

Departement für klinische Veterinärmedizin, Nutztierklinik, Wiederkäuerklinik
der Vetsuisse-Fakultät Universität Bern

Leiterin der Wiederkäuerklinik : Prof. Dr. med.vet. FVH Mireille Meylan

Arbeit unter wissenschaftlicher Betreuung von
PD Dr. med. vet. Dipl. ECBHM Michèle Bodmer

**Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis
im Rahmen des Projektes «ReLait»**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktortitels der
Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern

vorgelegt von

Martin Sommer

Tierarzt
von Sumiswald, Bern

2025

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im
Rahmen des Projektes «ReLait» © 2025 by Martin Sommer is
licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Inhaltsverzeichnis

U^b

Zusammenfassung/Abstract in Englisch	<hr/> 3
Zusammenfassung/Abstract in Dissertationssprache	<hr/> 4
Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»	<hr/> 5
Eigenständigkeitserklärung	<hr/> 15

Zusammenfassung/Abstract in Englisch

Vetsuisse-Fakultät Universität Bern 2025

Martin Sommer

Nutztierklinik, Universität Bern, wiederkaeuerklinik.kontakt.vetsuisse@unibe.ch

Bacteria species and antibiotic resistance in bovine mastitis within the framework of the «ReLait» project

This sub-study describes the results of mastitis milk samples collected in the canton of Fribourg. In the «Re-Lait» project, a total of 2,441 milk samples were submitted from which 3,028 pathogens were isolated. Most milk samples were collected and analyzed for subclinical mastitis ($n=1,524$) or before the dry period ($n=463$). Only a few milk samples came from cows with clinical mastitis ($n=123$).

The most frequently diagnosed pathogens were non-aureus staphylococci (NAS) at 37,4 %. In addition, frequently diagnosed bacteria were aesculin-positive streptococci, coliform and coryneform bacteria, and mixed flora.

The resistance situation among NAS was particularly striking with 73,6 % NAS showing a penicillin resistance. This rate has increased compared to previous Swiss studies where penicillin-resistant isolates of 31 % and 54,2 % in 2013 and 2014 respectively were found. Increased antimicrobial resistance to aminopenicillins (90,3 %) and amoxicillin/clavulanic acid (20,8 %) was found among coliform bacteria. However, due to the geographically limited sampling area, this increased resistance development cannot be extrapolated to the whole of Switzerland. The results, however, show that the resistance situation of some bacteria is alarming regionally. To counteract this, the use of antibiotics for the treatment of subclinical or clinical mastitis should be reconsidered. Bacterial milk culture is always indicated to ensure specific bacterial treatment with or without antibiotics.

Antibiogram, bacteriology, dairy cow, penicillin, staphylococci

Bern 24.1.2025

Ort, Datum

Bern 25.07.2025

Ort, Datum



Unterschrift, Michèle Bodmer



Unterschrift, Brian Gerber

Zusammenfassung/Abstract in Dissertationssprache

Vetsuisse-Fakultät Universität Bern 2025

Martin Sommer

Nutztierklinik, Universität Bern, wiederkaeuerklinik.kontakt.vetsuisse@unibe.ch

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

In dieser Teilstudie werden die Resultate von Mastitis-Milchproben, gesammelt im Kanton Freiburg, beschrieben. Im Projekt «ReLait» wurden total 2441 Milchproben eingesendet, woraus 3028 Erreger isoliert wurden. Die meisten Milchproben ($n=1524$) wurden bei subklinischer Mastitis oder vor dem Trockenstellen ($n=463$) entnommen und analysiert. Nur wenige Milchproben stammen von Kühen mit einer klinischen Mastitis ($n=123$). Die am meisten diagnostizierten Erreger waren mit 37,4 % Nicht-Aureus Staphylokokken (NAS). Weiter kamen häufig Aesculin-positive Streptokokken, coliforme und coryneformen Bakterien und Mischflora vor.

Bei der Prüfung auf Resistenzen war vor allem die Resistenzlage bei den NAS auffallend. Sie zeigen mit 73,6 % sehr häufig Resistenzen gegenüber Penicillin. In bisherigen Schweizer Studien aus den Jahren 2013 und 2014 lag dieser Wert bei 31 % bis 54,2 %. Auch bei den coliformen Bakterien sind mehr Resistenzen gegen Aminopenicilline (90,3 %) und Amoxicillin/Clavulansäure (20,8 %) beschrieben als in bisherigen Untersuchungen.

Die Resultate zeigen, dass die Resistenzsituation einiger Bakterien regional alarmierend ist. Um dem entgegenzuwirken, sollte der Einsatz von Antibiotika zur Therapie der subklinischen oder klinischen Mastitis überdacht werden. Es sollte in jedem Fall eine Milchbakteriologie angefertigt werden, damit eine gezielte Therapie mit oder ohne Antibiotika stattfinden kann.

Antibiogramm, Bakteriologie, Milchkuh, Penicillin, Staphylokokken

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer¹, B. Gerber², M. Bodmer³

¹Wiederkäuerklinik, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Schweiz; ²Veterinary Public Health Institut, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Schweiz; ³Wiederkäuerklinik, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern, Schweiz

Zusammenfassung

In dieser Teilstudie werden die Resultate von Mastitis-Milchproben, gesammelt im Kanton Freiburg, beschrieben. Im Projekt «ReLait» wurden von 123 verschiedenen Betrieben total 2441 Milchproben eingesendet, woraus 3028 Erreger isoliert wurden. Bei 26 Milchproben wurden drei und bei 535 Milchproben zwei Erreger isoliert. Milchproben konnten bei subklinischer Mastitis, klinischer Mastitis oder vor dem Trockenstellen eingesendet werden. Die meisten Milchproben (n=1524) wurden bei subklinischer Mastitis oder vor dem Trockenstellen (n=463) entnommen und analysiert. Nur wenige Milchproben stammen von Kühen mit einer klinischen Mastitis (n=123).

Die am meisten diagnostizierten Erreger waren mit 37,4 % Nicht-Aureus Staphylokokken (NAS). Weiter kamen häufig Aesculin-positive Streptokokken, welche zu 67,3 % *Streptococcus uberis* waren, coliforme und coryneforme Bakterien und Mischflora vor. Diese Verteilung entspricht grösstenteils den Ergebnissen von anderen Studien, welche ebenfalls eine Dominanz von NAS, *Corynebacterium bovis* und *Streptococcus uberis* aufweisen. Im Vergleich zu Studien ausserhalb der Schweiz treten bei uns weniger *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) positive Proben auf.

Bei der Prüfung auf Resistenzen war vor allem die Resistenzlage bei den NAS auffallend. Sie zeigen mit 73,6 % sehr häufig Resistenzen gegenüber Penicillin. In bisherigen Schweizer Studien aus den Jahren 2013 und 2014 lag dieser Wert bei 31 % bis 54,2 % und hat sich somit noch einmal verschlechtert. Auch bei den coliformen Bakterien sind mehr Resistenzen gegen Aminopenicilline (90,3 %) und Amoxicillin/Clavulansäure (20,8 %) beschrieben als in bisherigen Untersuchungen. Diese vermehrte Resistenzentwicklung kann aufgrund der geografisch eingeschränkten Beprobung jedoch nicht auf die ganze Schweiz extrapoliert werden.

Die Resultate zeigen jedoch, dass die Resistenzsituation einiger Bakterien regional alarmierend ist. Um dem entgegenzuwirken, sollte der Einsatz von Antibiotika zur Therapie der subklinischen oder klinischen Mastitis überdacht

Bacteria species and antibiotic resistance in bovine mastitis within the framework of the «ReLait» project

[https://doi.org/
10.17236/sat00458](https://doi.org/10.17236/sat00458)

Eingereicht: 23.04.2025
Angenommen: 26.05.2025

This sub-study describes the results of mastitis milk samples collected in the canton of Fribourg. In the «ReLait» project, a total of 2,441 milk samples were submitted from 123 different farms, from which 3,028 pathogens were isolated. Three pathogens were isolated from 26 milk samples, and two from 535 milk samples. Milk samples could be submitted for subclinical mastitis, clinical mastitis, or before dry period. Most milk samples (n=1,524) were collected and analyzed for subclinical mastitis or before the dry period (n=463). Only a few milk samples came from cows with clinical mastitis (n=123).

The most frequently diagnosed pathogens were non-aureus staphylococci (NAS) at 37,4 %. In addition, frequently diagnosed bacteria were aesculin-positive streptococci, of which 67,3 % were *Streptococcus uberis*, coliform and coryneform bacteria, and mixed flora. This distribution largely corresponds to the results of other studies, which also show a predominance of NAS, *Corynebacterium bovis*, and *Staphylococcus uberis*. Fewer *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)-positive samples were found in our study compared to studies outside Switzerland.

The resistance situation among NAS was particularly striking with 73,6 % NAS showing a penicillin resistance. This rate has increased compared to previous Swiss studies where penicillin-resistant isolates of 31 % and 54,2 % in 2013 and 2014 respectively were found. Increased antimicrobial resistance to aminopenicillins (90,3 %) and amoxicillin/clavulanic acid (20,8 %) was found among coliform bacteria. However, due to the geographically limited sampling area, this increased resistance development cannot be extrapolated to the whole of Switzerland.

The results, however, show that the resistance situation of some bacteria is alarming regionally. To counteract this, the use of antibiotics for the treatment of subclinical or clinical mastitis should be reconsidered. Bacterial milk culture is

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber,
M. Bodmer

werden. Es sollte in jedem Fall eine Milchbakteriologie angefertigt werden, damit eine gezielte Therapie mit oder ohne Antibiotika stattfinden kann.

Schlüsselwörter: Antibiotogramm, Bakteriologie, Epidemiologie, Milchkuh, Penicillin, Staphylokokken

always indicated to ensure specific bacterial treatment with or without antibiotics.

Keywords: Antibiotogramm, bacteriology, epidemiology, dairy cow, penicillin, staphylococci

Einleitung

Die Euterentzündung aufgrund einer bakteriellen Infektion ist eine häufige Erkrankung von Milchkühen, die sowohl einen finanziellen Schaden verursacht wie auch das Tierwohl negativ beeinflusst. Finanzielle Einbussen entstehen zum Beispiel durch den grösseren Arbeitsaufwand, die verwendeten Medikamente, die entsorgte Milch aufgrund von Absetzfristen, die verschlechterte Fruchtbarkeit und durch die reduzierte Milchleistung nach überstandener Erkrankung.^{1,17,18} Das Tierwohl leidet insbesondere bei klinischen Mastitiden, wobei es zu einer in der klinischen Untersuchung erkennbaren Entzündung des Euters bis hin zu einer systemischen Erkrankung der Kuh kommt.²³ Eine subklinische Mastitis ist definiert als Erhöhung der somatischen Zellzahl einer Einzeltiermilchprobe ohne Störung des Allgemeinbefindens.¹² Um das Vorgehen bei einer klinischen oder subklinischen Mastitis festzulegen, ist die korrekte Diagnostik entscheidend. Eine bakteriologische Keimidentifikation und eine Resistenzprüfung von Bakterien mit bekanntem kritischem Resistenzmuster sollten durchgeführt werden. So kann, falls nötig, das richtige antibiotische Produkt und die Therapiedauer bestimmt werden. Zudem können Aussagen zur Prognose oder zu möglichen Massnahmen auf Einzeltier- oder Bestandsebene gemacht werden.^{3,42,45} Häufige Mastitiserreger sind Nicht-Aureus Staphylokokken (NAS) und Corynebakterien.^{9,44,49} Je nach Land und Untersuchungskontext werden auch *Streptococcus uberis*, *Bacillus* spp. oder *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) als häufigste Erreger gelistet.^{2,26,28} Auch in der Schweiz wurden in Studien vor allem NAS, Corynebakterien und in einer Studie auch *Streptococcus uberis* in der Milch nachgewiesen.^{24,38} Nicht zu vernachlässigen ist aber, dass in bis zu 40 % der Milchuntersuchungen mit klinischer oder subklinischer Mastitis in der Routineuntersuchung keine Bakterien nachgewiesen werden können.^{2,38,44} Zur Bekämpfung der intramammären Infektion werden häufig Antibiotika eingesetzt. Diese werden als Therapie während der Laktation oder beim Trockenstellen, aber auch als Prophylaxe beim Trockenstellen verwendet.^{25,27,32} Da neben den natürlichen auch erworbene Antibiotikaresistenzen der Mastitiserreger vorkommen, macht in vielen Fällen eine Resistenzprüfung Sinn. Sowohl in den umliegenden Ländern^{7,14,20,48} wie auch in der Schweiz sind verschiedene Resistenzen gegen einzelne, aber auch mehrere Antibiotika gleichzeitig beschrieben.^{11,22,29,30,35} Die Resistenzentwicklung wird allgemein bei übermässigem und unsachgemäßem Einsatz

von Antibiotika beschleunigt, weshalb in der Schweiz eine Strategie verfolgt wird, welche der Resistenzentwicklung entgegen wirkt.^{5,37} Die Menge der in der Schweiz verkauften Antibiotika ist dadurch von 2012 bis 2021 um 48 % zurückgegangen. Insbesondere oral verabreichte Antibiotika wurden weniger verkauft, aber auch die Menge Antibiotika für die intramammäre Mastitisbehandlung ist um 24 % zurückgegangen. Die Menge an Trockenstellprodukten ist dabei deutlicher zurückgegangen als die Menge an Produkten für laktierende Kühe.¹¹ Auch im Jahr 2022 ist ein Rückgang der Antibiotikamenge bei Nutztieren von 12,7 % im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet worden. Jedoch ist dieser Rückgang vor allem bei Mastkälbern und -rindern nachgewiesen. Bei den Milchkühen findet in den letzten Jahren eine Zunahme der verwendeten Wirkstoffmenge und der Anzahl Tierbehandlungen pro 1000 Tiere statt. Fast drei Viertel der eingesetzten Antibiotika werden dabei für Erkrankungen des Euters oder zum Trockenstellen verwendet.^{6,27} Im Vergleich der Verkaufszahlen aus dem Jahr 2018 mit 30 europäischen Ländern werden in der Schweiz am meisten antibiotische Produkte zur intramammären Applikation verwendet.¹⁰ Da in der Schweiz die Nutzungsdauer der Kühne etwas höher ist und die Remontierungskosten ebenfalls höher ausfallen als in benachbarten europäischen Ländern, kann dies eine Antibiotikabehandlung eher begünstigen. Dennoch gibt es hierzulande deutliches Verbesserungspotential beim Antibiotikaverbrauch insbesondere auch im Bereich Mastitis. Dies hat den Anstoß zur Durchführung des Ressourcenprojekts «ReLait – Antibiotikareduktion auf Freiburger Milchwirtschaftsbetrieben» gegeben. Das Ziel – Antibiotikareduktion – soll über verschiedene Massnahmen in den Bereichen Kälber-, Euter- und Gebärmuttergesundheit erreicht werden.^{19,36} Das Ziel der hier vorliegenden Teilstudie war, das Keimspektrum und die zugehörigen Resistenzen aus Mastitisproben im Kanton Freiburg zu beschreiben.

Material und Methode

Datenerhebung

Die Milchproben wurden im Rahmen des Projektes «ReLait» von den Betriebsleitern oder den Bestandestierärzten direkt zum untersuchenden Labor (labor-zentral.ch AG, Geuensee, Schweiz) eingesendet. Milchproben konnten nur von Betrieben aus dem Kanton Freiburg eingesendet werden, welche im Rahmen des Projektes bei einer der Strategien zur Verbesserung der Eutergesundheit teilnahmen. Die

Strategien umfassten folgende Bereiche: «Kontrolle subklinische Mastitis: Beprobung von Tieren mit einer somatischen Zellzahl von >150 000 Zellen/ml»; «Kontrolle klinische Mastitis: Beprobung von Kühen mit einer klinischen Mastitis»; «Systematisches selektives Trockenstellen: Beprobung von Kühen mit einer somatischen Zellzahl >150 000 Zellen/ml vor dem Trockenstellen». In der Projektphase Eins konnten Milchproben ab Mai 2018 bis Dezember 2019 kostenlos eingesendet werden und in Projektphase Zwei ab Januar 2020. Auf dem eigens kreierten Untersuchungsformular wurden folgende Daten erfasst: Tierarzt, Tierhalter, Entnahmedatum der Milchprobe, Projekt-Strategie-Nummer, Klinische Angaben zum beprobten Tier/Fall (Klinik, Verlauf, Vorbehandlung, Betriebssanierung). Die Resultate der Untersuchungen wurden vom Labor schriftlich mitgeteilt.

Mikrobiologische Untersuchung

Nach Zuteilung einer eindeutigen Labornummer wurden die 2441 eingesendeten Milchproben je auf Aesculin Blutagar (ESC, Thermo Fisher Diagnostics AG, Pratteln, Schweiz), chromID CPS Agar (CPSE, BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) und Brilliance Staph 24 (STAPH, Thermo Fisher Diagnostics AG, Pratteln, Schweiz) oder SA Select (Bio-Rad Laboratories AG, Cressier, Schweiz) ausgestrichen. Die Inkubation erfolgte bei 37°C für 18–24 Stunden aerob (CPSE und STAPH/SA Select) oder in CO₂-Atmosphäre (ESC). Die Identifikation der Erreger erfolgte anschliessend aufgrund der Kolonien-Morphologie, des Geruchs, der Farbe, der Gram-Färbung und biochemischer Eigenschaften (Katalase-, Oxidase- oder Indol Reaktion).

Alle bakteriologischen Resultate mit dem Ergebnis Streptokokken oder mit Verdacht auf *S. aureus* wurden einer weiteren Keimtypisierung mittels Matrix-Assistierter Laser-Desorption/Ionisierung und Flugzeitmassenspektrometer (MALDI-TOF MS) unterzogen. Auch einige coliforme, coryneforme und undifferenzierte Gram-negative Bakterien wurden der weiteren Keimtypisierung unterzogen. Dafür wurden die frisch gewachsenen Kolonien direkt von ihrem Nährmedium auf die Targetplatte übertragen, mit der VITEK MS-CHCA Matrix (BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) versehen und nach dem Auskristallisieren mit dem VITEK® MS (BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) analysiert.

Bei Proben mit bis zu drei verschiedenen Kolonien wurden die Resultate aller drei Bakterien ausgegeben, bei Proben mit mehr als drei verschiedenen Kolonien wurde der Befund «Mischflora» ausgegeben. Diese Proben galten als kontaminiert.³³

Antibiogramm

Antibiogramme wurden durch standardisierte Agardiffusionstests oder bei Reinkulturen mittels VITEK 2® Compact-Gerät gemäss CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) M31-A3 und EUCAST (European

Committee on antimicrobial susceptibility testing) Normen angefertigt.^{8,47}

Bei der Agardiffusionsmethode wurde eine reine Bakterienkultur, mit oder ohne Voranreicherung in TSB (Tryptic Soy Broth, Eigenproduktion labor-zentral AG), in eine physiologische Kochsalzlösung überführt. Dabei wurde mittels Trübung die Bakterienmenge standardisiert. Die Suspension wurde anschliessend auf eine Müller Hinton Platte (Thermo Fisher Diagnostics AG, Pratteln, Schweiz) mit (für Streptokokken) oder ohne Schafblut (übrige Erreger) aufgetragen. Nach dem Aufbringen der Antibiotika Testplättchen (Thermo Fisher Diagnostics AG, Pratteln, Schweiz) wurden die Agarplatten bei 37°C für 16–18 Stunden bebrütet.

Bei der automatisierten Methode wurde eine gleiche standardisierte Suspension erstellt. Diese wurde zusammen mit einer der Testkarten für die Empfindlichkeitsprüfung von Antibiotika (Antibiotic Susceptibility Testing-Card, VITEK® 2 AST-Card) in das VITEK 2® Compact-Gerät (BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) gegeben. Eingesetzt wurden für gram-positive Keime die VITEK 2 AST-GP79 (BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) und für gram-negATIVE Keime die VITEK 2 AST-GP96 (BioMérieux SA, Petit Lancy, Schweiz) Karten. Die Inkubation und das Auslesen erfolgten anschliessend automatisiert.

Die Auswahl der zu testenden Antibiotika wurde anhand der zur Therapie zugelassenen intramammären Präparate im Jahr 2018 oder je nach Vorbehandlung/Anamnese vorgenommen. Antibiogramme wurden standardmäßig bei folgenden Bakterienbefunden durchgeführt: *S. aureus*, NAS, *Enterococcus* spp., Coliforme Bakterien und einzelne andere Befunde.

Deskriptive Statistik

Die Daten wurden mit Excel (Microsoft, Office Professional Plus 2016) aufbereitet und anschliessend wurde die deskriptive Statistik sowie die Grafiken mit R Studio (<https://www.rstudio.com>, 2022.07.2+576, Boston, MA, USA) angefertigt.

Resultate

In den knapp drei Probejahren haben insgesamt 123 verschiedene Betriebe total 2441 Milchproben eingesendet. Der Median der Anzahl eingesender Proben pro Betrieb liegt jedoch nur bei 11 Milchproben, wobei 249 (10,2%) die höchste Anzahl Milchproben pro Betrieb ist und vier Betriebe nur eine einzelne Milchprobe eingesendet haben. Rund 39% (n=951) der Milchproben stammen von den zehn Betrieben, welche während der ganzen Projektperiode die meisten Milchproben eingesendet haben.

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber, M. Bodmer

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber,
M. Bodmer

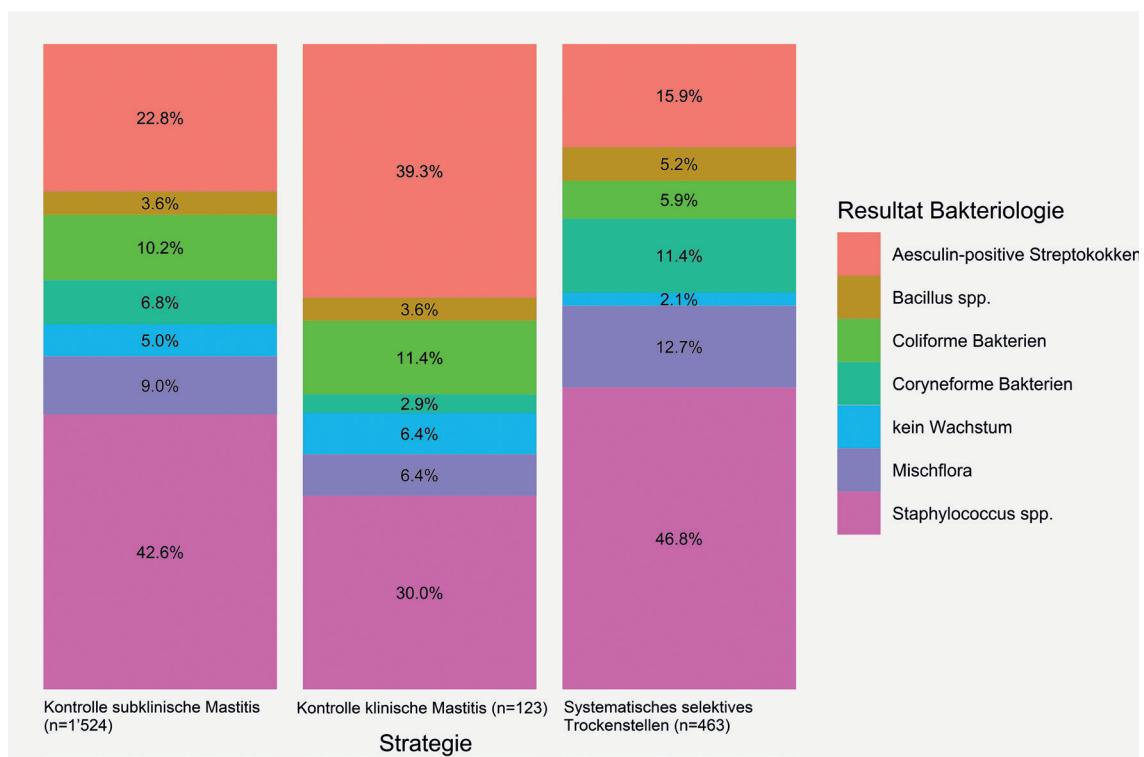


Abbildung 1: Pro Strategie vorkommende bakteriologische Milchprobenresultate. Es sind nur Resultate mit mindestens 100 Nachweisen aufgeführt.

Tabelle 1: Bakteriologische Milchproberesultate im Rahmen des Projektes «ReLait» im Kanton Freiburg.

Bakteriologisches Resultat	Anzahl	%
Nicht-Aureus Staphylokokken	1133	37,4 %
Aesculin-positive Streptokokken	636	21,0 %
Mischflora	298	9,8 %
Coliforme Bakterien	288	9,5 %
Coryneforme Bakterien	222	7,3 %
kein Wachstum	127	4,2 %
Bacillus spp.	115	3,8 %
Staphylococcus aureus	84	2,8 %
Aesculin-negative Streptokokken	60	2,0 %
Gram –	33	1,1 %
Gram +	7	0,2 %
Hefen	7	0,2 %
Pseudomonas spp.	6	0,2 %
Acinetobacter spp.	2	0,1 %
Hemmstoff positiv	2	0,1 %
Schimmelpilz	2	0,1 %
Trueperella spp.	2	0,1 %
Aeromonas spp.	1	0,0 %
Candida tropicalis	1	0,0 %
Lactobacillus spp.	1	0,0 %
Pasteurella spp.	1	0,0 %

Von den 69 Betrieben, welche von Beginn des Projektes (Phase 1) dabei waren, haben 32 Betriebe auch im Jahr 2020 weiterhin Milchproben eingesendet. In der Phase Eins wurden 1831 Milchproben und in der Projektphase Zwei noch 581 Milchproben eingesendet. Durchschnittlich waren es noch 13,7 Milchproben pro Betrieb. Im Vorjahr lag dieser Wert bei den gleichen Tierhaltern noch bei 22 Milchproben pro Betrieb.

Aus den 2441 eingesendeten Milchproben wurden 3'028 Erreger isoliert (Tabelle 1), weil bei 26 Milchproben drei und bei 535 Milchproben zwei Erreger isoliert wurden. Am häufigsten kamen NAS mit 37,4 % vor. An zweiter Stelle lag die Kategorie der Aesculin-positiven Streptokokken mit 21 %. Bereits an dritter Stelle mit 9,8 % stand die Mischflora. An sechster Stelle mit einem Anteil von 4,2 % wurde das Resultat «kein Wachstum» ausgegeben. Alle weiteren Milchproberesultate sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Milchproben wurden vor allem im Zusammenhang mit den Strategien «Kontrolle subklinische Mastitis» (n=1524) oder «Systematisches selektives Trockenstellen» (n=463) eingesendet. Der geringste Anteil an Milchproben wurde im Zusammenhang mit der Strategie «Kontrolle klinische Mastitis» (n=123) zur Untersuchung eingesendet. Die Verteilung der bakteriologischen Resultate (Abbildung 1) bei den Strategien «Kontrolle subklinische Mastitis» und «Systematisches selektives Trockenstellen» ist sehr ähnlich. In der Strategie «Kontrolle klinische Mastitis» ist der Anteil der Aesculin-positiven Streptokokken sichtlich höher und der Anteil der NAS kleiner.

Keimtypisierung mit MALDI TOF

Der genaueren Keimtypisierung wurden 31,7 % (n=961) der Milchproberesultate unterzogen. Von 86 % (n=547) der Aesculin-positiven Streptokokken wurde eine Keimtypisierung gemacht. Dabei sind 67,3 % als *Streptococcus uberis* (n=368), 12,1 % als *Enterococcus saccharolyticus* (n=66), 5,5 % als *Lactococcus garvieae* (n=30) und die restlichen 15,1 % (n=83) als unterschiedliche Streptokokken, Enterokokken, Laktokokken, Aerokokken oder Kocuria typisiert. Eine der Aesculin-positiven Bakterienkolonien ist als *Streptococcus dysgalactiae* typisiert. Von den Aesculin-negativen Streptokokken wurden 12 von 13 Kolonien als *Streptococcus dysgalactiae* und eine Kolonie als *Arthrobacter gandavensis* identifiziert.

Antibiogramme

Antibiogramme (n=716) wurden systematisch von NAS (n=526), Coliformen Bakterien (n=72), *S. aureus* (n=62) und *Enterococcus* spp. (n=44) durchgeführt. Bei weiteren Gram-negativen Bakterien (*Pantoea agglomerans*, *Pasteurella multocida*, *Proteus mirabilis*; n=6), *Aerococcus viridans* (n=4) und *Streptococcus uberis* (n=2) wurden jeweils Antibiogramme auf Nachfrage durchgeführt.

Wenn die Resistenzsituation bei den einzelnen Bakterien über den gesamten Beprobungszeitraum (Tabelle 2) ange schaut wird, ergeben sich folgende Auffälligkeiten:

NAS (n=526) sind zu 73,6 % resistent gegen Penicillin, 7,8 % resistent gegen Spiramycin und je 2,1 % resistent gegen Amoxicillin/Clavulansäure, Cefalexin/Kanamycin und

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber, M. Bodmer

Tabelle 2: Antibiogramm Resultate der einzelnen Bakterienkategorien der analysierten Milchproben des «ReLait» Projektes im Kanton Freiburg.

Keime	NAS (n=526)		<i>S. aureus</i> (n=62)		Coliforme Bakterien (n=72)		<i>Enterococcus</i> spp. (n=44)	
Antibiotika	Sensibel %	Resistent %	Sensibel %	Resistent %	Sensibel %	Resistent %	Sensibel %	Resistent %
Amoxicillin/Clavulansäure	97,1	2,1	98,4	1,6	79,2	20,8	97,7	0
Ampizillin, Amoxicillin	k.A.		k.A.		9,7	90,3	95,5	2,3
Cefalexin/Kanamycin	97,9	2,1	98,4	1,6	k.A.		45,5	50
Cefalosporin III (Cefoperazon, Ceftiofur)	100 ¹⁾	0	100 ²⁾	0	97,2 ³⁾	2,8 ⁴⁾	0	100 ⁵⁾
Cefalosporin IV (Cefquinom)	100 ⁶⁾	0	100 ⁷⁾	0	100 ⁸⁾	0	0	100 ⁹⁾
Enrofloxacin, Dano-, Di-, Ibafoxacin	k.A.		k.A.		98,6	1,4	70,5	20,5
Gentamicin	98,7	1	98,4	1,6	97,2	1,4	k.A.	
Lincomyzin	k.A.		k.A.		k.A.		20,9	65,1
Neomycin	100	0	100	0	93,1	5,6	k.A.	
Oxacillin, Cloxacillin	97,9	2,1	98,4	1,6	k.A.		k.A.	
Penicillin	26,4	73,6	85,5	14,5	k.A.		77,3	22,7
Spiramycin	92,2	7,8	100	0	k.A.		k.A.	
Sulfonamid/Trimethoprim	k.A.		k.A.		97,2	2,8	k.A.	

¹⁾n=6 ;²⁾n=1; ³⁾n=70; ⁴⁾n=2; ⁵⁾n=9; ⁶⁾n=1; ⁷⁾n=1; ⁸⁾n=3; ⁹⁾n=3; fehlende Prozentpunkte wurden als «Intermediär» eingestuft

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber,
M. Bodmer

Oxacillin/Cloxacillin. Elf Kolonien zeigen Resistenzen gegen die Beta-Laktam-Antibiotika, wobei jedoch kein Nachweis eines allfälligen *mecA* Genes durchgeführt wurde.

Im Jahr 2019 (n=269) lag der Anteil der Penicillin-Resistenz der NAS bei 82,9% und im Folgejahr 2020 (n=215) bei 61,4%. Der Anteil Spiramycin-Resistenz der NAS war 2019 bei 3% und im Jahr 2020 bei 13,5%. Auch ist die Resistenz gegen Oxacillin/Cloxacillin und Amoxicillin/Clavulansäure von 0,7% auf 4,2%, sowie die Resistenz gegen Cefalexin/Kanamycin von 1,1% auf 3,7% angestiegen.

Bei *S. aureus* (n=62) sind 14,5% resistent gegen Penicilline und jeweils eine Kolonie (1,6%) resistent gegen Amoxicillin/Clavulansäure, Cefalexin/Kanamycin, Gentamicin und Oxacillin/Cloxacillin. Auch bei dieser Kolonie ist kein *mecA*-Gen Nachweis vorhanden.

Bei den Coliformen Bakterien (n=72) sind 90,3% resistent auf Ampicillin/Amoxicillin und 20,8% sind resistent gegen Amoxicillin/Clavulansäure. Auch einige resistente Kolonien gegen Cephalosporine dritter Generation, Fluorchinolone, Sulfonamid/Trimethoprim und Aminoglycoside sind vorhanden.

Bei *Enterococcus* spp. (n=44) sind 100% der überprüften Kolonien resistent gegen Cephalosporin dritter (n=9) und vierter (n=3) Generation. Gegen die Kombination Cefalexin/Kanamycin sind 50% resistent und gegen Fluorchinolone sind 20,5% resistent. Eine Resistenz gegenüber Lincomycin lag in 65,1% der Kolonien vor und eine Penicillinresistenz in 22,7% der Kolonien.

Diskussion

Die Kostenübernahme von bakteriologischen Milchuntersuchungen durch das Ressourcenprojekt hat Betriebsleiter motiviert, vermehrt Milchproben vor dem Trockenstellen und bei subklinischen Mastitiden einzusenden. Auch sollten die Betriebsleiter auf eine Milchprobenentnahme vor der Behandlung bei einer klinischen Mastitis sensibilisiert werden. In einer Studie aus dem Jahr 2013 konnte gezeigt werden, dass 33% der befragten Betriebe bei einer klinischen Mastitis und 22% bei einer subklinischen Mastitis eine Milchprobe für die Untersuchung entnahmen. Vor dem Trockenstellen nahmen gar nur 4% der Landwirte immer und 29% der Landwirte teilweise eine Milchprobe.²⁴ Weil in unserer Studie die meisten Milchproben in den Strategien «Kontrolle subklinische Mastitis» (72%) und «Systematisches selektives Trockenstellen» (22%) eingesandt wurden, lassen sich die beiden Problemfelder auch als besonders wichtig für die Region Freiburg identifizieren. Das kommt vermutlich durch die hohen Anforderungen an die Milchqualität in diesem Kanton zustande. Im Kanton Freiburg wurden im Jahr 2013 geschätzt 73% der Milch mit silofreier Fütterung produziert und für die Rohmilchkäseherstellung verwendet.^{16,39}

Da 46,4% der Betriebe aus der Projektphase Eins auch im Jahr 2020 Milchproben auf eigene Kosten eingesendet haben, zeigt, dass die Landwirte darin einen Mehrwert sahen. Eine Limitation der Datensammlung war jedoch der geringe Rücklauf von Anamnesedaten. Die Projektstrategie und -phase wurde beim Grossteil der Proben angegeben, Informationen zum Verlauf, zur Klinik oder zu Schalmtestresultaten aber nur in 34,7%, 22,6% und 17,3% erfasst. Auch stammen die Proben zwar insgesamt von 123 Betrieben, allerdings sandten 10 Betriebe mehr als ein Drittel der Proben ein. Dies bedeutet, dass diese Betriebe mit ihrem Keim- und Resistenzspektrum in der Studie überproportional vertreten waren und die Resultate weder regional noch national extrapoliert werden dürfen.

Die Verteilung der bakteriologischen Resultate entspricht grösstenteils der Verteilung in anderen Studien. Der Anteil an Milchproben, in welchen keine Bakterienkultur gewachsen ist, ist im Vergleich zu anderen Studien,^{26,38,44,49} in denen er 10 bis 40% betrug, eher klein mit 4,2%. Dies kann teilweise damit erklärt werden, dass verhältnismässig wenige Proben von akuten klinischen Mastitiden stammen, bei welchen zum Teil keine Erreger mehr über die Milch ausgeschieden werden. Es ist auch nicht in allen Fällen bekannt, wie die Milchproben entnommen und ins Labor transportiert wurden. Bei verlängertem ungekühltem Transport kann es bereits bei geringgradiger Kontamination zu falsch positiven Resultaten kommen. Die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese wird durch das vermehrte Vorkommen von kontaminierten Milchproben bekräftigt. Durch das häufigere Vorkommen von kontaminierten Milchproben Mitte 2018 und Anfangs 2020 lässt sich erkennen, dass die Probennehmenden bei den ersten Milchproben weniger Übung im Handling hatten. Die hohen Anteile an «Minor Pathogen» Keimen (NAS, *Corynebacterium* spp.; 37,4%, 7,3%) und Streptokokken wurden so auch schon in der Schweizer Studie von Rediger et al. aus dem Jahr 2022 beschrieben.³⁸ In dieser Studie haben sog. «Minor Pathogens» 23,6% der Kulturresultate ausgemacht. Noch häufiger wurden in dieser Studie *Streptococcus uberis* (27,3%), *Streptococcus* spp. (34,2%) und *Enterococcus* spp. (4,3%) nachgewiesen, welche in unserem Datensatz als Aesculin-positive und Aesculin-negative Streptokokken jeweils 21%, respektive 2% ausgemacht haben. In dieser Studie war der Anteil Milchproben von klinischer Mastitis jedoch höher als bei uns. Bei einer Studie von Kretzschmar et al. in der Schweiz, welche Viertelgemelksproben bei Kühen mit somatischer Zellzahl von mehr als 150 000 Zellen/ml untersuchte, zeigte sich ein ähnliches Bild wie in unserer Studie.²⁴ Auf Kuhniveau waren Prävalenzen für NAS, *Corynebacterium bovis* und *Streptococcus uberis* bei 25,6%, 26,3% und 12,2% vorhanden.²⁴ Bei Rüegsegger et al. waren bei eingesendeten Milchproben von Kühen mit subklinischer oder klinischer Mastitis *Streptococcus uberis* (31%) und NAS (28%) am häufigsten vertreten.⁴³ In anderen Studien in Europa und Nordamerika kommen vor allem NAS, *Cory-*

nebacterium bovis, *Streptococcus uberis* und *S. aureus* vor.^{2,9,49} Im Vergleich zu diesen Studien ist *S. aureus* in unserer Studie weniger häufig vertreten.

Die angefertigten Antibiogramme zeigen vor allem eine verminderte Wirksamkeit von Penicillin gegenüber den NAS. Im Jahr 2003 zeigten 31 % der NAS-Stämme eine Resistenz gegen Penicillin, über die Jahre stieg dieser Prozentsatz auf bis zu 54,2 % resistenter Stämme an.^{24,30,43} Die Entwicklung hin zu 73,6 % Penicillin-resistenter NAS in unserer Studie stellt numerisch nochmal einen Sprung in der Resistenzentwicklung dar, wobei keine vergleichende Statistik durchgeführt wurde und das Phänomen durch die stark begrenzte Studienregion nicht auf die ganze Schweiz extrapoliert werden kann. Im Gegensatz zu anderen Studien wurden hingegen weniger Resistzenzen gegen Oxacillin und Cloxacillin beschrieben, was in Hinblick auf eine damit verbundene Methicillin-Resistenz positiv gewertet werden kann, auch wenn eine statistische Absicherung fehlt.^{13,41,43} Im Vergleich zur vorliegenden Situation wird in anderen Ländern Europas von geringeren Prozentsätzen Penicillin-resistenter NAS ausgegangen. Diese bewegen sich je nach Studie zwischen 4 % und 40 %.^{14,34}

Bei *S. aureus* hat sich die Resistenzsituation nicht dramatisch verändert und befand sich in den letzten Jahren zwischen 7 bis 21 % mit einem Ausreisser nach oben (35,1 %) in der Studie von Rüegsegger et al.^{11,22,43} In der Schweiz ist die Resistenzsituation also als stabil anzusehen, was aber die Therapie aufgrund der schlechten Heilungsrate von chronischen *S. aureus* Infektionen nicht vereinfacht.¹⁵

Coliforme Bakterien zeigen insbesondere Resistzenzen gegen Aminopenicilline (90,3 %) und gegen Amoxicillin/Clavulansäure (20,8 %). In unserer Studie sind die Resistzenzen mit Ausnahme von Gentamicin noch höher als in der Studie von Rüegsegger et al. aus dem Jahr 2014. In anderen Schweizer Studien sind wenige Resistzenzen gegen diese Antibiotika aufgeführt.^{11,29,43} In Europa wurden tiefere Resistenzraten bei Amoxicillin/Clavulansäure wie auch bei Ampicillin allein beschrieben.^{14,20} Gemäss unserer Studienresultate hat sich die Resistenzsituation bei den coliformen Bakterien gegenüber Amoxicillin/Clavulansäure verschärft, wobei auch hier der enge geographische Rahmen der Studienpopulation sicherlich eine wichtige Rolle spielt und die Resultate nicht auf die gesamte Schweiz extrapoliert werden sollten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Resistenzsituation der untersuchten Keime nur bei den NAS verschlechtert hat. Damit auch weiterhin wirksame Antibiotika vorhanden bleiben, muss das Ziel der Antibiotikareduktion weiterhin verfolgt werden. Wenn Antibiotika eingesetzt werden, soll dies lege artis erfolgen. So ist eine Therapie von NAS während der Laktation nicht angezeigt, wenn es sich um eine subklinische Mastitis handelt. Diese Mastitiden haben eine hohe Selbstheilungstendenz und führen an sich nicht zu einer

reduzierten Milchproduktion.^{17,42} Sie können also gut erst beim Trockenstellen mit Antibiotika therapiert werden. Bei klinischen Mastitiden zeigten Studien, dass eine sofortige Behandlung nicht nötig ist, solange keine Allgemeinsymptome der Kuh vorhanden sind. So kann das Ergebnis der Milchprobe abgewartet und anschliessend ein wirksames Antibiotikum eingesetzt werden. Ein Antibiotikaeinsatz ist aufgrund der hohen Selbstheilungstendenz laut Studien bei *Escherichia coli*-Mastitiden ohne Anzeichen von Toxämie oder Sepsis oder ohne Wachstum nicht nötig. In jedem Fall ist jedoch eine unterstützende Therapie mit Nicht-Steroidalen Entzündungshemmern (NSAID) zu empfehlen und die Milchprobenentnahme vor dem Behandlungsstart sollte in jedem Fall Standard sein.^{21,23,46}

Aufgrund der Studienresultate können wir zusammenfassend folgende Empfehlungen für die Behandlung geben:

NAS sollten nach Möglichkeit nicht während der Laktation therapiert werden, um den Selektionsdruck für resistente Stämme zu senken. Eine antibiotische Therapie zum Trockenstellen mit einem geeigneten Präparat (Kombinationspräparat Penicillin- Amoniglycosid, Cloxacillin) erachten wir als sinnvoll.

Bei Mastitiden aufgrund von *Enterococcus* spp. sollte Amoxicillin oder reine Penicillin-Präparate eingesetzt werden. Bei coliformen Mastitiden mit schwergradigen Verläufen und starken Symptomen am Euter sind Flüssigkeitstherapie und NSAID als prioritär zu betrachten. Eine systemische antibiotische Behandlung sollte bei Verdacht auf Bakterämie oder Sepsis eingeleitet werden und kann mit Trimethoprim-Sulfonamid erfolgen.

Im Kanton Freiburg, in welchem Rohmilch und somit eine gute Milchqualität einen hohen Stellenwert hat, ist die Resistenzsituation der NAS alarmierend. Die Milchprobenanalyse bei subklinischen oder klinischen Mastitiden oder vor dem Trockenstellen ergibt wertvolle Informationen und hilft bei der Entscheidung, ob und welche Antibiotika eingesetzt werden sollten.

Danksagung

Die Daten dieser Studie wurden durch das Ressourcenprojekt «ReLait – Antibiotikareduktion auf Freiburger Milchwirtschaftsbetrieben» bereitgestellt, welches die Studie auch finanziert hat. Ein Dank geht an Jean-Charles Philipona (Projektverantwortlicher), den durchführenden Kanton Freiburg, die mitmachenden Betriebe und die gesamte Tierärzteschaft im Kanton Freiburg.

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber, M. Bodmer

Keimspektrum und
Antibiotikaresistenzen bei
boviner Mastitis im
Rahmen des Projektes
«ReLait»

M. Sommer, B. Gerber,
M. Bodmer

Espèces bactériennes et résistances aux antibiotiques lors de mammites bovines dans le cadre du projet «ReLait»

Cette étude partielle décrit les résultats obtenus sur des échantillons de lait prélevés dans le canton de Fribourg. Dans le cadre du projet «ReLait», 2441 échantillons de lait provenant de 123 exploitations différentes ont été soumis, à partir desquels 3028 agents pathogènes ont été isolés. Trois agents pathogènes ont été isolés à partir de 26 échantillons de lait et deux à partir de 535 échantillons. Les échantillons de lait pouvaient être prélevés dans le cadre d'une mammite subclinique, d'une mammite clinique ou avant la période de tarissement. La plupart des échantillons ($n=1524$) ont été prélevés et analysés dans le cadre d'une mammite subclinique ou avant la période de tarissement ($n=463$). Seuls quelques échantillons de lait provenaient de vaches atteintes de mammite clinique ($n=123$).

L'agent pathogène le plus fréquemment diagnostiqué était des staphylocoques non auréus (NAS) avec 37,4 %. Les autres bactéries fréquemment diagnostiquées étaient des streptocoques aesculine-positifs, dont 67,3 % étaient des *Streptococcus uberis*, des bactéries coliformes et corynéformes et une flore mixte. Cette répartition correspond largement aux résultats d'autres études, qui montrent également une prédominance des NAS, de *Corynebacterium bovis* et de *Staphylococcus uberis*. Notre étude a révélé moins d'échantillons positifs pour *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) que les études menées hors de Suisse.

La situation en matière de résistance chez les NAS était particulièrement frappante, 73,6 % des NAS présentant une résistance à la pénicilline. Ce taux a augmenté par rapport aux études suisses précédentes, où il était de 31 % et 54,2 % en 2013 et 2014 respectivement. Une résistance accrue aux aminopénicillines (90,3 %) et à l'amoxicilline/acide clavulanique (20,8 %) a été observée chez les bactéries coliformes. Cependant, en raison de la zone d'échantillonnage géographiquement limitée, cette augmentation de résistance ne peut être extrapolée à l'ensemble de la Suisse.

Les résultats montrent toutefois que la situation en matière de résistance de certaines bactéries est alarmante à l'échelle régionale. Pour y remédier, il convient de reconsidérer l'utilisation d'antibiotiques pour le traitement des mammites subcliniques ou cliniques. Une culture bactérienne du lait est toujours indiquée pour garantir un traitement antimicrobien spécifique, avec ou sans antibiotiques.

Mots clés: Antibiogramme, bactériologie, épidémiologie, vache laitière, pénicilline, staphylocoques

Spettro die germi e resistenze agli antibiotici per le mastiti bovine nell'ambito del progetto «ReLait»

In questo studio parziale vengono descritti i risultati dei campioni di latte da mastite raccolti nel Canton Friburgo. Nell'ambito del progetto «ReLait» sono stati inviati un totale di 2441 campioni di latte provenienti da 123 aziende diverse, dai quali sono stati isolati 3028 agenti patogeni. In 26 campioni di latte sono stati isolati tre agenti patogeni, mentre in 535 campioni ne sono stati trovati due. I campioni di latte potevano essere inviati in caso di mastite subclinica, mastite clinica o prima della messa in asciutta. La maggior parte dei campioni di latte ($n=1524$) è stata prelevata in caso di mastite subclinica o prima della messa in asciutta ($n=463$). Solo pochi campioni di latte provengono da vacche con mastite clinica ($n=123$).

Gli agenti patogeni diagnosticati con maggiore frequenza risultavano essere gli stafilococchi non-aureus (NAS) con il 37,4 %. Inoltre, sono stati frequentemente riscontrati streptococchi positivi all'aesculina (di cui il 67,3 % *Streptococcus uberis*), batteri coliformi, batteri corinebatterici e flora mista. Questa distribuzione corrisponde in gran parte ai risultati di altri studi che evidenziano anch'essi una dominanza di NAS, *Corynebacterium bovis* e *Streptococcus uberis*. Rispetto agli studi effettuati al di fuori della Svizzera, da noi si riscontra una minore incidenza di campioni positivi allo *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*).

Per quanto riguarda la resistenza agli antibiotici, è stata particolarmente evidente la situazione dei NAS: essi mostrano molto frequentemente (73,6 %) resistenza alla penicillina. In precedenti studi svizzeri degli anni 2013 e 2014, questo valore variava tra il 31 % e il 54,2 %, mostrando quindi un peggioramento. Anche nei batteri coliformi è stata rilevata una maggiore resistenza agli aminopenicilline (90,3 %) e all'amoxicillina/acido clavulanico (20,8 %) rispetto a studi precedenti. Tuttavia, questo aumento delle resistenze non può essere esteso a tutta la Svizzera, poiché i campionamenti sono stati effettuati in un'area geografica limitata.

I risultati mostrano comunque che la situazione delle resistenze di alcuni batteri è allarmante a livello regionale. Per contrastare questo fenomeno, è necessario riconsiderare l'uso degli antibiotici nel trattamento della mastite subclinica o clinica. In ogni caso, dovrebbe essere eseguita una batteriologia del latte, al fine di permettere una terapia mirata, con o senza antibiotici.

Parole chiave: antibiogramma, batteriologia, epidemiologia, vacca da latte, penicillina, stafilococchi

Literaturnachweis

- ¹ Aghamohammadi, M., Haine, D., Kelton, D.F., Barkema, H.W., Hogeweegen, H., Keefe, G.P., Dufour, S. Herd-level mastitis-associated costs on Canadian dairy farms. *Front. Vet. Sci.* 2018; 5. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00100>
- ² Bradley, A. J., Leach, K. A., Breen, J. E., Green, L. E. & Green, M. J. Survey of the incidence and aetiology of mastitis on dairy farms in England and Wales. *Vet. Rec.* 2007; 160: 253–258. <https://doi.org/10.1136/vr.160.8.253>
- ³ Britten, A. M. The role of diagnostic microbiology in mastitis control programs. *Vet. Clin. North Am. – Food Anim. Pract.* 2012; 28: 187–202. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.006>
- ⁴ Bucher, B. & Bleul, U. Die Auswirkung des selektiven Trockenstellens auf die Eutergesundheit in Schweizer Milchviehbetrieben. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2019; 161: 533–544. <https://doi.org/10.17236/sat00219>
- ⁵ Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bundesamt für Veterinärwesen (BVET), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) & Bundesamt für Umwelt (BAFU). Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz (StAR). <https://www.star.admin.ch/star/de/home/strategiestar/landingstar.html> (2015). Accessed 24.02.2024
- ⁶ Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV). Jahresbericht IS ABV 2022. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/tiere/publikationen/statistiken-berichte-tiere.html> (2023). Accessed 15.02.2024
- ⁷ Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Resistenzsituation bei klinisch wichtigen tierpathogenen Bakterien 2021. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/07_Resistenzmonitoringstudie/Bericht_ResistanceMonitoring_2021.html (2023). Accessed 18.02.2024
- ⁸ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals; Approved Standard—Third Edition. (CLSI document M31-A3, 2008).
- ⁹ Dufour, S., Labrie, J. & Jacques, M. The Mastitis Pathogens Culture Collection. *Microbiol. Resour. Announc.* 2019; 8. <https://doi.org/10.1128/mra.00133-19>
- ¹⁰ European Medicines Agency. Sales of Veterinary Antimicrobial Agents in 31 European Countries in 2018. (2020) doi:EMA/24309/2020.
- ¹¹ Federal Office of Public Health and Federal Food Safety and Veterinary Office. Swiss Antibiotic Resistance Report 2022. Usage of Antibiotics and Occurrence of Antibiotic Resistance in Switzerland. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/tiere/publikationen/statistiken-berichte-tiere.html> (2022). Accessed 15.02.2024
- ¹² Fox, L. K. Prevalence, incidence and risk factors of heifer mastitis. *Vet. Microbiol.* 2009; 134: 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.09.005>
- ¹³ Frey, Y., Rodriguez, J. P., Thomann, A., Schwendener, S. & Perreten, V. Genetic characterization of antimicrobial resistance in coagulase-negative staphylococci from bovine mastitis milk. *J. Dairy Sci.* 2013; 96: 2247–2257. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6091>
- ¹⁴ El Garch, F., Youala, M., Simjee, S., Moyaert, H., Klee, R., Truszkowska, B., Rose, M., Hocquet, D., Valot, B., Morrissey, I., de Jong, A. Antimicrobial susceptibility of nine udder pathogens recovered from bovine clinical mastitis milk in Europe 2015–2016: VetPath results. *Vet. Microbiol.* 2020; 245: 108644. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108644>
- ¹⁵ Gruber, H. U. & Bodmer, M. *Staphylococcus aureus* und seine Genotypen als mastitiserreger der Milchkuh – eine Übersicht. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2019; 161: 611–617. <https://doi.org/10.17236/sat00223>
- ¹⁶ Haldimann, A., Jordi, J. & Bodmer, M. ReLait – Antibiotikareduktion Auf Freiburger Milchwirtschaftsbetrieben. (2017).
- ¹⁷ Hertl, J. A., Schukken, Y. H., Welcome, F. L., Tauer, L. W. & Gröhn, Y. T. Pathogen-specific effects on milk yield in repeated clinical mastitis episodes in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2014; 97: 1465–1480. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7266>
- ¹⁸ Hertl, J. A., Schukken, Y. H., Welcome, F. L., Tauer, L. W. & Gröhn, Y. T. Effects of pathogen-specific clinical mastitis on probability of conception in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2014; 97: 6942–6954. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73472-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73472-4)
- ¹⁹ Institut agricole d l'Etat de Fribourg Grangeneuve. Projekt ReLait – Antibiotikareduktion Strategienkatalog. Strategienkatalog Januar 2019 (2019).
- ²⁰ de Jong, A., El Garch, F., Simjee, S., Moyaert, H., Rose, M., Youala, M., Siegwart, E. Monitoring of antimicrobial susceptibility of udder pathogens recovered from cases of clinical mastitis in dairy cows across Europe: VetPath results. *Vet. Microbiol.* 2018; 213: 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.11.021>
- ²¹ de Jong, E., McCubbin, K.D., Speksnijder, D., Dufour, S., Middleton, J.R., Ruegg, P.L., Lam, T.J.G.M., Kelton, D., McDougall, S., Godden, S.M., Lago, A., Rajala-Schultz, P.J., Orsel, K., De Vliegher, S., Krömker, V., Nobrega, D.B., Kastelic, J.P., Barkema, H.W. Invited review: Selective treatment of clinical mastitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2023; 106: 3761–3778. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22826>
- ²² Käppeli, N., Morach, M., Corti, S., Eicher, C., Stephan, R., Johler, S. *Staphylococcus aureus* related to bovine mastitis in Switzerland: Clonal diversity, virulence gene profiles, and antimicrobial resistance of isolates collected throughout 2017. *J. Dairy Sci.* 2019; 102: 3274–3281. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15317>
- ²³ Klaas, I. C. & Zadoks, R. N. An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transbound. Emerg. Dis.* 2018; 65: 166–185. <https://doi.org/10.1111/tbed.12704>
- ²⁴ Kretzschmar, L. et al. Mastitis-management in Schweizer Milchviehbetrieben mit Eutergesundheitsproblemen. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2013; 155: 453–462. <https://doi.org/10.1024/0036-7281/a000491>
- ²⁵ Krömker, V. & Leimbach, S. Mastitis treatment—Reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reprod. Domest. Anim.* 2017; 52: 21–29. <https://doi.org/10.1111/rda.13032>
- ²⁶ Levison, L. J. et al. Incidence rate of pathogen-specific clinical mastitis on conventional and organic Canadian dairy farms. *J. Dairy Sci.* 2016; 99: 1341–1350. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9809>
- ²⁷ Menéndez González, S., Steiner, A., Gassner, B. & Regula, G. Antimicrobial use in Swiss dairy farms: Quantification and evaluation of data quality. *Prev. Vet. Med.* 2010; 95: 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.03.004>
- ²⁸ Milne, M. H., Barrett, D. C., Fitzpatrick, J. L. & Biggs, A. M. Prevalence and aetiology of clinical mastitis on dairy farms in Devon. *Vet. Rec.* 2002; 151: 241–243. <https://doi.org/10.1136/vr.152.20.615>

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber, M. Bodmer

Keimspektrum und Antibiotikaresistenzen bei boviner Mastitis im Rahmen des Projektes «ReLait»

M. Sommer, B. Gerber,
M. Bodmer

- ²⁹ Moser, A., Stephan, R., Corti, S. & Lehner, A. Resistance profiles and genetic diversity of *Escherichia coli* strains isolated from acute bovine mastitis. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2013; 155: 351–357.
<https://doi.org/10.1024/0036-7281/a000468>
- ³⁰ Moser, A., Stephan, R., Ziegler, D. & Johler, S. Species distribution and resistance profiles of coagulase-negative staphylococci isolated from bovine mastitis in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2013; 155: 333–338. DOI: 10.1024/0036-7281/a000468
- ³¹ Müller, S., Nitz, J., Tellen, A., Klocke, D. & Krömker, V. Effect of Antibiotic Compared to Non-Antibiotic Dry Cow Treatment on the Bacteriological Cure of Intramammary Infections during the Dry Period—A Retrospective Cross-Sectional Study. *Antibiotics* 2023; 12.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12030429>
- ³² Nägele, F., Pucken, V.B., Bodmer, M., Schouwey, S., Schüpbach-Regula, G., Carmo, L.P. Analyse der Eutergesundheit in Zusammenhang mit dem Antibiotikaverbrauch in Schweizer Milchviehbetrieben. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2019; 161: 666–676.
<https://doi.org/10.17236/sat00229>
- ³³ National Mastitis Council (NMC). Laboratory Handbook on Bovine Mastitis 3rd Edition. National Mastitis Council, Inc (New Prague, MN, USA, 2017).
- ³⁴ Oliver, S. P. & Murinda, S. E. Antimicrobial resistance of mastitis pathogens. *Vet. Clin. North Am. – Food Anim. Pract.* 2012; 28: 165–185. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.005>
- ³⁵ Overesch, G., Stephan, R. & Perreten, V. Antimicrobial susceptibility of gram-positive udder pathogens from bovine mastitis milk in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2013; 155: 339–350.
<https://doi.org/10.1024/0036-7281/a000469>
- ³⁶ Philipona, J.-C., Raemy, M. & Bodmer, M. ReLait-Antibiotikareduktion Auf Freiburger Milchwirtschaftsbetrieben. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/ressourcen--und-gewaesserschutzprogramm/ressourcenprogramm/projektuebersicht.html>. Accessed 10.01.2024
- ³⁷ Pol, M. & Ruegg, P. L. Relationship between antimicrobial drug usage and antimicrobial susceptibility of gram-positive mastitis pathogens. *J. Dairy Sci.* 2007; 90: 262–273.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72627-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72627-9)
- ³⁸ Rediger, D., Butty, M. A., Kittl, S., Bodmer, M. & Hartnack, S. Bayesian latent class models to determine diagnostic sensitivities and specificities of two point of care rapid tests (Selma plus, Dipslide) for the detection of *Streptococcus uberis* associated with mastitis in dairy cows. *Front. Vet. Sci.* 2022; 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.1062056
- ³⁹ Réviron, S. (AGRIDEA) et al. Wertschöpfung Der Produkte Aus Freiburger Landwirtschaft. https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Marches_filières_agricoles_et_alimentaires/Filières/Filagro_Freiburg__Schlussbericht2.pdf (2016). Accessed 6.04.2024
- ⁴⁰ Rindergesundheit Schweiz. Alternativen zum antibiotischen Trockenstellen. <https://www.rgs-ntgs.ch/Eutergesundheit> (2024). Accessed 18.11.2024
- ⁴¹ Roesch, M. Perreten, V., Doherr, M.G. , Scharten, W., Schällibaum, M., Blum, J.W. Comparison of antibiotic resistance of udder pathogens in dairy cows kept on organic and on conventional farms. *J. Dairy Sci.* 2006; 89: 989–997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72164-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72164-6)
- ⁴² Ruegg, P. L. Making Antibiotic Treatment Decisions for Clinical Mastitis. *Vet. Clin. North Am. – Food Anim. Pract.* 2018; 34: 413–425. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.06.002>
- ⁴³ Rüegsegger, F. et al. Antimicrobial susceptibility of mastitis pathogens of dairy cows in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2014; 156: 483–488.
<https://doi.org/10.1024/0036-7281/a000635>
- ⁴⁴ Sampimon, O., Barkema, H. W., Berends, I., Sol, J. & Lam, T. Prevalence of intramammary infection in Dutch dairy herds. *J. Dairy Res.* 2009; 76: 129–136. <https://doi.org/10.1017/S0022029908003762>
- ⁴⁵ Schmenger, A., Leimbach, S., Wente, N., Zhang, Y., Biggs, A. M., Kroemker, V. Implementation of a targeted mastitis therapy concept using an on-farm rapid test: Antimicrobial consumption, cure rates and compliance. *Vet. Rec.* 2020; 187. <https://doi.org/10.1136/vr.105674>
- ⁴⁶ van Soest, F. J. S., Abbeloos, E., McDougall, S. & Hogeweijn, H. Addition of meloxicam to the treatment of bovine clinical mastitis results in a net economic benefit to the dairy farmer. *J. Dairy Sci.* 2018; 101: 3387–3397.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12869>
- ⁴⁷ The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing: Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. https://www.eucast.org/clinical_breakpoints
- ⁴⁸ Thomas, V., de Jong, A., Moyaert, H., Simjee, S., El Garch, F., Morrissey, I., Marion, H., Vallée, M. Antimicrobial susceptibility monitoring of mastitis pathogens isolated from acute cases of clinical mastitis in dairy cows across Europe: VetPath results. *Int. J. Antimicrob. Agents* 2015; 46: 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.03.013>
- ⁴⁹ Vakkamäki, J., Taponen, S., Heikkilä, A. M. & Pyörälä, S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Vet. Scand.* 2017; 59. DOI: 10.1186/s13028-017-0301-4

Korrespondenzadresse

Michèle Bodmer
Universität Bern, Wiederläuferklinik,
Bremgartenstrasse 109a
CH-3012 Bern
Telefon: +41 31 684 23 45
E-Mail: michele.bodmer@unibe.ch

Eigenständigkeitserklärung

Ich, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet.

Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss Artikel 36 Absatz 1 Buchstabe r des Gesetzes über die Universität vom 5. September 1996 und Artikel 69 des Universitätsstatuts vom 7. Juni 2011 zum Entzug des Doktorgrades berechtigt ist. Für die Zwecke der Begutachtung und der Überprüfung der Einhaltung der Selbständigkeitserklärung bzw. der Reglemente betreffend Plagiate erteile ich der Universität Bern das Recht, die dazu erforderlichen Personendaten zu bearbeiten und Nutzungshandlungen vorzunehmen, insbesondere die Dissertation zu vervielfältigen und dauerhaft in einer Datenbank zu speichern sowie diese zur Überprüfung von Arbeiten Dritter zu verwenden oder hierzu zur Verfügung zu stellen.

Bern, 29.7.2025

Ort, Datum



Unterschrift Doktorand*in