



Automatisches Melken in der Produktion von AOP-Käse

Studie über die Kompatibilität automatischer Melksysteme mit der Produktionskette von AOP-Käse

Autorinnen und Autoren

John Haldemann, Thomas Manser, Linda Reissig, Hélène Berthoud und Jeanine Ammann

Partner

Bundesamt für Landwirtschaft BLW



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Impressum

Auskünfte	Agroscope Rte de la Tioleyre 4, Postfach 64 1725 Posieux www.agroscope.ch
Auskünfte	john.haldemann@agroscope.admin.ch
Redaktion	John Haldemann, Thomas Manser, Linda Reissig, Hélène Berthoud et Jeanine Ammann
Gestaltung	John Haldemann, Blaise Demierre
Titelbild	Thomas Manser
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	AS: 2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as206d

Haftungsausschluss:

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Résumé	7
Summary	9
Riassunto	11
1 Einleitung	13
2 Milchqualität	14
2.1 Einleitung	14
2.1.1 Induzierte Lipolyse	14
2.1.2 Mikrobielle Lipolyse	15
2.1.3 Spontane Lipolyse	15
2.1.4 Bei der Milchprüfung gemessener Gehalt an freien Fettsäuren	17
2.2 Ziele	18
2.3 Material und Methoden	19
2.3.1 Suisselab - Milchprüfung	19
2.3.2 Agroscope - flüchtige Carbonsäuren	19
2.3.3 Einteilung in drei Gruppen nach dem Grad der Lipolyse	20
2.3.4 DNA-Extraktion	21
2.3.5 Sequenzierung der Amplicons des Gens für die 16S rRNA	21
2.3.6 Quantifizierung der 16S rRNA durch qPCR	21
2.3.7 Besuch im Stall	22
2.4 Resultaten	25
2.4.1 Allgemeine Angaben zu den Betrieben	25
2.4.2 Veränderungen bei der Umstellung auf das AMS (Angaben der Betriebsleitenden)	25
2.4.3 Ergebnisse zur Lipolyse	30
2.4.4 Biodiversität	35
2.5 Schlussfolgerungen	44
3 Soziale Aspekte	47
3.1 Untersuchungsfrage	47
3.2 Vorgehen	47
3.2.1 Quantitative Studie	47
3.2.2 Qualitative Studie	48
3.3 Ergebnisse	49
3.3.1 Quantitative Ergebnisse: Stand der Adaption des AMS	49
3.3.2 Qualitative Ergebnisse	50
3.4 Schlussfolgerung	51
4 Image	52
4.1 Einleitung	52
4.2 Studie 1	52
4.3 Studie 2	53
4.4 Diskussion und Schlussfolgerungen	54
5 Danksagung	55

6	Bibliographie.....	55
7	Anhang	58
7.1	Anhang 1: Fragebogen.....	58
7.2	Anhang 2: Mit dem Käseteig assoziierte Bakterien.....	60
7.3	Anhang 3: Mit der Käserinde assoziierte Bakterien	61

Zusammenfassung

Automatisches Melken in der Produktion von AOP-Käse

Studie über die Kompatibilität automatischer Melksysteme mit der Produktionskette von AOP-Käse.

Der Einsatz von Automatischen Melksystemen (AMS) ist in einigen Sortenorganisationen von AOP-Käse erlaubt, in anderen jedoch verboten, da ein Imageschaden für die Branche und die Milchqualität befürchtet wird. Ihre Einführung kann die Betriebsführung beeinflussen, insbesondere was die Weidehaltung der Kühe betrifft. Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen von AMS auf die Milchqualität, den Bezug zur Ursprungsregion, die bakterielle Biodiversität, soziale Aspekte und das Image zu bewerten. Die Erkenntnisse sollen das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) dabei unterstützen, fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Ergebnisse werden dazu beitragen, die gesetzliche Grundlage für die Registrierung von Käse und Milchprodukten als AOP-Produkte zu stärken.

Sowohl frühere Studien als auch die wissenschaftliche Literatur weisen darauf hin, dass mit AMS gesammelte Milch im Vergleich zu Milch aus konventionellen Melkständen (Melken 2x/Tag) durchwegs einen höheren Anteil an freien Fettsäuren aufweist. Zu dieser Freisetzung von Fettsäuren kann es durch mikrobielle, induzierte oder spontane Lipolyse kommen.

Im ersten Teil dieser Studie wurden die verfügbaren Daten zum Gehalt freier Fettsäuren untersucht, die zwischen 2017 und 2024 im Rahmen der amtlichen Milchprüfung bei 73 Produzenten von silofreier Milch der Produktionskette von Emmentaler AOP gesammelt wurden. Heute setzen alle diese Produzenten ein AMS ein, 50 von ihnen haben das System aber während des Untersuchungszeitraums installiert. Die Ergebnisse zeigen, dass bei 22 Produzenten der Gehalt an freien Fettsäuren signifikant anstieg, während er in 9 Betrieben signifikant abnahm.

Im zweiten Teil der Studie wurden 46 Milchproduzenten mit AMS ausgewählt und dann einzeln besucht, um vor Ort Daten in den Betrieben zu sammeln. Der Fragebogen umfasste verschiedene Parameter zur Tierhaltung und dem Betriebsmanagement sowie zur Installation, zu den eingesetzten Komponenten, Einstellungen und Melkdaten des AMS. Der Fokus der Datenerhebung lag bei den Faktoren, die die Milchqualität beeinflussen könnten. Auch die Stall- und Tierhygiene wurde berücksichtigt.

Bezüglich der Haltung bestätigte sich, dass sich AMS und Weide kombinieren lassen, wenn die betrieblichen Voraussetzungen gegeben sind (arrundierte Weideflächen). 89% der besuchten Betriebe praktizierten den Weidegang zu Blockzeiten oder mittels Steuerung mit einem Weidetor.

Im dritten Teil der Studie schliesslich wurden im Winter 2024 bei denselben 46 Produzenten mit AMS sowie bei 46 anderen Milchproduzenten mit traditionellen Melkständen, die alle zu denselben Käsereien gehörten, jeweils drei Milchproben entnommen. Es wurde der Gehalt an Capronsäure und Buttersäure bestimmt. Aufgrund der Werte dieser Analysen und der Ergebnisse der Milchprüfung wurden die 46 AMS-Betriebe nach dem Grad der Lipolyse in drei Gruppen eingeteilt (gering, mittel und stark). Die Daten für jeden Parameter wurden in den drei Gruppen verglichen. Obwohl alle Parameter des Betriebs und der Anlage für die Aufrechterhaltung einer guten Milchqualität wichtig sind, zeigen nur die Anzahl der Milchkühe (Mittelwerte der 3 Gruppen: geringe Lipolyse 48, mittlere Lipolyse 42, starke Lipolyse 39) und die Milchmenge pro Kuh und Melkung (Mittelwerte der 3 Gruppen: geringe Lipolyse 10,7 kg, mittlere Lipolyse 9,5 kg, starke Lipolyse 9,7 kg) einen leicht signifikanten Unterschied. Bei allen anderen untersuchten Parametern bezüglich AMS und Melkdaten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Beim Vergleich der Melksysteme waren beim 25. Perzentil des Buttersäuregehalts nach 24 Stunden hochsignifikante Unterschiede festzustellen (T-Test, P-Wert <0,0001). Bei den AMS lag der durchschnittliche Gehalt bei 76 mmol/kg, während Milch konventioneller Melkstände einen Gehalt von etwa 57 mmol/kg aufwies. Durch die Studie konnte jedoch nicht festgestellt werden, welche Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Erhöhung des Gehalts freier Fettsäuren spielen.

Parallel dazu wurde die bakterielle Biodiversität in der Milch aus den 46 AMS und 46 Melkständen durch Sequenzierung der Gene, die für 16S-rRNA kodieren, bestimmt. Sowohl der Shannon-Index als auch die bakterielle Belastung zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Bei der Analyse der relativen Häufigkeit der Bakterienarten fiel auf, dass der Gehalt an Krankheitserregern, die Mastitis verursachen können, in

Betrieben mit Melkstand tendenziell höher war. Die Häufigkeit, mit der potenzielle Mastitis-Erreger entdeckt wurden, war in Betrieben mit Melkstand ebenfalls tendenziell höher. Die Zwischendesinfektion der Vorbereitungsgeräte und der Zitzengummis erwies sich als vorteilhaft.

In Bezug auf die Diversität mikrobieller Stämme, die für den Käseteig und die Käserinde typisch sind, gab es kaum Unterschiede zwischen AMS und Melkständen. Im Gegensatz dazu scheinen bestimmte Desinfektionsmittel, wie Milchsäure, die zur Desinfektion der Zitzen nach dem Melken verwendet wird, besser zur Erhaltung der für die Käseherstellung nützlichen Bakterien beizutragen.

In der Studie wurde nicht untersucht, ob kontinuierlich eingesetzte AMS mit den Anforderungen an die für bestimmte AOP-Produkte festgelegten Spezifikation vereinbar sind, z. B. bezüglich der Begrenzung auf zwei Melkungen pro Tag, der Lieferung der Milch direkt nach dem Melken, der Lagerung der Milch in Kupferkessi und/oder bei Temperaturen von über 8 °C. Diese Kriterien werden von der betreffenden Branche individuell mit dem Ziel festgelegt, die erwünschte Typizität der Produkte zu wahren.

Automatische Melksysteme (AMS) werden in der Schweizer Milchwirtschaft zunehmend genutzt, jedoch sind die Entscheidungsfaktoren für deren Einführung wenig erforscht. Diese Studie untersuchte soziale und psychologische Einflussfaktoren auf die AMS-Adoption, insbesondere im Kontext der AOP-Käsemilchproduktion, mittels einer quantitativen Umfrage und qualitativer Interviews. Die Ergebnisse zeigen, dass höhere Bildung, Digitalkompetenz und die Betriebsgröße eine Rolle spielen, während das Einkommen keinen signifikanten Einfluss hat. Die Interviews verdeutlichen, dass die Entscheidung für oder gegen AMS primär ökonomische und betriebsorganisatorische Gründe hat und weniger von AOP-Regularien abhängt. Insgesamt zeigt sich ein Spannungsfeld zwischen Tradition und Innovation, wobei beide Produktionsweisen die geforderte Milchqualität erreichen können.

Welche Faktoren die Nutzung von Technologien in der Landwirtschaft beeinflussen, wurde schon in verschiedenen Studien untersucht. Die Wahrnehmung der KonsumentInnen wurde bisher hingegen weniger gut erforscht. Eine erste Studie in der Deutschschweiz mit 287 Personen zeigte, dass KonsumentInnen landwirtschaftliche Technologien grundsätzlich positiv bewerten (Mittelwert von 70.4 auf einer Skala von 0 = sehr negativ bis 100 = sehr positiv). Auch die automatischen Melksysteme (AMS) wurden bezüglich spontaner Assoziationen generell positiv wahrgenommen, es wurden aber auch Bedenken hinsichtlich des Tierwohls und der Beziehung zwischen Mensch und Tier geäußert. Eine zweite, grössere Studie mit 485 Personen, die sowohl in der deutsch- als auch in der französischsprachigen Schweiz durchgeführt wurde, bestätigte diese positive Wahrnehmung mit leichten regionalen Unterschieden. In der französischsprachigen Schweiz wurden beispielsweise für die Konsumbereitschaft von Produkten, die mittels AMS produziert wurden, mit 80.3 leicht höhere Mittelwerte als in der deutschsprachigen Schweiz mit 77.9 gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass gezielte Kommunikation notwendig ist, um KonsumentInnen besser zu informieren und ihr Vertrauen in neue landwirtschaftliche Technologien zu stärken.

Résumé

Traite automatisée dans les filières de fromages AOP

Etude sur la compatibilité d'un système de traite automatisée dans les filières fabriquant des fromages AOP.

Les systèmes de traite automatisée (STA) sont autorisés dans certaines filières fromagères AOP, mais interdits par d'autres qui craignent une altération de l'image artisanale et de la qualité du lait. Leur adoption peut également influencer la gestion des exploitations, notamment en ce qui concerne la pâture des vaches. Cette étude vise à évaluer l'impact des STA sur la qualité du lait, son lien au terroir, la biodiversité bactérienne, l'aspect social et l'image afin d'aider l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) à prendre des décisions éclairées. Les résultats permettront de renforcer la base législative pour l'enregistrement des fromages et produits laitiers en AOP.

Les études antérieures ainsi que la littérature scientifique indiquent que le lait issu de la traite avec des STA présente systématiquement un taux plus élevé d'acides gras libres par rapport à celui issu des salles de traite conventionnelles (traite 2x/jour). Cette lipolyse peut avoir différentes origines: microbienne, induite ou spontanée.

La première partie de cette étude a examiné les données disponibles sur les taux d'acides gras libres mesurés entre 2017 et 2024 lors du contrôle officiel du lait chez 73 producteurs de lait de non-ensilage de la filière Emmentaler AOP. Tous utilisent actuellement un STA, mais 50 d'entre eux l'ont installé au cours de la période examinée. Les résultats montrent que chez 22 producteurs, le taux d'acides gras libres a significativement augmenté, tandis que dans 9 exploitations, il a significativement diminué.

Pour la seconde partie de l'étude, 46 producteurs de lait avec un STA ont été sélectionnés puis visités un à un afin de collecter les données des exploitations. Le questionnaire comprenait différents paramètres relatifs à l'élevage et à la gestion de l'exploitation, ainsi qu'à l'installation, aux composants utilisés, aux réglages et aux données de traite du STA. La collecte de données s'est concentrée sur les facteurs susceptibles d'influencer la qualité du lait. L'hygiène de l'étable et des animaux a également été prise en compte.

En ce qui concerne la détention, il a été confirmé que le STA et le pâturage peuvent être combinés lorsque les conditions de l'exploitation sont réunies (pâturages regroupés). 89 % des exploitations visitées pratiquaient le pâturage en blocs ou avec un portail de pâturage.

Dans la troisième partie, trois échantillons de lait ont été prélevés en hiver 2024 auprès de ces 46 producteurs avec un STA et de 46 autres producteurs de lait équipés de salles de traite, appartenant aux mêmes fromageries. Les teneurs en acides caproïque et butyrique ont été déterminées. Les valeurs de ces dernières analyses ainsi que celles obtenues par le contrôle du lait ont ainsi été utilisées afin de classer les 46 STA en trois groupes en fonction du degré de lipolyse: basse, moyenne et élevée. Les données de chaque paramètre ont été comparées dans les trois groupes. Même si tous les paramètres de l'exploitation et de l'installation sont déterminant pour un maintien de la bonne qualité du lait, seul le nombre de vaches laitières (moyennes des 3 groupes: lipolyse basse 48 ; lipolyse moyenne 42 ; lipolyse élevée 39) et la quantité de lait par vache par traite (moyennes des 3 groupes: lipolyse basse 10,7 kg ; lipolyse moyenne 9,5 kg ; lipolyse élevée 9,7 kg) démontre une différence légèrement significative. Aucune différence significative n'a pu être constatée pour tous les autres paramètres relevés concernant le STA et les données de traite.

En comparant les systèmes de traite, le centile 25 % des acides butyriques 24h présentent des différences hautement significatives (test de T, valeur $P < 0.0001$). Les STA présentent une moyenne de 76 mmol/kg alors que les salles de traite se situent vers 57 mmol/kg. Cependant, l'étude n'a pas permis de déterminer quels facteurs jouent un rôle déterminant dans l'augmentation des acides gras libres.

En parallèle, la biodiversité bactérienne des laits provenant des 46 STA et 46 salles de traite a été déterminée par séquençage des gènes codant pour l'ARNr 16S. L'indice de diversité de Shannon ainsi que la quantité bactérienne n'ont montré aucune différence significative entre les deux groupes. En analysant les abondances relatives des espèces bactériennes, on remarque que la teneur en agents pathogènes responsables de mammites avait tendance à être plus élevée dans les exploitations avec salle de traite. La fréquence de détection des agents pathogènes responsables des mammites avait tendance à être plus élevée dans les exploitations équipées de salle de traite. La désinfection intermédiaire des outils de préparation et des manchons trayeurs s'est avérée bénéfique.

Au niveau de la biodiversité microbienne des souches typiques de la pâte et de la croûte du fromage, il y a peu de différence entre les STA et les salles de traites. En revanche, certains agents de désinfection, comme l'acide lactique utilisé pour la désinfection des trayons post-traite, semblent mieux contribuer à la préservation des bactéries utiles à la fabrication du fromage.

L'étude n'a pas porté sur la compatibilité des STA utilisés en continu avec les exigences des cahiers des charges de certaines dénominations enregistrées en tant qu'AOP comme la limitation du nombre de traites à deux par jour; la livraison du lait directement après la traite; le stockage du lait dans des cuves en cuivre et/ou à des températures supérieures à 8 °C. Ces critères étant définis individuellement par chaque filière afin de garantir la typicité des produits.

Les systèmes de traite automatisée (STA) sont de plus en plus utilisés dans l'élevage laitier suisse, mais les facteurs de décision pour leur adoption ont été peu étudiés. Cette étude a examiné les facteurs d'influence sociaux et psychologiques sur l'adoption des STA, en particulier dans le contexte de la production de lait de fromagerie AOP, au moyen d'une enquête quantitative et d'entretiens qualitatifs. Les résultats montrent que l'éducation supérieure, les compétences numériques et la taille de l'exploitation jouent un rôle, tandis que le revenu n'a pas d'influence significative. Les interviews mettent en évidence que la décision d'opter ou non pour le STA s'explique en premier lieu par des raisons économiques et d'organisation de l'exploitation et dépend moins des réglementations AOP. Dans l'ensemble, on constate une tension entre tradition et innovation, les deux modes de production pouvant atteindre la qualité de lait requise.

Plusieurs études ont déjà examiné les facteurs qui influencent l'utilisation des technologies dans l'agriculture. En revanche, la perception des consommateurs a été moins bien étudiée jusqu'à présent. Une première étude menée en Suisse alémanique auprès de 287 personnes a montré que les consommateurs évaluent les technologies agricoles de manière fondamentalement positive (valeur moyenne de 70,4 sur une échelle de 0 = très négatif à 100 = très positif). Les systèmes de traite automatisée (STA) ont également été perçus de manière généralement positive en termes d'associations spontanées, mais des préoccupations ont également été exprimées concernant le bien-être des animaux et la relation entre l'homme et l'animal. Une seconde enquête, plus importante, menée auprès de 485 personnes, tant en Suisse alémanique qu'en Suisse romande, a confirmé cette perception positive avec de légères différences régionales. En Suisse romande, par exemple, les valeurs moyennes mesurées pour la disposition à consommer des produits fabriqués à l'aide de STA étaient légèrement plus élevées (80,3) qu'en Suisse alémanique (77,9). Les résultats montrent qu'une communication ciblée est nécessaire pour mieux informer les consommateurs et renforcer leur confiance dans les nouvelles technologies agricoles.

Cette publication est disponible dans son intégralité en français sous le lien suivant <https://doi.org/10.34776/as206f>

Summary

Automatic Milking in PDO Cheese Sectors

Study on the compatibility of an automated milking system in PDO cheese-making sectors

Automated milking systems (AMS) are authorised in certain PDO cheese sectors but prohibited by others that worry about impairing their artisanal image and the quality of the milk they use. Adoption of AMS may also influence farm management, especially as regards cow-grazing. This study aims to evaluate the impact of AMS on the quality of the milk and its link to terroir as well as their impact on microbial biodiversity, the social aspect and image, with a view to helping the Swiss Federal Office for Agriculture (FOAG) make informed decisions. The findings will allow a consolidation of the legislative basis for registering cheeses and other dairy products as PDOs.

Previous studies as well as the scientific literature suggest that milk from AMS parlours consistently exhibits higher levels of free fatty acids compared with milk from conventional milking parlours (2x/daily milking). This lipolysis can be microbial, induced or spontaneous in origin.

The first part of this study examined the available data on free-fatty-acid levels measured between 2017 and 2024 during the official inspection of the milk at 73 non-silage milk producers of the Emmentaler PDO sector. All currently use an AMS, but 50 of the farms had only installed theirs over the course of the period examined. The findings show that free-fatty-acid levels increased significantly in the case of 22 producers, while decreasing significantly on 9 farms.

For the second part of the study, 46 milk producers using AMS were selected then visited individually for farm-data collection. The questionnaire comprised various parameters on animal husbandry and farm management as well as on the installation, components used, settings and milking data of the AMS. Data collection focused on the factors which could influence milk quality. Stable- and animal hygiene were also taken into account.

In terms of husbandry approaches, it was confirmed that AMS and grazing can be combined, provided that the operational prerequisites are met (grouped grazing areas). Eighty-nine per cent of the visited farms practised on/off grazing or grazing with access controlled by a grazing gate.

In the third part of the study, three milk samples were taken in winter 2024 on the farms of these 46 producers with AMS and on the farms of 46 other milk producers equipped with milking parlours, belonging to the same cheese dairies. Caproic and butyric acid levels were determined. The values of the latter analyses as well as those obtained from the milk inspection were used to classify the 46 AMS into three groups based on the degree of lipolysis: low, average and high. The data for each parameter were compared within the three groups. Although all of the parameters relating to the farm and installation were crucial for maintaining good milk quality, it is only the number of dairy cows (the averages being: low lipolysis 48; medium lipolysis 42; high lipolysis 39) and the amount of milk per cow per milking (the averages being: low lipolysis 10.7 kg; medium lipolysis 9.5 kg; high lipolysis 9.7 kg) that exhibited a slightly significant difference. No significant difference was noted for all other recorded parameters concerning the AMS and the milking data.

Comparing the milking systems, the 25th centile of the 24h butyric acids presented highly significant differences (T test, P value <0.0001). The AMS showed an average of 76 mmol/kg, while the figure for the milking parlours was around 57 mmol/kg. However, the study failed to identify which factors played a key role in the increase in free fatty acids.

At the same time, the microbial biodiversity of the milk from the 46 AMS and 46 milking parlours was determined by sequencing the genes coding for 16S rRNA. There was no significant difference between the two groups in terms of either the Shannon diversity index or the bacterial count. Analysing the relative abundances of the bacterial species, we note that the level of pathogens responsible for mastitis tended to be higher on the farms with milking parlours. The frequency of detection of potential mastitis pathogens tended to be higher on farms equipped with a milking parlour. The intermediate disinfection of preparation tools and milking cluster liners proved beneficial.

In terms of the microbial biodiversity of the typical strains found in the cheese's curd and rind, there is little difference between the AMS and the milking parlours. By contrast, certain disinfectants, such as the lactic acid used for post-milking teat disinfection, appear better able to help preserve the bacteria useful for cheesemaking.

The study did not touch on the compatibility of those AMS in continuous use with the requirements of the specifications of certain denominations registered as PDOs, such as limiting the number of milkings to two per day, delivering the milk directly after milking, or storing the milk in copper vats and/or at temperatures above 8 °C. These criteria are defined individually by each sector in order to guarantee product typicity.

Although AMS are increasingly being used in the Swiss dairy sector, the factors leading to the decision to introduce them have scarcely been researched. This study examined social and psychological influencing factors for AMS adoption, particularly in the context of PDO-cheese milk production, by means of a quantitative survey and qualitative interviews. The results show that higher education, digital skills and farm size all play a role, while income has no significant impact. The interviews highlight the fact that the decision for or against AMS is based primarily on economic and organisational factors, and depends less on PDO rules and regulations. Overall, there is a trade-off between tradition and innovation, with both types of production being capable of achieving the required milk quality.

Although a number of studies have already examined which factors influence the use of technologies in agriculture, consumer perception has been less well researched to date. A first study of 287 people in German-speaking Switzerland showed that consumers on the whole rate agricultural technologies positively (an average of 70.4 on a scale of 0 = very negative to 100 = very positive). The AMS were also generally positively perceived in terms of spontaneous associations, although some voiced concerns regarding animal welfare and the relationship between human and animal. A second, larger study with 485 people, conducted in both German- and French-speaking Switzerland, confirmed this positive perception with slight regional differences. In French-speaking Switzerland, for example, slightly higher averages of 80.3% were willing to consume products produced using AMS, compared to 77.9% in German-speaking Switzerland. The results show that targeted communication is necessary in order to better inform consumers and strengthen their trust in new agricultural technologies.

Riassunto

Mungitura automatizzata nelle filiere di formaggi DOP

Studio sulla compatibilità di un sistema di mungitura automatizzata nelle filiere che producono formaggi DOP

L'impiego dei sistemi di mungitura automatizzata (AMS) è autorizzato in determinate filiere lattiero-casearie DOP, ma è vietato in altre che temono di danneggiare la propria immagine artigianale e la qualità del latte. Il loro uso può anche influenzare la gestione delle aziende, soprattutto per quanto riguarda il pascolo. L'obiettivo di questo studio è valutare l'impatto dell'AMS sulla qualità del latte, il suo legame al territorio, la biodiversità microbica, l'aspetto sociale e l'immagine al fine di aiutare l'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) a prendere delle decisioni informate. I risultati permetteranno di rafforzare la base legislativa per la registrazione dei formaggi e dei latticini DOP.

Sia gli studi precedenti che la letteratura scientifica indicano che il latte ottenuto dalla mungitura AMS presenta sistematicamente un tasso di acidi grassi liberi più elevato rispetto a quello ottenuto nelle sale di mungitura tradizionali (mungitura 2 volte al giorno). Questa lipolisi può avere diverse origini: microbica, indotta o spontanea.

La prima parte di questo studio ha esaminato i dati disponibili sul tasso di acidi grassi liberi rilevati tra il 2017 e il 2024 in occasione del controllo ufficiale del latte presso i 73 produttori di latte senza insilati della filiera dell'Emmentaler DOP. Attualmente usano tutti un AMS, ma 50 di loro lo hanno installato durante il periodo in esame. I risultati mostrano che presso 22 produttori il tasso di acidi grassi liberi è significativamente aumentato, mentre in 9 aziende è significativamente diminuito.

Per la seconda parte dello studio, sono stati selezionati 46 produttori di latte che adottano l'AMS per una visita finalizzata a raccogliere i dati delle aziende. Il sondaggio comprendeva diversi parametri relativi all'allevamento e alla gestione dell'azienda, nonché l'impianto, i componenti utilizzati, le impostazioni e i dati di mungitura dell'AMS. Il rilevamento dei dati si è concentrato su quei fattori che potrebbero influenzare la qualità del latte, prendendo in considerazione anche l'igiene della stalla e degli animali.

Per quanto riguarda l'allevamento, è stato confermato che AMS e pascolo possono essere combinati se vengono soddisfatti i requisiti operativi (raggruppamento delle superfici da pascolo). L'89% delle aziende visitate praticava la messa al pascolo a fasce orarie o tramite cancello da pascolo.

Nella terza parte, nell'inverno del 2024 sono stati prelevati tre campioni di latte presso i 46 produttori dotati di AMS e presso altri 46 produttori con sala di mungitura appartenenti agli stessi caseifici. Sono stati quindi determinati i tenori di acido caproico e butirrico. Si è in seguito utilizzato i valori di queste ultime analisi e di quelle ottenute tramite il controllo del latte per classificare le 46 AMS in tre gruppi in funzione del grado di lipolisi: bassa, media e alta. Nei tre gruppi sono stati paragonati i dati di ciascun parametro. Sebbene tutti i parametri dell'azienda e dell'impianto siano determinanti per il mantenimento della buona qualità del latte, solo il numero di vacche da latte (le medie sono: lipolisi bassa 48, lipolisi media 42, lipolisi alta 39) e la quantità di latte per vacca a mungitura (le medie sono: lipolisi bassa 10,7 kg, lipolisi media 9,5 kg, lipolisi alta 9,7 kg) mostrano una differenza lievemente significativa. Non è stato possibile constatare alcuna differenza significativa per tutti gli altri parametri rilevati concernenti l'AMS e i dati di mungitura.

Confrontando i sistemi di mungitura, il 25° percentile degli acidi burritici nelle 24 ore presentano delle differenze altamente significative (test t, valore di $p < 0.0001$). Le AMS presentano una media di 76 mmol/kg, mentre le sale di mungitura si attestano intorno ai 57 mmol/kg. Tuttavia, lo studio non è stato in grado di determinare quali fattori abbiano un ruolo determinante nell'aumento degli acidi grassi liberi.

Allo stesso tempo, la biodiversità microbica del latte proveniente da 46 AMS e 46 sale di mungitura è stata determinata per sequenziamento dei geni che codificano per l'rRNA 16S. L'indice di diversità di Shannon, così come la carica microbica, non hanno mostrato alcuna differenza significativa tra i due gruppi. L'analisi dell'abbondanza delle specie microbiche ha evidenziato che il tenore di agenti patogeni che causano la mastite tendeva a essere più elevato nelle aziende con sala di mungitura. La frequenza di rilevamento di potenziali patogeni della mastite tendeva a essere più alta nelle aziende con sala di mungitura. La disinfezione intermedia dei manici degli utensili di preparazione e delle guaine mungitrici ha avuto effetti positivi.

In termini di biodiversità microbica dei ceppi tipici della pasta e della crosta del formaggio, non c'è molta differenza tra AMS e sale di mungitura. D'altra parte, alcuni agenti disinfettanti, come l'acido lattico utilizzato per la disinfezione delle mammelle in seguito alla mungitura, sembrano contribuire meglio alla preservazione dei batteri utili alla fabbricazione del formaggio.

Lo studio non ha esaminato la compatibilità degli AMS utilizzati in modo continuativo con i requisiti del capitolato d'onori di determinate denominazioni DOP, come la limitazione del numero di mungiture a due al giorno, la consegna del latte direttamente dopo la mungitura, la conservazione del latte in vasche di rame e/o a temperature superiori agli 8 °C. Questi criteri sono definiti individualmente da ciascuna filiera per garantire la tipicità dei prodotti.

I sistemi di mungitura automatizzata (AMS) sono sempre più utilizzati nell'industria lattiero-casearia svizzera, ma sono state condotte poche ricerche sui fattori che risultano decisivi per la loro introduzione. Lo studio ha analizzato i fattori sociali e psicologici che portano all'adozione di un AMS, in particolare nel quadro della produzione di latte per formaggi DOP, tramite un'indagine quantitativa e interviste qualitative. I risultati mostrano che un'istruzione superiore, competenze digitali e dimensioni dell'azienda svolgono un ruolo importante, mentre il reddito non ha un'influenza significativa. Dalle interviste emerge chiaramente che la decisione a favore o contro l'AMS si basa principalmente su ragioni economiche e organizzative ed è meno dipendente dai regolamenti DOP. Nel complesso, esiste una tensione tra tradizioni e innovazione, in cui entrambi i metodi di produzione possono raggiungere la qualità del latte richiesta.

Diversi studi hanno già analizzato i fattori che influenzano l'impiego delle tecnologie in agricoltura. La percezione di consumatrici e consumatori è stata invece finora meno studiata. Da un primo studio condotto su 287 persone nella Svizzera tedesca è emerso che consumatrici e consumatori valutano in genere positivamente le tecnologie agricole (valore medio di 70,4 su una scala da 0 = molto negativo a 100 = molto positivo). Anche i sistemi di mungitura automatica (AMS) sono stati generalmente percepiti positivamente in termini di associazioni spontanee, ma sono state espresse anche preoccupazioni sul benessere degli animali e sul rapporto tra uomo e animale. Un secondo studio più ampio, condotto su 485 persone sia nella Svizzera tedesca che in quella francese, ha confermato questa percezione positiva con lievi discrepanze regionali. Nella Svizzera francese, ad esempio, sono stati registrati valori medi leggermente più alti (80,3) rispetto alla Svizzera tedesca (77,9) per quanto riguarda la disponibilità a consumare prodotti realizzati con l'impiego dell'AMS. I risultati dimostrano che è necessaria una comunicazione mirata per informare meglio consumatrici e consumatori e rafforzare la loro fiducia nelle nuove tecnologie agricole.

1 Einleitung

Automatische Melksysteme (AMS) gehören zu den wichtigsten technologischen Entwicklungen in der Milchproduktion. Sie sind in mehreren Produktionsketten für Käse mit geschützter Ursprungsbezeichnung (AOP) zugelassen. Einige AOP-Labels verbieten jedoch AMS, weil befürchtet wird, dass diese dem handwerklichen Image der Branche schaden und/oder die Qualität der Milch und des Endprodukts beeinträchtigen. Ausserdem kann die Automatisierung des Melkens die Betriebsführung beeinflussen, z. B. die Weidehaltung von Kühen. Trotz eines häufig höheren Milchpreises in der AOP-Käse-Produktion nimmt die Attraktivität der Milchproduktion gerade bei jungen Menschen ab. Zu diesem Trend tragen verschiedene Faktoren bei, wie das Sozialleben, unflexible Arbeitszeiten und mangelnde Arbeitskräfte.

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) misst der Frage grosse Bedeutung zu, ob sich AMS mit der Verarbeitung von Milch mit hoher Wertschöpfung zu AOP-Käse vereinbaren lassen, namentlich weil es dadurch zu einer Verlängerung der Verarbeitungszeit kommen kann.

Ziel dieser Studie ist es, die Milchproduktion mit AMS zu bewerten. Dabei werden beurteilt:

- Auswirkungen auf die Qualität der Milch bzw. des Käses
- Einflüsse auf Terroir-Aspekte
- Auswirkungen auf das Image von AOP-Käse und die Akzeptanz durch die Konsumentinnen und Konsumenten.

In Artikel 16 des Landwirtschaftsgesetzes ist festgehalten, dass der Bundesrat ein Register für Ursprungsbezeichnungen und geografische Angaben schafft. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), das gemäss der Verordnung über den Schutz von Ursprungsbezeichnungen und geografischen Angaben (GUB/GGA-Verordnung) mit der Führung dieses Registers betraut ist, muss über solide wissenschaftliche Grundlagen verfügen, um seine Entscheidungen zu begründen. Die Ergebnisse dieser Studie sollen die Entscheidungs- und Gesetzesgrundlage für die Eintragung einer geschützten Ursprungsbezeichnung für Käse und Milchprodukte stärken und die Umsetzung der entsprechenden Gesetzesgrundlage ermöglichen.

2 Milchqualität

2.1 Einleitung

In früheren Studien von Agroscope (Jakob 2012, Fehér 2021) wurde für Gruyère AOP gezeigt, dass Milch aus automatischen Melkanlagen systematisch einen höheren Gehalt an Buttersäure (C4) und Capronsäure (C6) aufwies als Milch aus dem Melkstand. In der Studie von 2012 wies jedoch ein Betrieb, der Milch für Emmentaler AOP lieferte, Werte für C4- und C6-Fettsäuren auf, die mit Milch aus einer nicht-automatischen Melkanlage vergleichbar waren. Abeni et al. (2005) stellten fest, dass Milch aus AMS mehr freie Fettsäuren und eine schlechtere natürliche Entrahmung aufwies. Die Grösse der Fettkügelchen, die Oberfläche der Kügelchen und der interglobuläre Abstand wurden jedoch nicht durch das Melksystem für sich beeinflusst. Wiking (2006) zeigte, dass bei einer Verdoppelung der Anzahl Melkungen pro Tag die Milchleistung um 9 % stieg, der Gehalt an freien Fettsäuren sowie der durchschnittliche Durchmesser der Fettkügelchen aber ebenfalls zunahmen. De Marchi et al. (2017) untersuchten Einzelproben von 918 Kühen der Rasse Holstein-Friesian, die auf 8 Herden verteilt waren (4 mit AMS, 4 mit konventionellem Melken). Die mit AMS gemolkenen Kühe produzierten 1 kg mehr Milch pro Tag. Allerdings war die Dauer der Milchgerinnung etwas länger ($p_{1,2}$ min), wobei der Unterschied nicht signifikant war. Der Gehalt an freien Fettsäuren war höher ($p_{0,16}$ mmol/100 g MilCHFett) in der Milch von Kühen, die mit AMS gemolken wurden, vor allem zu Beginn der Laktation.

Bei denselben Rassen zeigte Simoni (2023), dass der Einsatz von AMS einen Rückgang des MilCHFettgehalts, des Gefrierpunkts und des Gehalts an β -Lactoglobulin A zur Folge hatte. AMS führten im Vergleich zu einem konventionellen Melksystem auch zu einer längeren Milchgerinnungszeit und einem Anstieg des Gehalts an Kalium (K), des pH-Werts und des Gehalts an β -Lactoglobulin B.

Die Hauptprobleme in Bezug auf die Milchqualität bei der Verwendung von AMS sind der Gehalt an freien Fettsäuren und das Risiko, dass der Käse ranzig wird. Freie Fettsäuren entstehen durch die Lipolyse von Fetten, oder genauer gesagt indem durch das Enzym Lipoproteinlipase (LPL) Triglyceride aufgespalten und Fettsäuren freigesetzt werden. Wie Vanbergue (2017) darlegt ist diese Lipolyse Teil des lipolytischen Systems, das im Wesentlichen aus der LPL, ihren Cofaktoren und dem Substrat, den Triglyceriden, besteht. Dieser Prozess kann durch drei Arten lipolytischer Aktivität hervorgerufen werden: induzierte, spontane oder mikrobielle Lipolyse.

2.1.1 Induzierte Lipolyse

Die induzierte Lipolyse wird durch mechanische oder thermische Veränderungen der Milch beim Melken, bei der Lagerung und bei der Verarbeitung in Gang gesetzt. Die einzelnen Faktoren allein haben nicht unbedingt einen grossen Einfluss, aber durch die Kumulation der verschiedenen Faktoren kann es zu einer deutlich gesteigerten lipolytischen Aktivität kommen (Vanbergue 2020).

Pumpen, Kavitation:

Beim Pumpen kann sich die Proteinmembran der Fettkügelchen verändern. Dieses Phänomen wird verstärkt, wenn die Milch kalt ist. Zu einem unbeabsichtigten Aufrahmen der Milch kann es auch beim Trockenlaufen der Milchpumpe kommen, wenn die Endeinheit vollständig entleert ist (Heuchel, 1994, Vanbergue 2020). Dies begünstigt Kavitation und damit die Lufteinmischung in die Milch. Jede Endeinheit hat also ein Nutzvolumen. Es entspricht der Differenz zwischen einem maximalen bzw. einem minimalen Volumen, bei dem die Milchpumpe ein- bzw. ausschaltet. Die Parameter des AMS sollten so eingestellt werden, dass der Lufteintritt so gering wie möglich gehalten wird. In Melkständen können auch zu kleine und ungeeignete Leitungen, z. B. infolge einer Erhöhung der Anzahl von Melkaggregaten, zu einer Schädigung der Fettkügelchen führen.

Schütteln, Rühren:

Die Milch sollte sanft gerührt werden um Schaumbildung zu vermeiden. Bei Schaumbildung kommt es zu einer Verformung und Schwächung der Membran der Fettkügelchen, wodurch die Aktivität der Lipasen erleichtert wird (Vanbergue 2020).

Ansaugen von Luft:

Auch das Ansaugen von Luft, entweder beim Ansetzen des Zitzengummis oder durch schlecht abgedichtete Rohrverbindungen oder defekte Dichtungen, kann die Schaumbildung begünstigt werden.

Kühlen, Gefrieren:

Wenn die Milch des ersten Gemelks in einem eingeschalteten Tank mit Direktverdampfung ankommt, besteht die Gefahr, dass die Milch gefriert. Durch die Kristallbildung werden Fettkügelchen zerstört und Triglyceride freigesetzt. Auch wenn die warme, frisch gemolkene Milch in die gekühlte Tankmilch gelangt, kommt es zu Temperaturschwankungen, die einen Anstieg der freien Fettsäuren bewirken. Ein Vorkühler, idealerweise ein Rohrkühler, hilft, diese Temperaturschocks zu vermeiden.

In frisch gemolkener Milch sind die in der Milch vorhandenen Lipasen an Kasein gebunden. Bei der Kühlung wandern die Lipoproteinlipasen an die Oberfläche der Fettkügelchen (Dickow et al. 2011, Vanbergue 2020). Das Abkühlen der Milch führt zu einer fraktionierten Kristallisation der Fette, wodurch die Fettkügelchen schrumpfen und ihre Membran verändert wird (Dickow et al., 2011, Vanbergue 2020).

2.1.2 Mikrobielle Lipolyse

Sie wird bei einer starken Kontamination mit lipolytischen Keimen verursacht, die während des Melkens oder in der Anlage auftreten kann. Die Lipasen dieser Bakterien sind hitzebeständig. Wenn die hygienische Qualität der Milch zufriedenstellend ist, kommt es nach drei bis vier Tagen Lagerung zu einer signifikanten mikrobiellen Lipolyse. In einer Studie von Agroscope aus dem Jahr 2013 (Jakob 2023) wurde ein leichter Anstieg des Gehalts lipolytischer Keime bei AMS beobachtet. Dieses Ergebnis wurde aber in keiner weiteren Studie bestätigt.

Allerdings haben Wiking et al. (2019) gezeigt, dass durch eine Vorkühlung der Milch beim Verlassen der AMS-Anlage der Gehalt an freien Fettsäuren gesenkt werden kann. Durch die Senkung der Milchtemperatur von 35 °C auf 22 °C wird verhindert, dass sich die vorhandenen Keime in grosser Zahl entwickeln.

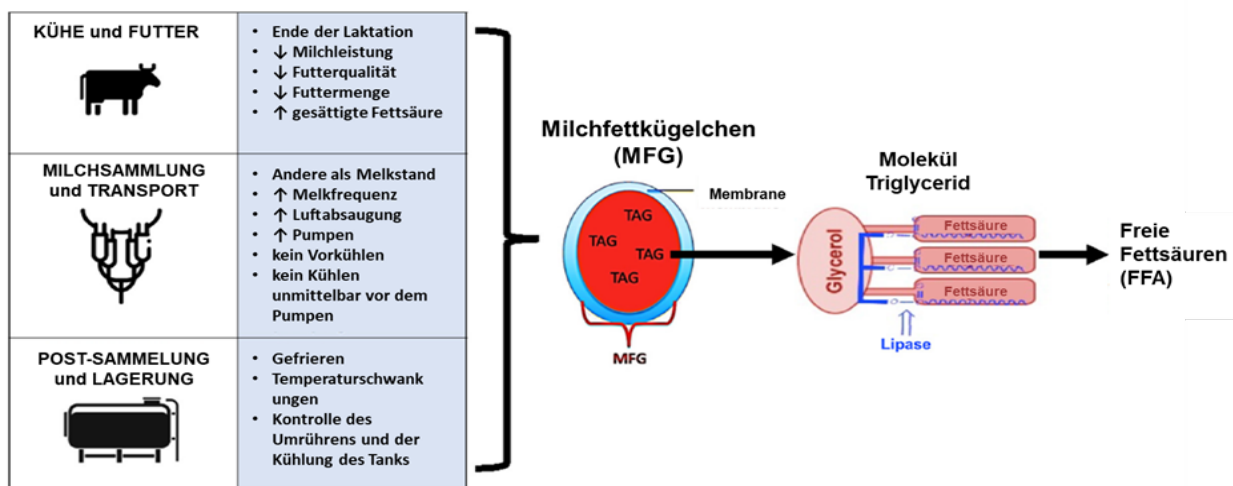


Abbildung 1: Faktoren mit Einfluss auf den Anstieg der freien Fettsäuren in Tankmilch nach Woodhouse (2023)

2.1.3 Spontane Lipolyse

Die spontane Lipolyse hängt von den nachfolgend aufgeführten Faktoren im Zusammenhang mit der jeweiligen Kuh ab (Vanbergue 2020).

Individuum

In mehreren Publikationen und Fallbeispielen wurde gezeigt, dass es robuste und für Lipolyse anfällige Kühe gibt. Vanbergue (2017) identifizierte zwei Phänotypen mit unterschiedlicher Anfälligkeit für die Lipolyse. Sie beruhen auf der Position K232 in der Sequenz des Gens, das für die Diacylglycerol-O-acyltransferase 1 (DGAT1) codiert. Dieses Enzym ist an der Synthese von Fettkügelchen in den Milchbildungszellen der Alveolen beteiligt. Im Zusammenhang mit dem Vorfall im Jahr 2006, als es durch ein AMS bei Gruyère AOP zu Ranzigkeit kam, wurde gezeigt, dass die Milch je nach Kuh und Melkintervall unterschiedlich anfällig für die Lipolyse ist.

Rasse

Mehrere Studien befassten sich mit dem Einfluss der Milchkuh-Rasse auf die Lipolyse und kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. In zwei Studien wurde aber gezeigt, dass die Milch von Holstein-Rassen anfälliger für die Lipolyse ist als die Milch der Jersey-Rasse (Bachman et al., 1988) oder der Normannischen Rasse (Vanbergue et al., 2017). Allerdings scheint die Anfälligkeit der Milch von Holstein-Kühen je nach Herkunft unterschiedlich zu sein (Jurczak, 1995). Ausserdem ist die Milch der Montbéliard-Rasse anfälliger gegenüber der Lipolyse als die Milch der Tarentaise-Rasse (Ferlay et al. 2006).

Parität

Vanbergue et al. (2017) stellten in Übereinstimmung mit Connolly (1978) und Chilliard und Lamberet (1984) bei der ersten Laktation der Milchkühen die Lipolysewerte höher sind als bei den nachfolgenden Laktationen.

Laktationsstadium

Gemäss mehreren Studien (Ahrné und Björck, 1985; Chazal und Chilliard,1986; Bachman et al., 1988; Jurczak, 1995; Vanbergue et al., 2017) ist die Lipolyse am Ende der Laktation/Stiersüchtig am stärksten ausgeprägt. Sie kann auch mit einer geringen Milchproduktion oder der Freisetzung von Hormonen (Östrogene, Progesteron) zusammenhängen (Chazal und Chilliard, 1986). Die spontane Lipolyse kann auch durch das Verhalten des Tieres und seine Umgebung beeinflusst werden (Vanbergue 2020).

Zeitpunkt des Melkens

Am Abend gemolkene Milch weist gemäss Vanbergue et al. (2017) oft eine stärkere Lipolyse auf. Dieses Phänomen könnte allerdings auf das Melkintervall zurückzuführen sein.

Melkhäufigkeit

Verschiedene Publikationen (Abeni et al. 2005, Wiking et al. 2006, Jakob et al. 2013, Woodhouse et al. 2013) sowie verschiedene interne Analysen von Agroscope zeigen, dass der Gehalt an freien Fettsäuren in der Milch mit der Umstellung von zwei auf drei oder vier Melkungen pro Tag steigt. Wenn auf einmaliges Melken umgestellt wird, verringert sich dieser Gehalt hingegen (Pomies et al., 2007; Vanbergue et al. 2016).

Fütterung

Das Futter hat einen wesentlichen Einfluss auf die Lipolyse. Deeth und Fitzgerald (1976), Chazal et al. (1987) und Vanbergue et al. (2017) zeigten, dass bei geweideten Milchkühen die Lipolyse geringer ist. Dasselbe gilt bei der Fütterung von Heu guter Qualität (Deeth und Fitzgerald, 1976; Chazal et al., 1987). In mehreren Studien wurde festgestellt, dass Silage-Fütterung zu einem Anstieg des Anteils an freien Fettsäuren in der Milch führt. Rationen mit niedrigem Gesamtstickstoffgehalt (Hurtaud et al. (2018), eine eingeschränkte Nahrungsaufnahme (Vanbergue et al. 2017) oder eine negative Energiebilanz führen ebenfalls zu einer erhöhten Lipolyse.

Tabelle 1: Individuelle und futterbedingte Faktoren mit einem Einfluss auf die spontane Lipolyse

Faktoren, die mit dem einzelnen Tier zusammenhängen	Individuum	Rasse	Parität	Stadium der Laktation
	↑ empfindliche Kuh ↓ robuste Kuh ↑ KK-Gen, DGAT1	↑ Holstein>Normannisch ↑ Holstein>Jersey	↑ Erstgebärend	↑ Ende der Laktation ↑ Östrogen
Faktoren, die mit dem Verhalten des Tieres und seiner Umgebung zusammenhängen	Zeitpunkt des Melkens	Häufigkeit des Melkens	Fütterung	
	↑ Abendmilch	1 >2x täglich	↑ Mangel ↑ Nahrungsbeschränkung ↑ negative Energiebilanz ↑ Ration mit niedrigem Gesamtstickstoff ↑ gesättigte Fette ↓ Weiden	

2.1.4 Bei der Milchprüfung gemessener Gehalt an freien Fettsäuren

Seit mehreren Jahren werden freie Fettsäuren (FFS) in praktisch allen Proben gemessen, die von Suisselab im Rahmen der Milchprüfung nach der Milchprüfungsverordnung (MiPV, SR 916.351.0) analysiert werden. Die Messung der FFS ist zwar nicht so genau wie die Messung des Gehalts an Buttersäure (C4) und Capronsäure (C6) mittels Gaschromatografie, aber sie wird systematisch durchgeführt und die Bedingungen für die Probenahme und den Transport sind standardisiert. Dabei werden grosse Datenmengen generiert. Die FFS-Werte werden jedoch nicht systematisch an die Milchproduzenten weitergegeben, da die Analysen kostenpflichtig sind. Die Ergebnisse von Suisselab werden in mmol pro 10 kg Milch angegeben. In verschiedenen Veröffentlichungen werden die Ergebnisse in mmol/100 g Fett oder meq/100 g Fett angegeben. In diesem Fall entspricht ein Milliäquivalent (meq) gerade einem Millimol (mmol), weil Fettsäuren immer einprotonige Säuren sind.

Milch mit einem Fettgehalt von 4,0 % sollte nicht mehr als 1 mmol freie Fettsäuren pro 100 g Fett aufweisen, was 400 µmol/kg Milch oder 0,4 mmol/kg Milch entspricht.

Tabelle 2: Methoden zur Analyse der Lipolyse und Grenzwerte

	Methode	Einheit	Grenzwert
Suisselab	FTIR (Suisselab)	mmol/10 kg Milch	3.3
CNIEL (F)	Kupferseife / FTIR	mmol / 100g Fett	0.89*
Agroscope	GC 24h (Tankmilch)	µmol C4/kg Milch	75
Agroscope	GC 24h (Milch beim Produzenten)	µmol C4/kg Milch	105

* entspricht ca. 3,56 mmol/10 kg Milch bei einem Fettgehalt von 4,0 g/100 g (0.89×4)

1 mmol FFS/kg Fett entspricht 0,1 meq/100 g Fett

2.2 Ziele

- Im ersten Teil der vorliegenden Studie sollen die Werte für den Gehalt an freien Fettsäuren und die Ergebnisse der Milchprüfung (MP) der letzten sieben Jahre (2017-2024) aus 70 automatischen Melksystemen (AMS) in der Produktionskette für Emmentaler AOP untersucht werden.
- Im zweiten Teil sollen die Praktiken und Parameter einer Auswahl von 46 AMS durch Hofbesuche und mithilfe eines dazu entwickelten umfassenden Fragebogens erhoben werden.
- Im dritten Teil wird das Ausmass der Lipolyse in der Milch (basierend auf dem Gehalt an FFS und Buttersäure) aus den 46 AMS mit den verschiedenen Parametern und Daten der AMS in Beziehung gesetzt.
- Im vierten Teil soll schliesslich der Einfluss verschiedener bei AMS angewendeter Desinfektionsparameter auf die Biodiversität der Mikroorganismen in der Milch aufgezeigt und mit den entsprechenden Werten bei konventionellen Melkständen verglichen werden.

2.3 Material und Methoden

2.3.1 Suisselab - Milchprüfung

Die Milchprüfung wird von der Suisselab AG in Zollikofen durchgeführt. Dieses Labor ist mit dieser Aufgabe vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV und von der Branche betraut. Es organisiert Touren zur Sammlung von Milchproben und führt deren Analyse durch. Bei jedem Produzenten werden zweimal monatlich Milchproben entnommen. Im Rahmen der öffentlich-rechtlich verankerten amtlichen Milchprüfung (MP) wird die Milch auf drei Kriterien untersucht:

- die Keimzahl, die eine Masszahl für die Hygiene ist;
- die Anzahl somatischer Zellen, die Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand der Tiere zulässt; diese Zahl steigt z. B. bei Mastitis an;
- das Vorhandensein von Hemmstoffen.

Das letzte Kriterium wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt. Dagegen wurden zwei weitere Analysen an diesen Proben vom selben Labor durchgeführt: die Messung des Gefrierpunkts (Kryoskopie) und des Gehalts an freien Fettsäuren.

Die Keimzahl wurde mittels Fluoreszenz-Durchflusszytometrie mit BactoScan-FC-Geräten bestimmt. Die freien Fettsäuren und der Gefrierpunkt wurden mittels Infrarotspektroskopie mit Milko-Scan-FT-Geräten bestimmt. Schliesslich wurde die Anzahl somatischer Zellen mittels Fluoreszenz-Durchflusszytometrie mit einem Fossomatic-FC-Gerät gemessen.

Die Daten der Milchprüfung stammen aus dem Zeitraum zwischen Januar 2017 und April 2024. Dies entspricht 176 Werten pro Milchproduzent und Kriterium. Die Analysekriterien waren: Keimzahl, Zellzahl, Gefrierpunkt und Gehalt an freien Fettsäuren. Das letzte Kriterium wurde vom Labor gemessen. Die Ergebnisse wurden jedoch nur denjenigen Milchproduzenten mitgeteilt, die einen entsprechenden Antrag stellten und die zusätzlichen Kosten für die Analyse (CHF 1,40 pro Probe) bezahlten.

2.3.2 Agroscope - flüchtige Carbonsäuren

Die flüchtigen Carbonsäuren (C1 - C6) wurden nach der Veresterung der Carbonsäuren mit Ethanol mittels GC-FID und «Headspace-Technology» gemäss Fröhlich-Wyder et al. (2013) quantifiziert. Diese Analyse wurde an Proben durchgeführt, die im Januar, Februar und März 2024 entnommen wurden. Um Verzerrungen aufgrund von Unterschieden bei der Handhabung und beim Einfrieren der Milchproben zwischen den Käsereien zu vermeiden, wurde für jede AMS-Probe auch eine Kontrollprobe von Milch eines Produzenten mit Melkstand entnommen. Alle diese Proben wurden in der jeweiligen Käserei direkt nach Erhalt der Milch eingefroren. Anschliessend wurden sie transportiert und bis zur Analyse in gefrorenem Zustand aufbewahrt.

Die ermittelten Werte zeigten, dass die Handhabung und die Dauer des Einfrierens der Proben von Käserei zu Käserei unterschiedlich waren, was zu beträchtlichen Unterschieden bei den einzelnen Ergebnissen führte. Die Werte für Buttersäure und Capronsäure können daher nicht zwischen den Betrieben verglichen werden. Es wurde für jede Käserei der Durchschnitt der Ergebnisse für die AMS- bzw. Melkstandproben berechnet. Um die Werte miteinander vergleichen zu können, wird der Buttersäuregehalt eines Betriebs in Prozent des Durchschnitts der betreffenden Käserei angegeben.

2.3.3 Einteilung in drei Gruppen nach dem Grad der Lipolyse

Die 46 Betriebe wurden nach dem Grad der Lipolyse in der Milch in drei Gruppen eingeteilt: Gruppe 1: geringe Lipolyse, Gruppe 2: mittlere Lipolyse und Gruppe 3: starke Lipolyse. Für die Einteilung wurden die nachfolgenden Kriterien angewendet.

Gruppe 1 - geringe Lipolyse

Die Produzenten der Gruppe 1 erfüllen die folgenden drei Bedingungen:

- Der Durchschnitt der über zwei Jahre (Mai 2022 bis April 2024) gemessenen FFS-Werte liegt unter 2,0 mmol/10 kg Milch.
- Kein Wert für den Gehalt an freien Fettsäuren lag innerhalb der zwei Jahre (Mai 2022 bis April 2024) über der Norm.
- Der Mittelwert des Buttersäuregehalts nach 24 Stunden lag unter 105 µmol/kg.

Gruppe 2 - mittlere Lipolyse

Produzenten, die weder die Bedingungen der Gruppe 1 noch die der Gruppe 3 erfüllten, wurden der Gruppe 2 zugeteilt.

Gruppe 3 - starke Lipolyse

Die Produzenten in Gruppe 3 erfüllen eine der drei folgenden Bedingungen:

- Der Durchschnitt der über zwei Jahre (Mai 2022 bis April 2024) gemessenen FFS-Werte liegt bei über 3,0 mmol/10 kg Milch.
- Mehr als zwei Wert für den Gehalt an freien Fettsäuren lagen innerhalb der zwei Jahre (von Mai 2022 bis April 2024) über 3,3 mmol/10 kg Milch.
- Der Mittelwert des Buttersäuregehalts nach 24 Stunden überschreitet den Durchschnitt der Proben aus der betreffenden Käserei um mindestens 150 %.

Die Proben eines Betriebs der Gruppe 3 müssen in jedem Fall einen durchschnittlichen Buttersäuregehalt nach 24 Stunden von mehr als 105 µmol/kg aufweisen.

Tabelle 3: Parameter zur Einteilung der Betriebe in drei Gruppen nach dem Grad der Milchlipolyse (1=gering, 2=mittel, 3=stark)

Parameter	Freie Fettsäuren		Buttersäure nach 24 Stunden	
Labor	Suisselab		Agroscope	
Methode	Infrarot-Spektroskopie		Gaschromatographie	
Zeitraum	2 Jahre Oktober 2023 – März 2024		3 Monate Januar 2023 - März 2023	
	Mittelwert	Anzahl Werte ausserhalb der Norm (>3,3 mmol/kg)	Mittelwert	Mittelwert im Verhältnis zum Durchschnitt der Käserei
Gruppe	mmol/10 kg Milch	Anz.	µmol/kg	%
1 - gering	<2.0	keine	<105	
2 - mittel				
3 - stark	>3.0	>2	>105	>150 %

2.3.4 DNA-Extraktion

Für die DNA-Extraktion aus der Rohmilch wurden 10 ml mit 3,2 ml NET-Puffer (50 mM NaCl, 125 mM EDTA, 50 mM Tris-HCl [pH 7,6]) gemischt, 10 Minuten lang auf 80 °C erhitzt und auf Eis abgekühlt. Nach der Zentrifugation (30 min 4000 x g) wurde das Pellet mit ca. 1,5 ml des Überstands in ein 2-ml-Röhrchen überführt und erneut zentrifugiert (12000 x g bei 4 °C für 5 min).

Die Pellets mit den Bakterien wurden in 400 µL G2-Puffer (EZ1 DNA Tissue Kit, Qiagen, Hilden, Deutschland) resuspendiert, in 0,5-ml-Röhrchen mit 100 mg 0,1 mm grossen, schwach bindenden Zirkonoxid-Kügelchen (OPS Diagnostics, Lebanon, NJ, USA) überführt und 60 Sekunden bei mittlerer Geschwindigkeit in einem Homogenisator (Omni International Inc., Kennesaw, GA, USA) geschüttelt. Nach der Zentrifugation wurden 200 µl Zelllysate und 20 µl Proteinase K (Qiagen) für 1 Stunde bei 56 °C inkubiert und anschliessend mit der BioRobot® EZ1 Workstation (Qiagen, Hilden, Deutschland) behandelt.

2.3.5 Sequenzierung der Amplicons des Gens für die 16S rRNA

Die Ampliconbibliotheken wurden mithilfe der Methode der unidirektionalen Fusion (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) hergestellt. Die Amplifikation wurde wie folgt durchgeführt: Die Temperatur wurde 30 s lang auf 98 °C gehalten, gefolgt von 30 Zyklen mit 98 °C für 10 s, 55 °C für 20 s und 72 °C für 30 s sowie einer abschliessenden Elongation bei 72 °C für 5 min. Nach der Qualitätskontrolle und Quantifizierung der Amplicon-Bibliothek wurden die Vorbereitung der Matrice, das Laden des Chips und die Sequenzierung gemäss den Anweisungen des Herstellers unter Verwendung der Systeme Ion Chef™ und Ion S5™ sowie eines Ion530-Chips (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) durchgeführt. Für die Entfernung der Primer von den Rohsequenzen wurde Cutadapt (M. Martin, 2011) verwendet. Die Rohsequenzen wurden geschnitten und mit DADA2 (Callahan et al., 2016) nach ihrer Qualität gefiltert. Die Amplicon-Sequenz-Varianten (ASV) wurden mit DADA2 gewonnen, wobei der Parameter POOL auf «pseudo» eingestellt war. Die taxonomische Annotation wurde mit DAIRYdb v3.0.0 (Meola et al., 2019) unter Verwendung von IDTAXA (Murali et al., 2018) vorgenommen.

2.3.6 Quantifizierung der 16S rRNA durch qPCR

Die Quantifizierung der 16S rRNA erfolgte mittels Real-Time-PCR in einem Volumen von 12 µl, bestehend aus 6 µl Takyon™ No Rox SYBR® MasterMix Blue dTTP (Eurogentec, Seraing, Belgien) mit 300 nM des Primers F27 (5'-AGAGAGTTTGATCMTGCTCAG-3') und 300 nM des Primers R355 (5'-GCWGCCTCCCGTAGGAGT-3'). Die Amplifikationsbedingungen waren 95 °C für 3 min, gefolgt von 40 Zyklen mit 95 °C für 10 s und 60 °C für 60 s. Die Dissoziationskurve wurde zwischen 60 °C und 90 °C bestimmt. Alle qPCR-Tests wurden auf einem Rotor-Gene (Qiagen, Hilden, Deutschland) durchgeführt. In jede Analysenreihe wurde eine Reihe von Dezimalverdünnungen eines Amplifikationsprodukts mit der betreffenden Sequenz aufgenommen. Die DNA-Konzentration wurde mit einem NanoDrop® ND-1000-Spektrophotometer (NanoDrop Technologies, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) bestimmt. Die Schätzung der Kopienzahl erfolgte auf der Basis der DNA-Konzentration, wobei aufgrund des mittleren Molekulargewichts eines Nukleotidenpaars der Wert 660 pmol pg⁻¹ verwendet wurde. Die Analyse erfolgte mit Hilfe der Rotor-Gene Q Series Software v2.3.1 (Qiagen).

2.3.7 Besuch im Stall

Als Datengrundlage dienten 46 Milchviehbetriebe, die über ein AMS verfügen und silofreie Milch für die Herstellung von Käse liefern. Die Besuche fanden im Zeitraum von November 2023 bis Januar 2024 statt. Die Erfassung der Parameter erfolgte nach einem Fragebogen (Anhang 1) und umfasste folgende Bereiche:

Allgemeine Angaben zum Betrieb

- Herdengrösse, Rinderrassen, durchschnittliche Laktationsleistung
- Aufstallung und Haltung
 - o Typ der Liegeboxen, Art des Einstreumaterials
 - o Gestaltung der Laufgänge, Oberflächenmaterial, Reinigungsart und- frequenz
 - o Art der Stalllüftung
 - o Angaben zur Weide (Frequenz, durchschnittliche Dauer, geschätzter Grundfutterverzehr während der Weideperiode)

Angaben zur Umstellung auf das AMS

- Zeitpunkt der Inbetriebnahme, Alter, Marke und Typ des AMS
- Tierverkehr (frei, gelenkt)
- Aufstallungs- und Melksystem vor dem Wechsel zum AMS
- Veränderung bei der Haltung und Fütterung nach der Umstellung (Angaben der Tierhaltenden)
 - o Herdengrösse, Laktationsleistung, Weidedauer, Kraftfuttergabe, Eingrasen, Zukauf von Grundfutter
- Veränderungen bei der Milchqualität nach der Umstellung (Angaben der Tierhalter)
 - o Öffentlich-rechtliche Qualitätskriterien (Zellzahl, Keimzahl, Gefrierpunkt)
 - o Käsereispezifische Proben (Reduktase, Säuregrad, Gärprobe, Freie Fettsäuren, Buttersäuresporen, Salztolerante Keime, Propionsäurebakterien)

Installation und Einstellungen des Melksystems und der Milchtanks

- Milchtank
 - o Stationär / fahrbar
 - o Tankvolumen pro Kuh
 - o Länge der Milchdruckleitung (Distanz Milchpumpe - Milchtank)
 - o Maximale Höhendifferenz zwischen Milchpumpe und Milchdruckleitung
- AMS
 - o Intervall zur Melkberechtigung während der verschiedenen Leistungsphasen
 - o Art der Zitzenreinigung (Bürsten, Vorbereitungsbecher, Melkbecher)
 - o Art der Reinigung/Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften für die Zitzenreinigung und der Zitzengummis/-silikone nach dem Melken
 - o Eingesetzter Wirkstoff für die Zitzendesinfektion nach dem Melken
 - o Art der Überwachung der Eutergesundheit (Zellzahl, Indices, Leitfähigkeit/Bluterkennung)
 - o Typ der Milchpumpe
 - o Ausstossen der Milchdruckleitung und allfällige Dauer bis zu diesem Vorgang
 - o Einsatz und Austauschfrequenz des Milchfilters
 - o Reinigung der Standfläche im AMS
 - o Vorhandensein einer Klauenwaschanlage im AMS, Einsatz während des Melkens

Messwerte Melken zum Zeitpunkt des Betriebsbesuchs

- Tiere
 - o Anzahl Kühe in Laktation
 - o Durchschnittliche Anzahl Tage in Laktation
 - o Durchschnittliche Tagesmilchmenge
- Melkintervall / Anzahl Melkungen pro Tag
 - o Durchschnittliche, höchste und niedrigste Anzahl Melkungen pro Tag
 - o Durchschnittlicher, höchster und niedrigster Melkintervall pro Tag
 - o Durchschnittliche Milchmenge pro Melkung

Milchkühlung

- Vorhandensein einer Vorkühlung

Typ: Rohrkühlung oder Plattenkühler

- Milchtank
 - o Typ der Kühlung
 - Milchflussgesteuert
 - Manueller oder zeitverzögerter Start
 - Eiswasserkühlung
- Angezeigter Wert der Milchtemperatur im Tank

Reinigung des AMS und der Milchtanks

- AMS
 - o Art der Reinigung (Zirkulations-/Kochendwasserreinigung/verlorene Reinigung)
 - o Frequenz der Reinigung pro Tag
 - o Verwendete Reinigungsmittel und deren Konzentration
 - Einsatz der sauren und alkalischen Reinigungsmittel (alternierend oder anderer Rhythmus)
 - o Anfangs- und Endtemperatur bei der Hauptreinigung
 - Wenn kein Reinigungsprotokoll eingesehen werden konnte, wurden die Angaben der Tierhaltenden registriert
 - o Außenreinigung des AMS
 - Frequenz pro Tag
 - Art des verwendeten Wassers (Netz- Quell- oder Grauwasser)
- Milchtank
 - o Analog Reinigung des AMS

Serviceintervall

- Anzahl Monate (Durchführung durch den Techniker)
- Wechselintervall der Zitzengummis / -silikone durch die Tierhaltenden (Anzahl Melkungen bis zum Wechsel)

Beurteilung der Tier- und Stallhygiene

Die Beurteilung erfolgte nicht zu einem definierten Zeitpunkt. Der Verschmutzungsgrad und der Zustand der Liegeboxen ist abhängig vom Zeitpunkt der letzten Reinigung. Daher erlauben diese Daten nur einen groben Eindruck der Situation.

Erhoben wurden die prozentualen Anteile von vier verschiedenen Euterverschmutzungsgraden:

- Note 1: Frei von Schmutz
- Note 2: Leichte Verschmutzung
- Note 3: Mässige Verschmutzung
- Note 4: Starke Verschmutzung

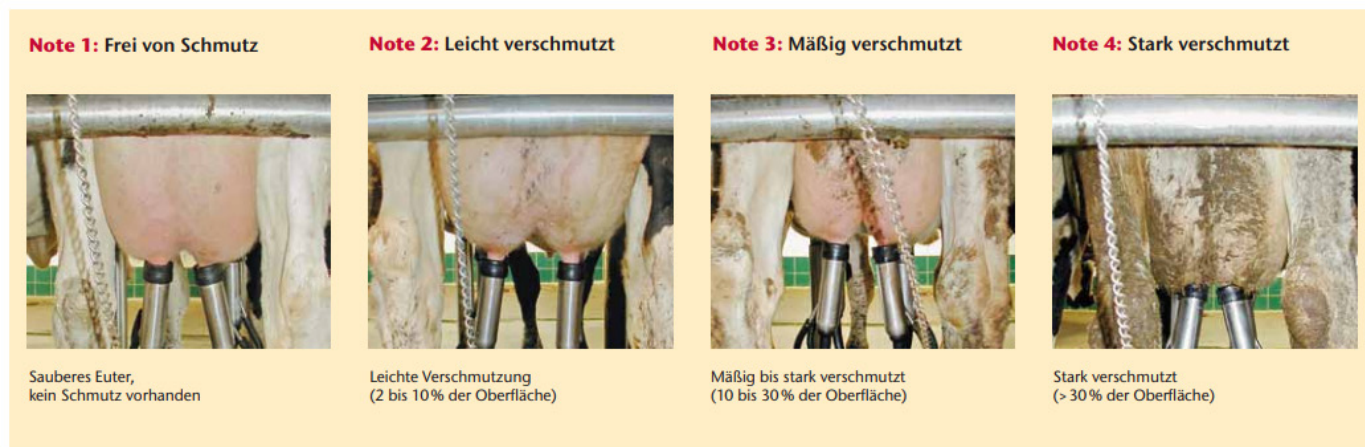


Abbildung 2: Bewertung der Tierhygiene mit Einteilung des Euterverschmutzungsgrades in vier Kategorien (sauber/leichte/mittelgradige/starke Verschmutzung) und prozentuale Erfassung der einzelnen Kategorien (Quelle: www.elite-magazin.de)

Stallhygiene:

- Häufigkeit der Kotverschmutzungen in der Mitte der Liegeboxen
- Häufigkeit der Kotverschmutzungen unter den Boxenbügeln

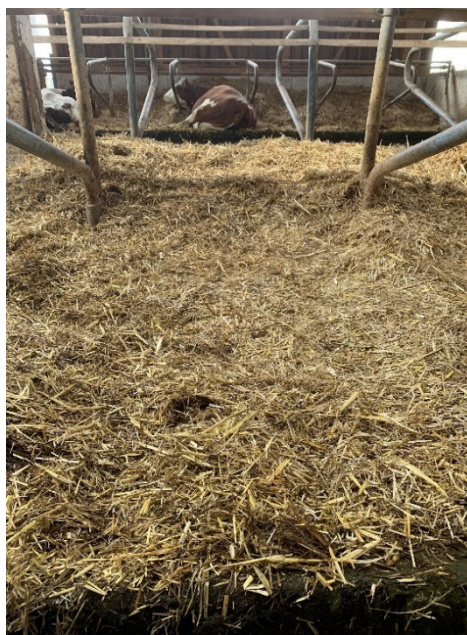


Abbildung 3: keine Verschmutzung



Abbildung 4: Verschmutzung unter dem Boxenbügel



Abbildung 5: Verschmutzung in der Mitte der Liegeboxen

2.4 Resultaten

2.4.1 Allgemeine Angaben zu den Betrieben

2.4.1.1 Herdengrösse und Aufstallung

Die Anzahl gehaltener Kühe auf den 46 Betrieben liegt zwischen 22 und 80 Tieren (Mittelwert: 51 Kühe). In 83% der Fälle sind Tief-, in den restlichen 13% Hochboxen im Einsatz. Als Einstreumaterial wird ein Gemisch aus Strohhäckseln und Kalk (50%), Stroh und Kalk (24%), Strohpellets (20%) oder Strohhäcksel ohne Beimengung von Kalk (6%) verwendet. Die Laufgänge sind je zu 30% perforiert und nicht perforiert, in 40% der Ställe kommt eine Kombination beider Varianten vor. Die Reinigung erfolgt am häufigsten durch Schieber (41%, Frequenz zwischen 1- und 12-mal pro Tag), gefolgt von Entmistungsrobotern (39%), Einachsern (11%, Reinigungsfrequenz 1-2-mal pro Tag) und manuell (7%, Reinigungsfrequenz 2-3-mal pro Tag). In einem Fall hat sich der Betriebsleiter für einen selbstreinigenden Spaltenboden entschieden.

2.4.1.2 Weide

In 89% der Betriebe haben die Kühe Weidegang, darunter befinden sich zwei Vollweidebetriebe mit saisonaler Abkalbung. Bei 32% wird der Zugang zur Weide mit einem Weidetor gesteuert, um die Melk- und Weideberechtigung zu koordinieren. 68% weiden die gesamte Herde zu fixen Blockzeiten. Die Dauer des Weidegangs liegt nach Angaben der Tierhaltenden zwischen 1.5 und 6 Stunden (Mittelwert: 3.4 Stunden). Der geschätzte Grundfutterverzehr während der Weideperiode bewegt sich zwischen 10% und 100%, der höchste Wert betrifft die zwei Vollweidebetriebe. Im Mittel liegt der angegebene Wert bei 32%.



Abbildung 6: Automatisches Weidetor mit drei Selektionsmöglichkeiten

2.4.2 Veränderungen bei der Umstellung auf das AMS (Angaben der Betriebsleitenden)

2.4.2.1 Aufstallung und Tiere

17% der Betriebe bezogen beim Wechsel zum AMS auch einen Stallneubau, 83% einen Umbau. Bei 70% befanden sich die Tiere vorher bereits in einem Laufstall mit Melkstand, 28% in einem Anbindestall mit einer Rohrmelkanlage und in 2% erfolgte der Wechsel aus einem Anbindestall mit Standeimeranlage. Die durchschnittliche Zunahme des Kuhbestands lag bei 43% mit einer Variation zwischen 0% und 300%. Die Milchleistung pro Standardlaktation hat sich im Mittel um 5% erhöht, die höchste Zunahme lag bei 21%. In einem Fall reduzierte sich die Leistung gemäss dem Tierhalter um 5%.

2.4.2.2 Betriebsmanagement

Die Veränderungen beim Betriebsmanagement sind in der Tabelle 4 aufgeführt. Zwei Betriebe haben das Weiden nach der Umstellung aufgegeben, ein Betrieb hat nach der Umstellung auf das AMS mit dem Weiden begonnen.

Tabelle 4: Veränderungen im Betriebsmanagement

	Praktiziert vor Umstellung	Praktiziert nach Umstellung	Keine Änderung bei der Menge	Erhöhung der Menge	Verringerung der Menge
Kraftfuttereinsatz	100%	100%	46%	37%	17%
Eingrasen	85%	76%	63%	11%	26%
Zukauf Grundfutter	89%	89%	88%	11%	2%
Weide	91%	89%	61%	11%	28%

2.4.2.3 Eigenschaften des Melksystems

Marken

Auf den 46 Betrieben wurden vier verschiedene Marken von AMS angetroffen:

- Lely: 27 (59%)
- DeLaval: 14 (30%)
- GEA: 4 (9%)
- Boumatic: 1 (2%)

Das Alter der im Einsatz stehenden AMS liegt zwischen 4 Monaten und 15 Jahren, der Mittelwert ist bei 5.7 Jahren.

Ausstattung der AMS

- Folgende Vorbereitungsgerätschaften stehen zur Zitzenreinigung im Einsatz:

- Bürsten: 59%
- Vorbereitungsbecher: 32%
- Melkbecher: 9%

Die Ausstattung mit diesen Gerätschaften ist markenspezifisch. Der separate Vorbereitungsbecher dient nur dem Vormelken und der Zitzenreinigung, während bei einem System sämtliche Arbeitsschritte (Vormelken, Zitzenreinigung, Melken, Desinfektion Zitzen) in demselben Becher ablaufen.

- In 39% der Anlagen sind Zitzengummi, in 61% Zitzensilikone im Einsatz. Die Verwendung des Materials ist mehrheitlich markenspezifisch.
- Reinigung und Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften
 - 17% werden nach einer Melkung ausschliesslich mit Wasser gespült
 - Bei 68% erfolgt zusätzlich eine Desinfektion mit Peressigsäure, bei 15% mit Wasserdampf.
- Zwischendesinfektion Zitzengummi resp. -silikone
 - Spülung mit Wasser ohne Desinfektion: 33%
 - Wasserdampf: 56%
 - Peressigsäure: 11%
- Wirkstoff für die Zitzendesinfektion nach dem Melken
 - Iod: 76%
 - Milchsäure: 20%
 - Chlor: 4%
- Art der Milchpumpe:
 - Normal: 48%
 - Frequenzgesteuert: 28%
 - Membranpumpe: 24%
- Ausstossen der Milchdruckleitung
In 61% der Anlagen wird die Milchdruckleitung (Leitung zwischen Milchpumpe und Milchtank) nach einer gewissen Zeit geleert, wenn keine Melkung erfolgt. Der Mittelwert dieser Zeit liegt bei 40 Minuten.
- Milchtransport und -lagerung
 - Die Länge der Milchdruckleitung liegt zwischen 5 und 35 Metern (Mittelwert: 15 Meter)
 - Die maximale Höhendifferenz zwischen Milchpumpe und Milchdruckleitung liegt zwischen 2.5 und 6 Metern (Mittelwert: 2.9 Meter)

2.4.2.4 Milchtank und -kühlung

- Eine Vorkühlung der Milch vor dem Milchtank findet bei 63% der Systeme statt. In 89% der Fälle besteht diese aus einer Rohrkühlung, in 11% ist ein Plattenkühler installiert.
- Die Tankgrösse liegt zwischen 30 und 120 Liter pro Kuh (Mittelwert: 47 Liter pro Kuh)
- Die Steuerung der Milchtankkühlung erfolgt zu 75% milchflussgesteuert, bei 17% zeitverzögert nach dem Beginn des Melkens und bei 4% erfolgt der Start manuell. 4% haben eine Eiswasserkühlung installiert.
- Die Lagertemperatur der Milch liegt zwischen 4 und 10°C, der Mittelwert bei 7°C

2.4.2.5 Reinigung des AMS und des Tanks

Das AMS wird in der Regel dreimal täglich gereinigt, 6 Anlagen werden zweimal und eine Anlage viermal täglich gereinigt. Die alkalischen und sauren Produkte werden abwechselnd verwendet oder es wird zweimal hintereinander das alkalische und danach einmal das saure Produkt verwendet. Die Lösung wird entweder im Kreislauf verwendet oder nach dem Reinigungsvorgang dem Abwasser zugeführt.

2.4.2.6 Einstellungen des AMS

- Startphase (erstes Laktationsdrittel):
Die Werte für die minimale Zwischenmelkzeit liegen zwischen 5 und 11 Stunden, der Mittelwert ist bei 7.2 Stunden.
- Leistungsphase (ab ca. 100 Tage in Laktation):
Die Werte liegen zwischen 6 und 12 Stunden, der Mittelwert ist bei 8.9 Stunden.

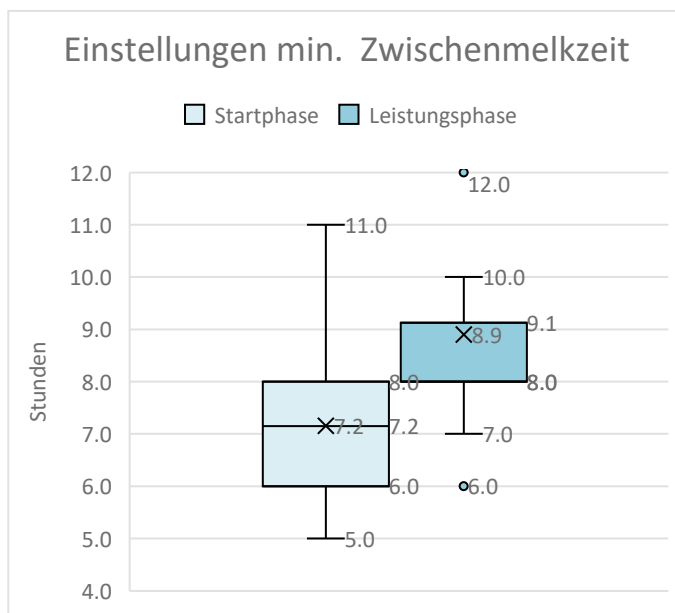


Abbildung 7: Einstellungen der minimalen Zwischenmelkzeit in der Start- und Leistungsphase

2.4.2.7 Erhobene Messwerte

Anzahl Melkungen / Melkintervalle

- Die zum Zeitpunkt des Besuchs erhobene durchschnittliche Anzahl Melkungen pro Kuh und Tag liegen zwischen 2 und 3.1, der Mittelwert bei 2.5. Dementsprechend liegen die durchschnittlichen Zwischenmelkzeiten zwischen 7.7 und 12 Stunden (Mittelwert: 9.6 Stunden)

Milchleistung

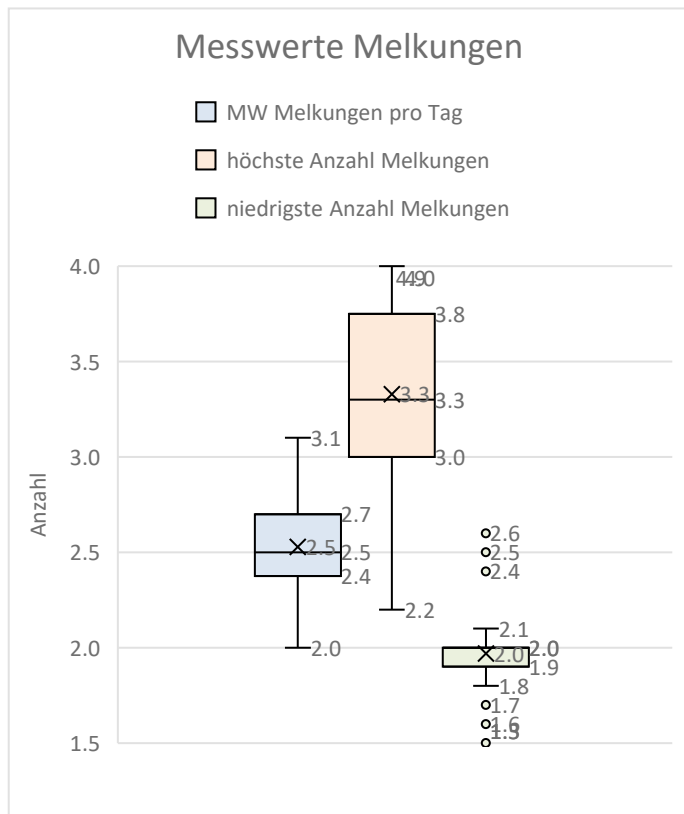


Abbildung 8: Gemessene Parameter zur Melkfrequenz

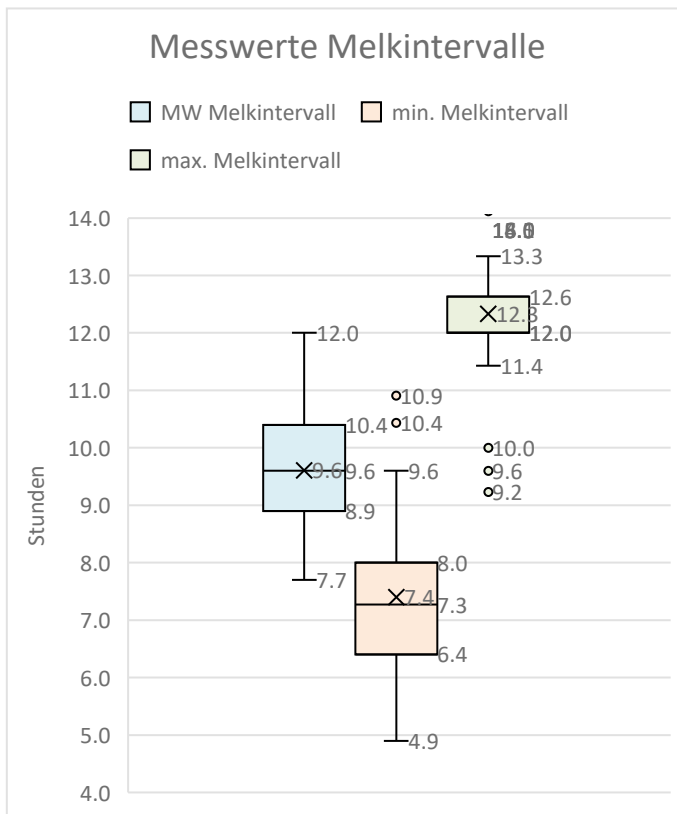


Abbildung 9: Gemessene Parameter zu den Melkintervallen

- Die Tagesmilchmenge pro Kuh und Tag beträgt zwischen 17 kg und 34 kg (Mittelwert: 26 kg pro Tag).
- Die durchschnittliche Milchmenge pro Melkung variiert zwischen 6.2 und 13.4 kg (Mittelwert: 10 kg)

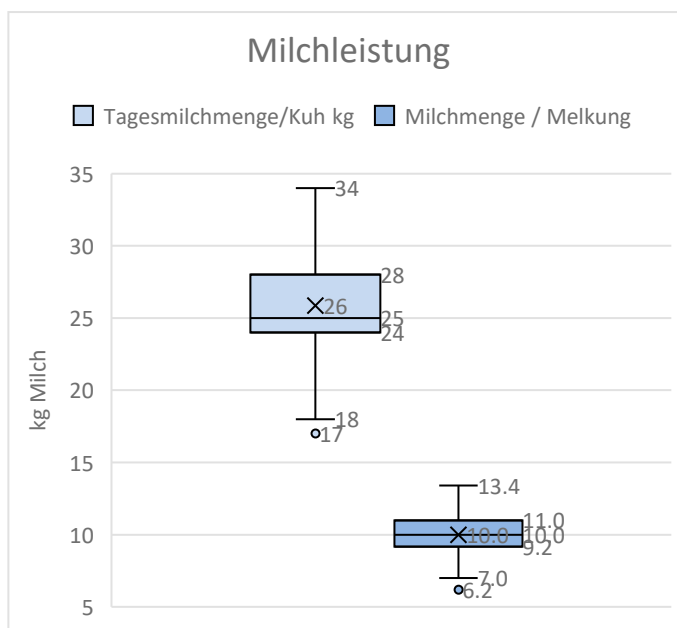


Abbildung 10: Durchschnittliche Milchleistung pro Tag und pro Melkung

2.4.2.8 Bewertung der Tier- und Stallhygiene

Sauberkeit der Euter

Verteilung der prozentualen Anteile der jeweiligen Scores zur Sauberkeit der Euter:

- Score 1: Sauber
- Score 2: Leichte Verschmutzung
- Score 3: Mittelgradige Verschmutzung
- Score 4: Starke Verschmutzung

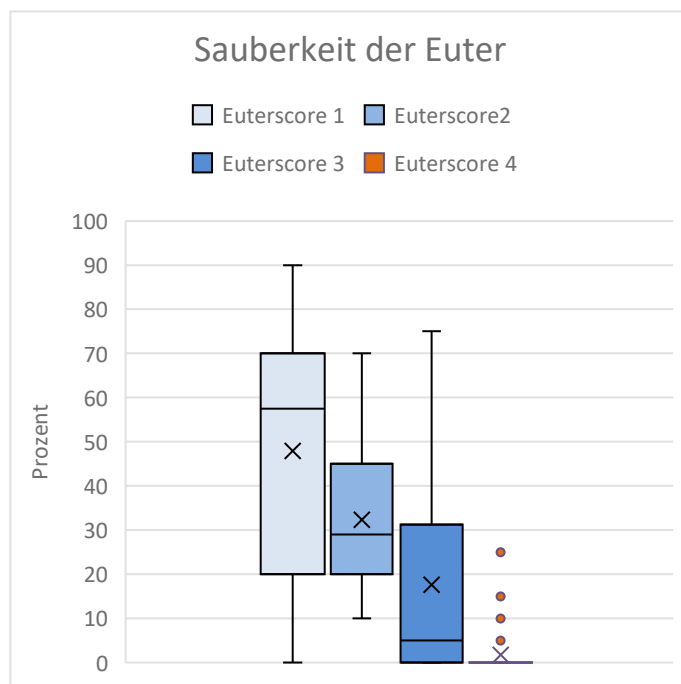


Abbildung 11: Verteilung der Eutersauberkeits-Scores

Sauberkeit der Liegeboxen

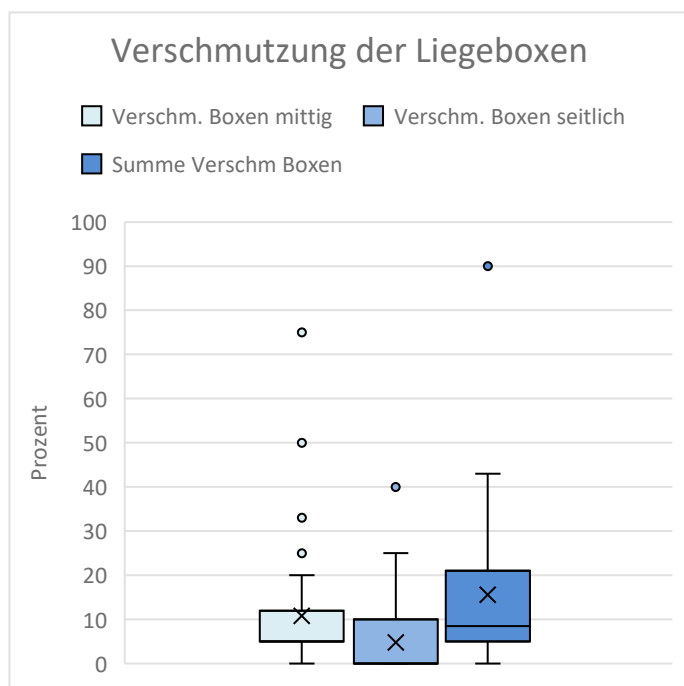


Abbildung 12: Verteilung der Sauberkeits-Scores der Liegeboxen

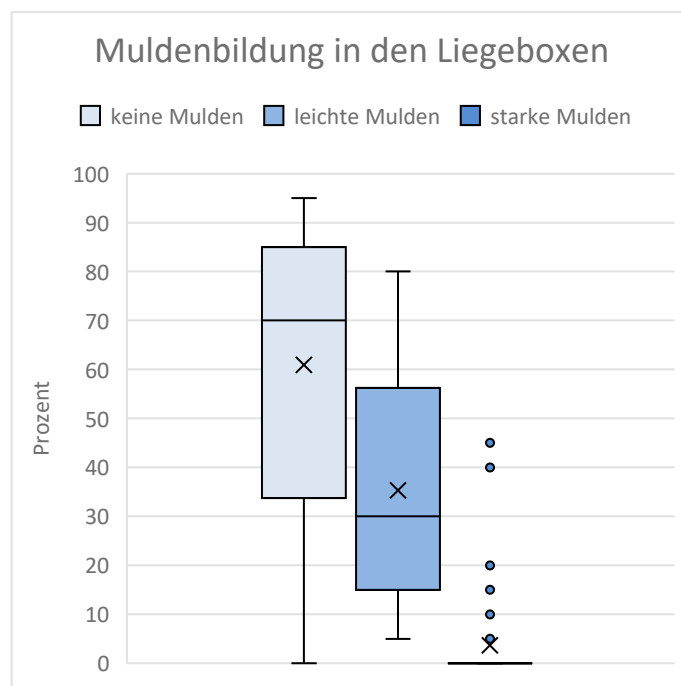


Abbildung 13: Verteilung der Scores zur Muldenbildung in Liegeboxen

2.4.3 Ergebnisse zur Lipolyse

2.4.3.1 Milchprüfung und freie Fettsäuren

Die Daten der Milchprüfung bei den 73 Betrieben mit AMS wurden von Januar 2017 bis April 2024 gesammelt. In diesem Zeitraum wurden 50 AMS installiert. Dadurch war es möglich, die Milchqualität vor und nach der Installation der AMS zu vergleichen. Tabelle 5 zeigt, dass die Milch der Produzenten mit einem vor 2017 installierten AMS höhere Werte für FFS, Zellen und Keime aufweist. Ausserdem weist die Milch aus AMS in der Regel höhere Werte bei der Gefrierpunkt auf. So zeigt Tabelle 6, dass von den 50 Produzenten, die zwischen 2017 und 2024 ein AMS installierten, bei 43 Produzenten der Gefrierpunkt der Proben stieg, bei 33 davon signifikant. Der Einsatz eines AMS führte bei 21 Produzenten zu einer Verringerung des Gehalts freier Fettsäuren, bei 9 dieser Produzenten war die Reduktion signifikant. Im Gegensatz dazu wurden bei 29 Produzenten höhere Werte für den Gehalt festgestellt, bei 22 davon war der Anstieg signifikant.

Tabelle 5: Im Rahmen der Analysen von Suisselab bei den 73 Produzenten im Zeitraum 2017-2024 festgestellte Durchschnittswerte

Jahr der Installation des AMS	Anz.	Melksystem	FFS	Zellen	Keime	Kryoskopie
			mmol/10 kg	Zellen/ml	Keime/ml	°C
2017-2024	50	vor AMS	1.92	133 491	5 707	-0.525
		AMS	2.03	131 123	5 627	-0.522
vor 2017	23	AMS	2.40	167 727	6 930	-0.522
Alle Werte der AMS	73	AMS	2.14	142 656	6 038	-0.522

Tabelle 6: Vergleich der 50 Produzenten, die im Zeitraum 2017-2024 ein AMS installiert haben. Es werden die Unterschiede der Mittelwerte vor und nach der Installation des AMS untersucht (Ergebnisse als Anzahl der Betriebe).

Zeitraum Probenahme	FFS		Zellen		Keime		Gefrierpunkt	
	tiefere Mittelwerte	signifikanter Unterschied	tiefere Mittelwerte	signifikanter Unterschied	tiefere Mittelwerte	signifikanter Unterschied	tiefere Mittelwerte	signifikanter Unterschied
vor AMS	29	22	25	13	25	6	43	33
AMS	21	9	25	10	25	10	7	2

Ein Vergleich aller Ergebnisse dieser Studie in Tabelle 7 zeigt, dass der durchschnittliche FFS-Gehalt bei Milch aus AMS etwas höher ist als bei Milch aus einem konventionellen Melkstand vor der Installation des AMS.

Tabelle 7: Gehalt an FFS der Milch vor der Installation des AMS und alle AMS-Ergebnisse

	Konventionelles Melken vor dem AMS	AMS
N	2162	4086
Mittelwert	1.86	2.20
Median	1.75	2.13
Minimum	0.00	0.02
95. Perzentil	3.54	3.69
Maximum	9.47	8.40

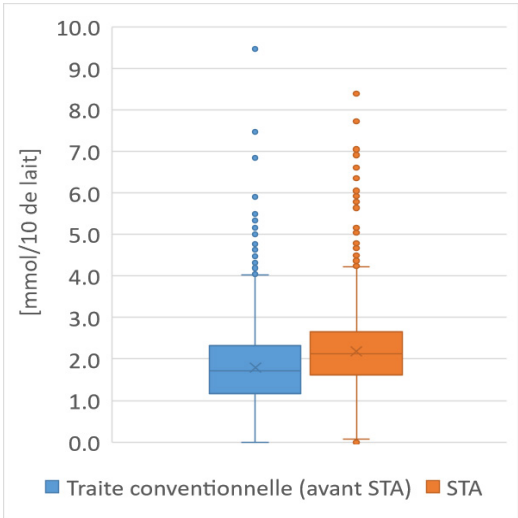


Abbildung 14: Gehalt freier Fettsäuren der Milch vor der Installation des AMS und alle AMS-Ergebnisse

2.4.3.2 Buttersäure und Capronsäure

Um die Ergebnisse zu den freien Fettsäuren von Suisselab zu bestätigen, wurden während drei Monaten (Januar, Februar, März 2024) einmal pro Monat bei 46 Betrieben mit AMS-Milchproben entnommen. Die 18 teilnehmenden Käsereien entnahmen auch eine den FFS-Proben entsprechende Anzahl von Milchproben bei Betrieben mit Melkstand. In den Käsereien wurden die Probe direkt nach dem Eintreffen eingefroren. Leider bestanden bei den 276 Ergebnissen grosse Unterschiede bei der Entnahme und dem Einfrieren der Milch zwischen den Käsereien. Einige Werte waren besonders hoch, sowohl bei den AMS als auch bei den konventionellen Melksystemen. Um die AMS miteinander vergleichen zu können, wird der Buttersäuregehalt der Milch jedes Produzenten mit dem Durchschnittswert der betreffenden Käserei in Bezug gesetzt. Die Ergebnisse werden dann als Prozentwert angegeben. In allen Fällen waren die Werte in den Betrieben mit AMS im Vergleich zu Betrieben mit Melkständen signifikant höher. Etwa die Hälfte der Milchproben wurde nach dem korrekten Protokoll eingefroren. Dadurch konnten wir einen Referenzwert auf der Grundlage des 25. Perzentils der Ergebnisse jedes Melksystems berechnen. Die so errechneten Werte für die Buttersäure nach 24 Stunden lagen bei 68 mmol/kg für die AMS und bei 50 mmol/kg für die Melkstände. Der in Abbildung 15 ersichtliche Unterschied war hochsignifikant (T-Test, P-Wert <0,0001) und beträgt 19 mmol/kg.

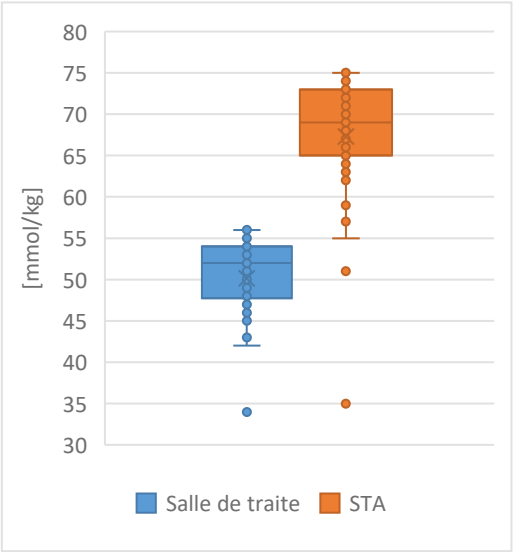


Abbildung 15: Buttersäuregehalt nach 24h bei Berücksichtigung aller Ergebnisse unterhalb des 25. Perzentils (N: AMS=35, Melkstand=34)

Tabelle 8: Quartil-Werte (25. Perzentil) für den Gehalt an Butter- bzw. Capronsäure der in der Studie gesammelten Daten

	Buttersäure (C4)			Capronsäure (C6)		
[mmol/kg]	0h	24h	Zunahme	0h	24h	Zunahme
Melkstand	47	57	8	16	20	3
AMS	64	76	13	23	27	4
Aktuelle Normen	70	105	26	24	30	13

2.4.3.3 AMS-Parameter nach den drei Lipolysegruppen

Tabelle 3 zeigt die Einteilung der Betriebe in drei Gruppen, je nach dem Grad der Lipolyse in der Milch auf der Grundlage der von Suisselab gelieferten FFS-Werte sowie der Werte für flüchtige Carbonsäuren, die zwischen Januar und März 2024 gemessen wurden. In Gruppe 1 wurde eine geringe Lipolyse und in Gruppe 3 eine hohe Lipolyse festgestellt. In Gruppe 2 befinden sich die Betriebe mit AMS, bei denen eine mittlere Lipolyse beobachtet wurde. Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der statistischen Analyse der Mittelwerte der drei Gruppen in Bezug auf die verschiedenen AMS-Parameter, die während des Besuchs der Betriebe erhoben wurden.

Tabelle 9: AMS-Parameter in den drei nach dem Grad der Milchlipolyse eingeteilten Betriebsgruppen

Lipolyse-Gruppe		1			2			3			Stat. Test	
Lipolyse-Wert		Gering			Mittel			Stark			(ANOVA)	
Anzahl AMS		16			17			13				
	Einheit	Mittelw.		SD	Mittelw.		SD	Mittelw.		SD		Sign.
Alter des AMS	Jahre	5.9	a	4.5	5.2	a	4.7	6.0	a	4.1	0.993	n.s.
Anzahl Kühe		57	a	14	49	a	11	47	a	14	0.040	*
Anzahl laktierende Kühe		48	a	12	42	a	10	39	a	13	0.032	*
Tage in Laktation	d	169	a	25	161	a	29	164	a	52	0.695	n.s.
Milchleistung	kg	9025	a	742	8294	a	1341	8746	a	1356	0.470	n.s.
Tagesproduktion / Kuh	kg	27	a	3	25	a	4	25	a	4	0.278	n.s.
Milchmenge pro Melkung	kg	10.7	a	1.1	9.5	ab	1.6	9.7	b	0.8	0.028	*
Einstellung MI Startphase	h	7.1	a	1.0	7.1	a	0.8	7.4	a	1.4	0.435	n.s.
Einstellung MI Leistungsphase	h	8.9	a	1.5	8.4	a	1.1	9.5	a	1.8	0.415	n.s.
Melkintervall (MI) - Durchschnitt	h	9.6	a	0.7	9.7	a	1.1	9.5	a	1.2	0.835	n.s.
Melkintervall - Minimum	h	7.2	a	1.2	7.5	a	1.1	7.5	a	1.5	0.390	n.s.
Melkintervall - Maximum	h	12.4	a	1.0	12.7	a	2.1	11.8	a	0.6	0.328	n.s.
Anzahl Melkungen/Tag - Durchschn.		2.5	a	0.2	2.5	a	0.3	2.6	a	0.3	0.732	n.s.
Anzahl Melkungen/Tag - Minimum		2.0	a	0.2	1.9	a	0.3	2.0	a	0.1	0.288	n.s.
Anzahl Melkungen/Tag - Maximum		3.4	a	0.6	3.3	a	0.5	3.3	a	0.6	0.410	n.s.
Tankvolumen pro Kuh	l	45.2	a	12.2	52.1	a	21.7	44.3	a	18.0	0.962	n.s.
Abstand AMS-Tank	m	14.6	a	8.2	14.8	a	6.5	15.5	a	8.1	0.752	n.s.
Höhenunterschied Milchleitung	m	3.1	a	0.7	3.0	a	0.9	2.9	a	0.4	0.393	n.s.
Milchtemperatur	°C	7.6	a	1.8	6.7	a	1.6	6.6	a	1.4	0.094	+
Serviceintervall AMS	mt	3.9	a	0.3	4.0	a	0.6	4.0	a	0.7	0.537	n.s.
Auswechseln Zitzengummis	Anz. Melkungen	7244	a	3681	7071	a	3654	8269	a	3289	0.465	n.s.
FFS (Okt. 2023-März 2024)	mmol/10 kg	1.8	a	0.3	2.3	b	0.3	3.0	c	0.5	2.3 ⁻¹⁰	***

Statistische Varianzanalyse (ANOVA): n.s. nicht signifikant ($p > 0.1$), + $p < 0.1$ (Trend), * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2.4.3.4 Marke und Alter des AMS

In der Studie wurden vier Marken von AMS berücksichtigt. Die beiden wichtigsten Marken (Lely und Delaval) unterscheiden sich nicht in Bezug auf die Betriebsgruppen nach dem Grad der Lipolyse, sie sind in allen drei Gruppen vertreten. Die Betriebsdauer lag zwischen 4 Monaten und 15 Jahren. Es gab keine Korrelation zwischen dem Alter des AMS und der Lipolysegruppe. Neuere Installationen (<2 Jahre) sind in allen drei Gruppen vertreten.

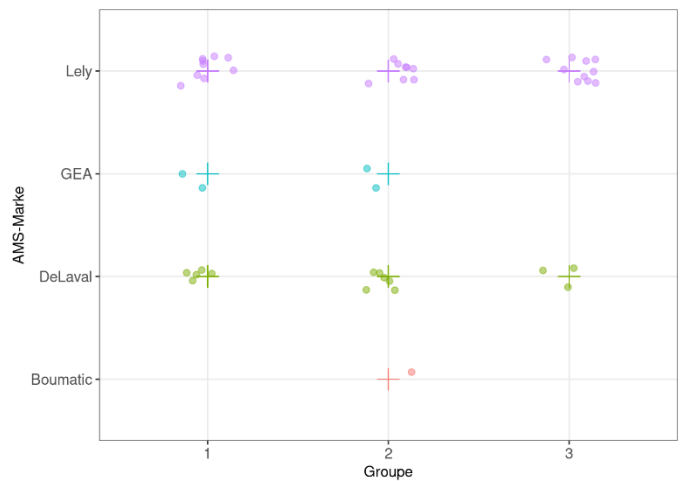


Abbildung 16: Marke des AMS nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.5 Anzahl Kühe und Milchleistung

Die Anzahl Kühe pro AMS lag bei 20 bis 67 laktierenden Kühen. Die Anzahl der Kühe war in den Betrieben der Gruppe 1 etwas höher. In dieser Gruppe gab es vier Betriebe mit mehr als 60 laktierenden Kühen. Nur ein Betrieb verfügte über 2 AMS. In Gruppe 1 lag die durchschnittliche Milchleistung bei allen 16 Betrieben bei über 8000 l. Auch die durchschnittliche Milchmenge, die pro Tag und pro Melkung produziert wurde, war in Gruppe 1 höher. Allerdings ist nur der zweite Wert leicht signifikant. Da die meisten Herden aus verschiedenen Kuhrasen bestanden, wurde dieses Kriterium in dieser Studie nicht berücksichtigt.

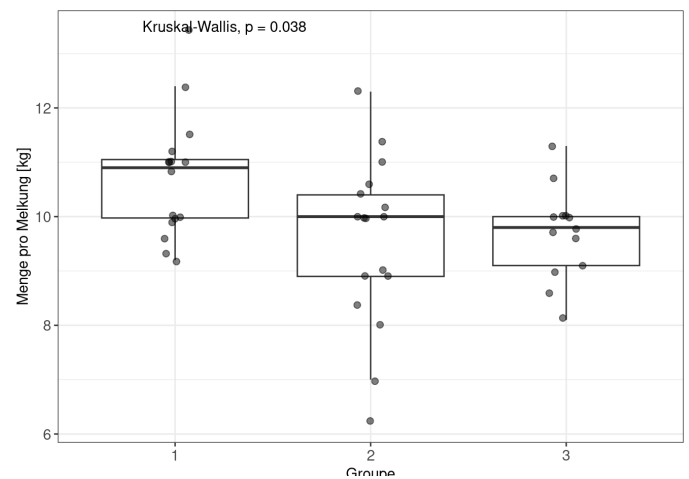


Abbildung 17: Milchmenge pro Melkung nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.6 Melkintervall und Anzahl Melkungen pro Tag

Das Mindestmelkintervall war in der Startphase (erste 100 Tage der Laktation) bei 5 bis 11 Stunden eingestellt und in der Leistungsphase (ab dem 101. Tag) bei 6 bis 12 Stunden. Das effektive minimale Melkintervall lag jedoch bei 7,2 Stunden und der Durchschnitt bei 9,6 Stunden. Es gibt grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben. Die Unterschiede zwischen den drei Gruppen waren jedoch nicht signifikant. Auffällig ist, dass in Gruppe 1 das durchschnittliche Melkintervall bei 8,5 bis 11 Stunden lag, im Gegensatz zu den Gruppen 2 und 3, wo die Unterschiede viel grösser waren.

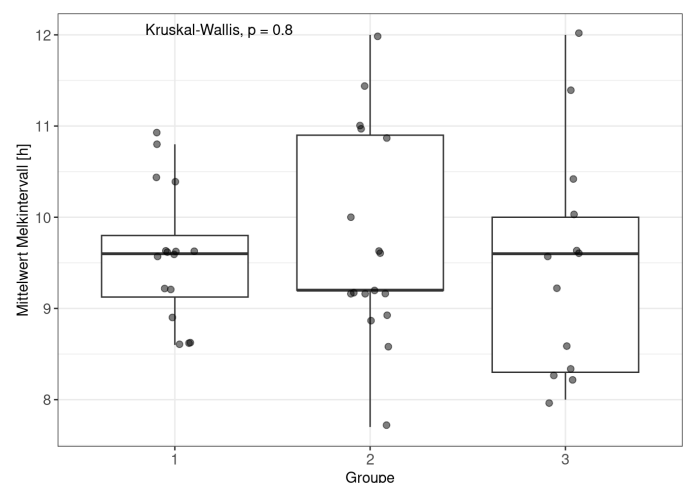


Abbildung 18: Durchschnittliches Melkintervall nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.7 Zitzengummis

Obwohl drei Viertel der Betriebe in Gruppe 3 Zitzengummis aus Silikon verwendeten, wird die Lipolyse weder vom Material der Zitzengummis noch von der Art der Desinfektion (keine, Peressigsäure oder Dampf) direkt beeinflusst. Der Wechsel der Zitzengummis erfolgt alle 2500 Melkungen bei Verwendung von Gummi und alle 10'000 Melkungen bei Verwendung von Silikon.

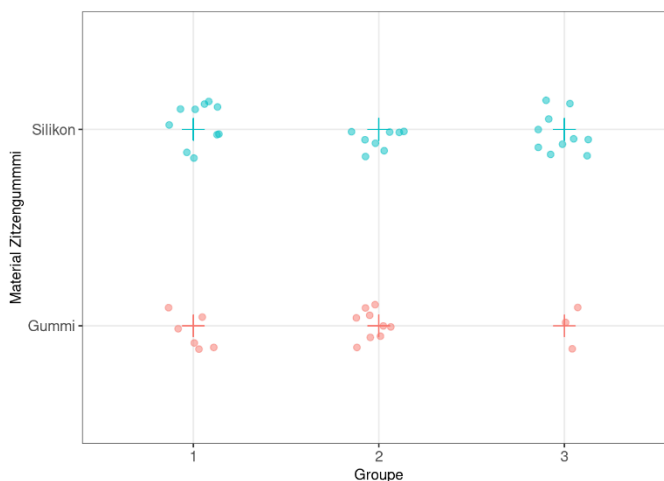


Abbildung 19: Materialtyp der Zitzengummis nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.8 Pumpen der Milch

In 60 % der Anlagen wird die Leitung vom AMS zum Tank durch Luftzufuhr entleert, wenn das AMS für eine bestimmte Zeit nicht benutzt wird. Die Zeitspanne variiert zwischen 15 und 50 Minuten. Diese Praxis war in allen drei Gruppen vertreten. Die Entleerung der Leitung ist nicht der einzige Faktor mit Einfluss auf die Lipolyse.

Die meisten AMS-Betriebe mit Membranpumpe sind in den Gruppen 2 und 3 zu finden.

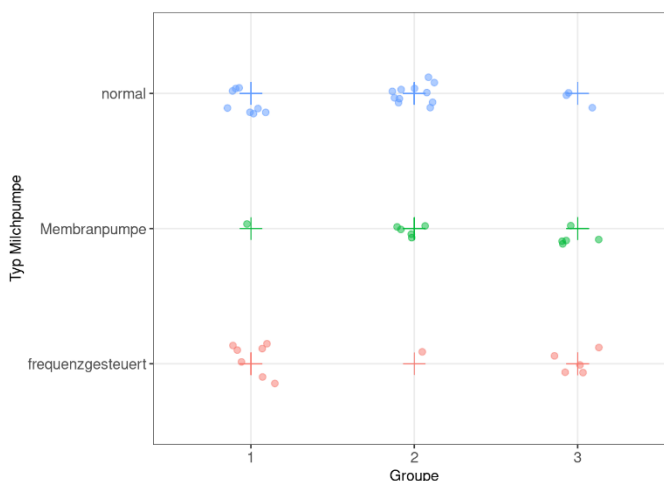


Abbildung 20: Milchpumpen-Typ nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

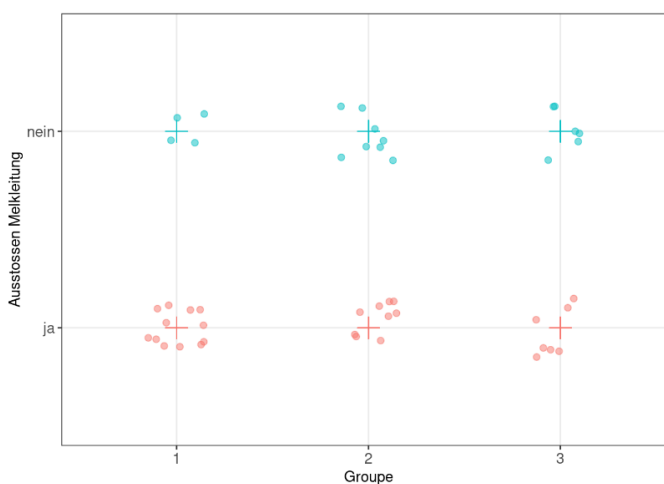


Abbildung 21: Entleerung der Melkleitung nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.9 Vorkühlen der Milch

29 der 46 Anlagen waren mit einem Milchvorkühler ausgestattet. Bei den meisten handelte es sich um Rohrkühlsysteme wie im Beispiel in Abbildung 24. Die Vorkühlung beeinflusst die Lipolyse nicht wesentlich. Auch eine Korrelation zwischen Vorkühlung und Keimzahl konnte nicht nachgewiesen werden.



Abbildung 23:
Plattenkühlsystem



Abbildung 24:
Rohrkühlsystem

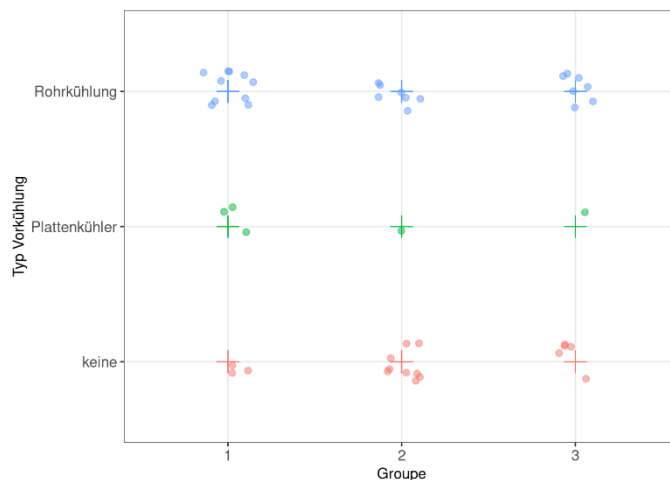


Abbildung 22: Art der Kühlung nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

2.4.3.10 Milchtank

Das Volumen des Milchtanks variierte zwischen 30 und 120 l pro laktierender Kuh mit einem Durchschnitt von 47 l. Obwohl die Entfernung zwischen dem AMS und dem Milchtank grundsätzlich so kurz wie möglich sein sollte, gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe mit niedriger und der Gruppe mit hoher Lipolyse. Die Entfernung lag zwischen 5 und 35 m. Die Temperatur der Milch lag zwischen 4 und 10 °C und war abhängig von der Uhrzeit der Messung.

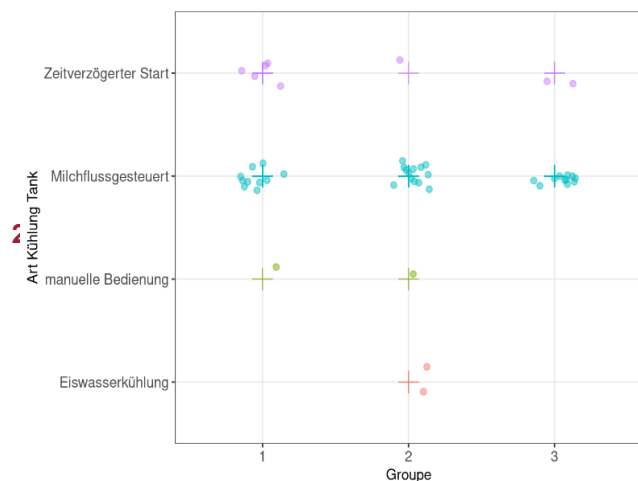


Abbildung 25: Steuerung der Kühlung nach Lipolysegruppe 1, 2 oder 3

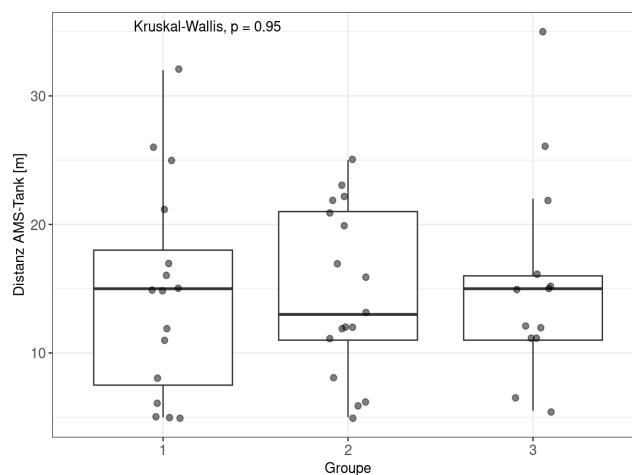


Abbildung 26: Entfernung zwischen AMS und Milchtank

2.4.4.1 Diversität der Bakterien

Es wurden mehr als 28'000 Amplicon-Sequenzvarianten (ASV) generiert, die in mehr als 100 der insgesamt 280 Proben vorkamen. In den 143 Milchproben aus AMS und 137 Milchproben aus konventionellen Melkständen wurden rund 1200 Bakterienarten identifiziert. Für jede Stichprobe wurde der Shannon-Index berechnet. Dieser Index berücksichtigt sowohl die Anzahl der vorhandenen Arten als auch den relativen Anteil der einzelnen Arten. Der statistische Wilcoxon-Test (p -Wert = 0,9306) ergab keinen signifikanten Unterschied der bakteriellen Biodiversität zwischen den Gruppen mit AMS bzw. Melkstand. Die erste Grafik (Abbildung 27) gibt keinen Aufschluss über die betroffenen Arten. Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse der Quantifizierung eines Abschnitts der 16S-rRNA-Gene mittels Real-time-PCR (Polymerasekettenreaktion). Damit lässt sich die Menge an bakterieller DNA in den Milchproben der AMS bzw. der Melkstände vergleichen. Die statistische Analyse ergab, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gab.

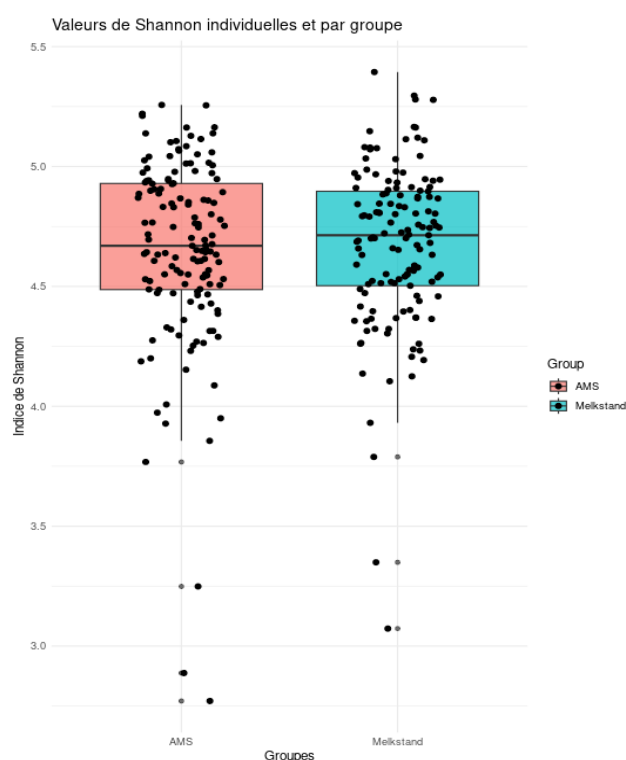


Abbildung 27: Biodiversität in Milchproben aus Betrieben mit AMS bzw. Melkständen nach dem Shannon-Index (p -Wert = 0,9306 gemäss Wilcoxon-Test, kein signifikanter Unterschied)

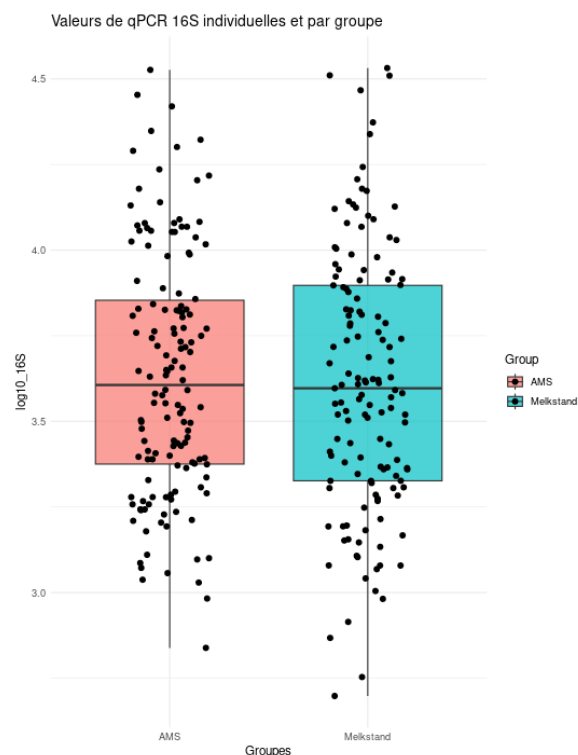


Abbildung 28: Mit quantitativer PCR gemessene Menge an bakterieller DNA (Gen für 16S rRNA) in den 280 Milchproben aus Betrieben mit AMS bzw. Melkständen (p -Wert = 0,9353 gemäss Wilcoxon-Test, kein signifikanter Unterschied)

2.4.4.2 Relative Häufigkeit von Bakterien in der Milch nach verschiedenen Parametern

In diesem Abschnitt wurde die mikrobielle Biodiversität von Stämmen, die typisch für den Käseteig bzw. die Käserinde sind, sowie von Stämmen, die Mastitis verursachen können, in Abhängigkeit von verschiedenen Melkparametern untersucht. Die in den Grafiken als Säulen dargestellten Werte entsprechen dem Durchschnitt der relativen Häufigkeit der Arten. Für jeden Parameter wurde der Shannon-Index berechnet, um die Biodiversität in den Milchproben aus AMS bzw. aus Melkständen zu vergleichen. Die statistische Analyse erfolgte in diesem Fall mittels Kruskal-Wallis-Tests.

Mit dem Käseteig assoziierte Bakterien

Einige Bakterien der Milchflora können in den Käseteig gelangen und bei der Herstellung und Reifung eine Rolle spielen. In dieser Studie wurden folgende Bakterien-Gattungen nachgewiesen: *Lactococcus*, *Acinetobacter*, *Streptococcus*, *Weissella*, *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Leuconostoc*, Gattungen der *Lactobacillales*, *Lactiplantibacillus*, *Pediococcus*, *Propionibacterium*, *Limosilactobacillus* (siehe Anhang 2). Das Vorkommen dieser Bakterien, die durchschnittlich 2,1 % der Gesamtflora ausmachten, wurde in Abhängigkeit von den verschiedenen Reinigungs- und Desinfektionsparametern des AMS sowie der Sauberkeit der Zitzen und der Liegeboxen untersucht.

Mit der Käserinde assoziierte Bakterien

Andere Bakterienarten, die ebenfalls aus der Rohmilchflora stammen, können sich in der Schmiere wiederfinden und so bei der Reifung eine Rolle spielen. Dazu gehören beispielsweise: *Corynebacterium*, *Faklamia*, *Aerococcus*, *Brevibacterium*. Eine detaillierte Liste der Gattungen findet sich in Anhang 3. In dieser Studie machten diese Bakterien 36,9 % der Gesamtflora aus. Ähnlich wie bei den Bakterien des Käseteigs wurden auch die in der Schmiere vorhandenen Bakterien anhand verschiedener Kriterien nachgewiesen. Die in den Grafiken als Säulen dargestellten Werte entsprechen dem Durchschnitt der relativen Häufigkeit der Arten.

Mastitiserregern

Angegeben sind die Mittelwerte der relativen Abundanz folgender Bakterien:

➤ ***Staphylococcus aureus***

S. aureus zählt zu den kuhassoziierten Mastitiserregern. Die Vermehrung findet in infizierten Eutern, aber auch auf Wunden, der Euter- und zitzenhaut sowie auf Schleimhäuten statt. Die Verschleppung geschieht über kontaminierte Melkuntensilien (Vorbereitungsgerätschaften und Zitzenreinigungsmaterial, Zitzengummi) oder über die Hände des Melkers statt. Der Melkprozess spielt demnach bei der Übertragung eine wichtige Rolle. Bedeutend sind ausserdem eine wirksame Zitzendesinfektion und -pflege nach dem Melken, um eine Kontamination der Zitzenhaut zu verhindern.

➤ ***Corynebacterium bovis***

C. bovis ist ein ubiquitäres Bakterium, das häufig den Zitzenkanal besiedelt und in einzelnen Fällen eine Mastitis verursachen kann.

➤ ***Streptococcus dysgalactiae* / *Streptococcus uberis***

Sc. dysgalactiae und *Sc. uberis* werden zu den umweltassoziierten Mastitiserregern gezählt, wobei auch kuhassoziierte Stämme vorkommen. Bei *Sc. dysgalactiae* sind letztere bisher häufiger anzutreffen. Die Übertragung findet meistens während der Zwischenmelkzeit über die Umgebung statt (v.a. Liegeboxen). Möglich ist aber auch eine Übertragung während des Melkprozesses via kontaminierte Zitzenhaut und Melkuntensilien.

2.4.4.3 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien sowie potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Art der Zitzenreinigung

Als Vorbereitungsgerätschaften kommen bei AMS Bürsten, Vorbereitungsbecher oder Melkbecher zum Einsatz. In der Gruppe «Melkbecher» wird der gesamte Melkprozess (Vormelken, Zitzenreinigung, Melken und Zitzendesinfektion) im gleichen Arbeitsinstrument abgewickelt. Es findet also nur ein Ansetzvorgang statt. Bei der Gruppe «Vorbereitungsbecher» wird für die Arbeitsschritte Vormelken und Reinigung ein separater Becher verwendet, die Zitzenreinigung erfolgt mit einem Luft-Wasser-Gemisch. Bei der Gruppe «Bürste» erfolgt die Zitzenreinigung mit rotierenden Bürsten, die Ableitung des Vorgemelks geschieht anschliessend im Melkbecher. Es ist nicht bekannt, wie die Vorbereitung in der Gruppe «Melkstand» erfolgt. Empfohlen wird das Vormelken in einen Vormelkbecher, gefolgt von einer manuellen Reinigung der Zitzen mit Einwegmaterial. Die häufigste Methode ist das Abwischen mit trockenem oder feuchtem Einwegpapier. Daneben kommen speziell dafür vorgesehene Vordippmittel zum Einsatz.

Die Häufigkeiten der Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien befinden sich in allen Gruppen auf demselben Niveau. Eine Reinigung mit Bürsten fördert eher das Vorhandensein von Bakterien, die mit dem Käseteig assoziiert sind.

Bei den potenziellen Mastitiserregern fällt auf, dass die Streptokokken bei der Gruppe «Melkbecher» selten vorkommen, C.bovis hingegen öfter. S.aureus ist bei den Gruppen «Vorbereitungsbecher» und «Melkstand» am häufigsten. Allgemein war die Nachweishäufigkeit potenzieller Mastitiserreger in der Gruppe «Melkstand» am höchsten.

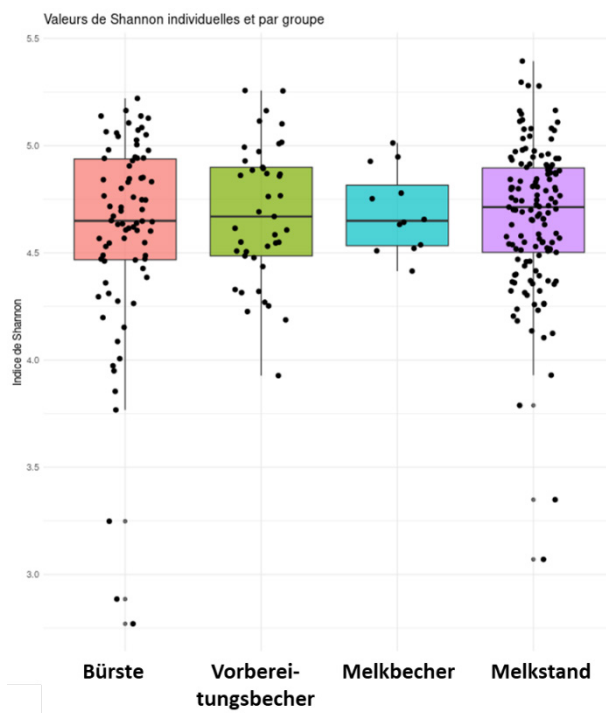


Abbildung 29: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterienflora in der Milch in Abhängigkeit der Art der Zitzenreinigung (p -Wert = 0.97 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

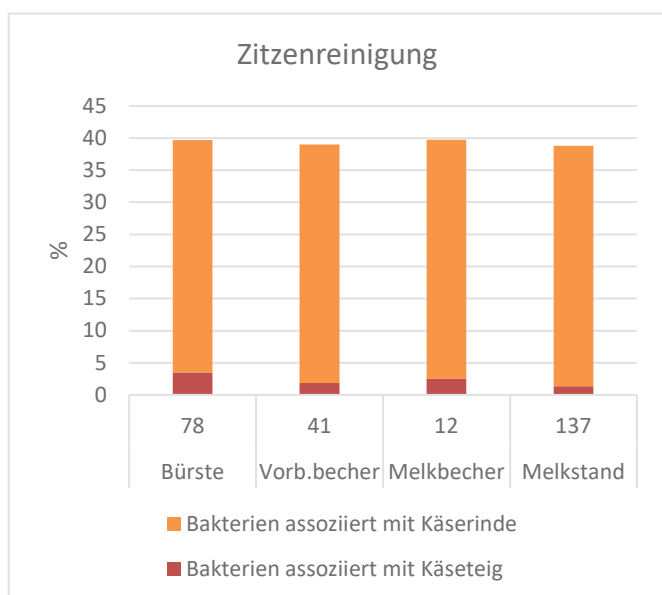


Abbildung 30: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien in Abhängigkeit von der Art der Zitzenreinigung

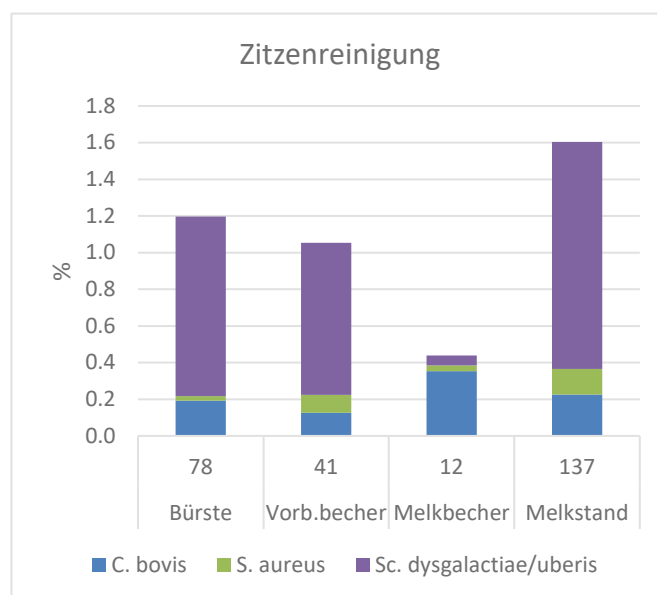


Abbildung 31: Häufigkeit von potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Art der Zitzenreinigung

2.4.4.4 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien sowie potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Art der Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften (VBG)

Bei sämtlichen Systemen mit Bürsten werden diese nach jeder Kuh mit Peressigsäure zwischendesinfiziert. Bei den Vorbereitungs- oder Melkbechern wird Wasserdampf, Peressigsäure oder nur Wasser verwendet

Bei den mit der Schmiere assoziierten Bakterien wurden keine Unterschiede festgestellt. Eine Desinfektion mit Dampf hingegen erschwert das Überleben der Bakterien im Teig.

Bezüglich potenzieller Mastitiserreger schneidet die Gruppe «Dampf» am besten ab, wobei *S.aureus* hier häufiger vorkommt als bei der Gruppe «Peressigsäure». Am häufigsten werden sie bei den Melkständen nachgewiesen.

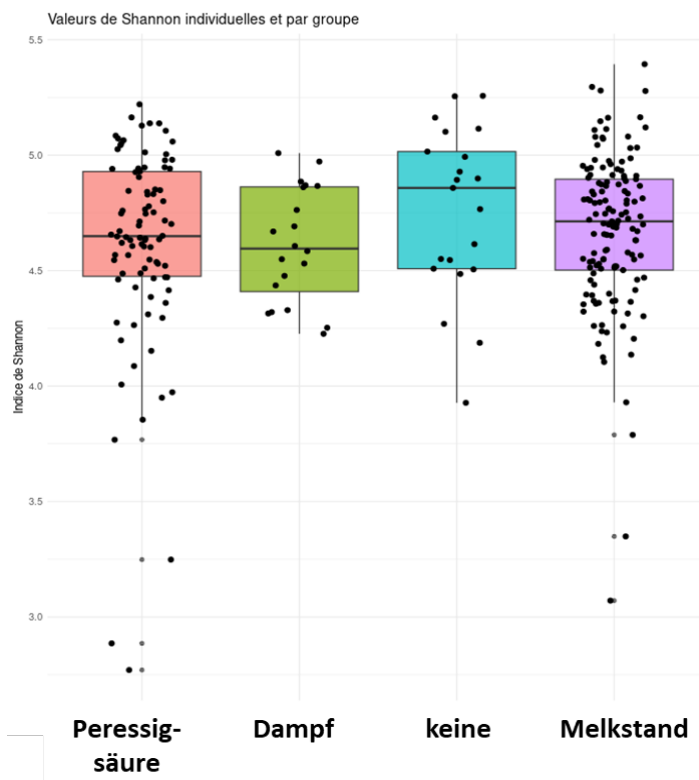


Abbildung 32: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterienflora in der Milch in Abhängigkeit der Desinfektionsmethode der Ausrüstung (p -Wert = 0,40 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

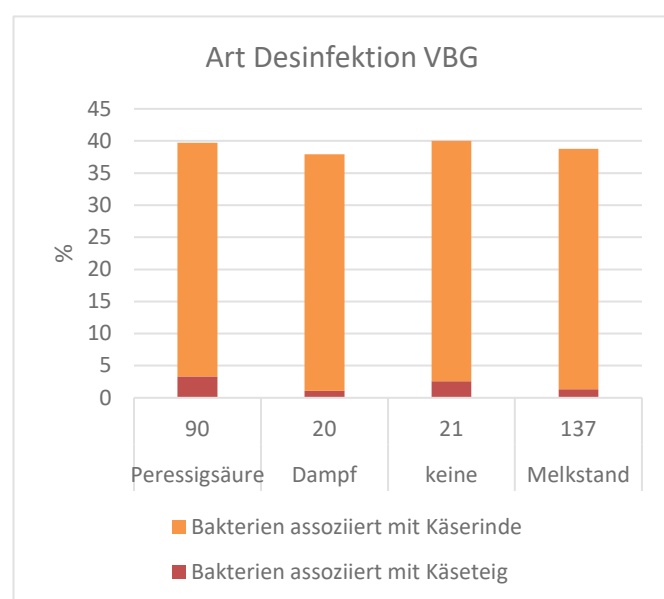


Abbildung 1: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien Abhängigkeit von der Art der Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften (VBG)

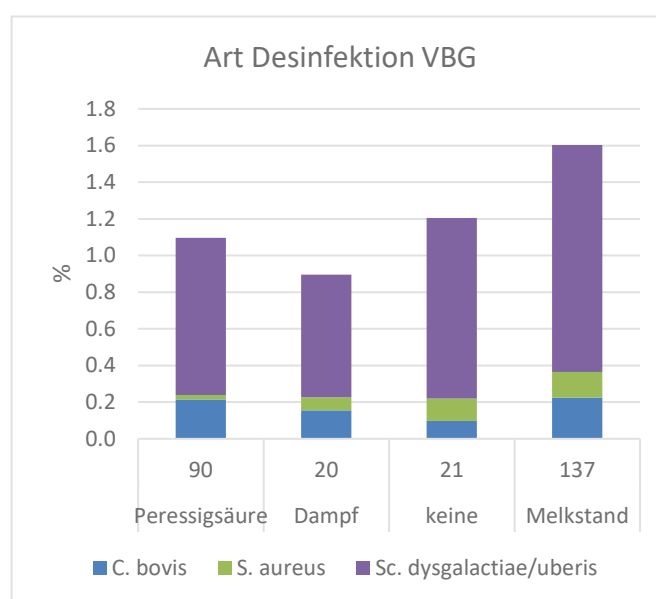


Abbildung 34: Häufigkeit von potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Art der Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften (VBG)

2.4.4.5 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien sowie potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Art der Zwischendesinfektion der Zitzengummi (ZIGU)

Wenn in AMS keine Desinfektion der ZIGU nach einer Melkung stattfindet, werden diese mit Wasser gespült. Von den Melkstandbetrieben ist nicht bekannt, ob eine Zwischendesinfektion gemacht wird. Möglich ist eine manuelle Zwischendesinfektion mit Peressigsäure, es werden auch automatisierte Systeme für Melkstände angeboten.

Beim Vergleich der AMS fällt auf, dass ein Verzicht auf die Desinfektion der Zitzengummis zwischen dem Melken der einzelnen Kühe einen positiven Effekt auf die für den Käseteig nützliche Flora hat. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse, dass die Desinfektion einen Teil der Milchsäurebakterien im Käseteig reduziert.

Bei den Mastitiserregern fällt auf, dass die Streptokokken bei der Gruppe «Peressigsäure» deutlich weniger oft nachgewiesen werden als den restlichen Gruppen, C.bovis hingegen häufiger. S.aureus wird bei der Gruppe «Dampf» am wenigsten häufig gefunden. Die Nachweishäufigkeit ist bei den Betrieben ohne Zwischendesinfektion (Spülung mit Wasser) und den Melkständen am höchsten.

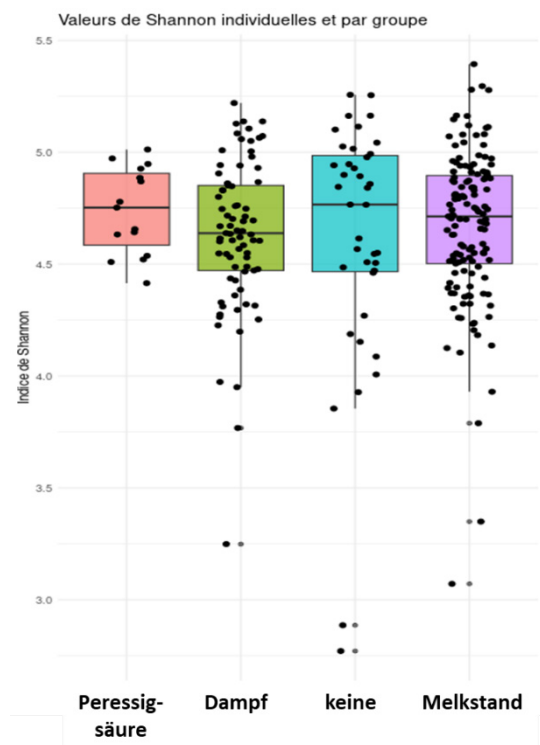


Abbildung 35: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterienflora in der Milch in Abhängigkeit der Art der Reinigung der Zitzenbecher vor jedem Melken (p-Wert = 0.66 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

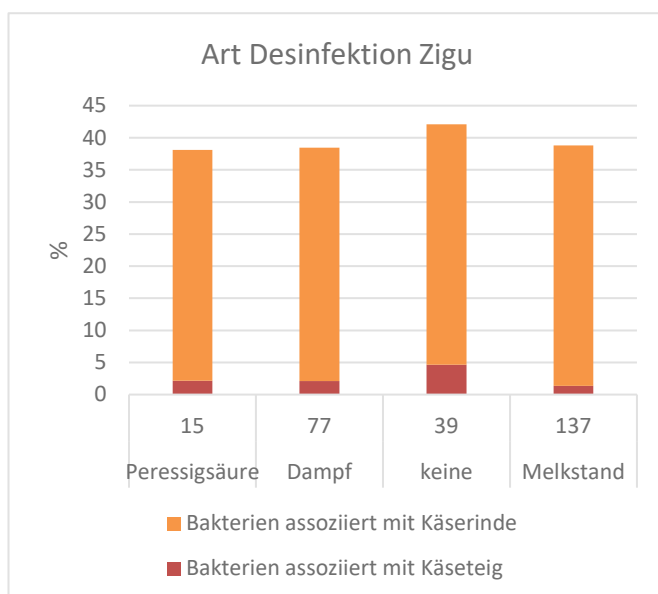


Abbildung 36: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien Abhängigkeit von der Zwischendesinfektion der Zitzengummi (ZIGU)

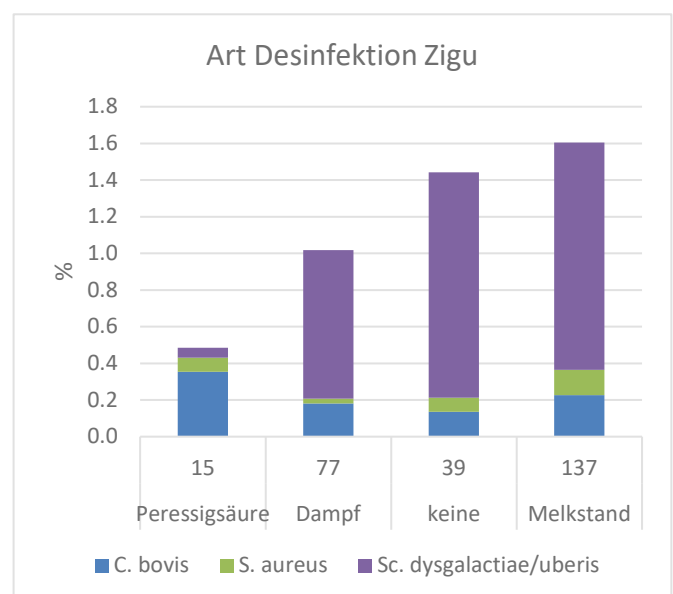


Abbildung 37: Häufigkeit von potenziellen Mastitis-Erregern in Abhängigkeit von der Art der Zwischendesinfektion der Zitzengummi (ZIGU)

2.4.4.6 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien sowie potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit vom eingesetzten Wirkstoff bei der Zitzendesinfektion nach dem Melken

Die potenziellen Mastitiserreger werden in der Gruppe «Milchsäure» am wenigsten häufig nachgewiesen, gleichzeitig sind in dieser Gruppe die Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien am häufigsten, was auf eine vorteilhafte Situation hindeutet. Umgekehrt verhält es sich bei der Gruppe «Chlor», diese umfasst aber nur sechs Tankmilchproben. *S. aureus* ist bei den Melkständen am häufigsten anzutreffen. Hier ist nicht bekannt, ob und womit eine Zitzendesinfektion nach dem Melken gemacht wird, es entspricht aber der gängigen Praxis. Am häufigsten werden iodhaltige Präparate verwendet, diese Gruppe befindet sich im Mittelfeld.

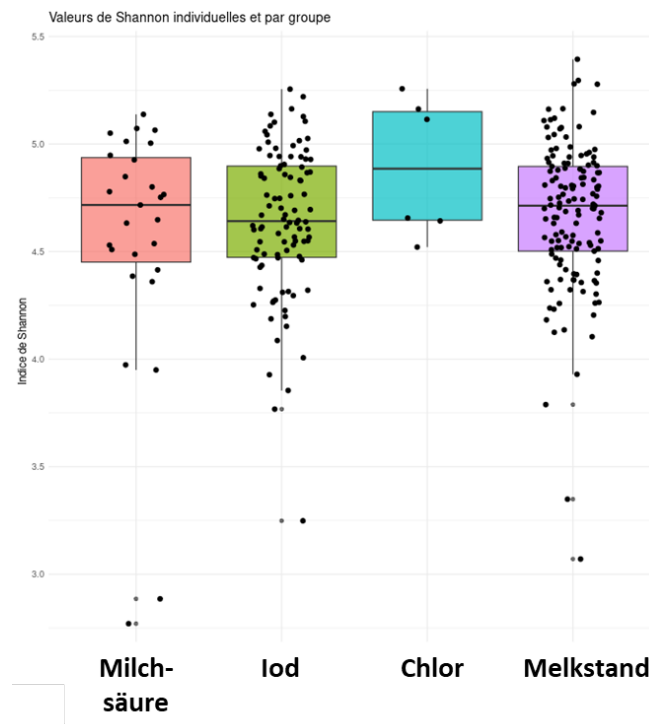


Abbildung 38: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterienflora in der Milch in Abhängigkeit der Art der Desinfektion nach dem Melken (p -Wert = 0.43 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

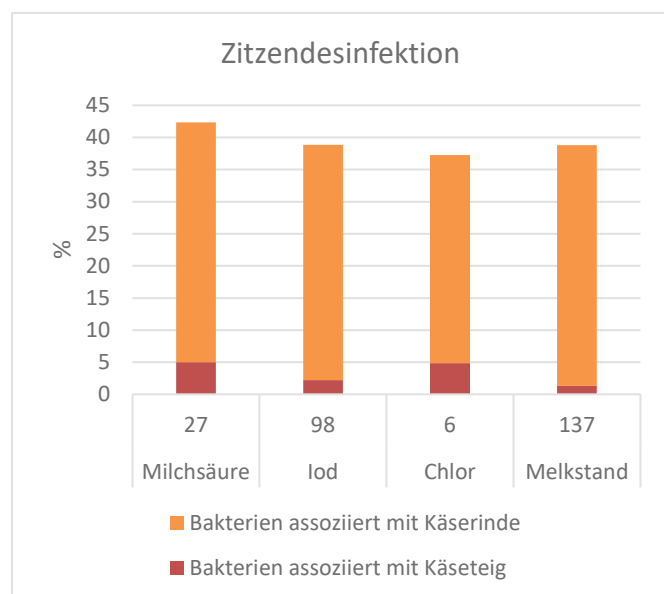


Abbildung 39: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assoziierten Bakterien in Abhängigkeit vom eingesetzten Wirkstoff bei der Zitzendesinfektion nach dem Melken

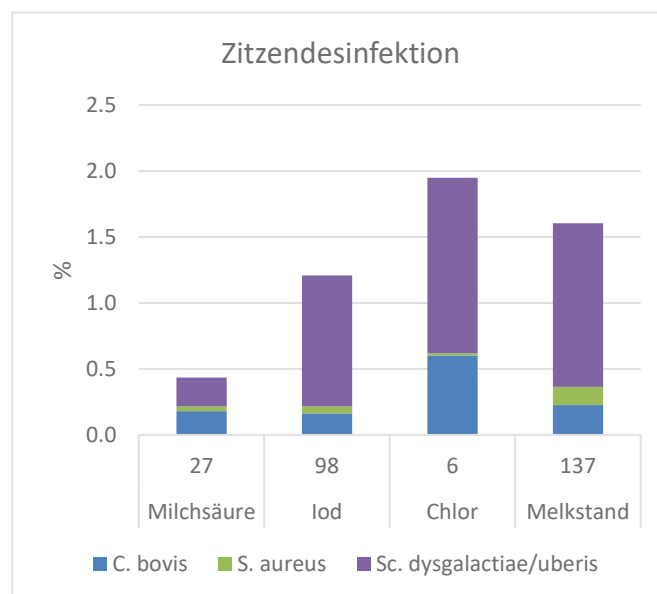


Abbildung 40: Häufigkeit von potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit vom eingesetzten Wirkstoff bei der Zitzendesinfektion nach dem Melken

2.4.4.7 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien sowie potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Sauberkeit der Euter

Die Kategorien 1 bis 3 wurden folgendermassen definiert (siehe Kapitel 2.3.6):

Kategorie 1: Summe der Anteile Euterverschmutzungsgrad 3 und 4 liegt unter 5 %

Kategorie 2: Summe der Anteile Euterverschmutzungsgrad 3 und 4 liegt zwischen 5% und 30%

Kategorie 3: Summe der Anteile Euterverschmutzungsgrad 3 und 4 liegt über 30%

Von den Melkstandbetrieben sind keine Daten vorhanden.

Bei den Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien können keine Unterschiede zwischen den Kategorien festgestellt werden. Dasselbe gilt für die potenziellen Mastitiserreger in den AMS-Betrieben. Bei den Melkständen ist die Nachweishäufigkeit höher als in den AMS-Betrieben.

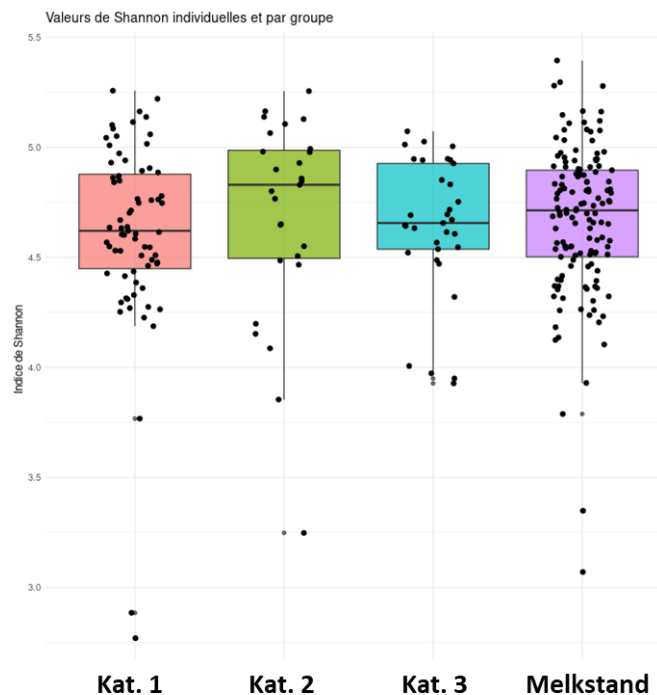


Abbildung 41: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterienflora in der Milch in Abhängigkeit der Sauberkeit der Zitzen (p -Wert = 0.56 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

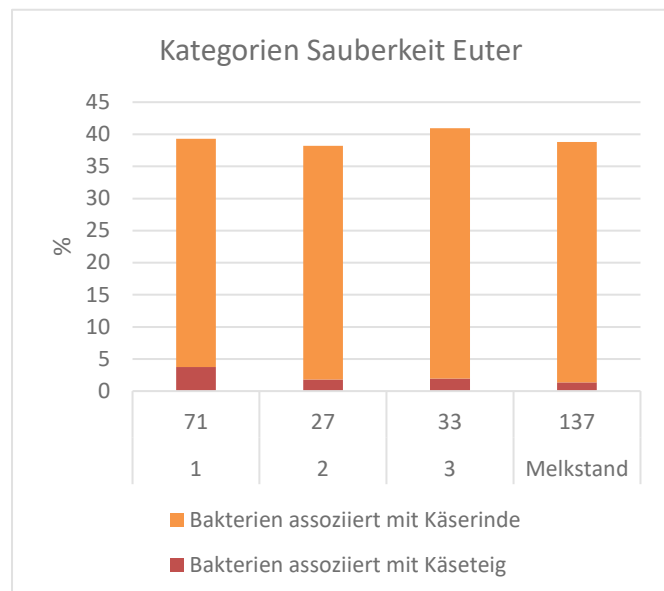


Abbildung 42: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien Abhängigkeit von der Sauberkeit der Euter

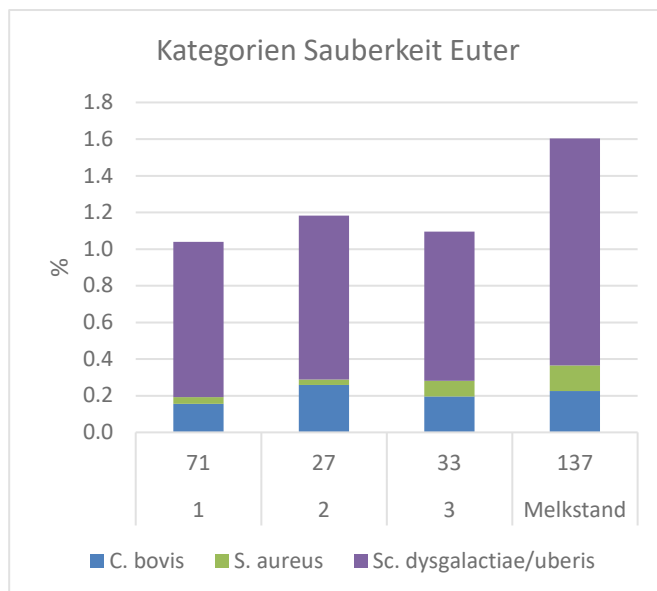


Abbildung 43: Häufigkeit von potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Sauberkeit der Euter

2.4.4.8 Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien sowie potentiellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Sauberkeit der Liegeboxen

Die Kategorien 1 bis 3 wurden folgendermassen definiert (siehe Kapitel 2.3.6):

- **Kategorie 1:** Summe der Anteile Verschmutzungen der Liegeboxen mittig und unter den Liegebügeln liegt unter 5 %
- **Kategorie 2:** Summe der Anteile Verschmutzungen der Liegeboxen mittig und unter den Liegebügeln liegt zwischen 5 % und 30 %
- **Kategorie 3:** Summe der Anteile Verschmutzungen der Liegeboxen mittig und unter den Liegebügeln liegt über 30 %

Von den Melkstandbetrieben sind keine Daten vorhanden.

Die schmutzigsten Liegeboxen der Kategorie 3 scheinen die mit der Schmiere assoziierte Bakterien auf Kosten der mit dem Teig assoziierten Bakterien zu begünstigen.

Bei den potenziellen Mastitiserregern steigt die Häufigkeit mit dem Anteil von verschmutzten Liegeboxen. Bei den Melkstandbetrieben ist die Nachweishäufigkeit am grössten.

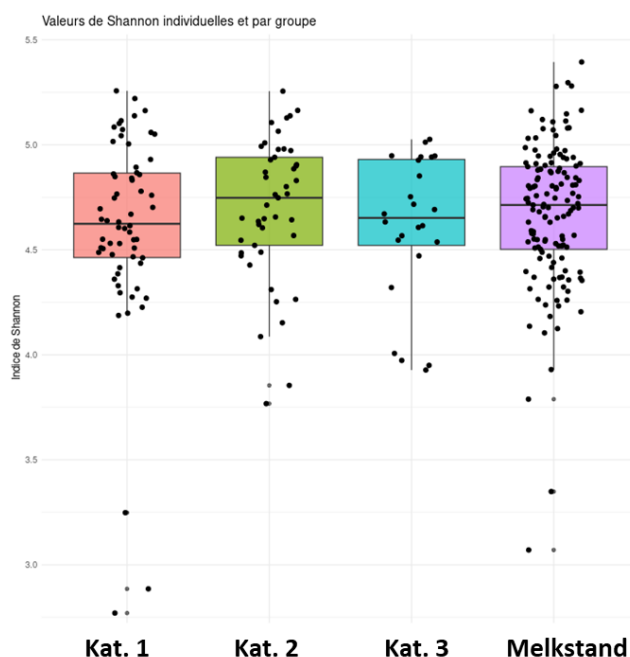


Abbildung 44: Shannon-Index zur Biodiversität der Bakterien in der Milch in Abhängigkeit der Sauberkeit der Liegeboxen (p-Wert = 0.68 gemäss Kruskal-Wallis-Test, kein signifikanter Unterschied)

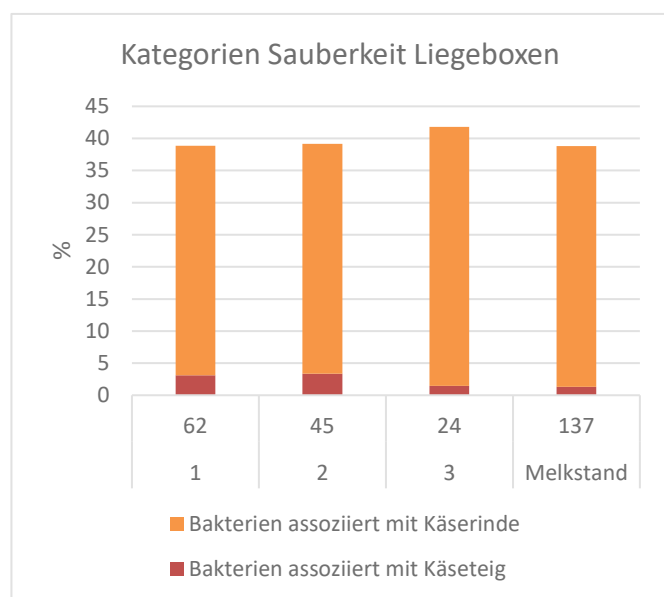


Abbildung 45: Häufigkeit von Käserinde- und Käseteig-assozierten Bakterien Abhängigkeit von der Sauberkeit der Liegeboxen

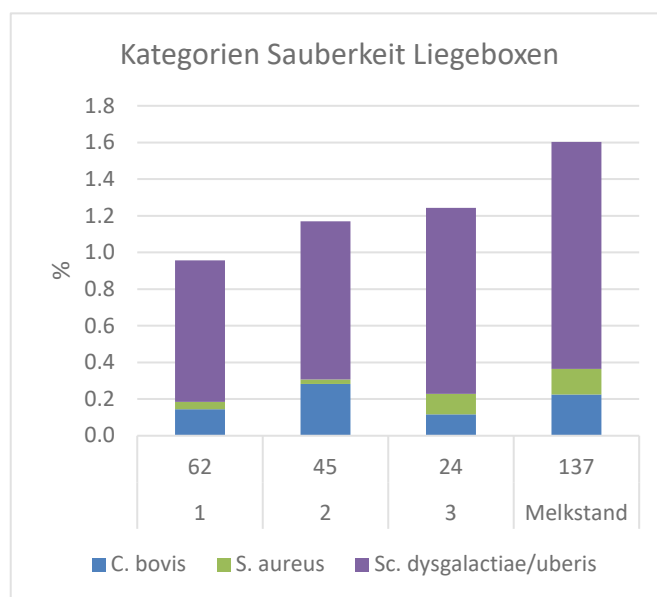


Abbildung 46: Häufigkeit von potenziellen Mastitiserregern in Abhängigkeit von der Sauberkeit der Liegeboxen

2.5 Schlussfolgerungen

Haltung und Betriebsmanagement

Bei der Datenerhebung auf den Betrieben wurde der Fokus einerseits auf Kriterien gelegt, die einen Überblick über die Betriebsstrukturen und das -management erlauben, andererseits auf jene, welche die Käsereimilchqualität beeinflussen können.

Bei den Betriebsstrukturen kommt die Bandbreite zum Ausdruck, wie die AMS zum Einsatz kommen können. Die kleinste Herde umfasst 22 Kühe, wobei die Milchproduktion nicht den Hauptbetriebszweig darstellt. Die anfallende Arbeit kann aber dank dieser Melktechnik als Familienbetrieb bewältigt werden. In anderen Fällen wird die Kapazität des AMS vollumfänglich ausgenutzt. Es bestätigt sich ausserdem, dass sich AMS und Weidehaltung nicht gegenseitig ausschliessen unter der Voraussetzung von genügend Weideflächen in der Umgebung des Stalles. In rund 90 Prozent der Fälle haben die Kühe Weidegang, darunter befanden sich zwei, die das Vollweidesystem konsequent umsetzen. In rund einem Drittel wird der Weidezugang mit einem Selektionstor gesteuert, bei den restlichen geschieht dies während Blockzeiten.

Bei dieser Untersuchung zeigt sich der allgemeine Trend zu einem sogenannt freien Tierverkehr. Nur in zwei der 46 besuchten Betriebe wird der Fress-, Melk- und Liegebereich mit Selektionstoren getrennt. Freier Verkehr bedeutet aber nicht, dass die Kühe bei jedem Aufsuchen des AMS melkberechtigt sind. Die Melkberechtigung wird mit einer minimalen Zwischenmelkzeit, meist in Kombination mit einer minimalen Milchmenge pro Melkung geregelt. Erfüllt ein Tier diese Vorgaben nicht, wird es vom System abgewiesen und nicht gemolken. Ein zu häufiger Melkvorgang erniedrigt die Kapazität des AMS und schadet der Milchqualität (erhöhte Lipolyse) sowie der Eutergesundheit (erhöhte mechanische Belastung des Zitzengewebes).

Auffallend ist die grosse Streuung beim Verschmutzungsgrad der Liegeboxen. Es muss betont werden, dass die Erhebung dieser Daten nicht unter einheitlich definierten Bedingungen stattfand und die Resultate stark vom Zeitpunkt der letzten Reinigung abhängen. Auch steht dieser Gesichtspunkt nicht im Zusammenhang mit dem Einsatz eines AMS. Aus der Beratung ist bekannt, dass das Absetzen von Kot in die Liegeboxen mit der Liegeposition der Kühe und einem ungestörten Aufstehvorgang zusammenhängt. Diese Faktoren werden unter anderem durch den verfügbaren Platz beim Kopf, die Position des Nackenbandes resp. -rohrs oder die Form der Liegebügel beeinflusst. Während in dieser Untersuchung kein Zusammenhang zwischen dem Euterverschmutzungsgrad und der Häufigkeit von potenziellen Mastitisserregern in der Tankmilch nachgewiesen werden konnte, erhöhte sich diese mit zunehmenden Verschmutzungsgrad der Liegeboxen.

Umstellung auf das AMS

Die Herdengrösse war nach der Umstellung auf das AMS durchschnittlich um rund 40 % höher, die Milchleistung hat sich gemäss den Angaben der Tierhaltenden um 5% erhöht. Es wird tendenziell etwas mehr Kraftfutter eingesetzt und weniger eingegrast.

Die Auswertung der öffentlich-rechtlichen Milchprüfung von 50 AMS-Betrieben zeigte, dass der Gehalt an Freien Fettsäuren (FFA), die Zellzahl und Keimzahl höher war bei AMS, die vor 2017 installiert wurden als bei denjenigen, die zwischen 2017 und 2024 in Betrieb genommen wurden. Dies deutet auf eine Verbesserung der Technik und die Umsetzung von Erfahrungswerten hin. Bei der zweiten Gruppe blieben nach der Umstellung auf das AMS die Zellzahl und Keimzahl konstant, während sich der Gefrierpunkt und der Gehalt an FFA durchschnittlich leicht verschlechterte. Die Resultate beziehen sich auf die Ablieferungsmilch, was insbesondere bei der Zellzahl zu beachten ist. Viele Betriebsleitende haben angegeben, dass sich die Eutergesundheit mittel- und langfristig verbessert hat. Grundsätzlich erlaubt dieses System je nach Ausstattung auch eine genauere und regelmässige Überwachung der Eutergesundheit.

Milchqualität

Was die möglichen Einflussfaktoren von AMS auf die Käsereimilchqualität betrifft, konnten in den letzten Jahren umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden. Diese flossen in die Empfehlungen ein, wie ein AMS ausgerüstet, eingestellt, gereinigt und unterhalten werden soll. So wird empfohlen, die Distanz zwischen AMS und Milchtank möglichst kurz und die Höhe dieser Leitung nicht unnötig hoch zu planen. Ausserdem erwies sich eine in der Nähe des AMS montierte Vorkühlung oder das periodische Ausstossen der Milchdruckleitung als vorteilhaft, falls die Distanz zwischen AMS und Milchtank nicht optimal gestaltet werden kann. Die Typen der Milchpumpen und Vorkühlgeräte sollen eine möglichst geringe mechanische Belastung der Milch verursachen. Eine milchflussgesteuerte oder Eiswasser-Kühlung verhindert das unerwünschte temporäre Gefrieren der Milch. Die Zwischendesinfektion der Vorbereitungsgerätschaften und der Zitzengummi wird ebenso empfohlen wie die möglichst exakte Überwachung der Eutergesundheit. Das AMS soll dreimal täglich vollständig und mit einer gegenüber konventionellen Melksystemen erhöhten Reinigungsmittelkonzentration gereinigt werden.

Diese Empfehlungen zur Installation und Ausstattung werden auf den besuchten Betrieben grossmehrheitlich umgesetzt. Viele Abläufe sind standardisiert und werden vom System oder dem Betriebsleitenden laufend überwacht. Das mag erklären, warum keiner dieser oben genannten Faktoren bei der statistischen Auswertung einen signifikanten Einfluss auf ein bestimmtes Qualitätsmerkmal aufweist. Die Resultate bestätigen die Erfahrung, dass mehrere Faktoren für ein bestimmtes Problem verantwortlich sein können. Die Umsetzung aller genannten Empfehlungen bleibt demnach wichtig für die Produktion von qualitativ einwandfreier Käsereimilch. L'étude n'a pas porté sur la compatibilité des STA utilisés en continu avec les exigences des cahiers des charges de certaines dénominations enregistrées en tant qu'AOP comme la limitation du nombre de traites à deux par jour ou fabrication; la livraison du lait directement après la traite; le stockage du lait dans des cuves en cuivre et/ou à des températures supérieures à 8 °C. Ces critères sont définis individuellement par chaque filière afin de garantir la typicité des produits.

Lipolyse

Der Gehalt an Freien Fettsäuren FFA ist eines der meistdiskutierten Themen im Zusammenhang mit der Milchqualität von AMS-Betrieben. Daher wurde diesem Aspekt besondere Beachtung geschenkt. Gegenüber der Kontrollgruppe, bestehend aus einer identischen Anzahl Betrieben mit Melkständen, wiesen die AMS signifikant höhere Werte auf. Es gibt aber durchaus AMS-Betriebe, die sehr gute Resultate erzielen. Um die Einflussfaktoren zu eruieren, wurden die AMS-Betriebe in drei Gruppen eingeteilt (tiefe, mittlere und hohe FFA-Werte). Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede bei den Einstellungen und gemessenen Daten zu den Zwischenmelkzeiten. Auch markentypische Komponenten oder betriebsspezifische Installationsparameter zeigten keinen Zusammenhang. Signifikant unterschiedlich waren die Gruppen bezüglich der Anzahl Kühe, der Anzahl laktierender Kühe sowie der Milchmenge pro Melkung, wobei die grösseren Herden und diejenigen mit einer höheren Milchmenge pro Melkung bessere Ergebnisse erzielten. Auf den ersten Blick vermutet man dahinter eine längere durchschnittliche Zwischenmelkzeit, was aber nicht der Fall ist. Diesbezüglich unterscheiden sich die drei Gruppen nicht.

Die Resultate bestätigen, dass zweimaliges Melken bezüglich der Lipolyse gegenüber den AMS vorteilhaft ist. Die ideale Zwischenmelkzeit für AMS wird in der Praxis unterschiedlich diskutiert. Für Käsereimilchproduzenten wird ein minimaler Melkintervall von acht Stunden gefordert. Kühe in der Startphase und mit hoher Leistung suchen nach Aussage vieler Milchproduzenten und Melktechnikern das AMS früher als nach acht Stunden auf. Die Tiere fänden ihren Melkrhythmus schwieriger, wenn diese Einschränkung umgesetzt wird. Oft wird deshalb die Kombination einer minimalen Gemelksmenge und der Zwischenmelkzeit propagiert. Die optimale Menge pro Melkung wird im Bereich von 10-13 kg angegeben. Konkret kann dies beispielsweise bedeuten, dass die Zwischenmelkzeit mindestens sechs Stunden betragen muss unter der Voraussetzung, dass jedes Gemelk mindestens 11 kg beträgt. Ist diese Menge geringer, wird die Zwischenmelkzeit verlängert. Es wird argumentiert, dass eine solche Vorgehensweise keine negativen Auswirkungen auf den Gehalt an FFA habe. Die Resultate dieser Untersuchung stützen diese Hypothese, die Gruppen mit unterschiedlich hoher Lipolyse unterscheiden sich nicht beim Melkintervall, sondern bei der Gemelksmenge. Der Sachverhalt müsste aber in weiteren Untersuchungen genauer analysiert werden.

Bekannt ist, dass Kühe grosse individuelle Unterschiede bezüglich der spontanen Lipolyse aufweisen. Dies könnte ein Grund sein, weshalb Betriebe mit ähnlichen Komponenten, Installationen und Einstellungen stark unterschiedliche Lipolyseverhalten zeigen. Vermutet wird eine genetische Komponente. Gemäss den Untersuchungen von Vanbergue et al. (2017) haben die Genotypen des DGAT1-Gens einen Einfluss. Denkbar ist auch ein Zusammenhang mit dem genetisch bedingten Verhältnis zwischen MilCHFett und -eiweiss (Fett-Eiweiss-Quotient).

Ein weiter Grund könnte die unterschiedliche mechanische Belastung der Milch darstellen durch Faktoren, die für diese Untersuchung nicht vorlagen. Die Rolle von Lufteinlässen oder Leckagen sollten in künftigen Arbeiten durch Messungen ergänzt werden.

Biodiversität

Der Shannon-Index, der Hinweise auf die mikrobielle Vielfalt liefert, zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen der Milch aus AMS bzw. Melkständen. Dieselbe Feststellung gilt auch in Bezug auf die bakterielle Belastung, die mittels quantitativer PCR des Gens für eine ribosomale RNA gemessen wurde. Die relative Häufigkeit von Bakterien, die für den Käseteig bzw. die Käserinde typisch sind, variierte je nach Art der Melkanlage, der Reinigung und Desinfektion der Zitzen oder je nach Sauberkeit der Liegeboxen oder der Zitzen nur wenig. Dennoch lassen sich einige interessante Hinweise ausmachen. Eine Desinfektion der Zitzen nach dem Melken mit Milchsäure fördert auf natürliche Weise die Entwicklung einer Flora, die sich im Käseteig wiederfinden kann. Im Gegensatz dazu wird diese Flora durch eine systematische Desinfektion der Zitzengummis zwischen zwei Melkungen potenziell reduziert.

Potenzielle Mastitserreger

Ob die Zitzen mit Bürsten oder mit einem Vorbereitungsbecher gereinigt werden, hatte keinen wesentlichen Einfluss. Auffällig wenige Streptokokken fanden sich beim System, wo die Zitzen im Melkbecher gereinigt werden. In den Melkstandbetrieben war die Nachweishäufigkeit höher als in den AMS-Betrieben. Die Zwischendesinfektion der Zitzengummi mit Peressigsäure scheint am effektivsten gegen die Streptokokken zu wirken, wobei dieser Wirkstoff am häufigsten im System angewendet wird, wo für den gesamten Melkprozess derselbe Melkbecher zum Einsatz kommt. Bei der Zwischendesinfektion mit Dampf wurde *S.aureus* am wenigsten nachgewiesen. Werden die Zitzengummi nur mit Wasser gespült, sind die Werte höher. Am höchsten sind sie in den Melkstandbetrieben.

Die Zitzendesinfektion nach dem Melken mit milchsäurehaltigen Präparaten zeigt gegenüber denjenigen mit Iod oder Chlor bessere Resultate. Ein wichtiger Aspekt ist die hauptpflegende Komponente. In der Praxis wird den milchsäurehaltigen Produkten diesbezüglich positive Eigenschaften zugesprochen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die AMS gegenüber den Melkständen bessere Resultate bei der Nachweishäufigkeit von potenziellen Mastitserregern aufweisen, wobei sich die Zwischendesinfektion der Vorbereitungsgerätschaften und Zitzengummi positiv auswirkt. Bei den AMS lassen sich diese Arbeitsschritte problemlos automatisieren, was ein Vorteil ist gegenüber konventionellen Melksystemen. Entscheidend ist, dass die Funktionstüchtigkeit dieser Komponenten ständig überwacht wird. Die Kombination von Zwischendesinfektion und Einsatz von milchsäurehaltigen Präparaten für die Zitzendesinfektion und -pflege scheint sich zu bewähren.

3 Soziale Aspekte

3.1 Untersuchungsfrage

Automatischen Melksysteme in der Milchwirtschaft sind seit einigen Jahren in der Schweizer Landwirtschaft vorhanden und werden mehr und mehr von den Milchviehbetrieben nachgefragt und adaptiert. Die Landwirte sind damit konfrontiert und sie müssen sich damit auseinandersetzen. Wie sich Landwirte für diese Technologie entscheiden ist bisher wenig bekannt (Hansen, B. G. (2015)). Für den Schweizer Kontext wurden einzelne, wenige Einflussfaktoren die in der Tierhaltung Einfluss auf die Technologieadaption haben, untersucht (Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020)). In dieser Untersuchung sind wir der Frage nachgegangen welche Faktoren spielen eine Rolle bei der Entscheidung der Landwirte für ein automatisches Melksystem mit dem Schwerpunkt auf den sozialen und psychologischen Faktoren. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen welche Faktoren wichtig sind für die Entscheidung ob ein AMS genutzt wird oder nicht in der AOP Käsemilchproduktion.

3.2 Vorgehen

Diesem Teil der Untersuchung liegt der sozialwissenschaftliche Forschungsansatz Mixed-Methods zu Grunde (Creswell, J. W. (1999)). Auf Basis von Gruppeninterviews und dem Studium der Literatur wurde ein ausführlicher Fragebogen entwickelt um Bestimmungsgründe für die Nutzung von AMS zu evaluieren, dieser quantitative Teil der Untersuchung wurde ergänzt mit zwei Tiefeninterviews um die Nutzung des AMS spezifisch für die AOP Käsemilchproduktion erfassen.

3.2.1 Quantitative Studie

Die Studie wurde bei der Ethikkommission der ETH Zürich, Schweiz, EK 2021-N-17, registriert. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) wählte eine Zufallsstichprobe von 3000 Betrieben aus. Es führt eine Datenbank aller landwirtschaftlichen Haushalte, die Direktzahlungen erhalten (98 % aller Schweizer Betriebe). Die schriftliche Umfrage wurde im April und Mai 2021 durchgeführt. Wir luden alle Landwirte zur Teilnahme an einer Online-Umfrage ein. Zwei Wochen später schickten wir den Fragebogen (in Papierform) per Post an die Nicht-Teilnehmer. Dieses Vorgehen hat sich als sehr erfolgreich erwiesen, um hohe Rücklaufquoten zu erzielen (Reissig et al., 2015). Kongsved et al. (2007) empfahlen dieses Vorgehen außerdem, um eine Selektionsverzerrung zu vermeiden. Für die Online-Umfrage wurde das Tool www.unipark.com verwendet. Für das zweistufige Verfahren war eine persönliche Kodierung der Fragebögen erforderlich, und die Daten wurden anonymisiert. Die Befragten benötigten durchschnittlich 50 Minuten, um den Fragebogen auszufüllen. Während der Studie mussten die Betriebsleiter einen Fragebogen mit geschlossenen Fragen ausfüllen. Der Fragebogen bestand aus verschiedenen Teilen: (a) Fragen zur Nutzung digitaler Technologien, (b) Fragen zu Betriebs- und Haushaltsvariablen, (c) allgemeine Fragen zur Person, (d) Fragen zur Bewertung von Nutzen und Risiken neuer digitaler Technologien, (e) Fragen zur Datenverarbeitung und (f) Fragen zu sozialen Einflussfaktoren. Die Umfrage wurde in zwei der drei Sprachregionen der Schweiz (Deutsch und Französisch) durchgeführt. Der Fragebogen wurde von einem professionellen Übersetzungsdienst übersetzt und von acht Landwirten vorab getestet. Die Papier-und-Bleistift-Fragebögen wurden von Hand eingegeben und mit dem Online-Datensatz zusammengeführt. Der Datensatz wurde manuell auf Plausibilität geprüft. Die Rücklaufquote betrug 31,3 % (939 verwertbare Fragebögen) aus 12 Betriebstypen gemäß der Betriebstypologie ZA2015 der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten (Hoop & Schmid, 2020). 629 Betriebe wären von ihrem Betriebstyp (211, 212, 230, 510, 530, 541, 542) her potentiell geeignet ein AMS anzuschaffen und sind daher in die Auswertung zu den Bestimmungsgründen für die AMS-nutzung einbezogen worden.

Da sich unsere Studie auf die Entscheidungen des Betriebsleiters konzentriert und der Schweizer Anteil weiblicher Betriebsleiter bei 6 % liegt (Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2021), konnten wir das Geschlecht als Einflussgröße auf die Akzeptanz neuer digitaler Landwirtschaft in dieser Studie aufgrund fehlender Varianz nicht untersuchen.

Um den Stand der Digitalisierung des Betriebs zu messen, haben wir ein Phasenmodell der Technologieeinführung angewendet, wie es bereits von (Albrecht, 1969) bereitgestellt wurde. Wir haben dieses Modell auf den landwirtschaftlichen Kontext angewendet.

Tabelle 10: Phasen der Einführung der digitalen Landwirtschaft und Erklärung, wie sie in der Umfrage angewendet wurden.

Unbekannte Phase	Der Begriff automatisches Melksystem sagt mir nichts.
Wahrnehmungsphase	Ich habe bereits von der Existenz des automatisches Melksystem in der Landwirtschaft erfahren. Allerdings kenne ich noch keine Details und habe auch nicht das Bedürfnis nach detaillierteren Informationen.
Interessenphase	Ich habe von der Existenz des automatisches Melksystem in der Landwirtschaft gehört und bin bereits dabei, mich zu informieren.
Evaluierungsphase	Ich bin bereits mit dem automatischen Melksystem vertraut und habe dessen Vor- und Nachteile für mich selbst bewertet und mich für oder gegen die Nutzung dieser Technologie entschieden.
Testphase	Ich ein automatisches Melksystem in begrenztem Umfang und suche nach weiteren Informationen darüber.
Einführungsphase	Ich nutze ein automatisches Melksystem regelmäßig.

3.2.2 Qualitative Studie

Auf der Grundlage der quantitativen Studie, der Literatur und den Experten des Projekts wurde ein Interviewleitfaden entwickelt und 2 Tiefeninterviews wurden im Februar und April 2024 durchgeführt, um die Vorteile und Hindernisse von AMS in der AOP Käseproduktion von der sozialen und psychologischen Perspektive aus zu analysieren. Ein Landwirt nutzte ein AMS und einer nicht. Die Interviews wurden transkribiert und mit der Inhaltsanalyse nach Mayring analysiert.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Quantitative Ergebnisse: Stand der Adaption des AMS

Eine durchgeführte Regression mit der abhängigen Variablen «Stand der AMS-Nutzung» konnte zeigen, dass folgende Faktoren Einfluss auf dessen Nutzung haben: das Vorhandensein einer höheren Ausbildung, die Anzahl der Standardarbeitskräfte (SAK) und das Vorhandensein von Digitalkompetenz. Während andere erwartete Einflussfaktoren nicht signifikant waren und damit keinen Zusammenhang zum Stand der Adaption des AMS aufweisen, wie das Einkommen.

Tabelle 11: Ergebnisse einer Regressionsrechnung mit der abhängigen Variable Stand der Adaption des AMS (AMS N=520 R² = 0.178).

	Regressions koeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.	VIF
(Konstante)	1.551	0.571		2.715	0.007	
Einkommen	-0.034	0.067	-0.021	-0.507	0.612	1.103
Weiterführende Ausbildung in Landwirtschaft (Meisterprüfung, Techniker, Ingenieur FH oder ETH)	0.462	0.116	0.170	3.996	<.001	1.120
SAK	0.203	0.074	0.188	2.731	0.007	2.936
Grossvieheinheiten	0.003	0.003	0.068	0.975	0.330	3.030
Arbeitslauslastung	-0.093	0.082	-0.047	-1.135	0.257	1.056
Alter	-0.006	0.005	-0.047	-1.134	0.257	1.063
Affinität für Technologieinteraktion	0.089	0.101	0.050	0.885	0.377	2.010
Extraversion	0.097	0.069	0.058	1.410	0.159	1.067
Offenheit	0.008	0.069	0.005	0.120	0.904	1.117
Digitalkompetenz	0.246	0.094	0.150	2.626	0.009	2.021

3.3.2 Qualitative Ergebnisse

3.3.2.1 Landwirt mit AMS in der AOP Käsemilchproduktion

Die Entscheidung einen AMS anzuschaffen sei unabhängig davon gefallen, dass er AOP-Käsemilch produziert, auch die besonderen Regularien hätten keinen Einfluss auf seine Entscheidung gehabt. Die Beweggründe einen AMS anzuschaffen waren, mehr Effizienz und Einsparung von Arbeitskräften. Der Landwirt verfügt über sehr gute digitale, technische und betriebsorganisatorische sowie unternehmerische Kompetenzen. Er nutzt viele Quellen sich zu informieren, ist risikofreudig, initiativ und innovativ.

Der Landwirt sagt, die Käsemilchproduktion hätte offiziell einen Einfluss auf die AMS-Nutzung in der Käsemilchproduktion, inoffiziell jedoch nicht.

Damit die 24h Regel eingehalten wird, kommt die Molkerei nun 2x die Milch abholen, der Landwirt zahlt nur 1x. Die Molkerei verlangt, die Einhaltung der 8h Melkpause. Damit man auf 2.5 Melkungen kommt, müsste man den Roboter begrenzen. So lange die Molkerei nicht reklamiert, würde er dies nicht machen. Die Käserei sagt schon, dass er den AMS für 2h sperren solle. Da sagte er, dass würde er schon machen, dann müsste man aber über den Preis reden. Er würde den AMS nur sperren, wenn dies entlohnt würde, das wird es aktuell nicht. Es ginge auch ohne Sperrung, die Milch sei in Ordnung, es gibt keine Reklamationen, trotz kürzerer Melkabstände.

Er ist der Meinung es würde auch gehen, wenn man die Milch nur einmal abholen würde. Die Gewährleistung der Kühlkette, hätte den grösseren Einfluss auf die Milchqualität. Gute landwirtschaftliche Praxis und sehr gute Hygiene (Euter, Liegeboxen, Futter) seien unabdingbar in der AOP-Käseproduktion. Nach seiner Meinung sind die Regularien (auch z.B. AMS-Verbot unter Gruyere) ein Politikum, die Meinung von «konservativen Köpfen», «drum ginge es nicht vorwärts».

Seine finanzielle Situation war so gut, dass es gut ging, den AMS anzuschaffen. Auf die Frage wie es vor dem AMS finanziell war und es heute ist, sagt er heute ist es deutlich besser, der AMS hat daran seinen Einfluss, aber auch die gesamte Betriebsorganisation, z.B. weitere Roboter und kein angestelltes Personal mehr.

Die AOP-Käsemilchproduktion verursache Extrakosten (z.B. Roboter wird 4x heiss gereinigt

im vgl. zu 2x bei der Siloproduktion), auch falle mehr Zeitaufwand für die Reinigung an, um die geforderte Qualität der Milch zu erreichen, mehr Proben müssen mitfinanziert werden (durch 2malige Abholung fallen die doppelte Anzahl Proben an). Bzgl. der Frage nach Wasser-, Energie- und Versicherungskosten verwies er an die Firma Lely.

Zusammenfassend kann man sagen, ist die Nutzung des AMS für diesen Landwirt eine Entscheidung auf Grundlage ökonomischen und betriebsorganisatorischen Gründen. Die AOP Käsemilchproduktion spielte keine Rolle. Die Kosten für die zusätzliche Abholung der Milch wird von der Käserei getragen. Für diesen Landwirt wäre eine Anpassung der Regelung eine Anpassung an das was in der Realität bereits stattfindet. Kurz gesagt, der AMS gibt vor wie produziert wird, nicht die AOP Regularien.

3.3.2.2 Landwirt ohne AMS in der AOP Käsemilchproduktion

Der Landwirt verfügt sowohl auch über digitale, technische und betriebsorganisatorische sowie unternehmerische Kompetenz.

Der Landwirt hat gegen einen sehr gut funktionierenden Betriebsablauf, benötigt keinen AMS, sowohl die Anzahl Kühe, als auch ihre Altersstruktur und die Lage des Weidelandes sind nicht passend für den AMS. Aus seiner Sicht bedeutet die Nutzung des AMS eine Anpassung der Kühe und des Betriebs an den AMS. Man muss die Zahl der Kühe an den Roboter anpassen, auch Eigenzucht ginge nicht, am besten man kauft passend für den AMS gezüchtete Tiere nach. Der AMS sei nicht geeignet um langlebige Kühe zu nutzen. Mit dem AMS werden die Kühe die mit dem AMS nicht mehr funktionieren schnell ersetzt. Auch die Kosten sprechen für ihn gegen einen AMS. Wasser- und Energiekosten müsste man auch einrechnen – das müsste man mal erheben, sagt er. Auch die Servicekosten durch den AMS sind höher als ohne, sowie die Kosten für die laufenden Wartungsverträge. Auch die Abhängigkeit von der Herstellerfirma sprach gegen dessen Nutzung. Zudem sei es ohne AMS einfacher konstante Milchqualität abzuliefern, weil man so nah am Tier sei, das hätte seine Entscheidung im Zusammenhang mit der AOP Käseproduktion beeinflusst, nicht jedoch die Regularien für die AOP Käseproduktion (24h Regel und 8h Pause zwischen den Melkzeiten).

Er gibt zu bedenken, dass das menschliche Auge nicht zu ersetzen ist und die Produktion mit dem AMS nicht gleich hygienisch ist. Er gibt jedoch zu bedenken, dass die Roboter da immer besser werden. Auch die Sperrung kranker Tiere sei problematisch mit dem AMS.

Zusammenfassend kann man sagen, der Betrieb hat eine passende Lösung, mit der er wirtschaftlich Milch produzieren kann und die geforderte Qualität für die AOP Käseproduktion erfüllen kann. Allerdings hängt das auch davon ab, dass genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, der Landwirt und sein Vater. Die Fortführung der Produktion ohne AMS, hängt von der Verfügbarkeit von passendem Personal ab, wenn der Vater mal nicht mehr mitarbeiten kann. Die Regularien für die AOP Käseproduktion können problemlos eingehalten werden.

3.4 Schlussfolgerung

Schlussfolgernd kann man sagen, dass die Entscheidung für oder gegen einen AMS von verschiedenen Faktoren abhängt, auf Seiten der betriebsleitenden Person, aber auch auf Seiten des Betriebs. Die quantitativen Ergebnisse zeigen auf, dass auf Seiten der betriebsleitenden Person das Vorhandensein einer höheren Ausbildung und Digitalkompetenz. Auf Seiten des Betriebs ist die AMS-Nutzung nach unseren Ergebnissen abhängig von der Anzahl der Standardarbeitskräfte und damit der Grösse des Betriebes, nicht jedoch der Höhe des Einkommens. Die beiden vertieften Interviews zeigen vertieft die Beweggründe für den AMS im Detail. Sie weisen darauf hin dass die Entscheidung nahezu unabhängig von der AOP Käseproduktion getroffen wird. Sowohl der Landwirt mit als auch der ohne AMS können AOP Käsemilch wirtschaftlich und mit gefordertem Qualitätsstandard produzieren. Wobei der Landwirt mit AMS den Weg zu entsprechender Milchqualität nicht einhält, aus Gründen des Tierwohls, als auch aus ökonomischen Gründen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass am Ende die Qualität der Milch entscheiden sollte und nicht der Weg zu dieser. Beide Landwirte erreichen die geforderte Milchqualität nach ihrer Aussage. Wichtig für diese Erreichung erscheint aus unserer Sicht die «gute landwirtschaftliche» Praxis und entsprechende Hygiene und die Kompetenz der Landwirte vor der Produktionsmethode. Die Umstellung auf ein AMS erfordert vielfältige Anpassungen auf dem Betrieb. Auch an die AOP Regularien passen sich die Landwirte teilweise an. Sie betonen, dass es die Einhaltung der Hygienestandards für die AOP Käsemilchproduktion benötigt und die 24h-Regel bzw. 8h Regel «Tradition» sei, die abgelöst werden kann. Es zeigt sich auch hier ein Dilemma zwischen Tradition und Innovation.

4 Image

4.1 Einleitung

Verschiedene Untersuchungen haben sich mit der Frage befasst, was die Treiber und Hürden in der Technologienutzung für LandwirtInnen sind. Weniger bekannt ist, wie die KonsumentInnen über den Technologieeinsatz in der Landwirtschaft denken und ob sie Produkte akzeptieren, welche mittels Technologieeinsatz produziert wurden. In diesem Abschnitt wird deshalb der Frage nachgegangen, wie der Einsatz automatischer Melksysteme (AMS) von KonsumentInnen wahrgenommen wird.

4.2 Studie 1

Im Rahmen einer Masterarbeit, die 2021 in Zusammenarbeit zwischen der ETH Zürich und Agroscope durchgeführt wurde, sind mittels convenience sampling 287 Personen in der deutschsprachigen Schweiz mittels Onlineumfrage befragt worden. Im ersten Teil der Befragung sollten die Teilnehmenden spontan den ersten Begriff nennen, der ihnen jeweils zu «traditionelle Anbaumethoden in der Landwirtschaft» und zu «digitale Technologien in der Landwirtschaft» einfällt. In einem nächsten Schritt sollten sie dann die genannten Begriffe auf einer Skala von sehr negativ (0) bis sehr positiv (100) einordnen. In einem zweiten Teil wurde die gleiche Methode auf vier konkrete Technologie angewendet. Für Spritzdrohnen, Hackroboter, AMS und virtuelle Zäune wurden den Teilnehmenden jeweils eine Bild und eine kurze Beschreibung der Technologie gezeigt. Anschliessend haben die Teilnehmenden jeweils einen Begriff genannt, der ihnen dazu spontan eingefallen ist und ihn anschliessend bewertet.

Die Resultate zeigen, dass KonsumentInnen bei traditionellen Anbaumethoden am häufigsten an ganz konkrete Werkzeuge oder Pflanzen denken. Ebenfalls häufig genannt wurde, dass diese Arbeiten viel Handarbeit erfordern und arbeitsintensiv sind. Traktoren und schwere Maschinen, sowie Acker und Felder sind weitere Bilder, die sehr präsent sind. Als kritische Punkte wurden auch Pestizide und künstlicher Dünger genannt.

Im Mittelwert über alle Begriffe ergibt sich eine relativ positive Bewertung von 60.9 der traditionellen Landwirtschaft. Bei den Assoziationen zur digitalen Landwirtschaft zeichnet sich ein anderes Bild. Hier wurden an den häufigsten Begriffen im Zusammenhang mit Melken genannt. Das könnte damit zu tun haben, dass das automatisierte Melken schon länger in der Umsetzung und damit in der Bevölkerung auch relativ bekannt ist. Generell fällt auf, dass die KonsumentInnen oft an spezifische Technologien denken. So sind auch Drohnen, GPS und autonome Maschinen unter den an den häufigsten genannten Begriffen. Gleichzeitig fällt aber auch auf, dass mit 11 Nennungen einige der 287 Personen keinen Begriff nennen konnten, was darauf hindeutet, dass sie nicht wissen, was genau mit digitalen Technologien in der Landwirtschaft gemeint ist. Im Mittelwert über alle Begriffe ergibt sich aber dennoch eine sehr positive Bewertung der digitalen Technologien von 70.4, die sogar noch höher ist als jene bei den traditionellen Anbaumethoden. Es scheint also, dass KonsumentInnen der Digitalisierung in der Landwirtschaft positiv gesinnt sind.

Der AMS scheint eine bekannte Technologie zu sein und gelobt werden hier die Selbstbestimmung der Kuh und die Arbeitserleichterung für die Bauern (Tabelle 12). Kritisiert wird hingegen die fehlende Beziehung zwischen Kuh und Mensch und damit zusammenhängend das Tierwohl, wenn die Kuh als Maschine wahrgenommen wird. Im Mittelwert über alle Begriffe ergibt sich eine leicht positive, Bewertung von 60.7.

Tabelle 12: Spontane Assoziationen für AMS und deren Bewertung

Kategorie (Beispiele)	Nennungen	Bewertung		
			MW	SD
Positiv (intelligent, genial, interessant, cool)	43	+	85.5	12.6
Tierwohl (brutal, Kuh als Maschine, Tierquälerei)	39	=	49.4	38.5
Bezug zum Menschen (unpersönlich)	19	-	30.6	28.5
Arbeitserleichterung (mehr Freizeit, spart Zeit)	18	+	81.3	16.3
Selbstbestimmung (freiwillig, autonom, kein Melkzwang)	16	+	75.8	20.8
Skepsis (unmöglich, Gefahr, Zweifel)	15	-	44.2	27.8
Negativ (kalt, fragwürdig, schlimm)	15	-	33.8	27.9
Effizient (exakt)	12	+	84.8	18.4
Fortschritt (modern, Innovation)	11	+	83.2	16.0
Bekannt (nichts Spezielles, Standard)	10	+	77.3	29.5
Andere (diverse Einzelnennungen)	10	=	53.0	33.6

Hinweis. Gezeigt sind nur Kategorien, die mindestens 10 Nennungen erhalten haben. Bewertungen wurden auf einer Skala von 0 (sehr negativ) bis 100 (sehr positiv) abgegeben.

4.3 Studie 2

Aufbauend auf den qualitativen Ergebnissen von Studie 1 wurde eine quantitative Studie 2 durchgeführt, um die Wahrnehmung der beiden an den häufigsten verwendeten Technologien (Groher, Heitkämper, & Umstätter, 2020; Groher, Heitkämper, et al., 2020) und die Prädiktoren der öffentlichen Wahrnehmung weiter zu untersuchen. Zu diesem Zweck rekrutierten wir eine repräsentative Stichprobe und dehnten die Studie auf zwei Sprachregionen der Schweiz (deutsch und französisch) aus.

Die Daten für Studie 2 wurden im Februar 2023 im Rahmen einer Online-Umfrage in der deutsch- und französischsprachigen Schweiz erhoben. Die Teilnehmer wurden über ein Internetpanel eines zertifizierten kommerziellen Panelanbieters (Bilendi AG) rekrutiert. Es wurden Quoten für Geschlecht (50% Frauen), Alter (je 33 % der Altersgruppen 18–35, 36–54 und 55–75) und Sprachregion (50% Deutsch, 50% Französisch) festgelegt. Schlussendlich haben 485 Personen die Umfrage komplett ausgefüllt.

Zu Beginn der Umfrage gaben die Teilnehmer ihr schriftliches Einverständnis. Der Fragebogen bestand aus zwei Teilen, wobei hier nur auf den zweiten Teil eingegangen werden soll. Im zweiten erhielten die TeilnehmerInnen eine kurze Beschreibung eines Hackroboters und eines AMS. Nach der Beschreibung der Technologie wurden die TeilnehmerInnen gebeten, die beiden Technologien nach ihrer Bereitschaft, die damit hergestellten Produkte zu essen, nach ihren Gefühlen (allgemeine Einstellung zur Technologie) und nach drei Bereichen der Nachhaltigkeit zu bewerten: sozial, ökonomisch und ökologisch. Alle Fragen wurden auf einem interaktiven Schieberegler beantwortet, der von 0 (überhaupt nicht) bis 100 (vollständig) für die Bereitschaft, die Produkte zu essen, und Nachhaltigkeit reichte, und von 0 (sehr negativ) bis 100 (sehr positiv) für die Wirkung.

Tabelle 13 zeigt die Resultate für die gesamte Stichprobe und aufgeteilt nach Sprachregion. Beim Hackroboter wird ersichtlich, dass dieser in der deutschsprachigen Region leicht positiver beurteilt wurde. Beim AMS hingegen ist es umgekehrt und die Bewertung in der französischen Sprachregion war leicht besser. Dennoch wurden im Schnitt beide Technologien sehr positiv beurteilt.

Tabelle 53: Wahrnehmung von Hackroboter und automatischem Melksystem

	Alle (n = 485)		Deutsch (n = 244)		Französisch (n = 241)	
Hackroboter	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Konsumbereitschaft	82.5	18.5	83.5	18.0	81.5	19.1
Soziale Nachhaltigkeit	77.5	19.6	77.9	19.3	77.1	19.9
Ökologische Nachhaltigkeit	76.6	20.5	75.9	21.6	77.4	19.2
Ökonomische Nachhaltigkeit	68.1	21.3	69.8	21.6	66.5	21.0
Vertrauen	73.8	20.9	74.5	21.5	73.1	20.3
Positive/negative Gefühle	73.7	21.1	73.0	21.8	74.3	20.5
Automatische Melksysteme (AMS)	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Konsumbereitschaft	77.9	25.3	75.5	26.3	80.3	23.9
Soziale Nachhaltigkeit	76.9	24.6	76.1	23.5	77.6	22.9
Ökologische Nachhaltigkeit	72.2	24.6	70.5	25.0	74.0	24.1
Ökonomische Nachhaltigkeit	72.2	23.2	71.2	24.0	73.2	22.3
Vertrauen	72.3	26.2	70.8	27.3	73.8	25.0
Positive/negative Gefühle	67.9	26.9	65.3	27.5	70.6	26.1

Hinweis. Alle Aspekte wurden auf einer Antwortskala von 0 (stimme gar nicht zu) bis 100 (stimme voll und ganz zu) beurteilt.

4.4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Befragungen zeigen, dass KonsumentInnen generell ein positives Bild von der Landwirtschaft und insbesondere auch von den digitalen Technologien haben. Besonders bekannt sind insbesondere AMS. Dennoch wird auch deutlich, dass es noch Kommunikationsbedarf gibt. Ein bedeutender Teil der Befragten wusste wenig über digitale Technologien in der Landwirtschaft. Eine gezielte Kommunikation kann hier helfen, mögliche Bedenken zu entschärfen, das Konsumentenvertrauen weiter zu stärken und das Verständnis zur Landwirtschaft zu verbessern. Interessant und weiter zu verfolgen sind auch potenzielle Unterschiede in der Wahrnehmung landwirtschaftlicher Technologien zwischen den Sprachregionen.

5 Danksagung

Die Autoren danken den folgenden Partnern für die wertvolle Zusammenarbeit bei der Erstellung dieses Dokuments:

- den Milchproduzenten, die Thomas Manser zu einem Besuch auf ihrem Betrieb empfingen, sich die Zeit nahmen, den Fragebogen zu beantworten und ihr Einverständnis zur Verwendung der Daten aus den Analysen von Suisselab gaben;
- den Käsereien, die die Milchproben entnommen und eingefroren haben;
- der Branchenorganisation Emmentaler AOP für die Kontaktdaten der Milchproduzenten;
- dem Labor Suisselab für die Daten der Analysen;
- dem Bundesamt für Landwirtschaft für die Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung;
- dem Referenzlabor und der Forschungsgruppe Gärungsorganismen von Agroscope in Liebefeld;
- den Mitarbeitenden des Forschungsbereichs «Mikrobielle Systeme von Lebensmitteln» von Agroscope.

6 Bibliographie

- Abeni F., Degano L., Calza F., Giangiacomo R. & Pirlo G. 2005. Milk Quality and Automatic Milking: Fat Globule Size, Natural Creaming, and Lipolysis, *J. Dairy Sci.* 88:3519–3529. Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, Istituto Sperimentale per la Zootecnica, Sezione Operativa di Cremona, I-26100 Cremona, Italy, Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, Istituto Sperimentale Lattiero Caseario, I-26900 Lodi, Italy
- Albrecht, H. (1969). Innovationsprozesse in der Landwirtschaft: eine kritische Analyse der agrarsoziologischen "adoption"-und "diffusion"-Forschung in bezug auf Probleme der landwirtschaftlichen Beratung. Verlag der SSIP-Schriften.
- Bütler A. & Gazzarin C., 2023. Kostenkatalog 2023. Richtwerte für die Kosten von Maschinen, Arbeit, Gebäude und Hoftechnik. Agroscope Transfer 499. Agroscope.
- Creswell, J. W. (1999). Mixed-method research: Introduction and application. In *Handbook of educational policy* (pp. 455-472). Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-012174698-8/50045-X> Get rights and content
- Dickow J.A., Larsen L.B., Hammershøj M., Wiking L., 2011. Cooling causes changes in the distribution of lipoprotein lipase and milk fat globule membrane proteins between the skim milk and cream phase. *J. Dairy Sci.*, 94, 646-656.
- Fröhlich-Wyder M. T., Guggisberg D., Badertscher R., Wechsler D., Wittwer A., Irmeler S. (2013). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus parabuchneri* on the eye formation of semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 33, 120-128.
- Gazzarin, C., & Nydegger, F., 2014. How profitable are robots? Costs and benefits of automated devices in dairy-cow husbandry. Agroscope Transfer, 3. Agroscope.
- Gazzarin C. & Schick, M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion. Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. FAT Bericht 608. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen.
- Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>
- Groher, T., Heitkämper, K., Walter, A., Liebisch, F., & Umstätter, C. (2020). Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture*, 21(6), 1327-1350. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09723-5>

- Hansen, B. G. (2015). Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>
- Hoop, D., & Schmid, D. (2020). *Betriebstypologie ZA2015 der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten*.
- Kongsved, S. M., Basnov, M., Holm-Christensen, K., & Hjollund, N. H. (2007). Response rate and completeness of questionnaires: a randomized study of Internet versus paper-and-pencil versions. *Journal of medical Internet research*, 9(3), e611. <https://doi.org/10.2196/jmir.9.3.e25>
- Reissig, L., Kohler, A., & Rossier, R. (2016). Workload on organic and conventional family farms in Switzerland. *Organic Agriculture*, 6(3), 225-242. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0131-5>
- Ahrné L., Björck L., 1985. Lipolysis and the distribution of lipase activity in bovine milk in relation to stage of lactation and time of milking. *J. Dairy Res.*, 52, 55-64.
- Bachman K.C., Hayen M.J., Morse D., Wilcox C.J., 1988. Effect of pregnancy, milk yield, and somatic cell count on bovine milk fat hydrolysis. *J. Dairy Sci.*, 71, 925-931.
- Chazal M.P., Chilliard Y., 1987b. Effect of breed of cow (Friesian and Montbeliarde) on spontaneous and induced lipolysis in milk. *J. Dairy Res.*, 54, 7-11.
- Chazal M.P., Chilliard Y., 1986. Effect of stage of lactation, stage of pregnancy, milk yield and herd management on seasonal variation in spontaneous lipolysis in bovine milk. *J. Dairy Res.*, 53, 529-538.
- Chilliard Y., Lamberet G., 1984. Milk lipolysis – various types, mechanisms, factors of variation, practical significance. *Lait*, 64, 544-578.
- Connolly J.F., 1978. Recent findings on lipolysis in Ireland. The impact of environment and nutrition on free fatty acids and flavour in milk and dairy products. In: 20. Int. Dairy Congr., Paris, France.
- De Marchi M., Penasa M. & Cassandro C. (2017) Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds, *Italian Journal of Animal Science*, 16:3, 363-370, DOI:10.1080/1828051X.2017.1292412
- Deeth H.C., Fitzgerald C.H., 1976. Lipolysis in dairy products: A review. *Australian J. Dairy Technol.*, 31, 53-64.
- Dickow J.A., Larsen L.B., Hammershøj M., Wiking L., 2011. Cooling causes changes in the distribution of lipoprotein lipase and milk fat globule membrane proteins between the skim milk and cream phase. *J. Dairy Sci.*, 94, 646-656.
- Fehér N., Häni W., Wechsler D., Guggenbühl B. 2021. Essai de fabrication de Vacherin Fribourgeois AOP avec du lait de robot de traite. *Agroscope Science*, n° 130 / 2021
- Ferlay A., Martin B., Pradel P., Coulon J.B., Chilliard Y., 2006. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and Montbeliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.*, 89, 4026-4041.
- Fröhlich-Wyder et al. (2013).
- Heuchel V., 1994. Mesure de l'incidence de différents types de faisceaux trayeurs sur la lipolyse du lait de vache. In: *Facteurs d'élevage influençant la qualité du lait*, Idele - Inra (Eds). 1re Renc. Rech. Rum., Paris, France, 125-128.
- Hurtaud C., Riosa R., Brégeron S., Suzanne A., Edouard N., 2018. Effect of milking time, temperature and diet nitrogen level on milk composition of dairy cows and on some milk properties (freezing point, lipolysis and heat stability). In: 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH). Cambridge University Press, Clermont-Ferrand, France,
- Jakob E., Goy D., Haldemann J., Badertscher R. 2013. Traite robotisée et qualité du lait de fromagerie des améliorations sont requises. *Agroscope. Recherche Agronomique Suisse* 4 (6): 256–263, 2013
- Jurczak M.E., 1995. The effect of genetic factors, stage of lactation, season and feeding system on fat lipolysis in raw milk of Black-and-White cows and F1 crosses of that breed with bulls of 4 varieties of Friesian cattle. *Ann. Warsaw Agricult. Univ., Anim. Sci.*, 17.

- Pomiès D., Martin B., Chilliard Y., Pradel P., Rémond B., 2007. Once-a-day milking of Holstein and Montbéliarde cows for 7 weeks in mid-lactation. *Animal*, 1, 1497-1505.
- Simoni M., Temmar R., De Marchi M., Revello-Chion A., Pozza M., Righi F., Manuelian C., 2023. Milking system and diet's forage type impact on milk quality of Italian Holstein-Friesian. Department of Veterinary Science, University of Parma, Italy. *J. Dairy Sci.* TBC, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24464>
- Vanbergue E., Poulet J-P., Peyraud J-P., Hurtaud C., 2020. Le point sur la lipolyse du lait de vache: facteurs de variation et mécanismes biochimiques. *Inrae prod. anim.*, 2020, 33 (1), 41-52
- Vanbergue E., 2017. Les facteurs de variations de la lipolyse spontanée du lait de vache et mécanismes biochimiques associés. Thèse. Agrocampus Ouest.
- Vanbergue E., Peyraud J.L., Guinard-Flament J., Charton C., Barbey S., Lefebvre R., Gallard Y., Hurtaud C., 2016. Effects of DGAT1 K232A polymorphism and milking frequency on milk composition and spontaneous lipolysis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 99, 5739-5749.
- Vanbergue E., Delaby L., Peyraud J.L., Colette S., Gallard Y., Hurtaud C., 2017. Effects of breed, feeding system, and lactation stage on milk fat characteristics and spontaneous lipolysis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100, 4623-4636.
- Wiking L., Nielsen J.H., Båvius A.K., Edvardsson A., Svennersten-Sjaunja K., 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.*, 89, 1004-1009.
- Wiking L., Bjerring M., Løkke MM, Løvendahl P and Kristensen T (2019). Herd factors influencing free fatty acid concentrations in bulk tank milk. *Journal of Dairy Research* 86, 226–232. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000190>

7 Anhang

7.1 Anhang 1: Fragebogen

Kompatibilität der automatischen Melksysteme (AMS) mit AOP-Käse Fragebogen		Datum		
Adresse Milchproduzent				
Name/Vorname				
Strasse				
PLZ/Ort				
Käserei				
Angaben zu den Tieren				
Rassen	☐ BS ☐ HO ☐ RH ☐ SF			
Anzahl Kühe	☐ Andere:			
Aufstallung / Haltung				
Boxen	☐ Tiefboxen ☐ Kalk-Stroh-Matratze ☐ Strohhacksel ☐ Sägemehl ☐ Strohhacksel/Kalk ☐ Anderes:			
☐ Hochboxen	☐ Strohhacksel/Kalk ☐ Strohhacksel ☐ Sägemehl ☐ Anderes:			
☐ Tiefstreu	☐ Stroh ☐ Kompost ☐ Anderes:			
Laufgänge Fläche	☐ Perforiert ☐ nicht perforiert ☐ kombiniert			
Material Oberfläche	☐ Beton ☐ Gussasphalt ☐ Gummimatten ☐ kombiniert			
Bereich vor AMS	☐ Perforiert ☐ nicht perforiert			
Reinigung	☐ Schieber ☐ Einachser ☐ Roboter ☐ von Hand ☐ Anderes:			
Frequenz/Tag				
Lüftung	☐ Firstentlüftung ☐ Grossraumlüfter ☐ Anderes:			
Frischlufzufuhr im Bereich AMS:	☐ passiv (Fenster) ☐ aktiv (Lüfter) ☐ keine			
Weide				
	☐ ja ☐ nein			
Weidetor	☐ ja ☐ nein			
Zugang	☐ kontinuierlicher Zugang ☐ Blockzeiten Dauer in h:			
Geschätzter Grundfutterverzehr auf der Weide in %				
Weidefläche/Kuh in m ² :				
Frequenz	☐ täglich ☐ Anderes:			
Weideart	☐ Kurzrasenw ☐ Portionenweide ☐ Anderes:			
Gründe für nicht täglichen Weidegang (ausser wetterbedingt)	☐ zu wenig Weidefläche ☐ zu wenige arrondierte Weidefläche ☐ Anderes:			
Umstellung auf AMS				
Zeitpunkt der Inbetriebnahme				
Marke ☐ Lely ☐ DeLaval ☐ GEA ☐ Andere:				
Modell				
Tierverkehr ☐ frei				
☐ gelenkt ☐ feed first ☐ milk first ☐ Anderes:				
Vorheriges Melksystem ☐ Rohrmelkanlage ☐ Melkstand ☐ Anderes:				
Stall ☐ Umbau ☐ Neubau				
Vorheriges Aufstallungssystem ☐ Anbindestall ☐ Laufstall				
Anzahl Kühe vor der Umstellung				
Veränderung der Anzahl Kühe %				
Erhöhung der Tierzahl durch ☐ Eigenremontierung ☐ Zukauf ☐ Betriebszusammenlegung				
Veränderungen nach dem Wechsel auf das AMS				
	vor Wechsel	nach Wechsel		
	ja / nein	ja / nein + / - / =		
Weide /-dauer				
Kraffuttergabe				
Eingrasen				
Zukauf von Grundfutter				
Milchmenge in kg/Laktation				
Längerfristige Veränderung der Milchqualität nach dem Wechsel auf das AMS				
	Besser	Schlechter	Unverändert	unbek.
Zellzahl				
Keimzahl				
Gefrierpunkt				
Käsespezifische Proben	Reduktase	vorbebrüt.	unbebrüt.	
Säuregrad				
Gärprobe				
Freie Fettsäuren				
Buttersäuresporen				
Salztolerante Keime				
Propionsäurebakterien				
Anderes:				
Momentane Probleme mit der Milchqualität				
☐ Keine ☐ Zellzahl ☐ Keimzahl ☐ Gefrierpunkt ☐ Käsespezifische Proben ☐ Reduktase ☐ vorbebrütet ☐ unbebrütet ☐ Säuregrad ☐ Gärprobe ☐ Freie Fettsäuren ☐ Buttersäuresporen ☐ Salztolerante Keime ☐ Propionsäurebakterien				
Umsetzung des Pflichtenheftes (Einlabung der Milch innerhalb 24h)				
☐ Sperrung des AMS ☐ ja Anzahl Stunden: ☐ nein				
☐ zusätzlicher Milchtank und anderweitige Verwertung dieser Milch ☐ Kälberaufzucht/Mast ☐ Verkauf der Milch in anderen Kanal ☐ Anderes:				
Ist die Umsetzung dieser Vorgaben für Ihren Betrieb problematisch?				
☐ ja ☐ weniger Melkkapazität ☐ Rückstau melkberechtigter Kühe ☐ Anderes:				
☐ nein				
Wie wichtig wäre für Ihren Betrieb die Verlängerung der möglichen Melkdauer auf 24h?				
☐ sehr wichtig ☐ wichtig Gründe: ☐ Betriebswirtschaftlich ☐ Arbeitstechnisch ☐ ev. Erhöhung des Tierbestandes ☐ Anderes:				
☐ unwichtig				

Abbildung 47: Beim Besuch der Betriebe mit AMS verwendeter Fragebogen

Installation und Einstellungen			
Installation Tank		☐ stationär ☐ fahrbar	
☐ Tankvolumen in Liter/Anzahl Kühe:			
☐ Distanz AMS-Tank in m			
☐ Höhendifferenz Milchpumpe AMS -höchster Punkt der Milchdruckleitung m			
Melken			
Einstellung AMS: Minimaler Melkintervall in h			
Startphase/Leistungsphase		Ende Laktation	keine
Zitzenreinigung			
☐ Bürsten		☐ Vorbereitungsbecher	☐ Melkbecher
Zitzendesinfektion			
☐ Iod		☐ Chlor	☐ Milchsäure
☐ Anderes:			
Desinfektion der Vorbereitungsgerätschaften		☐ ja	☐ nein
☐ Peressigsäure ☐ Dampf			
Desinfektion der Zitzengummi		☐ ja	☐ nein
☐ Peressigsäure ☐ Dampf			
Automatische Reinigung Lufteinlässe		☐ ja	☐ nein
Überwachung Eutergesundheit			
☐ Zellzahl		☐ Leitfähigkeit/Bluterk.	
☐ MDI		☐ MQC-C	
Milchpumpe frequenzgesteuert:		☐ ja	☐ nein
☐ Membranpumpe			
Ausstossen Milchdruckleitung		maximale Standzeit der Milch in Minuten	
		maximale Zeit bis zur Spülung in Minuten	
Melken / Messwerte			
Anzahl laktierende Kühe:			
Daten Mittelwerte:		Anzahl Tage in Laktation	
		Tagesmilchmenge/Kuh kg	
Melkintervalle /Anzahl Melkungen			
durchschnittliche Anzahl Melkungen/d			
höchste Anzahl Melkungen/d			
niedrigste Anzahl Melkungen/d			
Milchmenge/Melkung kg			
Melkintervall Durchschnitt h			
Melkintervall maximaler Wert h			
Melkintervall minimaler Wert h			
Milchfilter			
Einsatz		☐ ja	☐ nein
Wechselintervall		☐ einmal täglich	☐ zweimal täglich ☐ Anderes
Entfernung bei der Reinigung:		☐ ja	☐ nein ☐ teilweise
Reinigung Standfläche		☐ automatisch nach jeder Kuh	
		☐ von Hand	☐ 1x/d ☐ 2x/d ☐ 3x/d
		☐ Anderes:	
Klauenwaschanlage im AMS (aktiv während dem Melken)		☐ ja	☐ nein
Milchkühlung			
Vorkühlung vorhanden		☐ ja	☐ nein
Typ:		☐ Rohrkühlung ☐ Plattenkühler	
Standort:		☐ Nähe AMS ☐ Nähe Tank	
Milchtank		Milchflussgesteuerte Kühlung	
		☐ ja	
		☐ nein	☐ manueller Start der Kühlung
		☐ Zeitverzögerter Start der Kühlung	
		☐ Eiswasserkühlung	
Milchtemperatur °C		Vorgabe Käseerei:	
		Gemessener Wert:	

Reinigung AMS			
Reinigungsart		☐ Zirkulationsreinigung ☐ Kochendwasserreinigung	
		☐ Verlorene Reinigung	
Reinigungsintervall		☐ zweimal täglich ☐ dreimal täglich ☐ Anderes:	
Reinigungsmittel		alkalisch: Dosierung %	
		sauer: Dosierung %	
		Anderes: Dosierung %	
Einsatz		☐ alternierend ☐ 2x alkalisch / 1x sauer	
		☐ Anderes:	
Wassertemperatur °C		Anfangstemperatur Endtemperatur	
Aussenreinigung		☐ einmal täglich ☐ zweimal täglich	
		☐ Anderes:	
		☐ Quellwasser ☐ Netzwasser ☐ Grauwasser	
Reinigung Milchtank			
Reinigungsmittel		alkalisch: Dosierung %	
		sauer: Dosierung %	
		Einphasenreiniger Dosierung %	
Einsatz		☐ alternierend ☐ Anderes:	
		☐ 2x alkalisch / 1x sauer	
Wassertemperatur °C		Anfangstemperatur Endtemperatur	
Serviceintervall			
AMS (Monate)			
Zitzengummi (Anzahl Melkungen)		☐ Silikon ☐ Gummi	
Reinigungsbürsten Zitzen			
Sauberkeit Euter			
Note 1: Frei von Schmutz			
			
Note 2: Leicht verschmutzt			
			
Note 3: Mäßig verschmutzt			
			
Note 4: Stark verschmutzt			
			
Score in %			
Zustand der Liegeboxen			
Verschmutzung der Box mittig am Boxenende		Verschmutzung der Box unter Liegeboxenbügeln	
			
Häufigkeit in %			
keine Muldenbildung / ebene Liegefläche		leichte Muldenbildung / unebene Liegefläche	
			
starks Muldenbildung / Anhäufung unterm Boxenbügel			
Häufigkeit in %			
Rückmeldung Käser: Aktuelle Probleme			
☐ Keine			
☐ Zellzahl			
☐ Keimzahl			
☐ Gefrierpunkt			
☐ Käseispezifische Proben			
☐ Reduktase			
☐ Säuregrad			
☐ Gärprobe			
☐ Freie Fettsäuren			
☐ Buttersäuresporen			
☐ Salztolerante Keime			
☐ Propionsäurebakterien			
☐ Anderes:			
Notizen			

7.2 Anhang 2: Mit dem Käseteig assoziierte Bakterien

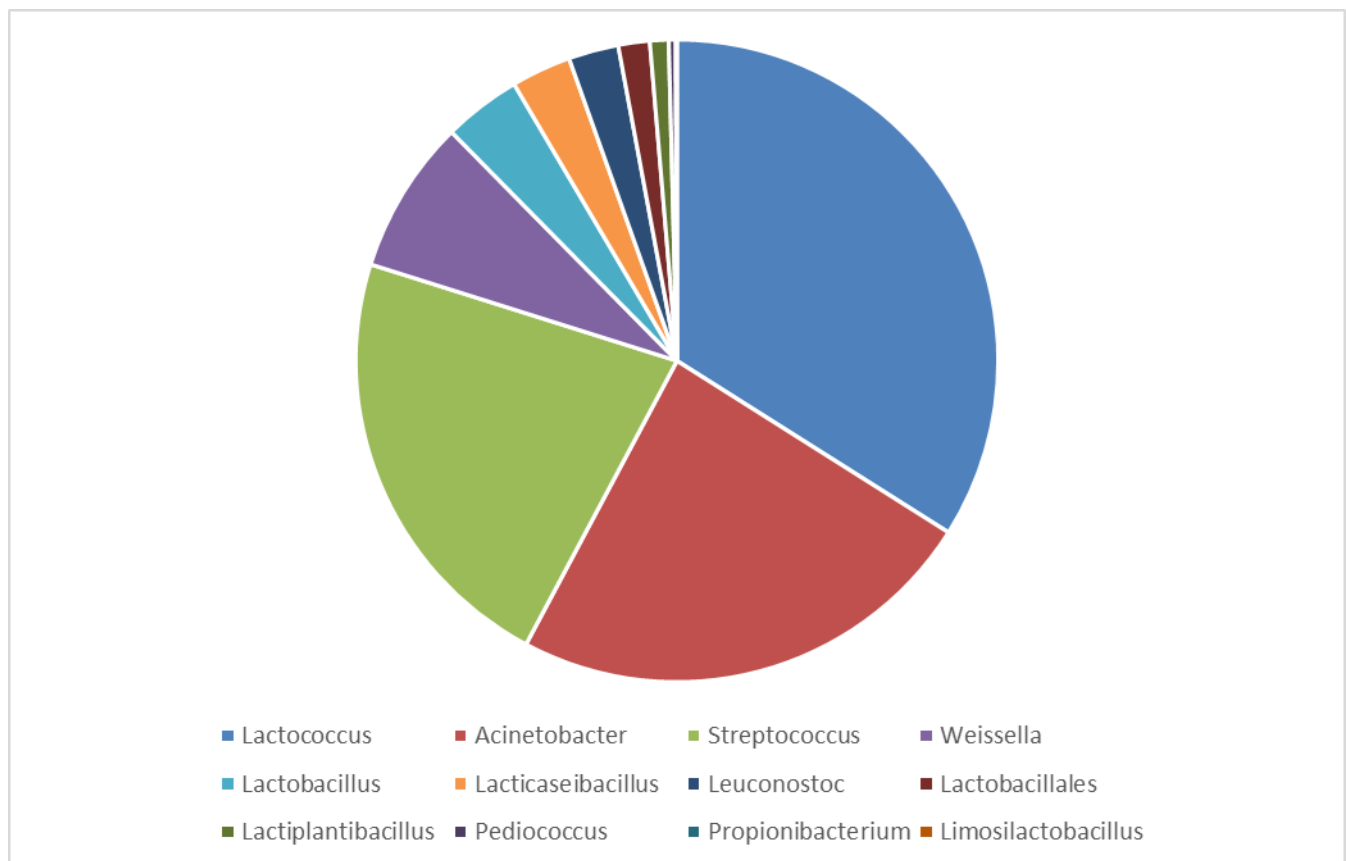


Abbildung 48: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von Bakterien (taxonomische Ebene: Gattung), die mit dem Käseteig assoziiert sind und in den 280 Milchproben identifiziert wurden.

7.3 Anhang 3: Mit der Käserinde assoziierte Bakterien

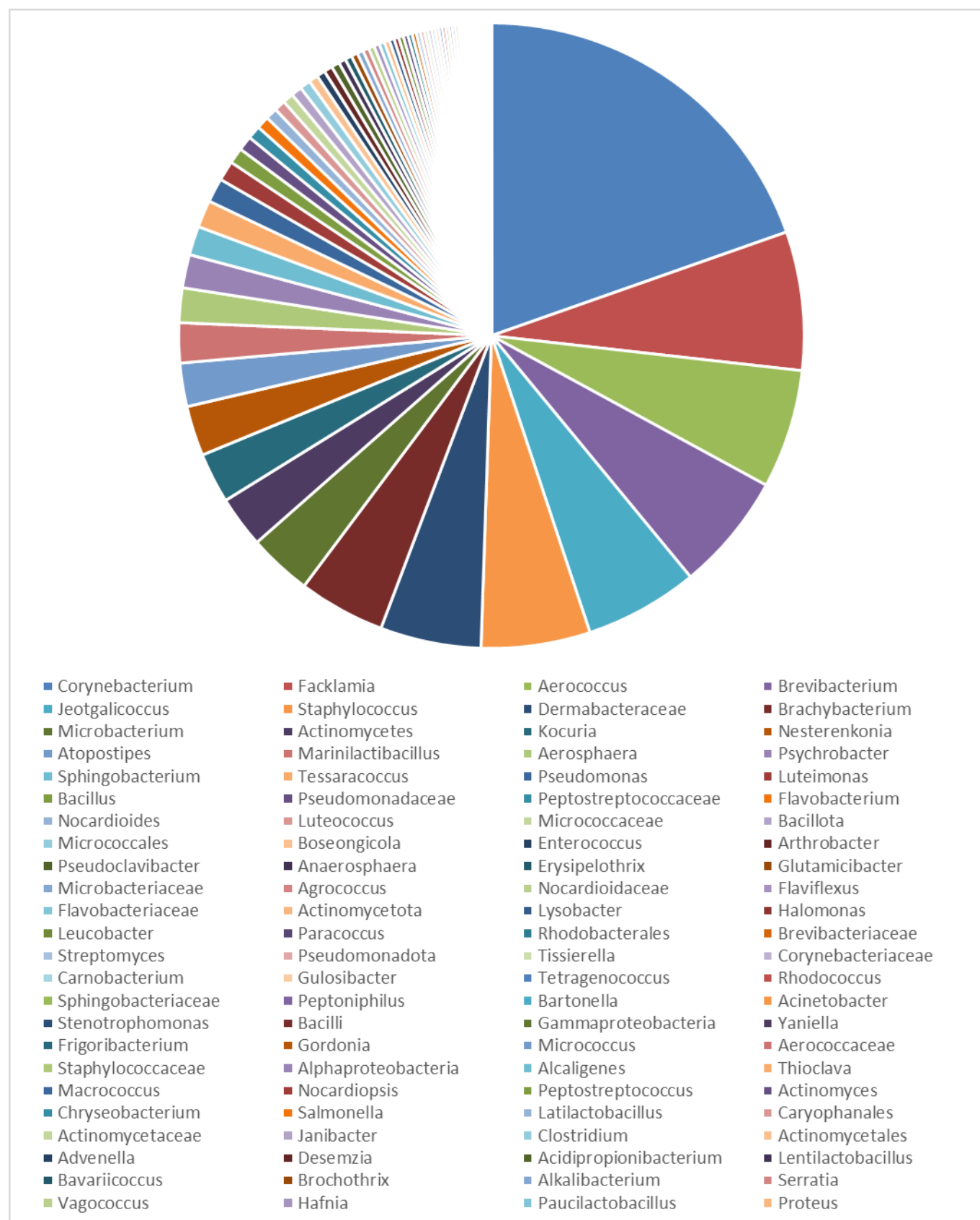


Abbildung 49: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von Bakterien (taxonomische Ebene: Gattung), die mit der Käserinde assoziiert sind und in den 280 Milchproben identifiziert wurden.