in automatischen Melksystemen.....	54
10 Automatische Verringerung der Milchleistung vor dem Trockenstellen	56
11 Auswirkungen des Zitzengummis und der Melkzeugbelüftung auf die Melkleistung und das Zitzengummikopfvakuum.....	61
12 Effekt von Vakuumeinstellungen und Abnahmeschwellen auf die Melkleistung und Zitzenkondition in konventionellen Melksystemen	68
13 Beeinflusst die Vakuumhöhe das Tierverhalten beim Melken?.....	72
14 Untersuchungen zur Rhythmizität und zur Melatoninkonzentration von Milchkühen auf den Betrieben mit automatischem Melksystem	80
15 Boom auf dem globalen Milchmarkt: Wo steht die Schweiz?.....	88
16 Neue Ansätze für das präzise und effiziente Melken.....	95
17 Maschinelles Melken – zwischen Mythen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.....	99

1 Herausforderungen für die Niederländische Milchzeugung: die Rolle von Forschung, Innovation und Ausbildung – ein Einblick in das Dairy Campus Innovationszentrum

Kees de Koning

Manager Dairy Campus Innovationszentrum Wageningen UR, Kees.deKoning@wur.nl;
www.dairycampus.nl

Abstract

Eine der grössten Herausforderungen für den niederländischen Milchsektor ist eine nachhaltige Entwicklung bei gleichzeitiger Festigung und Erweiterung seiner Position in einer globalisierten Welt. Um diese Herausforderungen bewältigen zu können, ist die Zusammenarbeit zwischen allen Interessengruppen der Milchbranche von zentraler Bedeutung. Der Dairy Campus wurde von der Wageningen UR ins Leben gerufen und wird von der nördlichen Region der Niederlande als ein Zentrum unterstützt, wo sich Interessenvertreter treffen und gemeinsam an den zukünftigen Herausforderungen der Milchbranche arbeiten können.

Der Dairy Campus ist Teil des nationalen Agrar- und Lebensmittelclusters und auch mit Cluster-Organisationen wie dem Food Valley Wageningen, Water Campus Leeuwarden und dem Sino Dutch Dairy Development Center (SDDDC) in Peking, China, verbunden. Der Dairy Campus fokussiert sich auf die gesamte Milchwertschöpfungskette vom Gras bis zum Glas, sowohl auf vorgelagerter Ebene in der Milchproduktion als auch auf nachgelagerter Stufe. Unsere Kühe spielen eine wichtige Rolle, indem sie als wertvolle Quelle für die Datenbeschaffung dienen.

Auf dem Dairy Campus werden innovative Projekte und Aktivitäten durchgeführt, um neue Informationen und Kenntnisse zu generieren, welche die Innovation im gesamten Milchsektor vorantreiben. Auf diese Weise arbeiten Wissenschaft und Praxis Hand in Hand. Die enge Zusammenarbeit mit Unternehmern und der Wirtschaft bildet unser goldenes Milchdreieck. Die Anforderungen an die gesamte Milchindustrie einschliesslich der Landwirte, Zulieferer und Verarbeiter stehen im Mittelpunkt des Dairy Campus, um neues Wissen zu entwickeln, das sich auf innovative Produkte und Prozesse anwenden lässt. Darüber hinaus wird dieses Wissen in der Aus- und Weiterbildung heutiger und zukünftiger Fachkräfte angewandt. All dies soll zu einer nachhaltigen Zukunft der Milchbranche mit Schwerpunkt auf gesunden und sicheren Milchprodukten beitragen, und zwar auf nachhaltige und regenerative Weise im Respekt für Mensch, Tier und Umwelt.

Un des principaux défis de la filière laitière néerlandaise est de concilier son développement durable avec la consolidation et le renforcement de sa position dans un monde globalisé. En ce sens, une collaboration entre tous les acteurs de la filière laitière devient de plus en plus importante. Le Dairy Campus est un programme d'innovation créé par la Wageningen University & Research avec le soutien de la région du nord des Pays-Bas, en tant que lieu où les acteurs peuvent se rencontrer et travailler ensemble sur les défis futurs de la filière laitière. Le Dairy Campus fait partie du cluster agroalimentaire national. Il est ainsi en relation avec des organisations telles que Food Valley Wageningen, Water Campus Leeuwarden et le Sino-Dutch Dairy Development Center (SDDDC) à Beijing, en Chine. Le Dairy Campus étend ses activités sur la totalité de la filière laitière, du pré au verre, aussi bien en amont de la chaîne de production du lait qu'en aval de cette dernière. Le rôle joué par nos vaches est important, leur produit clé étant les données qu'elles produisent.

Des projets et des activités innovantes sont menés au Dairy Campus dans le but de générer de nouvelles informations et connaissances afin de stimuler l'innovation dans l'ensemble de la filière laitière. Science et pratique travaillent main dans la main dans cette direction. Une étroite collaboration avec les chefs d'entreprise et le monde des affaires constitue notre triangle d'or du lait. Les besoins de l'ensemble de l'industrie laitière, qui comprend les agriculteurs, les fournisseurs et les transformateurs, sont centraux pour le Dairy Campus afin de développer de nouvelles connaissances qui pourront être appliquées à des produits et des procédés innovants. De plus, ces connaissances sont utilisées dans la formation et le perfectionnement des professionnels actuels et futurs. Tout cela vise à contribuer à un avenir durable de la filière laitière, axée sur des produits laitiers sains et sûrs, au sein d'une économie circulaire durable et dans le respect des humains, des animaux et de l'environnement.

One of the major challenges for the Dutch dairy chain is a sustainable development while at the same time consolidating and expanding its position in a globalizing world. To meet these challenges collaboration between all stakeholders in the dairy chain is of growing importance. Dairy Campus was created by Wageningen UR and supported by the northern region of the Netherlands, as a centre where stakeholders can meet and work together on the future challenges of the dairy chain.

Dairy Campus is part of the national Agrifood cluster and connected also with clusters organizations like Food Valley Wageningen, Water Campus Leeuwarden and the Sino Dutch Dairy Development Center (SDDDC) in Beijing - China. Dairy Campus focuses on the entire dairy chain from grass to glass, both upstream at the milk production side of the dairy chain and downstream. Our cows play an important role by producing data as their key product.

At Dairy Campus innovative projects and activities are carried out in order to generate new information and knowledge to drive innovation in the entire dairy chain. In this way science and practice go hand in hand. Close cooperation with entrepreneurs and business sector is our golden milk triangle. The demand from the whole dairy industry including farmers, suppliers and processors is central to Dairy Campus to develop new knowledge that can be applied to innovative products and processes. Moreover this knowledge is applied in education and training of present and future professionals. This all contributes to a sustainable future of the dairy chain with focus on healthy and safe milk products, in a sustainable and circular way and with respect for mankind, animals and environment.

Introduction Dairy Campus

Dairy Campus is the national innovation and research centre for dairy in the Netherlands, part of Wageningen University & Research, but also linked with many partners. The Dairy Campus centre has around 550 dairy cows, 6 different cow houses for all types of research, innovation and education activities and meeting and training rooms. Dairy Campus is part of the Dutch national Agrifood cluster and is connected with other Dutch clusters like Food Valley Wageningen, Water Campus Leeuwarden and the Sino Dutch Dairy Development Center in Beijing - China. Dairy Campus is located in the city of Leeuwarden in the so-called Dairy Valley region.

One of the major challenges for the Dutch dairy chain is a sustainable development while at the same time consolidating and expanding its position in a globalizing world. To meet these challenges collaboration between all stakeholders in the dairy chain is of great importance and Dairy Campus is the venue where all those parties come together. To do so, Dairy Campus is organized as a network organization within the Dutch dairy chain. Although Dairy Campus focuses on the entire dairy chain from grass to glass, most activities deal with the milk production side of the dairy chain.

At Dairy Campus innovative projects and activities are carried out in order to generate new information and knowledge to drive innovation in the dairy chain. In this way science and practice go hand in hand. New knowledge is created that will contribute to a sustainable future in which sufficient, healthy and safe milk is produced. And this all with respect for mankind, animals and environment. To describe the role of an innovation centre like Dairy Campus, we use the concept of Technology Readiness Levels (TRLs), developed by NASA, a framework that is used in international innovation communities for describing the progress and status of a specific innovation. The TRL scale goes from 1 (fundamental research) to 9 (fully operational and on the market introduction).

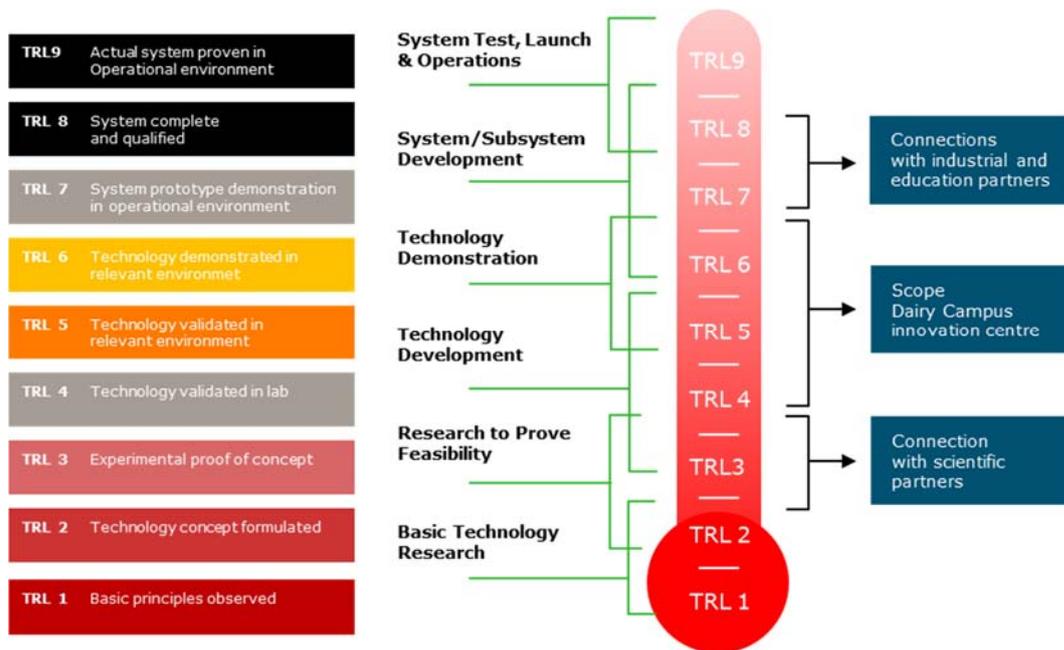


Figure 1—Ensure an effective Innovation Value Chain by connecting the TRL Levels

Close cooperation with entrepreneurs and business sector is key, this is the Dairy Campus golden milk triangle. The demand from the whole dairy industry including farmers, suppliers and processors is central to Dairy Campus to develop new knowledge that can be applied to innovative products and processes. Moreover this knowledge is applied in education and training of present and future professionals. In addition to research and innovation, education by learning in practice and sharing knowledge are of great importance at Dairy Campus. Students of secondary and higher professional education and universities work on their internship or their graduation project or perform exploratory studies. Dairy Campus aims to involve scientists, students and business companies in innovative projects. Moreover Dairy Campus has an important role in demonstration of innovations and new technology.

Our way of working

Dairy Campus is powered by Wageningen University and Wageningen Livestock Research, applied university Van Hall Larenstein, vocational education Nordwin College, farmers organization LTO Nederland, Dairy Board ZuivelNL, University of Groningen/campus Fryslân, City of Leeuwarden and the province Fryslân and the Innovation centre is financially supported by SNN (Samenwerkingsverband Noord-Nederland, Ruimtelijk Economisch Programma). The way we work is described in figure 2.

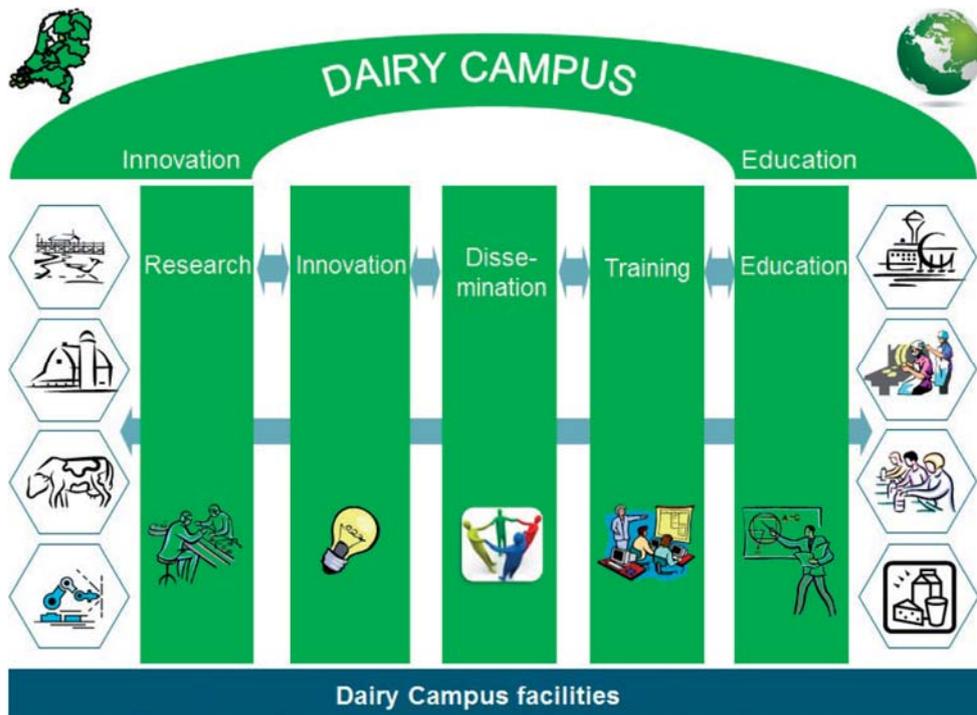


Figure 2: the main pillars of the Dairy Campus innovation centre

Dairy Campus has 5 main pillars:

1. Research program run by Wageningen University and Research,
2. Innovation program dedicated to industrial partners run by Wageningen Livestock Research,
3. Education program with several Chairs and a Master course Innovative Dairy Chain Management run by the applied university Van Hall Larenstein,
4. Dissemination program directed to farmers run by Dairy Campus and partners.
5. Training programs for students run by the training centre Triple Dairy and Wageningen Academy for post-academic courses.

All these organizations use Dairy Campus for their activities. In fact, it is a way of facility sharing. Moreover most activities always take place in close collaboration with industrial partners.

Research, innovation and education topics include animal feeding, animal behaviour and welfare, manure treatment, smart dairy farming and grazing. For this purpose Dairy Campus has around 550 dairy cows, 6 barns, 350 ha land (grassland and maize) and a lot of high-tech technology to perform tests and to collect data. It goes beyond words: our cows are producing data. Based on these data knowledge is generated.

Connection with agri-business

Dairy Campus is the home base of the Dutch Dairy Centre, a consortium of over seventy companies (including many SME's). These companies are specialized in barn equipment, sensor technology, milking and cooling, automation, feed products, breeding technologies, manure treatment, grassland management, consultancy and so on. Members of the Dutch Dairy Centre are invited for match making events when foreign trade missions visit Dairy Campus, they can apply for research and innovation projects or training courses and on a regular base network meetings are organized.

Sometimes these companies are also supplier to the Dairy Campus facilities with their products or services (demonstration). In this way Dairy Campus acts as a real meeting place.

Dairy Campus Innovation Program

Dairy Campus aims to increase the innovation power of the dairy chain and therefore started the 'Innovation program Dairy Campus' from 2014 onwards. With the Innovation fund (some 7,5mE) enterprises are offered the possibility to carry out innovation projects on specific themes with financial support by 'in-kind' contribution from Dairy Campus and involved scientists. Anyone who works in the business sector and comes up with an innovative idea for the dairy sector can apply.

The Dairy Campus Innovation Fund will consider applications for funding if the idea provides a solution in one of the following areas:

- Sustainable and circular livestock farming including animal welfare, health, environment
- Farming systems: innovative cowshed concepts, labour-saving ideas etc.
- Dairy Chain: Increasing economic value, by more efficient and innovative chains
- Smart farming: smart use of technology

Since the beginning of the program in 2015, over 45 innovation projects were funded. Some of them are finished and published, others are still running. Since the opening of Dairy Campus in 2016, over 50.000 persons visited Dairy Campus to learn about latest developments in research and innovation. About 25% of these visitors were from outside the Netherlands, including some 600 visitors from China. More information about projects and project summaries can be found at the web site of Dairy Campus www.dairycampus.nl.

An insight in some Dairy Campus innovation projects

As described before, we have many innovation and research projects initiated by agri-business partners and supported by Dairy Campus dealing with topics as animal welfare, smart farming, environmental emission, young-stock rearing and grazing strategies.

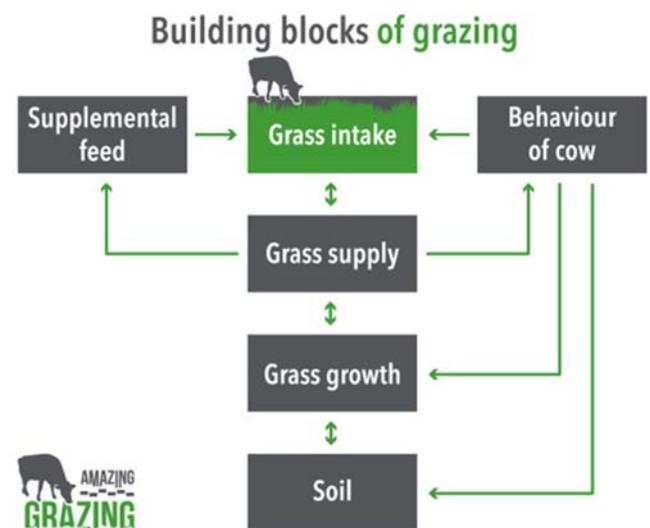
Several innovation projects were initiated around welfare of animals. The project "Measuring welfare of dairy cattle with biomarkers" aims to objectively determine the welfare of dairy cows. This is done with specific behavioral tests in combination with measurements of so-called biomarkers, substances in blood, milk, urine, manure, saliva or hair. Another project on "Resilience of dairy cattle" is setup to develop a method that identifies cows with an increased risk of developing disease at an early stage. This is done with the help of sensor data aimed at tracing vulnerable cows or animals with reduced resilience during the transition period. The objective of such projects is to develop effective measures in combination with information about business-related risk factors for health and well-being, contributing to a lower antibiotic use, more animal welfare, health, production and increased lifespan of dairy cows.

Another important research and innovation theme concerns the reduction of ammonia and greenhouse gases from barns and cows. The effect of different floors on ammonia emissions is measured. Innovations focus on reducing ammonia emissions from existing slatted floors with renovation floors that can be used for existing barns. Research is done also on permeable floor bedding to separate urine and solid manure but also straw bedding. It might happen that new floor types like wood chip bedding reduces ammonia emission but increase GHG emissions. Dairy Campus is equipped with so-called GreenFeed devices measuring CO₂ and CH₄ from individual cows. In projects like "Seaweed in a sustainable dairy farming system " Dairy Campus investigates to what extent seaweed, provided as a dietary supplement to cows, can reduce methane emissions, but also the effect on total feed intake and milk yield is included.

The Dairy Campus research into sustainability also specifically looks at the role of the young calf and innovative solutions towards a more sustainable setup of youngstock rearing. The first project InnoCalf focused on an innovative housing concept for the first 2 months with optimal housing and feeding. COMKALF measures the effects of later insemination (50, 125 and 200 days in lactation) on the development of the embryo, vitality at birth, growth of the calf and eventual performance as a future dairy cow. The expectation is that later insemination improves young stock rearing. In the 3rd project "Growth of the modern calf", we are investigating how the growth of young cattle from around 6 months up to calving can be monitored automatically. The aim is to direct an optimal growth curve with optimum nutrition to improve animal health and a prolonged lifespan of dairy cattle.

With the "Amazing Grazing 2.0" project, many solutions for grazing strategies have been developed for applying grazing on dairy farms, both for large flocks as for small house plots. Results were made available to farmers and extension offices by an e-book with professional and practical knowledge about grazing.

But methods to predict grass supply and daily grass growth are also important. For example, a drone can recognize pasture residues or remnants of grass around manure flats, which makes it possible to better estimate actual grass supply. A new calculation method has also been developed to predict daily grass growth, so farmers can better determine the optimal cutting time. This makes time-consuming grass height measurements for determining the amount of grass in the field are no longer necessary (Klootwijk et al, 2019). In addition research is working on a model for calculating daily grass intake of grazing dairy cows.



The social behavior of cows was also measured with a social motivation test. More social cows that are more in sync with the couple ("followers") graze longer and absorb more grass than misfits. Three years of grazing research has also shown that, even with a high stocking density of 7.5 dairy cows per hectare of livable house, they still get a relatively large amount of fresh grass in the cows.

Future developments

In 2020 Dairy Campus will start an innovation program on short dairy chains by integrating activities of Dairy Campus and the Food Application Centre of Technology (FACT) towards a whole dairy chain approach. The FACT centre was developed by Dairy Campus partner VHL and focusses mainly on the processing side of the food industry. By joining forces a whole dairy chain approach will be included in the scope of the Dairy Campus innovation centre. We will be able to process milk from individual cows, based on lactation stages, cow families, test herds (feeding trials) into dairy products. In this way the cooperation of Dairy Campus and FACT will result in an innovation centre for the whole dairy chain, both upstream and downstream.

Another driver to do so is the current debate in the Netherlands about the future of livestock industry. Following the discussions on Climate Change, the Dutch government launched a plan to realize a 100% circular economy in 2050. This means also towards a circular agriculture that enables us to produce enough food for everyone within the boundaries set by our planet.

Circular agriculture is based on the principle of optimising the use of all biomass. The waste streams of one supply chain can be the raw materials input for another. Achieving this kind of circular agriculture system will require smart integration between plant-based and animal-based supply chains. And without doubt innovation will be needed.

More information

<https://www.dairycampus.nl/en/Home.htm>

<https://www.amazinggrazing.eu/en/amazinggrazing-4.htm>)

<https://www.dairycampus.nl/en/Home/show/Keys-to-sustainable-grazing.htm>

<https://www.dairycampus.nl/en/Home/show/The-internet-of-dairy-farming.htm>

<https://www.dairycampus.nl/en/Home/show/On-farm-measurement-of-enteric-methane-emission.htm>

<https://www.government.nl/ministries/ministry-of-agriculture-nature-and-food-quality/documents/policy-notes/2018/11/19/strategiepapier-ministerium-fur-landwirtschaft-natur-und-lebensmittelqualitat>

2 Nutzen von Milchspektren zur Beurteilung der Tiergesundheit auf Einzeltier- und Herdenebene

Josef Gross und Rupert Bruckmaier

Veterinary Physiology, Vetsuisse Faculty, University of Bern, Bremgartenstrasse 109a, 3012 Bern, josef.gross@vetsuisse.unibe.ch

Abstract

Subklinische und klinische Ketosen (KK) tragen wesentlich zu wirtschaftlichen und tiergesundheitlichen Verlusten in der Milchviehhaltung bei. Wir untersuchten die Eignung von Milchmetaboliten, die aus der Schätzung mittels Fourier-Transformations-Infrarotspektrometrie im mittleren Infrarotbereich ermittelt wurden, für die Ketoseüberwachung bei Einzeltieren. In Versuch 1 wurden von Kühen der Rassen Holstein (n = 80), Brown Swiss (n = 72) und Swiss Fleckvieh (n = 58) Blut- und Milchproben im Abstand von zwei Wochen nach der Kalbung gewonnen. In Versuch 2 wurden Kühe mit diagnostizierter KK (n = 474) und 420 Proben von Kühen mit einer Blut- β -Hydroxybutyratkonzentration [BHB] < 1.0 mmol/L für die Fragestellung herangezogen, ob KK durch die bei einer vorausgegangenen Milchkontrolle ermittelten FTIR-basierten BHB- und Acetonwerte frühzeitig erkannt werden kann. In Versuch 3 wurden Korrelationen zwischen Daten aus einem automatischen on-farm Milchanalysegerät und FTIR-geschätzten BHB- und Acetonwerten von monatlichen Milchkontrollen ausgewertet. Erhöhte Ketonkörperkonzentrationen wurden überwiegend in den ersten acht Laktationswochen festgestellt. Die Korrelationen zwischen Blut-BHB-Konzentration und FTIR-basierten BHB- und Acetonwerten waren niedrig ($r = 0,37$ bzw. $0,12$, $P < 0.0001$), ebenso der Anteil an richtig positiv bestimmten Werten (11,9% bzw. 16,6%). Es wurde kein Zusammenhang zwischen FTIR-basierten Ketonkörpern und dem Intervall zwischen Milchbeprobung und Ketosediagnose festgestellt. Daten aus dem automatischen Milchanalysegerät korrelierten moderat mit FTIR-basierten BHB-Werten einer Milchkontrolle am gleichen Tag ($r = 0,61$). Aufgrund der niedrigen Korrelationen mit Blut-BHB und den wenigen richtig positiv bestimmten Werten kann die Milch-MIR-Spektrometrie nicht als alleinige Methode zur Vorhersage von erhöhten Ketonkörpern bei Einzelkühen herangezogen werden.

Les cétooses subcliniques et cliniques (CC) contribuent de manière significative aux pertes économiques et portent atteinte au bien-être des vaches laitières. Nous avons analysé la fiabilité des métabolites du lait, prédits par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), pour dépister une cétoose au niveau individuel. Dans l'expérience 1, des échantillons de sang et de lait ont été prélevés toutes les deux semaines à partir du vêlage sur des vaches Holstein (n = 80), Brown Swiss (n = 72) et Swiss Fleckvieh (n = 58). Dans l'expérience 2, les vaches présentant une CC (n = 474) et 420 échantillons de sang avec un taux de β -hydroxybutyrate [BHB] < 1,0 mmol/L ont été examinés afin de déterminer si une CC peut être détectée par BHB/acétone prédits par IRTF lors d'un contrôle laitier précédent. L'expérience 3 visait à analyser les corrélations entre les données issues d'un analyseur de lait automatique on-farm et les taux de BHB/acétone prédits par IRTF lors des contrôles laitiers mensuels. Des concentrations élevées de cétones ont été observées, dans la majorité des cas, au cours des huit premières semaines de lactation. Les corrélations entre le BHB sanguin et le BHB/acétone prédits par IRTF étaient faibles ($r = 0,37$ et $0,12$, respectivement, $P < 0,0001$), de même que le pourcentage de résultats positifs détectés correctement (11,9 % et 16,6 %, respectivement). Aucune association entre les cétones prédites par IRTF et l'intervalle de prélèvement de lait par rapport au diagnostic d'une CC n'a été trouvée.

Les données obtenues de l'analyseur de lait automatique étaient modérément corrélées avec le BHB prédit par IRTF le même jour ($r = 0,61$). En raison des faibles corrélations avec le BHB sanguin et du petit nombre de résultats positifs déterminés correctement, le spectre MIR du lait ne peut pas être utilisé comme méthode unique pour prédire une hypercétonémie chez les vaches laitières au niveau individuel.

Subclinical and clinical ketosis (CK) contribute significantly to economic and animal welfare losses in dairy production. We investigated the applicability of milk metabolites predicted by mid-infrared Fourier-transform infrared spectrometry (FTIR) in the individual screening for ketosis. In experiment 1, blood and milk samples were taken every two weeks after calving from Holstein ($n = 80$), Brown Swiss ($n = 72$) and Swiss Fleckvieh ($n = 58$) cows. In experiment 2, cows diagnosed with CK ($n = 474$) and 420 samples with blood β -hydroxybutyrate [BHB] < 1.0 mmol/L were used to investigate if CK could be detected by FTIR-predicted BHB and acetone from a preceding milk control. In experiment 3, correlations between data from an on-farm automatic milk analyser and FTIR-predicted BHB and acetone from the monthly milk controls were evaluated. Hyperketonemia occurred in majority during the first eight weeks of lactation. Correlations between blood BHB and FTIR-predicted BHB and acetone were low ($r = 0.37$ and 0.12 , respectively, $P < 0.0001$), as well as the percentage of true positive values (11.9% and 16.6%, respectively). No association of FTIR predicted ketone bodies with the interval of milk sampling relative to CK diagnosis was found. Data obtained from the automatic milk analyser were moderately correlated with the same day FTIR-predicted BHB analysis ($r = 0.61$). In conclusion, the low correlations with blood BHB and the small number of true positive samples discourage the use of milk mid-infrared spectrometry analyses as the only method to predict hyperketonemia at the individual cow level.

Introduction

The presented results are based on a study conducted by the Veterinary Physiology (Vetsuisse Faculty, University of Bern) in collaboration with Suisselab AG (Zollikofen) and Qualitas AG (Zug) and with the support of the breeding associations swissherdbook (Zollikofen), Braunvieh Schweiz (Zug, Switzerland), and Holstein Switzerland (Posieux). For further experimental details and literature citations refer to the original publication of Caldeira et al. (2020).

The imbalance between energy intake and expenditure in early lactation of dairy cows results in a state of negative energy balance (reviewed by Gross & Bruckmaier 2019a). The early lactation period is accompanied by an enhanced lipolysis in adipose tissue, which results in greater concentrations of non-esterified fatty acids (NEFA) and β -hydroxybutyrate (BHB) in blood (van der Kolk et al. 2017, Bruckmaier & Gross 2017, Gross & Bruckmaier 2019a). Hyperketonemia originates mainly from the incomplete oxidation of NEFA in the liver and is characterized by elevated concentrations of ketone bodies (acetoacetate, acetone, and BHB) in body fluids and simultaneously low glucose concentrations (Duffield et al. 2009). Besides the decline in feed intake and milk production, subclinical ketosis (SCK) can trigger the development of further health issues associated with reduced animal performance, such as clinical ketosis (CK), displaced abomasum and mastitis. Currently, the gold standard for SCK and CK diagnosis is the measurement of BHB in blood. However, it is an invasive method and not suitable for frequent sampling to allow an early detection of animals at risk. Milk that is non-invasively and frequently obtained is a favorable medium, especially with regard to established routine analysis of milk components (Gross & Bruckmaier 2019b). Fourier-transform mid-infrared spectrometry (FTIR) is an indirect and non-destructive detection method used worldwide since years to reliably determine milk gross composition (De Marchi et al. 2014). Although recent publications suggest FTIR spectrometry a valuable tool for monitoring hyperketonemia (van Kneusel et al. 2010, Grelet et al. 2016), most of the studies showing results on milk BHB and acetone based on MIR spectra included a considerable number of animals with ketosis.

The primary aim of this study was to evaluate the suitability of MIR spectra-predicted acetone and BHB in milk for early detection of elevated blood BHB concentrations in individual cows or at a herd level. Special attention is put on the relevance for the detection of individual cow SCK in small scale dairy farms under consideration of the low sampling frequency (approx. once/month) within the regular DHI recordings.

Materials and methods

Experiment 1 - Field trial

Blood and milk samples from 210 dairy cows were taken concomitantly every 2 weeks from calving until approximately 125 days post partum and once at around 200 days in milk from three different breeds: Holstein (n = 80), Brown Swiss (n = 72) and Swiss Fleckvieh (n = 58). In total, we obtained 1,766 blood and milk samples in parallel. Data on milk yield were obtained from the official DHI milk recordings during the sampling period.

Experiment 2 - Clinical ketosis cases

Data of 474 cows (66 Holstein, 408 Brown Swiss) diagnosed with CK by veterinarians during the first 60 days post partum were obtained from the central database of Qualitas AG (Zug, Switzerland). Data included the date of CK diagnosis relative to parturition, and results of the previous DHI recording with MIR spectra-predicted acetone and BHB concentrations in milk. These results were contrasted with the measurements of MIR spectra-predicted BHB and acetone in milk of 420 control samples from experiment 1 (cows without SCK, blood BHB concentration at sampling < 1.0 mmol/L, similar date of sampling relative to parturition compared with the DHI recordings, similar proportion of Brown Swiss and Holstein milk samples) to investigate if deviations in milk composition would allow to diagnose the development of CK prior to the diagnosis of a veterinarian based on clinical signs of ketosis.

Experiment 3 - Measurements of BHB in milk by an automatic in-line analyzer on-farm

Milk BHB data from an automatic on-farm milk analysis system (Herd Navigator (HN), DeLaval, Tumba, Sweden) that frequently samples and colorimetrically measures milk BHB, were collected in three farms using robotic milking systems (Voluntary Milking System VMS, DeLaval, Tumba, Sweden). Machine settings were adjusted to measure milk BHB daily from days 4 to 21, and every 4 days from days 22 to 62 post partum. In total, milk BHB profiles of 175 cows (Holstein, Brown Swiss, and Swiss Fleckvieh) were evaluated. In addition, 136 direct comparisons of BHB measurements in milk, both from the HN device and predicted by milk MIR spectra derived from a concomitant DHI control (11 times per year) on the same day, were conducted.

Blood and milk analyses

Blood samples were analyzed for BHB with an automated analyzer using a commercial enzymatic kit. Chemical measurement of acetone concentration in milk was done on an autoanalyzer in the laboratory of Suisselab AG (Zollikofen). MIR-spectrum based measurements of milk fat and protein, as well as prediction of BHB and acetone concentrations in milk were done on a MilkoScan FT 6000 analyzer using the corresponding prediction models from FOSS (Foss, Hilleroed, Denmark).

Statistical analyses

We used Pearson's correlation coefficients to investigate the relationship between blood BHB concentration, milk fat to protein ratio (FPR) in milk, the chemically determined acetone concentration in milk, and the MIR spectra-predicted milk BHB and acetone concentrations. All variables were checked for normal distribution. The repeated measures mixed model analysis was performed to examine the effects of breed, farm, and parity number. The individual cow was considered as repeated subject. The Tukey-Kramer post hoc test was used for detection of significances at $P < 0.05$. Receiver operating characteristic (ROC) curves were created to calculate the accuracy of milk acetone measured chemically, FPR, MIR spectra-predicted BHB and acetone to discriminate SCK (blood BHB concentration ≥ 1.0 mmol/L) and non-SCK (blood BHB concentration < 1.0 mmol/L) cows. Optimal threshold values for the variables were defined according to the greatest sum of sensitivity (Se) and specificity (Sp) values. The Se, Sp, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) were calculated based on the optimal threshold for each variable. Data on CK diagnosis and related previous DHI recordings including MIR spectra-predicted acetone and BHB concentrations in milk were summarized by breed on a weekly basis relative to the date of CK diagnosis. Contrasting of weekly summarized milk BHB concentrations predicted from DHI samples in CK cows against appropriate controls without CK was performed by paired t-tests.

Results

Experiment 1 - Field trial

Only 3.6% out of the samples obtained biweekly in the field study had blood BHB concentrations ≥ 1.0 mmol/L. Samples with blood BHB concentrations < 1.0 mmol/L were considered non-SCK. SCK in cows of all breeds was detected mostly during the first eight weeks post partum. There was no effect of breed on blood BHB concentrations ($P = 0.48$) and milk acetone measured chemically ($P = 0.28$). Multiparous cows (parity ≥ 2) had greater blood BHB concentrations (0.57 ± 0.01 mmol/L), MIR spectra-predicted BHB (0.03 ± 0.00 mmol/L) and milk acetone measured chemically (0.05 ± 0.00 mmol/L) compared to primiparous cows (0.49 ± 0.01 mmol/L, 0.01 ± 0.00 mmol/L and 0.05 ± 0.00 mmol/L, respectively). Milk yield in Holstein (36.1 ± 0.5 kg/d) and Swiss Fleckvieh (34.9 ± 0.6 kg/d) was higher compared to Brown Swiss (31.6 ± 0.5 kg/d; $P < 0.05$). Overall, first parity cows (27.7 ± 0.3 kg/d) had a lower milk production than multiparous cows (38.0 ± 0.4 kg/d; $P < 0.0001$). The correlation between blood BHB and milk MIR spectra-predicted BHB was low ($r = 0.37$). At the cut-off value of 0.05 mmol/L for MIR spectra-predicted BHB in milk, Se was 82.5% and Sp 77.3%. The PPV (true positive values) and NPV (true negative values) were 11.9% and 99.2%, respectively. In terms of MIR spectra-predicted acetone in milk, the overall correlation with blood BHB concentration was low ($r = 0.12$). Even when MIR spectra-predicted acetone was contrasted with the concomitant chemical measures of milk acetone, the correlation was low ($r = 0.12$). However, milk acetone concentrations measured chemically correlated quite well with blood BHB concentration ($r = 0.69$). The PPV for the chemically determined acetone content in milk was the greatest of all variables analyzed (30.3%, NPV = 99.1%). The milk fat to protein ratios poorly correlated with blood BHB concentrations ($r = 0.16$).

Experiment 2 - Clinical ketosis cases

Holstein cows that were diagnosed with CK ($n = 66$) had greater MIR spectra-predicted BHB and acetone concentrations in milk (0.15 ± 0.03 mmol/L and 0.22 ± 0.04 mmol/L, respectively) compared with non-ketotic Holstein cows of similar performance and lactational stage (-0.01 ± 0.00 mmol/L and -0.03 ± 0.00 mmol/L; $P < 0.05$).

Similar results were found in Brown Swiss cows identified with CK ($n = 408$), which had greater values of MIR spectra-predicted milk BHB and acetone (0.18 ± 0.01 mmol/L and 0.24 ± 0.02 mmol/L, respectively; $P < 0.05$) compared with respective controls (0.02 ± 0.00 mmol/L and 0.00 ± 0.01 mmol/L, respectively). The MIR spectra-predicted BHB and acetone concentrations in milk varied considerably in Brown Swiss and Holstein cows at DHI controls in the days and weeks prior to diagnosis of CK. Even on the day of CK diagnosis, we observed a high variation of estimated ketone body concentrations in milk.

Experiment 3 - Measurements of BHB in milk by an automatic in-line analyzer on-farm

The analysis of individual milk BHB profiles based on HN measurements indicated that 15.6% of all cows had at least one milk BHB concentration greater 0.12 mmol/L. Milk BHB was higher than 0.12 mmol/L on three consecutive days on average. A moderate positive correlation was found between the direct enzymatic milk BHB measurements by the HN and the indirect MIR spectra-predicted milk BHB content obtained from concomitantly DHI recordings on the same day ($r = 0.61$; $P < 0.0001$). Assuming the HN alarms at milk BHB concentrations of 0.12 mmol/L as reference criterion, approximately 90% of the hyperketonemia cases would have been missed by the DHI control performed approximately only once per month.

Discussion

FTIR spectrometry has doubtlessly evolved into an essential and useful tool in the routine analyses of milk gross composition (reviewed by Gross & Bruckmaier, 2019b). Furthermore, diverse health and performance traits can be associated with defined regions of the milk MIR spectrum (Grelet et al. 2016). Two of these traits are acetone and BHB in milk. However, ketone bodies in milk cannot be measured directly by FTIR analysis (De Marchi et al. 2014). Instead, MIR spectra are used for indirectly predicting their content, based on algorithms measuring changes in milk composition that are associated with SCK and CK (e.g., contents of milk fat, protein, composition of fatty acids in milk etc.; Gross & Bruckmaier 2019b). Most research on the use of milk MIR spectrometry to detect ketosis was conducted in larger dairy herds with Holstein cows experiencing marked metabolic stress (de Roos et al. 2007, van Knegsel et al. 2010). However, limited data is available to assess the suitability to predict SCK at the individual cow level, in cows with moderate metabolic load and of different breeds. Additionally, in small dairy herds, only few cows with a considerable metabolic load are present for a reliable detection of cows at risk for SCK.

Only a small percentage (less than 4%) of the blood samples in the present field study exceeded the threshold of BHB concentrations of 1.0 mmol/L that we used here for classification of SCK. This result, somehow, contradicts the averages of prevalence rates of SCK reported in Europe (22 to 41%) by Suthar et al. (2013) and Brunner et al. (2019). We selected farms that are representative in terms of feeding and performance for the herd size of 40-50 dairy cows in Switzerland. However, this does not imply that SCK is not an issue for Swiss dairy cows, given the fact that variation of metabolic load between individual cows kept on the same farm can be remarkable (Kessel et al. 2008, Gross & Bruckmaier 2015). Blood ketone bodies are established markers for poor metabolic adaptation (Zbinden et al. 2017, Gross & Bruckmaier 2019a,b). Primiparous cows had lower concentrations of blood BHB compared with multiparous cows. This can be attributed to the lower milk production and consequently lower metabolic load compared with multiparous animals (Morales Piñeyrúa et al. 2018).

Our results revealed only a low correlation between analyzing blood BHB and MIR spectra-predicted BHB in milk, as well as less than 12% of true positive values indicated by the estimated milk BHB content.

When BHB concentrations in blood are low, likewise less ketone bodies are expected to appear in milk. Together with the indirect assessment and estimation of milk ketones by the FTIR analysis, its suitability for SCK detection via milk is further limited in cows below the SCK threshold of ketone body concentration. The small number of samples in our field study correctly identified as true positive and the low correlations with the reference analysis of blood BHB discourage the use of milk MIR spectra-predicted ketone bodies to predict SCK in individual cows. Van Knegsel et al. (2010) reported a high sensitivity of milk BHB and acetone estimated by FTIR spectrometry in predicting SCK with similar low percentage of true positive samples ($\leq 18\%$), but included cows with greater blood BHB concentrations compared with our present study. In a more recent study by Grelet et al. (2016), evaluations included samples with greater BHB and acetone contents in milk, and consequently more SCK and CK cows than ours. In our study, the closest correlation was found between the two reference methods, enzymatic measurement of BHB in blood and chemical measurement of acetone in milk.

Although milk MIR spectra-predicted BHB and acetone were elevated in the SCK cows of experiment 2, there was no relationship with the interval between milk sampling and CK diagnosis. Even repeated and denser milk sampling did not improve the correlation of milk MIR spectra-predicted ketone bodies with the same day enzymatic measurement of BHB measured by the HN. However, the frequent analysis by automated in-line devices is more suitable to early detect and monitor individual cows at risk of hyperketonemia compared with monthly results provided by the DHI controls only. Depending on the time of the first DHI control post partum, most of the metabolic adaptation responses taking place within 2-3 weeks may not be captured. As our field study and other recent publications showed, the elevated risk of cows to develop ketosis during early lactation requires a higher frequency of sampling. Assuming common herd sizes of 20-30 dairy cows in many European family operated farms, only very few animals are at a similar lactation stage on a farm. Consequently, in small herds an early detection of SCK via MIR spectra-based prediction of milk ketones using monthly DHI controls is unlikely. However, in larger dairy herds, monthly MIR spectra-predicted ketones in combination with milk components and milk fatty acids can be indicative for metabolic status at herd level, particularly in early lactation. Thus, management of cows at risk can be adjusted by e.g. improved feeding, more frequent observations and earlier veterinary interventions.

Conclusions

Our study shows that the diagnostic value of MIR spectra-predicted concentrations of ketone bodies in milk is limited in terms of an early detection of SCK when dairy cows are experiencing a moderate metabolic load. Particularly when only few animals at risk are present (e.g. in small herds) and corresponding intervals of milk sampling are rather wide, the likelihood for detecting those animals is marginal. The indirect assessment of milk ketones by FTIR spectrometry does not reliably detect hyperketonemia. In contrast to small dairy herds, however, MIR spectra-predicted ketones in milk can provide additional information on the metabolic status of early lactating cows in larger dairy farms.

References

Monica de Oliveira Caldeira, Denisa Dan, Anna-Lena Neuheuser, Remo Stürmlin, Christoph Weber, Daniel L. Glauser, Martin Stierli, Urs Schuler, Juerg Moll, Silvia Wegmann, Rupert M. Bruckmaier, & Josef J. Gross (2020) Opportunities and limitations of milk mid-infrared spectra based estimation of acetone and β -hydroxybutyrate for the prediction of metabolic stress and ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Research* 87, 196–203. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000230>.

3 Automatisch melken und Weidegang – Herausforderungen und Lösungen

Uwe Eilers

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenberger Weg 99, D- 88339 Aulendorf, uwe.eilers@lazbw.bwl.de

Abstract

Vor dem Hintergrund des Zieles einer hohen Auslastung des automatischen Melksystems erscheint die Kombination mit Weidegang der Kühe schwierig umsetzbar. Allerdings finden sich in der Praxis immer mehr Betriebe, die die Vorteile beider Verfahren nutzen wollen. Die Vielfalt an Systemkomponenten ermöglicht Milchviehhaltern entsprechend der jeweiligen Zielsetzungen und sonstigen betrieblichen Gegebenheiten eine betriebspezifische und erfolgreiche Umsetzung. Folgende Grundvoraussetzungen und förderliche Maßnahmen sichern grundsätzlich den Erfolg des Systems: Weidefläche mit direktem Anschluss an den Stall, Weideflächenwechsel / Portionsweide (Lyons et al. 2013), intakte, tiergerechte Verbindungswege zwischen Weide und Stall, selektive Steuerung des Zugangs zur Weide, freier Zugang von der Weide in den Stall mit Rücklaufsperre, attraktives Kraftfutter als Lockfutter im AMS, täglich regelmäßig attraktives Futter am Trog, keine Zufütterung auf der Weide, Anpassung der Besatzstärke und täglichen Weidezeit an die vorhandene Weidefläche/das verfügbare Weidegrasangebot. Die meisten der untersuchten Betriebe erreichen aufgrund relativ niedriger Bestandsgröße und Milchleistung keine volle Auslastung des AMS, was häufig jedoch auch nicht angestrebt wird. Auch wurde festgestellt, dass die Weidesaison oft keinen negativen Einfluss auf die Auslastung des Melksystems und tägliche Milchmenge hat. Betriebswirtschaftliche Kalkulationen haben ergeben, dass es einzelnen Betrieben gelingen kann mit den Kostenvorteilen des Weideganges die Mehrkosten für ein AMS zu decken. Auswertungen zu Tieridentifikationen (Besuchen) am Melksystem und dezentralen Weide-Selektionstor lassen eine Tagesrhythmik und Abhängigkeit von Alter und Laktationsstadium der Kühe zum Weidegangverhalten erkennen.

L'objectif avec un système automatique de traite (AMS) est d'exploiter au maximum le potentiel de celui-ci, ce qui semble difficile à combiner avec la pâture des vaches. On trouve toutefois, dans la pratique, toujours plus d'exploitations désireuses de profiter des avantages de ces deux procédés. Ces systèmes présentant une diversité importante, ils permettent aux éleveurs laitiers de mettre en œuvre une solution spécifique à leur exploitation, en fonction de leurs objectifs personnels et de leurs conditions particulières. Les conditions et les mesures suivantes assurent généralement le succès du système : surface de pâture avec accès direct à l'étable, rotation des surfaces de pâture / pâture rationnée (Lyons et al. 2013), voies de communication entre le pâturage et l'étable intactes et adaptées aux animaux, contrôle sélectif de l'accès au pâturage, accès libre du pâturage à l'étable avec dispositif anti-retour, aliment concentré attractif dans l'AMS pour y attirer les vaches, fourrage attractif proposé tous les jours à la crèche, pas de distribution de fourrage sur le pâturage, adaptation de la charge en bétail et de la durée quotidienne de pâture à la surface de pâture disponible / l'herbe disponible sur le pâturage. En raison d'un cheptel et d'une production laitière relativement faibles, la plupart des exploitations étudiées n'atteignent pas la capacité maximale de l'AMS, ce qui n'est cependant souvent pas non plus recherché. Il a également été constaté que la saison de pâture n'avait souvent pas d'effet négatif sur le taux d'utilisation du système de traite ni sur la quantité journalière de lait. Des calculs économiques indiquent que certaines exploitations parviennent à couvrir les coûts supplémentaires de l'AMS grâce aux économies réalisées avec la pâture.

L'évaluation des données des animaux identifiés (passages) au système de traite et à la porte de tri décentralisée pour la pâture met en lumière un rythme journalier ainsi qu'un lien entre l'âge et le stade de lactation des vaches et le comportement de pâture.

It seems difficult to combine the goal of high capacity utilization for automatic milking installations with outdoor grazing. In practice, however, ever more farms want to exploit the advantages of both procedures. The wide variety of system components enables dairy farmers to successfully deploy farm-specific installations depending on goals set and other operating constraints. In principle, the following basic conditions and beneficial measures ensure system success: grazing areas directly linked to stalls, grazing area changes / strip-grazing (Lyons et al. 2013), intact, animal-friendly paths between pasture and stall, selective control of pasture access, free access from pasture to stall with non-return devices, attractive concentrated feed as fodder bait in the AMI, attractive concentrated feed on a daily basis, no supplementary feeding in the pasture, adjustment of stocking rate and daily grazing time to existing grazing area/availability of pasture grass. Owing to relatively low stock size and milk yield, most of the dairy farms surveyed do not fully utilize their AMI, which however is frequently not the objective. It was also noted that the grazing period often has no negative effect on milking system utilization and daily milk quantities. Economic calculations have shown that individual farms manage to offset the additional cost of an AMI by the cost benefits of grazing. Evaluations of animal identification (visits) at the milking system and decentralized pasture selection gates indicate a daily rhythm and dependency by age and lactation stage of the cows in grazing behaviour.

Eine steigende Zahl von Milcherzeugern versucht automatisches Melken und Weidegang miteinander zu kombinieren, um die Vorteile beider Verfahren nutzen zu können. Bei ausgedehntem Weidegang liegt die Herausforderung darin, Anreize zu schaffen, damit die Kühe freiwillig in den Stall kommen, um die angestrebten Melkungen je Kuh und Tag zu realisieren. Darüber hinaus gibt es weitere Rahmenbedingungen und Maßnahmen, die die Kombination von automatischem Melksystem (AMS) und Weidegang unterstützen.

Im Rahmen des Projektes „Optimierung des Systems Weidegang und automatisches Melken im ökologischen Landbau“ des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (LAZBW) wurden im Jahr 2016 27 baden-württembergische und bayerische Milcherzeuger bezüglich ihrer aktuellen praktischen Umsetzung untersucht. Zwei Betriebe in Baden-Württemberg wirtschaften konventionell, alle anderen nach den Vorgaben des ökologischen Landbaues. (Tab. 1 enthält verschiedene Charakteristika der Weide-AMS-Systeme dieser Betriebe.) Erstaunlicherweise wirkte sich die Weidesaison im Vergleich zur Stallsaison positiv auf die Milchmenge je Melkstation und Tag sowie auf die Milchmenge je Kuh und Tag aus (Tab. 2).

Tab. 1: Kennzeichen der Weide-AMS-Systeme in den untersuchten Milchviehbetrieben (n=25)

Systemkomponente	Anzahl Betriebe
<u>AMS-Kuhverkehr</u>	
Frei	19 ¹
Gelenkt	6
<u>Tägliche Zugangsdauer zur Weide</u>	
Max. 5 Stunden	12
>5 bis 12 Stunden	4
>12 Stunden	9
<u>Steuerung Weidezugang</u>	
Frei	14 ²
Selektiv (automatisiert)	8
Geblockt ³	5
<u>Weide-Flächenwechsel</u>	
Nein	11
Ja	14
<u>Regelmäßige Kraftfuttermahlzeit am Futtertisch</u>	
Nein	8
Ja	17

¹ davon einer mit Vorselektion

² zwei Betriebe mit freiem und geblocktem Weidezugang, je nach genutztem Weideteilstück

³ Aussperren der gesamten Herde auf die Weide, da vom jeweiligen Weideteilstück aufgrund eines Hindernisses (z.B. öffentlicher Weg, Straße) keine direkte Verbindung zum Stall besteht.

Quelle: Eilers et al., 2017

Tab. 2: Saisoneffekt ausgewählter AMS-Parameter über alle Betriebe (n=25)

Parameter	Weisesaison	Stallsaison	Differenz Weide-Stall (%)
Milchmenge/Box und Tag, kg	1.036	1.010	+ 2,49
Technische Auslastung, %	61	64	-3,98
Melkungen/Kuh und Tag, Anzahl	2,46	2,5	- 1,6
Milchmenge/Kuh und Tag, kg	21,3	20,7	+ 3,1

Quelle: Merz, 2016

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es den meisten der untersuchten Betriebe nicht gelingt, das AMS nach konventionellen Gesichtspunkten auszulasten. Die Ursachen dafür liegen in einem geringeren Milchleistungsniveau sowie einem kleineren Milchkuhbestand. Der Weidegang an sich führt in diesen Betrieben im Mittel zwar zu einer geringfügig geringeren technischen Auslastung, allerdings erhöht sich die Milchleistung und somit die Menge an ermolkenener Milch je Melkstation und Tag gegenüber der Stallperiode. Ursache dafür könnte grundsätzlich eine Aufwertung des Grundfutters durch das Weidegras oder auch ein saisonal bedingter Unterschied im Laktationsstadium sein. Der Weidegang trägt unter den betrachteten Rahmenbedingungen nicht zu ökonomischen Nachteilen im Mittel der Betriebe bei. Die kalkulatorisch festgestellten ökonomischen Vorteile eines hohen Weidegrasanteiles in der Futtermischung wurden konkret unter den Bedingungen eines stallbasierten AMS durch eine französische Studie bestätigt (Brocard et al., 2014). Als „Best Practice“-Beispiele eignen sich am ehesten Systeme, die das Potenzial haben, gleichermaßen die Ziele des ökologischen Landbaues und der Ökonomie zu erfüllen. Folgende Eckpunkte lassen sich unter dieser Vorgabe aus aktuell praktizierten Systemen ableiten:

- Milchleistung 7.000 kg
- Durchschnittliches Tagesgemelk 23 kg
- Laktationsspitze max. 30 kg
- Max. 10 dt Kraftfutter je Kuh und Jahr
- Max. 7 kg Kraftfutter je Kuh und Tag
- Aktive Tierselektion nach dem Melken auf die Weide
- Mind. 5, besser mind. 8 bis 10 Stunden tägliche Weidedauer
- Mind. 0,06, besser mind. 0,12 ha Weidefläche je Kuh
- Portionsweide/rotierende Standweide (möglichst täglich neue Parzelle/Portion)
- Zufütterung entsprechend des Weideanteiles in der Ration in festem Tagesrhythmus.

Als einzig unabdingbare betriebsstrukturelle Bedingung für die Umsetzbarkeit von Weidegang und automatischem Melksystem ist das Vorhandensein von Weidefläche in AMS- bzw. Stallnähe, möglichst mit direktem Verbindungsweg zwischen Weide und Stall zu nennen. Eine kurze Entfernung zwischen Melksystem und Weidefläche ist grundsätzlich positiv. In schwedischen Untersuchungen wurden bei einer Entfernung von 260 m im Vergleich zu 50 m zwischen Stall und Weide negative Auswirkungen auf Milchleistung, Melkintervall und mit fortschreitender Saison auf die Weidezeit festgestellt (Spörndly und Wredle, 2004). Bei weiteren Strecken als etwa 300 Meter kann es entsprechend zu erhöhtem Nachtreibeaufwand kommen. Allerdings hängen diese Effekte stark vom sonstigen Management ab.

Die Größe der verfügbaren und geeigneten Weidefläche für die Milchkühe bestimmt maßgeblich, welche Strategien sich im Einzelbetrieb umsetzen lassen. Folgende grundsätzliche Strategien und Zielsetzungen lassen sich unterscheiden und in ihrer Umsetzung wie folgt beschreiben:

Weidepriorität

- Ziele: hohe Weidefutteraufnahme (mind. 80% der täglichen Trockenmasse (TM)) bei guter Auslastung des AMS (70%)
- Systemkomponenten: mind. 0,2 ha Weidefläche je Kuh, mind. 10 Stunden täglich Weidegang, selektiv-gesteuerter Zugang zur Weide nach Melkanrecht, aktive (zentrale) Selektion auf die Weide, Kurzrasen-, Portions- oder Umtriebsweide mit Weideflächenwechsel, idealerweise Vollweide (ständiger Weidezugang, höherer Weideflächenbedarf!), Kraftfutterfütterung im AMS, Bestandsgröße 60 (bis70) Kühe je Melkstation, hoher Stallkomfort.

Melkpriorität

- Ziele: niedrige Weidefutteraufnahme (bis 10% der täglichen TM), maximaler Milchertrag, hohe Auslastung des AMS (80%)
- Systemkomponenten: Gelenkter Kuhverkehr, mind. 0,06 bis 0,1 ha Weidefläche je Kuh, mind. 5 Stunden täglich Weidegang, selektiv-gesteuerter Zugang zur Weide nach Melkanrecht, Jogging-, Stand- oder Umtriebsweide, intensive Zufütterung am Trog (Mischration), leistungsabhängige Kraftfutterfütterung in AMS und ggf. KF-Station, Bestandsgröße mind. 70 Kühe je Melkstation, hoher Stallkomfort.

Diese Systembeschreibungen sind nicht absolut zu sehen. Es gibt je nach betrieblichen Rahmenbedingungen Mischformen oder auch andere Schwerpunkte. Bestimmte Zieleetzungen lassen sich bei Abweichungen vom idealen System auch durch entsprechendes Management verfolgen.

Wie im normalen AMS-Betrieb ohne Weidegang erfolgt in der Regel täglich zwei Mal eine Routinekontrolle der Herde. Diese lässt sich am besten mit dem Nachtreiben zum Melken fälliger Kühe verbinden. Das Nachtreiben wird bei einer hohen Weideauslastung selbst bei optimalem Management nie komplett entfallen, ebenso wie bei reiner Stallhaltung. Tab. 3 enthält Faktoren, die die Nutzung der Weide bzw. die Rückkehr in den Stall positiv beeinflussen. Die fett gedruckten Punkte können als grundlegende Erfolgsfaktoren für AMS und Weidegang bezeichnet werden, weil sie für beide Aspekte (Verbesserung der Weidenutzung und Reduzierung des Nachtreibeaufwandes) von Bedeutung sind und deren gleichzeitige Verfolgung unterstützen.

Tab. 3: Faktoren zur Verbesserung der Weidenutzung und Reduktion des Nachtreibeaufwandes

Verbesserung der Weidenutzung	Reduzierung des Nachtreibeaufwandes
gesteuerter Weidezugang (tierindividuell)	gesteuerter Weidezugang (tierindividuell)
kurze Wege auf die Weide	Zeitpunkt der Zufütterung im Stall
Zeitpunkt der Zufütterung im Stall	Komforteinrichtungen im Stall (z.B. Bürsten)
befestigte Triebwege	befestigte Triebwege
guter, schmackhafter Weideaufwuchs	schmackhaftes Lockfutter am AMS
Wechsel der Weidefläche nach AMS-Besuch	hochwertiges Futter am Trog
Schattenplätze auf der Weide	kühler Stall bei hohen Außentemperaturen
Parasitenmanagement	an Rhythmus der Kühe angepasste Routinen
gute Klauengesundheit	gute Klauengesundheit
Wasserversorgung auf der Weide	Wasserversorgung im Stall

Quelle: Eilers et al., 2017

Da Vollweidesysteme in unseren Breiten eher selten anzutreffen sind, erfolgt meistens Zufütterung von Grundfutter im Stall. Dafür gibt es unterschiedliche Strategien für die Futtermittelvorgabe: Entweder wird das Futter über 24 h vorgelegt und steht den Tieren ständig zur Verfügung oder es wird zu bewusst ausgewählten Zeitpunkten Futter vorgelegt.

Ersteres ermöglicht keine gezielte Steuerung der Tiere und kann dazu führen, dass die Kühe nicht ausreichend auf der Weide grasen. Der Anteil des Weidegrases an der täglichen Ration ist eher gering (Vgl. Strategie „Melkpriorität“). Die Vorgabe einer begrenzten Menge Futter kann dagegen strategisch eingesetzt werden. Die Vorgabezeitpunkte sollten im Tagesablauf für die Kühe einen Impuls darstellen, um den Stall und dann auch das AMS aufzusuchen (Abb. 1). Voraussetzung dafür ist ein entsprechend attraktives Futter am Trog (z.B. Grünfutter, Mischration mit Kraftfutter oder auch nur Kraftfutter). Damit der Impuls wirkt, muss in weidegrasbasierten Strategien der Futtertisch zwischenzeitlich leer sein (Vgl. Strategie „Weidepriorität“). Die Futtermittelvorgabe ist idealerweise der Start der zweimal täglichen Stallroutine (Füttern, Tierkontrolle, Maßnahmen am Tier, Nachtreiben) und erleichtert so die Arbeitsabläufe. In Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch eine unbegrenzte Vorgabe von Grassilage es zu keiner Erhöhung der Milchleistung gegenüber einer rationierten Futtermenge von drei kg TM gekommen ist. Die Melkfrequenz sank sogar (Spörndly und Wredle, 2004). Dies muss jedoch immer in Abhängigkeit des verfügbaren Weidefutters gesehen werden.

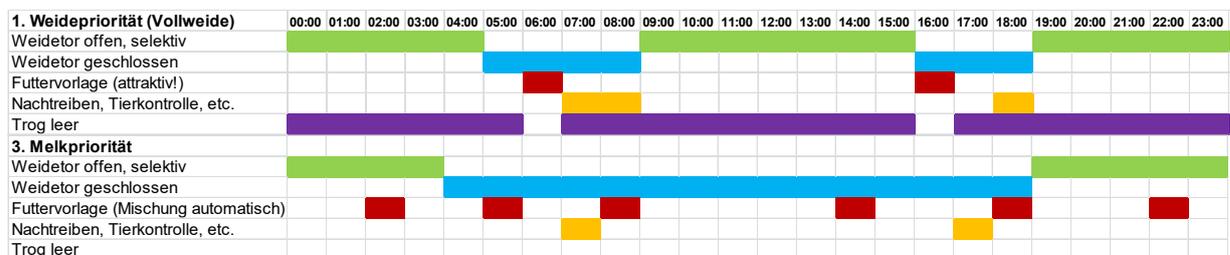


Abb. 1: Maßnahmen im Tagesablauf für unterschiedliche Strategien in Weide-AMS-Betrieben.

Das zwingend notwendige Lockfutter am AMS sollte im Sinne der Ökologie, der Tiergesundheit und der effektiven Weidausnutzung auf ein nötiges Minimum reduziert werden. Es gibt Untersuchungen, die klar zeigen, dass ein mehr an Kraftfutter (3 vs. 8 kg bzw. 2 vs. 4 kg am AMS) keine deutliche Reduktion des Nachtreibeaufwandes nach sich zog bzw. die Melkfrequenz nicht sank (Bach et al., 2007, Lessire, 2017). Davon abweichend können höhere Kraftfuttergaben (2 vs. 4 kg) jedoch insbesondere bei erstlaktierenden Kühen die Melkfrequenz erhöhen. Auch reagieren sie mit einer stärkeren Leistungssteigerung als ältere Kühe (Lessire, 2017). Die Schmackhaftigkeit des Lockfutters am AMS ist entscheidend für die Attraktivität des AMS. In milchleistungsorientierten Systemen kann die Kraftfuttergabe leistungsabhängig im AMS aufgestockt werden. Gegebenenfalls kann über eine Kraftfutterstation zusätzliche Kraftfutterfütterung individuell erfolgen, da je Gabe maximal 2 kg Kraftfutter zugeteilt werden sollen. Um eine Lockwirkung am AMS zu erzielen ist eine Mindestmenge von 0,5 kg je Gabe notwendig.

Grundsätzlich sollte die Weide für die Herde 24 Stunden am Tag zur Verfügung stehen. Es empfiehlt sich aber den Zugang tierindividuell zu regeln, um eine gute Melkroboterauslastung und einen geringen Weide-Nachtreibeaufwand zu erreichen. Praktisch lässt sich dies am besten umsetzen, wenn nur frisch gemolkene Kühe über das AMS bzw. ein Selektionstor Weidezugang bekommen. Die Zeit bis zum nächsten Melkanrecht (wenn die Kuh das AMS betritt würde sie gemolken werden) ist das entscheidende Kriterium. Hat eine Kuh z.B. in weniger als zwei bis vier Stunden wieder Melkanrecht, dann sollte sie im Stall bleiben, um nach dem Melken auf die Weide gehen zu dürfen. Alternativ kann das Kriterium z.B. mindestens 70% ausstehende Zwischenmelkzeit für den Zugang zur Weide lauten. Wird dies nicht so oder so ähnlich praktiziert (Zwischenmelkzeiten können ja nach Leistungsstand und Wunsch des Betriebsleiters leicht variieren), steigen die Zwischenmelkzeiten und der Nachtreibeaufwand. Das Zugangstor in den Stall wird als Einwegtor konzipiert. Die Kühe können frei den Stall betreten, ihn aber nicht wieder frei verlassen. Im Tagesverlauf kann eine gezielte Weidesperrzeit den Arbeitsaufwand reduzieren. Diese könnte morgens und abends zu den Stallzeiten jeweils für drei bis vier Stunden eingerichtet werden, um die Tierkontrolle und das Nachtreiben zu erleichtern. Eine Sperre am Abend und während der Nacht ist nicht zu empfehlen, da die Tiere grundsätzlich und insbesondere bei Hitze gerne abends und nachts auf die Weide gehen (Kismul et al., 2019, Smid et al., 2018). Eigene Untersuchungen zu Tieridentifikationen an einem dezentralen Weideselektionstor im AMS-Betrieb bestätigen dies. Im Zeitraum zwischen 19 Uhr und 2 Uhr wurden im Frühsommer die meisten Torpassagen auf die Weide im Tagesverlauf gemessen. Die höchste Frequenz am Weidetor (Passagen und Ablehnungen) erfolgte zwischen 19 und 22 Uhr. Höherleistende Kühe (> 25 kg Milch täglich) zeigen die höchste Weideaktivität (Saur, 2018). Über einen längeren Zeitraum hinweg konnten bisher keine Einflüsse von Laktationszahl und -stadium auf die Weidefrequenz (Anzahl Torpassagen) nachgewiesen werden. Allerdings zeigt sich ein Zusammenhang zwischen geringerer Weidefrequenz und längerem Zeitintervall Torpassage-AMS-Besuch, was auf längere Aufenthaltsdauern auf der Weide hindeutet (Beigel, 2020).

Im Frühjahr und Herbst kann es Sinn machen, in Abhängigkeit der zu erwartenden unterschiedlichen Witterungsverhältnisse sowie Weidegrasangebote die tägliche Weidezugangsdauer zu reduzieren. Durch eine solche Beschränkung werden sehr ausgedehnte Weideaufenthalte vermieden, der Nachtreibeaufwand sinkt.

Literatur

- Bach, L., Iglesias, C., Calsamiglia, S., Devant, M. (2007): Effect of Amount of Concentrate Offered in Automatic Milking Systems on Milking Frequency, Feeding Behavior, and Milk Production of Dairy Cattle Consuming High Amounts of Corn Silage. *Journal of Dairy Science* 90, 5049–5055.
- Beigel, S. (2020): Verhalten von Kühen bei Einsatz eines dezentralen Weide-Selektionstors im AMS-Betrieb. Bachelorarbeit Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Triesdorf.
- Brocard, V., Huneau T., Huchon J-C., Dehedin M. (2014): Combining robotic milking and grazing. *Grassland Science in Europe*, Vol. 19, 559-562.
- Eilers, U., Landwehr, M., Bühler, M., Merz, L., Krause, M., Adrion, F., Bernhardt, H. (2017): Weidegang und stallbasiertes automatisches Melken im ökologischen Landbau. 13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2017. Universität Hohenheim, Stuttgart. KTBL-Tagungsband, 17-22.
- Eilers, U., Landwehr, M., Bühler, M., Merz, L., Krause, M., Adrion, F., Bernhardt, H., Steinwidder, A., Plesch, G., Albrecht, B. (2017): Voraussetzungen und Empfehlungen zum Einsatz von automatischen Melksystemen (AMS) auf Bio-Betrieben mit Weidegang. Österreichische Fachtagung Biologische Landwirtschaft, 9. November 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017.
- Eilers, U., Plesch, G., Albrecht, B., Harsch, M., Maier, K., Sturm, M. Steinwidder, A. (2017): Bio-Weidehaltung und AMS – So funktioniert es! ÖAG-Info 6/2017. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irnding-Donnersbachtal, 24 Seiten.
- Kismul, H., Spröndly, E., Höglind, M., Eriksson, T. (2019): Nighttime pasture access: Comparing the effect of production pasture and exercise paddock on milk production and cow behavior in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 102, 10423-10438.
- Lessire, F., Froidmont, E., Shortall, J., Hornick, J.L., Dufrasne, I. (2017): The effect of concentrate allocation on traffic and milk production of pasture-based cows milked by an automatic milking system. *Animal* (2017) 11, 2061-2069.
- Lyons, N.A.; Kerrisk, K.L.; Garcia, S.C. (2013): Comparison of 2 Systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 96, 4494-4504.
- Merz, L. (2016): Bewertung des Systems Weidegang und automatisches Melken im ökologischen Landbau. Master-Arbeit Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Saur, H. (2018): Weidenutzung von Kühen beim Einsatz eines dezentralen Weideselektionstores in einem AMS-Betrieb. Master-Arbeit Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Smid, A.-M. C., Weary, D.M., Costa, J.H.C., von Keyserlingk, M.A.G. (2018): Dairy cow preference for different types of outdoor access. *Journal of Dairy Science* 101, 1448-1455.
- Spöndly, E.; Wredle, E. (2004): Automatic Milking and Grazing—Effects of Distance to Pasture and Level of Supplements on Milk Yield and Cow Behavior. *Journal of Dairy Sciences* 87, 1702-1712.

4 Nutzung von Daten aus automatischen Melksystemen in der tierärztlichen Bestandesbetreuung

Michèle Bodmer

PD Dr. med. vet. Dip. ECBHM, Leitung Bestandesmedizin Rind, Wiederkäuerklinik, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Bremgartenstrasse 109a, 3001 Bern, michele.bodmer@vetsuisse.unibe.ch

Abstract

Die automatischen Melksysteme (AMS) sind auch in der Schweiz in der Zunahme begriffen. Mit dem Melkroboter eröffnen sich ganz neue Dimensionen der Tierbeobachtung und des Tiermanagements. Als Brunsterkennungshilfe ist die Aktivitätsmessung als Standard erhältlich. Sobald die Aktivität einer Kuh einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, wird auf dem Smartphone des Tierhalters ein Brunstalarm ausgelöst. In bereits weiter fortgeschrittenen Systemen wird das Progesteron in der Milch gemessen und der Progesteronabfall für die Brunsterkennung herangezogen. Im Bereich Eutergesundheit ist eine Leifähigkeitsmessung auf Einzelviertelebene als Standard vorgesehen und es existieren bereits viele Systeme mit inline Zellzahlmessungen. Zusätzlich messen gewisse Robotermodelle auch das LDH, die Milchtemperatur und die Milchfarbe als zusätzliche Indikatoren für Mastitis. Flocken in der Milch werden erkannt und die Milch nicht in den Tank geleitet. Als Managementhilfe für die allgemeine Gesundheit wird auch die Wiederkauaktivität herangezogen, diese wird zusammen mit anderen Kennzahlen wie Anzahl Melkungen, Intervall zwischen den Melkungen. Auch das Betahydroxybutyrat in der Milch und sogar der BCS kann von gewissen Typen AMS erfasst werden. Das Potential der Nutzung dieser Möglichkeiten für eine verbesserte Tiergesundheit ist sehr gross. Allerdings sind alle automatischen Systeme nur so gut, wie sie bewirtschaftet werden. Als praktizierende TierärztInnen mit dem entsprechenden Wissen, können wir die Landwirte im Umgang mit den diversen automatischen Systemen unterstützen. Alle Detektionssysteme haben eine Sensitivität und Spezifität welche je nach Alarmschwelle variieren kann.

En Suisse aussi, les systèmes de traite automatique (AMS) sont en plein essor. Le robot de traite ouvre de toutes nouvelles perspectives en ce qui concerne l'observation et la gestion des animaux. La mesure de l'activité pour l'aide à la détection des chaleurs fait partie de l'équipement de série. Aussitôt que l'activité d'une vache dépasse une valeur limite, une alarme se déclenche sur le smartphone du détenteur de l'animal. Certains systèmes plus évolués mesurent la progestérone dans le lait, la diminution de cette hormone permettant de détecter les chaleurs. Pour ce qui est de la santé mammaire, l'équipement de série comprend la mesure de la conductivité au niveau de chaque quartier et il existe déjà de nombreux systèmes qui mesurent le nombre de cellules en continu (inline). De plus, certains modèles mesurent aussi la LDH ainsi que la température et la couleur du lait, qui sont des indicateurs supplémentaires de mammite. La machine détecte la présence de grumeaux dans le lait; ce dernier n'est alors pas transféré dans le tank. Pour une meilleure gestion de la santé générale, on se fonde également sur l'activité de rumination, en parallèle avec d'autres indicateurs tels que le nombre de traites ou l'intervalle entre les traites. Certains modèles d'AMS relèvent aussi le béta-hydroxybutyrate dans le lait et même la NEC. Le recours à ces différents types de mesures recèle un énorme potentiel d'amélioration de la santé des animaux. Toutefois, pour qu'un système automatique soit performant, la personne qui le commande doit savoir l'utiliser. Avec nos connaissances, nous, vétérinaires praticiens, pouvons apporter un soutien aux agriculteurs dans l'utilisation des divers systèmes automatiques. Tous les systèmes de détection possèdent une sensibilité et une spécificité pouvant varier selon leur seuil d'alerte.

Automatic milking systems (AMS) are gaining ground in Switzerland as well. Milking robots are opening up whole new dimensions in animal observation and management. In terms of heat detection, activity measurement is available as the standard. As soon as a cow's activity exceeds a defined threshold, an oestrus alarm goes off on the livestock owner's smart phone. In already more advanced systems, progesterone is measured in the milk and a progesterone decrease is used for oestrus detection. In the field of udder health, conductivity measurement of individual quarters is viewed as the standard, and there are already many systems with online cell count measurements. Furthermore, some robot models also measure LDH, milk temperature and milk colour as additional indicators of mastitis. Flakes in the milk are detected and the milk is not fed into the tank. Ruminating activity is also used as a management aid for overall health, together with other key figures such as the number of milkings and milking intervals. Some AMS types can also record the beta hydroxybutyrate in the milk and even body condition scoring (BCS). There is great potential for using these options to improve animal health. However, all automated systems are only as good as they are managed. As practising veterinarians with the appropriate knowledge, we can assist farmers in handling various automated systems. All detection systems have sensitivity and specificity which can vary according to the alarm threshold.

Beurteilung eines Roboterbetriebes

Generell gelten sowohl für die Fruchtbarkeit, wie auch für die Eutergesundheit dieselben Kennzahlen, sowie für andere Problemkreise dieselben Kennzahlen wie bei Herden mit konventionellem Melksystem. Bei den AMS Herden kann mit zusätzlichen Kennzahlen einen Überblick über das reibungslose Funktionieren gewonnen werden.

Tab. 1: Generelle Kennzahlen AMS Betriebe

Kennzahl	Zielwert	Zielwert nicht erreicht
Kühe/Roboterbox	Max. 70 ab 40-50 Auslastung ökonomisch	
Anzahl Melkungen/Tag (Herdenschnitt)	2.7 (Leistungen >9500 kg) 2.4 (Leistungen bis 8500 kg)	Ungünstige Lage Roboter Kriechstrom im Roboter Zu wenig Futtervorlage
Anzahl verweigerte Melkungen	>40% pro Tag	Ungünstige Lage Roboter Kriechstrom im Roboter Zu wenig Futtervorlage
Anzahl misslungene Melkungen	<0.1 pro Kuh und Tag	Stress im Roboter Ungünstige Zitzen-und Euterkonformation
Zu langes Melkintervall	<8h	Krankes Tier
Prozent überfällige Kühe	2 x tägl. <5% der Herde	Ungünstige Lage Roboter Kriechstrom im Roboter Zu wenig Futtervorlage

Spezifische gesundheitsorientierte Sensoren

Allgemeingesundheit:

- Wiederkäuen: über Mikrofon oder Kieferbewegungen gemessen
- Body condition scoring: Messung via Kamera, Beurteilung langfristige Energieversorgung
- BHB in der Milch: Beurteilung Energiedefizit in der Startphase

Eutergesundheit:

- Elektrische Leitfähigkeit: Einzelviertelbasis für die Erkennung von klinischer Mastitis
- Inline Zellzahlmessung: Erkennung subklinische und klinische Mastitiden
 - Semiquantitative Messung (Korrelation mit Goldstandard 0.73)
 - Zellzahlmessung
- LDH: Indikator für entzündliches Geschehen, als alleinige Messung v.a. für die Erkennung von subklinischen Mastitiden nicht sehr aussagekräftig
- Milchfarbe: Erkennung klinische Mastitis, v.a. in Kombination mit Leitfähigkeit sinnvoll
- Milchtemperatur: Erkennung klinische Mastitis oder fieberhafte Erkrankung

Brunsterkennung:

- Bewegungssensoren
- Progesteronwert in der Milch

Nutzen von AMS Messungen für die Bestandesbetreuung

Grundsätzlich verbringt man mehr Zeit mit der Analyse von Daten und Aufzeichnungen als mit den Untersuchungen am Tier. Das Ziel der Datenanalyse ist, diejenigen Tiere zu identifizieren, welche klinisch untersucht werden müssen.

Es bleibt auch mehr Zeit für andere Arbeiten, wie zootecnische Eingriffe oder Diskussion und Abklären von anderen Tiergesundheitsproblemen.

Für die regelmässige tierärztliche Bestandesbetreuung sind folgende Daten von Interesse:

Aktivitätsmessungen erleichtern die Brunstbeobachtung enorm. Der Alarm vom Roboter erfolgt meist früher als der optimale Besamungszeitpunkt und bedeutet, dass man das betreffende Tier beobachten sollte.

Die Progesteronmessung die daraus generierten Kurven sind eine sehr gute Alternative zu Trächtigkeitsuntersuchungen mit Ultraschall; dies bedeutet, dass nur Kühe mit atypischen Verläufen mit Ultraschall kontrolliert werden.

Die verschiedenen Sensoren wie Leitfähigkeitsmessung, Zellzahlmessung, Milchfarbe, Milchtemperatur und LDH dienen zur Erkennung von Mastitiden. Eine nachfolgende Untersuchung des Euters inklusive Schalmtest und eine Milchprobenentnahme ist für das weitere Vorgehen essentiell.

Kühe mit ungenügender Wiederkautätigkeit und langen Zwischenmelkzeiten sollten unbedingt untersucht werden, hinter den Abweichungen von den Zielwerten versteckt sich häufig eine Allgemeinerkrankung.

Die Automatisierung der Betriebe macht die Tierärzte nicht überflüssig. Das Tätigkeitsfeld verändert sich aber deutlich:

Beratungen zum Umgang mit Alarmen aus den AMS werden sehr wichtig. Die Selektion von zu untersuchenden Tieren kann mit einem konsequenten Monitoring der AMS Daten sehr gut gemacht werden. Durch den geringeren Aufwand bei den klinischen Untersuchungen, bleibt mehr Zeit, spezifische Tiergesundheitsprobleme zu besprechen und weitere Untersuchungen einzuleiten.

Literatur

Hogeveen H, Kamphuis c, Steenveld W, et al. Sensors and clinical mastitis-the quest for the perfect alert. *Sensors (Basel)* 2010;10:7991-8009.

Jan Hulsen VetVice, Future Farming: Melken mit dem Roboter: Rood Bont Verlag, Zuthphen, NL.

Penry John F.: Mastitis Control in Automatic Milking Systems

Vet Clin NA, 2018

Mollenhorst H, Rijkaart LJ, Hogeveen H. Mastitis alert preferences of farmers with automatic milking systems. *J Dairy Sci* 2012;95:2523-30.

5 Bauliche Massnahmen zur Reduzierung von Hitze- stress in Rinderställen

Peter Stoetzel, Jochen Simon

*Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-
Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, t: 089/99141-392, f: 089/99141-303, e: pe-
ter.stoetzel@lfl.bayern.de, e: jochen.simon@lfl.bayern.de*

Abstract

*Auf Grund der globalen Klimaerwärmung und der höheren Stoffwechselleistung von Milchkü-
hen muss in Zukunft immer häufiger mit dem Auftreten von kritischen Temperaturen im Stall
gerechnet werden. Durchgeführte Temperaturmessungen an verschiedenen Praxisbetrieben
haben gezeigt, dass unterschiedlichen Ausführungen der baulichen Hülle auch zu erheblichen
Unterschieden im Temperaturverhalten führen. Dabei konnte festgestellt werden, dass bei ei-
nigen Betrieben die Innentemperatur tagsüber, und damit die Hitzestressbelastung, höher war
als außen. Differenzierte Aussagen dazu, welche baulichen Einflussfaktoren in welchem Maße
dafür verantwortlich sind und wie weit eine Optimierung möglich ist, waren aber auf Grund
der Vielzahl der Parameter und der schwer vergleichbaren Rahmenbedingungen der Messun-
gen wie Tierdichte, Klimadaten und Stallmanagement nicht möglich.*

*Mit Hilfe eines hygrothermischen Simulationsprogramms wurden in Abhängigkeit des Außen-
klimas und unter Berücksichtigung der Wärme- und Feuchtelasten von Milchkühen die Bedin-
gungen im Innenraum verschiedenerer Modelle eines Milchviehstalls während eines Sommers-
halbjahres berechnet. Die durchgeführten Simulationen zeigen, dass eine Vielzahl von Fakto-
ren unterschiedlichen Einfluss auf das Stallklima eines Milchviehstalls haben. Ein Dachaufbau
mit großem Puffervermögen, ausreichender Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung durch
Dachüberstände und großzügige Fassadenöffnungen für einen hohen Luftwechsel sind die
wichtigsten Merkmale um den Hitzestress im Milchviehstall zu minimieren. Die von uns in eini-
gen Praxisbetrieben gemessenen Temperaturspitzen, die zum Teil tagsüber im Inneren sogar
höher lagen als außen, können auf diese Art vermieden werden.*

*Darüber hinaus zeigen die Simulationen auch, dass passive Kühlmaßnahmen, wie das Bewäs-
sern von Gründächern, und ein Lüftungsmanagement bei Stallgebäuden mit höherer Puffer-
masse vielversprechende Maßnahmen sind, um den Hitzestress in Stallgebäuden weiter zu
reduzieren.*

*En raison du réchauffement climatique global et des performances métaboliques plus élevées
des vaches laitières, il faut s'attendre à l'avenir à être confronté toujours plus souvent à des
températures critiques dans les étables. Des relevés de températures effectués dans diverses
exploitations ont montré que des différences au niveau de la structure des bâtiments peuvent
aussi entraîner des écarts considérables au niveau du comportement des températures. On a
ainsi pu constater que, dans certaines exploitations, la température durant la journée, et donc
les nuisances dues au stress thermique, étaient plus élevées à l'intérieur des bâtiments qu'à
l'extérieur. Cependant, en raison du nombre important de paramètres ainsi que des conditions-
cadres difficilement comparables dans lesquelles ont été effectuées les mesures, telles que la
densité d'animaux, les données climatiques et la gestion du troupeau, il n'a pas été possible
de déterminer dans quelle mesure les différents facteurs architecturaux en sont responsables
ni jusqu'à quel point une optimisation est possible.*

À l'aide d'un programme de simulation hygrothermique, les conditions à l'intérieur de différents types d'étables pour vaches laitières ont été calculées pendant un semestre d'été en fonction du climat extérieur et en tenant compte du niveau de chaleur et d'humidité subi par les vaches laitières. Les simulations effectuées montrent que de nombreux facteurs influencent différemment le climat d'une étable pour vaches laitières. Une toiture avec un tampon thermique important, une protection suffisante contre le rayonnement solaire direct au moyen d'avant-toits ainsi que de larges ouvertures dans les façades permettant un renouvellement de l'air important sont les principales caractéristiques permettant de minimiser le stress thermique dans une étable pour vaches laitières. Les pointes de températures que nous avons mesurées dans certaines exploitations, qui étaient parfois plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur durant la journée, peuvent être évitées de cette manière.

Par ailleurs, les simulations indiquent aussi que des mesures de refroidissement passives, telles que l'irrigation de toits verts ou une gestion de l'aération dans des stabulations avec une inertie thermique élevée constituent des mesures prometteuses pour réduire le stress thermique dans les étables.

Owing to global warming and the higher metabolic performance of dairy cows, critical temperatures in barns will become increasingly common in the future. Temperature measurements at various milking parlours have shown that different structure designs can also lead to significant variations in temperature behaviour. Here, it was noted that in some milking facilities, the inside temperature during the day, hence the heat-stress level, was higher than the outside temperature. However, owing to the multitude of parameters and difficulties in comparing such measurements as animal density, climate data and stall management, it was impossible to determine which structural influencing factors are responsible and to what extent, and the amount of optimization possible.

By using a hygrothermal simulation programme, it was possible to calculate the indoor conditions for various dairy stall models during a summer half-year depending on the outdoor climate and taking into consideration the heat and humidity levels for dairy cows. The simulations run showed that the byre climate of a dairy barn is affected by multiple factors of varying impact. A roof structure with a high buffer capacity, roof overhangs to protect against direct sunlight, and generous façade openings for high air exchange rates are the primary means for minimizing heat stress in dairy stalls. This in turn makes it possible to avoid the temperature peaks measured at some milking facilities, which during the day were sometimes higher indoors than outdoors.

The simulations also showed that passive cooling measures like watering greened roofs and ventilation management in cowsheds with higher buffer mass offer promising methods for further reducing heat stress in cowsheds.

Einleitung

Die Folgen des Klimawandels treten immer deutlicher zu Tage. Dabei ist die Erhöhung der mittleren Temperatur auch mit einer höheren Anzahl von Tagen mit großer Hitze und dem Auftreten von Hitzewellen verbunden. Diese klimatischen Veränderungen in Kombination mit einer höheren Stoffwechsellistung von Milchkühen führen dazu, dass immer häufiger mit dem Auftreten von kritischen Temperaturen im Stall gerechnet werden muss.

Bei Milchkühen können bereits ab Temperaturen von 16°C erste Anzeichen von Unwohlsein beobachtet werden (Mačuhová, J., 2008). Ab 20°C sind Kühe nicht mehr im ausreichenden Maße in der Lage, die selbst erzeugte Wärme an die Umgebung abzugeben. Diese Belastungssituation für das Tier wird als Hitzestress bezeichnet. Ab welchem Zeitpunkt eine Hitzestresssituation entsteht, ist neben tierbezogenen Faktoren wie Rasse, Milchleistung, Alter und Trächtigkeitsstadium auch von klimatischen Faktoren abhängig, auf die die bauliche Hülle einen großen Einfluss hat. Zu diesen gehören die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte, die Luftgeschwindigkeit, die direkte Einstrahlung durch die Sonne, aber auch die indirekte Einstrahlung über erwärmte Bauteile wie Dachflächen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts werden seit 2015 am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die verschiedenen baulichen Einflussfaktoren auf das Temperaturverhalten eines Milchviehstalls untersucht. Ziel ist es, die Auswirkungen und das komplexe Zusammenspiel baulicher (passiver) Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress in Milchviehställen bestimmen und optimieren zu können sowie zu beurteilen, ob und wie eine wirksame Reduzierung von Hitzestress in einem Milchviehstall unter verschiedenen Klimabedingungen zu erreichen ist.

Zu Beginn des Forschungsvorhabens durchgeführte Messungen an verschiedenen Praxisbetrieben haben gezeigt, dass unterschiedlichen Ausführungen der baulichen Hülle auch zu Unterschieden im Temperaturverhalten führen. Differenzierte Aussagen dazu, welche baulichen Einflussfaktoren in welchem Maße dafür verantwortlich sind und wie weit eine Optimierung möglich ist, waren aber auf Grund der Vielzahl der Parameter und der schwer vergleichbaren Rahmenbedingungen der Messungen wie Tierdichte, Klimadaten und Stallmanagement nicht möglich.

Um gleiche Rahmenbedingungen zu gewährleisten, wurden mit Hilfe eines hygrothermischen Simulationsprogramms verschiedene digitale Gebäudemodelle mit unterschiedlichen baukonstruktiven Eigenschaften untersucht. Zur zuverlässigen Simulation der verschiedenen Dachaufbauten konnte auf abgeschlossene Forschungsvorhaben des Fraunhofer-Instituts zurückgegriffen werden (Kölsch 2013; Schafazek et al 2013). Dabei wurden für alle Modelle neben den gleichen Klimadaten auch die gleiche Anzahl von Tieren und damit die gleichen Wärme- und Feuchtelasten angenommen (Heidenreich et al, Van den Weghe et al 2007:). Berechnet wurden Stundenwerte für Lufttemperatur, -feuchtigkeit und die Temperatur der inneren Bauteilflächen. Ausgehend von diesen Werten konnte der THI Index berechnet werden, wobei anstelle der Lufttemperatur die operative Temperatur verwendet wurde. Die operative Temperatur berücksichtigt zu gleichen Teilen die Lufttemperatur und die mittlere Temperatur der inneren Bauteilflächen. Somit geht in den berechneten THI Wert neben der Lufttemperatur und -feuchtigkeit auch die Strahlungswärme erwärmter Bauteile wie Dachflächen ein. Die berechneten THI Stundenwerte wurden für die unterschiedlichen Gebäudemodelle für den Zeitraum vom 01. April bis 30. September 2006 berechnet und hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials als Hitzestressstunden nach folgender Einteilung addiert und verglichen.

Tab. 1: Auswirkung des Temperatur-Feuchtigkeits-Indexes (THI) auf Milchvieh
(nach Thom 1959, Zimbelmann et al 2006)

THI	unter 68	68 - 71	72 – 79	über 79
Hitzestress	kein	milder	mäßig	starker

Natürliche Lüftung

Der Einfluss der Fassadenöffnungen und damit des Luftwechsels auf die Entstehung von Hitzestress in einem Stall ist erheblich. Im Sommer ist die natürliche Lüftung die wirkungsvollste Wärmesenke. Dieser stehen erhebliche Wärmequellen, wie der direkte Energieeintrag der Sonne über Fassadenöffnungen, der indirekte Eintrag über erwärmte Dachflächen und vor allem die inneren Wärmelasten der Tiere gegenüber. Das kann dazu führen, dass es im Stall wärmer ist als außen.

Je höher der Luftwechsel ist, desto näher kommen sich Innen- und Außentemperatur. Damit sollten im Sommer die Fassadenöffnungen so groß wie möglich aber keinesfalls kleiner als insgesamt 2,5 m² / Tier sein. Das entspricht einer Öffnung an den Fassaden von 1,25 m² / Tier und Seite bei idealerweise gegenüberliegenden geöffneten Fassadenflächen.

Der Luftwechsel wird durch eine Orientierung des Baukörpers quer zur Hauptwindrichtung begünstigt. Dabei sollte allerdings sorgfältig geprüft werden, ob an heißen Tagen und bei hohen Außentemperaturen überhaupt relevante Luftbewegungen genutzt werden können. Übliche Windkarten geben in der Regel nur Durchschnittswindstärken pro Monat in großer Höhe an und sind somit für diese Fragestellung wenig hilfreich. Unter bayerischen Klimaverhältnissen, besonders im Alpenvorland, ist die Temperaturregulierung über natürliche Luftbewegung im Stall wenig erfolgversprechend, weil heiße Sommertage hier oft weitgehend windstill verlaufen. Bei baulichen Maßnahmen im und am Stall sind somit begleitende genaue Betrachtungen der lokalen Windverhältnisse notwendig.

Der Luftwechsel und die Durchlüftung eines Stalls werden ebenfalls durch die Wahl des Gebäudetypus beeinflusst. Lange und schmale Baukörper haben in der Regel einen größeren traufseitigen Fassadenflächenanteil im Verhältnis zur Grundfläche als breitere Baukörper. Direkte Anbauten an Stallgebäude, wie z.B. Melkhäuser, die den Luftwechsel einschränken, sollten vermieden werden.

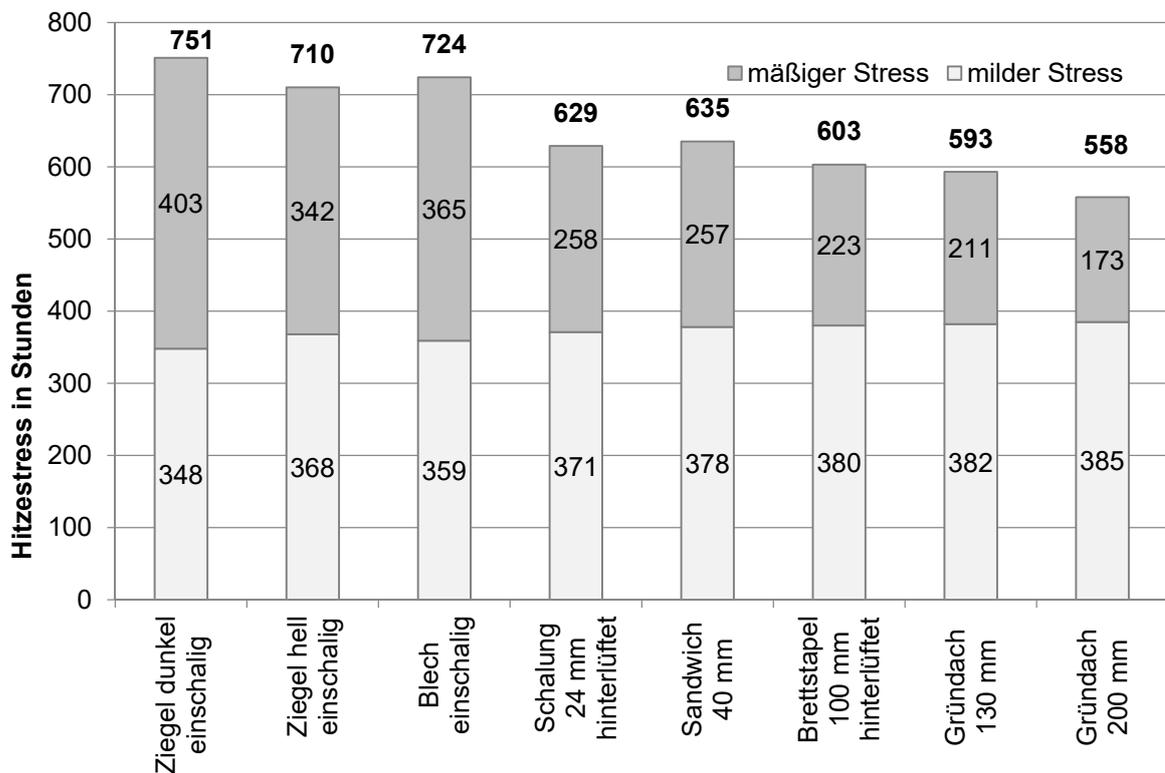
Vermeidung von solarem Energieeintrag

Dachaufbauten

Der Einfluss unterschiedlicher Dachaufbauten auf den Wärmeeintrag in einen Stall ist groß. Je wärmer die Dachinnenseite, desto höher ist der Wärmeeintrag durch Strahlung in den Innenraum. In der Luft breitet sich Wärmestrahlung weitgehend ungehindert aus, so dass die Distanz zwischen erwärmter Dachfläche und Stallboden und damit die Gebäudehöhe nur eine geringe Rolle spielt. Im Rahmen der Simulationen konnte auch gezeigt werden, dass ein größeres Luftvolumen im Stall durch ein steileres Dach bei gleichem Luftwechsel keine Verbesserung hinsichtlich der Vermeidung von Hitzestress mit sich bringt.

Die Orientierung der Dachfläche zur Sonne und der Absorptionsgrad sind entscheidend für die im Dachaufbau aufgenommene Energiemenge. Der Absorptionsgrad ist umso höher, je dunkler und rauer eine Oberfläche ist. Die bauphysikalischen Eigenschaften der einzelnen Dachschichten beeinflussen die Höhe der Temperaturspitzen an der Dachinnenseite und deren Phasenverschiebung zum Einstrahlungsmaximum der Sonne.

Tab 2.: Simulation der Hitzestressstunden bei Rindern in einem Milchviehstall bei verschiedenen Dachaufbauten für den Zeitraum vom 1. April bis 30. September



Im Vergleich zeigen leichte, einschalige und ungedämmte Dachaufbauten aus Ziegeln, Faserzement oder Blech die höchsten Temperaturspitzen. Temperaturen von bis zu 60°C an der Dachinnenseite sind je nach Ausrichtung und Absorptionsgrad der Dachfläche möglich und sollten unbedingt vermieden werden. Die Temperaturspitzen treten nahezu zeitgleich mit dem Einstrahlungs- und damit dem Lufttemperaturmaximum im Außenbereich auf.

Zweischalige, hinterlüftete Dachaufbauten mit Holzschalung (24 mm) oder Sandwichelemente mit Wärmedämmung (40 mm) bleiben kühler und verhalten sich dabei annähernd gleich. Leichte Phasenverschiebungen sind hier bereits feststellbar. Bei der Wahl von Verbundwerkstoffen wie Sandwichelementen sollten erhöhte Entsorgungs- bzw. Recyclingkosten auf Grund erschwerter sortenreiner Trennung berücksichtigt werden.

Mehrschalige schwere Dachaufbauten mit Brettstapeldecken (100 mm) und Gründächer zeigen die niedrigsten Temperaturspitzen und die größten Phasenverschiebungen.

Eine Besonderheit hinsichtlich der Verringerung von Wärmespitzen stellen Gründächer dar. Diese bestehen in der Regel aus einer Dichtungsbahn mit Schutzschicht und einer Drän-, Filter-, und Vegetationsschicht darüber. Bei Niederschlägen oder einer Bewässerung nehmen die Drän- und Vegetationsschichten Wasser auf, welches durch Verdunstung über Pflanzen und Substrat wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Dadurch werden die verschiedenen Schichten im Dachaufbau durch Verdunstung gekühlt ohne die Luftfeuchtigkeit im Inneren des Stalls zu beeinflussen. Bei Milchviehställen ist in der Regel im Dach keine zusätzliche Wärmedämmung notwendig, so dass dieser Kühleffekt für den Innenraum nutzbar ist. Gleichzeitig beeinflusst die Vegetationsschicht in Abhängigkeit von Deckung und Pflanzenart den Absorptionsgrad des Dachs erheblich. Je nach Aufbau kann ein Gründach auch einen Beitrag zur Puffermasse des Innenraums leisten und so in Verbindung mit der Nachtauskühlung einen zusätzlichen positiven Einfluss auf die Temperaturspitzen im Stallinneren haben.

Je höher und schwerer der Aufbau und je dichter die Vegetationsschicht, desto geringer sind die an der Unterseite des Dachs auftretende Temperaturen. Damit die hohe Masse des Gründachs möglichst wirkungsvoll an den Innenraum gekoppelt wird, sollte das Material der Dachschalung eine möglichst hohe thermische Leitfähigkeit haben und nicht zu dick sein. Übliche Holzschalungen haben sich hier bewährt. Dickere Holzschalungen (> 40 mm) oder Brettstapeldecken sind unter einem Gründachaufbau deshalb nicht empfehlenswert. Weiterhin besteht bei Brettstapeldecken unter einem Gründach die Gefahr, dass Feuchte, die während der Bauzeit in den Holzquerschnitt gelangt, auf Grund des großen Querschnitts nicht schnell genug wieder Austrocknen kann.

Sonnenschutz

Ein direkter und großflächiger Sonneneintrag über Fassaden, Dachfirste oder Oberlichte in den Stall sollte vermieden werden.

Ausreichende Dachüberstände an den Fassaden reduzieren den solaren Energieeintrag erheblich, ohne den Luftwechsel zu beeinträchtigen. Dabei ist vor allem bei Ost- und Westfassadenflächen auf Grund der tief stehenden Sonne am Vor- bzw. Nachmittag bei hoher Strahlungsleistung eine sorgfältige Planung des Sonnenschutzes bzw. Dachüberstands notwendig.

Großflächige Dachoberlichte und Lichtfirste sind konstruktiv schwieriger zu verschatten als Fassadenflächen. Bei langen, schmalen Baukörper mit geringen Gebäudetiefen, großzügigen Fassadenfläche und ohne störende Anbauten sind großflächige Dachoberlichte in der Regel nicht notwendig, weil die natürliche Belichtung über die Fassadenflächen ausreichend ist.

Fazit und Ausblick

Die bisher durchgeführten Simulationen zeigen, dass eine Vielzahl von Faktoren unterschiedlichen Einfluss auf das Stallklima eines Milchviehstalls haben. Ein Dachaufbau mit großem Puffervermögen, ausreichender Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung durch Dachüberstände und großzügige Fassadenöffnungen für einen hohen Luftwechsel sind die wichtigsten Merkmale um den Hitzestress im Milchviehstall zu minimieren. Die von uns zum Teil in Praxisbetrieben gemessenen Temperaturspitzen, die tagsüber im Inneren sogar höher liegen als außen, können auf diese Art vermieden werden (Mačuhová, J., 2008).

Darüber hinaus zeigen die Simulationen auch, dass passive Kühlmaßnahmen, wie das Bewässern von Gründächern, und ein Lüftungsmanagement bei Stallgebäuden mit höherer Puffermasse vielversprechende Maßnahmen sind, um den Hitzestress in Stallgebäuden weiter zu reduzieren. Welche Verbesserungen dabei noch zu erreichen sind, und ob diese Maßnahmen umsetzbar und praxistauglich sind, werden im Rahmen unserer Forschungsarbeit weiter untersucht.

Die Planung von Stallanlagen wird auf Grund der zunehmenden Hitzestressproblematik anspruchsvoller. Dies liegt zum einen daran, dass lokalklimatische Faktoren stärker berücksichtigt werden müssen, zum anderen an den wechselseitigen Abhängigkeiten von baulicher Hülle und installierter Technik. Als Entscheidungsgrundlage werden dabei neben den Baukosten auch die Betriebs- und Wartungskosten der Technik und, besonders bei Gründächern, die Umweltwirkung eine zunehmende Rolle spielen.

Literatur

Chase, L.E., 2006: **Climate change impacts on dairy cattle.**

<http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.3Cattle.pdf>, III-17 – III-23.

Heidenreich, T., Büscher, W., Cielejewski, H.: **DLG Merkblatt 336, Wärmebelastung für Kühe**, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.

Kölsch, P., 2013: **Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparmetern.** Fraunhofer Institut für Bauphysik.

Mačuhová, J., Enders, S., Peis, R., Gutermann, S., Freiburger, M., Haidn, B., 2008: **Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh**, Schriftenreihe der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan, S. 33)

Schafazek, B. und Zirkelbach, D., 2013: **Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparmetern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten.** Abschlussbericht des Fraunhofer Instituts für Bauphysik.

Thom, E.C., 1959: **The discomfort index, Weatherwise** 12, S. 57-59

Van den Weghe, H., Büscher, W., Cremer, P. Feller, B., 2007: **Berechnungs- und Planungsgrundlagen für das Klima in geschlossenen Ställen**, AEL Heft 17, Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V.

Zimbelman, R. B., Rhoads, R.P., Rhoads, M.L., Duff, G.C., Baumgard, L. H., Collier, R. J., 2006: **A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows.** Department of Animal Sciences, The University of Arizona.

6 Technische Massnahmen zur Reduzierung von Hitze- stress in Rinderställen

Johannes Zahner, Jan Harms

*Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Grub,
johannes.zahner@lfl.bayern.de*

Abstract

Um die Vielzahl an negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit durch Hitzestress zu reduzieren, stehen derzeit verschiedene technische Lösungsansätze zur Verfügung.

Neben den natürlichen Lüftungsmöglichkeiten kann der Luftaustausch durch den Einsatz von Ventilatoren, die in den Außenwänden eingebaut werden, um „frische“ Außenluft in den Stall einzubringen, erhöht werden. Dadurch werden der Wärmeabtransport und die Luftqualität verbessert und die Luftfeuchtigkeit aus dem Stall transportiert, was sich zusätzlich positiv auf die gefühlte Temperatur auswirkt.

Die Wärmeabgabe der Tiere kann durch Ventilatoren weiter unterstützt werden, wodurch die gefühlte Temperatur zurückgeht. Dabei muss darauf geachtet werden, dass auf dem Tier eine Luftgeschwindigkeit von mindestens 2 m/s erreicht werden muss, um das Fellkleid zu durchdringen und überhaupt einen Abkühlungseffekt zu erreichen.

*Ein bestmöglicher Abkühlungseffekt wird erzielt, wenn die Ventilatoren entlang der Liegebo-
xenreihen eingebaut sind. Der Abstand zwischen den Ventilatoren richtet sich nach der jewei-
ligen Durchdringung im freien Raum. Sie werden dabei mit einem Winkel von 15 – 25 ° nach
vorne geneigt, um die nötige Luftgeschwindigkeit im Tierbereich zu erreichen. Wie bei den
regulierbaren Wandöffnungen sollte auch bei Ventilationsanlagen eine automatische Steue-
rung vorgesehen werden, die die Ventilatoren nach den Ansprüchen der Tiere steuert und den
Landwirt von der täglichen Entscheidung befreit.*

*Eine weitere Möglichkeit, den Tieren eine Abkühlung zu verschaffen, besteht durch den Einsatz
der Verdunstungskühlung. Hier wird zwischen Niederdruck- und Hochdruckanlagen unter-
schieden, wobei der Abkühlereffekt auf dem gleichen physikalischen Prinzip beruht. Je wärmer und
trockener die Umgebungsluft ist, desto besser wirkt die Verdunstungskühlung. Deshalb ist ein
ausreichender Luftwechsel im Stall unbedingt sicher zu stellen.*

*Actuellement, diverses solutions techniques sont à disposition afin de réduire les nombreux
effets négatifs du stress thermique sur la santé des animaux.*

*En plus des aérations naturelles, la circulation de l'air peut être augmentée en recourant à des
ventilateurs intégrés aux parois extérieures afin d'amener de l'air extérieur « frais » dans
l'étable. L'évacuation de la chaleur ainsi que la qualité de l'air s'en trouvent améliorées, et
l'humidité de l'air est transportée hors de l'étable, ce qui exerce un effet positif supplémentaire
sur la température ressentie.*

*Les ventilateurs peuvent apporter une aide supplémentaire aux animaux pour évacuer la cha-
leur qu'ils dégagent, entraînant ainsi une diminution de la température ressentie. Il faut ce-
pendant être attentif au fait que l'air doit atteindre l'animal avec une vitesse d'au moins 2 m/s
afin qu'il puisse traverser le pelage et exercer un effet de refroidissement.*

*Le meilleur effet de refroidissement est atteint lorsque les ventilateurs sont installés le long
des rangées de logettes. La distance entre les ventilateurs est fonction de la capacité de pé-
nétration de l'air dans l'espace. Les ventilateurs doivent être inclinés vers l'avant avec un angle
de 15 à 25 ° afin que l'air atteigne la vitesse nécessaire au niveau des animaux.*

Comme pour les ouvertures des parois réglables, un système de contrôle automatique devrait aussi être prévu sur les installations de ventilation. Celui-ci commandera les ventilateurs selon les besoins des animaux et évitera à l'agriculteur de devoir chaque jour s'en préoccuper.

Le recours au refroidissement par évaporation représente une autre possibilité de rafraîchir les animaux. On distingue ici les systèmes à haute et basse pression, bien que l'effet de refroidissement repose sur le même principe physique. Plus l'air ambiant est chaud et sec, meilleur est l'effet du refroidissement par évaporation. C'est pourquoi il est indispensable d'assurer un renouvellement suffisant de l'air dans l'étable.

Various possible technical solutions are available for reducing the many negative effects of heat stress on animal health.

In addition to natural ventilation, air exchange can be boosted by installing fans on the outside walls to bring "fresh" outdoor air into the barn. This improves heat evacuation and air quality and removes air humidity from the barn, all of which has a further positive impact on the perceived temperature.

The animals' heat dissipation can be boosted by fans, thereby lowering the perceived temperature. The air velocity of ventilation needs to be at least 2 m/s, to penetrate the animals' coats and achieve a cooling effect.

Maximum cooling is achieved when fans are installed along the rows of cubicles. The distance between the fans depends on the respective permeation in the free space. They should be inclined forward at a 15-25° angle, to reach the air velocity required for the animals. As with adjustable wall openings, ventilation installations should be automatically controlled so that fans meet the animals' needs and do not require daily adjustment by the farmer.

Evaporative cooling is another way to cool animals down. Here, a distinction is made between low- and high-pressure systems, with the cooling effect based on the same physical principle. The warmer and drier the ambient air, the better evaporative cooling works. Consequently, there needs to be sufficient air exchange in the barn.

Einleitung

Durch die in den letzten Jahren und auch in Zukunft stetig steigende Milchleistung von Milchkühen geraten diese immer stärker und immer schneller in eine Hitzestress-Situation, da sich die thermoneutrale Zone der Tiere durch die infolge der höheren Stoffwechsellistung steigenden Wärmeproduktion nach unten verschiebt (Tober et al, 2019). Durch die gleichzeitig steigenden Temperaturen während der Sommermonate, nimmt die Anzahl an Hitzestressstunden zu. Die für die Tiere dadurch entstehende Belastung führt zu physiologischen und verhaltensbedingten Anpassungen, die wiederum eine Verringerung der Milchleistung und der Futtereffizienz nach sich ziehen. Bei beiden sind wirtschaftliche Einbußen die Folge. Aus Sicht des Tieres führt bereits leichter Hitzestress zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens und mit zunehmender Stärke zu Leiden.

Neben baulichen Möglichkeiten zur Reduzierung von Hitzestress stehen auch technische Lösungsansätze zur Verfügung. Insbesondere beim Einsatz von Ventilatoren ist aber eine differenzierte Betrachtung des gewünschten Effekts unbedingt sinnvoll.

Mechanische Lüftung

Zur Reduktion der relativen Luftfeuchtigkeit und Schadgasbelastung im Stall kann neben den klassischen natürlichen Lüftungskonzepten zusätzlich auf Ventilatoren zurückgegriffen werden. Hier kann von einer klassischen Zwangslüftung gesprochen werden. In der DIN 18910 werden Luftwechselraten für den Milchviehbereich angegeben. Diese Werte sind für geschlossene und wärmedämmte Gebäudehüllen festgelegt und können nicht für Außenklimaställe angewendet werden. Da in der Regel aber im Stall höhere Luftfeuchtigkeiten als außen vorherrschen, ist es trotzdem sinnvoll, zusätzlich „frische“ Luft mit geringerer rel. Feuchte in den Stall einzubringen um die Hitzebelastung zu reduzieren. Neben der Zuluftführung muss auch die Abluftführung gewährleistet sein. Bei vorhandenem Gegendruck durch z. B. Wind an der Abluftöffnung kann das Lüftungskonzept zum Erliegen kommen.

Nach DIN 18910 werden die zur Abfuhr der Wärme notwendigen Sommerluftraten je Tier bei einer Außentemperatur von 30 °C errechnet. Die zulässige Stalltemperatur darf dabei 34 °C nicht überschreiten. Bei diesen Temperaturen tritt aber bereits erheblicher Hitzestress auf. Um auch bei Umgebungstemperaturen von etwa 20 °C einen ausreichenden Luftwechsel ohne wesentlichen Anstieg der Stalltemperaturen zu erreichen, sind weitaus höhere Luftraten zu fordern.

Bei der Berechnung der Wärmeproduktion nach neuen Erkenntnissen wird neben der Milchleistung auch der Trächtigkeitsstatus berücksichtigt. Daraus ergeben sich die höheren Werte besonders während dem dritten Laktationsdrittel und der Trockenstehphase.

Tab. 1: Luftwechselraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM in geschlossenen, wärmedämmten Stallanlagen nach DIN 18910 (2017)

	Milchleistung [kg]	Durchschnitt	1. Laktationsdrittel	2. Laktationsdrittel	3. Laktationsdrittel	Trockensteher
Mindestluftwechsel [m³/h]						
	8.000	102	106	98	103	104
	10.000	107	112	102	102	102
	12.000	114	124	124	112	112
Sommerluftwechsel [m³/h]						
30 °C Δt = 4 K	8.000	328	339	313	328	333
	10.000	342	361	330	339	333
	12.000	368	401	361	360	333
20 °C Δt = 4 K	8.000	584	602	560	585	593
	10.000	608	639	589	603	593
	12.000	651	706	640	637	593

Verbesserung der Wärmeabgabe durch Ventilatoren

Ventilatoren können auch eingesetzt werden, um die Tiere aktiv zu kühlen. Dabei wird grundsätzlich auf das Prinzip des sogenannten Wind-Chill-Effekts zurückgegriffen. Durch Luftbewegung auf den Tieren wird die konvektive Wärmeabgabe der Tiere unterstützt, wodurch sich die gefühlte Temperatur verringert.

Dabei ist zu beachten, dass auf dem Tier eine Luftgeschwindigkeit von mindestens 2 m / s erreicht werden muss, um überhaupt einen Abkühlungseffekt zu erhalten. Bei weiterer Erhöhung der Luftgeschwindigkeit kann die Wärmeabgabe weiter verbessert werden.

Vertikalventilatoren werden in der Praxis gerne auf Grund ihrer geringen Leistungsaufnahme (W / m^3 umgewälzte Luft) und ihres geringen Schalldruckpegels eingesetzt. Eine Untersuchung zur Luftströmung (Tober et al., 2011) hat ergeben, dass eine kühlende Wirkung durch ihre Luftbewegung allerdings stark variiert und oftmals die Mindestluftgeschwindigkeit von 2 m / s auf dem Tier nicht erreicht wird. Die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit wurde hier mit 0,92 m / s angegeben. Des Weiteren wurde festgestellt, dass in freigelüfteten Ställen oftmals der Winddruck erheblichen Einfluss auf die Wirksamkeit hat. Durch eine falsche Anordnung der Ventilatoren steigt zusätzlich das Risiko, dass das vorgelegte Futter und auch die Laufgänge schneller abtrocknen. Die Vorteile dieses Ventilatorentyps werden eher in kleineren, geschlossenen Räumen, wie z. B. im Vorwartebereich gesehen.

Horizontalventilatoren werden auf Grund ihres hohen Wirkungsgrades zur Ventilierung von Kühen im Milchviehstall eingesetzt. Durch sie können die nötigen Windgeschwindigkeiten auf dem Tier erzeugt werden, weshalb sie als Stand der Technik anerkannt werden. Bei der Auswahl des Ventilators sollten neben den Anschaffungskosten, dem tatsächlichen Stromverbrauch und die erreichbare Luftgeschwindigkeit auch die Lautstärkeentwicklung berücksichtigt werden.

Um einen bestmöglichen Abkühlungseffekt zu erzielen, werden die Ventilatoren in Abhängigkeit des spezifischen Leistungsspektrums des jeweiligen Ventilators über den Liegeboxenreihen in einem Abstand von max. 15 m eingebaut. Sie werden dabei mit einem Winkel von 15 – 25 ° nach vorne geneigt, um die nötige Luftgeschwindigkeit in den Tierbereich zu leiten. Wenn der Ventilator mit der Unterkante seines Rahmens auf 2,70 m über den Liegeflächen angebracht wird, kann aus Sicht der Berufsgenossenschaft auf ein Schutzgitter verzichtet werden, was die notwendigen Reinigungs- und Wartungsarbeiten deutlich vereinfacht. Der erste Ventilator sollte direkt in die Giebelwand oder 1,50 m von der Giebelwand entfernt eingebaut werden um den Gegendruck („Ansaugwiderstand“) möglichst gering zu halten. Wenn die Möglichkeit besteht, die erste Ventilatorenreihe bereits in die Giebelwand einzubauen, kann zusätzlich von außen Frischluft in den Stall eingebracht werden. Hier muss der Ventilator dann gegen Niederschlag geschützt werden.

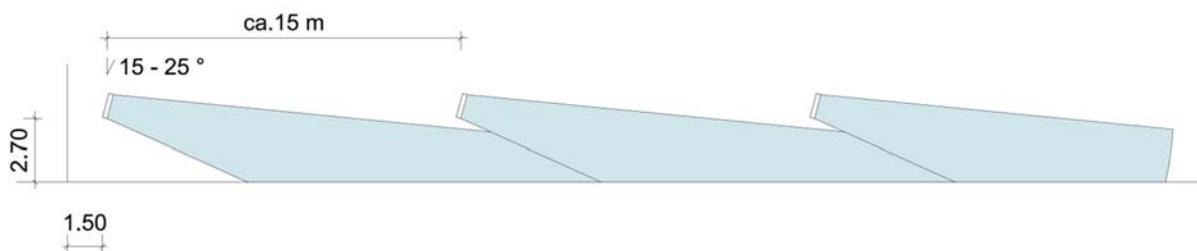


Abb. 1: Einbauempfehlung für Ventilatoren in Längsrichtung

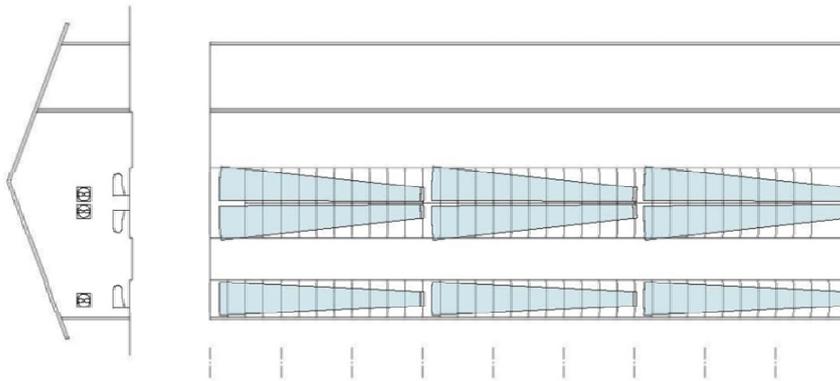


Abb. 2: Anordnung von Ventilatoren in Längsausrichtung

Eine dritte Möglichkeit, die Ventilatoren im Stall zu platzieren ist die Queranordnung. Durch diese Anordnung kann eine Kühlung mit einer Unterstützung der Querlüftung kombiniert werden. Hier sind im Vergleich zur Längsausrichtung mehr Ventilatoren nötig, um eine möglichst gleichmäßige Durchströmung des Gebäudes zu erreichen. Ein weiterer Nachteil ist auch, dass die Laufflächen ebenfalls stark bewirkt werden, was eine höhere Ammoniakemission und ein schnelles Abtrocknung der Flächen nach sich zieht, was wiederum Nachteile beim Reinigen der Flächen hervorruft.

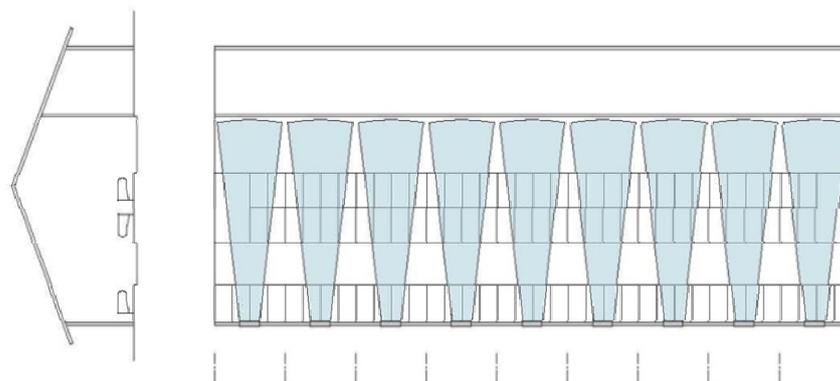


Abb. 2: Anordnung von Ventilatoren in Querausrichtung

Nicht nur neu gebaute Ställe können mit Ventilationsanlagen zur Kühlung ausgestattet werden. Auch ältere Ställe können durch den gezielten Einsatz von Ventilatoren deutlich aufgewertet und dadurch den Ansprüchen der Tiere gerechter werden.

Wie bei regulierbaren Wandöffnungen sollte auch bei Ventilationsanlagen eine automatische Steuerung vorgesehen werden, die die Ventilatoren nach den Temperaturansprüchen der Tiere steuert und den Landwirt von der täglichen Entscheidung entbindet. Auf dem Markt sind bereits mehrere Steuerungen verfügbar, die hierzu herangezogen werden können.

Nachdem Ventilationsanlagen betriebsindividuell angepasst werden sollten, um die optimale Wirkung zu erzielen, empfiehlt es sich, professionelle Unterstützung bei der Auswahl und Platzierung der Ventilatoren in Anspruch zu nehmen.

Kühlung durch Verdunstung von Wasser

Zur Kühlung durch Verdunstung stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung, die auf dem gleichen physikalischen Prinzip beruhen. Durch gezieltes Verdunsten von Wasser wird Wärme entzogen. Dies kann direkt auf dem Rücken der Kuh unter der Verwendung von Kuhduschen stattfinden oder durch Hochdruckvernebelungsanlagen, die die Luft im Stall herunterkühlen. Der begrenzende Faktor ist bei beiden Systemen die vorherrschende Luftfeuchtigkeit im Stall, die beim Einsatz von Verdunstungskühlungen weiter erhöht wird, was wiederum die Wärmeabgabe der Kühe einschränkt.

Über ein Thermostat gesteuert sollte die Verdunstungsanlage nur bei Temperaturen von über 24 °C eingeschaltet werden. Ab einer relativen Luftfeuchtigkeit größer 70 % ist der Wirkungsgrad nur noch sehr gering, so dass die Anlagen abgeschaltet werden sollten. Eine Steuerung nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist deshalb sehr sinnvoll. Grundsätzlich ist auf eine ausreichende Lüftung zu achten, um die Luftfeuchtigkeit möglichst gering zu halten, denn ein Anheben der Luftfeuchtigkeit kann durchaus ein Problem mit der Stallhygiene nach sich ziehen.

Hochdrucksystem

Das Wasser wird sehr feintropfig versprüht bzw. vernebelt. Die Wassertröpfchen verdunsten bereits vollständig in der Luft. Beim Wechsel des Aggregatzustandes (Verdunstung) wird Energie aufgenommen. Die dafür benötigte Energie stammt aus der Umgebungsluft, was zu einer Abkühlung führt. Im Temperaturbereich > 25 °C ist davon auszugehen, dass die Wasseraufnahme dazu führt, die relative Luftfeuchtigkeit je Grad der Abkühlung um ca. 5 % ansteigen zu lassen. Eine nennenswerte Abkühlung von z. B. 5 Kelvin erhöht die Luftfeuchtigkeit von z. B. 50 % auf mehr als 75 %. Dies bedeutet ein Absenken des THI (Temperature-Humidity-Index) um 5 Punkte. Weiterhin sind die Ansprüche an die Technik, die feintropfige Vernebelung sicherzustellen, sehr hoch. Durch die sehr feinen Wasserdüsen (vorgefiltertes und gereinigtes Wasser, Verkalkung) und den hohen Wasserdruck (> 18 bar) ist ein höherer Wartungs- und Energieaufwand erforderlich, der Wasserverbrauch ist hingegen geringer als bei Niederdrucksystemen.

Niederdrucksystem

Als zweite Variante wird Wasser großtropfig auf die Kühe verregnet, um das Fell bis zur Haut zu durchnässen, die Euter sollten dabei nicht nass werden. Bei diesem System wird Wärme direkt aus dem Tierkörper genutzt, um das Wasser zu verdunsten. Findet keine vollständige Durchnässung statt, bildet sich zwischen Haut und Wasser eine Dämmschicht, die die Wärmeabgabe zusätzlich erschwert. In Kombination mit einer Ventilationsanlage wird eine beachtliche Abkühlungswirkung erzielt. Die Beregnungstechnik muss so installiert werden, dass weder Liegeboxen noch das Futter benässt werden. Beim Einsatz einer Kuhdusche ist ein Anbringen in einem Auslauf die beste Alternative. Dies hat auch den positiven Nebeneffekt, dass der Auslauf für die Tiere attraktiver gestaltet wird. Falls keine Freiflächen zur Verfügung stehen, sollten Kuhduschen im Stall so positioniert werden, dass die Tiere sich seitlich in den Beregnungsbereich bewegen können, da es die Tiere vermeiden, dass ihre Ohren nass werden. Bei einer schlechten Standortwahl kann es durchaus vorkommen, dass z. B. Durchgänge komplett blockiert werden und dadurch der Tierverkehr eingeschränkt wird. Neben der richtigen Wahl des Standorts haben die Wassertropfengröße und -geschwindigkeit einen wesentlichen Einfluss auf die Akzeptanz von Kuhduschen. Es haben sich 15-Minuten-Intervalle bewährt, wobei über eine Zeitschaltuhr gesteuert, etwa 3 Minuten lang Wasser versprüht wird und 12 Minuten Verdunstungszeit angeschlossen werden.

Literatur

DIN 18910 Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe (2017): Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Haidn, B., Mačuhová, J. (2008): Wärmeregulation bei Milchkühen und Möglichkeiten der freien Lüftung zur Vermeidung von Hitzestress. In: LfL Information, Hitzestress im Milchviehstall

Tober, O., Hansen, C (2019): Untersuchungen zur Abhängigkeit der Vormagentemperatur von der Stalltemperatur bei laktierenden Kühen in einem frei gelüfteten Stall, 14. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Bonn

Tober, O., Loebstin, C., Sanftleben, P. (2011): Untersuchungen telemetrisch erfassbaren Verhaltens sowie ausgewählter physiologischer und Stallklimaparameter bei Hochleistungskühen unter den Bedingungen moderner Außenklima-Laufstallhaltung zur Schaffung von Managementhilfen und Optimierung der Tierumwelt. Forschungsbericht 2011, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg Vorpommern

7 Hygiene in der Melkanlage als wichtiger Bestandteil der Produktequalität

Bruno Forrer¹, Josef Doppmann²

¹Bamos AG, ²Zentralschweizer Milchproduzenten ZMP, bruno.forrer@bamos.ch, josef.doppmann@zmp.ch

Abstract

Die Qualität der abgelieferten Milch ist kaum irgendwo auf der Welt so gut wie in der Schweiz. Tierhaltung und Fütterung, Melkhygiene, Unterhalt der Melkanlagen und des Milchtanks spielen eine wichtige Rolle für die Qualität und Zusammensetzung der Milch. Eine einwandfreie Rohmilch-Qualität bildet die Grundlage für die Herstellung von hochwertigen Milchprodukten. Aufgrund der großen wirtschaftlichen Bedeutung hängt der Preis, den ein Landwirt für die von ihm angelieferte Milch erzielen kann, in hohem Ausmaß von deren Qualitätsmerkmalen ab. Die Produktion von qualitativ hochwertiger Milch ist nicht nur für den Geschmack und das Milchimage entscheidend, sondern spielt auch bei der Weiterverarbeitung eine wichtige Rolle. In den letzten Jahren sind in diversen Käsereien und bei verschiedenen Käsesorten immer wieder hohe Schäden entstanden, die durch unerwünschte Bakterien verursacht wurden. Die Schadenssummen haben dabei zum Teil beträchtliche Beträge erreicht. Wenn bei Ablieferungsmilch Qualitätsbeanstandungen gemacht werden müssen, liegt das oft an einer schlechten oder ungenügenden Reinigung der Melkanlage, des Tanks und des Melkgeschirrs. Weitere Einflussfaktoren sind mangelnde Stall- und Melkhygiene oder schlechte Futterqualität. Um eine hohe Qualität von Milch und Milchprodukten zu gewährleisten, muss das Bakterienwachstum auf ein absolutes Minimum begrenzt werden. Das effektivste und praktischste Verfahren zum Erreichen dieses Ziels besteht darin, die Rohmilch sofort nach dem Melken zu kühlen und dann auf einer Temperatur zwischen 8 und 10 °C (gilt für Käseemilch) zu halten. Milch die Industriell verarbeitet wird, muss auf eine Temperatur zwischen 4 und 6 °C gekühlt werden.

Il existe peu d'endroits dans le monde où la qualité du lait livré est aussi bonne qu'en Suisse. Les conditions de détention et l'alimentation des animaux, l'hygiène de traite ainsi que l'entretien des installations de traite et du tank à lait jouent un rôle important dans la qualité et la composition du lait. Un lait cru de qualité irréprochable constitue la base de la fabrication de produits laitiers de haute qualité. En raison de la grande importance économique, le prix qu'un agriculteur peut obtenir pour le lait qu'il livre dépend dans une large mesure des propriétés qualitatives de celui-ci. Produire un lait de haute qualité n'est pas seulement essentiel pour le goût et l'image du lait, cela joue aussi un rôle important dans la transformation ultérieure du produit. Ces dernières années, des dommages considérables, causés par des bactéries indésirables, ont été régulièrement observés dans diverses fromageries et différentes variétés de fromage. Ces dommages ont alors atteint des montants importants. Lorsque des contestations de qualité sont faites pour du lait livré, celles-ci sont souvent dues à un nettoyage inadéquat ou insuffisant des installations de traite, du tank et des ustensiles de traite. Un manque d'hygiène dans l'étable et lors de la traite ou une mauvaise qualité du fourrage sont d'autres facteurs. Pour garantir une qualité élevée du lait et des produits laitiers, le développement des bactéries doit être limité au strict minimum. La méthode la plus efficace et pratique pour atteindre cet objectif consiste à refroidir immédiatement le lait cru après la traite, puis à le maintenir à une température comprise entre 8 et 10 °C (valable pour le lait de fromagerie). Le lait destiné à la transformation industrielle doit être refroidi à une température comprise entre 4 et 6 °C.

Nowhere else in the world is the quality of milk delivered as high as in Switzerland. Animal husbandry and feeding, milking hygiene, maintenance of milking parlours and milk tanks all play an important role as far as milk quality and composition are concerned. Impeccable raw milk quality forms the basis for the production of high-quality milk products. Given milk's major economic importance, the price that the dairy farmer can get for the milk he delivers depends to a large extent on the milk's quality characteristics. The production of high-quality milk is not only decisive for taste and milk's image, but is also key for further processing. In recent years, undesirable bacteria have repeatedly caused damage in different cheese dairies and with various cheese types, leading to considerable losses in some cases. When there are quality complaints regarding delivered milk, these are often due to poor or insufficient cleaning of milking installations, tanks and milking equipment. Other factors are poor stall and milking hygiene or bad feed quality. In order to guarantee high quality of milk and dairy products, bacterial growth must be kept to an absolute minimum. The most effective and practical way of achieving this goal is to chill the raw milk immediately after milking then store it between 8-10°C (applies to cheese milk). Milk intended for industrial processing must be chilled to a temperature between 4 and 6°C.

Tab. 1: Mit Hilfe der Tabelle kann einfacher eruiert werden, wo bei einem Qualitätsproblem die Ursachen gesucht werden müssen.

Infektionsrisiko	Keimzahl	Propionsäurebakterien, Histaminbildende Keime	Käseschädliche Sporen (Clostridien) anaerobe	Salztolerante Keime	Coliforme	(vorbebrütete) Reduktase	Luzernerprobe Säuregrad i.d. Gärprobe /	Gärprobe
Liegefläche	Green	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
Sauberkeit Stall	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Sauberkeit Milchammer	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
Wasserschläuche	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Yellow	Red
Melkanlage	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Milchtank	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red
Milchkühlung	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Euterreinigung	Yellow	Green	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Red
Futter	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Green	Green
Tränkwasser	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green

geringes Risiko



mittleres Risiko



hohes Risiko



Wie der Tabelle zu entnehmen ist, können fast alle Stellen im Kuhstall eine Infektionsgefahr für die Milch bedeuten. Aufgrund der Farbgebung nach dem Ampelschema wird deutlich, dass die grösste Gefahr hauptsächlich von drei Quellen ausgeht:

Wasserschläuche, welche als Kaltwasserversorgung für Reinigungsautomaten dienen oder die zum Nachspülen des Milchtanks nach der heissen Reinigung verwendet werden. Die Gefahr wird verstärkt, wenn die Schläuche drucklos gemacht werden und Sauerstoff in den Schlauch gelangen kann. Werden die Schläuche mindestens einmal wöchentlich mit heissem Wasser (mindestens 60°C) über mehrere Minuten gespült, wird die Gefahr von Keimvermehrungen deutlich reduziert. Im Gegensatz zu den Schläuchen sind fest installierte Leitungen kaum ein Problem, auch wenn diese nur Kaltwasser transportieren.

Melkanlagen: Milchstein-Ablagerungen entstehen meist aufgrund ungenügender Reinigungsfaktoren wie zu tiefer Temperatur des Zirkulationswasser oder unterdosiertes Reinigungsmittel. Viele Käsereischädliche Keime können sich jedoch trotz guter Reinigung vermehren. Sie nutzen dafür kleinste Risse, beispielsweise in spröden Gummiteilen, in Schweissnähten oder undichten Verschraubungen. Viele Beanstandungen der Milch liessen sich vermeiden durch eine gründliche tägliche Reinigungsroutine, beispielsweise bei der Filterverschraubung. Der jährliche Service der Melkanlage steht im Spannungsfeld zwischen Kosten und Notwendigkeit. Während heute Sitzengummis, Milchschräuche und Dichtungen der Messgeräte diskussionslos gewechselt werden, gehen andere Milchführende Gummiteile gerne vergessen oder werden aus Kostengründen nicht ersetzt. Dabei sind es oft Einlaufstücke der Milchleitung in den Milchabscheider, 3-Wege-Hahnen und Milchleitungsdichtungen, welche bei den käsereispezifischen Proben Beanstandungen verursachen.

Milchtanks: Eine ungenügende Kühlung verursacht sofort eine stark erhöhte Keimzahl. Schwieriger wird es, wenn die Keimzahl im normalen Bereich ist, aber die käsereispezifischen Proben Probleme bereiten. Auch hier können Haarrisse eine mögliche Ursache sein. Selten sind diese im Tankboden zu finden, deutlich häufiger kommen sie an Rührwerken, vor allem am Übergang von Flügel auf die Welle, vor. Ein weiterer Schwachpunkt sind die Dichtungen des Tankhahns. Diese sind sehr oft verschmutzt und bieten damit Bakterien eine gute Lebensgrundlage. Die Dichtungen sind meist relativ einfach zu wechseln, Milchtanks sind jedoch nicht Bestandteil des Melkmaschinenservices und werden daher gerne vernachlässigt.

Bei der Suche nach den möglichen Infektionsquellen in hartnäckigen Fällen stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung:

Endoskop-Kamera

Mit Hilfe der Endoskopie können auf einfache Art und Weise, eher schwierig zugängliche Stellen in der Melkanlage auf Rückstände kontrolliert werden. So können zum Beispiel vom Milchabscheider ausgehend, die Leitungen und der Dreiweghahn kontrolliert werden, ohne dass die Verschraubungen gelöst werden müssen. Dabei ist es auch möglich, mit dem Endoskop Bilder und Videoaufnahmen zu machen. Nicht selten können in Milchleitungen auch sog. Biofilme festgestellt werden. Biofilme entstehen in der Regel im oberen Viertel der Leitung, wegen zu tiefem Volumenstrom bei der Reinigung.

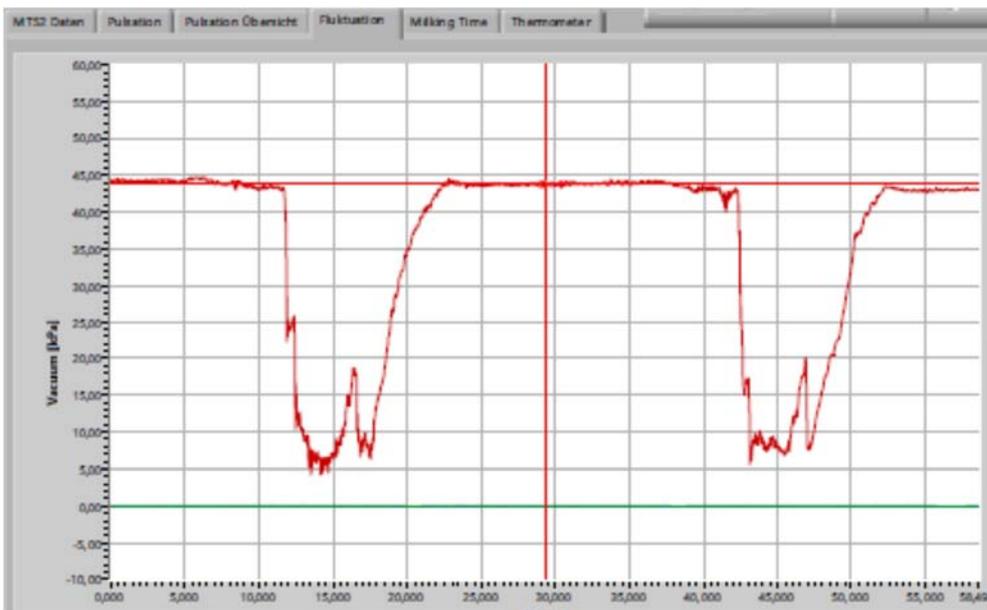
Messung der Reinigungsmechanik

In modernen Melkanlagen und Milchtanks sorgen die Turbulenzen und der Spritzdruck der Reinigungslösung für die mechanische Reinigung. Turbulente Strömungsverhältnisse (mindestens zwei Zapfen pro Minute) können mit Hilfe eines Vakuummessgerätes (idealerweise mit Aufzeichnung) gemessen werden. Ausreichender Spritzdruck und starke Turbulenzen beseitigen auch stärker anhaftenden Schmutz. Die Reinigungslösung dringt tief in die Schmutzschicht bis an die Wandung und Poren vor, löst die Verschmutzungen von der Oberfläche ab und beseitigt sie.

In der unten aufgeführten Grafik ist ersichtlich, wie sich die Vakuumverhältnisse in der Milchleitung verändern, je nachdem wie gut die Zapfenbildung ist. Bei einer ausreichenden Zapfenbildung, wird die Milchleitung praktisch vollständig mit Reinigungsflüssigkeit gefüllt, entsprechend fällt dann das Vakuum zusammen.

Messung der Zapfenbildung mit dem Vakuummessgerät MT52

optimale Zapfenbildung



mangelnde Zapfenbildung



Bildmaterial Josef Doppmann ZMP

Konzentration der Reinigungslösung

Um die Konzentration der Reinigungslösung möglichst genau zu bestimmen, wird eine Referenzlösung angesetzt, die einer Konzentration der vom Anlagenhersteller vorgegebenen Reinigungsmittelkonzentration entspricht. Mit einem temperaturkompensierenden Messgerät wird die Leitfähigkeit dieser Lösung ermittelt und mit der aus der Hauptreinigung entnommenen Probe verglichen. Diese Werte sollten möglichst übereinstimmen, damit die Reinigungslösung ihre volle Wirkung hat. Weiter kann zum Zweck der Füllstandskontrolle eine Markierung am Reinigungsmittelkanister angebracht werden.

Stufenproben

Das Fassen von Stufenprobe ist sowohl während dem Melken wie auch in der Zwischenmelkzeit möglich. Dabei soll immer darauf geachtet werden, dass die Proben steril gefasst werden. Unsauber gefasste Proben können ein falsch positives Resultat verursachen. Bei der Probenahme während dem Melken, beispielsweise aus dem Milchabscheider oder ab dem Tankabfüllrohr, muss beachtet werden, dass es sich hierbei nur um eine Momentaufnahme handelt. Besser ist, die Milch über einen gewissen Zeitraum in einer Kanne zu sammeln und diese Mischmilch zu beproben. Anschliessend wird die Milch in den Tank geleert und die nächste Milch gesammelt. Für diesen Vorgang ist genügend Zeit einzuplanen und steriles Material bereitzulegen.

In der Melkberatung findet immer häufiger das Fassen von Stufenproben zwischen den Melkzeiten Anwendung. Die Vorteile davon sind, dass einerseits weniger Zeitdruck entsteht, andererseits äussere Faktoren wie eine ungenügende Zitzenreinigung ausgeschlossen werden können. Diese Stufenproben können bei einer Belastung mit käseschädlichen anaeroben Sporen oder Colibakterien mit Wasser durchgeführt werden, bei den anderen Keimen wird von Vorteil pasteurisierte Milch verwendet. Wichtig ist, dass unabhängig vom Medium, vorgängig eine Referenzprobe gefasst wird. Weitere Proben sind situativ, so kann es sinnvoll sein, die einzelnen Melkzeuge zu beproben, verschiedene Abschnitte der Milchleitung oder die Milch ab der Melkanlage, bevor diese in den Tank geschüttet wird.

Laboranalysen weiterer Infektionsquellen: Wasserproben, Mikrobiologische Analyse der Einstreue.

Melkanlage und Milchtanks müssen mit Wasser in Trinkqualität nachgespült werden. Zusätzlich gilt für Käereimilchproduzenten, dass das Wasser keine käseschädlichen anaeroben Sporen enthalten darf. Milchproduzenten mit eigener Quelle sind verpflichtet, das Wasser alle 3 Jahre untersuchen zu lassen. Hygieneprobleme, und dadurch auch der Eintrag von Colibakterien und Sporen können jedoch laufend entstehen. Bei diesen beiden Keimgruppen ist daher die Wasserqualität auch zu berücksichtigen. Liegeflächen bieten in nahezu allen Aufstallungssystemen eine gute Lebensgrundlage für Mikroorganismen. Mit einer guten Boxenhygiene und der Zugabe von Kalk kann das Vermehren der Bakterien zwar eingedämmt, aber nie komplett verhindert werden. Die Bakterien gelangen von der Einstreue an die Zitzenhaut und von dort über das Melken in die Milch. Eine entscheidende Barriere bildet hier die Zitzenreinigung. Bei einer sehr starken Belastung der Liegeflächen und dadurch auch der Zitzen mit Bakterien gelangt jedoch auch bei gründlichster Zitzenreinigung eine grosse Anzahl Bakterien in die Milch. Mit einer mikrobiologischen Untersuchung des Einstreumaterials direkt aus der Liegeboxe kann das Ausmass des Bakterienwachstums ermittelt und nötigenfalls entsprechende Massnahmen eingeleitet werden.

8 Probleme mit Euterentzündungen – wie weiter?

Claudia Syring

Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern, Rindergesundheitsdienst, Bremgartenstrasse 107,
3012 Bern, claudia.syring@vetsuisse.unibe.ch

Abstract

Eutergesundheit ist die zweithäufigste Ursache, warum Kühe den Betrieb verlassen. Eine Untersuchung in der Schweiz hat gezeigt, dass sich die Mastitiskosten auf 129.4 Millionen CHF pro Jahr belaufen (Heiniger et. al. 2014). Beides sind Gründe, um sich die Eutergesundheit auf einem Betrieb genauer anzuschauen. Die Melktechnik, die Melkarbeit, Kuh eigene Faktoren, die Mikroorganismen, die Umwelt und das Trockenstellmanagement sind die Einflussfaktoren der Eutergesundheit. In Abhängigkeit vom Management und dem Eutergesundheitsproblem können die Einflussfaktoren bei näherer Betrachtung betriebsspezifisch eingegrenzt und gelöst werden.

Les problèmes de santé mammaire constituent la deuxième cause la plus fréquente de réforme des vaches. Une étude menée en Suisse a montré que les coûts liés aux mammites s'élèvent à 129,4 millions de francs suisses par année (Heiniger et. al. 2014). Ces deux éléments justifient d'examiner de plus près la santé mammaire sur une exploitation. Les facteurs qui influencent la santé mammaire sont la technique et les travaux de traite, des facteurs liés à la vache elle-même, les microorganismes, l'environnement et la gestion du tarissement. Au travers d'une analyse plus approfondie, il est possible d'identifier les facteurs d'influence propres à chaque exploitation et d'y remédier spécifiquement en fonction du type de gestion pratiquée et du problème de santé mammaire.

Udder health is the second most frequent reason why cows leave a holding. A survey in Switzerland has shown that mastitis costs amount to CHF 129.4 million per year (Heiniger et. al. 2014). Both factors provide grounds for taking a closer look at udder health on a holding. Milking techniques, milking work, cow-specific factors, microorganisms, the surroundings and drying-off management all affect udder health. In relation to management and udder health issues, a closer examination of influencing factors would make it possible to isolate and resolve them on a holding-specific basis.

Literatur

D. Heiniger, B.H.P van den Borne, I. Lechner, A. Tschopp, D. Strabel, A. Steiner, H. Meier. Kosten-Nutzen-Analyse einer Intervention zur Verbesserung der Eutergesundheit in Schweizer Milchviehbetrieben. Schweiz. Arch Tierheild, Band 156, Heft 10, Oktober 2014.

9 Prüfverfahren nach ISO-Norm in automatischen Melksystemen

Dr. Michael Hubal

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour Str. 1-6, D-26121 Oldenburg,
michael.hubal@lkw-niedersachsen.de

Abstracts

In der maschinellen Milchgewinnung erlangen automatische Verfahren zunehmend an Bedeutung. So stieg ihr Anteil bei der Erstellung neuer Melkanlagen kontinuierlich in den letzten 20 Jahren an, auf nunmehr 70% der Betriebe mit neuen Melkanlagen in Niedersachsen (2019). Da in Deutschland sämtliche neuen Melkanlagen nach ISO Standard geprüft werden, stellt sich hier die Frage, was die ISO Norm zu Prüfungsverfahren von AMS vorgibt. Auch verschiedene Qualitätssicherungsprogramme von Milch erfassenden Betrieben (Molkereien, Käsereien etc.) verlangen diese Prüfung. Grundsätzlich ist bei der Prüfung von AMS so zu verfahren, wie es für konventionelle Melkanlagen vorgesehen ist. Es ist so festgelegt in der ISO 20966 „Automatische Melksysteme“, in der es heißt, dass die Begriffe, Anforderungen an Konstruktion und Leistung sowie die Prüfverfahren gelten, die für konventionelle Melkanlagen gelten. Dies ist jedoch insofern schwierig, da AMS keiner der in der ISO 3918 und 5707 beschriebenen Melkanlagentypen eindeutig zuzuordnen sind. Weiterhin gibt es in AMS Bauteile, die in der ISO 3918 nicht beschrieben sind. Auch manche Prüfschritte für konventionelle Melkanlagen lassen sich nicht auf AMS übertragen. Andererseits gibt es neue Prüfschritte in AMS, die zwar von den Herstellern verlangt werden, jedoch noch nicht in der ISO verankert sind. So gibt es seit geraumer Zeit Diskussionen um das Prüfverfahren von AMS, ebenso zahlreich sind die Prüfschritte, die die verschiedenen Hersteller, Servicetechniker und Berater anwenden. Diese Prüfschritte entsprechen jedoch teilweise nicht den geltenden Normen. Es sind lediglich Vereinbarungen, die zwischen verschiedenen Parteien getroffen werden. Am Beispiel eines AMS wird im Workshop die Anwendung geltender Normen und firmenspezifischer Prüfschritte die Problematik beleuchtet und es sollen aktuelle Fragen hierzu mit den Teilnehmern diskutiert werden.

Les procédés automatisés gagnent de plus en plus en importance dans la production laitière mécanique. Leur pourcentage parmi les nouvelles installations de traite n'a cessé de croître ces vingt dernières années. Sur l'ensemble des exploitations de Basse-Saxe s'étant équipées de nouvelles installations de traite, 70 % ont misé sur des systèmes fondés sur des procédés automatisés (2019). Les nouvelles installations de traite devant être contrôlées selon le standard ISO en Allemagne, se pose alors la question de savoir quel processus de vérification la norme ISO définit pour les AMS. Ce contrôle est aussi exigé par divers acheteurs de lait (laiteries, fromageries, etc.) dans le cadre de leurs programmes d'assurance-qualité. En principe, la manière de procéder pour le contrôle des AMS est la même que celle prévue pour les installations de traite conventionnelles. La norme ISO 20966 « Installations de traite automatique » définit que les concepts, les exigences envers la construction et les performances ainsi que le processus de vérification applicables sont ceux qui prévalent pour les installations de traite conventionnelles. Cela est toutefois compliqué en pratique, car les AMS ne peuvent être assimilés à aucun des types d'installations de traite décrits dans les normes ISO 3918 et 5707. De plus, les AMS contiennent des pièces qui ne sont pas décrites dans la norme ISO 3918. Certaines étapes de contrôle prévues pour les installations de traite conventionnelles ne peuvent pas être transposées aux AMS. Par ailleurs, de nouvelles étapes de contrôle pour les AMS sont exigées par les fabricants, mais ne figurent pas encore dans la norme ISO. Des discussions sont en cours depuis un certain temps au sujet de la procédure de vérification des AMS, et les

étapes de contrôle utilisées par les différents fabricants, techniciens et conseillers sont également nombreuses. Ces étapes ne correspondent cependant que partiellement aux normes en vigueur. Il ne s'agit que d'accords passés entre différentes parties. L'atelier prévoit un éclairage sur l'application des normes en vigueur et la problématique des étapes de contrôle spécifiques à chaque entreprise, à l'exemple d'un AMS, ainsi qu'une discussion sur des questions d'actualité avec les participants.

In the field of mechanical milk production, automated procedures are becoming increasingly important. Their share of new facilities built has risen steadily over the past 20 years, to 70% of all dairy farms with new milking installations in Lower Saxony (2019). As all new milking facilities in Germany must be tested according to ISO standards, the question arises here as to what the ISO standard for test procedures specifies. Various quality assurance programmes for milk-related operations (dairies, cheese dairies, etc.) require such test procedures. In principle, the same procedure should be followed for testing automatic milking installations as the one foreseen for conventional milking installations. ISO 20966 on "Automatic Milking Installations" specifies that the same terms, construction and performance requirements and test methods apply as those that apply to conventional milking installations. However, this is difficult insofar as AMIs do not fall clearly into any of the milking installation types described in ISO 3918 and 5707. Furthermore, there are components in AMIs which are not described in ISO 3918. What is more, some test steps for conventional milking installations cannot be carried over to AMIs. On the other hand, there are new test steps in AMIs that are required from manufacturers but are not anchored in ISO. Discussions on test methods for AMIs have been ongoing for some time, and numerous test steps are used by the different manufacturers, service technicians and consultants. However, these test steps are not fully compliant with the applicable standards. They are merely agreements concluded between different parties. Taking an AMI as an example, the workshop will explore the application of current standards and company-specific test steps and offer an opportunity to discuss topical matters with the participants.



Abb. 1: GEA AMS

Literatur

DIN ISO 3918 Melkanlagen – Begriffe

DIN ISO 5707 Melkanlagen – Konstruktion und Leistung

DIN ISO 6690 Melkanlagen – Mechanische Prüfung

DIN ISO 20966 Automatische Melksysteme

Alle erhältlich bei: Beuth Verlag GmbH, Berlin

10 Automatische Verringerung der Milchleistung vor dem Trockenstellen

Müller, Ute¹; Martin, Lisett¹; Büscher, Wolfgang²; Wedeking, Sophia¹; Maasse-Francke, Beate³; Barth, Kerstin⁴

¹Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Physiologie und Hygiene, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn, Deutschland, ute-mueller@uni-bonn.de

²Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, 53115 Bonn, Deutschland

³GEA Farm Technologies GmbH, Siemensstr. 25, 59199 Bönen, Deutschland

⁴Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland

Abstract

Das Trockenstellen von Milchkühen erfordert umsichtige Managemententscheidungen und -maßnahmen. Dabei bestehen folgende, eng miteinander verknüpfte Herausforderungen: die teilweise noch hohe Milchleistung vor dem Trockenstellen, der Eutergesundheits-Status vor dem Trockenstellen sowie der Schutz des Euters vor Infektionen während der Trockenstehphase. Um bei Kühen in der Spätlaktation die Milchproduktion zu senken, wurde von GEA Farm Technologies GmbH (Bönen) und der Universität Bonn ein Softwaremodul zur automatisierten Milchmengenreduktion entwickelt. Durch die innovative Fähigkeit, das Melkzeug nach absolut gemolkener Menge und nicht nach Durchflussmenge abzunehmen, ermöglicht die Software eine sukzessive Reduzierung des Ausmelkgrades unter Beibehaltung des zweimal täglichen Spüleffekts. Auf der Forschungsstation Frankenforst (FF) wurde 29 Versuchskühen über Ø 10,5 Tage vor dem Trockenstellen durch die Anwendung der Software sukzessiv Ø 1,1 kg/Tag früher das Melkzeug abgenommen, 15 Versuchskühen des Thünen-Institut für Ökologischen Landbau in Trenthorst (TH) Ø 4,7 Tage mit Ø 0,9 kg/Tag (Startmilchmenge: FF Ø 21,6 kg/Tag, TH Ø 17,2 kg/Tag). Durch das stufenweise intensivierte Belassen von Restmilch im Euter konnte bei beiden Versuchsgruppen eine deutliche Reduktion der Milchleistung verzeichnet werden: FF Ø 700 g/Tag und TH Ø 798 g/Tag. In beiden Herden wurden keine klinischen Mastitisfälle beobachtet. Ebenso veränderte sich der Zellgehalt der Milch nicht signifikant. Somit erzielte die Anwendung der Software nicht nur eine effektive Verringerung der Milchproduktion vor dem Trockenstellen sondern hatte auch keine negativen Folgen für die Eutergesundheit der Kühe. Diese automatisierte Leistungsreduktion kann somit auch bei unterschiedlichen Leistungsniveaus optimale Voraussetzungen für ein tierschonendes und gegebenenfalls antibiotikafreies Trockenstellen von Milchkühen schaffen.

Le tarissement des vaches laitières exige des décisions et des mesures de gestion avisées. Les facteurs suivants, étroitement liés les uns aux autres, doivent être considérés : la production laitière parfois encore élevée avant le tarissement, l'état de santé mammaire avant le tarissement et la protection de la mamelle contre les infections durant la période de tarissement. Afin de diminuer la production laitière des vaches en fin de lactation, un module logiciel pour la réduction automatisée des quantités de lait a été développé par GEA Farm Technologies GmbH (Bönen) et l'université de Bonn. Grâce à la possibilité novatrice de retrait du faisceau trayeur en fonction de la quantité absolue de lait trait plutôt que du débit, le logiciel permet une diminution progressive du degré d'égouttage tout en maintenant l'effet de rinçage biquotidien. En recourant au logiciel, le faisceau trayeur a été décroché de manière progressive Ø 1,1 kg/jour plus vite sur 29 vaches durant Ø 10,5 jours avant le tarissement à la station de recherche de Frankenforst (FF) et Ø 0,9 kg/jour plus vite sur 15 vaches durant Ø 4,7 jours à l'institut Thünen pour l'agriculture biologique à Trenthorst (TH) (quantité de lait initiale : FF : Ø 21,6 kg/jour, TH : Ø 17,2 kg/jour).

Une nette réduction de la production laitière a été constatée en laissant progressivement plus du lait résiduel dans la mamelle des deux groupes d'essai : FF Ø 700 g/jour et TH Ø 798 g/jour. Aucun cas clinique de mammite n'a été observé dans les troupeaux. De même, la teneur en cellules du lait n'a pas évolué de manière significative. Ainsi, le recours au logiciel a permis une diminution efficace de la production laitière avant le tarissement et n'a pas entraîné de conséquences négatives sur la santé mammaire des vaches. Cette réduction automatique du rendement laitier peut ainsi fournir des conditions optimales pour un tarissement respectueux de l'animal et, s'il y a lieu, sans antibiotiques, également pour différents niveaux de performance.

The drying of dairy cows requires careful management decisions and measures. This involves the following closely interlinked challenges: the partially still high milk yield before drying, udder health status before drying, and udder protection against infection during the dry period. To reduce milk yield from dairy cows in late lactation, GEA Farm Technologies GmbH (Bönen) and Bonn University have developed a software module for automated milk quantity reduction. This innovative possibility for removing the cluster depending on absolute milking amount rather than milk flow allows a successive reduction of the degree of udder emptying while maintaining the twice daily rinsing effect. At the Frankenforst research station (FF), with 29 test cows over an average of 10.5 days before drying, the software was used to remove the cluster successively for an average of 1.1 kg/day earlier; for 15 test cows at the Thünen Institute for Organic Farming in Trenthorst (TH), over an average of 4.7 days with an average of 0.9 kg/day (starting milk quantity: FF, an average of 21.6 kg/day; TH, an average of 17.2 kg/day). Through the successive reduction of the degree of udder emptying, both research groups achieved a significant reduction in milk yield: FF, an average of 700 g/day; and TH, an average of 798 g/day. No case of mastitis was recorded in either dairy herd, and milk cell counts did not change significantly. Thus, not only did the software achieve a reduction in milk yield before drying, but there were no negative effects on udder health. Consequently, this automated yield reduction can create optimal conditions for animal-friendly and antibiotic-free drying of dairy cows.

Einleitung

Eine hohe Milchleistung zum Zeitpunkt des Trockenstellens erhöht das Risiko für mögliche Beeinträchtigung der Eutergesundheit. Grund dafür ist der erhöhte Euterinnendruck in den ersten Tagen nach abrupter Beendigung des Melkens und die damit verbundenen Öffnung des Strichkanals der Zitzen. Aktuelle Lösungsansätze der Praxis, um eine Milchmengenreduktion in der Spätlaktation (ohne Medikamentengabe) zu erreichen, sind:

- das Auslassen einzelner Melkzeiten und/oder
- die drastische Reduktion der Energiezufuhr (z. B. durch abrupte Fütterungsumstellung auf Heu)

Diese Vorgehensweisen bergen jedoch, ebenso wie das abrupte Abmelken, folgende Risiken:

- ausbleibender Spüleffekt des Milchstroms während des Melkens und/oder
- Stoffwechselbelastungen aufgrund der Rationsumstellungen – bis hin zu Hunger – in der Hochträchtigkeitsphase.

Beides kann zur Beeinträchtigung der Gesundheit und des Wohlbefindens der Tiere führen.

Bei dem Ansatz von Martin et al. (2020) hingegen ermöglicht eine Melk-Software von GEA Farm Technologies GmbH die automatisierte Milchmengenreduktion vor dem Trockenstellen, wobei Milchmenge und Zeitraum definiert werden können.

Durch die Software kann das Melkzeug nach absolut gemolkener Milchmenge (nicht nach Durchflussmenge) abgenommen werden und somit eine sukzessive Reduzierung des Ausmelkgrades unter Beibehaltung des zweimal täglichen Spüleffekts erreichen.

Durch die kontinuierlich vorzeitige Melkzeugabnahme reduziert sich der Euterinnendruck zu Beginn der Trockenperiode und die Gefahr des Auslaufens der Milch wird reduziert. Der Strichkanal, als eine wesentliche Barriere mit verschiedenen Abwehrmechanismen, wird nicht erneut geweitet und somit die Gefahr von Neuinfektionen minimiert.

Martin et al. (2020) konnten im Rahmen einer Studie an der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst (FF) der Universität Bonn zeigen, dass das Belassen von Restmilch im Euter zur Leistungsdepression und auch frühzeitigen Einleitung der Involution führt, wobei die Eutergesundheit der (eutergesunden) Versuchskühe (n = 29) nicht negativ beeinflusst, innere morphologische Zitzenkonditionsmaße verbessert und die Milchleistung der nachfolgenden Laktation nicht beeinträchtigt wurde.

Ziele einer zweiten Studie an Versuchskühen des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst (TH) waren die weitere Testung der neuen GEA-Software, die Untersuchung eines kürzeren Zeitraums der automatisierten Milchmengenreduktion bei geringeren Reduktionsmengen sowie der Vergleich mit den Ergebnissen der Studie von Martin et al. (2020).

Material und Methoden

Aus der FF-Herde wurden 29 eutergesunde Versuchstiere ausgewählt (Zellzahl < 100.000 Zellen/ml und negativer bakteriologischer Befund in Viertelanfangsgemelksproben). Mit Hilfe der neuen Melk-Software wurde bei den FF-Versuchstieren über einen Zeitraum von \emptyset 10,5 Tagen vor dem Trockenstellen das Melkzeug sukzessiv \emptyset 1,1 kg/Tag früher automatisch abgenommen (Startmilchmenge: FF \emptyset 21,6 kg/Tag, Martin et al. 2020).

An 15 TH-Versuchskühen wurde ebenfalls vor dem Trockenstellen mit Hilfe der neuen Melk-Software die Milchleistung automatisch reduziert. Die Startmilchmenge der 15 TH-Versuchskühe, die nicht gezielt ausgewählt wurden, lag bei \emptyset 17,2 kg/Tag. Im Unterschied zu FF erfolgte die Reduktion nur über \emptyset 4,7 Tage mit \emptyset 0,9 kg/Tag.

In beiden Studien wurden nach den Versuchstagen (vor dem Trockenstellen) bei der ersten Morgenmelkzeit nach der Reduktionsphase die Euter der Versuchstiere mit der konventionellen automatischen Melkzeugabnahme (bei 300 g/min) ausgemolken, um die akkumulierte Milchmenge der Versuchstage vollständig zu ermelken. Zur Kalkulation der adaptierten Tagesmilchproduktion erfolgten anschließend zwei weitere Melkzeiten bei betriebsüblicher Melkzeugabnahme, bevor die Versuchstiere letztendlich trockengestellt wurden.

Die Beprobung der FF-Versuchskühe zur zytobakteriologischen Kontrolle der Eutergesundheit (nach den Leitlinien der DVG (2012)) erfolgte entsprechend der in Martin et al. (2020) beschriebenen Vorgehensweise. Von den TH-Versuchskühen wurde 14 Tage vor und 1 Tag nach der Versuchsphase Viertelanfangsgemelksproben pro Kuh ebenfalls zur zytobakteriologischen Untersuchung nach den Leitlinien der DVG (2012) entnommen und am Max Rubner-Institut, Kiel, analysiert (einschließlich Angabe der Bakterienkolonien-Kategorie nach DVG-Leitlinien (2009)).

In beiden Studien wurden als weitere Daten unter anderem der tägliche Milchmenge, die Milchmenge pro Gemelk sowie der letzte Milchfluss vor Abnahme der Melkzeuge erhoben.

Die Daten wurden mit gemischten linearen Modellen und Post Hoc Tests mit SPSS Version 25.0 analysiert. Die Ergebnisse werden als Mittelwert \pm Standardabweichung angezeigt. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der TH-Versuchskühe sind mit denen der FF-Versuchskühe vergleichbar: durch das stufenweise intensivierte Belassen von Restmilch im Euter konnten Reduktionen der Milchleistung, berechnet durch die Milchmenge der letzten beiden Melkzeiten vor dem Trockenstellen, verzeichnet werden (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Entwicklung der Milchleistungsreduktion bei den beiden Versuchsgruppen in der Versuchsphase vor dem Trockenstellen

		Versuchsgruppe Frankenforst (n = 29) (Martin et al. 2020)	Versuchsgruppe Trenthorst (n = 15)
Startmilchmenge	kg/Tag	21,0 ± 3,7	17,2 ± 4,4
Tage der Reduktion	Tag	10,5 ± 1,8	4,7 ± 0,5
Milchmenge 1. Morgengemelk nach autom. Reduktion	Kg	10,4 ± 4,1	9,0 ± 2,8
Erreichte Endmilchmenge*	kg/Tag	13,6 ± 4,3	13,4 ± 4,6
Erreichte Milchmengenreduktion pro Tag	g/Tag	700 ± 270	798 ± 301

*Summe aus zwei Gemelken bei betriebsüblicher automatischer Abnahme nach der Versuchsphase

Zur Analyse des Milchflusses im Melksystem zum Zeitpunkt der vorzeitigen Abnahme der Melkzeuge wurde der zuletzt von dem Milchmengenmessgerät (Metatron©) gemessene Wert für die Versuchskühe festgehalten. Bei den FF-Versuchskühen lag im Durchschnitt der Versuchstage der Milchfluss zum Zeitpunkt der Abnahmen bei $3,4 \pm 1,5$ kg/min (Min.: 0,4 kg/min, Max.: 6,5 kg/min), bei den TH-Versuchskühen bei $2,9 \pm 1,0$ kg/min (Min.: 0,4 kg/min, Max.: 4,8 kg/min).

Bezüglich der Eutergesundheit wurde in beiden Studien vor, während und nach der Reduktionsphase kein Fall von klinischer Mastitis verzeichnet. Bei den von Beginn der Untersuchung an eutergesunden FF-Versuchskühen blieb die durchschnittliche Zellzahl auch während der Reduktionsphase deutlich unter dem DVG-Grenzwert von 100.000 Zellen/ml pro Viertel. Vor Beginn der Reduktionsphase wurden bei den 15 TH-Versuchskühen in den Anfangsgemelken von 21 Vierteln minor-pathogene Erreger (Koagulase-negative Staphylokokken (KNS) oder *Corynebacterium bovis*) und in einem Viertel *Streptococcus uberis* nachgewiesen. Die Viertelzellzahlen vor und nach der Reduktionsphase wurden jedoch unabhängig vom Infektionsstatus des Viertels nicht signifikant durch die frühere Melkzeugabnahme beeinflusst.

Schlussfolgerung

Die Anwendung der Software führte in beiden Studien zu einer effektiven Verringerung der Milchproduktion vor dem Trockenstellen ohne negativen Folgen für die Eutergesundheit der Kühe – auch wenn diese schon vor Studienbeginn mit minor-pathogenen Bakterien infiziert waren. Die automatisierte Leistungsreduktion kann somit auch bei unterschiedlichem Leistungsniveau und bei geringgradigen Infektionen optimale Voraussetzungen für ein tierschonendes und gegebenenfalls (selektives) antibiotikafreies Trockenstellen von Milchkühen schaffen.

Literatur

DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V.) 2009: Leitlinien zur Entnahme von Milchproben unter antiseptischen Bedingungen und Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern, Fachgruppe „Milchhygiene“; Sachverständigenausschuss: Subklinische Mastitis, 2. Auflage, Gießen.

DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V.) 2012: Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem, Fachgruppe "Milchhygiene", 5. Auflage, Gießen.

Martin LM, Sauerwein H, Büscher W & Müller U (2020): Automated gradual reduction of milk yield before dry-off: Effects on udder health, involution and inner teat morphology. *Livestock Science* 223, 103942.

11 Auswirkungen des Sitzgummis und der Melkzeugbelüftung auf die Melkleistung und das Sitzgummikopfvakuum

Felix Adrion¹, Gro Elisabet Holst^{1,2}, Christina Umstätter¹, Rupert Bruckmaier²

¹Agroscope, Forschungsgruppe Automatisierung und Arbeitsgestaltung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen. Kontakt: felix.adrion@agroscope.admin.ch

²University of Bern, Veterinary Physiology, Vetsuisse Faculty Bern, Bremgartenstr. 109a, CH-3001 Bern

Abstract

Das Melkzeug repräsentiert die Schnittstelle zwischen Tier und Melkmaschine. Die Eigenschaften des Sitzgummis sowie die Belüftung des Melkzeuges sind wichtige Faktoren, um möglichst schonend zu melken und gleichzeitig eine hohe Melkleistung und eine hohe Milchqualität sicherzustellen. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der Sitzgummiform und Belüftungsart des Melkzeuges auf die Melkleistung und das Sitzgummikopfvakuum als Indikator für die Melkzeughaftung zu bestimmen. Im Rahmen eines Versuches wurden vier Melkzeugvarianten als Kombination aus Sitzgummiform (rund vs. dreieckig) und der Art der Melkzeugbelüftung (Sitzgummikopf vs. Sammelstück) bei drei Niveaus des Systemvakuums an sechs Kühen über 24 Melkungen getestet. Während der Melkung wurden der Milchfluss sowie das Vakuum im Sitzgummikopf, am Zitzenende (im kurzen Milchschlauch) und im kurzen Pulsschlauch kontinuierlich aufgezeichnet.

Der höchste Milchfluss und demzufolge die kürzeste Melkzeit konnten in diesem Versuch mit den runden Sitzgummis bei beiden Belüftungsarten erreicht werden. Das Kopfvakuum war niedriger bei den runden als bei den dreieckigen Sitzgummis während der gesamten Melkung. Während des hohen Milchflusses wurde bei den dreieckigen Varianten zudem eine erhöhte zyklische Fluktuation des Kopfvakuums deutlich, welche bei abnehmendem Milchfluss am Melkende noch zunahm. Die Belüftung am Sitzgummikopf senkte das Kopfvakuum bei beiden Sitzgummivarianten mit Ausnahme des hohen Milchflusses bei den runden Sitzgummis. Die Kopfbelüftung führte bei beiden Sitzgummiformen zu einer erhöhten Amplitude der zyklischen Fluktuation des Kopfvakuums, da durch den Luftestrom im Kopf die zyklische Absenkung des Vakuums bei geschlossenem Gummi verstärkt wurde. Bei der dreieckigen, kopfbelüfteten Variante kam es hierbei zu einem erhöhten Anteil an verschäumter Milch, was u.a. ein Risiko für die Stabilität der Milchinhaltsstoffe darstellt.

Le faisceau trayeur est la jonction entre l'animal et la machine à traire. Les propriétés du manchon trayeur ainsi que la ventilation du faisceau trayeur sont des facteurs importants pour traire avec le plus de ménagement possible tout en assurant une production laitière et une qualité du lait élevées. L'objectif de cette étude était de déterminer l'influence de la forme des manchons trayeurs et du système de ventilation du faisceau trayeur sur la production laitière ainsi que sur le vide dans la tête du manchon trayeur en tant qu'indicateur de la tenue du faisceau trayeur. Dans le cadre d'un essai, quatre variantes de faisceaux trayeurs combinant différentes formes de manchon trayeur (rond vs triangulaire) et différents types de ventilation du faisceau trayeur (tête du manchon trayeur vs griffe) ont été testées avec trois niveaux de vide du système sur six vaches pendant 24 traites. Durant la traite, le flux de lait ainsi que le vide dans la tête du manchon trayeur, à l'extrémité du trayon (dans le tuyau à lait court) et dans le tuyau à air court ont été relevés en continu.

Dans cet essai, le flux de lait le plus élevé et, par conséquent, le temps de traite le plus court a été atteint avec les manchons trayeurs ronds avec les deux systèmes de ventilation.

Le vide était plus faible dans la tête des manchons trayeurs ronds que triangulaires durant l'ensemble de la traite. En outre, pendant la phase durant laquelle le flux de lait était élevé, une fluctuation cyclique accrue du vide dans la tête du manchon a été observée avec les variantes triangulaires, celle-ci augmentant encore lorsque le flux de lait diminuait en fin de traite. Une ventilation au niveau de la tête du manchon trayeur diminuait le vide dans cette dernière pour les deux types de manchons, sauf lorsque le flux de lait était élevé avec les manchons ronds. La ventilation au niveau de la tête du manchon a entraîné une augmentation de l'amplitude de la fluctuation cyclique du vide dans la tête du manchon trayeur avec les deux types de manchons, l'arrivée d'air au niveau de la tête renforçant la baisse cyclique du vide lorsque le manchon est fermé. Dans la variante triangulaire et ventilée au niveau de la tête, une part plus importante de mousse dans le lait a été observée, ce qui représente notamment un risque pour la stabilité des composants du lait.

The milking cluster represents the interface between the animal and the milking machine. The characteristics of the liner and the ventilation of the teat cup cluster are key factors in milking as carefully as possible while ensuring high milking performance and milk quality. The purpose of this study was to determine the influence of the liner shape and ventilation type of the cluster on the milking performance as indicator for cluster adhesion. Within the framework of a trial, four different milking machine variations were tested on six cows during 24 milkings as a combination of liner shape (round vs. triangular) and the type of machine ventilation (liner head vs collection piece) at three levels of the system vacuum. During milking, milk flow and liner head vacuum were continuously recorded at the teat end (in short milk hose) and short pulse tubes.

In this trial, the highest milk flow and thus the shortest milking time was achieved with round liners with both ventilation types. The head vacuum was lower with the round liner than with the triangular one throughout the milking. Furthermore, during high milk flow, the triangular liners displayed significantly higher cyclic fluctuations in head vacuum, which increased further with decreasing milk flow towards the end of the milking. Liner head ventilation reduced the head vacuum with both liner variants, with the exception of the high milk flow with the round liners. With both liner shapes, head ventilation led to increased cyclical fluctuation of the head vacuum, as the cyclical drop in vacuum with closed liners was accentuated by the air intake in the head. The triangular head-ventilated variant generated a higher proportion of foamed milk, posing inter a risk in terms of milk content stability.

Einleitung

Das optimale Melkzeug sollte so schonend und gleichzeitig so schnell wie möglich melken, um eine minimale mechanische Belastung des Zitzengewebes bei hoher Melkleistung und Milchqualität zu ermöglichen (Hamann und Mein, 1996; Besier et al., 2016).

Eine ausreichende Haftung zwischen Zitze und Zitzengummischaft ist erforderlich, um ein Klettern des Melkbeckers zu verhindern, d.h. ein vermehrtes Ansaugen der Zitze in den Zitzengummi während des Melkvorgangs, was zu einer Hemmung des Milchflusses durch Kollabieren der Milchkanäle führen kann (Mein et al., 1973a; Mein et al., 1973c). Da das Vakuum im Zitzengummikopf (engl. mouthpiece chamber - MPC) über die Milchschräuche vom Zitzenende her erzeugt wird, wird ein dichter Abschluss zwischen Zitze und Zitzengummischaft durch ein niedriges Kopfvakuum angezeigt (Mein et al., 1973b). Ein höheres Kopfvakuum führt nachweislich zu einer mechanischen Belastung des Zitzengewebes und damit zu einem erhöhten Risiko von Melkzeugabtritten sowie zur Entwicklung von Ringwulsten an der Zitzenbasis (Newman et al., 1991).

Die Vielfalt der auf dem Markt erhältlichen Zitzengummitypen weist eine breite Variation von Material, Form und Größe auf. Darüber hinaus sind auch Zitzengummis erhältlich, die eine Belüftungsöffnung im Zitzengummikopf oder im kurzen Milchschauch besitzen. Diese Belüftungsöffnungen sollen die Belüftungsöffnung im Sammelstück (engl. claw) ersetzen, die für den optimalen Transport der Milch sowie zur Stabilisierung des Vakuums unterhalb der Zitze entscheidend ist.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkungen der Form des Zitzengummis und deren Wechselwirkung mit der Belüftung des Melkzeuges entweder im Zitzengummikopf oder im Sammelstück bei verschiedenen Niveaus des Systemvakuums zu untersuchen. Darüber hinaus haben wir die Hypothese geprüft, dass die Form des Zitzengummis einen Einfluss auf die Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummischafthat und dass die Belüftung des Zitzengummikopfes das Vakuum im Zitzengummikopf reduzieren kann.

Material und Methoden

Die Experimente wurden im Anbindestall von Agroscope (Posieux, Schweiz) mit sechs Holstein Friesian Kühen durchgeführt. Zu Beginn des Versuchs waren die Kühe zwischen dem 150. und 192. Tag ihrer dritten bis siebten Laktation. Die 305-Tage-Milchproduktion in der vorangegangenen Laktation lag zwischen 8'444 und 10'689 kg. Alle Kühe hatten zylinderförmige Zitzen mit einer Breite von 2,4 cm bis 3,2 cm, die knapp unterhalb der Zitzenbasis der linken vorderen Zitze gemessen wurde, und einer Länge von 4,6 bis 6,2 cm.

Die Kühe wurden mit einer Eimermelkanlage gemolken, die an eine mobile Vakuumpumpe (PMU; Art.-Nr. 89730081, DeLaval, Tumba, Schweden) angeschlossen war. Mit einem pneumatischen Pulsator (HP102, DeLaval, Tumba, Schweden) wurde eine alternierende Pulsationsrate von 58 Zyklen/min bei einem Pulsationsverhältnis von 73:27 erzeugt. Die Melkzeuge bestanden aus Top-Flow-Sammelstücken (Harmony MC5, DeLaval, Tumba, Schweden) und Melkbechern (Art. 964420-80, DeLaval, Tumba, Schweden), die entweder mit dreieckigen (T) (TLC-A6, Milkrite, Melksham, UK) oder runden (R) (DL009U, Milkrite) Zitzengummis ausgestattet waren. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, waren die Abmessungen der Zitzengummis bei beiden Zitzengummitypen identisch, mit Ausnahme des Schaftdurchmessers, der aufgrund der unterschiedlichen Formen leicht unterschiedlich war. Für das Experiment wurde im Kopf aller Zitzengummis eine Hohlните von 1 mm Innendurchmesser zur Belüftung des Melkzeuges eingesetzt. Je nach Versuchsprotokoll blieb entweder die Belüftung im Sammelstück oder die Belüftungen im Zitzengummikopf offen, während die jeweils anderen Belüftungsöffnungen mit einem Klebeband verschlossen wurden.

Die Versuchskühe wurden während der gesamten Studie in der gleichen Reihenfolge, von der gleichen Person und gemäss dem gleichen Protokoll gemolken. Das Vormelken wurde mit der Entnahme von drei Strahlen Milch von jeder Zitze in einen Vormelkbecher begonnen und die Zitzenstimulation wurde bis zum Ansetzen des Melkzeuges bis genau 1 Minute nach der ersten Berührung fortgesetzt. Das Melken wurde gestoppt und das Melkzeug abgenommen, wenn der Milchfluss am Ende des Melkvorgangs auf 0,2 kg/min gesunken war.

Tab. 1: Übersicht der Belüftung und Abmessungen der Melkzeug- bzw. Zitzengummivarianten

Melkzeugvariante	Zitzengummiform	Belüftung	Öffnungsdurchmesser Zitzengummikopf	Länge Zitzengummi	Kopfweite	Schaftdurchmesser ¹
R-CLAW	Rund	Sammelstück	20 mm	310 mm	58 mm	22 mm
R-MPC		Zitzengummikopf				
T-CLAW	Dreieckig	Sammelstück	20 mm	310 mm	58 mm	25 mm
T-MPC		Zitzengummikopf				

¹gemessen 75 mm unterhalb der Zitzengummilippe; der Durchmesser des dreieckigen Zitzengummis ist die Distanz von einer Ecke des Dreiecks bis zur Mitte der gegenüberliegenden Seite

Die Kombination der beiden verschiedenen Zitzengummitypen (rund - R und dreieckig - T) mit verschiedenen Belüftungstypen (Zitzengummikopf - MPC und Sammelstück - CLAW) ergab vier Melkzeugtypen (R-CLAW, R-MPC, T-CLAW, T-MPC; Tabelle 1), die alle bei drei verschiedenen Systemvakuumeinstellungen (35, 42 oder 50 kPa) getestet wurden. Die Melkzeiten wurden in einem strikten Zwölf-Stunden-Intervall (05:00 Uhr morgens und 17:00 Uhr abends) gehalten. Das Experiment wurde als unvollständiges randomisiertes Blockdesign konzipiert. Insgesamt wurden 144 einzelne Melkungen von Kühen, d.h. 12 Melkungen pro Melkzeugtyp bei jedem Systemvakuumniveau, durchgeführt.

Der Milchfluss wurde mit einem mobilen Gerät (Lactocorder, WMB AG, Balgach, Schweiz) kontinuierlich aufgezeichnet. Die Vakuummessungen wurden mit einer Frequenz von 50 Hz im Zitzengummikopf, am Zitzenende (im kurzen Milchschauch) und im kurzen Pulsschlauch mit einem Datenlogger vom Typ MSR145B (MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz) durchgeführt, der an einen kalibrierten Drucksensor (Art. 100935.0138, Keller AG, Winterthur, Schweiz) angeschlossen wurde. Alle Vakuummessungen wurden am linken vorderen Melkbecher durchgeführt.

An drei verschiedenen Messzeitpunkten wurden aus den Rohdaten der Mittelwert und die Amplitude der zyklischen Fluktuation (Maximalwert - Minimalwert) des Zitzengummikopfvakuums und des Vakuums im kurzen Milchschauch während eines Zeitraums von drei Sekunden berechnet. Der erste Messzeitpunkt war zu Beginn des Melkens unmittelbar nach Erreichen des vollen Vakuums im kurzen Milchschauch (die ersten drei Sekunden des Melkens), der zweite beim höchsten Milchfluss (drei Sekunden während des höchsten Flusses) und der dritte unmittelbar vor dem Abnehmen des Melkzeuges (die letzten drei Sekunden des Melkens). Die statistische Analyse der Melkleistungsdaten, die mit Hilfe der Software LactoPro (Version 6.0.60, WMB AG, Balgach, Schweiz) berechnet wurden, sowie der Vakuummessungen wurde mit linearen Gemischte-Effekte-Modellen in der Software R (R version 3.6.2, R Core Team 2019) durchgeführt.

Ergebnisse

Der durchschnittliche Milchfluss war bei allen Melkzeugtypen bei hohem Systemvakuum höher und die Melkdauer niedriger als bei niedrigem Systemvakuum ($P < 0.05$). Darüber hinaus war der durchschnittliche Milchfluss bei den runden Varianten höher als bei den dreieckigen ($P < 0.05$), unterschied sich jedoch nicht zwischen CLAW- und MPC-Belüftung. Sowohl bei CLAW- als auch bei MPC-Belüftung war die Melkdauer folglich bei runden Zitzengummis kürzer als bei dreieckigen. Der Anteil verschäumter Milch war bei allen Melkzeugtypen mit Ausnahme von R-MPC bei hohem Systemvakuum höher als bei niedrigem.

Bei T-MPC erreichte der Anteil verschäumter Milch bei allen Vakuumeinstellungen höhere Werte ($P < 0.05$) als bei den anderen Melkzeugtypen.

Das Vakuum am Zitzenende, im kurzen Milchschauch gemessen, stieg mit zunehmendem Systemvakuum beim höchsten Milchfluss und am Melkende ($P < 0.05$), war aber durch den erwarteten milchflussabhängigen Vakuumabfall bei allen Melkzeugtypen niedriger während des höchsten Milchflusses als am Melkende ($P < 0.05$). Während des höchsten Milchflusses unterschied sich das zitzenendige Vakuum nicht oder nur geringfügig zwischen den Melkzeugtypen bei allen Systemvakuumniveaus. Am Melkende erreichte es in beiden CLAW-belüfteten Melkzeugtypen die höchsten Werte, war aber in den MPC-belüfteten Melkzeugen nur geringfügig und nur teilweise signifikant niedriger. Unmittelbar nach dem Ansetzen der Melkzeuge war das Kopfvakuum bei T-CLAW und T-MPC deutlich höher als bei R-CLAW und R-MPC ($P < 0.05$). Zu diesem Zeitpunkt waren sowohl das Niveau als auch die Fluktuationen des Kopfvakuums bei beiden Melkzeugtypen mit dreieckigen Zitzengummis synchron mit dem Vakuum am Zitzenende, d.h. mit zwei Fluktuationszyklen innerhalb jedes Pulsationszyklus. Beim höchsten Milchfluss erreichte das Kopfvakuum bei allen Melkzeugtypen die niedrigsten Werte und war bei runden Zitzengummis niedriger als bei dreieckigen ($P < 0.05$). Die höchsten Werte wurden bei T-CLAW erreicht ($P < 0.05$). Auch hier war die Fluktuation des Kopfvakuums immer noch vorhanden, mit einer höheren Amplitude bei Melkzeugen mit dreieckigen Zitzengummis, aber bei allen Melkzeugtypen mit nur einer Fluktuation je Pulszyklus. Am Ende der Melkung war das Kopfvakuum in allen Melkzeugtypen und bei allen Systemvakuumniveaus höher als beim höchsten Milchfluss ($P < 0.05$, Abbildung 1).

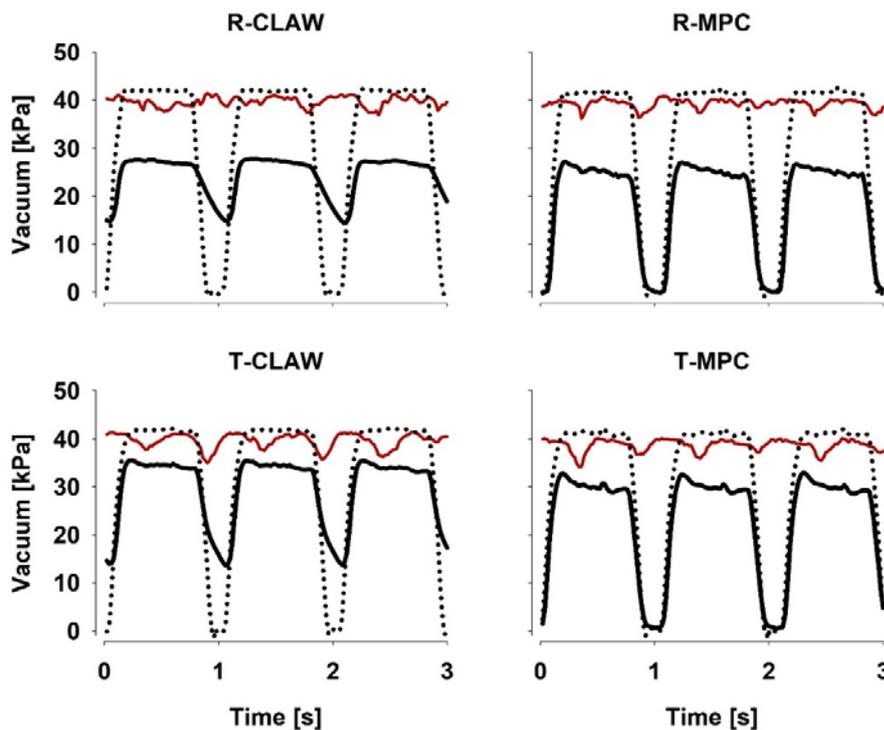


Abbildung 1: Vakuumprofile im Zitzengummikopf (—), dem kurzen Milchschauch (—) und dem kurzen Pulsschlauch (•••) der Kuh 1853 während 3 Sekunden kurz vor der Melkzeugabnahme (ca. 0.2 kg/min) bei mittlerem Systemvakuum (42 kPa) und mit den 4 verschiedenen Melkzeugtypen R-CLAW/R-MPC/T-CLAW/T-MPC: runder/dreieckiger Zitzengummi, Sammelstück/Zitzengummikopf belüftet.

Wiederum war das Kopfvakuum in Melkzeugen mit dreieckigen Zitzengummis in den meisten Fällen höher als mit runden und innerhalb der runden und dreieckigen Zitzengummis immer höher in CLAW- als in MPC- belüfteten Melkzeugen ($P < 0.05$), außer bei R-CLAW und T-MPC bei mittlerem Vakuum. Am Ende der Melkung nahm die Amplitude der zyklischen Schwankungen des Kopfvakuums parallel zum Pulsationszyklus in allen Melkzeugtypen zu ($P < 0.05$; Abbildung 1). Ähnlich wie beim höchsten Milchfluss traten die höheren Vakuumniveaus während der offenen Phasen des Zitzengummis auf und nahmen ab, wenn der Liner geschlossen wurde (Abbildung 1). Die MPC-belüfteten Melkzeuge zeigten eine höhere Fluktuation des Kopfvakuums als die CLAW-belüfteten, mit den höchsten Werten bei T-MPC und niedrigsten bei R-CLAW ($P < 0.05$).

Diskussion

Die Zunahme des Milchflusses und die Abnahme der Melkdauer mit zunehmendem Systemvakuum ist ein bekannter Effekt, der durch einen höheren Milchfluss aus der Zitze aufgrund des höheren am Zitzenende wirkenden Vakuums verursacht wird (Besier und Bruckmaier, 2016). Da sich das zitzenendige Vakuum und seine Schwankungen zwischen den beiden Zitzengummitypen nicht wesentlich unterschieden, steht der geringere Milchfluss bei den dreieckigen Zitzengummis wahrscheinlich in einem starken Zusammenhang mit einer geringeren Haftreibung und einer schlechteren Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummischaft. Dies zeigte sich durch ein wesentlich höheres Kopfvakuum im Vergleich zu den runden Zitzengummis während des gesamten Melkens. Es ist offensichtlich, dass die Zitze mit ihrer runden Form von Natur aus besser in ein rundes Zitzengummi als in ein dreieckiges passt. Ein hohes Kopfvakuum geht mit einem frühen Klettern des Melkbeckers einher (Mein et al., 1973a; Borkhus und Rønningen, 2003). Dieser Effekt war bei T-CLAW am stärksten ausgeprägt, bei dem das Kopfvakuum sowohl bei höchstem Milchfluss als auch am Ende des Melkens bei allen Systemvakuumniveaus die höchsten Werte aller Melkzeugtypen erreichte. Wie bereits von Mein et al. (1973b, c) sowie Borkhus und Rønningen (2003) vorgeschlagen, ist das Kopfvakuum das Ergebnis eines Gleichgewichts zwischen der Leckage von Luft zwischen Zitze und Zitzengummischaft vom Zitzengummikopf bis hinunter zum kurzen Milchschauch und der Leckage zwischen Zitze und Zitzengummilippe. Zu Beginn des Melkens dichteten die Zitzen offensichtlich überhaupt nicht den Zitzengummischaft der dreieckigen Zitzengummis ab, was zu einer vorübergehenden vollständigen Verbindung zwischen kurzem Milchschauch und Zitzengummikopf bei T-CLAW und T-MPC führte. Im Gegensatz dazu war bei den runden Zitzengummis unmittelbar eine Abdichtung zwischen Zitzengummischaft und Zitze vorhanden (Newman et al., 1991). Beim höchsten Milchfluss bot die vollständig gefüllte Zitze die beste Abdichtung. Daher wurden beim höchsten Milchfluss in allen Clustertypen die niedrigsten Werte des Kopfvakuums beobachtet. Dies entspricht der Annahme, dass ein niedriges MPC-Vakuum auf eine optimale Abdichtung zwischen Zitze und Zitzengummi und damit auf geringe mechanische Kräfte hindeutet, die zu einer Stauung von Gewebsflüssigkeit im Zitzengewebe führen (Newman et al., 1991; Rasmussen, 1997). Bei der Abnahme des Melkzeuges war die Abdichtung des Zitzengummischaftes durch die Zitze offensichtlich bei allen Melkzeugtypen nicht mehr so wirksam wie bei hohem Milchfluss. Dies erklärt das deutlich erhöhte MPC-Vakuum (Mein et al., 1973b; Borkhus und Rønningen, 2003) sowie die hohe Amplitude der zyklischen MPC-Vakuumschwankungen zusammen mit der zyklischen Zitzengummibewegung im jeweiligen Melkbecher. Die Belüftung im Zitzengummikopf verminderte das Kopfvakuum bei beiden Zitzengummitypen vor allem am Melkende und ist insofern positiv zu bewerten, auch wenn die Melkleistung nicht von der Belüftung beeinflusst war. Die höchste Amplitude der Fluktuation des Kopfvakuums bei höchstem Milchfluss und am Ende der Melkung bei T-MPC ist jedoch gleichzeitig eine mögliche Erklärung für den hohen Anteil verschäumter Milch dieses Melkzeugtyps. Die Belüftungsöffnungen bei T-MPC führten höchstwahrscheinlich zu einer höheren Luftzufuhr in das Melkzeug, was zu einem höheren Prozentsatz an aufgeschäumter Milch führte (De Koning et al., 2004).

Schlussfolgerung

Bei den Kühen der vorliegenden Studie zeigten runde Zitzengummis eine bessere Melkleistung als dreieckige Zitzengummis mit vergleichbaren Abmessungen. Der Unterschied ist wahrscheinlich auf Unterschiede in der Haftung und Dichtwirkung zwischen Zitze und Zitzengummi zurückzuführen. Dies führt zu einem höheren Zitzengummikopfvakuum und einer höheren Amplitude der Vakuumfluktuation, aber auch zu einem erhöhten Luftstrom entlang der Zitze von der Lippe des Zitzengummis zum Sammelstück bei Melkzeugen mit dreieckigen im Vergleich zu runden Zitzengummis. Folglich erhöht sich bei diesen das Risiko eines frühzeitigen Kletterns des Melkbeckers. Hohes Zitzengummikopfvakuum kann durch die Kopfbelüftung reduziert werden, was bei dreieckigen Zitzengummis ein besonders ausgeprägter Effekt ist. Bei diesen führt die Kopfbelüftung zu einer höheren Luftzufuhr in das Melkzeug und zu einem höheren Prozentsatz an aufgeschäumter Milch, beeinflusst die Melkleistung jedoch nicht.

Danksagung

Wir danken dem Schweizerischen Landmaschinen-Verband (Bern, Schweiz) für die Finanzierung dieser Studie. Des Weiteren danken wir Dr. Abu Zar MD Shafiullah für den Rat bei der statistischen Analyse und dem Personal des Forschungsstalles von Agroscope sowie den Mitgliedern des Teams Veterinärphysiologie von Vetsuisse Bern in Posieux für die Unterstützung während der Versuche.

Literatur

- Besier, J. and R. M. Bruckmaier. 2016. Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99(4):3096–3102. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10340>.
- Besier, J., O. Lind, and R. M. Bruckmaier. 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. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031780>.
- Borkhus, M. and O. Rønningen. 2003. Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. *J. Dairy Res.* 70:283–288. <https://doi.org/10.1017/S0022029903006253>.
- De Koning, K., B. A. Slaghuis, and Y. Van der Vorst. 2004. Milk quality on farms with an automatic milking system. *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Hamann, J. and G. A. Mein. 1996. Teat thickness changes may provide biological test for effective pulsation. *J. Dairy Res.* 63(2):179-189. <https://doi.org/10.1017/S002202990003168X>.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, and D. N. Akam. 1973a. Mechanics of the teat and teatcup liner during milking: information from radiographs. *J. Dairy Res.* 40(2):179-189. <https://doi.org/10.1017/S0022029900014503>.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, R. J. Fulford, and J. B. Hoyle. 1973b. Air leakage past the teat and teatcup liner during milking. *Australian Journal of Dairy Technology* 28:31-36.
- Mein, G. A., C. C. Thiel, D. R. Westgarth, and R. J. Fulford. 1973c. Friction between the teat and teatcup liner during milking. *J. Dairy Res.* 40(2):191-206. <https://doi.org/10.1017/S0022029900014515>.
- Newman, J. A., R. J. Grindal, and M. C. Butler. 1991. Influence of liner design on mouthpiece chamber vacuum during milking. *J. Dairy Res.* 58(1):21-27. <https://doi.org/10.1017/S0022029900033471>.
- Rasmussen, M. D. 1997. The relationship between mouthpiece vacuum, teat condition and udder health. Pages 91–96 in *Proc. 36nd National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*, Albuquerque, NM.

12 Effekt von Vakuumeinstellungen und Abnahmeschwellen auf die Melkleistung und Zitzenkondition in konventionellen Melksystemen

Rupert Bruckmaier

Veterinär-Physiologie, Vetsuisse Fakultät, Universität Bern, Bremgartenstr. 109a, 3012 Bern,
rupert.bruckmaier@vetsuisse.unibe.ch

Abstract

Es wurden Studien durchgeführt, um die Auswirkungen des Vakuumniveaus im Sammelstück von sehr hoch (50 kPa) bis sehr niedrig (24 kPa) auf die Melkleistung und die Zitzenkondition nach dem Melken zu untersuchen. Da eine Schädigung des Zitzengewebes vor allem in Zeiten mit geringem oder ausbleibendem Milchfluss am Ende des Melkens auftritt, wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Vakuumeinstellungen zusammen mit einer Vakuumreduzierung bei geringem Milchfluss und in Kombination mit unterschiedlichen Melkzeugabnahmeschwellen ebenfalls untersucht. Hohes Vakuum erhöhte die Melkleistung durch gesteigerten Milchfluss und kürzerer Melkdauer. Im Gegensatz dazu verursachte ein sehr niedriges Vakuum neben einem hohen Risiko von Liner Slips einen niedrigen Milchfluss und eine lange Melkdauer. Trotz der langen Melkdauer bei niedrigem Vakuum war die Auswirkung auf das Zitzengewebe geringer als während der kurzen Melkdauer bei hohem Vakuum. Durch eine Reduzierung des Vakuums in Phasen mit geringem Milchfluss (< 2kg/min) zu Beginn und am Ende des Melkens wurde die Melkleistung nicht gemindert, dafür aber die Auswirkungen auf das Zitzengewebe in erheblichem Masse reduziert. Auch eine frühe Melkzeugabnahme bei bis zu 1 kg/min trug zu einer hohen Melkleistung und zur Reduzierung der Auswirkungen auf das Zitzengewebe bei, ohne dass der Milchertrag beeinträchtigt wurde. Fazit: Die Melkleistung kann durch ein hohes Systemvakuum bis zu 50 kPa gesteigert werden. Dabei nehmen aber nicht nur der Milchfluss, sondern auch die Auswirkungen auf das Zitzengewebe zu. Diese unerwünschte Folge kann durch eine Vakuumreduzierung in Phasen mit geringem Milchfluss verhindert werden.

Des études ont été conduites pour analyser les effets du niveau de vide, de très élevé (50 kPa) à très bas (24 kPa), sur la performance de traite et l'état des trayons après la traite. Les dommages causés aux tissus des trayons se produisant principalement durant les phases où le flux de lait est faible ou inexistant en fin de traite, les effets de différents réglages du niveau de vide ont aussi été étudiés en même temps qu'une réduction du vide lorsque le flux de lait est faible, et en combinaison avec différents niveaux de décrochage des faisceaux. Un vide élevé a augmenté la performance de traite en augmentant le flux de lait et en diminuant la durée de fonctionnement de la machine. Par contre, un vide très bas a entraîné, outre un risque très élevé de glissement des manchons, un flux de lait faible et une durée de traite importante. Toutefois, malgré une durée de traite importante avec un vide bas, l'impact sur les tissus des trayons était plus faible que durant une traite courte avec un vide élevé. Une diminution du niveau de vide lorsque le flux de lait est faible (< 2 kg/min), au début et à la fin de la traite, n'a pas réduit la performance de traite mais a considérablement diminué l'impact sur les tissus des trayons. De même, un décrochage précoce des faisceaux, dès 1 kg/min, a contribué à obtenir une performance de traite élevée et à réduire l'impact sur les tissus des trayons sans aucune perte de rendement laitier. En conclusion, la performance de traite peut être augmentée avec un niveau de vide élevé jusqu'à 50 kPa. Cependant, bien que permettant un flux de lait élevé, cela augmente aussi l'impact sur les tissus des trayons. Cet effet peut être évité en diminuant le niveau de vide durant les phases de faible flux.

Studies have been conducted to investigate effects of the claw vacuum level from very high (50 kPa) to very low (24 kPa) on milking performance and teat condition after milking.

Because teat tissue damage occurs mainly during periods of low or no milk flow at the end of milking the effects of different vacuum settings were also investigated together with a vacuum reduction during low milk flow, and in combination with different cluster detachment levels. High vacuum increased the milking performance by increased milk flow and shorter machine-on time. In contrast, very low vacuum, besides the high risk of liner slips, caused low milk flow and long machine-on time. However, despite the long machine-on time at low vacuum the impact on the teat tissue was lower than during the short machine-on time at high vacuum. A vacuum reduction during periods of low milk flow (< 2kg/min) at the start and end of milking did not reduce the milking performance but reduced the impact on the teat tissue considerably. Also an early cluster detachment of up to 1 kg/min contributed to high milking performance and to reduce the impact on the teat tissue without any loss of milk yield. In conclusion, milking performance can be increased by a high claw vacuum up to 50 kPa. However, besides high milk flow has also increased impact on the teat tissue. This impact can be prevented by a vacuum reduction during periods of low milk flow.

Einleitung

Der Milchentzug mit der Melkmaschine imitiert in verschiedener Hinsicht das Saugen des Kalbes. Wesentlicher Unterschied zwischen Maschinenmelken und Saugen des Kalbs ist das Vakuum an der Zitze, das beim Melken mit ca. 40 kPa sogar viel niedriger ist als beim Kälbersaugen, dafür aber permanent anliegt. Bei jedem Schluck saugt das Kalb nicht nur, sondern drückt gleichzeitig mit dem Maul auf die Zitze und bewirkt deshalb einen Druckgradienten von über 100 kPa. Nach jedem Schluck Milch findet aber ein vollständiger Druckausgleich statt. Das vom Pulsator der Melkmaschine bewirkte zyklischen Öffnen und Schliessen des Zitzengummis bewirkt ähnlich dem Kalb einen stossweisen Milchentzug, aber keinen Druckausgleich bei geschlossenem Gummi. Beim Maschinenmelken hört der Milchfluss bei geschlossenem Gummi nur deshalb auf, weil der Strichkanal zugeedrückt wird; die Zitze, und insbesondere die vom geschlossenen Gummi nicht vollständig umfasste Zitzenspitze steht weiterhin unter Vakuum. Wegen dieses entscheidenden Unterschieds zum Saugen des Kalbes gibt es beim Maschinenmelken einiges zu beachten, um einen möglichst schonenden und vollständigen Milchentzug zu gewährleisten.

Vakuum, Melkleistung und Zitzengewebebelastung

Durch hohes Vakuum an der Zitze kann die Melkgeschwindigkeit, d.h. die Melkleistung, gesteigert werden. Gleichzeitig nimmt aber insbesondere bei hohem Vakuum von bis zu 50 kPa die Belastung des Zitzengewebes zu (Besier und Bruckmaier, 2016). Bei permanent gleich eingestelltem Systemvakuum ist das auf die Zitze einwirkende Vakuum besonders bei niedrigem oder fehlendem Milchfluss höher als während der Plateauphase des Milchflusses. Um sicherzustellen, dass auch trotz des vom Milchfluss verursachten Vakuumabfalls noch ausreichend Vakuum vorhanden ist, um die Milch aus dem Euter zu entziehen, und um insbesondere ein vollständiges Verschliessen des Zitzengummis einschliesslich der notwendigen Massagewirkung auf die Zitze zu gewährleisten, ist abhängig vom Melksystem das Vakuum an der Pumpe entsprechend hoch einzustellen. Melksysteme mit starkem Vakuumabfall durch Milchfluss (hochverlegte Melkleitung; kleiner Leitungsquerschnitt, etc.) bedingen deshalb die Einstellung eines besonders hohen Systemvakuum, das dann bei abnehmendem Milchfluss voll auf die Zitze einwirkt (Ambord und Bruckmaier, 2010; Stauffer et al., 2020). Da sich in dieser Situation gleichzeitig die Zitze während der Entlastungsphase der Pulsation nicht vollständig mit Milch füllt, ist die Haftung zwischen Zitze und Zitzengummi reduziert, das Melkzeug beginnt zu klettern, und das Gewebe wird zusätzlich stark belastet.

Wenn das jeweilige Viertel am Melkende leer wird, ist diese Situation unvermeidbar; nur durch frühe Melkzeugabnahme oder Absenkung des Vakuums kann die Belastung des Zitzengewebes reduziert werden.

Das Phänomen kann aber vorübergehend auch am Melkbeginn auftreten, wenn aufgrund ungenügender Eutervorbereitung die Milchejektion erst verzögert einsetzt, was dann entweder zu einer zweipfligen (bimodalen) Milchflusskurve führt, oder sogar zu einem völligen Blindmelken von bis zu drei Minuten (Bruckmaier und Blum, 1998; Bruckmaier und Hilger, 2001). Diese Zitzenbelastung am Melkbeginn kann durch ausreichende Vorstimulation vermieden werden, so dass durch die Ejektion der Alveolarmilch schon am Melkbeginn ein hoher Milchdruck in der Zitze aufgebaut wird (bis zu 8 kPa), und aufgrund des sofort einsetzenden Milchflusses das Vakuum an der Zitze innerhalb von wenigen Sekunden auf den Sollwert während der Plateauphase des Milchflusses abfällt. Für das Melkende mögliche Optionen zur Reduktion der Gewebelastung bei gleichzeitig hoher Melkleistung werden im nachfolgenden Kapitel dargestellt.

Vakuumreduktion bei niedrigem Milchfluss und hohe Abnahmeschwellen

Bei richtiger Einstellung entspricht das Vakuum an der Zitze während der Plateauphase des Milchflusses dem Idealwert, meistens gemäss der ISO-Empfehlung zwischen 32 und 42 kPa. Um dies zu erreichen, muss das Systemvakuum höher eingestellt werden, je nach Melksystem auf bis zu 50 kPa oder sogar darüber.

Ohne den durch Milchfluss bedingten Abfall des Vakuums am Ende der Melkung wirkt nahezu das volle Systemvakuum auf die Zitze ein. Gleichzeitig nimmt die Belastung des Zitzengewebes zu, weil der Milchdruck im Euter massiv abnimmt, und die Haftung zwischen Zitze und Zitzengummi verloren geht. Charakteristisch ist in dieser Phase auch ein schlagartiger Anstieg des Vakuums im Zitzengummikopf der Viertel, die den Milchfluss beendet haben (Odorcic et al. 2019). In der Folge kommt es kurzfristig zu Stauungen und Schwellungen der Blutgefässe und des Gewebes der Zitze (Odorcic et al. 2020), sowie zu einer übermässigen Proliferation der Keratinozyten der Epidermis, was mittelfristig zu Hyperkeratosen im Strichkanal und an der gesamten Zitzenspitze führt (Odorcic et al. 2019). In einer aktuellen Studie wurde aber klar gezeigt, dass ein Vakuum an der Zitze während der Plateauphase der Melkung von bis zu 48 kPa keine grösseren Auswirkungen auf das Zitzengewebe hat als ein niedrigeres Vakuum. Dies war aber nur der Fall, wenn bei sinkendem Milchfluss auf unter 2 kg/min das Vakuum um 7 kPa reduziert wurde (Stauffer et al. 2020). Solange im Verlauf der Melkung durch die kontinuierlich anhaltende Milchejektion die Zisternenhohlräume von Drüse und Zitze ständig vollständig nachfüllt werden (Bruckmaier et al. 1994), sind negative Effekte auf das Zitzengewebe nicht zu beobachten (Odorcic et al. 2020). Erst wenn die Entleerung der Viertel weit fortgeschritten ist, verlangsamt sich die Milchejektion und der intensive Milchentzug bei hohem Vakuum führt zu einem raschen Druckabfall in den Zisternenhohlräumen und zu einem "Overmilking" (mehr Milchentzug als die Ejektion nachliefern kann), das beim vollständigen Ende der Milchejektion in reines Blindmelken (völliges Versiegen des Milchflusses) übergeht. Experimentell konnte gezeigt werden, dass bei sinkendem Milchfluss gegen Melkende eine Unterbrechung der Melkung den Milchdruck in der Zitze erneut ansteigen lässt (Pfeilsticker et al. 1995), ein klares Indiz für ein vorangegangenes Overmilking.

Neben der Absenkung des Vakuums kann Overmilking durch hohe Abnahmeschwellen reduziert werden. Mehrere Studien haben gezeigt, dass eine Melkzeugabnahme schon zu Beginn eines steilen Abfalls des Milchflusses, d.h. bei einem Milchfluss von bis zu 1 kg/min keine nennenswerte Ertragsminderung mit sich bringt (Besier und Bruckmaier, 2016; Stauffer et al. 2020). Gleichzeitig wird die Melkleistung durch die Verkürzung der Melkzeit zusätzlich erhöht.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sehr hohe Abnahmeschwellen (oberhalb des Milchflusses einzelner Viertel) für Tiere mit ausgeprägt ungleichen Viertel-Melkzeiten nicht geeignet sind, da sie zu einem Verbleiben grösserer Milchmengen in einzelnen Vierteln führen können.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Moderne Melktechnik sollte im Rahmen des "Precision Dairy Farming" Optionen sowohl für eine Milchfluss-abhängige Vakuumsteuerung wie auch Tier-individuell einstellbare Abnahmeschwellen ermöglichen. Durch solche Optionen ist eine weitere Steigerung der Melkleistung möglich, und gleichzeitig eine Minimierung der Belastung für das Zitzengewebe. Diese Anpassungen sind ein Schritt, das Maschinenmelken der Effizienz und gleichzeitig der schonenden Art des Milchentzugs durch das saugende Kalb weiter anzunähern.

Literatur

- Ambord S, Bruckmaier RM: Milk flow-dependent vacuum loss in high-line milking systems: effects on milking characteristics and teat tissue condition. *J Dairy Sci.* 93 3588-3594, 2010.
- Besier J, Bruckmaier RM: Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 99 3096-3102, 2016.
- Bruckmaier RM, Blum JW: Oxytocin release and milk removal in ruminants. *J Dairy Sci.* 81 939-949, 1998.
- Bruckmaier RM, Hilger M: Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. *J Dairy Res.* 68 369-376, 2001.
- Bruckmaier RM, Schams D, Blum JW: Continuously elevated concentrations of oxytocin during milking are necessary for complete milk removal in dairy cows. *J Dairy Res.* 61 323-34, 1994.
- Stauffer C, Feierabend M, Bruckmaier RM; Different vacuum levels, vacuum reduction during low milk flow, and different cluster detachment levels affect milking performance and teat condition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 103 online ahead of print, 2020.
- Odorcic M, Blau U, Lofstrand J, Bruckmaier RM: Short communication: Teat wall diameter and teat tissue thickness in dairy cows are affected by intramammary pressure and by the mechanical forces of machine milking. *J Dairy Sci.* 103 884-889, 2020.
- Odorcic M, Rasmussen MD, Paulrud CO, Bruckmaier RM: Review: Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. *Animal.* 13 s94-s99, 2019.
- Pfeilsticker HU, Bruckmaier RM, Blum JW: Interruption of machine milking in dairy cows: effects on intramammary pressure and milking characteristics. *J Dairy Res.* 62 559-566, 1995.

13 Beeinflusst die Vakuümhöhe das Tierverhalten beim Melken?

Angelika Haeussermann, Daniela Meyer, Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik,
Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, Germany, ahaeussermann@ilv.uni-kiel.de

Abstract

Das Tierverhalten im Melkstand dient als Indikator für die Beurteilung des Melkvorgangs. Beeinflusst wird es durch die Umgebung, das Tier, den Mensch-Tier-Kontakt und den Melkvorgang. Ziel der Studie war es, den Melkvorgang als möglichen Einflussfaktor näher zu untersuchen. Hierfür wurde in zehn Betrieben die Hinterbeinaktivität der Milchkuhe beim Melken sowie zeitgleich der Vakuumverlauf im Melkzeug aufgezeichnet. Die Datenerhebung erfolgte je Betrieb einmal zur Morgenmelkzeit und einmal zur Nachmittagsmelkzeit, jeweils an vier Melkplätzen. Insgesamt gingen 541 Melkvorgänge in die Auswertung ein (18-46 Tiere je Melkzeit). Der Anteil Tiere, bei denen während einer Melkzeit mindestens einmal Trippeln beobachtet wurde, lag bei 70% bis 96%; Treten wurde bei 8% bis 61%, Schlagen bei 0% bis 14% der Tiere beobachtet, zur Abendmelkzeit etwas häufiger als zur Morgenmelkzeit. Tiere, die trippelten, zeigten dies im Schnitt einmal pro Minute; etwa gleich häufig in der Hauptmelkphase und der sich anschließenden Melkphase mit niedrigem Milchfluss. Tiere, die getreten oder geschlagen haben, zeigten dies im Schnitt 0,5 Mal pro Minute und häufiger in der Phase mit niedrigem Milchfluss, die durch ein höheres Vakuum im Sitzgummikopf gekennzeichnet ist. Treten oder Schlagen trat folglich im Schnitt bei einem höheren Vakuum an der Zitzenbasis auf als Trippeln. Unklar bleibt ob die Vakuumhöhe der Auslöser für das gezeigte Verhalten ist. Insbesondere Betriebe mit einem Anteil an erstlaktierenden Kühen von 35% und mehr und/oder einer hochverlegten Melkleitung hatten ein höheres Risiko für Treten oder Schlagen entweder zum Ende des Melkvorgangs, also in der Phase mit hohem Vakuum, oder über den kompletten Melkvorgang hinweg.

Le comportement des animaux dans la salle de traite sert d'indicateur pour l'évaluation du processus de traite. Il est influencé par l'environnement, l'animal, le contact animal-humain et le processus de traite. L'objectif de l'étude était d'examiner de plus près le processus de traite en tant que facteur d'influence potentiel. Pour cela, l'activité des pattes arrière des vaches laitières ainsi que les niveaux de vide dans le faisceau trayeur ont été relevés durant la traite dans dix exploitations. Pour chaque exploitation, les données ont été collectées à quatre postes de traite, une fois lors de la traite du matin et une fois lors de la traite du soir. Au total, 541 traites ont été évaluées (18 à 46 animaux par séquence de traite). Du piétinement a été observé au moins une fois durant une séquence de traite sur 70 à 96 % des animaux, le pourcentage de ceux qui ont levé le pied a oscillé entre 8 et 61 % et celui de ceux qui ont donné des coups de pied entre 0 et 14 % ; la fréquence a été un peu plus élevée lors de la traite du soir que lors de celle du matin. Les animaux qui ont piétiné ont présenté ce comportement en moyenne une fois par minute ; cette fréquence a été à peu près identique durant la phase de traite principale et la phase de traite qui lui succède, durant laquelle le débit de lait est faible. Les animaux qui ont levé le pied ou donné des coups de pied ont présenté ce comportement en moyenne 0,5 fois par minute et plus fréquemment durant la phase où le débit de lait est faible, qui se caractérise par un vide plus important dans la tête du manchon trayeur. Par conséquent, le fait de lever le pied ou de donner des coups de pied, par rapport au piétinement, s'est manifesté en moyenne lorsque le vide était plus élevé à la base du trayon. On ne peut cependant pas clairement établir que le niveau de vide soit la cause du comportement observé.

Les exploitations avec un pourcentage de primipares de 35 % voire plus ou qui possèdent un lactoduc en ligne haute, notamment, ont un risque plus élevé que les animaux lèvent le pied ou donnent des coups de pied, soit à la fin de la traite, c'est-à-dire durant la phase où le vide est élevé, soit durant toute la traite.

Animal behaviour in the milking parlour serves as an indicator for evaluating the milking process. It is influenced by the surroundings, the animal, the human-animal contact and the milking process itself. The study was designed to look into the milking process as a possible influencing factor. To this end, dairy cows' hind leg activity during milking and simultaneously during the vacuum process in the milking cluster was recorded for ten dairy farms. Data were collected at each farm once during the morning milking and once during the afternoon milking, in each case at four milking stalls. In all, 541 milking processes were entered in the evaluation (18-46 cows for each milking). The share of dairy cows that shuffled at least once during milking was 70-96%; the share for leg lifting was 8-61%, and the share for kicking was 0-14% of the animals, with a somewhat higher tendency during evening milking than during morning milking. Cows that shuffled did so on average once a minute, at about the same frequency during the main milking phase and the following milking phase with low milk flow. Cows that lifted legs or kicked did so on average 0.5 times per minute and did so more frequently during the phase with lower milk flow, which is characterised by a higher vacuum in the liner head. Consequently, with a higher vacuum at the teat base, leg lifting or kicking tended to be more frequent than shuffling. It is not clear whether the vacuum level triggered the behaviour observed. In particular, dairy farms with 35% or more of cows in first lactation and/or high-line milking systems are at higher risk of leg lifting or kicking, either at the end of milking, that is, during the high-vacuum phase, or during the entire milking process.

Einleitung

Für die Beurteilung des Melkvorgangs stehen je nach Zielsetzung unterschiedliche Indikatoren zur Verfügung. Vor allem Milchflussmessungen, die Eutergesundheit und die Bonitierung der Zitzenbeschaffenheit wurden in der Vergangenheit häufig für die Überprüfung der Melkroutinen, der Melkanlagenausstattung und/oder -einstellung herangezogen. In den letzten Jahren wurde zudem die Aufzeichnung von Vakuumverläufen beim Melken weiterentwickelt. Ergänzend zu den oben genannten Indikatoren, kann das Tierverhalten beim Melken wichtige Informationen zur Verbesserung des Melkvorgangs liefern. Neben der Wiederkauaktivität, der Kopf- oder Ohrpositionen und Ausscheidungen eignet sich in diesem Zusammenhang insbesondere die Hinterbeinaktivität als Indikator, da sie eine direkte und schnelle Reaktion auf unangenehme und/oder schmerzhaft einflüsse darstellt. Das Ziel der aktuellen Studie war es, zu untersuchen ob es einen Zusammenhang zwischen der Vakuumhöhe an der Zitze und der Art und Häufigkeit der beobachteten Hinterbeinaktivität gibt.

Material und Methoden

Die Beobachtung der Hinterbeinaktivität beim Melken wurde in zehn Betrieben jeweils einmal zur Morgen- und einmal zur Nachmittagsmelkzeit durchgeführt. Alle Betriebe waren mit Gruppenmelkständen ausgestattet (Tab. 1). In vier Melkständen war die Melkleitung oberhalb der Standfläche der Kühe angebracht (halbhoch verlegte Melkleitung). Der Melkstandtyp, die Anzahl Melkplätze und die Einstellung des Pulsators als Wechsel- oder Gleichtakt ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Melkanlagen wurden mit 60 Pulszyklen pro Minute und einem Phasenverhältnis von 60:40 bzw. 65:35 betrieben. Das Betriebsvakuum lag in Melkanlagen mit tiefverlegter Melkleitung bei 40-44 kPa, in Melkanlagen mit halbhochverlegter Melkleitung bei 45-46 kPa (Tab. 2). Die Anzahl beobachteter Kühe je Melkzeit, die Herdengröße und der Anteil erstlaktierender Kühe in der Herde sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Ausgewählte Kennwerte der Herden und Melkstandbauformen der Betriebe, in denen die Hinterbeinaktivität der Kühe beim Melken beobachtet wurde

Be- trieb ¹	Herden- größe	beobachtete Kühe (n) (früh - spät) ²	Melkstandtyp ³ & -größe	Anbringung Melkleitung ⁴	Einstellung Pulsation ⁵	Anteil 1. Laktation ⁶
I	140	24 - 31	FGM 2x8	tief	WT	29%
II	194	26 - 32	FGM 2x12	tief	WT	32%
III	430	46 - 43	FGM 2x12	tief	WT	28%
IV	390	32 - 34	SbS 2x20	hoch	GT	31%
V	190	26 - 25	SbS 2x12	tief	WT	38%
VI	181	21 - 18	SbS 2x12	tief	WT	29%
VII	210	19 - 21	SbS 2x16	hoch	GT	33%
VIII	247	33 - 27	SbS 2x12	tief	GT	35%
IX	112	(4) ⁷ - 22	FGM ^{SO} 2x16	hoch	GT	40%
X	248	28 - 33	SbS ^{SO} 2x20	hoch	GT	40%

¹ aufsteigend sortiert nach dem Anteil an Tieren, die mindestens einmal Treten oder Schlagen gezeigt haben

² früh: Morgenmelkung, spät: Nachmittag-/Abendmelkung; ³ FGM: Fischgräte, SbS: Side-by-Side, SO: Swing-Over;

⁴ tief: unterhalb Standfläche der Kuh, hoch: oberhalb Standfläche der Kuh; ⁵ WT: Wechseltakt, GT: Gleichtakt;

⁶ Anteil erstlaktierender Kühe in der Herde; ⁷ Werte aufgrund der geringen Tierzahl nicht in der Auswertung enthalten

In jedem Melkdurchgang wurden vier Kühe auf vier nebeneinander liegenden Melkplätzen zeitgleich beobachtet. Je nach Anzahl laktierender Kühe in der Herde und Größe des Melkstands wurden so Daten von 18 bis 46 Kühen je Melkzeit erhoben. Aufgrund der geringen Anzahl beobachteter Kühe in der Morgenmelkung in Betrieb IX ist diese Melkung in der Auswertung nicht berücksichtigt (Tab. 1). Die Beobachterin positionierte sich jeweils hinter den vier Kühen mit freier Sicht auf die Hinterbeine. Die Art und der Zeitpunkt der Hinterbeinaktivität wurde mit Hilfe eines Tablet-PCs und einer hierfür entwickelten Software festgehalten. Hinterlegt waren die Eingabemöglichkeiten Trippeln, Treten, Schlagen, Lufteinbruch, Aktion Melker, Reaktion Tier, Sonstiges. Diese Eingaben wurden mit einem exakten Zeitstempel der jeweiligen Kuh zugeordnet. Die Hinterbeinaktivitäten waren wie folgt definiert:

- Trippeln: Anheben eines oder beider Hinterbeine nacheinander um bis zu 15 cm über die Standfläche. Die Klaue muss den Boden komplett verlassen haben.
- Treten: Anheben eines oder beider Hinterbeine um mehr als 15 cm über die Standfläche
- Schlagen: gezieltes, kraftvolles Treten mit hoher Geschwindigkeit in Richtung Melkzeug oder Melker

Da Schlagen eher selten beobachtet wurde, wurden die beiden Hinterbeinaktivitäten Treten und Schlagen in der späteren Auswertung in eine Kategorie „TretSchlagen“ zusammengefasst.

Für die Aufzeichnung des Vakuumverlaufs während des Melkens waren die vier Melkzeuge an den beobachteten Melkplätzen mit Vakuummessgeräten für Milking-Time-Tests (VaDia 2.0, BioControl AS, Norwegen) ausgestattet. Die Datenaufzeichnung erfolgte an vier Messpunkten am Melkzeug mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,2$ kPa und einer Messfrequenz von 200 Hz. Erfasst wurde die Vakuumhöhe im kurzen Pulsschlauch, im kurzen Milchschauch und im Zit-zengummkopf des rechten Hinterviertels sowie im Zit-zengummkopf des rechten Vorderviertels.

Die Datenaufzeichnung diente der Ermittlung der Vakuumbreite sowie der Einteilung der Melkphasen mit Hilfe des Vakuumverlaufs. Die Einteilung der Melkphasen und zeitliche Zuordnung der beobachteten Hinterbeinaktivität zum Vakuumkurvenverlauf ist in Abbildung 1 exemplarisch am Beispiel einer Kuh dargestellt.

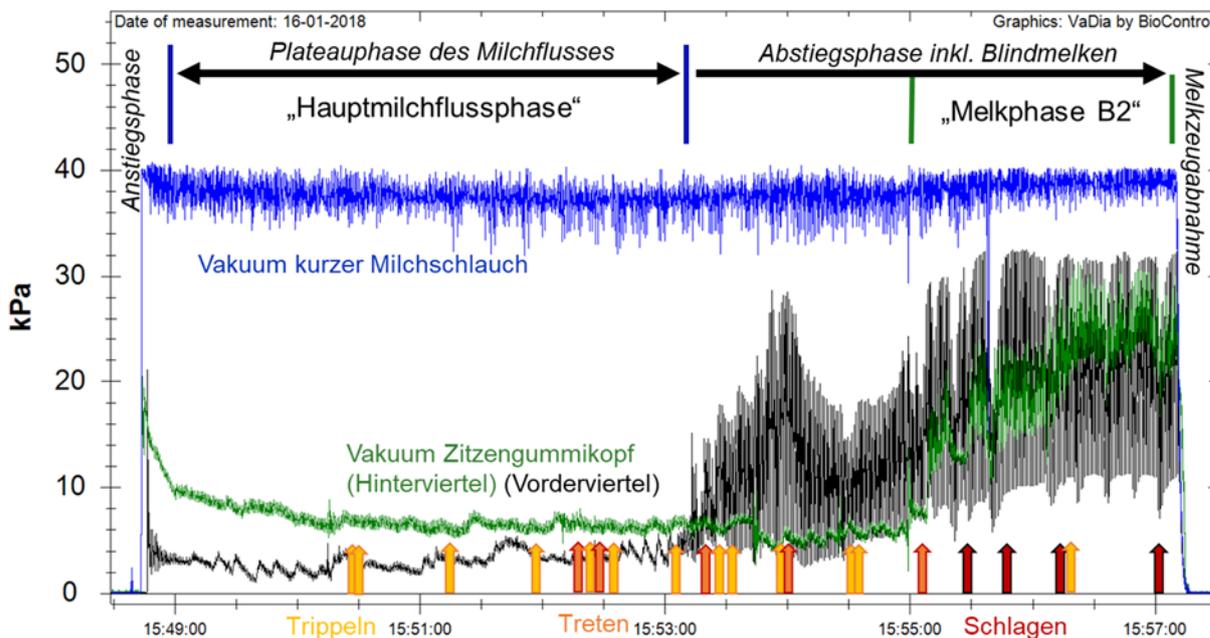


Abb. 1: Exemplarischer Vakuumkurvenverlauf im Melkzeug: Einteilung der Melkphasen und zeitliche Zuordnung der beobachteten Hinterbeinaktivitäten

(Betrieb I, Kurventyp 1, mittleres Vakuum im kurzen Milchschauch: 38 kPa, im Zitzengummikopf (Hinterviertel) in der Melkphase B2: 19 kPa, Dauer „Melkphase B2“: 134 s, Frequenz Hinterbeinaktivität: Trippeln: 1,5 min⁻¹ (Melkung gesamt), Tretten/Schlagen: 0,5 min⁻¹ (Hauptmilchflussphase) bzw. 2,2 min⁻¹ (Melkphase B2).

Die Hauptmilchflussphase ist durch ein stabiles und mehr oder weniger verringertes Vakuum im kurzen Milchschauch und im Zitzengummikopf des Vorder- und Hinterviertels gekennzeichnet. Der abrupte Anstieg der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf des Vorder- oder Hinterviertels kennzeichnet das Ende der Hauptmilchflussphase. In einer Milchflusskurve wäre ab hier ein sinkender, später versiegender Milchfluss erkennbar (Abstiegsphase und/oder Blindmelken). Mit dem abrupten Anstieg der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf des zweiten gemessenen Viertels beginnt die Melkphase B2 (Abb. 1). In dieser Phase wäre der Milchfluss bei einer Messung der Milchflusskurve an mindestens einem Vorder- und mindestens einem Hinterviertel so niedrig, dass sich die Zitzenzisterne innerhalb eines Pulszyklus nicht mehr ausreichend mit Milch füllt (Ronningen, 2017). Die Einteilung der Melkphasen erfolgte grundsätzlich mit Hilfe der Software „VaDia Suite“ (BioControl AS, Norwegen). Die von der Software gesetzten Marker wurden hierbei manuell korrigiert, wenn sie erkennbar nicht korrekt gesetzt waren. Vakuumkurven, bei denen Beginn und Ende der Melkphasen visuell deutlich erkennbar waren, wurden als Kurventyp 1 gekennzeichnet. Der Anteil des Kurventyp 1 an allen Vakuumkurven eines Betriebs lag bei 65-96 % (Tab. 2). Darüber hinaus wurden Vakuumkurven als „bimodal“ notiert, wenn bereits zu Melkbeginn ein abrupter Anstieg der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf mit nachfolgender Hauptmilchflussphase erkennbar war.

Für die Auswertung der Daten wurden die Vakuummesswerte über den Melkvorgang, die einzelnen Melkphasen und über Zeitfenster von 3 s zum Zeitpunkt einer beobachteten Hinterbeinaktivität gemittelt. Ausgewertet wurde der Anteil Tiere, bei denen eine Hinterbeinaktivität beobachtet wurde, die Art der Hinterbeinaktivität und die Frequenz (Häufigkeit pro min) mit der diese innerhalb einer Melkphase oder über den gesamten Melkvorgang gezeigt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Die im kurzen Milchschauch gemessene Vakuumhöhe lag je nach Melkanlagenausstattung in der Hauptmilchflussphase im Mittel um 3 kPa bis 11 kPa unter dem Betriebsvakuum (Tab. 2). Die mittlere Vakuumhöhe im kurzen Milchschauch, 35 kPa bis 38 kPa, lag somit in allen Melkanlagen innerhalb des in der DIN ISO 5707 (2010) empfohlenen Bereichs für einen zügigen und schonenden Milchentzug. Ebenfalls unauffällig war die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf in der Hauptmilchflussphase mit 13 kPa bis 19 kPa im Zitzengummikopf des Hinterviertels in sieben von zehn Betrieben. Lediglich die drei Betriebe IV, VII und X wiesen mit 23 kPa bis 26 kPa bereits in dieser Phase ein leicht erhöhtes Vakuum im Zitzengummikopf des Hinterviertels auf. Empfehlungen für die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf in der Hauptmilchflussphase reichen von 5 kPa bis 20 kPa (Bepro AG, 2008) bzw. 10 kPa bis 30 kPa (Rønningen & Rasmussen 2008; Rønningen, 2017). Newman et al. (1991) beobachteten Unruhe und Schlagen in Richtung Melkzeug gegen Ende des Melkvorgangs ausschließlich bei Vakuumhöhen im Zitzengummikopf von über 23 kPa in der Hauptmilchflussphase und in Zusammenhang mit Ödemen an der Zitzenbasis. In der Melkphase B2 stieg die mittlere Vakuumhöhe im Zitzengummikopf erwartungsgemäß in allen Betrieben auf Werte von 20 kPa und höher (Tab. 2). Die höchsten Werte, 26 kPa bis 33 kPa, wiesen erneut die Betriebe IV, VII und X sowie der Betrieb III auf. In diesen vier Betrieben wurde Treten und Schlagen durchaus mit einer mittleren bis hohen Frequenz gezeigt und zum Teil auch bei einem hohen Anteil an Kühen, sie waren aber nicht die einzigen Betriebe für die dies zutraf (Tab. 3). Die Dauer der Melkphase B2 variierte im Mittel zwischen 50 s in Betrieb II und 118 s in Betrieb X. Die beiden Betriebe mit dem niedrigsten Schwellenwert für die Melkzeugabnahme von 200 ml min^{-1} hatten mit 111 s und 118 s erwartungsgemäß auch die längste Dauer der Melkphase B2. Die kürzesten Melkphase B2 war in Melkanlagen mit einem Schwellenwert für die Melkzeugabnahme von 300 ml min^{-1} zu finden. Höhere Schwellenwerte für die Melkzeugabnahme gingen dagegen mit einer mittleren Dauer der Melkphase B2 einher (Tab. 2).

Tab. 2: Ausgewählte Kennwerte zur Einstellung der Melkanlage und zum Vakuumverlauf der Betriebe, in denen die Hinterbeinaktivität der Kühe beim Melken beobachtet wurde

Be- trieb ¹	Betriebsva- kuum [kPa]	Vakuumhöhe kur- zer Milchschauch [kPa] ²	Anteil Kur- ventyp 1 [%]	Vakuumhöhe Zitzengummi- kopf [kPa] ³	Dauer Melkphase B2 ⁴ [s]	Melkzeugab- nahme [ml min ⁻¹]
I	40	36,7	87	21,3	81	300
II	42	38,1	85	22,0	50	300
III	44	36,0	69	26,3	99	300
IV	46	34,6	71	28,2	86	480
V	42	35,2	77	22,1	56	300
VI	43	37,6	82	19,8	111	200
VII	45	37,4	65	27,1	69	350
VIII	42	36,4	82	24,4	99	300
IX	45	36,5	96	21,5	70	400
X	46	34,6	66	33,4	118	200

¹ aufsteigend sortiert nach dem Anteil an Tieren, die mindestens einmal Treten oder Schlagen gezeigt haben; ² mittlere Vakuumhöhe im kurzen Milchschauch in der Hauptmilchflussphase; ³ mittlere Vakuumhöhe im Zitzengummikopf des Hinterviertels in der Melkphase B2; ⁴ mittlere Dauer der Melkphase B2

Die Hinterbeinaktivität Trippeln wurde ja nach Betrieb bei 73% bis 92% der Tiere beobachtet, Treten bei 13% bis 57% und Schlagen bei 0% bis 14% (Tab. 3). Betriebe mit einem höheren Anteil an erstlaktierenden Kühen (> 33%), mit halbhochverlegter Melkleitung und mit Side-by-Side Melkständen wiesen im Mittel auch einen höheren Anteil an Tieren auf, bei denen Treten oder Schlagen beobachtet wurde. Da diese drei potentiellen Einflussfaktoren häufig innerhalb derselben Betriebe verknüpft waren (vgl. Tab. 1), sollten weitergehende Untersuchungen zeigen, in welchem Maße und mit welcher Sicherheit sie eine Ursache für Treten oder Schlagen darstellen. Statistisch nachweisbar war der Unterschied der Vakuumhöhe im Zitzengummikopf in Zusammenhang mit der beobachteten Art der Hinterbeinaktivität. Die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf lag bei einem Treten oder Schlagen im Mittel um etwa 3 kPa bis 4 kPa über der Vakuumhöhe bei einem Trippeln. Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) ergab sich sowohl für den gesamten Melkvorgang als auch für die Melkphase B2, nicht aber für die Hauptmilchflussphase. Die Vakuumhöhe im Zitzengummikopf scheint somit vor allem gegen Ende des Melkvorgangs die Art der Hinterbeinaktivität mit zu beeinflussen. Sie stellt somit einen bedeutenden aber nicht den alleinigen Einflussfaktoren auf die Art und Frequenz der Hinterbeinaktivität dar. So wurden in der aktuellen Studie bei Kühen, die Treten oder Schlagen zeigten, auch häufiger ausgeprägte Hyperkeratosen festgestellt (Ergebnisse hier nicht dargestellt). Fogsgaard et al. (2015) und Cerqueira et al. (2017) stellten bei Tieren mit klinischen Eutererkrankungen bzw. hohen Zellzahlen vermehrtes Treten und/oder Schlagen beim Melken fest. Rousing et al. (2004) stellen Schlagen und Treten eher mit Schmerzen verursacht zum Beispiel durch Zitzenverletzungen in Zusammenhang, wohingegen Trippeln ein generelles Unwohlbefinden widerspiegelt und vermehrt bei jüngeren und hochleistenden Kühen oder Kühen mit Angst vor Personen auftritt.

Die Frequenz, mit der Treten oder Schlagen bei Tieren, die dieses Verhalten mindestens einmal gezeigt hatten, beobachtet wurde, variierte zwischen 0,2 und 0,8-mal pro Minute in der Hauptmilchflussphase und zwischen 0,2 und 1,1-mal in der Melkphase B2 bzw. 2,2-mal in einem der Betriebe (Tab. 3). Sie war je nach Betrieb höher in der Hauptmilchflussphase oder zum Ende des Melkvorgangs hin, im Mittel jedoch etwas häufiger in der Melkphase B2 ($p < 0,01$). Über die gesamte Melkung betrachtet variierte die mittlere Tret-/Schlag-Frequenz der Betriebe zwischen 0,28 und 0,75-mal pro Minute und lag somit in einem Bereich den Kutzer et al. (2015) bei erstlaktierenden Kühen beobachtet hatten. Die vier Betriebe mit den höchsten Tret-/Schlag-Frequenzen, 0,54 bis 0,75-mal pro Minute, waren dabei Betriebe mit halbhochverlegter Melkleitung und/oder einem sehr hohen Anteil an erstlaktierenden Kühen.

Tab. 3: Anteil der beobachteten Tiere je Betrieb, die die jeweilige Hinterbeinaktivität mindestens einmal während des Melkvorgangs gezeigt haben und Häufigkeit, mit der Treten oder Schlagen („TretSchlagen“) von diesen Tieren gezeigt wurde

Be- trieb ¹	Anteil Tiere [%] mit gezeigtem Verhalten			Frequenz TretSchlagen ² [$\text{min}^{-1} \text{Tier}^{-1}$]		
	Trippeln	Treten	Schlagen	Melkung, gesamt	Hauptmilch- flussphase	Melkphase B2
I	87	13	4	0,36	0,16	0,85
II	90	17	3	0,28	0,33	0,18
III	84	18	1	0,45	0,41	0,33
IV	77	21	6	0,48	0,45	0,84
V	82	26	8	0,54	0,34	2,21
VI	92	36	0	0,49	0,52	0,49
VII	83	48	3	0,75	0,60	1,09
VIII	87	47	5	0,30	0,23	0,32
IX	73	55	14	0,75	0,77	0,77
X	84	57	10	0,56	0,60	0,41

¹ aufsteigend sortiert nach dem Anteil an Tieren, die mindestens einmal Treten oder Schlagen gezeigt haben;

² Treten oder Schlagen („TretSchlagen“). Die errechnete Frequenz bezieht sich nur auf die Tiere, die eine der beiden Verhaltensweisen mindestens einmal während des Melkvorgangs gezeigt haben.

Fazit

Die Hinterbeinaktivität Trippeln wurde ja nach Betrieb bei 73% bis 92% der Tiere beobachtet, Treten bei 13% bis 57% und Schlagen bei 0% bis 14% der Tiere. Betriebe mit halbhochverlegter Melkleitung und/oder einem hohen Anteil an erstlaktierenden Kühen waren tendenziell auch die Betriebe mit einem höheren Anteil an Tieren, bei denen Treten oder Schlagen beobachtet wurde, und die zudem dieses Verhalten mit einer höheren Frequenz von bis zu 0,75-mal pro Minute des Melkvorgangs zeigten. Insgesamt hatte keiner der hier untersuchten Messwerte der Vakuumaufzeichnung einen nachweisbaren Einfluss auf die Frequenz der Hinterbeinaktivitäten Trippeln, Treten oder Schlagen.

Ein signifikanter Unterschied bestand jedoch in der Vakuumbreite im Zitzengummikopf während der Hinterbeinaktivität Trippeln im Vergleich zum Treten oder Schlagen. Dies könnte einen Hinweis darauf sein, dass die Vakuumbreite im Zitzengummikopf die Art der gezeigten Hinterbeinaktivität beeinflusst. Um externe Einflüsse von Seiten der Betriebe, wie Eutergesundheit oder Tier-Mensch-Beziehung, so gering wie möglich zu halten, sollten Untersuchungen zum Einfluss der Vakuumbreite auf das Tierverhalten zukünftig möglichst unter kontrollierten Versuchsbedingungen durchgeführt werden.

Literatur

- Bepro AG (2008): MilkoTest MT52 Benutzerhandbuch. Bilgery Engineering und Produktion, Bepro AG, Göttingen
- Cerqueira, J.O.L., Araújo, J.P.A., Blanco-Penedo, I., Cantalapiedra, J., Sørensen, J.T., Niza-Ribeiro, J.J.R. (2017): Relationship between stepping and kicking behavior and milking management in dairy cattle herds. *Journal of Veterinary Behavior* 19, 72-77
- DIN ISO 5707 (2010): Melkanlagen – Konstruktion und Leistung (ISO 5707:2007). DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- Fogsgaard, K. K., Bennedsgaard, T. W. , Herskin, M. S. (2015): Behavioral changes in freestall-housed dairy cows with naturally occurring clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 98 :1730–1738
- Kutzer, T., Steilen, M., Gygax, L., Wechsler B. (2015): Habituation of dairy heifers to milking routine—Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking. *J. Dairy Sci.* 98:5241–5251
- Newman, J. A.; Grindal, R. J.; Butler, M. C. 1991: Influence of liner design on mouthpiece chamber vacuum during milking. *Journal of Dairy Research* 58, 21–27.
- Rønningen, O., 2017. Milking time tests – a tool for milking advisory services. 6. Tänniker Melktechniktagung Aspekte zur Optimierung der maschinellen Milchgewinnung. *Agroscope Science* 45
- 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 S.
- Rousing, T.; Bonde, M.; Badsberg, J. H.; Sørensen, J. T. (2004): Stepping and kicking behaviour during milking in relation to response in human-animal interaction test and clinical health in loss housed dairy cows. *Livestock Production Science* (88), S. 1–8.

14 Untersuchungen zur Rhythmizität und zur Melatoninkonzentration von Milchkühen auf den Betrieben mit automatischem Melksystem

Patricia Fuchs¹, Felix Adrion¹, Abu Zar Md. Shafiullah¹, Rupert Bruckmaier²,
Christina Umstätter¹

¹Agroscope, Forschungsgruppe Automatisierung und Arbeitsgestaltung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen. Kontakt: felix.adrion@agroscope.admin.ch

²Universität Bern, Abt. Veterinär-Physiologie, Vetsuisse Faculté, Bremgartenstr. 109a, CH-3001 Bern

Abstract

Jeder tierische Organismus verfügt über eine innere Uhr, die durch den Wechsel von Photo- und Skotoperiode im Tag-Nachtrhythmus der Erde ständig justiert wird. Auch der Schlaf-Wach-Rhythmus wird in Abhängigkeit der Photoperiode in einem tagesperiodischen Verlauf durch das Hormon Melatonin gesteuert. Für eine Synchronisation mit der Umwelt als Taktgeber streben Tiere möglichst konstante ultra- und circadiane Aktivitätsrhythmen an. Studien zeigen, dass Tiere in extensiver Haltung zumeist eine hohe Rhythmizität ausbilden und dass äußere Störungen und Krankheitsereignisse die Rhythmizität der Tiere vermindern können. Ziele dieser Pilotstudie waren deshalb, 1.) zu untersuchen, ob Milchkühe in einem Haltungssystem mit Automatischem Melksystem ultra- und circadiane Rhythmen ausbilden können, 2.) mögliche Einflussfaktoren auf die Rhythmizität zu finden und 3.) einen Zusammenhang zwischen der Rhythmizität und dem Melatoninhaushalt der Kühe zu untersuchen. Auf vier Schweizer Praxisbetrieben wurde über 28 Tage die Aktivität von je 10 Kühen aufgezeichnet und über 24 Stunden in 3-stündigen Intervallen Speichelproben zur Bestimmung der circadianen Melatoninprofile genommen. Die Konstanz der ultra- und circadianen Rhythmen wurde mit dem leistungsbezogenen Kopplungsgrad (DFC) aus den Aktivitätsdaten in gleitenden 7-Tages-Perioden ermittelt. Die Hälfte aller DFC-Werte lag über einem Wert von 0.7 (Wertebereich zwischen 0 und 1). Dies zeigte, dass die Kühe prinzipiell Aktivitätsrhythmen ausbilden konnten. Allerdings wies der DFC bei der Mehrzahl der Tiere eine hohe Varianz auf. Die Höhe des DFC hing signifikant mit der Verteilung der Aktivität zwischen Tag und Nacht, dem Aktivitätsniveau, der Variabilität der Aktivität und des Melkintervalls sowie der Länge des Melkintervalls zusammen. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe des DFC und der Tag-Nacht-Differenz der Melatoninkonzentration im Speichel konnte nicht gefunden werden. Diese Pilotstudie zeigt gleichermaßen Bedarf und Potential für Forschung zur Rhythmizität als möglichen Indikator für das Wohlbefinden und die Wirkung einzelner Einflussfaktoren.

Chaque organisme animal dispose d'une horloge interne qui est constamment ajustée aux changements de photopériode et de scotopériode dans le rythme jour-nuit de la Terre. L'alternance sommeil-veille est aussi pilotée par la mélatonine dans un rythme journalier en fonction de la photopériode. Pour se synchroniser avec l'environnement, qui joue un rôle de métronome, les animaux tendent vers des rythmes d'activité ultradiens et circadiens les plus constants possibles. Des études montrent que les animaux d'élevage extensif adoptent généralement une rythmicité élevée et que des perturbations externes ou des épisodes de maladies peuvent diminuer celle-ci. Les objectifs de cette étude pilote étaient donc : 1.) d'évaluer si les vaches laitières détenues dans un système comportant une installation de traite automatique parviennent à adopter des rythmes ultradiens et circadiens ; 2.) d'identifier d'éventuels facteurs influençant cette rythmicité ; et 3.) d'examiner la relation entre la rythmicité et le métabolisme de la mélatonine.

L'activité de 10 vaches à chaque fois a été observée sur quatre exploitations suisses durant 28 jours et des échantillons de salive ont été prélevés dans des intervalles de 3 heures durant 24 heures pour déterminer les profils circadiens de la mélatonine. La constance des rythmes ultradiens et circadiens a été déterminée au moyen du degré de couplage fonctionnel (DFC) issu des données d'activité sur des périodes glissantes de 7 jours. La moitié des valeurs DFC étaient supérieures à 0,7 (fourchette comprise entre 0 et 1), ce qui indique que les vaches ont en principe pu adopter des rythmes d'activité. Toutefois, le DFC présentait une variance élevée chez la plupart des animaux. Le niveau de la valeur DFC était significativement corrélé avec la répartition des activités entre le jour et la nuit, le niveau d'activité, la variabilité de l'activité et l'intervalle de traite ainsi que la longueur de l'intervalle de traite. Aucune corrélation entre le niveau de la valeur DFC et la différence de concentration en mélatonine dans la salive entre le jour et la nuit n'a été constatée. Cette étude pilote montre autant un besoin qu'un potentiel pour des recherches sur la rythmicité en tant qu'indicateur possible du bien-être et l'impact de différents facteurs d'influence.

Every animal organism has an inner clock which is constantly adjusted via changes in the photoperiod and scotoperiod in the earth's day and night cycles. Even the sleep-wake rhythm is guided in function of the photoperiod in a circadian process through the hormone melatonin. To achieve synchronisation with this time clock, animals try to observe highly constant ultradian and circadian activity rhythms. Studies show that animals in extensive farming generally develop high rhythmicity and that external disturbances and illness can reduce animals' rhythmicity. Consequently, the pilot study aimed to (1) determine whether dairy cows in a husbandry system with automatic milking systems could develop ultradian and circadian rhythms; (2) identify factors that could affect rhythmicity; and (3) investigate the relationship between the cow's rhythmicity and its melatonin balance. The activity of ten cows each on four Swiss dairy farms was recorded for 28 days, and saliva samples were taken at 3-hourly intervals over 24 hours to determine the circadian melatonin profile. The constancy of ultradian and circadian activity rhythms was determined using the performance-related degree of coupling (DFC) with the activity data in sliding 7-day periods. Half of all DFC values were above 0.7 (value range between 0 and 1), which showed that the cows were in principle capable of developing activity rhythms. However, the DFC displayed a high level of variation with most cows. DFC levels were highly correlated with the distribution of activity between day and night, activity level, variability of activity, milking intervals and the length of milking intervals. It was not possible to find a link between DFC levels and the day-night difference in melatonin concentration in saliva. This pilot study shows both the need and potential for research on rhythmicity as a possible indicator for animal well-being, and the effect of individual factors.

Einleitung und Zielsetzung

Biologische Rhythmen, wie das Ruhe- und Aktivitätsverhalten, die Futteraufnahme oder die Regulierung des Hormons Melatonin, werden endogen in Abhängigkeit des Tag-Nacht-Zyklus und der veränderlichen Photoperiode der Umwelt durch den suprachiasmatischen Nucleus (SCN) im Hypothalamus gesteuert (Dickmeis 2009; Piccione and Caola 2002; Plaut and Casey 2012; Vir Singh and Kumar 2018). Melatonin, das den Schlaf-Wach-Rhythmus eines Organismus reguliert, wird unter Einfluss von Licht gehemmt und folgt daher einem tagesperiodischen Verlauf mit niedrigen Konzentrationen während des Tages und hohen Konzentrationen während der Nacht (Amaral and Cipolla-Neto 2018; Dahl, Buchanan, and Tucker 2000; Werner et al. 2018). Der in der Natur vorherrschende Rhythmus ist der zirkadiane Rhythmus mit einer ungefähr 24-stündigen Periodizität. Rhythmen mit einer Periodendauer von weniger als 24 Stunden werden als ultradiane Rhythmen bezeichnet (Piccione and Caola 2002). Die Aktivitätsrhythmen von Tieren in extensiven Haltungssystemen und Wildtierhabitaten wurden bereits in vergangenen Studien untersucht.

Es hat sich gezeigt, dass Tiere in extensiver Haltung einen kontinuierlichen Aktivitätsrhythmus ausbilden können (Jacobs and Siegford 2012; Nunes Marsiglio Sarout et al. 2018). Insbesondere Wiederkäuer halten einen konstanten Futteraufnahme- und Wiederkäu-Rhythmus ein, um einen stetigen Strom am Nährstoffen für den Verdauungstrakt bereitzustellen (Scheibe et al. 1999). Einerseits ist die Stabilität dieser Tagesrhythmen entscheidend für die Aufrechterhaltung der körperlichen Funktionen und schließlich für die Gesunderhaltung des Organismus (Steinhardt 2001). Andererseits können Krankheit, Stress oder auch äussere Störungen negativ auf die Rhythmik der Tiere wirken (Berger 2011; Berger et al. 2003; Nunes Marsiglio Sarout et al. 2018; Scheibe et al. 1999). Während Tiere in extensiven Haltungssystemen einem deutlichen Aktivitätsrhythmus folgen (Jacobs and Siegford 2012; Nunes Marsiglio Sarout et al. 2018), ist über den Rhythmus intensiv gehaltener Tiere unter dem Einfluss des Menschen, z.B. von Nutz- und Zootieren, wenig bekannt (Berger 2011).

Es wurde bisher kaum untersucht, wie sich Haltungssysteme mit automatischem Melksystem (AMS) auf die ultra- und zirkadianen Aktivitätsrhythmen von Milchkühen auswirken. Sowohl positive Einflüsse, beispielsweise durch die freie Einteilung des Tages durch die Tiere als auch negative Einflüsse durch externe Störungen, wie beispielsweise nächtliches Licht im Wartebereich des AMS, sind denkbar. Erste Hinweise ergaben sich aus einer Studie von Wechsler et al. (2012), die einen negativen Zusammenhang zwischen der Melatoninkonzentration von Kühen in Haltungssystemen mit AMS und dem Auftreten von Nachtmelkungen feststellten. Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher eine Pilotstudie zu ultra- und zirkadianen Aktivitätsrhythmen von Kühen auf Betrieben mit automatischem Melksystem und freiem Kuhverkehr durchgeführt. Um die Konstanz dieser Rhythmen zu bestimmen, wurde der leistungsbezogene Kopplungsgrad (DFC = Degree of Functional Coupling) nach Scheibe et al. (1999) berechnet. Es wurde untersucht, ob die ausgewählten Kühe einen ultra- und zirkadianen Aktivitätsrhythmus entwickeln konnten und ob die Ausprägung der Rhythmen mit bestimmten tierbezogenen Parametern (z.B. Laktationstag, Anzahl der Laktationen, Bewegungsaktivität, Milchleistung, Melkintervall) beeinflusst wird. Weiterhin wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Melatoninkonzentration und den ultra- und zirkadianen Rhythmen der Kühe besteht.

Material und Methoden

Die Studie wurde auf vier Schweizer Milchviehbetrieben mit AMS (je zwei Betriebe mit AMS der Firmen Lely und DeLaval) und freiem Kuhverkehr durchgeführt. Während der Versuchsperioden wurden alle Tiere im Laufstall ohne Zugang zu Weide gehalten. Bis auf einen Betrieb hatten alle Betriebe einen zusätzlichen Laufhof für die Kühe. Insgesamt wurden Daten an 40 Holstein Friesian und Brown Swiss Kühen zwischen der 1. und 7. Laktation und zwischen dem 38. und 246. Laktationstag gesammelt. Pro Betrieb wurden jeweils zehn Kühe ausgewählt. Fünf davon mit einer niedrigen Melkhäufigkeit zwischen 2,1-2,9 Melkungen pro Tag und fünf Kühe mit einer hohen Melkhäufigkeit zwischen 2,9-3,7 Melkungen pro Tag.

Der Versuch war unterteilt in zwei ca. vierwöchige Versuchsperioden. In jeder dieser Versuchsperioden wurden die Messdaten auf jeweils zwei Praxisbetrieben parallel erhoben. Zur Aktivitätsüberwachung wurden den Tieren Pedometer (IceTag3D, IceRobotics Ltd, Edinburgh, Grossbritannien) über eine Dauer von 28 Tagen angelegt. Während dieses Zeitraums zeichneten die Pedometer einen Bewegungsindex auf, anhand dessen der harmonische Part der Aktivität (HP) sowie der DFC berechnet wurden. Diese Berechnungen wurden für jedes Tier über 21 gleitende 7-Tages-Perioden durchgeführt. Der HP ist hierbei die Summe aller signifikanten, harmonischen Aktivitätsperioden. Als harmonisch definiert sind diejenigen Perioden, die sich aus der Division von 24 Stunden mit einer Ganzzahl ergeben (24h, 12h, 8h usw.). Der DFC stellt wiederum den Anteil des HP an der signifikanten Gesamtaktivität in einem Wertebereich zwischen 0 und 1 dar.

Je stärker die Aktivität des Tieres auf den 24-stündigen Rhythmus der Umwelt abgestimmt ist, desto höher ist der HP und desto höher ist auch der DFC. Ein maximaler DFC von 1 zeigt eine 100%ige Synchronisierung des Aktivitätsrhythmus mit der Umwelt.

Darüber hinaus wurden tierspezifische Daten der AMS ausgelesen, um weitere Informationen über die Kühe und ihr Melkverhalten zu erhalten. Auf der Grundlage dieser Daten konnte für jede Kuh ein Profil erstellt werden, das Melkzeiten, Melkhäufigkeit, Milchleistung, Anzahl und Tag der Laktation sowie den Reproduktionsstatus enthielt. Dieser Datensatz wurde mit den Aktivitätsdaten der Pedometermessungen zusammengeführt.

Zur Messung der Melatoninkonzentration fanden am jeweils letzten Tag der beiden Versuchsperioden alle drei Stunden Speichelprobenahmen statt. Während des Zeitpunkts der Probenahme wurden die Kühe manuell am Halfter fixiert. Für die nächtlichen Probenahmen wurden ausschließlich Stirnlampen mit rotem Licht verwendet, um einen Einfluss auf die Melatoninkonzentration auszuschließen. Die Speichelproben wurden mit Hilfe von Salivetten® entnommen (Sarstedt AG & Co KG, Nümbrecht, Deutschland) und mittels eines indirekten Immunoassays mit einem ELISA-Kit (Salivary Melatonin Assay Kit, Salimetrics LLC., State College, USA) zur Bestimmung der Melatoninkonzentration untersucht. Um den Einfluss von Licht auf die Melatoninkonzentration abschätzen zu können, wurden die Beleuchtungsstärken im AMS, am Futtertisch und im Stall jeweils im Anschluss an die Speichelprobenahmen mit einem Luxmeter (MavoSpec Base Spektrometer, Gossen Foto- und Lichtmesstechnik GmbH, Nürnberg, Deutschland) gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Melatoninanalyse und die gemessenen Beleuchtungsstärken auf den vier Betrieben stimmen mit den in der Literatur angegebenen Ergebnissen eines typischen Melatoninverlaufs von Rindern mit niedrigen Konzentrationen während der Photoperiode und hohen Konzentrationen während der Nacht überein (Auld et al. 2007; Burchard, Nguyen, and Block 1998; Castro et al. 2011). Darüber hinaus deckt sich die Annahme einer negativen Beziehung zwischen der Beleuchtungsstärke und Melatonin mit den Ergebnissen des vorliegenden Experiments. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Melatoninkonzentration und dem DFC konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Die Resultate der Aktivitätsmessung lassen darauf schließen, dass es den untersuchten Kühen prinzipiell möglich war, einen Aktivitätsrhythmus auszubilden. Die Versuchstiere zeigten signifikante Aktivitätsrhythmen mit einer Periodizität von 24, 12, 8, und 6 Stunden. Über alle Betriebe entsprachen 50.4% der berechneten DFC-Perioden einem Wert $> 0,7$ und 40.0% einem Wert $< 0,7$. Der Anteil der DFC-Perioden, in denen kein Aktivitätsrhythmus der Kühe berechnet werden konnte, betrug 9,6%. Der tierspezifische DFC war jedoch bei einem Großteil der Tiere durch eine starke Instabilität und plötzliche Wechsel von Perioden mit niedrigem DFC zu Perioden mit hohem DFC oder umgekehrt gekennzeichnet. Jedoch waren auf allen vier Betrieben auch Kühe mit überwiegend niedrigem als auch mit überwiegend hohem DFC vorhanden. Auffallend war, dass Tiere mit überwiegend hohem DFC einen deutlichen Unterschied im Aktivitätsniveau zwischen Ruhe- (22-6 Uhr) und Aktivitätsphase (6-22 Uhr) zeigten, wohingegen Kühe mit überwiegend niedrigem DFC keinen deutlichen Unterschied zwischen Ruhe- und Aktivitätsperiode aufwiesen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Abb.).

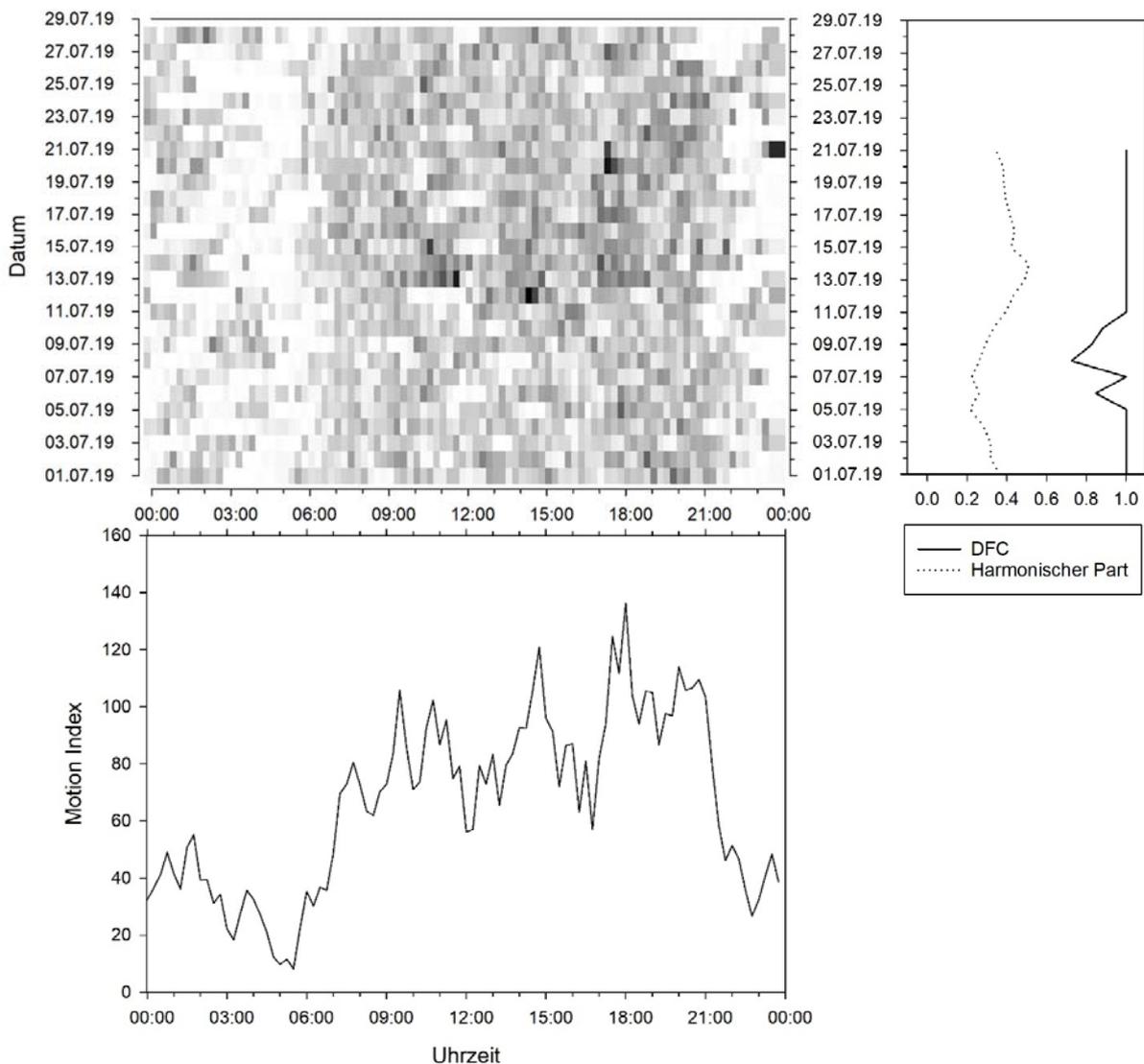


Abb.1: DFC, Actogramm und Diagramm des gemittelten Aktivitätsverhaltens einer Kuh mit hoher Rhythmizität. Das Actogramm gibt die Intensität der Aktivität (Motion-Index) proportional zu einer Farbcodierung von Weiss nach Schwarz (hell: niedrige Aktivität; dunkel: hohe Aktivität) wider. Das Diagramm des Aktivitätsmusters zeigt über den gesamten Versuchszeitraum die durchschnittliche Aktivität während 24 Stunden eines Tages.

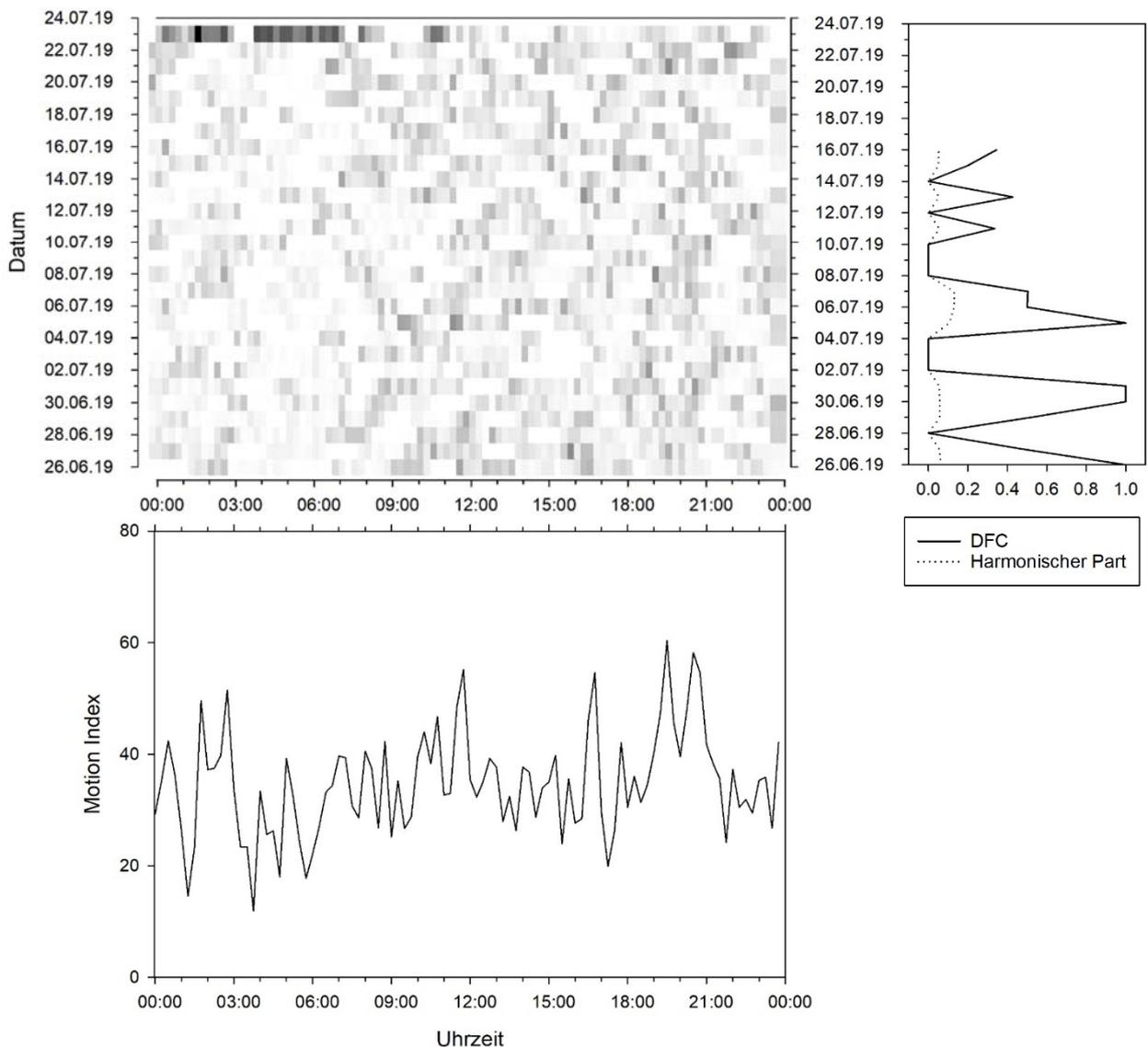


Abb.2: DFC, Actogramm und Diagramm des gemittelten Aktivitätsverhaltens einer Kuh mit niedriger bzw. stark schwankender Rhythmicität. Das Actogramm gibt die Intensität der Aktivität (Motion-Index) proportional zu einer Farbcodierung von Weiss nach Schwarz (hell: niedrige Aktivität; dunkel: hohe Aktivität) wider. Das Diagramm des Aktivitätsmusters zeigt über den gesamten Versuchszeitraum die durchschnittliche Aktivität während 24 Stunden eines Tages.

Die Aufstellung eines linearen Regressionsmodells hat ergeben, dass zwischen DFC und dem Aktivitätsniveau der Tiere, der Tages- und Nachtaktivität, dem Melkintervall sowie den Standardabweichungen von Aktivität und Melkintervall ein signifikanter Zusammenhang bestand. Während 7-Tages-Perioden mit einem DFC-Wert < 0.7 zeigten die Kühe im Mittel eine niedrigere Gesamtaktivität, einen höheren Anteil der Aktivität während der Nacht (22-6 Uhr) als am Tag sowie ein kürzeres Melkintervall (resp. höhere Melkfrequenz). Darüber hinaus zeigten diese Tiere eine durchschnittlich höhere Standardabweichung der Aktivität und des Melkintervalls. Keinen Einfluss auf den DFC hatten die Laktationsnummer- und der Laktationstag der Kühe. Ebenso konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem DFC und der Milchleistung sowie der Anzahl an Tages- und Nachtmelkungen festgestellt werden.

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie zeigen den Zusammenhang des DFC mit verschiedenen tierbezogenen Parametern. Es ist gut erklärbar, dass eine stärkere Variabilität der Aktivität die Rhythmizität der Tiere negativ beeinflusst. Ein Tier, das sein Aktivitätsniveau häufig ändert, konnte in dieser Studie offensichtlich weniger gut ultra- und circadiane Rhythmen ausbilden, als ein Tier mit gleichmässigem Aktivitätsniveau. Allerdings bedeutet dies nicht, dass eine Kuh mit geringer Variabilität der Aktivität zwangsläufig einen höheren DFC haben muss. Auch ein gleichmässiges Aktivitätsniveau kann in Perioden mit niedriger Gesamtaktivität auftreten oder auch auf unharmonischen Aktivitätsintervalle bei der Berechnung des DFC verteilt sein.

Bisher nicht geklärt ist der positive Zusammenhang zwischen der Höhe der Aktivität und der Höhe des DFC. Jedoch scheint das Melkmanagement eines Betriebes durch das voreingestellte Melkanrecht pro Kuh und Tag bei der Ausübung eines kontinuierlichen Aktivitätsrhythmus der Kühe eine Rolle zu spielen. Hierbei ist denkbar, dass es insbesondere Kühen mit hoher Melkfrequenz schwerer fällt, ihren Tagesablauf anhand der vorgegebenen Melkberechtigungen zu strukturieren. Weitere Faktoren, wie die Rangordnung einer Kuh in der Herde oder hormonelle Veränderungen (z.B. Brunst), sowie Beeinträchtigungen der Gesundheit eines Tieres könnten ausserdem auf die Aktivitätsrhythmen von Kühen wirken (Berger 2011; Berger et al. 2003; Nunes Marsiglio Sarout et al. 2018; Scheibe et al. 1999). In der vorliegenden Untersuchung konnte der Einfluss dieser Faktoren, sowie weiterer Einflüsse innerhalb des Stallumfeldes oder Betriebsmanagements auf die Aktivitätsrhythmen der Kühe jedoch aufgrund der begrenzten Anzahl an Tieren und Betrieben nicht bestimmt werden.

Schlussfolgerung

In der vorliegenden Pilotstudie konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Aktivitätsrhythmik von Milchkühen an automatischen Melksystemen und der Melatoninkonzentration im Speichel der Kühe festgestellt werden. Jedoch ließen sich Zusammenhänge zwischen der Ausbildung von Aktivitätsrhythmen der Tiere und verschiedenen Aktivitäts- und Melkvariablen zeigen. Im Rahmen dieses Versuches konnten keine Ursachen für die interindividuellen Unterschiede bezüglich der Aktivitäts- und Melkvariablen untersucht werden. Sollte dies in zukünftigen Studien gelingen, ist angesichts der Relevanz biologischer Rhythmen für physiologische Vorgänge und die Aufrechterhaltung der Tiergesundheit die Entwicklung eines Indikators für Tierwohl und Tiergesundheit unter Berücksichtigung zirkadianer Rhythmen von Rindern denkbar.

Literatur

- Amaral, F. G. D., and J. Cipolla-Neto. 2018. 'A brief review about melatonin, a pineal hormone', *The Archives of Endocrinology and Metabolism*, 62: 472–79
- Auldust, M. J., S. A. Turner, C. D. McMahon, and C. G. Prosser. 2007. 'Effects of melatonin on the yield and composition of milk from grazing dairy cows in New Zealand', *Journal of Dairy Research*, 74: 52–7
- Berger, A. 2011. 'Activity patterns, chronobiology and the assessment of stress and welfare in zoo and wild animals', *International Zoo Yearbook*, 45: 80–90.
- Berger, A., K. M. Scheibe, S. Michaelis, and W. J. Streich. 2003. 'Evaluation of living conditions of free-ranging animals by automated chronobiological analysis of behavior', *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35: 458–66.
- Burchard, J. F., D. H. Nguyen, and E. Block. 1998. 'Effects of Electric and Magnetic Fields on Nocturnal Melatonin Concentrations in Dairy Cows', *Journal of Dairy Science*, 81: 722–27
- Castro, N., M. Spengler, V. Lollivier, O. Wellnitz, H. H. D. Meyer, and R. M. Bruckmaier. 2011. 'Diurnal pattern of melatonin in blood and milk of dairy cows', *Milchwissenschaft*, 66: 352–53.
- Dahl, G. E., B. A. Buchanan, and H. A. Tucker. 2000. 'Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review', *Journal of Dairy Science*, 83: 885–93.
- Dickmeis, T. 2009. 'Glucocorticoids and the circadian clock', *Journal of Endocrinology*, 200: 3–22.
- Jacobs, J. A., and J. M. Siegford. 2012. 'Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare', *Journal of Dairy Science*, 95: 2227–47.
- Nunes Marsiglio Sarout, Bruna, Anthony Waterhouse, Carol-Anne Duthie, Cesar Henrique Espirito Candal Poli, Marie J. Haskell, Anne Berger, and Christina Umstätter. 2018. 'Assessment of circadian rhythm of activity combined with random regression model as a novel approach to monitoring sheep in an extensive system', *Applied Animal Behaviour Science*, 207: 26–38
- Piccione, Giuseppe, and Giovanni Caola. 2002. 'Biological Rhythm in Livestock', *Journal of veterinary science*, 3: 145–57
- Plaut, K., and T. Casey. 2012. 'Does the circadian system regulate lactation?', *Animal*, 6: 394–402
- Scheibe, K. M., A. Berger, J. Langbein, W. J. Streich, and K. Eichhorn. 1999. 'Comparative Analysis of Ultradian and Circadian Behavioural Rhythms for Diagnosis of Biorhythmic State of Animals', *Biological Rhythm Research*, 30: 216–33
- Steinhardt, Martin. 2001. 'Aktivitätsperioden und Rhythmizität physiologischer Variablen von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung: Herzfrequenz, Aktivitäts- und Ruheperioden während der Anpassung der Tiere an die Weidehaltung', *Landbauforschung Völkenrode*, 51: 109–19
- Vir Singh, Sohan, and Sunil Kumar. 2018. 'Circadian rhythm and their significance in relation to physiological functions of animals: A review', *Journal of Entomology and Zoology Studies (JEZS)*, 6: 1861–66
- Wechsler, Beat, Isabelle Neuffer, Simone Helmreich, Lorenz Gygax, and Rudolf Hauser. 2012. 'Automatische Melksysteme, Aspekte der Tiergerechtigkeit', *ART-Bericht*, 752
- Werner, Daniel, Michael Schneider, Eva Schwenzfeier-Hellkamp, Maike Müller, Klaus Reiter, Andreas Pelzer, and DLG-Ausschuss. 2018. 'Beleuchtung und Beleuchtungstechnik im Rinderstall', *DLG-Merkblatt*, 2. Auflage

15 Boom auf dem globalen Milchmarkt: Wo steht die Schweiz?

Pierrick Jan & Christian Gazzarin

Agroscope, Forschungsgruppe Unternehmensführung und Wertschöpfung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, pierrick.jan@agroscope.admin.ch

Abstract

In den letzten 20 Jahren ist der Weltmilchmarkt im Durchschnitt jährlich um 2,5% gewachsen. Dieser Boom ist auf den wirtschaftlichen Aufschwung in Asien, insbesondere in Indien und China, und auf die daraus resultierende zunehmende Nachfrage nach Milchprodukten zurückzuführen. Dieses kräftige Wachstum der Nachfrage hat zu einem starken Anstieg der Preise für Milchprodukte auf dem Weltmarkt geführt. Während der kombinierte IFCN-Weltmilchpreisindikator seit Anfang der 80er-Jahre bis 2006 zwischen 10 und 20 Dollar pro 100 kg fett- und eiweisskorrigierte Milch pendelte, bewegt sich der Indikator seit 2007 zwischen 25 und 50 Dollar pro 100 kg fett- und eiweisskorrigierte Milch. Aufgrund des anhaltenden weltweiten Bevölkerungswachstums und steigenden Lebensstandards erwartet das IFCN (International Farm Comparison Network) für die nächsten 20 Jahre eine Fortsetzung dieses Booms. Infolge des hohen hiesigen Milchpreisniveaus konnte die Schweizer Milchwirtschaft bisher vergleichsweise relativ wenig vom boomenden Weltmilchmarkt profitieren. Für die Zukunft ist davon auszugehen, dass ein grosses Preisgefälle zwischen der Schweiz und dem Weltmarkt bestehen bleibt. Dementsprechend dürfte die Schweizer Milchwirtschaft an der erwarteten zukünftigen Fortsetzung des Booms auf dem Weltmarkt weiterhin nur beschränkt teilhaben können. Aufgrund des Anstieges der Kaufkraft in vielen asiatischen Ländern könnte sich aber die Nachfrage auf dem Weltmarkt in Richtung mehr hochwertige, verarbeitete Milchprodukte verlagern. Dieses könnte für die Schweizer Milchbranche, die mit hochwertigen Käsen im Exportbereich stark ist, eine Chance darstellen.

Ces vingt dernières années, le marché mondial du lait a augmenté annuellement de 2,5 %. Ce boom s'explique par l'essor économique en Asie, en particulier en Inde et en Chine, ainsi que par la demande croissante en produits laitiers qui en résulte. Cette croissance soutenue de la demande a entraîné une forte hausse des prix des produits laitiers sur le marché mondial. Ainsi, tandis que l'indicateur combiné IFCN du prix mondial du lait oscillait entre 10 et 20 dollars pour 100 kilos de lait corrigé en matière grasse et en matière protéique entre le début des années 1980 et 2006, il se situe, depuis 2007, entre 25 et 50 dollars pour 100 kilos de lait corrigé. En raison de l'augmentation permanente de la population mondiale et du niveau de vie, l'IFCN (International Farm Comparison Network) s'attend à la poursuite de ce boom ces 20 prochaines années. Le niveau du prix du lait indigène étant élevé, l'économie laitière suisse n'a jusqu'à présent que relativement peu profité du boom du marché mondial du lait. Dans le futur, on peut s'attendre à ce qu'un écart de prix important se maintienne entre la Suisse et le marché mondial. Par conséquent, l'économie laitière suisse ne devrait pouvoir participer que de manière limitée à la poursuite du boom attendu sur le marché mondial. En raison de la hausse du pouvoir d'achat dans de nombreux pays asiatiques, la demande sur le marché mondial pourrait cependant s'orienter vers davantage de produits laitiers transformés de haute qualité. Cela pourrait représenter une chance pour la filière laitière suisse qui est bien placée dans le domaine des exportations avec des fromages de haute qualité.

Over the past 20 years, the world milk market has grown by an annual average of 2.5%, due to the economic upswing in Asia, especially in India and China, and to the resulting increasing demand for milk products. This strong growth in demand has led to a sharp rise in prices for milk products on the world market.

Whereas the combined IFCN world milk price indicator oscillated between 10 and 20 dollars per 100 kg of fat- and albumin-corrected milk from the early 1980s up until 2006, the indicator has ranged between 25 and 50 dollars per 100 kg of fat- and albumin-corrected milk since 2007. Due to sustained worldwide population growth and rising living standards, the IFCN (International Farm Comparison Network) expects this boom to last for the next 20 years. Owing to high local milk price levels, the Swiss milk economy has not benefited very much from the booming world milk market in the past. The large price differential between Switzerland and the world market is expected to remain in the future. As a result, the Swiss milk economy will probably continue to derive only limited benefit from the expected continued boom on the world market. However, rising purchasing power in many Asian countries could cause demand on the world market to shift towards more high-value, processed milk products. This could offer an opportunity for the Swiss milk industry, a strong exporter with high-quality cheeses.

Anlässlich seines 20-jährigen Bestehens präsentierte das IFCN-Netzwerk (International Farm Comparison Network, siehe den ersten Kasten am Ende des Tagungsbeitrages) an seiner letztjährigen Jahreskonferenz in Berlin einen Rückblick auf die Entwicklung des Weltmarkts für Milchprodukte über die letzten zwei Jahrzehnte. Die Forschungsgruppe «Unternehmensführung und Wertschöpfung» von Agroscope, die die Schweizer Daten für den jährlich erscheinenden IFCN-Report aufbereitet und dem IFCN zur Verfügung stellt, hat an dieser Konferenz teilgenommen und fasst im vorliegenden Tagungsbeitrag die wichtigsten Erkenntnisse zusammen. Die meisten Informationen und Statistiken in diesem Tagungsbeitrag basieren auf den Daten des IFCN (Hemme et al., 2019; IFCN, 2019). Bei allen Angaben, die nicht auf IFCN-Daten basieren, ist die Quelle anhand eines entsprechenden Verweises aufs Literaturverzeichnis angegeben

Asien hat Durst auf Milch

Zwischen 1998 und 2018 hat die Menge der weltweit produzierten und konsumierten Milch um 63% zugenommen. Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 2,5%. Diese Dynamik ist hauptsächlich auf die zunehmende Nachfrage in Asien, insbesondere in Indien und China, zurückzuführen. Als Folge des wirtschaftlichen Aufschwunges in Asien und der steigenden Kaufkraft der asiatischen Mittelklasse erfolgte dort eine stärkere Orientierung an westlichen Essgewohnheiten, was sich unter anderem in einem deutlich höheren Pro-Kopf-Konsum von Milchprodukten niederschlug.

Wachsende Milchviehbestände und höhere Milchleistung

Die in den letzten 20 Jahren beobachtete Ausweitung der Milchproduktion zur Deckung der gestiegenen Nachfrage erfolgte durch eine Aufstockung des weltweiten Bestands an Milchkühen und Büffeln um insgesamt 26% und eine Steigerung der durchschnittlichen jährlichen Milchleistung pro Tier um 29% auf etwa 2,3 Tonnen im Jahr 2018.

Verdoppelung des weltweiten Handels mit Milchprodukten

Der internationale Handel mit Milchprodukten (ohne Handel innerhalb der Europäischen Union) verdoppelte sich im Zeitraum von 1998 bis 2018. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 6,5% der weltweiten Milchproduktion international gehandelt. Während sich das Handelsdefizit bei den Milchprodukten für China, den Nahen und Mittleren Osten sowie Nordafrika weiter vergrösserte, erhöhte sich entsprechend der Überschuss in den beiden grössten Exportregionen Neuseeland und Europäische Union.

Die USA wiederum waren bis 2006 Nettoimporteure von Milchprodukten, erzielten jedoch in den letzten zehn Jahren einen substanziell wachsenden Überschuss. 2018 avancierten sie dank dieses Trends zum drittgrössten Exporteur von Milchprodukten auf dem Weltmarkt. Russland ist dagegen Nettoimporteur von Milchprodukten geblieben.

Sein Handelsdefizit schwankte in den vergangenen zwei Jahrzehnten stark, wies aber keinen klaren Trend auf, weder nach unten noch nach oben. Auch das russische Embargo gegen Milchprodukte aus der Europäischen Union scheint darauf keinen strukturellen Einfluss ausgeübt zu haben.

Weltmarktpreis von Milch gestiegen

Die kräftige Nachfrage hat den globalen Markt für Milchprodukte grundlegend verändert. Während der kombinierte IFCN-Weltmilchpreisindikator (siehe den zweiten Kasten am Ende des Tagungsbeitrages) bis 2006 stets zwischen 10 und 20 Dollar pro 100 kg fett- und eiweisskorrigierte Milch pendelte, kletterte der Indikator anschliessend auf 25 bis 50 Dollar (siehe Abbildung 1 am Ende des Tagungsbeitrages). Der Anstieg des Weltmilchpreises ist nicht nur das Ergebnis der gestiegenen Nachfrage nach Milchprodukten, sondern auch der gestiegenen Nachfrage nach Erdöl, die wiederum durch die wirtschaftliche Dynamik in Indien und China angekurbelt wurde. Eine Verbindung zwischen dem Markt für Agrarrohstoffe und dem Erdölmarkt besteht nämlich über die Biotreibstoffe (Bioethanol, Biodiesel und Biomethan). Die höheren Erdölpreise haben die Produktion von Biotreibstoffen angekurbelt. Dieses hat dazu geführt, dass weniger landwirtschaftliche Nutzfläche für die Futter- und Nahrungsmittelerzeugung zur Verfügung steht. Aus diesem Grund haben sich die Preise für Agrarrohstoffe (inkl. Milch) verteuert.

Mehr Volatilität

Preisschwankungen sind ein typisches Merkmal für den Agrarrohstoff-Markt. Die Preisvolatilität ergibt sich aus dem Selbstregulierungsmechanismus, der Angebot und Nachfrage über den Preis in Übereinstimmung bringt. Der Weltmilchpreis zeigte in den letzten zwei Jahrzehnten nicht nur eine Zunahme, sondern auch eine volatilere Entwicklung. Diese stärkeren Schwankungen sind das Ergebnis einer Zunahme der Turbulenzen entweder beim Angebot oder bei der Nachfrage auf dem global stärker vernetzten Milchmarkt.

Auf der Angebotsseite sorgten folgende zwei Faktoren für vermehrte Turbulenzen:

1. Meteorologische Extremereignisse (wie die Trockenperiode in Neuseeland 2013 oder in den USA 2015), deren Auftrittshäufigkeit in den letzten 20 Jahren zugenommen hat.
2. Entwicklungen in der Landwirtschafts- und Umweltpolitik (hauptsächlich die Liberalisierung des Milchmarkts in der Europäischen Union mit der Abschaffung der Milchkontingente).

Auf der Nachfrageseite lassen sich vier Hauptfaktoren für die Turbulenzen ausmachen:

1. Die konjunkturelle Entwicklung der Weltwirtschaft (zum Beispiel die weltweite Finanzkrise von 2007/2008, die den Welthandel mit Milchprodukten dämpfte).
2. Die geo- und handelspolitischen Spannungen (zum Beispiel das Verhängen des russischen Embargos gegen Lebensmittel aus der Europäischen Union 2014).
3. Änderungen im Konsumverhalten (zum Beispiel die Rehabilitierung von Milchfett durch die Wissenschaft, womit diese Produkte in der Gunst der Konsumenten ab 2014 wieder gestiegen sind).
4. Lebensmittelskandale (zum Beispiel in China der Skandal um Milch, die mit Melamin kontaminiert war).

Ausblick bis 2040: Steigt die Nachfrage schneller als das Angebot?

Das IFCN hält es für sehr wahrscheinlich, dass aufgrund des anhaltenden weltweiten Bevölkerungswachstums und steigenden Lebensstandards die globale Nachfrage nach Milchprodukten in den kommenden zwanzig Jahren schneller zunehmen wird als das Angebot. Das Wachstum von Nachfrage und Angebot dürfte dabei in erster Linie von Asien ausgehen. Ein Teil der zusätzlichen Nachfrage nach Milch dürfte nicht dort produziert werden, wo sie konsumiert wird. Dies gilt insbesondere für China, das sein Milchdefizit weiter ausweiten und durch mehr Importe abdecken dürfte. Um diese zusätzliche globale Nachfrage zu decken, dürften Neuseeland, die Europäische Union, die USA und, in einem geringeren Ausmass, Südamerika noch mehr Milch bzw. Milchprodukte exportieren. Aufgrund dieser Entwicklung geht das IFCN davon aus, dass der internationale Handel mit Milchprodukten doppelt so schnell wie die Weltproduktion wachsen wird, was eine fortgesetzte Globalisierung des Milchmarkts bedeuten würde. Diese Prognosen beruhen auf einem günstigen Szenario für die Milchproduktion. Das Szenario beruht auf optimistischen Hypothesen zum Weltwirtschaftswachstum, zum geopolitischen Kontext, zur Marktöffnung und zu den Vorlieben der Konsumenten für Kuhmilchprodukte. Entsprechend sind diese Prognosen mit Unsicherheiten behaftet, nicht nur aufgrund der aktuell angespannten internationalen Handelsbeziehungen und geopolitischen Lage, sondern auch, weil das Ausmass der Klimaerwärmung und die damit verbundenen Auswirkungen auf die globale Milchproduktion schwierig vorherzusehen sind. Das Szenario widerspiegelt lediglich eine mögliche Entwicklung auf der Basis der gewählten Hypothesen.

Konkurrenz durch alternative Milcharten

In den entwickelten Ländern, in denen der Markt für Kuhmilch gesättigt ist, wird sich die Milchbranche anpassen und neuen Erwartungen der Konsumenten gerecht werden müssen, insbesondere hinsichtlich Tierwohl und ökologischer Nachhaltigkeit. Zudem wird sich die Konkurrenz durch alternative Milchsorten verstärken. Zu erwähnen sind hier Milch von anderen Tierarten (Ziegen, Schafe und Kamele), pflanzliche Milch (z.B. Soja- oder Mandelmilch) sowie synthetische Milch. Ein Beispiel für Letzteres ist die «Kuhmilch ohne Kuh» des kalifornischen Start-ups «Perfect Day». Diese Milch basiert auf Kuhmilchproteinen, die aus genetisch veränderter Hefe gewonnen werden.

Wo steht die Schweiz?

Von 1998 bis 2018 ist die Milchproduktion in der Schweiz (in Tonnen fett- und eiweisskorrigierte Milch) insgesamt um 5 % gestiegen. Der Verbrauch von Milchprodukten (in Tonnen Milchäquivalente) hat im gleichen Zeitraum um 4 % zugenommen. Der Anstieg des Verbrauches ist ausschliesslich dem inländischen Bevölkerungswachstum (+20 %) zuzuschreiben. Der pro-Kopf Verbrauch von Milchprodukten ist hingegen um 13 % gesunken. Aufgrund dieser Entwicklungen hat der Selbstversorgungsgrad bei Milchprodukten nur geringfügig zugenommen (von 104 auf 105 %).

Als Folge der Teilliberalisierung des Schweizer Milchmarktes ist der ausbezahlte Produzentenmilchpreis ausgedrückt in Schweizer Franken innerhalb der letzten 20 Jahre um 26 % zurückgegangen (BFS 2019). Im gleichen Zeitraum hat eine Aufwertung des Schweizer Franken gegenüber dem US-Dollar um 48 % stattgefunden (SNB 2019). Dies hat dazu geführt, dass der Schweizer Produzentenmilchpreis ausgedrückt in US-Dollar in diesem Zeitraum um 10 % gestiegen ist. Im Jahr 2018 betrug er gemäss dem IFCN 64 US-Dollar pro 100 kg fett- und eiweisskorrigierte Milch und lag somit rund 90 % über dem „Kombinierten IFCN-Weltmilchpreisindikator“.

Trotz des 10%-Anstieges des Schweizer Produzentenmilchpreises in US-Dollar in den zwei letzten Jahrzehnten hat sich die relative Preiswettbewerbsfähigkeit der Schweizer Milchproduktion im internationalen Vergleich erheblich verbessert, da der Weltmarktpreis für Milch sich im gleichen Zeitraum etwa verdoppelt hat. Trotzdem konnte die Schweizer Milchwirtschaft aufgrund des hohen Milchpreisniveaus vergleichsweise relativ wenig vom boomenden Weltmilchmarkt profitieren. Das Schweizer Preisniveau hängt bekanntlich mit dem hohen Schweizer Grenzschutz für die Produkte der weissen Linie und den hohen Produktionskosten in der hiesigen Milchviehhaltung zusammen. Die hohen Produzentenmilchpreise haben zur Folge, dass die Schweiz nur mit hochwertigen Produkten (wie z.B. Käse) auf dem Weltmarkt bestehen kann. Für schwer differenzierbare Milchgrunderzeugnisse (z.B. industrielle Milchprodukte wie Voll- und Magermilchpulver oder Butter), bei denen der Preis ein entscheidendes Kaufkriterium ist, stellt das hohe Schweizer Preisniveau eine Herausforderung für den Export dar. Dies widerspiegelt sich in den Aussenhandelsstatistiken: 2018 lag der wertmässige Anteil des Käses an den Ausfuhren von Milch und Milchprodukten bei 89 % (TSM et al. 2019). 35 % des in der Schweiz produzierten Käses war für den Export bestimmt (TSM et al. 2019). Von 1998 bis 2018 konnten die Ausfuhren von Milch und Milchprodukten vor allem dank der Zunahme der Exporte von Käse, insbesondere Halbhartkäse und Frischkäse, wertmässig gesteigert werden (TSM et al. 2019). Im gleichen Zeitraum gab es aber eine Zunahme der Käseimporte in einem wertmässig ähnlichen Umfang (TSM et al. 2019). Beide Entwicklungen, die eng mit der gegenseitigen Liberalisierung des Käsehandels zwischen der Schweiz und der Europäischen Union zusammenhängen, haben dazu geführt, dass die positive Handelsbilanz der Schweiz mit Milch und Milchprodukten in den letzten 20 Jahren von der Grössenordnung her mehr oder weniger konstant geblieben ist. 2018 betrug der Ausfuhrüberschuss 184 Millionen Franken (TSM et al. 2019).

Auch wenn das IFCN für die Zukunft einen weiteren Anstieg der Nachfrage und ein eher knappes Angebot auf dem Weltmilchmarkt erwartet, ist davon auszugehen, dass ein grosses Preisgefälle zwischen der Schweiz und dem Weltmarkt bestehen bleibt. Dementsprechend dürfte die Schweizer Milchwirtschaft an der erwarteten zukünftigen Fortsetzung des Booms auf dem Weltmarkt weiterhin nur beschränkt teilhaben können. Aufgrund des Anstieges der Kaufkraft in vielen asiatischen Ländern könnte sich aber die Nachfrage auf dem Weltmarkt in Richtung mehr hochwertige, verarbeitete Milchprodukte verlagern. Dieses könnte für die Schweizer Milchbranche, die mit hochwertigen Käsen im Exportbereich stark ist, eine Chance darstellen. Auf dem inländischen Markt ist aufgrund des erwarteten weiteren Zuwachses der Schweizer Bevölkerung von einem weiteren Anstieg der inländischen Nachfrage nach Milchprodukten auszugehen. Angesichts der knappen landwirtschaftlichen Fläche und der agrarumweltpolitischen Herausforderungen hinsichtlich der Ziele im Nährstoff- und Treibhausgasbereich, sind viele Betriebe in der Mengenausdehnung eingeschränkt. Einzig eine Produktionsverlagerung vom Ackerbau zum Futterbau würde ein grösseres Potential bieten, um eine zusätzliche Nachfrage zu bedienen. Ob und in welchem Umfang eine solche Verlagerung stattfinden wird, hängt unter anderem von der Weiterentwicklung der agrarpolitischen Rahmenbedingungen insbesondere hinsichtlich des Marktschutzes für Ackerkulturen ab, womit sich die relative Wettbewerbsfähigkeit zwischen Milchproduktion und Ackerbau verschieben könnte

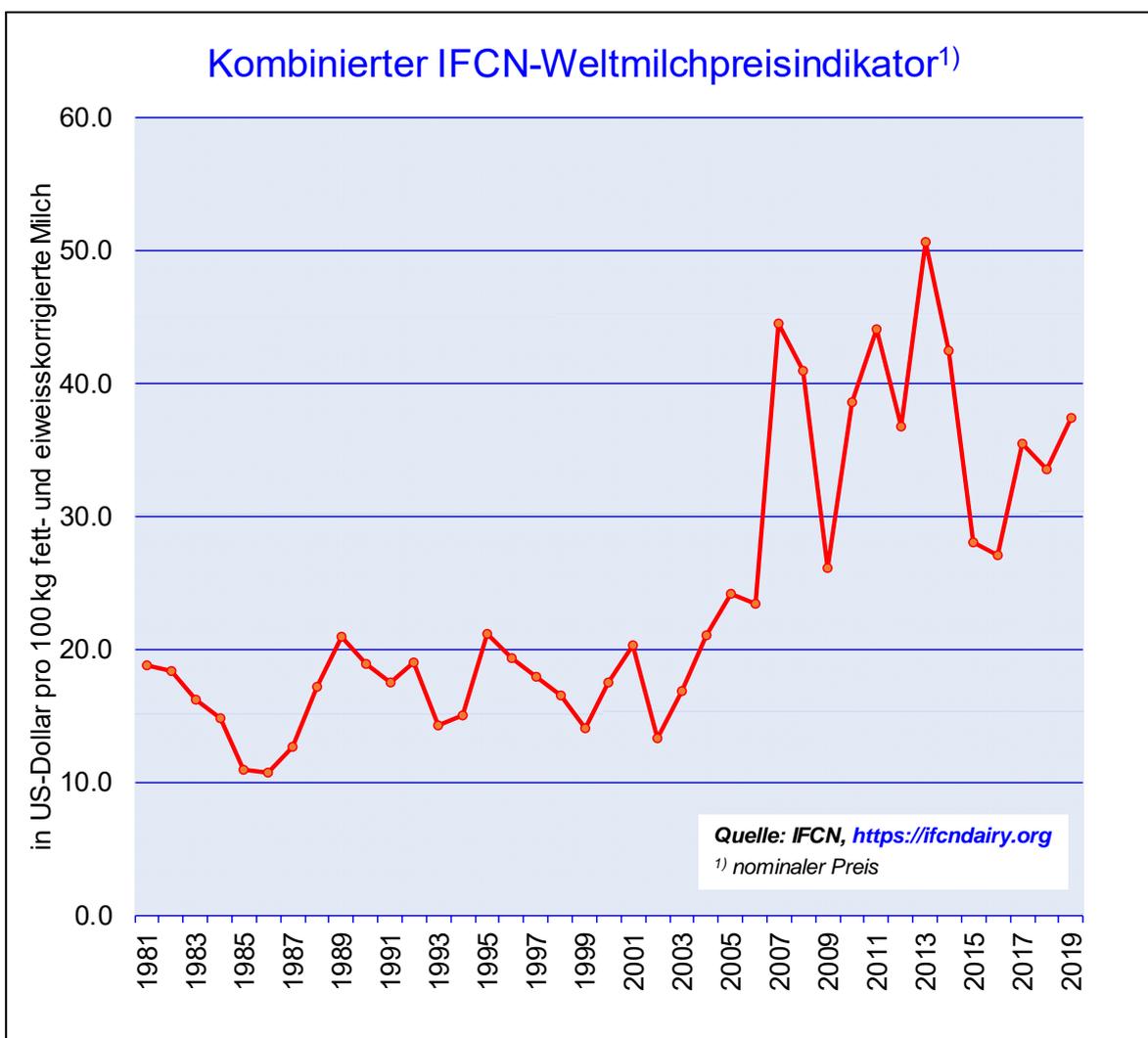


Abb. 1: Entwicklung des kombinierten IFCN-Weltmilchpreisindikators von 1981 bis 2019

Das IFCN in Kürze

Das IFCN (International Farm Comparison Network) ist ein internationales Forschungsnetzwerk, das wirtschaftliche Aspekte der Milchproduktion untersucht. Seinen Sitz hat es im norddeutschen Kiel. Das Netzwerk liefert dank spezifisch dazu entwickelter Modelle und eines Netzwerks von Forschungspartnern in 120 Ländern weltweit vergleichbare Wirtschaftsdaten und -prognosen. Die Forschungsgruppe «Unternehmensführung und Wertschöpfung» von Agroscope ist Mitglied des IFCN-Netzwerkes. Sie wird hierfür finanziell von der Genossenschaft Zentralschweizer Milchproduzenten (ZMP) und der Mooh Genossenschaft unterstützt.

Das IFCN hat sich als Ziel gesetzt, mit Daten und Expertenwissen zu einem besseren Verständnis der Milchproduktion und des Milchmarktes beizutragen. Weitere Informationen zum IFCN sind verfügbar unter: <https://ifcndairy.org>

Kombinierter IFCN-Weltmilchpreisindikator: Definition und Berechnungsmethode

Der Kombinierte IFCN-Weltmilchpreisindikator wird in US-Dollar pro 100 kg fett- und eiweisskorrigierte Milch (4.0% Fett und 3.3% Eiweiss) angegeben. Er entspricht dem monetären Wert der Milch ab Hof, berechnet auf der Basis des Milchrohstoffpreises auf dem Weltmarkt. Der Indikator berücksichtigt folgende Milchprodukte (wobei die Gewichtung quartalsweise auf der Basis der am Weltmarkt gehandelten Mengen erfolgt):

- Magermilchpulver und Butter
- Käse und Molke
- Vollmilchpulver

Literatur

BFS (BUNDESAMT FÜR STATISTIK), 2019. Produzentenpreisindex landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Veröffentlicht am 19.07.2019. Dargestellter Zeitraum 1994-2018.

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.9266773.html> [Zugriff am 28. November 2019].

HEMME T. (ED), 2019. IFCN Dairy Report 2019. IFCN, Kiel, Germany.

IFCN (INTERNATIONAL FARM COMPARISON NETWORK), 2019. 20th IFCN Dairy Conference – Changing dairy world: 2000 – 2020 – 2040. Conference material. IFCN, Kiel, Germany.

SNB (SCHWEIZERISCHE NATIONALBANK), 2019. Zinssätze und Devisenkurse, 2019-11-01. Devisenkurse Jahr.

<https://data.snb.ch/de/topics/ziredev#!/cube/devkua> [Zugriff am 28. November 2019]

TSM (TSM TREUHAND GMBH), SMP (SCHWEIZER MILCHPRODUZENTEN), SCM (SWITZERLAND CHEESE MARKETING), BO MILCH (BRANCHENORGANISATION MILCH), AGRISTAT (SCHWEIZER BAUERNVERBAND, AGRISTAT) (HERAUSGEBER), 2019. 2018 Milchstatistik der Schweiz. Bern und Brugg.

https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/MiSta/MISTA2018.pdf [Zugriff am 28. November 2019]

16 Neue Ansätze für das präzise und effiziente Melken

Andreas Melfsen & Martin Wiedemann

DeLaval GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 5, 21509 Glinde (Germany), andreas.melfsen@delaval.com, martin.wiedemann@delaval.com

Abstract

Zur Effizienzsteigerung kann der Arbeitsaufwand für den Milchentzug durch verschiedene technische Hilfsmittel optimiert werden. Dies betrifft neben Systemen für die Treibearbeit vor allem Funktionen an der Melkanlage selber, welche die Arbeitsschritte wie Stimulation oder Zitzen-desinfektion automatisieren. Des Weiteren kann durch die präzise Überwachung und Einstellung einzelner Parameter der Melkanlage -basierend auf Informationen tierindividueller Milchflüsse- der Melkvorgang weiter optimiert werden. Neue Untersuchungen zeigen, dass mit einer milchflusskontrollierten Vakuumeinstellung ein schnellerer Milchentzug bei besserer Zitzenkon-dition möglich ist.

Afin d'accroître l'efficacité, divers moyens techniques auxiliaires permettent d'optimiser la charge de travail en vue de l'extraction du lait. Outre les systèmes de guidage des animaux, il s'agit principalement de fonctions sur l'installation de traite proprement dite, qui automatisent des étapes de travail telles que la stimulation ou la désinfection des trayons. En outre, le processus de traite peut être davantage optimisé par le suivi et le réglage précis de différents paramètres de l'installation de traite en fonction d'informations sur les débits de lait par animal. De nouvelles recherches montrent que des réglages du vide contrôlés en fonction du débit de lait permettent d'accélérer l'extraction du lait tout en améliorant la condition des trayons.

Increase in work efficiency for milking can be optimized using various technical tools. In addition to systems for driving cows, most technical support tools are available for the milking system itself, where different tasks such as stimulation or teat disinfection can be automated. In addition, the milking process can be further optimized by precise monitoring and adjustment of individual milking parameters - based on information from individual animal milk flows. Recent studies show that with a milk flow controlled vacuum setting a faster milking with better teat condition is possible.

Effizientes Melken

Das Melken macht auf Milchviehbetrieben einen Großteil der täglichen Arbeitsbelastung aus. Je nach Melkverfahren werden hierfür 7,7 - 16,8 Arbeitskraftstunden je Kuh und Jahr benötigt die dem Prozessabschnitt Milchgewinnung zugerechnet werden kann (Over 2012). Nach Pommer et al. 2013 variiert der Arbeitsaufwand für den Prozessabschnitt Milchgewinnung zwischen verschiedenen Betrieben und unterschiedlichen konventionellen Melksystemen sogar zwischen 12,2 - 30,1 Arbeitskraftstunden je Kuh und Jahr. Hierbei zeigt sich ein bedeutender Einfluss durch das jeweilige Melksystem, jedoch auch durch zusätzliche technische Hilfsmittel, die gewisse Tätigkeiten (teil-)automatisieren.

Insgesamt kann bei der Auswertung des Arbeitsaufwands für den Prozessabschnitt Milchgewinnung nach Pommer et al. 2013 zwischen den folgenden Teilbereichen differenziert werden:

- Melkstand vorbereiten
- Melken incl. Service und techn. Wartezeiten
- Nachbereitung Melkstand, Vor- und Nachwartebereich
- Treibearbeit zum Melkstand und zurück

Innerhalb dieser Teilbereiche kann durch Einsatz unterschiedlicher technischer Hilfsmittel, oder aber auch durch eine optimierte bauliche Planung die Arbeitseffizienz gesteigert werden

Durch die bauliche Planung von Vor- und Nachwartebereichen beim Melksystem sowie mit Einsatz einer entsprechenden Nachtreibvorrichtung kann der Treibeaufwand für das Melkpersonal deutlich reduziert werden.

Nach Young et al. 2014 ist es möglich die Zutrittsdauer je Kuh je Melkung mit Hilfe eines Vorwartehofs mit Nachtreibvorrichtung von 4,08 auf 2,12 Sekunden zu reduzieren. Dies entspricht bei einem Betrieb mit dreimaligen Melken einer Arbeitszeiteinsparung von 0,6 Arbeitskraftstunden je Kuh und Jahr.

Ein solcher Vorwartehof mit Nachtreibvorrichtung kann insbesondere dann Arbeitszeit sparen, wenn die laktierenden Kühe in unterschiedliche Gruppen aufgeteilt sind. Bei Gruppenmelkständen kann ein solcher Gruppenwechsel während des Melkens die Durchsatzleistung im Melkstand deutlich reduzieren, insbesondere wenn die Gruppengrößen nicht zur Melkstandgröße passen, bzw. kein zeitlich direkter Übergang zur nachfolgenden Gruppe erfolgt (Kluge 2018).

Kann dies nicht durch eine auf die Melkstandgröße abgestimmte Gruppengröße optimiert werden, besteht die Möglichkeit in dem Rücktrieb vom Melkstand zum Stall eine automatische Sortiervorrichtung zu installieren, welche die Kühe in die jeweilige Gruppe zurück sortiert. Eine solche Einrichtung spart zudem den manuellen Arbeitseinsatz einer Umgruppierung, die in einem solchen Fall automatisch nach Vorgabe des Landwirts erfolgen kann.

Neben den Treibearbeiten können auch einzelne Arbeitsschritte beim Melkvorgang selbst (teil-) automatisiert werden. Nach Fübekker 2010 unterscheidet sich der Arbeitsaufwand in konventionellen Melksystemen je nach Art des Melksystems. Beispielsweise ermöglichen Karussellsysteme durch weniger Wege- und Wartezeiten sowie durch einen geringeren Treibeaufwands einen geringeren Aufwand an Routinearbeiten je Kuh.

Weiter kann die Arbeitseffizienz beim Melken in diesen konventionellen Melksystemen nur dadurch erhöht werden, indem bei den Arbeiten im Melkprozess einzelne Arbeitsschritte weggelassen werden, oder durch automatisierte Systeme ersetzt werden.

Für einen effizienten und vollständigen Milchentzug ist eine gute Stimulation wichtig (Wehowsky et al., 1982; Weiss und Bruckmaier 2005). Diese Stimulation als taktile Reiz an der Zitze erfolgt traditionell durch die Gewinnung des Vorgemelks sowie durch die manuelle Zitzenreinigung über eine Dauer von mindestens 15 Sekunden. Mit Hilfe einer maschinellen Stimulation kann die Vorbereitungsroutine auf das geringste notwendige Maß an Zitzenreinigung und Vorgemelksprobe reduziert werden.

Die verschiedenen Ausführungen der maschinellen Stimulation lassen sich grob in zwei unterschiedliche Kategorien einteilen (Dassler 2007):

- Zeitgesteuerte Stimulationen mit einer Hochfrequenzpulsation
- Milchflussgesteuerte Stimulation mit einem höheren Massagephasenanteil bei verringerten Vakuumverhältnissen

Der Arbeitsaufwand zur Zitzen Desinfektion nach dem Melkvorgang wird nach Fübekker 2010 mit 8 Sekunden je Tier und Melkzeit veranschlagt. Zur Erhöhung der Arbeitseffizienz kann dieser Schritt durch verschiedene Ausführungen einer automatisierten Applikation von Dippmittel mechanisiert werden. Hierbei gibt es unterschiedliche Ansätze abhängig vom Melksystem (Melkstand bzw Melkkarussell). Unterteilen lassen sich diese Verfahren zudem von einer Ausführung die innerhalb und außerhalb milchführender Bauteile die Applikation von Dippmittel übernimmt:

Applikation von Dippmittel innerhalb milchführender Bauteile:

- Dippmitteldüse im Zitzengummikopf im Melkzeug
- Dippmitteldüse im kurzen Milchschauch im Melkzeug

Applikation von Dippmittel außerhalb milchführender Bauteile:

- Zitensprayroboter für Melkkarusselle
- Dippbalken in Durchlaufbox im Rücktrieb
- Spraydüse in der Standfläche am Melkplatz

Präzises Melken

Die Arbeitsleistung beim Melken hängt neben den Routinetätigkeiten auch von der Melkdauer (Maschinenzeit) ab (Kluge 2018). Unterschiedliche Einstellungen der Melkanlage haben einen signifikanten Einfluss auf die Maschinenzeit, sowie auch auf den Euterentleerungsgrad und die Eutergesundheit. Eine präzise Abstimmung der unterschiedlichen Einstellungen ist hierbei entscheidend.

Viertelindividuelles Melken

Beim viertelindividuellen Melken, wie es auch bei automatischen Melksystemen üblich ist, ist es möglich detaillierte Informationen auf Euterviertelenebene zu erhalten. Über verschiedene Sensoren können dies Parameter zur Milchproduktionsrate sein, wie aber auch Eutergesundheitsparameter, welche auf viertelebene eine höhere Aussagekraft besitzen (Wiedemann, 2004). Je nach Bauart ist es zudem möglich den Melkvorgang viertelindividuell zu steuern und nach versiegen des Milchflusses den Melkbecher viertelindividuell abzunehmen. Dadurch kann die Blindmelkzeit auf ein Minimum reduziert werden.

Entscheidungen basierend auf den Milchfluss

Eine automatische Melkzeugabnahme ist bei den meisten Milchviehbetrieben mit Laufstallhaltung eine übliche Einrichtung zur Reduzierung der Arbeitsbelastung während des Melkens. Eine kontinuierliche Überwachung des Milchflusses ist für eine milchflussbasierte Melkzeugabnahme entscheidend.

Zusätzlich kann die kontinuierliche Überwachung des Milchflusses auch die mechanische Stimulation bei einer milchflussgesteuerten Anrüstautomatik steuern. Hierbei wird während der maschinellen Stimulation ein Anstieg des Milchflusses bedingt durch einen erhöhten Euterinnendruck bei erfolgter Oxytocinwirkung an den Alveolen überwacht. Ab einem einstellbaren Schwellenwert wird nach erfolgreicher Stimulation von einer Stimulationsphase auf eine Melkphase gewechselt. Üblicherweise wird hierbei auch eine Anpassung der Vakuummhöhe vorgenommen, so dass während der Stimulationsphase mit niedrigem Milchfluss mit einer geringeren Vakuummhöhe gemolken wird wodurch das Gewebe in dieser Zeit weniger stark strapaziert wird.

Bei einer Weiterentwicklung dieser milchflussgesteuerten Vakuumanpassung ist es nun möglich, auch in der normalen Melkphase das Vakuum basierend auf den Milchfluss anzupassen. Ziel ist es hierbei, das Vakuum in der Hauptmelkphase weiter zu erhöhen um den Milchentzug in der Phase zu beschleunigen, in der die Kuh die größte Milchsekretionsrate aus den Alveolen in die Zisternen hat.

Erste Ergebnisse zeigen eine Verkürzung der Melkdauer bei gleichbleibend hoher Milchmenge. Zudem konnte durch die kürzere Melkdauer eine Verbesserung bei der Bewertung der Keratinbildung an der Zitzenpitze beobachtet werden (Reinemann et al. 2020).

Durch die kürzere Melkdauer ist es zudem möglich die Arbeitseffizienz bei der Melkarbeit weiter zu erhöhen (van den Borne et al. 2020).

Literatur

Dassler, L. 2007: Melktechnische Parameter zur Charakterisierung der Milchabgabe von Kühen unter besonderer Berücksichtigung der Vor- und Hauptphase. Dissertation Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 2007

Fübekker, A. 2010: Konventionelle Melktechnik: Ein Verfahrensvergleich aus arbeitswirtschaftlicher Sicht. Landwirtschaftskammer Niedersachsen Webcode: 01019993 2010

Kluge, T. 2018: Untersuchung zum Arbeitszeitbedarf für das Melken und zur Melkroutine in norddeutschen Milchviehbetrieben. Masterarbeit Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik an der Christian-Albrechts-Universität Kiel 2018.

Over, R. 2012: Kostenvergleich Melktechnik. ALB-Tagung LZ Eichhof 24. Januar 2012

Pommer, R.; Pache, S.; Heber, I.; Rindfleisch, A. 2013: Automatische Melksysteme in Sachsen - Stallbau, Verfahrensorganisation und Verfahrenskosten. LfULG Schriftenreihe Heft 10/2013

Reinemann, D.J.; Paulrud, C.O.; Wiedemann, M. 2020: Effects of flow-controlled vacuum on milking speed. Proc. 59th Annual Meeting of the National Mastitis Council.

van den Borne, B.H.P.; Paulrud, C.O.; Reinemann, D.J.; Hogeveen, H. 2020: Reduced Labor Costs when Using a Flow-controlled Vacuum in Rotary Milking Parlors. Proc. 59th Annual Meeting of the National Mastitis Council.

Wehowsky, G.; Tröger, F.; Lohr, H.; Moritz, P.; Bothur, D. 1982: Einfluss biotechnischer Maßnahmen auf Milchejektion und Laktation. Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Karl-Marx-Universität Leipzig, Wiss. Z. Karl Marx Universität Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 31, S. 440-448

Weiss, D. and Bruckmaier, R.M. 2005: Optimization of Individual Prestimulation in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 88:137-147

Wiedemann, M. 2004: Überwachung der Eutergesundheit bei Milchkühen durch Kombination verschiedener chemisch-physikalischer Messwerte, Dissertation, Freising-Weihenstephan, FORSCHUNGSBERICHT AGRARTECHNIK des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Nummer 422

Young, B.; Dadomo, M.; Hallén Sandgren, C. 2014: Parlour Analysis and Simulation Service using PASS. Cornell University - Animal Science, unpublished 2014

17 Maschinelles Melken – zwischen Mythen und wissenschaftlichen Erkenntnissen

Martin Spohr

Eutergesundheitsdienst der Tierseuchenkasse Baden-Württemberg, egduttgart@tsk-bw-tgd.de

Abstract

Vor ca. 120 Jahren wurde der Zweiraum-Melkbecher erfunden. Seit dieser Zeit hat sich die Kenntnis über die Biomechanik des maschinellen Milchentzugs kontinuierlich erweitert. Die z. T. sehr komplexen Abläufe und Reaktionen während des Melkens lassen sich Landwirten und Melkanlagentechnikern nur schwer vermitteln. Daher haben sich in der Vergangenheit vereinfachende Darstellungen des maschinellen Melkens verbreitet, die der Realität nicht oder nicht vollständig entsprechen. Die Beseitigung der durch das Melkvakuum verursachten Ödematisierung der Zitzenkuppe wird vereinfachend als Entlastungsphase bezeichnet, obwohl gerade die Druckapplikation auf der Zitzenkuppe Funktionsentscheidend ist. Die Quantifizierung dieses Vorganges reicht von der einfachen Messung der Pulsationsphasen bis zur komplexen Bestimmung des Over Pressure oder der Druckbelastung. Melkzeughaftung und Melkgeschwindigkeit werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Die Melkbereitschaft der Kuh, die Passform des eingesetzten Zitzengummis, Pulsatoreneinstellungen und das zitzenendige Vakuum sind die bedeutendsten Faktoren. Das Klettern der Melkzeuge ist „Systemimmanent“ und beeinflusst die Höhe des maschinellen Nachgemelkes. Dessen Gewinnung durch Belastung des Melkzeuges (Gewicht, Zug) ist ein gängiges aber arbeitsintensives Verfahren. Der Einfluss der Melktechnik auf die Eutergesundheit wird häufig überschätzt. Der Transfer Kuh-assoziiertes Mastitiserreger von Tier zu Tier über den Zitzengummi ist hinlänglich bekannt. Die Überwindung des Strichkanalverschlusses durch die Bewegungen des Zitzengummis oder zur Zitze gerichteter Druckgradienten ist aber bis heute nicht sicher geklärt.

Le gobelet trayeur à double chambre double a été inventé il y a environ 120 ans. Depuis lors, les connaissances sur la biomécanique de la traite mécanique n'ont cessé de se développer. Les processus et les réactions se déroulant durant la traite sont parfois très complexes et difficiles à transmettre aux agriculteurs et aux techniciens travaillant sur les installations de traite. C'est pourquoi, par le passé, des représentations simplifiées de la traite mécanique ont été diffusées, ces dernières ne correspondant toutefois pas ou que partiellement à la réalité. La disparition des œdèmes qui se forment à la pointe des trayons à cause du vide de traite est désignée de manière simplifiée par la phase de relâchement, bien que l'application de pression sur la pointe du trayon soit nécessaire au bon fonctionnement de la machine. La quantification de ce processus va de la simple mesure des phases de pulsation jusqu'à la détermination complexe de l'Over Pressure ou de la force de compression. L'adhérence du faisceau de traite et la vitesse de traite sont influencées par de nombreux facteurs. La facilité de traite de la vache, la forme du manchon trayeur utilisé, le réglage des pulsations et le vide à l'extrémité des trayons sont les facteurs les plus importants. Le « grimpage » des gobelets trayeurs le long des trayons est « immanent au système » et influence le niveau de l'égouttage mécanique. La récupération du lait d'égouttage en appliquant une pression sur le faisceau trayeur (poids, tension), est un procédé courant mais laborieux. L'influence de la technique de traite sur la santé mammaire est souvent surestimée. Le transfert de l'agent pathogène associé à la mammites entre deux animaux par le biais du manchon trayeur est un phénomène bien connu. La façon dont ce pathogène utilise les mouvements du manchon trayeur ou les gradients de pression appliqués au trayon pour contourner la fermeture du canal du trayon n'a cependant jusqu'à présent pas été établie avec certitude.

The dual-chamber teat cup was invented some 120 years ago. Since then, knowledge of the biomechanics of mechanical milk extraction has continually expanded. The sometimes very complex processes and reactions during milking are difficult to communicate to dairy farmers and milking installation technicians. This led in the past to simplifying representations of mechanical milking, which reflected reality only partly or not at all. Eliminating the oedemization of the teat end caused by the milk vacuum was simplified as a rest phase, even though the application of pressure on the teat end plays a key role. The quantification of this process ranges from simple measurement of pulsation phases to the complex determination of overpressure or pressure loading. Milking cluster liability and milking speed depend on several factors. Cows' readiness for milking, the fit of the liner used, pulsator settings and teat-end vacuum are the most important. The riding-up of the cluster is "system-immanent" and affects the height of mechanical stripping. Proceeding by loading the cluster (weight, traction) is a current but labour-intensive method. The impact of milking technique on udder health is often overestimated. The transfer of bovine mastitis pathogens from animal to animal via liners is sufficiently known. However, overcoming milk duct closure by moving the liner or changing the pressure gradient on the teat has not been clearly explained to date.

Die Funktion des Zitzengummischaftes

Durch den Unterdruck im Zitzengummi wird die Zitze gedehnt und passt sich dem Zitzengummischaftsdurchmesser an, so dass die Zitzenwandung flächig am Zitzengummischaft anliegt. Gleichzeitig wird die Zitze durch den anliegenden Unterdruck in der Länge gestreckt, eine Längenzunahme der Zitze von bis zu 70% ist möglich. Eine Dehnung des Zitzenkuppeldurchmessers kann bis zu 35% betragen. Diese Dehnung reicht aus, um den Strichkanal vollständig zu öffnen. Gleichzeitig ist die dadurch entstehende Haftreibung zwischen Zitzenhaut und Zitzengummischaft maßgeblich für die Haftung des Melkzeuges verantwortlich. Ein erhöhtes Zitzengummikopf-Vakuum verbessert, Hebelkräfte, die über den langen Milchslauch auf die Melkbecher übertragen werden, verschlechtern die Melkzeug-Haftung. Die Größe des Zitzengummischaftes muss so ausgestaltet sein, dass eine Überdehnung des Zitzengewebes vermieden wird, gleichzeitig aber genug Raum besteht, um die volle Kapazität der Zitzenzisterne zu nutzen. Die Auswahl geeigneter Zitzengummi ist daher immer Herden-spezifisch und stellt einen Kompromiss dar, der dem Gros der Herde gute Melkbedingungen bietet.

Die Milchflussgeschwindigkeit ist abhängig von der Druckdifferenz zwischen Zitzenzisterne und dem Unterdruck an der Zitzenspitze. Der Überdruck in der Zitzenzisterne wird durch die Milchejektion und den Füllungszustand des Euters bestimmt. Der Unterdruck an der Zitzenspitze resultiert aus dem Anlagenvakuum und der Strömungs- und Pulsations-abhängigen Vakuumabsenkung. Nach Messungen von Williams und Mein (1986) verringert eine Reduktion des zitzenendigen Unterdrucks von 50 auf 40 kPa (-20%) den Volumenstrom durch den Strichkanal um ca. 15%. Eine Erhöhung des zitzenendigen Vakuums ist aber oft mit einer Zunahme des maschinellen Nachgemelks verbunden. Das Saugphasenverhältnis soll ein ausgewogenes Verhältnis von Milchfluss- und Massagephase ermöglichen, zu kurze Zitzengummi-Offenphasen reduzieren die Melkgeschwindigkeit, zu kurze Massagephase verlängern die Melkzeit über eine Zunahme der Zitzenkongestion (Clough 1972). Unter Praxisbedingungen haben sich Zitzengummi-Offenzeiten von ca. 500msek/Zyklus als günstig erwiesen, Druckphasen von 150msek/Zyklus sind ausreichend um Zitzen-Kongestionen zu vermeiden. Alle Einflüsse auf die Melkgeschwindigkeit werden von der Passform der eingesetzten Zitzengummis überlagert. Die Bestimmung des Melkendes und die Einstellung der Melkzeugabnahme bleibt aber weiterhin der wesentliche Faktor für die Melkgeschwindigkeit (Mein et al. 2004).

Druckapplikation auf die Zitzenkuppe

Der an der Zitze anliegende Unterdruck verursacht eine Ansammlung von Gewebeflüssigkeit (Lymphe) und behindert den venösen Rückstrom des Blutes. Diese Ödematisierung ist im Zitzenwandbereich gering ausgeprägt und erfolgt erst im letzten Viertel des Melkakttes, wenn der Euterinnendruck unter den atmosphärischen Druck abgesunken ist. Die Kongestion der Zitzenkuppe erfolgt direkt nach dem Ansetzen des Melkzeuges und macht die zyklische Rückmassage der Gewebeflüssigkeit erforderlich. Die Massage ist erforderlich, um

- einen ausreichend hohen Milchfluss während eines Pulszyklusses zu erhalten,
- Erkrankungen und Schmerzen für die Kuh zu vermeiden
- die Milchejektion zu unterstützen

Der Zitzengummischicht kollabiert aufgrund der Druckdifferenz zwischen Zitzengummiinnenraum und Pulsraum. Diese Druckdifferenz existiert nur im Bereich der Zitzenkuppe, in den Bereichen, in denen die Zitze am Zitzengummischicht anliegt, herrscht kein Unterdruck. Bei sehr weichen Zitzengummis (dünnes Material mit geringem Einfaltdruck oder Shore-Härte, geringe Vorspannung) legt sich das Gummimaterial dicht an die Zitzenkuppe an, ohne nennenswerte Kompression zu vermitteln. Sehr harte Zitzengummis (dicke Wandstärke, festes Gummimaterial, hohe Vorspannung) setzen der bewegenden Druckdifferenz sehr viel Widerstand entgegen, so dass auch bei diesen Extremen keine ausreichende Kompression der Zitzenkuppe erfolgt. Eine ausreichende Druckwirkung erfolgt nur, wenn der einfaltende Zitzengummischicht durch die Festigkeit des Schaftmaterials eine ausreichende Verformung der Zitzenkuppe ermöglicht. Die Kompression der Zitzenkuppe erfolgt bei runden Zitzengummischichten in zwei Zonen seitlich der Strichkanalmündung, bei Mehrebenen-Zitzengummis entwickelt sich eine ringförmige, unterschiedlich breite Kompressionszone um die Strichkanalmündung herum. In jedem Fall muss davon ausgegangen werden, dass der kollabierende Zitzengummischicht keine Vakuumabsperzung an der Zitzenkuppe bewirkt (Mein 1992).

Zur Objektivierung der Zitzenkuppenmassage stehen mehrere Messmethoden zur Verfügung von denen die ISO-Prüfung der Pulsatoren die am wenigsten aussagekräftigste ist. Diese Prüfung ist dazu geeignet, die technische Qualität der Baugruppe Pulssystem unter standardisierten Bedingungen zu bestimmen. Sie ist nicht in der Lage, die tatsächliche Massagedauer, die Massagekraft und Druckverteilung auf der Zitzenkuppe wiederzugeben. Um dies annähernd zu beurteilen, sind Messungen während des Melkens realer Kühe erforderlich (Bestimmung der Druckbelastung, Stop-Milkflow-Test, Overpressure) (Mein und Reinemann 2009).

Klettern der Melkbecher

Zu Beginn des Melkens herrscht im Euter ein geringer Überdruck, der das Gewebe spannt und die Euter-Zitzen-Passage (EZP) offen hält. Mit zunehmendem Milchentzug wird der Überdruck abgebaut und das nicht mehr unter Spannung stehende Gewebe verengt die EZP. Beim Öffnen des Zitzengummis kommt es strömungsbedingt zu einem kurzfristigen „Irisblenden“-artigen Verschluss der EZP. Ohne Milchnachschub kann die Zitze der Öffnungsbewegung des Zitzengummis nicht mehr folgen und die Haftung zwischen Zitzenhaut und Zitzengummischicht lockert sich für einige Pulszyklen. Die Folgen sind entweder Haftschwierigkeiten und / oder ein Einsaugen von zusätzlichem Zitzengewebe in den Zitzengummi („Klettern“ des Melkbechers). Der Verschluss der EZP ist danach vollständig, das maschinelle Nachgemelk kann nur durch Belastung des Melkzeuges und die dadurch verursachte Straffung des Gewebes ermolken werden. Die Entstehung des maschinellen Nachgemelkes lässt sich bei der Nutzung des gebräuchlichen Zweiraum-Melkbechers nicht vermeiden, lediglich der Zeitpunkt des Kletterns und die Größe des maschinellen Nachgemelkes sind beeinflussbar (Zitzengummi-Maße, Melkzeug-Gewicht, Vakuumhöhe, Saugphasenverhältnis). Das „Klettern“ der Melkbecher ist also nicht die Ursache des versiegenden Milchflusses sondern dessen Folge (Bothur und Wehowsky, 1978).

Einfluss auf die Eutergesundheit

Die Bedeutung der Melktechnik für die Eutergesundheit wird bei Landwirten und Melkberatern häufig sehr hoch eingeschätzt. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Rolle der Melktechnik für die Eutergesundheit konzentrieren sich auf folgende Bereiche.

Tab. 1: Melkmaschinen-bezogene Faktoren, die die Neuinfektionsrate beeinflussen können (modifiziert nach IDF 215: 1987)

Infektionsmodus	Melk-abhängige Mechanismen
Erhöhung der Erregerzahl auf der Zitz-zenkuppe	Transfer der Erreger mittels Melkzeug: von Kuh zu Kuh von Zitze zu Zitze
Reduzierung der Abwehrfunktion des Strichkanals	Beeinträchtigung der: Keratinauskleidung Zitzendurchblutung
Entwicklung von Kräften zur Überwindung des Strichkanals	Entstehung von Impacts durch: Lufteinbrüche Respray Crossflow Zur Zitze gerichtete Druckgradienten
Verbreitung von Erregern innerhalb des Euters	Verteilung von Erregern von: Strichkanal → Zitzenzisterne Zitzenzisterne → Euterzisterne
Häufigkeit und Grad der Euterentleerung	Verweildauer der Erreger im Euter Beeinflussung der Keimkonzentration

Der Transfer von kontagiösen Mastitiserregern von Kuh zu Kuh durch Erreger-haltige Milchreste auf den Zitzengummis ist weithin akzeptiert. Melkhygienische Maßnahmen, wie Zitzendesinfektion nach Melkzeugabnahme und Melkzeugzwischen-desinfektion, haben zu einer deutlichen Reduktion der Ausbreitung von *S.-aureus* und *S.-agalactiae* geführt.

Die Keratinauskleidung des Strichkanals („Lactosebum“) adsorbiert eindringende Mikroorganismen. Während des normalen Melkens wird ein erheblicher Teil dieses Erreger-haltigen Keratins durch die Druckwirkung des Zitzengummis gelöst und mit dem Milchstrom ausgespült. Innerhalb der Zwischenmelkzeit wird 40 – 60% des Keratins aus zerfallenden Hautzellen nachgebildet. Sowohl die Mobilisierung als auch die Nachbildung des Keratins sind dynamische Prozesse. Änderungen der Druckwirkung auf die Zitzenkuppe, die zu vermehrter oder verminderter Keratinproduktion führen, erhöhen die Neuinfektionsrate (Lacy-Hulbert 1998). Bei langdauernder übermäßiger Druckapplikation auf die Zitzenkuppe sind Verhornungen der äußeren Strichkanalmündung zu beobachten (Hyperkeratosen), die häufiger mit *S.-aureus* besiedelt und wegen der rauen Oberfläche schlechter zu reinigen sind. Bei unzureichender Massage führen Kongestionen und Ödeme der Zitzenkuppe zu einem verzögerten Verschluss der Strichkanalmündung.

Während der Infektionsmodus von kontagiösen Mastitiserregern bekannt ist (Besiedlung des Strichkanals, Einwandern in die Zitzenzisterne), fehlt dieses Wissen für Umwelt-assoziierte Keime. Da diese den Strichkanal nicht besiedeln, wurde postuliert, daß sie während des Melkens über Milchtröpfchen, die zur Strichkanalmündung hin beschleunigt werden, in den Strichkanal hinein oder hindurch „katapultiert“ werden (impacts). Versuchsanstellungen, bei denen in einem Melkzeug mit Viertelableitung regelmäßige und unregelmäßige Vakuumschwankungen verschiedener Intensität produziert wurden führten zu dem Ergebnis, daß das gleichzeitige Auftreten von regelmäßigen und unregelmäßigen starken Vakuumschwankungen gegen Ende des Melkens die höchsten Neuinfektionsraten erzielten. Bei den Versuchen, diese Erkenntnisse in Praxisbetrieben wiederzufinden stellte sich heraus, dass die erzeugten Neuinfektionen in erster Linie durch sog. liner slips verursacht worden waren. Die zur Beseitigung dieses Mechanismus in den kurzen Milchschauch eingebauten Prallteller und Ventile reduzierten die Neuinfektionsrate um ca. 10%.

Während des Ansetzens und Abnehmens des Melkzeuges kann in der Zitzenzisterne ein geringerer Druck herrschen als an der äußeren Strichkanalmündung („reverse pressure gradient“, RPG). Verstärkt wird dieses Phänomen bei Zitzengummis mit engen Zitzengummikopf-Öffnung und rel. weiten Zitzengummischäften. Das Auftreten dieser RPG gegen Ende des Melkens soll das Eindringen von Bakterien erleichtern und scheint mit einer Verschlechterung der Eutergesundheit verbunden zu sein (Rasmussen, 1994).

Röntgen- und Ultraschall-Filmaufnahmen zeigen, dass beim Schließen des Zitzengummis ca. ein Drittel der in der Zitzenzisterne befindlichen Milch in die Euterzisterne „zurückgepumpt“ wird. Eingedrungene Mastitiserreger könnten auf diese Weise im Euter verteilt werden. Ein Effekt auf die Neuinfektionsrate konnte unter Praxisbedingungen aber nicht nachgewiesen werden.

Der hohe Stellenwert für die Eutergesundheit, den Landwirte und Melkberater der Melktechnik zuweisen, deckt sich nicht mit den Ergebnissen aktueller wissenschaftlicher Untersuchungen. Mein et al. 2004 geht davon aus, dass lediglich 10% der Neuinfektionen auf direkte melktechnische Einflüsse zurückzuführen sind, weitere 10% werden indirekten Effekten (Zitzenkondition) zugesprochen.

Literatur

Bothur, D. und G. Wehowsky (1978) Untersuchungen über Ursache und Wirkung des Hochgleitens der Melkbecher an den Zitzen in der Endphase des Melkprozesses. Monatshefte für Veterinärmedizin 33:217-222

Clough, P.A. (1972) Pipeline milking machines and milking systems. Agricultural Engineer 27(1):17-24

IDF 215 (1987) Machine milking factors affecting mastitis – a literature review. In: IDF Bulletin 215, Machine Milking and Mastitis: 2-32

Lacy-Hulbert, J. (1998) Physical characteristics of the teat canal and the relationship with infection. Proc. 37th Annual Meeting of the National Mastitis Council 54-61

Mein, G.A. (1992) Action of the Cluster During Milking in: Machine Milking and Lactation, Insight Books ISBN 0 9519188 0 X: 97-140

Mein, G.A. und D. Reinemann (2009) Liner Compression Applied to Teats During the "Rest-Phase" of Each Pulsation Cycle: Everything You Always Wanted to Know. Proc. 48th Annual Meeting of the National Mastitis Council 152-153

Mein, G., D. Reinemann, I. Ohnstad und E. O'Callaghan (2004): Where the Rubber Meets the Teat and what Happens to Milking Characteristics. In: IDF Bulletin 388, 100 Years with Liners and Pulsators:28-34

Rasmussen, M:D., E.S. Frimer und E.L. Decker (1994) Reverse Pressure Gradients Across the Teat Canal Related to Machine Milking. J. Dairy Science 77:984-993

Williams, D.M. und G.A. Mein (1986) The bovine teat canal: information from measurements of velocity of milk flow from the teat. J. Dairy Research 54:327-337

Lindau Eschikon 28 • CH-8315 Lindau • T +41 (0)52 354 97 00 • F +41 (0)52 354 97 97

Lausanne Jordils 1 • CP 1080 • CH-1001 Lausanne • T +41 (0)21 619 44 00 • F +41 (0)21 617 02 61

Cadenazzo A Ramél 18 • CH-6593 Cadenazzo • T +41 (0)91 858 19 66 • F +41 (0)91 850 20 41