

Untersuchungen zu einem entscheidungsbaumbasierten
Verfahren des Selektiven Trockenstellens in Bayern und der
Durchführung des Selektiven Trockenstellens von Tierärzten mit
und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung in
Deutschland

von Tanja Michaela Adelheid Sonnewald-Daum

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Untersuchungen zu einem entscheidungsbaumbasierten
Verfahren des Selektiven Trockenstellens in Bayern und der
Durchführung des Selektiven Trockenstellens von Tierärzten mit
und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung in
Deutschland

von Tanja Michaela Adelheid Sonnewald-Daum

aus Sulzbach-Rosenberg

München 2024

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Korreferent/en: Prof. Dr. Armin M. Scholz

Tag der Promotion: 10. Februar 2024

Für die Tierärzt*innen und Landwirt*innen, die Ihren Teil zur
Reduktion des Antibiotikaeinsatzes in der Tiermedizin und
Landwirtschaft beitragen.

*„Der beste Weg, Hindernisse zu überwinden, ist, sie als
Trittsteine zu verwenden.
Lache über sie, betrete sie und lass dich zu etwas Besserem
führen.“*

– Enid Blyton –

Die vorliegende Arbeit wurde gemäß § 6 Abs. 2 der Promotionsordnung für die Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München in kumulativer Form verfasst.

Folgende Wissenschaftliche Arbeiten sind in dieser Dissertationsschrift enthalten:

T.Sonnewald-Daum¹, F.Obster^{2,3}, R.Mansfeld¹:

Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung und Selektives Trockenstellen in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung unter Nutztierpraktiker*innen

Veterinary Herd Health Management and Selective Dry Cow Treatment in Germany – Results of a survey among farm veterinarians

¹Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München, ²Statistisches Beratungslabor StaBLab der Ludwig-Maximilians-Universität München, ³Fakultät für Betriebswirtschaft der Universität der Bundeswehr München

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2023; 51: 269–283; DOI 0.1055/a-2135-5987, ISSN 1434-1220, © 2023. Thieme. All rights reserved. Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany; eingereicht: 08.08.2022, akzeptiert: 18.04.2023

T.Sonnewald-Daum¹, K.Euchner (geb.Schmon)¹, L.Frost², T.Pauly², C.Fuchs², B.Zettler², R.Schade³, R.Huber-Schlenstedt⁴, J.Harms⁵, A.Klima^{2,3}, R.Mansfeld¹:

Untersuchungen zu einem kontrollierten, entscheidungsbaumbasierten Verfahren des Selektiven Trockenstellens in Bayerischen Milchviehbetrieben

Investigations on a controlled, decision tree based procedure of Selective Dry Cow Treatment in Bavarian dairy farms

¹Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München, ²Institut für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München, ³Statistisches Beratungslabor StaBLab der Ludwig-Maximilians-Universität München, ⁴Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., ⁵Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2024; 52: 65–78; DOI 10.1055/a-2272-3195, ISSN 1434-1220 © 2024. Thieme. All rights reserved. Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany; eingereicht: 17.08.2023, akzeptiert: 12.12.2023

Teile des Inhalts dieser Arbeit wurden auf folgenden Tagungen von der Autorin vorgestellt:

- DVG-Tagung, 53. Jährliche Konferenz der Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung, 26.-28. Februar 2020 in Rostock: „Investigations on the implementation of a controlled method of selective dry cow therapy in Bavarian dairy farms” (Vortrag)
- Bpt-Kongress 19.-25. November 2020 in München: „Selektives Trockenstellen im Projekt RAST- Wo werden die Entscheidungen getroffen?“ (Vortrag)
- 17. Oberschleißheimer Wiederkäuertagung 3.-5. Mai 2023 in Oberschleißheim: „Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung und Selektives Trockenstellen in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung unter Nutztierpraktikern“ (Vortrag)
- 9. Epidemiologisches Kolloquium, 9. Februar 2024 in Oberschleißheim: „Selektives Trockenstellen von Milchkühen – wie und wo können die Entscheidungen getroffen werden?“ (Vortrag)
- Wissenschaftliche Tagung der AFEMA 2024, 14. März 2024 in Grub: „Untersuchungen zu einem kontrollierten, entscheidungsbaumbasierten Verfahren des Selektiven Trockenstellens in Bayerischen Milchviehbetrieben“ (Posterbeitrag mit 2 Minuten-Vortrag)
- Wissenschaftliche Tagung der Arbeitsgruppe Eutergesundheit der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V., 18. März 2024 in Schwäbisch Gmünd: „Untersuchungen zu einem kontrollierten, entscheidungsbaumbasierten Verfahren des Selektiven Trockenstellens in Bayerischen Milchviehbetrieben“ (Vortrag)

Inhaltsverzeichnis

I.	EINLEITUNG.....	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	4
1.	Selektives Trockenstellen	4
1.1.	Einführung	4
1.2.	Kritische Aspekte.....	4
1.3.	Ökonomische Aspekte	5
1.4.	Strategisches Umsetzen	6
1.5.	Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Herdenebene	6
1.6.	Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Einzeltierebene.....	9
2.	Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB)	12
2.1.	Aktuelle Themen der ITB	12
2.2.	Definition der ITB.....	13
2.3.	Grundprinzipien der ITB.....	13
2.4.	Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“	14
2.5.	Prüfkriterien der ITB im Bereich Eutergesundheit.....	15
III.	PUBLIKATION I	16
IV.	WEITERE ERGEBNISSE DER STUDIE I.....	32
1.	Auswertungsintervalle in der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung.....	32
2.	Gründe für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens.....	32
3.	Kritische Punkte bei der Umsetzung des Selektiven Trockenstellens.....	32
4.	Eutergesundheitsstatus in selektiv trockenstellenden Betrieben.....	35
V.	PUBLIKATION II.....	36
VI.	WEITERE ERGEBNISSE DER STUDIE II.....	68
1.	Deskriptive Auswertungen.....	68
1.1.	Fehlende Daten der letzten durchgeführten Milchleistungsprüfung für die Trockenstellentscheidung	68

1.2.	Dokumentiertes Datum der Milchleistungsprüfung.....	68
1.3.	Nachgewiesene Erreger im verwendeten Datensatz	69
1.4.	Nicht nach Empfehlung des Entscheidungsbaums trockengestellte Kühe	70
1.5.	Auftreten von klinischen Mastitiden nach dem Trockenstellen	70
1.6.	Höhe des somatischen Zellgehalts in Abhängigkeit von dem Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung vor dem Trockenstellen.....	73
2.	Modelle für eine Klassifizierung der Kühe, ohne mikrobiologische Untersuchung und ohne California-Mastitis-Test am Tag des Trockenstellens.....	75
2.1.	Ansatz-1a, multinomiale logistische Regression ohne Betriebseffekt.....	75
2.2.	Ansatz-1a, multinomiale logistische Regression mit Betriebseffekt	77
2.3.	Vergleich der Modelle der multinomialen logistischen Regression (1a) und des Modells der binären logistischen Regression (1b)	77
VII.	ÜBERGREIFENDE DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	79
1.	Umsetzung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung.....	80
2.	Umsetzung des Selektiven Trockenstellens	81
2.1.	Gründe für die Umsetzung.....	82
2.2.	Kritische Punkte bei der Umsetzung.....	82
2.3.	Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Herdenebene	83
2.4.	Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Einzeltierebene.....	84
2.5.	Eutergesundheit in Betrieben, die selektiv Trockenstellen.....	88
3.	Ausblick	89
4.	Schlussfolgerungen	90
VIII.	ZUSAMMENFASSUNG	92
IX.	SUMMARY	95
X.	LITERATURVERZEICHNIS	98
XI.	ANHANG.....	118
XII.	DANKSAGUNG	132

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AB	Antibiotische/-s Trockenstellpräparat/-e
AHL	Animal Health Law
BCS	Body Condition Score
CMT	California-Mastitis-Test
d	Tage
geoZZ	geometrisches Mittel der somatischen Zellzahl aus der Milchleistungsprüfung
IMI	intramammäre Infektion(en)
ITB	Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung
ITS	Internal teat sealant, interner Zitzenversiegler
KKB	kostensensitiver binärer Klassifikationsbaum
KNS	Koagulase Negative Staphylokokken
K _{TV}	Kühe, in Bezug auf deren Trockenstellvorgänge
K _{TV-falsch/ohneAB}	Kühe je Trockenstellvorgang, die entgegen der Empfehlung des Entscheidungsbaums keine antibiotische Behandlung erhalten haben, obwohl diese notwendig gewesen ist
K _{TV-falsch/mitAB}	Kühe je Trockenstellvorgang, die entgegen der Empfehlung des Entscheidungsbaums eine antibiotische Behandlung erhalten haben, obwohl diese nicht notwendig gewesen ist
K _{TV/mitAB}	Nach Entscheidungsbaum antibiotische trockenstellte Kühe, in Bezug auf deren Trockenstellvorgänge
K _{TV/ohneAB}	Nach Entscheidungsbaum ohne antibiotisches Präpa-

	rat trockenstellte Kühe, in Bezug auf deren Trockenstellvorgänge
LW	Landwirt*innen
MBU	mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben
md	Median
MH	Mastitis-Historie
MLP	Milchleistungsprüfung
mw	Mittelwert
s	Standardabweichung
SE	Sensitivität
SP	Spezifität
ST	Selektives Trockenstellen
TÄ	Tierarzt*innen
TÄ _{ITB}	TÄ mit Integrierter Tierärztlicher Bestandsbetreuung
TÄ _{ITB/ST}	TÄ mit Integrierter Tierärztlicher Bestandsbetreuung, die selektiv trockenstellende Betriebe betreuen
TÄ _{ST}	TÄ ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, die selektiv trockenstellende Betriebe betreuen
TS	Trockenstellen
TS _{AB}	Trockenstellen von Milchkühen unter antibiotischem Schutz
TV	Trockenstellvorgang
VAG	Viertelanfangsgemelksproben
VK	Verlaufsklassen
ZZ	somatische Zellzahl

I. EINLEITUNG

Das Trockenstellen von Milchkühen unter antibiotischem Schutz ist eine bewährte Methode, um die Ausheilung von intramammären Infektionen (IMI) während der Trockenstehzeit zu unterstützen (DODD et al., 1969; GREEN et al., 2008; HALASA et al., 2009a; THO SEETH, 2016). Dabei wird das Risiko von Neuinfektionen durch alleinige Anwendung der antibiotischen Trockenstellpräparate, oder in Kombination mit externen oder internen Zitzenversiegeln (internal teat sealant, ITS), verringert (BRADLEY & GREEN, 2004; TIMMS, 2004; NEWTON et al., 2008; HALASA et al., 2009b; VASQUEZ et al., 2018). Jedoch wird eine Reduktion des Einsatzes von antibiotischen Präparaten seit längerem gefordert (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER (BTK), 2015; EUROPÄISCHE UNION, 2015). Die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie „DART 2020“ aus dem Jahr 2015 sollte „durch geeignete Maßnahmen im Human- und Veterinärbereich sowie in der Landwirtschaft die Entstehung und Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen und in der Folge das Vorkommen Antibiotikaresistenter Mikroorganismen in Deutschland [...] reduzieren [...]“ (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2022). Durch gesetzliche Konsequenzen des „Konzepts zur Minimierung des Antibiotikaeinsatzes in der Nutztierhaltung“ ist z.B. der routinemäßige, prophylaktische Einsatz von antibiotischen Trockenstellpräparaten (AB) seit dem 28.01.2022 nicht mehr erlaubt (VO (EU) 2019/6, 2018; BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL), 2020; BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, 2022).

Berichten der „Gesellschaft für Konsumforschung“ zu Folge, wurden im Jahr 2015 in Deutschland 73,0 % der intramammär angewendeten Antibiotika beim Trockenstellen von Milchkühen verwendet (KRÖMKER & LEIMBACH, 2017). Das „selektive Trockenstellen“ ist in der Milchviehhaltung eine Möglichkeit, den Antibiotikaeinsatz zu minimieren (EKMAN & ØSTERÅS, 2003; THO SEETH et al., 2017; FIRTH et al., 2019; SCHMON, 2019; KABERA et al., 2021; WEBER et al., 2021; TIJS et al., 2022).

Untersuchungen zum Selektiven Trockenstellen, wie auch die Verwendung von ITS bei eutergesunden Kühen, wurden in Deutschland erstmals im Jahr 2003 von BELKE (2009) durchgeführt. Diesen schlossen sich in den Folgejahren weitere Untersuchungen an (JUNG, 2005; KRÖMKER et al., 2014; SPOHR, 2014; THO SEETH, 2016).

In einer Umfrage im Jahr 2015 in Norddeutschland zu Trockenstellpraktiken unter Landwirt*innen, wurde Selektives Trockenstellen dennoch nicht erwähnt (BERTULAT et al., 2015). Im gleichen Jahr startete ein Versuch zum Selektiven Trockenstellen in Bayern mit privat geführten Milchviehbetrieben (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015; SCHMON, 2019). Inwieweit das Selektive Trockenstellen in Deutschland von Tierärzt*innen in deren betreuten Betrieben umgesetzt wird, war im Jahr 2019 nicht bekannt.

Am 21.04.2021 trat die VO (EU) 2016/429 in allen EU-Mitgliedsstaaten in Kraft, die u.a. regelmäßige Tiergesundheitsbesuche durch Tierärzt*innen vorsieht. Daher war es im Jahr 2019 von besonderem Interesse zu erfahren, wie viele Tierärzt*innen in Deutschland bereits eine Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB) anboten. Im Jahr 2001 führten 140 (27,5 %) von 509 befragten Tierärzt*innen in der Bundesrepublik Deutschland eine ITB durch (KRINN, 2004). In einer Befragung von Landwirt*innen in Bayern im Jahr 2006, gaben 83 (5,8 %) von 1.430 Betriebsleitern an, eine ITB zu nutzen (FRIEWALD, 2010).

Ein Ziel der vorliegenden Studie war es, aktuelle Informationen über die Verbreitung des Selektiven Trockenstellens sowie die Entwicklung und Durchführung der ITB in deutschen Tierarztpraxen mit dem Schwerpunkt Rind und deren betreuten Milchviehbetrieben mittels einer Umfrage zu untersuchen. Bestehende Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen Tierärzt*innen mit und ohne ITB in Bezug auf das Selektive Trockenstellen sollten dargestellt werden. Es wurden drei Hypothesen aufgestellt: (1) Es gibt eine positive Assoziation zwischen der Implementierung einer ITB und der Implementierung von Verfahren zum Selektiven Trockenstellen. (2) Das Selektive Trockenstellen wird in der Praxis als kontrolliertes Verfahren durchgeführt. (3) Tierärzt*innen mit ITB betreuen mehr Betriebe die erfolgreich selektiv Trockenstellen als Tierärzt*innen ohne ITB.

Für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens gibt es im deutschsprachigen Raum mehrere institutionelle Handlungsempfehlungen sowie eine paneuropäische Empfehlung, die sich jeweils bezüglich der angewendeten Entscheidungskriterien auf Herden- und Einzeltierebene und/oder der verwendeten Grenzwerte unterscheiden (z.B. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015; WIEDERKÄUERKLINIK DER UNIVERSITÄT BERN, 2017; BRADLEY et al., 2018; DLG AUSSCHUSS MILCHPRODUKTION UND RINDERHALTUNG, 2019; OBERÖSTERREICHISCHER TIERGESUNDHEITSDIENST, 2020).

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Studie war es, die von SCHMON (2019) verwendeten Parameter für das Selektive Trockenstellen in einer Folgestudie auf ihre Selektionsstärke zu prüfen. Die Parameter waren im Einzelnen die Mastitis-Historie der vorangegangenen Laktation, die somatischen Zellzahlen (ZZ) aus der Milchleistungsprüfung (MLP) drei Monate vor dem Trockenstellen, die mikrobiologische Untersuchung (MBU) von Viertelanfangsgemelksproben 10-14 Tage (d) vor dem Trockenstellen und der California-Mastitis-Test (CMT) am Tag des Trockenstellens. Zudem sollte ermittelt werden, ob für eine sichere Einzeltierklassifikation alle vier verwendeten Parameter des von SCHMON (2019) entwickelten Entscheidungsbaums notwendig sind, und wie sich Variationen bezüglich der Grenzwerte und des betrachteten Zeitraumes der ZZ auswirken. Weiter sollte ermittelt werden, ob eine sichere Einzeltierklassifikation mit Hilfe von ZZ, Mastitis-Historie und weiteren Informationen, wie z.B. der Milchmenge aus der MLP, möglich ist. Schließlich wurden Modifikationen für den Entscheidungsbaum geprüft, die die kosten- und zeitaufwendige MBU durch andere Informationen, z.B. aus der MLP, ersetzen könnten.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Selektives Trockenstellen

1.1. Einführung

Erste Untersuchungen zum Selektiven Trockenstellen gab es bereits in den 70er Jahren durch RINDSIG et al. (1978), und es können zwei Ansätze unterschieden werden: Zum einen die Behandlung auf Euter- bzw. Kuhebene. Hierbei werden alle 4 Viertel mit einem antibiotischem Trockenstellpräparat (AB), allein oder in Kombination mit einem internen/externen Zitzenversiegler (internal teat sealant, ITS), behandelt, da unter den Eutervierteln eine Wechselbeziehung besteht (ROBERT et al., 2006; HALASA et al., 2009b). Zum anderen das viertelindividuelle Trockenstellen. Hierbei werden nur die entsprechenden Viertel mit hoher somatischer Zellzahl (ZZ) und/oder Erregernachweis antibiotisch, ggf. in Kombination mit ITS, behandelt, und unauffällige Viertel nur mit ITS trockengestellt (z.B. PATEL et al., 2017; KABERA et al., 2020). Je nach gewählten Selektionskriterien werden mögliche Antibiotikaeinsparungen von 23,5 % bis 75,1 % durch Selektives Trockenstellen, im Vergleich zu Betrieben die generell antibiotische Trockenstellpräparate einsetzen, beschrieben (THOSEETH et al., 2017; KABERA et al., 2021; WEBER et al., 2021; FERREIRA et al., 2022; NIEMI et al., 2022; TIJS et al., 2022).

1.2. Kritische Aspekte

Beim Selektiven Trockenstellen besteht z.T. die Sorge bei Tierärzt*innen und Landwirt*innen, dass gehäuft klinische Mastitiden in der Trockenperiode und in der Frühlaktation sowie erhöhte ZZ nach der Kalbung auftreten, wenn Kühe ohne Anwendung von AB trockengestellt werden (SCHERPENZEEL et al., 2018b; FISCHER et al., 2019; HUEY et al., 2021). Daher besteht die Herausforderung darin, geeignete Kriterien für die erforderliche Trockenstellbehandlung auf Einzeltierebene zu verwenden (ROBERT et al., 2008; PATEL et al., 2017) und auf betriebsspezifische Gegebenheiten, die aufgrund dynamischer Prozesse stetem Wandel unterliegen, einzugehen (LAM et al., 2011; ZOCHÉ et al., 2011). Ein „Verpassen“ von Kühen, z.B. mit hoher ZZ oder einer Major Pathogen-Infektion, kann negative Auswirkungen auf die Inzidenz von klinischen Mastitiden, die ZZ, sowie auf die Milchleistung in der Folgelaktation haben (SCHERPENZEEL et al., 2014; NIEMI et al., 2022; SIGMUND et al., 2023). Je nach gewählten Selektionskriterien kann das Selektive Trockenstellen auch

mit negativen Folgen für die Eutergesundheit von nicht antibiotisch trockengestellten Einzeltieren einhergehen (BERRY & HILLERTON, 2002; THO SEETH et al., 2017; KLAWONN et al., 2020). Dies kann damit zusammenhängen, ob Kriterien auf Herdenebene und ITS verwendet werden (WEBER et al., 2021). WEBER et al. (2021) schlussfolgerten, dass das Selektive Trockenstellen konsequenterweise nur in Betrieben mit einer niedrigen Tankmilchzellzahl implementiert werden sollte. KABERA et al. (2021) konnten keine Unterschiede in Bezug auf die Eutergesundheit und Milchproduktion im ersten Monat nach der Kalbung beim Vergleich von Selektiven Trockenstellen und generellem Trockenstellen unter antibiotischem Schutz feststellen, solange ITS bei nicht antibiotisch trockengestellten Kühen verwendet wurden. Mittlerweile gibt es mehrere unterschiedliche Studien, die eine gleichbleibende Eutergesundheit auf Herdenebene beim Selektiven Trockenstellen, im Vergleich zum generellen Trockenstellen unter antibiotischem Schutz, beschreiben (z.B. CAMERON et al., 2015; SCHMON, 2019; ROWE et al., 2020b, 2020a; LIPKENS et al., 2023).

1.3. Ökonomische Aspekte

Bei der ökonomischen Betrachtung des Selektiven Trockenstellens kann dieses Verfahren die kostengünstigere Variante im Vergleich zum generellen Trockenstellen von Milchkühen unter antibiotischem Schutz sein, obwohl die generellen Kosten für beide Trockenstellverfahren je nach Einflussfaktoren, wie z.B. Medikamentenpreise, variieren (HUIJPS & HOGEVEEN, 2007; SCHERPENZEEL et al., 2016; PATEL et al., 2017; SCHERPENZEEL et al., 2018a; HOMMELS et al., 2021). Die Inzidenz von klinischen Mastitiden sowie die Prävalenz von subklinischen Mastitiden hängt von den gewählten Selektionsszenarien beim Selektiven Trockenstellen ab (SCHERPENZEEL et al., 2016) und damit auch die steigenden Kosten, wenn sich subklinische und klinische Mastitiden im Bestand häufen (HUIJPS & HOGEVEEN, 2007; HOGEVEEN et al., 2011; DOEHRING & SUNDRUM, 2019). Ein ökonomischer Profit ist demzufolge größer, wenn Selektives Trockenstellen in Beständen mit niedriger Tankmilchzellzahl und niedriger Inzidenz von klinischen Mastitiden durchgeführt wird (SCHERPENZEEL et al., 2018a). Ein gutes Management zur Vermeidung von klinischen Mastitiden, ein hygienisches Vorgehen beim Trockenstellen sowie in der Haltung und des Managements von Kühen in der Trockenperiode (STEVENS et al., 2019; KRATTLEY-ROODENBURG et al., 2021) und in der Früh lactation (NITZ et al., 2021) haben demzufolge, neben der Bedeutung für das Tierwohl, einen Einfluss auf den ökonomischen Aspekt des Selektiven Trockenstellens.

1.4. Strategisches Umsetzen

Die Unterstützung und Beratung der Landwirt*innen durch die Tierärzt*innen ist für ein erfolgreiches Selektives Trockenstellen notwendig (vgl. JONES et al., 2015; ORPIN, 2017). Weiter ist die Dokumentation und Analyse von intramammären Infektionen (IMI) sowie des Antibiotikaeinsatzes notwendig, um eine objektive und betriebsspezifische Einschätzung zu ermöglichen und Maßnahmen bei ermitteltem Handlungsbedarf zu ergreifen (DOEHRING & SUNDRUM, 2019). Beim Selektiven Trockenstellen handelt es sich um eine Managementstrategie für einen gezielten und reduzierten Antibiotikaeinsatz. Es ist nicht leicht betriebsspezifische Vorteile und Risiken zu pauschalisieren (MC CUBBIN et al., 2022) und betriebsindividuelle Anpassungen können für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens notwendig werden.

1.5. Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Herdenebene

Kriterien für eine Vorselektion auf Herdenebene, z.B. ein niedriger Tankmilchzellgehalt, scheinen für ein erfolgreiches Selektives Trockenstellen, im Vergleich zum generellen Trockenstellen von Milchkühen unter antibiotischem Schutz, sinnvoll zu sein (GREEN et al., 2007; ØSTERÅS et al., 2008; CAMERON et al., 2014; WEBER et al., 2021). Laut MC CUBBIN et al. (2022) gibt es keine konkreten Studien zu der Verwendung oder dem Weglassen von Kriterien auf Herdenebene.

1.5.1. Bereitschaft des*der Betriebsleiters*in

Die Bereitschaft des*der Betriebsleiters*in ggf. zusätzliche Anstrengungen zu unternehmen, um den Antibiotikaeinsatz zu minimieren, ist ein Faktor, der zum Gelingen des Selektiven Trockenstellens beiträgt. HANSEN and ØSTERÅS (2019) zeigten, dass ein hohes berufliches Wohlbefinden und ein niedriges Stressniveau von Landwirt*innen eine direkte positive Assoziation mit dem Tierschutzindikator haben. Der Grad an Optimismus eines*r Landwirts*in kann Auswirkungen darauf haben, ob er*sie bereit ist an Tierwohliniitiativen und freiwilligen Krankheitsbekämpfungsprogrammen teilzunehmen, wohingegen pessimistisch eingestellte Landwirt*innen der Meinung sind, dass diese nur einen kleinen Effekt haben (HANSEN & ØSTERÅS, 2019). Zusätzlich zeigten JONES et al. (2015), dass die Wahrscheinlichkeit, dass Landwirt*innen eine Antibiotikareduktion anstreben, höher ist, je höher das durch die Milchproduktion erzielte Einkommen ist, und je höher die Chance ist, dass ein Betrieb in Zukunft weitergeführt werden kann.

1.5.2. Tankmilchzellgehalt, Erregernachweise und Inzidenz klinischer Mastitiden einer Herde

Die Heilungsrate und Inzidenz von klinischen Mastitiden einer Herde und das vorherrschende Erregerspektrum in einem Bestand hat einen Einfluss auf den Erfolg des Trockenstellmanagements (ØSTERÅS et al., 1999). Die Höhe des somatischen Tankmilchzellgehalts kann einen Hinweis auf vorliegende Erreger im Bestand geben: In Beständen mit niedrigem somatischem Tankmilchzellgehalt (≤ 150.000 Zellen/ml) werden klinische Mastitiden häufiger durch Erreger wie gram-negative Bakterien, Klebsiellen oder Pseudomonaden, und in Beständen mit hohem somatischem Tankmilchzellgehalt (> 250.000 Zellen/ml) häufiger durch *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae* und *Streptococcus agalactiae* verursacht (BARKEMA et al., 1998). Vor allem in Herden mit niedrigem somatischem Tankmilchzellgehalt können durch nicht-*aureus* Staphylokokken verursachte intramammäre Infektionen (IMI) einen wichtigen Beitrag zur Gesamtzellzahl im Tank leisten (SCHUKKEN et al., 1992; SCHUKKEN et al., 2009; LIPKENS et al., 2023). Nicht-*aureus* Staphylokokken gehören am häufigsten zu den nachgewiesenen Erregern und können, je nach Spezies, zu subklinischen und milden bis moderaten klinischen Mastitiden, sowie Zellzahlerhöhungen führen (CONDAS et al., 2017; HAMEL et al., 2020; VALCKENIER et al., 2020). In Betrieben, die Major Pathogen-bedingte klinische Mastitiden in den Griff bekommen haben, können Nicht-*aureus* Staphylokokken Hauptverursacher von subklinischen Mastitiden sein (PIEPERS et al., 2007; SAMPIMON et al., 2009; SCHUKKEN et al., 2009).

1.5.3. Management in einem Betrieb

BARKEMA et al. (1998) beobachteten die höchste Varianz der Inzidenzrate von klinischen Mastitiden in Betrieben mit niedrigem somatischem Tankmilchzellgehalt und mutmaßten, dass dies mit unterschiedlichem Management auf den Betrieben zusammenhängen könnte (BARKEMA et al., 1998). DUFOUR et al. (2011) zeigten, dass eine niedrige Herdensammelmilchzellzahl in Zusammenhang mit dem Melken und der Melkhygiene, der Haltungsform und -hygiene, dem Trockenstellen unter antibiotischem Schutz, der Kontrolle trockenstehender Kühe, der Fütterung und dem frequenten Einsatz des California-Mastitis-Test (CMT) stehen.

Da ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von klinischen Mastitiden und dem Einsatz von antibiotischen Präparaten in den Betrieben besteht (PREINE & KRÖMKER, 2022), haben ein gewissenhaftes Management und entsprechende Hygiene auf einem Betrieb einen wesentlichen Einfluss auf eine mögliche AB-Reduktion (STEVENS et al., 2019; KRATTLEY-ROODENBURG et al., 2021). Dies trifft vor allem auf durch umweltassoziierte Erreger verursachte klinische Mastitiden zu (KLAAS & ZADOKS, 2018). Zusätzlich gibt es Ansätze und Forderungen für und nach einem selektiven Einsatz von antibiotischen Präparaten und alternativen Behandlungsmöglichkeiten in der Mastitis-Therapie (DE JONG et al., 2023).

1.5.4. Selektives Trockenstellen ohne Berücksichtigung der Tankmilchzellzahl

In einer US-Amerikanischen, randomisierten Studie zur Effektivität unterschiedlicher Behandlungsprotokolle (AB, AB+ITS, ITS, keine Behandlung), wurden Betriebe mit unterschiedlichen Tankmilchzellzahlen (< 200.000-400.000 Zellen/ml) in den Versuch aufgenommen (ALY et al., 2022; EL ASHMAWY et al., 2022). In den Betrieben durfte kein Ausbruch von kontagiösen Mastitiserregern wie *Mycoplasma* spp., *Streptococcus agalactiae* oder *Staphylococcus aureus* innerhalb der letzten 6 Monate vor Versuchsbeginn erfolgt sein. Zusätzlich wurden nur die Kühe in den Versuch einbezogen, die zum Zeitpunkt des Trockenstellens als „gesund“ galten, d.h. nur Kühe, die keine Meldungen im computergestützten Überwachungssystem, keine Behandlungshistorie innerhalb 2 Wochen vor dem Trockenstellen, Lahmheiten, Hinweise auf subklinische oder klinische Mastitis sowie Zitzenverletzungen aufwiesen. Zusätzlich mussten ein BCS > 2,5 und 4 funktionstüchtige Euterviertel vorliegen. Weitere Selektionskriterien wurden für die Trockenstellbehandlung nicht verwendet (ALY et al., 2022; EL ASHMAWY et al., 2022). In beiden vorgenannten Studien schnitten Kühe der Behandlungsgruppe AB+ITS in Bezug auf die Milchleistung in der Folgelaktation, der

Höhe der ZZ (EL ASHMAWY et al., 2022) und dem Auftreten von klinischen Mastitiden bis zum 150. Tag in Milch (ALY et al., 2022) am besten ab.

1.5.5. Vorschlag für geeignete Entscheidungskriterien auf Herdenebene

MC CUBBIN et al. (2022) schlagen einen Tankmilchzellgehalt von z.B. < 250.000 Zellen/ml Milch, die Inzidenz von klinischen Mastitiden und Faktoren, die diese beeinflussen, wie die Hygiene beim Trockenstellmanagement sowie den Major Pathogen-Status einer Herde als Selektionskriterien auf Herdenebene vor.

1.6. Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Einzeltierebene

Für die Selektion auf Einzeltierebene wurden eine Reihe verschiedener Ansätze untersucht. Die am häufigsten beschriebenen Selektionskriterien auf Einzeltierebene werden im Folgenden genannt.

1.6.1. Mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben

Die mikrobiologische Untersuchung (MBU) ist nach wie vor der Goldstandard, um intramammäre Infektionen (IMI) zum Zeitpunkt des Trockenstellens festzustellen und eine erforderliche Behandlung, ggf. nach vorliegendem Resistenztest, durchzuführen (REKSEN et al., 2008; DVG, 2012).

In der Studie von SCHMON (2019) wurde die MBU als Bestandteil für die Entscheidungsfindung der erforderlichen Trockenstellbehandlung, neben 3 weiteren Kriterien, verwendet.

Da die MBU mit einem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist, wurden weitere Parameter untersucht, um Kühe die aufgrund von IMI antibiotisch trockengestellt werden sollten, zu selektieren. Als Alternative können z.B. Schnelltestsysteme auf dem Betrieb, oder in der Tierarztpraxis, verwendet werden (CAMERON et al., 2014; MANSION-DE VRIES et al., 2014).

Beim viertelindividuellen Selektiven Trockenstellen wurden Schnelltestsysteme, z.B. Petrifilm (3M Canada, London, Ontario), zur Erkennung von zu behandelnden Kühen erfolgreich eingesetzt (z.B. CAMERON et al., 2015; KABERA et al., 2020).

1.6.2. Somatischer Zellgehalt der Milch

Die somatische Zellzahl (ZZ) auf Kuh- oder Viertelebene ist ein geeigneter und vielfach genutzter Parameter. Hier wurden unterschiedliche Zeiträume in Bezug auf die Sensitivität und Spezifität (die ganze Laktation, die letzten 3 MLP oder die letzte MLP) (ØSTERÅS et al., 1999; TORRES et al., 2008; LIPKENS et al., 2019; FERREIRA et al., 2022), oder geeignete Schwellenwerte [z.B. 200.000 Zellen/ml Milch (SCHUKKEN et al., 2003)] untersucht. Für die Anzahl der betrachteten ZZ-Messungen gibt es unterschiedliche Protokolle (MC CUBBIN et al., 2022), die die letzten 90d vor dem Trockenstellen (ØSTERÅS et al., 1999; TORRES et al., 2008; KIESNER, 2017; LIPKENS et al., 2019) oder die gesamte Laktation (MC PARLAND et al., 2019; ROWE et al., 2020a; ROWE et al., 2021) präferiert.

Bei der Wahl von Selektionskriterien und geeigneten Schwellenwerten sollte die Prävalenz (subklinischer) IMI einer Herde (TORRES et al., 2008; KIESNER, 2017; LIPKENS et al., 2019), sowie die Milchleistung einer Kuh und Anzahl der Kalbungen (LIPKENS et al., 2019) beachtet werden, da diese einen Einfluss auf den prädiktiven Wert der ZZ (LIPKENS et al., 2019), sowie auf die Kombination aus Mastitis-Historie und ZZ (TORRES et al., 2008), haben.

Je nach gewählten Selektionskriterien werden unterschiedlich viele Tiere als „mit Risiko“ eingestuft (ROWE et al., 2021; FERREIRA et al., 2022; MC DOUGALL et al., 2022). Niedrigere Grenzwerte der ZZ können die Sensitivität erhöhen und gleichzeitig die Spezifität senken (TORRES et al., 2008). Dies spricht für betriebsindividuell angepasste Grenzwerte (KIESNER, 2017; LIPKENS et al., 2019; ROWE et al., 2021) oder Parameterkombinationen, je nach vorherrschenden Erregern im Bestand sowie der Prävalenz von IMI (LIPKENS et al., 2019).

Auch unterschiedliche ZZ-Grenzwerte in Abhängigkeit von der Laktationsnummer werden verwendet, wie z.B. < 150.000 Zellen/ml für Kühe in der 1. Laktation und < 250.000 Zellen/ml für Kühe ab der 2. Laktation (SCHERPENZEEL et al., 2014) oder < 150.000 Zellen/ml für Kühe in der 1. Laktation und < 50.000 Zellen/ml für Kühe ab der 2. Laktation (KOK et al., 2021). LIPKENS et al. (2023) berücksichtigten in ihrer Studie unterschiedliche ZZ-Grenzwerte in Abhängigkeit von dem geometrischen Mittel der somatischen Tankmilchzellzahl (Betriebe mit \geq oder < 157.000 Zellen/ml) und zusätzlich in Abhängigkeit von der Parität der Kühe.

1.6.3. Mastitis-Historie des Einzeltieres

Die Kombination mit einer Mastitis-Historie des jeweiligen Tieres, z.B. keine klinische Mastitis während der Laktation (RAJALA-SCHULTZ et al., 2011; SCHMON, 2019), keine klinische Mastitis innerhalb von 90d vor dem Trockenstellen (BRADLEY et al., 2010; CAMERON et al., 2014), oder Kühe mit ≤ 1 (VASQUEZ et al., 2018) sowie < 2 klinischen Mastitiden (ROWE et al., 2020a) während der Laktation, in Kombination mit der ZZ oder anderen Parametern, werden als „niedriges Risiko für IMI“ zum Zeitpunkt des Trockenstellens klassifiziert.

1.6.4. California-Mastitis-Test

Ein weiterer genutzter Parameter ist der CMT zur Erkennung von IMI kurz vor dem Trockenstellen. Entweder wurde der CMT im Vergleich zur ZZ als Selektionskriterium (MC DOUGALL et al., 2022), in Kombination mit der ZZ (KIESNER, 2017), oder in Kombination mit der Mastitis-Historie und der ZZ genutzt (RINDSIG et al., 1978; SCHMON, 2019). SWINKELS et al. (2021) nutzten den CMT als alleiniges Selektionskriterium und verglichen die Kuh- und Viertelebene miteinander. Hierbei wurden Kühen mit einer ZZ von ≥ 200.000 Zellen/ml in den letzten 3 MLP und einer Mastitis-Historie im gleichen Zeitraum, und Kühen mit < 200.000 Zellen/ml und keiner Mastitis-Historie verglichen (SWINKELS et al., 2021).

1.6.5. Zusätzliche Kriterien

KOK et al. (2021) untersuchten unterschiedliche Trockenstellprotokolle, die neben der Parität und unterschiedlichen Schwellenwerten der ZZ noch die Milchleistung 67d vor dem erwarteten Kalbetermin (\geq oder < 12 kg/d) und unterschiedliche Trockenstehzeiten (0d, 30d, 60d) berücksichtigten.

2. Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB)

2.1. Aktuelle Themen der ITB

Bereits in den 1970er Jahren wurden im landwirtschaftlichen Bereich der ehemaligen DDR Tiergesundheitsmonitoring-Programme eingerichtet (FRIEWALD, 2010; BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN, 2019). Der Begriff „Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung“ (ITB) wurde im Jahr 1993 erstmals vom Arbeitsbereich Bestandsbetreuung und Bestandsdiagnostik an der Tierärztlichen Hochschule Hannover definiert (KRINN, 2004; MANSFELD, 2019). Seitdem „werden in Deutschland Konzepte für die tierärztliche Bestandsbetreuung entwickelt und in praxi privatwirtschaftlich umgesetzt“ (BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN, 2019). Durch den sog. „EU-Tiergesundheitsrechtsakt“ (Animal Health Law [AHL], VO [EU] 2016/429), der seit 21.04.2021 in allen EU-Mitgliedsstaaten umgesetzt werden muss, wurde die ITB zum ersten Mal rechtlich verankert und regelmäßige Tiergesundheitsbesuche durch Tierärzt*innen werden vorgesehen (Artikel 25, VO [EU] 2016/429). Durch das AHL wird den Tierärzt*innen mehr Verantwortung in Bezug auf Tiergesundheit und Tierwohl (MANSFELD & ZERBE, 2022), sowie den Tierhaltern, Unternehmen und zuständigen Behörden eine größere (Eigen-)Verantwortung zugeschrieben (STOCKMANN, 2021). Die (praktizierenden) Tierärzt*innen sollen hierbei eine „aktive Rolle hinsichtlich des Bewusstseins für Tiergesundheit, für Wechselwirkungen zwischen Tiergesundheit, Tierwohl und öffentlicher Gesundheit sowie für Arzneimittelresistenzen“ übernehmen (STOCKMANN, 2021). MANSFELD and ZERBE (2022) beschreiben, dass „die höhere Verantwortung der Tierärzteschaft nur dann wahrgenommen werden kann, wenn die Tiergesundheitsbesuche eine fachlich korrekte Ausgestaltung erfahren und in ausreichend hoher Frequenz durchgeführt werden. Mitverantwortung im Tiergesundheitsmanagement können Tierärzt*innen nur übernehmen, wenn sie die Möglichkeit haben, im Tiergesundheitsmanagement mitzuwirken, ein fortlaufendes Monitoring einzurichten und Tiergesundheit und Tierwohl positiv zu beeinflussen“. Nach Meinung von MANSFELD and ZERBE (2022) „müssen die vorgeschriebenen Tiergesundheitsbesuche [...] mit einer Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung hinterlegt werden“, um die in der AHL beschriebenen Ziele zu erreichen. Die BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN (2019) beschreiben ebenfalls, dass „die „moderne[n] landwirtschaftliche[n] Tierhaltungen [...] Teil komplexer biologischer und wirtschaftlicher Systeme [sind], die ein ganzheitliches Tiergesundheitsmanagement erfordern, das tier-

ärztlich am besten im Rahmen einer Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung („ITB“) gestaltet werden kann.“

2.2. Definition der ITB

„Die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung („ITB“) [bezeichnet] eine regelmäßige, systematische Tätigkeit des Tierarztes mit den Zielen, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere, die Qualität der tierischen Produkte, die wirtschaftliche Situation des Betriebes und letztendlich die Berufszufriedenheit des Betriebspersonals zu steigern“ (MANSFELD et al., 2014c). Dabei werden die spezifischen Bedingungen des Betriebes sowie die gegenseitigen Abhängigkeiten verschiedener Betriebszweige berücksichtigt (MANSFELD et al., 2014c). Dazu wird angestrebt, dass der Tierarzt in das Management aller Betriebszweige, die für das Erreichen der genannten Ziele von Bedeutung sind, einbezogen wird (MANSFELD et al., 2014c). Die BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN (2019) ergänzen in ihrer Definition der ITB, dass diese „ein ganzheitliches und nachhaltiges Tiergesundheits- und Hygienemanagement, das außer der Krankheitsverhütung das Tierwohl und die Umsetzung aller bekannten Maßnahmen zur Lebensmittelsicherheit zum Ziel hat. Dazu gehören auch der tiermedizinisch begründete und damit gezielte Einsatz von Tierarzneimitteln und die kontrollierte Minimierung des Antibiotika-Einsatzes.“

2.3. Grundprinzipien der ITB

MANSFELD et al. (2014b) beschreiben, dass ein strategisches Vorgehen unerlässlich ist, wenn eine ITB in einem Betrieb erfolgreich umgesetzt werden soll. Dazu gehören Feststellung des „Ist-Zustandes“ in den einzelnen Betreuungsbereichen eines Betriebes; die Definition von Zielen, die in den einzelnen Bereichen erreicht werden sollen; die Erarbeitung einer Strategie, mit der die gesetzten Ziele erreicht werden können; eine Anpassung von bereits bestehenden Strategien, wenn diese notwendig wird; die Aufstellung eines Arbeitsprogrammes zur Umsetzung der Strategie; die Durchführung der Arbeitsprogramme mit exakter Dokumentation sowie eine periodische Datenauswertung, die die erfolgten Maßnahmen evaluiert und zu Strategiekorrektur oder Definition neuer Ziele führt (MANSFELD et al., 2014b). Ebenso werden ein betriebspezifisches Vorgehen, die Eignung des betreffenden Tierarztes, der die ITB durchführt, eine entsprechende Praxisorganisation, die die Trennung von der Notfallpraxis und der ITB ermöglicht, sowie der ganzheitliche Ansatz der ITB (Tiergesundheit, Haltung, Fütterung, Management, Abstammung) beschrieben (MANSFELD et al., 2014b).

Grundsätzlich sollten bereits in einem Betrieb vorhandene Daten genutzt werden, um Tierwohl, Tiergesundheit und -leistung zu beurteilen (MANSFELD et al., 2014a; MANSFELD, 2023). Diese werden von tiergesundheitsbezogenen Daten komplementiert, die die/der bestandsbetreuende Tierärztin/Tierarzt erhebt (DE KRUIF et al., 2014; MANSFELD, 2023). Die anfallenden Informationen werden von der/dem bestandsbetreuenden Tierärztin/Tierarzt zusammengeführt, und diese/r interpretiert die Ergebnisse vor dem Hintergrund der jeweiligen betrieblichen Verhältnisse, leitet ggf. erforderliche Maßnahmen ab und trägt zu deren Umsetzung bei (HOEDEMAKER et al., 2014a; MANSFELD, 2023).

Auf Seiten der landwirtschaftlichen Betriebe, in denen eine ITB durchgeführt werden soll, sollten einige Voraussetzungen gegeben sein (BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN, 2019). Beispielsweise sollte eine für das Qualitätsmanagement taugliche Dokumentation und alle tiergesundheits- und tierschutzrelevanter Daten vorhanden sein, die ITB in das Betriebszeitmanagement eingeplant werden, die Information der/des betreuenden Tierärztin/Tierarztes bei auftretenden Abweichung im Gesundheits- und Leistungsstatus eines Bestandes vorgenommen werden und notwendige Hygienemaßnahmen eingehalten werden (BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN, 2019).

„In jedem Fall soll der Tierarzt nicht Überwacher, sondern Begleiter und Berater sein, der den Tierhalter bei der Wahrnehmung seiner Verantwortung und beim Erreichen seiner Ziele unterstützt“ (MANSFELD, 2023).

2.4. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“

Vom Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V. (bpt) werden Leitlinien für die Durchführung einer Tierärztlichen Bestandsbetreuung zur Verfügung gestellt (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019; BPT-FACHGRUPPEN GEFLÜGEL, RIND UND SCHWEIN, 2019). In den Leitlinien für die Bestandsbetreuung beim Rind wird der Fokus auf einen ganzheitlichen Ansatz gelegt, der „aus dem systematischen Monitoring der Gesundheits- und Leistungsentwicklung einer Herde in Verbindung mit detaillierter Diagnostik sowie der Analyse und Beratung zu Risikofaktoren (v.a. in den Bereichen Haltung, Fütterung und Management) und der Beratung und Durchführung von Impf- und Therapiemaßnahmen [besteht]“ (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019). Für die Beurteilung der jeweiligen Ausgangssituation, die Formulierung von Zielen

und die daraus resultierenden Soll-Ist-Vergleiche sollen geeignete Indikatoren (Prüfkriterien) herangezogen werden (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019).

2.5. Prüfkriterien der ITB im Bereich Eutergesundheit

Im „Kontrollbereich Eutergesundheit“ werden hierfür z.B. „[...] Häufigkeiten und Qualitäten von klinischen Eutergesundheitsstörungen (Mastitiden, Zitzenverletzungen etc.), der Zellgehalt in der Milch, nach Möglichkeit auf verschiedenen Ebenen (Herdensammelmilch, Gesamtgemelk, in bestimmten Fällen auch Viertelgemelk), sowie Kennzahlen zur Beurteilung der Eutergesundheitssituation und der Entwicklung dieser in einem Tierbestand benötigt“ (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019). Für Betriebe die nicht an der Milchleistungsprüfung teilnehmen, wird der Zellgehalt der Herdensammelmilch/Anlieferungsmilch zur Beurteilung empfohlen und bei Bedarf Schnelltestmethoden, wie z.B. der CMT (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019). Die MBU von Milchproben wird beschrieben und die regelmäßige Leitkeimbestimmung im Bestand empfohlen (BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019). HOEDEMAKER et al. (2014b) beschreiben eine Reihe von Parametern, Kennzahlen und mögliche Zielvorgaben, die für die Beurteilung der Eutergesundheit und der Milchqualität eines Bestandes herangezogen werden können. Auch die TASK FORCE BESTANDBETREUUNG (2021) fasst in ihren Arbeitsblättern, z.B. für die Eutergesundheit, Indikatoren wie z.B. Neuinfektions- und Heilungsrate während der Trockenstehzeit oder „Abgänge wegen Mastitis pro Jahr“ zusammen, die zum Abgleich des Soll-/Ist-Zustandes einer Herde von den Tierärzt*innen herangezogen werden können.

III. PUBLIKATION I

Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung und Selektives Trockenstellen
in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung unter
Nutztierpraktiker*innen

Veterinary Herd Health Management and Selective Dry Cow Treatment in
Germany – Results of a survey among farm veterinarians

T.Sonnewald-Daum¹

F.Obster^{2,3}

R.Mansfeld¹

¹*Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München*

²*Statistisches Beratungslabor der Ludwig-Maximilians-Universität München*

³*Fakultät für Betriebswirtschaft der Universität der Bundeswehr München*

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2023; 51: 269-283; DOI 0.1055/a-2135-5987, ISSN 1434-1220, © 2023. Thieme. All rights reserved. Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany; eingereicht: 08.08.2022, akzeptiert: 18.04.2023

Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung und Selektives Trockenstellen in Deutschland

Ergebnisse einer Befragung unter Nutztierpraktiker*innen

Veterinary Herd Health Management and Selective Dry Cow Treatment in Germany

Results of a survey among farm veterinarians

Autorinnen/Autoren

Tanja Sonnewald-Daum¹, Fabian Obster^{2,3}, Rolf Mansfeld¹

Institute

- 1 Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, Ludwig-Maximilians-Universität München
- 2 Statistisches Beratungslabor (StaBLab), Ludwig-Maximilians-Universität München
- 3 Fakultät für Betriebswirtschaft, Universität der Bundeswehr München

Schlüsselwörter

Umfrage, Tierärzte, Eutergesundheit, Antibiotikareduktion

Key words

Poll, veterinarians, udder health, antibiotic reduction

eingereicht 08.08.2022

akzeptiert 18.04.2023

Bibliografie

Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2023; 51: 269–283

DOI 10.1055/a-2135-5987

ISSN 1434-1220

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Tanja Sonnewald-Daum
Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und
Bestandsbetreuung
Ludwig-Maximilians-Universität München
Sonnenstr. 16
85764 Oberschleißheim
Deutschland
t.sonnewalddaum@web.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel Ermittlung von aktuellen Informationen über Entwicklung und Durchführung der Integrierten Tierärztlichen Bestands-

betreuung (ITB) sowie Verbreitung des Selektiven Trockenstellens (ST) in deutschen Tierarztpraxen und Milchviehbetrieben. Zudem Darstellung von Unterschieden oder Gemeinsamkeiten zwischen Tierärzten mit und ohne ITB in Bezug auf die Anwendung von Verfahren zum ST.

Material und Methoden 600 Fragebögen wurden im Rahmen von 7 Fortbildungen an Nutztierpraktiker verteilt. Die Teilnahme war freiwillig und anonym. Die Datenauswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik, linearer und logistischer Regression.

Ergebnisse Der Rücklauf betrug 39,3% (n = 236). Eine ITB wurde von 54,2% (n = 128) der Tierärzte durchgeführt. Von 75% (n = 177) der Tierärzte wurden Verfahren zum ST angewendet. Dabei wurden verschiedene Entscheidungskriterien auf Herden- (81,6%, n = 142) und Einzeltierebene (97,7%, n = 172) genutzt. Eine Erfolgskontrolle des Verfahrens wurde häufiger in Betrieben von Tierärzten mit ITB (66%, n = 66) als ohne ITB (41%, n = 28) durchgeführt. Je mehr Betriebe im Rahmen einer ITB betreut wurden, desto höher war der Anteil der Betriebe, in denen selektiv trockengestellt wurde. Eine steigende Chance auf eine gleichbleibende oder verbesserte Eutergesundheit war mit ST-Betrieben assoziiert, in denen gleichzeitig eine ITB durchgeführt wurde (OR: 1,025; p < 0,05). Die Beratung bei Problemen in der Trockenstehzeit (OR: 3,639; p < 0,05), die Häufigkeit, mit der Tierärzte die Landwirte (OR: 1,595; p < 0,05) und Landwirte die Tierärzte auf ST ansprachen (OR: 1,538; p < 0,05), sowie die Beratungshäufigkeit zum Trockenstellmanagement (OR: 1,608; p < 0,05) hatten einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, ob ST in einem Betrieb durchgeführt wurde und ob dies erfolgreich war.

Schlussfolgerungen Sowohl ITB als auch ST sind nach vorliegenden Daten etablierte Bestandteile der tierärztlichen Tätigkeit in Rinderpraxen. Das ST wird in der Praxis zum Teil im Rahmen kontrollierter Verfahren mit Erfolgskontrolle umgesetzt. Die Durchführung einer ITB war positiv mit der Anzahl der Betriebe assoziiert, in denen selektiv trockengestellt wurde, und mit dem Eutergesundheitsstatus, wenn in einem Betrieb ITB und ST kombiniert durchgeführt wurden. Beratungsangebot

und -häufigkeit der Tierärzte haben einen wesentlichen Einfluss auf eine Antibiotikareduktion durch ST.

ABSTRACT

Objective The aim of the survey was to evaluate the development and implementation of Veterinary Herd Health Management (VHHM), as well as Selective Dry Cow Treatment (SDCT), in German veterinary practices and dairy farms. Furthermore, this survey set out to compare and contrast veterinary practitioners that utilize VHHM in relation to SDCT with those that do not.

Material and methods The survey (n = 600) was distributed to veterinary livestock practitioners at 7 advanced training courses. Participation was voluntary and anonymous. Data analysis was carried out by means of descriptive statistics as well as by linear and logistic regression.

Results The response rate amounted to 39.3% (n = 236). 54.2% (n = 128) of the veterinarians reported that they conduct VHHM. Procedures for SDCT were used on farms overseen by 75% (n = 177) of the vets. Different decision criteria applied at herd (81.6%, n = 142) and at individual cow level (97.7%, n = 172) respectively. A performance review of SDCT was car-

ried out more frequently on farms of veterinarians that practice VHHM (66%, n = 66) than those that do not (41%, n = 28). An increase in the number of farms conducting VHHM was associated with an increase in the proportion of farms using SDCT. An increase of the probability of good udder health was associated with SDCT farms that also apply VHHM (OR: 1.025; $p < 0.05$). The provision of consultation for problems arising during the dry period (OR: 3.639; $p < 0.05$), the frequency of veterinarians addressing SDCT with farmers (OR: 1,595; $p < 0,05$) and vice versa (OR: 1,538; $p < 0.05$), as well as frequency of consultation for drying off management (OR: 1,608; $p < 0.05$) had an positive impact on the likelihood of SDCT being implemented on a farm and whether this process was ultimately successful.

Conclusions According to available data, both VHHM and SDCT are established parts of veterinary practice in bovine care. In practice, SDCT is partially conducted within the framework of a controlled procedure including a performance review. The implementation of VHHM has an effect on the number of farms performing SDCT as well as on udder health where VHHM and SDCT are combined on a farm. The range and frequency of consultation by veterinarians have a significant influence on a reduction of use of antibiotics by implementation of SDCT.

Einleitung

Tiergesundheit, Tierwohl und die Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen rücken immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit und der Gesetzgebung. Unter anderem wird dies verdeutlicht durch die Novellierung der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV) im März 2018 [1], der VO (EU) 2016/429, welche am 21.04.2021 in allen EU-Mitgliedsstaaten in Kraft getreten ist und regelmäßige Tiergesundheitsbesuche durch Tierärzt*innen (TÄ) vorsieht [2], sowie durch die VO (EU) 2019/6, die die Anwendung von Antibiotika sowie deren prophylaktischen und metaphylaktischen Einsatz in der Tiermedizin weiter reglementiert [3]. Ebenso wurde die „Vermeidung der systematischen Behandlung von Kühen während der Trockenstellung sowie Prüfung und Durchführung alternativer Maßnahmen im Einzelfall“ bereits in den Leitlinien 2015/C 299/04 der Europäischen Union gefordert [4]. Laut der „Fachgruppe Rind“ des Bundesverbandes Praktizierender Tierärzte e.V. (bpt), sind die „moderne[n] landwirtschaftliche[n] Tierhaltungen [...] Teil komplexer biologischer und wirtschaftlicher Systeme, die ein ganzheitliches Tiergesundheitsmanagement erfordern, das tierärztlich am besten im Rahmen einer Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung („ITB“) gestaltet werden kann [5]“. „Die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung („ITB“) bezeichnet eine kontinuierliche, systematische Tätigkeit des Tierarztes mit den Zielen, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere, die wirtschaftliche Situation des Betriebes, die Qualität der tierischen Produkte und letztendlich die Berufszufriedenheit des Betriebspersonals zu steigern. Dabei werden die spezifischen Bedingungen des Betriebes sowie die gegenseitigen Abhängigkeiten ver-

schiedener Betriebszweige berücksichtigt [6]“. Im Jahr 2001 führten 140 (27,5%) von 509 befragten TÄ in der Bundesrepublik Deutschland eine ITB durch [7].

Je nach gewählten Selektionskriterien werden mögliche Antibiotikaeinsparungen von 23,5% bis 75% durch Selektives Trockenstellen (ST) in Milchviehbetrieben, im Vergleich zu Betrieben die generell antibiotische Trockenstellpräparate einsetzen, beschrieben [8–13]. Inwieweit das ST in deutschen Nutztierpraxen und Milchviehbetrieben zur Antibiotikareduktion durchgeführt wird und ob bzw. welche Entscheidungskriterien hierfür genutzt werden, war bis zum Zeitpunkt der Umfrage nicht bekannt. In einer Studie von Bertulat et al. [14] zum Trockenstellmanagement (TSM) in norddeutschen Milchviehbetrieben wurde ST von keinem Landwirt*in (LW) erwähnt [14]. 2015 bis 2018 wurde ein flächendeckendes Projekt zum ST in Bayern unter Beteiligung privat geführter Milchviehbetriebe und Tierarztpraxen durchgeführt [15, 16].

Ziel der vorliegenden Studie war es, anhand einer Umfrage unter Nutztierpraktiker*innen mit dem Schwerpunkt Rind den aktuellen Stand der Entwicklung und Durchführung der ITB sowie der Verbreitung des ST in deutschen Tierarztpraxen und Milchviehbetrieben zu ermitteln. Außerdem wurden 3 Hypothesen aufgestellt: (1) Es gibt eine positive Assoziation zwischen der Implementierung einer ITB und der Implementierung von Verfahren zum ST. (2) Das ST wird in der Praxis als kontrolliertes Verfahren durchgeführt. (3) TÄ mit ITB betreuen mehr Betriebe, die erfolgreich selektiv trockenstellen, als TÄ ohne ITB.

Material und Methoden

Konzeption des Fragebogens

Der standardisierte Fragebogen richtete sich ausschließlich an im Nutztierbereich Rind tätige sowie in Deutschland ansässige TÄ und gliederte sich in 2 Abschnitte mit insgesamt 40 Fragen. Für TÄ ohne ITB verkürzte sich dieser durch eine Weichenfrage auf 36 Fragen. Der erste Abschnitt beinhaltete 6 Fragen zu Praxisdaten und Praxisklientel sowie 4 Fragen zur ITB in Anlehnung an Krinn [7]. Der zweite Abschnitt umfasste 30 Fragen rund um TSM, Milchprobenuntersuchung und ST. In einem Begleitschreiben wurden Ziel der wissenschaftlichen Untersuchung, Details zur Befragung, zu erwartende Bearbeitungsdauer und die beabsichtigte Verwendung der Ergebnisse beschrieben [17, 18]. Eine Definition der ITB [6] sowie eine Beschreibung des ST wurden dem jeweiligen Abschnitt vorangestellt, um ein einheitliches Verständnis der Fragen zu gewährleisten. Das ST wurde im Fragebogen wie folgt beschrieben: Beim Konzept des „Selektiven Trockenstellens“ wird tierindividuell und anhand mehrerer Kriterien entschieden, ob eine antibiotische Trockenstellbehandlung erforderlich ist oder auf eine Anwendung von Antibiotika verzichtet werden kann. Für die Beurteilung der Eutergesundheit (EG) in den Betrieben durch die TÄ wurde die DLQ-Richtlinie 1.15 (2014) zu Grunde gelegt, bei der bundeseinheitlich „[...] Kennzahlen zum Eutergesundheitsmonitoring auf Herdenebene [...]“ und die Zellzahlgrenze von 100000 Zellen/ml Milch für eutergesunde Tiere festgelegt wurden [19]. Die Autoren gingen davon aus, dass diese Kennzahlen unter Rinderpraktikern hinreichend bekannt sind, um eine Einschätzung über die Entwicklung der EG in deren betreuten Betrieben geben zu können.

Je nach Sachverhalt wurden quantitative Fragen, halboffene Fragen mit vorgegebenen Kategorien (ja/nein) und Zusatzkategorie „sonstiges“ oder geschlossene Fragen (ja/nein/weiß nicht) bzw. Ratingskalen (5-Point Likert-Skala [trifft voll und ganz zu – trifft überhaupt nicht zu], 6 Kategorien-Häufigkeit [sehr oft – nie]) verwendet [20, 21]. Eine nicht inhaltliche Kategorie (weiß nicht) oder eine Ergänzungsmöglichkeit (sonstiges) wurde geschlossenen bzw. halboffenen Fragen hinzugefügt, damit befragte Personen nicht zufällig eine inhaltliche Antwortkategorie wählen anstatt das Fehlen einer relevanten Einstellung oder von tatsächlichem Wissen um einen Sachverhalt zu kommunizieren [21]. Zusätzlich sollte damit eine suggestive Wirkung vorgegebener Antworten ausgeschlossen werden [17].

Im Vorfeld wurde ein Pretest zur Ermittlung der durchschnittlichen Befragungszeit sowie der Verständlichkeit der Fragen durchgeführt [22]. Dies fand in Zusammenarbeit mit 12 TÄ statt. Die Teilnahme an der Befragung nahm ca. 15 Minuten in Anspruch.

Datenerhebung

Insgesamt 600 Fragebögen wurden im Rahmen von 7 Fortbildungs- und Kongressveranstaltungen in Deutschland an Nutztierpraktiker*innen zwischen Juli 2019 und Januar 2020 verteilt. Diese waren im Einzelnen der bpt-Kongress 2019 (München), der 2. Abend der Oberschleißheimer Wiederkäuerreihe, 4 Rindersymposien der Intervet Deutschland GmbH (Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Unterschleißheim) in Münster, Schneverdingen, Nürnberg und Dresden sowie der 10. Leipziger Tierärztekongress.

Die Teilnahme an der Umfrage war freiwillig und anonym. Die Fragebögen wurden während der Vortragsveranstaltungen ausgefüllt und im Anschluss in eine bereitgestellte, verschlossene Box am Ausgang der Veranstaltungsräume eingeworfen.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden in das Programm EvaSys (Survey Automation Suite, LMU - evasys V8.1 [2253] - Copyright © 2021 evasys GmbH, Lüneburg, Deutschland) übertragen. Die Auswertung erfolgte mittels der Software EvaSys sowie R (R Core Team [2014]. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Austria). Grafiken und Tabellen wurden mittels EvaSys, Microsoft Excel© sowie R mit dem Paket ggplot [23] erstellt.

Die Fragen wurden einzeln ausgewertet. Die jeweilige Anzahl der antwortenden TÄ (n) wird genannt. Die Auswertung von Frageblöcken, in denen Mehrfachnennungen möglich waren, erfolgte auf Basis deskriptiver, zusammenfassender Statistik mittels EvaSys und Excel in einer Häufigkeitsdarstellung. Diese bezieht sich auf die Anzahl der antwortenden TÄ (n), Anzahl der Nennung der einzelnen Antwortmöglichkeiten (N), Gesamtanzahl aller Nennungen (N_{gesamt}), Anteil der einzelnen Antwortmöglichkeiten von der Gesamtanzahl aller Nennungen (A_N = N von N_{gesamt} in [%], Summe (A_{N gesamt}) = 100 %), und Anteil der genannten Antworten von der Anzahl der antwortenden TÄ (A_n = N von n in [%], Summe (A_{n gesamt}) > 100 %) [24]. Mittelwert (mw), Median (md) und Standardabweichung (s) wurden für die jeweiligen Kategorien ermittelt.

Zur Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen den binären Zielgrößen EG, ST sowie ITB und unterschiedlichen Einflussgrößen wurden logistische Regressionsmodelle verwendet. Die Zielvariable „EG“ differenzierte zwischen den zwei Merkmalsausprägungen „Verschlechterung der EG“ und „keine Veränderung oder Verbesserung der EG“. Die Zielvariable „ST“ differenzierte zwischen „Durchführung eines Verfahrens des ST“ und „Keine Durchführung eines Verfahrens des ST“. Die Zielvariable ITB differenzierte zwischen „Durchführung einer ITB“ und „Keine Durchführung einer ITB“. In den 2 berechneten Modellen EG (► Tab. 6) und ST (► Tab. 5) wurde ein Intercept geschätzt und die Wahrscheinlichkeit, dass „keine Veränderung oder Verbesserung der EG“ in den Betrieben eintritt bzw. ein Verfahren zum ST in den Betrieben durchgeführt wird, beschrieben. Hierfür wurden aus dem Fragebogen diejenigen Fragen als Einflussgrößen verwendet die als Hypothesen formuliert wurden, um mit der jeweiligen Zielgröße in Zusammenhang stehen zu können.

Für eine gute EG bzw. erfolgreiches ST wurde folgende Definition aufgestellt: Nach Einführung des ST in einem Betrieb hat sich die EG im Vergleich zum Status der EG vor dem ST nicht verändert oder ist besser geworden.

Zur Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen der Gesamtanzahl der Betriebe, in denen eine ITB durchgeführt wurde und der Gesamtanzahl von Betrieben, in denen ein Verfahren des ST durchgeführt wurde, wurde ein univariates lineares Regressionsmodell verwendet. Für den Zusammenhang zwischen dem prozen-

► **Tab. 1** Häufigkeiten der Tätigkeitsfelder die pro Praxis abgedeckt werden, im Vergleich von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung.

► **Table 1** Frequency table of scope of activities covered per practice comparing practices with and without Veterinary Herd Health Management.

Variable „Tätigkeitsfelder“	Tierärzte mit ITB n = 128			Tierärzte ohne ITB n = 108		
	Antworten		Anteil Tierärzte mit ITB (A _n)	Antworten		Anteil Tierärzte ohne ITB (A _n)
	Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)		Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)	
Milchkühe mit Nachzucht	125	20,6%	97,7%	104	21,2%	96,3%
Mutterkühe mit Nachzucht	107	17,6%	83,6%	87	17,7%	80,6%
Kleintiere	76	12,5%	59,4%	67	13,7%	62,0%
Mastrinder	74	12,2%	57,8%	65	13,2%	60,2%
kleine Wiederkäuer	73	12,0%	57,0%	61	12,4%	56,5%
Pferde	66	10,9%	51,6%	47	9,6%	43,5%
Schweine	58	9,5%	45,3%	41	8,4%	38,0%
Geflügel	20	3,3%	15,6%	11	2,2%	10,2%
sonstiges	9	1,5%	7,0%	8	1,6%	7,4%
Gesamt	608	100%		491	100%	

Tierärzte ohne ITB = Tierärzte, die keine ITB durchführen, und Tierärzte, deren Bestandsbetreuungskonzept nicht der Definition einer ITB entspricht; ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung; n = Anzahl antwortender Tierärzte; N = Anzahl der Nennungen der einzelnen Variablen; A_N = Anteil der einzelnen Nennungen von der Gesamtanzahl aller Nennungen in [%]; A_n = Anteil Nennungen der einzelnen Variablen von n in [%]. Mehrfachnennungen waren möglich.

tualen Anteil der Betriebe in denen eine ITB und ein Verfahren des ST gleichzeitig durchgeführt wurden und des prozentualen Anteils der ST-Betriebe, in Bezug auf die Zielgröße „gute EG“, wurde eine logistische Regression verwendet [23]. In der Zusammenfassung wurden zur Verbesserung der Lesbarkeit die Inversen Odds Ratio für den Einfluss der Ratingskalen angegeben.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ wurden Unterschiede bzw. Korrelationen als statistisch signifikant eingestuft, im Bereich $0,05 \leq p < 0,1$ als Trend bewertet. Die Hypothesen des linearen Modells wurden durch den t-Test, die Modelle der logistischen Regression durch eine Wald-Statistik getestet. Hierfür wurden die R-Funktionen (lm()), für das univariate lineare Modell, sowie (glm()), für die logistischen Regressionsmodelle, zum Schätzen und Testen verwendet. Modellannahmen wurden durch visuelle Inspektion des Residualplots validiert. Die logistischen Regressionsmodelle wurden mit den Kriterien des AIC (Akaike-Informationskriterium) verglichen. Die verwendeten Modelle hatten einen besseren AIC-Wert als die jeweiligen Submodelle.

Ergebnisse

Der Rücklauf betrug insgesamt 39,3 % (236 von 600 Fragebögen). In den 2 berechneten Modellen (EG ▶ Tab. 6, ST ▶ Tab. 5) wurden fehlende Werte der Ratingskalen (numerische Variablen) durch den jeweiligen Mittelwert ersetzt, um die Stichprobengröße für die Regressionsanalysen nicht weiter zu verringern. Die Variable „Auffällige Tiere müssen sicher erkannt werden“ wies 21, „Zusätzliche Kosten“ 18, „Risiko für die EG“ 17, „Verbesserter Überblick über die EG“ 10, „Ansprechen der Kunden auf ST“ 6, „Angebotene Beratung

TSM“ 6, „Angeforderte Beratung TSM“ 5, „Von Kunden auf ST angesprochen werden“ 5, „Einsparung von Antibiotika“ 1 fehlende Werte auf. Die Einflussgröße „Kriterien auf Einzeltierebene“ konnten in dem Modell EG (▶ Tab. 6) nicht aufgenommen werden, da es zu wenige TA gab, die keine Kriterien auf Einzeltierebene anwendeten. Unterschiede in Bezug auf die EG zwischen TA-Gruppen, die Kriterien auf Herden- und Einzeltierebene anwendeten, und denen, die dies nicht taten, konnten in der vorliegenden Studie aus demselben Grund nicht ermittelt werden.

Teilnehmende Tierärzte

An der Umfrage nahmen TÄ (n = 235) aus 14 Bundesländern teil. 1 TA gab kein Bundesland an. Aus Bayern kamen 80 (34%) TÄ, gefolgt von Niedersachsen (n = 31, 13,2%) und Sachsen (n = 26, 11,1%). Aus Bremen und Hamburg gab es keine Teilnehmer. Die Teilnehmeranzahl aus den übrigen Bundesländern variierte zwischen 1 (0,4%) und 16 (6,8%). Gemäß Definition [6] führten 128 TÄ (54,2%) eine ITB durch (TÄ_{ITB}), 96 TÄ (40,7%) nicht. Zwölf TÄ beantworteten die Frage nach Durchführung einer ITB gemäß Definition [6] mit „sonstiges“ und gaben an, dass ihre Bestandsbetreuung nicht exakt der Definition entspräche. Diese Daten wurden in den ITB-betreffenden Auswertungen nicht berücksichtigt, sondern den TÄ ohne ITB zugeordnet.

Im Durchschnitt wurden 4,6 unterschiedliche Tätigkeitsfelder pro Praxis abgedeckt. Diese können ▶ Tab. 1 entnommen werden. Von den TÄ_{gesamt} betreuten 97% (n = 229) in ihren Praxen Milchkühe mit Nachzucht. Der Anteil der abgedeckten Tätigkeitsfelder (A_n) war bei den TÄ mit und ohne ITB prozentual ähnlich (▶ Tab. 1).

▶ **Tab. 2** Häufigkeiten der unterschiedlichen Bestandsgrößen der betreuten Milchviehbetriebe pro Praxis im Vergleich von Tierärzten mit Integrierter Tierärztlicher Bestandsbetreuung (ITB) in deren ITB-betreuten Betrieben sowie Tierärzten ohne ITB.

▶ **Table 2** Frequency table of dairy farm herd sizes per practice comparing vets employing Veterinary Herd Health Management (VHHM) in VHHM farms with vets without VHHM.

Variable "Bestandsgröße"	Tierärzte mit ITB (ITB-Betriebe)n = 128			Tierärzte ohne ITBn = 108		
	Antworten		Anteil Tierärzte mit ITB (A _n)	Antworten		Anteil Tierärzte ohne ITB (A _n)
	Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)		Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)	
<30 Kühe	13	4,6%	10,2%	65	18,2%	60,2%
31–60 Kühe	26	9,1%	20,3%	80	22,4%	74,1%
61–100 Kühe	51	18,0%	39,8%	83	23,3%	76,9%
101–200 Kühe	74	26,0%	57,8%	74	20,7%	68,5%
201–500 Kühe	69	24,3%	53,9%	37	10,4%	34,3%
>501 Kühe	51	18,0%	39,8%	18	5,0%	16,7%
Gesamt	284	100%		357	100%	

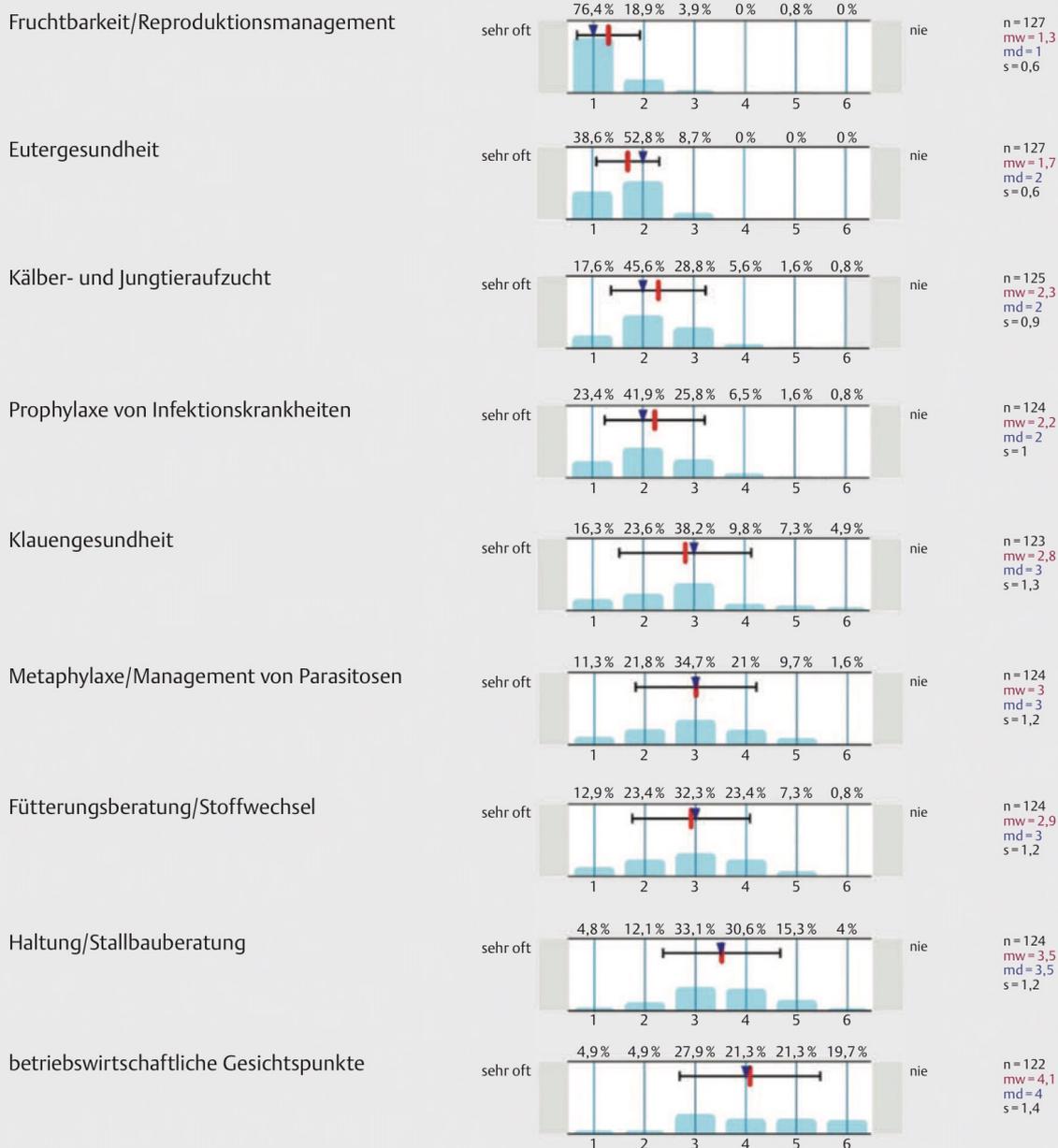
Tierärzte ohne ITB = Tierärzte, die keine ITB durchführen, und Tierärzte, deren Bestandsbegriff nicht der Definition einer ITB entsprach; ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung; n = Anzahl antwortender Tierärzte; N = Anzahl der Nennungen der einzelnen Variablen; A_N = Anteil der einzelnen Nennungen von der Gesamtanzahl aller Nennungen in [%]; A_n = Anteil Nennungen der einzelnen Variablen von n in [%]. Mehrfachnennungen waren möglich.

Tierärzte mit Integrierter Tierärztlicher Bestandsbetreuung

Die TÄ ohne ITB betreuen durchschnittlich 3,3 unterschiedliche Bestandsgrößen von Milchviehbetrieben, im Rahmen einer ITB waren dies durchschnittlich 2,2. Die unterschiedlichen Bestandsgrößen, die von den TÄ mit und ohne ITB betreut wurden, können ▶ **Tab. 2** entnommen werden. Betriebe mit Bestandsgrößen von ≤ 60 Kühen hatten bei TÄ ohne ITB einen Gesamtanteil von 40,6%. ITB-Betriebe von TÄ_{ITB} dieser Bestandsgrößen hatten einen

Gesamtanteil von 13,7% (▶ **Tab. 2**). Betriebe mit ≥ 201 Kühen hatten bei TÄ ohne ITB einen Gesamtanteil von 15,4%. ITB-Betriebe von TÄ_{ITB} dieser Bestandsgrößen hatten einen Gesamtanteil von 42,4% (▶ **Tab. 2**).

In den ITB-betreuten Betrieben lag ein Fokus auf den Bereichen Fruchtbarkeit und Reproduktionsmanagement, EG sowie Kälber- und Jungtieraufzucht (▶ **Abb. 1**). Die unterschiedlichen Arten der Beratungsangebote der TÄ können ▶ **Tab. 3** entnommen werden. Im Vergleich zu TÄ_{ITB} boten TÄ ohne ITB hauptsächlich dann eine



▶ **Abb. 1** Ratingskala mit Häufigkeitsangabe zu betreuten Bereichen in den Betrieben mit Integrierter Tierärztlicher Bestandsbetreuung. n = Anzahl der antwortenden Tierärzte, mw = Mittelwert, md = Median, s = Standardabweichung. Mehrfachnennungen waren möglich. Quelle: T. Sonnewald-Daum.

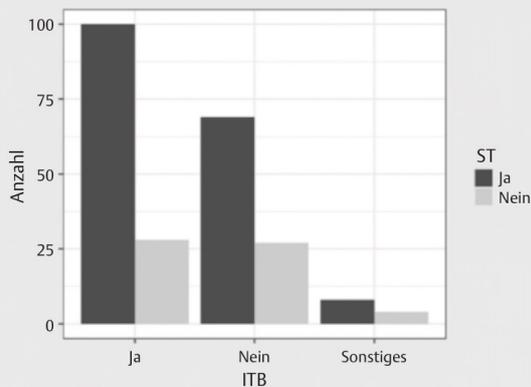
▶ **Fig. 1** Rating scale with frequency information of scope of work in farms with a Veterinary Herd Health Management. Source: T. Sonnewald-Daum.

► **Tab. 3** Häufigkeiten der angebotenen Beratungsarten der Tierärzte im Vergleich von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung aus dem Fragebogenteil zum Selektiven Trockenstellen.

► **Table 3** Frequency table of the types of consultation offered by veterinarians, comparing practices with and without Veterinary Herd Health Management, concerning the part of the survey with selective dry cow treatment.

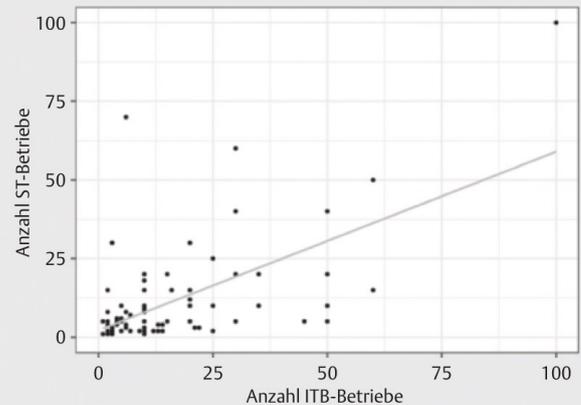
Variable "Beratung"	Tierärzte mit ITB n = 128			Tierärzte ohne ITB n = 108		
	Antworten		Anteil Tierärzte mit ITB (A _n)	Antworten		Anteil Tierärzte ohne ITB (A _n)
	Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)		Nennungen (N)	Anteil Nennungen (A _N)	
geplant, aus aktuellem Anlass	75	34,2 %	58,6 %	48	29,1 %	44,4 %
geplant, während Routinebesuch	68	31,1 %	53,1 %	33	20,0 %	30,6 %
nebenbei, wenn Sie im Betrieb sind	76	34,7 %	59,4 %	83	50,3 %	76,9 %
keine	0	0,0 %	0,0 %	1	0,6 %	1,0 %
Gesamt	219	100,0 %		165	100,0 %	

Tierärzte ohne ITB = Tierärzte, die keine ITB durchführen, und Tierärzte, deren Bestandsbetreuungskonzept nicht der Definition einer ITB entsprach; ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung; n = Anzahl antwortender Tierärzte; N = Anzahl der Nennungen der einzelnen Variablen; A_N = Anteil der einzelnen Nennungen von der Gesamtanzahl aller Nennungen in [%]; A_n = Anteil Nennungen der einzelnen Variablen von n in [%]. Mehrfachnennungen waren möglich.



► **Abb. 2** Anzahl der Tierärzte mit und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, die Betriebe mit und ohne Selektives Trockenstellen betreiben. ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, ST = Selektives Trockenstellen, Sonstiges = Tierärzte deren ITB nicht der Definition entspricht, ja = durchgeführt, nein = nicht durchgeführt. N (ITB_{JA} und ST_{ja/nein}) = 128, n (ITB_{NEIN} und ST_{ja/nein}) = 96, n (sonstiges und ST_{ja/nein}) = 12; n (ITB_{JA} und ST_{ja}) = 100, n (ITB_{NEIN} und ST_{ja}) = 69, n (sonstiges und ST_{ja}) = 8. Quelle: F. Obster, T. Sonnenswald-Daum.

► **Fig. 2** Number of veterinarians with and without Veterinary Herd Health Management attending farms with and without Selective Dry Cow Treatment. Source: F. Obster, T. Sonnenswald-Daum.



► **Abb. 3** Beziehung der Anzahl der Betriebe, in denen eine Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung durchgeführt wird (x-Achse) und der Anzahl der Betriebe, in denen selektiv trocken gestellt wird (y-Achse). ST = Selektives Trockenstellen, ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung. Die Nennung von Zahlen betreuter Betriebe > 100 wurde nicht berücksichtigt. Es besteht ein positiver linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Betriebe in denen eine ITB durchgeführt wird und Betrieben in denen selektiv trocken gestellt wird ($\beta = 0,41$; $p < 0,001$, $R^2 = 0,433$, ► **Tab. 4**). Wenn 10 Betriebe mehr im Rahmen einer ITB betreut werden, gibt es im Mittel 4 Betriebe mehr, in denen selektiv trocken gestellt wird. Quelle: F. Obster, T. Sonnenswald-Daum.

► **Fig. 3** Relationship between the number of farms where Veterinary Herd Health Management is carried out (x-axis) and the number of farms performing Selective Dry Cow Treatment (y-axis). Source: F. Obster, T. Sonnenswald-Daum.

► **Tab. 4** Beziehung der Anzahl der Betriebe, in denen eine Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung durchgeführt wird und der Anzahl der Betriebe, in denen selektiv trocken gestellt wird.

► **Table 4** Relationship between the number of farms in which Veterinary Herd Health Management is carried out and the number of farms performing Selective Dry Cow Treatment.

Einflussgrößen	Beta-Koeffizient	Standardfehler	t-Statistik	p-Wert
Intercept	1,889	1,732	1,090	0,279
Anzahl Betriebe ITB	0,412	0,092	4,450	<0,001 ^a
Gesamtanzahl Betriebe	0,048	0,016	2,947	0,004 ^a

ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, ^a= signifikant, R² = 0,433.

► **Tab. 5** Modell zum Verfahren des Selektiven Trockenstellens basierend auf einer logistischen Regression: Darstellung der relativen Chance (OR), dass in Betrieben ein Verfahren zum Selektiven Trockenstellen angewendet wird.

► **Table 5** Model of procedure for Selective Dry Cow Treatment based on logistic regression: representation of the relative chance (OR) that Selective Dry Cow Treatment is used on farms.

Einflussgrößen	Odds Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p-Wert
Intercept	27,886	1,605–542,474	0,024
ITB/ nein	1,007	0,492–2,083	0,984
[Referenz: ITB/ ja]			
ITB/ sonstiges	0,606	0,129–3,311	0,538
[Referenz: ITB/ ja]			
Einsparung von Antibiotika ^d	1,120	0,724–1,806	0,623
Verbesserter Überblick über die EG ^d	0,949	0,673–1,342	0,768
Risiko für die EG ^d	0,993	0,706–1,396	0,968
Zusätzliche Kosten, z. B. für MU ^d	0,933	0,657–1,323	0,699
Auffällige Tiere müssen sicher erkannt werden ^d	0,866	0,561–1,364	0,524
Beratung zum TSM/ ja	1,023	0,391–2,530	0,960
[Referenz: “-“/ nein]			
Festlegen eines betriebsspezifischen Trockenstellprotokolls (SOP)/ ja	1,080	0,454–2,655	0,861
[Referenz: “-“/ nein]			
Beurteilung MU im Zusammenhang mit dem Trockenstellen/ ja	1,719	0,511–5,391	0,361
[Referenz: “-“/ nein]			
Beratung bei gehäuften Problemen in der Trockenstehzeit/ ja	3,639	1,576–8,476	0,002 ^a
[Referenz: “-“/ nein]			
Ansprechen der Kunden auf ST ^c	0,627 ^e	0,433–0,889	0,010 ^a
Von Kunden auf ST angesprochen werden ^c	0,650 ^f	0,441–0,957	0,029 ^a
Angeforderte Beratung TSM ^c	0,887	0,557–1,412	0,613

ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, EG = Eutergesundheit, ST = Selektives Trockenstellen, TSM = Trockenstellmanagement, MU = mikrobiologische Untersuchung von Milchproben, SOP = Standard Operating Procedure; ^cDaten aus Ratingskala [6 Antwortkategorien „sehr oft“–„nie“], ^dDaten aus Likert-Skalen [5 Antwortkategorien „trifft voll und ganz zu“–„trifft überhaupt nicht zu“]. ^asignifikant, ^bTrend, ^eInverse OR: 1,595, ^fInverse OR: 1,538

Beratung an, wenn sie gerade im Betrieb waren und diese nebenbei zu der durchgeführten (Behandlungs-)Tätigkeit erfolgte (► **Tab. 3**).

Die im Rahmen der Betreuungstätigkeit erhobenen Daten wurden von 53,1 % (A_n, N = 68) der 128 TÄ_{ITB} monatlich und von 21,9 %

vierteljährlich (A_n, N = 28) ausgewertet. Die monatliche bzw. vierteljährliche Auswertung hatte mit 50,7 % (A_N, N = 68) bzw. 20,9 % (A_N, N = 28) die höchsten Anteile aller genannten Auswertungintervalle (N_{gesamt} = 134).

Durchführung von Verfahren zum Selektiven Trockenstellen in den jeweiligen Tierarztpraxen

Von $T\ddot{A}_{gesamt}$ betreuten 177 $T\ddot{A}$ (75 %) Betriebe, in denen selektiv trockengestellt wurde ($T\ddot{A}_{STgesamt}$). Hiervon boten 100 (56,5 %) eine ITB an ($T\ddot{A}_{ITB/ST}$), 69 (39 %) führten keine ITB durch ($T\ddot{A}_{ST}$) (► **Abb. 2**). Acht $T\ddot{A}$, deren ITB nicht der Definition entsprach, betreuten selektiv trockenstellende Betriebe (► **Abb. 2**). Da hier nicht sicher sein konnte, ob diese $T\ddot{A}$ Maßstäbe von $T\ddot{A}_{ITB}$ für das ST ansetzten oder wie $T\ddot{A}$ ohne ITB voringen, wurden diese in der folgenden Auswertung in Bezug auf das ST nicht berücksichtigt.

Basierend auf einer univariaten linearen Regression, die auf die Anzahl der Betriebe korrigiert wurde, ergab sich auf Betriebsebene ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl betreuter ITB- und ST-Betriebe ($\beta = 0,41$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,433$; ► **Abb. 3**, ► **Tab. 4**).

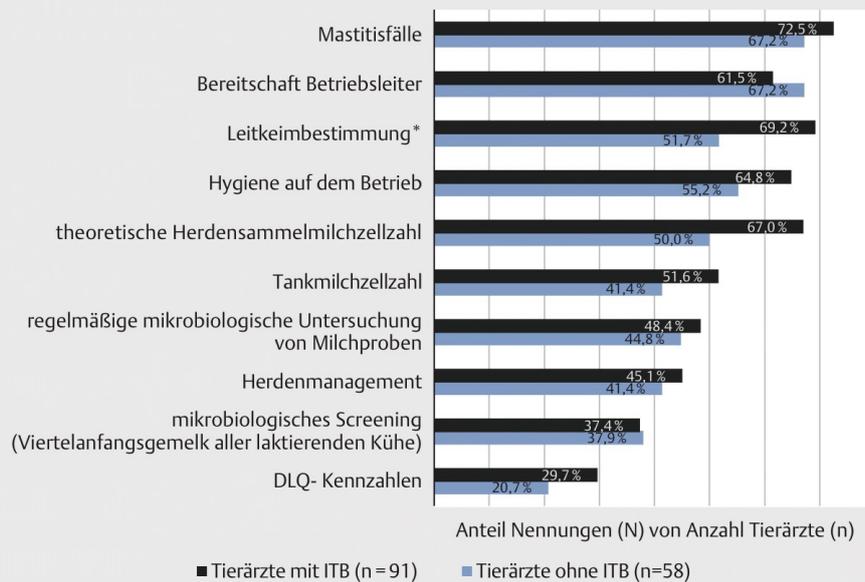
Aus dem „Modell ST“ ergaben sich 3 Einflussgrößen von 14, die in signifikantem Zusammenhang mit der relativen Chance der Durchführung eines Verfahrens zum ST in einem Betrieb standen (► **Tab. 5**). Erfolgte eine Beratung bei gehäuften Problemen in der Trockenstehzeit, war die relative Chance, dass ST in einem Betrieb durchgeführt wird, 3,6-mal höher, als wenn diese unterblieb (OR: 3,639, $p = 0,002$, ► **Tab. 5**). Die Häufigkeit, mit der $T\ddot{A}$ ihre LW auf ST ansprachen sowie von den LW auf ST angesprochen wurden, hatte einen Einfluss: Pro aufsteigender Antwortkategorie (1 = „sehr oft bis 6 = „nie“) in Bezug auf Ansprechen der LW auf ST sank die Chance, dass ein Verfahren in einem Betrieb angewendet wird, um

den Faktor 0,627 (OR: 0,627, $p = 0,010$, ► **Tab. 5**). Ebenso sank die Chance um den Faktor 0,650 pro aufsteigender Antwortkategorie in Bezug auf Ansprechen der $T\ddot{A}$ durch die LW (OR: 0,650, $p = 0,029$, ► **Tab. 5**).

Die am häufigsten genannten Gründe für die Durchführung des ST waren die Einsparung von Antibiotika („trifft voll und ganz zu“, 59,1 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 235$; $mw = 1,6$; $md = 1$), ein gezielter Medikamenteneinsatz („trifft voll und ganz zu“, 51,9 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 231$; $mw = 1,7$; $md = 1$) sowie ein gezielteres Eingreifen bei (sub-)klinischen Mastitiden („trifft ziemlich zu“, 39 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 228$; $mw = 2,4$; $md = 2$). Als die kritischsten Punkte des ST wurden das sichere Erkennen von auffälligen Tieren („trifft voll und ganz zu“, 50,7 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 215$; $mw = 1,7$; $md = 1$), die Notwendigkeit eines gewissenhaften Managements („trifft voll und ganz zu“, 52,8 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 214$; $mw = 1,7$; $md = 1$) und ein zusätzlicher Arbeitsaufwand („trifft ziemlich zu“, 34,1 %, $n [T\ddot{A}_{gesamt}] = 217$; $mw = 2,4$; $md = 2$) angesehen.

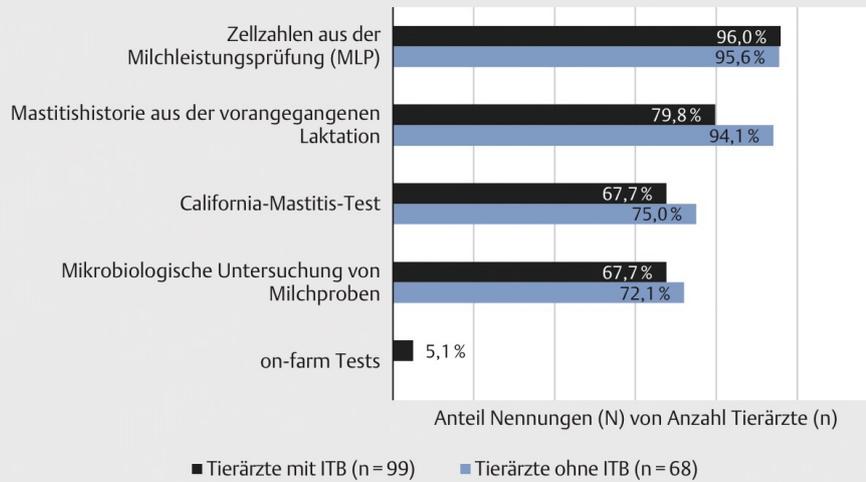
Auf Euterebene (jedes Viertel wird gleichbehandelt) wurde in den betreuten Betrieben von 89,9 % (A_n , $N = 62$) der $T\ddot{A}_{ST}$ ($n = 69$) bzw. 86 % (A_n , $N = 86$) der $T\ddot{A}_{ITB/ST}$ ($n = 100$) trockengestellt. Bei 20,3 % (A_n , $N = 14$) bzw. 23 % (A_n , $N = 23$) der $T\ddot{A}_{ST}$ bzw. $T\ddot{A}_{ITB/ST}$ wurde in den Betrieben Viertelindividuell (nur Viertel mit einem Befund, z. B. erhöhter Zellzahl oder Erregernachweis werden behandelt) trockengestellt.

Kriterien auf Herdenebene für die Feststellung der Eignung eines Betriebes für das ST wurden von 73,5 % ($n = 50$) bzw. 88,8 % ($n = 87$)



► **Abb. 4** Unterschiedliche Kriterien auf Herdenebene, die für die Feststellung der Eignung eines Betriebes für das Selektive Trockenstellen herangezogen werden, im Vergleich von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, die selektiv trockenstellende Betriebe betreuen. ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, * Leitkeimbestimmung = Regelmäßige mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfängemilchproben (VAG) von Kühen mit erhöhten Zellgehalten (>200000 Zellen/ml Milch; 10 % des Bestandes aber mind. 10 Kühe). Mikrobiologische Untersuchung von VAG aller Kühe mit klinischer Mastitis; n = Anzahl der antwortenden Tierärzte, x-Achse = Anteil Nennungen der einzelnen Variablen von n in [%]. Mehrfachnennungen waren möglich. Quelle: T. Sonnewald-Daum.

► **Fig. 4** Different criteria at herd level used to determine the suitability of a farm for Selective Dry Cow Treatment, in comparison of veterinarians with and without Veterinary Herd Health Management that attend farms with Selective Dry Cow Treatment. Source: T. Sonnewald-Daum.



► **Abb. 5** Unterschiedliche Kriterien auf Einzeltierebene, die für die Entscheidung der Trockenstellbehandlung beim Selektiven Trockenstellen herangezogen werden, im Vergleich von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, die selektiv trockenstellende Betriebe betreuen. ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, n = Anzahl der antwortenden TÄ, x-Achse = Anteil Nennungen der einzelnen Variablen von n in [%]. Mehrfachnennungen waren möglich. Quelle: T. Sonnewald-Daum.

► **Fig. 5** Different criteria at the individual cow level that are used to decide on for drying off therapy when Selective Dry Cow Treatment is performed, in comparison of veterinarians with and without Veterinary Herd Health Management that attend farms with Selective Dry Cow Treatment. Source: T. Sonnewald-Daum.

der TÄ_{ST} (n = 68) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 98) berücksichtigt. Ohne Kriterien auf Herdenebene arbeiteten 14,7% (n = 10) bzw. 7,1% (n = 7) der beiden Tierarztgruppen. Von TÄ_{ST} bzw. TÄ_{ITB/ST} wurden im Durchschnitt 4,8 bzw. 5,5 Parameter für die Feststellung der Eignung eines Betriebes herangezogen. Die hierfür genutzten unterschiedlichen Parameter können ► **Abb. 4** entnommen werden.

Kriterien auf Einzeltierebene für die Entscheidung, ob mit oder ohne antibiotisches Trockenstellpräparat trocken gestellt werden kann, wurden von 98,5% (n = 67) bzw. 97% (n = 97) der TÄ_{ST} (n = 68) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 100) berücksichtigt. Ohne Kriterien auf Einzeltierebene arbeiteten 0% bzw. 1% (n = 1). Von TÄ_{ST} bzw. TÄ_{ITB/ST} wurden im Durchschnitt 3,4 bzw. 3,2 Parameter für die Entscheidung der Trockenstellbehandlung herangezogen. Die hierfür genutzten Parameter können ► **Abb. 5** entnommen werden.

Der Zeitraum der berücksichtigten Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung (MLP) beinhaltete bei TÄ_{ST} (n = 66) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 96) die letzten 3 MLP vor dem geplanten Trockenstelltermin (A_n, 54,5%, N = 36 bzw. 52,1%, N = 50), die gesamte Laktation (A_n, 24,2%, N = 16 bzw. 33,3%, N = 32) oder die letzte MLP vor dem Trockenstellen (A_n, 27,3%, N = 18 bzw. 30,2%, N = 29). Die Durchführung des California-Mastitis-Tests (CMT) in den Betrieben erfolgte bei 88,6% (N = 39) bzw. 90,6% (N = 48) der TÄ_{ST} (n = 44) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 53) am Tag des Trockenstellens.

Eine Erfolgskontrolle des Verfahrens wurde in den betreuten ST-Betrieben von 41,2% (n = 28) bzw. 66% (n = 66) der TÄ_{ST} (n = 68) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 100) durchgeführt. Bei 41,2% (n = 28) bzw. 15% (n = 15) der TÄ_{ST} bzw. TÄ_{ITB/ST} wurde keine Erfolgskontrolle in den ST-Betrieben durchgeführt.

Die für die Erfolgskontrolle herangezogenen am häufigsten genannten Kriterien von TÄ_{ST} (n = 40) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 85) waren „Auswertung von Mastitisfällen während der Trockenstehphase“ (A_n,

45%, N = 18 bzw. 55,3%, N = 47), „Auswertung von Mastitisfällen in der Früh-laktation“ (A_n, 50%, N = 20 bzw. 55,3%, N = 47), „Daten aus der MLP“ (A_n, 42,5%, N = 17 bzw. 57,6%, N = 49) sowie eine „MU“ (A_n, 27,5%, N = 11 bzw. 34,1%, N = 29).

Vergleich des Eutergesundheitsstatus der Betriebe von Tierärzten mit und ohne Integrierter Tierärztliche Bestandsbetreuung, in denen selektiv trocken gestellt wird

Aus dem „Modell EG“ ergab sich eine Einflussgröße von 10, die in signifikantem Zusammenhang mit der relativen Chance stand, dass ein Verfahren des ST bei einer gleichzeitig unveränderten oder besseren EG in Betrieben angewendet wurde (► **Tab. 6**). Die Chance auf erfolgreiches ST in einem Betrieb, in Bezug auf angebotene Beratung zum TSM, sank um den Faktor 0,622 pro aufsteigender Antwortkategorie (1 = „sehr oft“ bis 6 = „nie“; OR: 0,622, p = 0,031, ► **Tab. 6**). Die TÄ_{ST} (n = 68) gaben an, zu 41,2% „gelegentlich“, 38,2% „oft“ und 8,8% „sehr oft“ auf das TSM ihrer betreuten Betriebe Einfluss zu nehmen (mw = 2,6; md = 3). Bei TÄ_{ITB/ST} (n = 98) verteilten sich die Angaben hierzu auf 34,7% „gelegentlich“, 33,7% „oft“ und 23,5% „sehr oft“ (mw = 2,3; md = 2). Wurden MU in Zusammenhang mit dem Trockenstellen beurteilt, war die relative Chance auf erfolgreiches ST in einem Betrieb 2,8-mal höher, als wenn dies nicht der Fall war (OR: 2,775, p = 0,093, ► **Tab. 6**). In Bezug auf Anwendung des Internen Zitzenversieglers (ITS, internal teat sealant) sank die Chance auf erfolgreiches ST um den Faktor 0,759 pro aufsteigender Antwortkategorie (1 = „sehr oft“ bis 6 = „nie“; OR: 0,759, p = 0,096, ► **Tab. 6**). Der ITS wurde von 29% bzw. 45,9% der TÄ_{ST} (n = 69) bzw. TÄ_{ITB/ST} (n = 98) „sehr oft“, von 43,5% bzw. 43,9% „oft“ in ihrem Trockenstellkonzept eingesetzt (mw = 2; md = 2 [TÄ_{ST}]; mw = 1,7; md = 2 [TÄ_{ITB/ST}]).

► **Tab. 6** Modell zur Eutergesundheit basierend auf einer logistischen Regression: Darstellung der relativen Chance (OR), dass in Betrieben ein Verfahren des Selektiven Trockenstellens, bei einer gleichzeitig unveränderten oder besseren Eutergesundheit, angewendet wird.

► **Table 6** Model for udder health based on logistic regression: representation of the relative chance (OR) that a procedure for Selective Dry Cow Treatment is used on farms with unchanged or improved udder health.

Einflussgrößen	Odds Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p-Wert
Intercept	2,602	0,302–22,035	0,378
ITB/ nein	1,278	0,684–2,413	0,442
[Referenz: ITB/ ja]			
ITB/ sonstiges	0,887	0,234–3,456	0,859
[Referenz: ITB/ ja]			
Festlegen eines betriebsspezifischen Trockenstellprotokolls (SOP)/ ja	0,825	0,418–1,612	0,575
[Referenz: “-“/ nein]			
Beurteilung MU im Zusammenhang mit dem Trockenstellen/ ja	2,775	0,903–10,427	0,093 ^b
[Referenz: “-“/ nein]			
Beratung bei gehäuften Problemen in der Trockenstehzeit/ ja	1,803	0,805–4,186	0,157
[Referenz: “-“/ nein]			
Angeforderte Beratung TSM ^c	0,794	0,504–1,241	0,312
Angebotene Beratung TSM ^c	0,622 ^d	0,397–0,948	0,031 ^a
Kriterien auf Herdenebene/ nein	1,618	0,588–4,720	0,359
[Referenz: “-“/ ja]			
Kriterien auf Herdenebene/ weiß nicht	0,814	0,343–1,889	0,635
[Referenz: “-“/ ja]			
Verwendung ITS ^c	0,759	0,543–1,046	0,096 ^b

ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, ITS = internal teat sealant, TSM = Trockenstellmanagement, MU = mikrobiologische Untersuchung von Milchproben, SOP = Standard Operating Procedure; ^cDaten aus Ratingskala [6 Antwortkategorien „sehr oft“–„nie“], ^asignifikant, ^bTrend, ^dInverse OR:1,608

► **Tab. 7** Modell zur Eutergesundheit (EG) basierend auf einer logistischen Regression: Darstellung der relativen Chance (OR), dass Betriebe eine unveränderte bzw. bessere EG aufweisen, abhängig von den Einflussgrößen Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung und Selektives Trockenstellen.

► **Table 7** Model for udder health based on logistic regression: representation of the relative chance (OR) for farms having an unchanged or improved udder health, depending on the influential variables Veterinary Herd Health Management and Selective Dry Cow Treatment.

Einflussgrößen	Odds Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p-Wert
Intercept	0,949	0,547–1,639	0,850
Prozentualer Anteil Betriebe _{ITB/ST} von der Gesamtanzahl der Betriebe	1,025	1,002–1,049	0,035 ^a
Prozentualer Anteil Betriebe _{ST} von der Gesamtanzahl der Betriebe	0,995	0,975–1,015	0,643

ITB = Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung, ST = Selektives Trockenstellen, ^a = signifikant.

Nach Schätzung der $\overline{T\ddot{A}}_{ST\text{gesamt}}$ betrug die gemittelte Anzahl der ST-Betriebe, in denen die EG gleich blieb bzw. besser wurde, 68 %. Schlechter wurde sie in 40 % der Betriebe.

Bei $\overline{T\ddot{A}}_{ST}$ lag das Verhältnis der Nennung von „erfolgreiches ST“ zu „nicht erfolgreiches ST“ in Bezug auf die EG in den Betrieben bei 44 zu 9. Im Vergleich hierzu betrug das Verhältnis bei $\overline{T\ddot{A}}_{ITB/ST}$ 61 zu 28.

Nach Einschätzung von $\overline{T\ddot{A}}_{ITB/ST}$ blieb die EG im Durchschnitt in 20 % ihrer ITB/ST-Betriebe gleich oder wurde besser (Median bei

gleicher/besserer EG ist 8,33; 25 %-Quantil ist 0; 75 %-Quantil ist 29,12), in 11 % der Betriebe wurde sie schlechter (Median bei schlechterer EG ist 3,17; 25 %-Quantil ist 0; 75 %-Quantil ist 14,05). Basierend auf einer logistischen Regression ergab sich auf Betriebsebene ein signifikanter Zusammenhang zwischen der EG und ST-Betrieben, in denen eine ITB durchgeführt wurde: Die Chance auf eine „unveränderte bzw. bessere EG“ vs. eine „schlechtere EG“ stieg mit dem Anteil betreuter ST-Betriebe, die gleichzeitig durch eine ITB betreut wurden, um den Faktor 1,02 pro Prozentpunkt (► **Tab. 7**).

Gewünschte Maßnahmen zum Selektiven Trockenstellen

56,8% (N = 134) der 236 TÄ_{gesamt} wünschen sich einen Leitfaden, 38,6% (N = 91) Fortbildungen und 33,5% (N = 79) digitale Hilfsmittel. 8,9% (N = 21) wünschen sich keine Maßnahmen.

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, aktuelle Informationen über die Entwicklung und die Durchführung der ITB sowie Verbreitung des ST in deutschen Tierarztpraxen mit Schwerpunkt Rind und Milchviehbetrieben mittels einer Umfrage zu untersuchen und bestehende Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen TÄ mit und ohne ITB in Bezug auf ST darzustellen.

Diskussion der Methoden

Der Gesamtrücklauf der vorliegenden Umfrage kann, verglichen mit ähnlichen Befragungen unter TÄ [7, 25–27], als gut befunden werden. Die Form der „schriftlichen Gruppenbefragung“ wurde gewählt, da die Ausschöpfungsquote deutlich höher als bei postalischen Befragungen ausfallen kann und diese kostengünstiger zu realisieren war [18]. Eine Online-Befragung wurde aus Gründen der Erreichbarkeit (Online-Zugang, Internet-Nutzungsverhalten, E-Mail-Adressen) für diese Umfrage nicht in Erwägung gezogen [28]. Die TÄ wurden über Fortbildungen rekrutiert. Somit erfolgte eine erste Vorauswahl. Es ist anzunehmen, dass die Teilnehmer*innen an neuesten Erkenntnissen und Entwicklungen interessiert sind und dies einen Einfluss auf die vorliegenden Ergebnisse haben könnte. Durch die freiwillige Teilnahme und aufgrund bestehender Fortbildungspflicht für TÄ in Deutschland kann die Gruppenzusammensetzung der Teilnehmer*innen dennoch als zufallsbedingt betrachtet werden.

Diskussion der Ergebnisse

In Deutschland arbeiteten im Jahr 2020 insgesamt 3848 niedergelassene TÄ im Nutztierbereich [29]. Die Anzahl der zurückerhaltenen Fragebögen entspricht somit 6,13% der Grundgesamtheit. Die Datenverteilung aus der vorliegenden Studie deckt sich mit den demographischen Daten der in Deutschland tätigen TÄ in Bezug auf die Zugehörigkeit zu den Bundesländern, in denen die niedergelassenen TÄ tätig sind [29].

Entwicklung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung

Im Vergleich zu der Studie von Krinn [7] ist die Anzahl von TÄ, die eine ITB durchführen, um 26,7% gestiegen und hat sich damit nahezu verdoppelt (► **Abb. 2**). Eine deutschlandweite Befragung von LW aus dem Jahr 2018 ergab, dass 50% (n = 526) der Befragten an einer ITB teilnahmen [30]. Das Fruchtbarkeits- und Reproduktionsmanagement ist in ITB-betreuten Betrieben nach wie vor der am häufigsten genannte Tätigkeitsbereich (► **Abb. 1**, [7]). Dies deckt sich mit Daten aus Nachbarländern wie der Schweiz [27] und den Niederlanden [31]. Im Jahr 2001 war der am zweithäufigsten genannte Tätigkeitsbereich die Prophylaxe von Infektionskrankheiten [7], im Vergleich zur EG im Jahr 2020 (► **Abb. 1**). Dies könnte zum

Einen an dem selteneren Auftreten von Infektionskrankheiten und deren effektiven Monitoringprogrammen liegen [2, 32], zum Anderen an einem Fokus auf den Einsatz von Antibiotika im Bereich der EG [1, 4, 33].

Die Auswertungsintervalle der im Rahmen einer ITB erhobenen Daten haben sich im Vergleich zu Krinn [7] deutlich verkürzt. 2001 wurden zu fast gleichen Anteilen vierteljährlich (24%), halbjährlich (20,2%) und jährlich (22,5%) Auswertungen vorgenommen [7]. Nach aktuellen Ergebnissen erfolgen diese hauptsächlich monatlich oder alle 3 Monate. Im Jahr 2001 machte die Anzahl von Betrieben, in denen eine ITB durchgeführt wird, mit Bestandsgrößen von 1–30 Kühen (18,8%) und 31–60 Kühen (37,1%) den Großteil der betreuten Betriebe aus. Betriebe mit >201 Kühen hatten einen Anteil von 14% [7]. Der Strukturwandel in der Milchviehhaltung hin zu Betrieben mit höheren Tierzahlen [34, 35] zeigt sich auch in der vorliegenden Studie (► **Tab. 2**).

Nach den hier dargestellten Ergebnissen hat sich die ITB in deutschen Nutztierpraxen in den letzten Jahren weiter etabliert.

Umsetzung des Selektiven Trockenstellens

Dass 75% der befragten TÄ Betriebe mit ST betreiben, könnte außer an den gesetzlichen Vorgaben und Anhaltungen zur Antibiotikareduktion [1, 3, 4, 33] auch an den vielen Veröffentlichungen und Fortbildungsveranstaltungen der letzten Jahre zu dieser Thematik liegen. Dass mehr TÄ_{ITB} selektiv trockenstellende Betriebe betreiben als TÄ ohne ITB (► **Abb. 2, 3**), könnte am Aufgabenbereich der ITB [6, 36] sowie auch dem Rahmen, in dem beratende Tätigkeit durchgeführt wird (► **Abb. 1**, ► **Tab. 3**), liegen. Dass entsprechende Beratung der LW einen wesentlichen Einfluss auf die Antibiotikareduktion hat (► **Tab. 5, 6**), steht in Einklang mit Jones et al. [37]. Ebenso ist die Einstellung der TÄ zum Einsatz von Antibiotika entscheidend [25, 26, 37].

Die als kritisch gesehenen Punkte des ST, wie die Notwendigkeit eines gewissenhaften Managements und entsprechender Hygiene auf einem Betrieb, haben einen wesentlichen Einfluss auf eine mögliche Antibiotikareduktion [38, 39]. Der zusätzliche Arbeitsaufwand durch die Anwendung der Auswahlkriterien für die Behandlung zum Trockenstellen, die Dokumentation, die Analyse von intramammären Infektionen (IMI) sowie des Antibiotikaeinsatzes und die Durchführung einer Erfolgskontrolle ermöglicht eine objektive Bewertung des Trockenstellmanagements. Dies steht in Einklang mit Doehring und Sundrum [40].

Kriterien auf Herdenebene für die Feststellung der Eignung eines Betriebes zum ST werden von 81,6% der TÄ_{STgesamt} genutzt (► **Abb. 4**). TÄ_{ITB/ST} nutzen diese häufiger als TÄ_{ST} und legen im Vergleich zu diesen verstärkt einen Fokus auf Leitkeimbestimmung sowie Nutzung der theoretischen Herdensammelmilchzellzahl (► **Abb. 4**). Dies kann Auswirkungen auf den EG-Status von ST-Betrieben haben [41, 42]. Die Prävalenz subklinischer Mastitiden auf Herdenebene [43], das Wissen um den bakteriologischen Status einer Herde [41, 42] sowie geeignete Grenzen für die theoretische Herdensammelmilchzellzahl [8] haben Auswirkungen auf Durchführung und Erfolg des ST [16, 42, 44, 45]. Die Bereitschaft des Betriebsleiters ist ebenfalls ein geeigneter [46] sowie genutzter Parameter für die Eignung eines Betriebes zum ST (► **Abb. 4**).

Auf Einzeltierebene werden von 97,7% der TÄ_{STgesamt} unterschiedliche Parameter für die Entscheidung bezüglich der Trocken-

stellbehandlung genutzt (► **Abb. 5**). Das sichere Erkennen (sub-) klinisch infizierter Tiere erhöht die Effektivität des ST in Bezug auf Ausheilung und Verhinderung neuer IMI [44, 45, 47, 48]. Die Kombination der 4 hauptsächlich genutzten Parameter (► **Abb. 5**) hat sich hierfür bewährt [16, 44, 49–51]. „On-farm Tests“ können erfolgreich eingesetzt werden [50, 52, 53], auch wenn diese nur von wenigen T_{ITB} genutzt werden (► **Abb. 5**).

In Bezug auf eine Erfolgskontrolle der Verfahren zum ST wird diese in Betrieben von 56,3% der T_{STgesamt} durchgeführt, und deutlich häufiger in Betrieben von T_{ITB/ST} (66%) als von T_{ST} (41,2%). Dies kann einen Einfluss auf den EG-Status einer Herde haben. Regelmäßige Kontrollen der Effektivität der Trockenstellbehandlung ermöglichen die Ermittlung von Bereichen mit Handlungsbedarf und eine Überwachung des Antibiotikaeinsatzes [40].

Nach den hier vorliegenden Ergebnissen wird das ST, zum Teil als kontrolliertes Verfahren mit Erfolgskontrolle, in der Praxis regelmäßig durchgeführt.

Eutergesundheitsstatus von selektiv trockenstellenden Betrieben

In Bezug auf eine erfolgreiche Implementierung von Verfahren zum ST in den Milchviehbetrieben ist diese, nach vorliegenden Daten, ITB-unabhängig (► **Tab. 6**). Auch in einer niederländischen Studie [54] mit dem Ziel der Antibiotikareduktion auf Betrieben mittels eines betriebsspezifischen Tiergesundheitsprogrammes im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Intervention, gab es zwischen den beiden Gruppen diesbezüglich keinen signifikanten Unterschied. In beiden Gruppen hatte die Antibiotikareduktion keine negativen Auswirkungen auf Tiergesundheit oder Leistungsparameter zur Folge [54].

Ein höherer prozentualer Anteil von Betrieben, in denen ST und ITB kombiniert durchgeführt wurden, im Vergleich zu Betrieben, die nur selektiv trockenstellten, war mit einer höheren Chance auf eine gute EG assoziiert (► **Tab. 7**). Dies könnte, im Vergleich zu T_{ST}, mit dem Aufgabenbereich bzw. Arbeitsinhalt eines Tierarztes mit ITB [6, 36], den häufiger herangezogenen und anders gewichteten Selektionskriterien auf Herdenebene (► **Abb. 4**) sowie den häufiger durchgeführten Erfolgskontrollen zu erklären sein. Zum anderen kann der von T_{ITB/ST} häufiger genutzte ITS einen positiven Einfluss auf die EG haben. Das Risiko neu erworbener IMI während der Trockenstehphase sowie zum Zeitpunkt der Kalbung steigt beim ST wenn kein ITS verwendet wird [8], was in Einklang mit dem „Modell EG“ (► **Tab. 6**) steht. In einer Schweizer Studie zu Auswirkungen einer ITB in Bezug auf Antibiotikareduktion in der Mastitisbehandlung und Optimierung der EG in Bio-Betrieben korrelierte eine Verbesserung der EG auf Betriebsebene signifikant mit einer höheren Ausgangszellzahl des Projektbetriebes, wurde durch die Motivation des LW sowie Engagement des Hoftierarztes beeinflusst und resultierte in einem gesunkenen Antibiotikaeinsatz [55].

In Bezug auf die eingangs formulierten Hypothesen zeigen die hier vorliegenden Ergebnisse, dass (1) das ST im Rahmen einer ITB erfolgreich in Betrieben implementiert werden kann und dies in einem erheblichen Teil der Fälle auch erfolgt. Ebenfalls ist dies in Betrieben ohne ITB möglich. (2) Das ST wird bisher nur zum Teil als kontrolliertes Verfahren mit Erfolgskontrolle durchgeführt. In Betrieben mit ITB kommt häufiger ein kontrolliertes Verfahren zur Anwendung als in Betrieben ohne ITB. (3) TÄ mit ITB betreuen mehr

Betriebe, die, in Bezug auf die EG, erfolgreich selektiv trockenstellen, als TÄ ohne ITB.

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Sowohl die ITB als auch das ST sind nach den vorliegenden Ergebnissen etablierte Bestandteile der tierärztlichen Praxis. Die Anwendung von Verfahren zum ST erfolgte häufiger in Betrieben mit ITB als in Betrieben ohne ITB. In den meisten dieser Betriebe werden Entscheidungskriterien für das ST auf Herden- und Einzeltierebene angewendet. Die erforderliche Durchführung einer Erfolgskontrolle für ein kontrolliertes Verfahren des ST wurde noch nicht flächendeckend durchgeführt. Für eine angestrebte gute EG in den Betrieben scheint die Kombination aus ITB und ST eine zielführende Strategie zu sein. Außer der Motivation der Landwirt*innen, haben die Einstellung der Tierarzt*innen zur Antibiotikareduktion, das Angebot sowie die Häufigkeit der Beratung Einfluss darauf, ob ein Verfahren angewendet wird und wie sich der Eutergesundheitsstatus der Betriebe entwickelt.

Danksagung

Ein herzlicher Dank an die Tierarzt*innen, die an der Umfrage teilgenommen haben!

Interessenkonflikt

Die Firma Intervet Deutschland GmbH (Intervet Deutschland GmbH, Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit; Feldstraße 1a, 85716 Unterschleißheim) unterstützte diese Studie durch Bereitstellung ausgedruckter Fragebögen sowie Vorstellung der geplanten Studie und Verteilung von Fragebögen auf 4 von der Firma veranstalteten Rindersymposien.

Literatur

- [1] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV). In: Germany: Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz; 2018; 11
- [2] VO (EU) 2016/429. VERORDNUNG (EU) 2016/429 zu Tierseuchen und zur Änderung und Aufhebung einiger Rechtsakte im Bereich der Tiergesundheit („Tiergesundheitsrecht“). In: Union DEPudRdE ed; 2016
- [3] VO (EU) 2019/6. über Tierarzneimittel und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/82/EG. In: Union DEPudRdE ed; 2018
- [4] Europäische Union. (2015/C 299/04) Leitlinien für die umsichtige Verwendung von antimikrobiellen Mitteln in der Veterinärmedizin. In: Union E ed; 2015: C 299/222
- [5] bpt-Fachgruppen Geflügel Rind und Schwein. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ Allgemeiner Teil In: Germany: Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V.; 2019

- [6] De Kruijff A, Mansfeld R, Hoedemaker M. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke; 2014
- [7] Krinn C. Bedeutung und Entwicklung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung (ITB) in der Rinderpraxis. Statistische Auswertung einer schriftlichen Befragung der Tierärzteschaft der Bundesrepublik Deutschland [Monographie]: LMU München: Tierärztliche Fakultät; 2004: 145
- [8] Kabera F, Roy JP, Affi M et al. Comparing Blanket vs. Selective Dry Cow Treatment Approaches for Elimination and Prevention of Intramammary Infections During the Dry Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Vet Sci* 2021; 8. DOI: 10.3389/fvets.2021.688450
- [9] Weber J, Borchardt S, Seidel J et al. Effects of Selective Dry Cow Treatment on Intramammary Infection Risk after Calving, Cure Risk during the Dry Period, and Antibiotic Use at Drying-Off: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Literature (2000-2021). *Animals* 2021; 11. DOI: 10.3390/ani11123403
- [10] Ferreira FC, Martinez-Lopez B, Okello E. Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Prev Vet Med* 2022; 206. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2022.105709
- [11] Tijs SHW, Holstege MMC, Scherpenzeel CGM et al. Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. *J Dairy Sci* 2022; 105: 5381–5392. DOI: 10.3168/jds.2021-21026
- [12] Niemi RE, Hovinen M, Rajala-Schultz PJ. Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *J Dairy Sci* 2022; 105: 1387–1401. DOI: 10.3168/jds.2021-20918
- [13] Seeth MT, Wentz N, Paduch JH et al. Different selective dry cow therapy concepts compared to blanket antibiotic dry cow treatment. *Tierarztl Prax Ausg G* 2017; 45: 343–349. DOI: 10.15653/tpg-170208
- [14] Bertulat S, Fischer-Tenhagen C, Heuwieser W. A survey of drying-off practices on commercial dairy farms in northern Germany and a comparison to science-based recommendations. *Vet Rec Open* 2015; 2: e000068. DOI: 10.1136/vetreco-2014-000068
- [15] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. RAST - selektives Trockenstellen in der Milchviehhaltung. In: <https://www.lfl.bayern.de/RAST/>; 2015
- [16] Schmon KS. Untersuchungen zur Implementierung eines kontrollierten Verfahrens zum Selektiven Trockenstellen in bayerischen Milchviehhaltungen [Monographie]. LMU München: Tierärztliche Fakultät; 2019
- [17] Kromrey H. Empirische Sozialforschung: Opladen: Leske und Budrich 1991
- [18] Jacob R, Heinz A, Décieux JP. Umfrage: Einführung in die Methoden der Umfrageforschung: De Gruyter Oldenbourg 2019. DOI: 10.1515/9783110597387
- [19] Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. DLQ-Richtlinie 1.15 Zur Definition und Berechnung von Kennzahlen zum Eutergesundheitsmonitoring in der Herde und von deren Vergleichswerten. In: DLQ-Richtlinie 115. Bonn: DLQ; 2014
- [20] Dohoo I, Martin W, Stryhn H. *Veterinary Epidemiologic Research: VER Inc* 2009
- [21] Menold N, Bogner K. SDM Survey Guidelines Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen In. Januar 2015 ed: Mannheim, GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (SDM Survey Guidelines). 2015. DOI: 10.15465/sdm-sg_015
- [22] Diekmann A. Empirische Sozialforschung, Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 6. Auflage. Aufl. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag; 2000
- [23] Wickham H. Ggplot2: Elegant graphics for data analysis. In: <https://cranr-project.org/web/packages/ggplot2/indexhtml> Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2016
- [24] Schendera C. Analyse von Mehrfachantworten. In: Datenmanagement mit SPSS: Kontrollierter und beschleunigter Umgang mit Datensätzen, Texten und Werten. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2005: 95–98. DOI: 10.1007/3-540-29332-9_5
- [25] Speksnijder DC, Jaarsma DAC, Verheij TJM et al. Attitudes and perceptions of Dutch veterinarians on their role in the reduction of antimicrobial use in farm animals. *Prev Vet Med* 2015; 121: 365–373. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2015.08.014
- [26] Scherpenzeel CGM, Santman-Berends I, Lam T. Veterinarians' attitudes toward antimicrobial use and selective dry cow treatment in the Netherlands. *J Dairy Sci* 2018; 101: 6336–6345. DOI: 10.3168/jds.2017-13591
- [27] Hool N, Schüpbach-Regula G, Thomann B. Livestock management and veterinary services for cattle and pigs in Switzerland. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2020; 162: 293–306. DOI: 10.17236/sat00258
- [28] Richter L, Paier D, Reiger H. Quantitative Sozialforschung: Eine Einführung. Facultas; 2021
- [29] Bundestierärztekammer e.V. Statistik 2020: Tierärzteschaft in der Bundesrepublik Deutschland. In: Deutsches Tierärzteblatt. Köln: Deutscher Ärzteverlag GmbH; 2021 664:
- [30] Vogt J. Umfrage zum aktuellen und zukünftigen Tätigkeitsfeld von Tierärzten auf Milchviehhaltungen [Monographie]. Freie Universität Berlin; 2020: 111
- [31] Derks M, van Werven T, Hogeveen H et al. Veterinary herd health management programs on dairy farms in the Netherlands: use, execution, and relations to farmer characteristics. *J Dairy Sci* 2013; 96: 1623–1637. DOI: 10.3168/jds.2012-6106
- [32] Friedrich-Loeffler-Institut. Tiergesundheitsjahresbericht 2020. In: 2021 J ed. https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00043398/TCJB_2020_ba.pdf Friedrich-Loeffler-Institut; 2021
- [33] Bundestierärztekammer (BTK). Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln. In: Deutsches Tierärzteblatt. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH&Co. KG; 2015
- [34] Destatis SB. Viehbestand. In: Fachserie 3 Reihe 41: Statistisches Bundesamt (Destatis). 2021
- [35] Blumöhr T, Walsemann U. Landwirtschaft in Deutschland 2003. In: *Wirtschaft und Statistik* 2/2004. https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2004/02/landwirtschaft-2003-022004.pdf?__blob=publicationFile Statistisches Bundesamt (Destatis); 2004
- [36] bpt-Fachgruppe Rind. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ Spezieller Teil Rinderbestände. In: Germany: Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V.; 2019
- [37] Jones PJ, Marier EA, Tranter RB et al. Factors affecting dairy farmers' attitudes towards antimicrobial medicine usage in cattle in England and Wales. *Prev Vet Med* 2015; 121: 30–40. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2015.05.010
- [38] Krattley-Roodenburg B, Huybens LJ, Nielen M et al. Dry period management and new high somatic cell count during the dry period in Dutch dairy herds under selective dry cow therapy. *J Dairy Sci* 2021; 104: 6975–6984. DOI: 10.3168/jds.2020-19133
- [39] Stevens M, Piepers S, De Vliegher S. The effect of mastitis management input and implementation of mastitis management on udder health, milk quality, and antimicrobial consumption in dairy herds. *J Dairy Sci* 2019; 102: 2401–2415. DOI: 10.3168/jds.2018-15237

- [6] De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke; 2014
- [7] Krinn C. Bedeutung und Entwicklung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung (ITB) in der Rinderpraxis. Statistische Auswertung einer schriftlichen Befragung der Tierärzteschaft der Bundesrepublik Deutschland [Monographie]: LMU München: Tierärztliche Fakultät; 2004: 145
- [8] Kabera F, Roy JP, Afifi M et al. Comparing Blanket vs. Selective Dry Cow Treatment Approaches for Elimination and Prevention of Intramammary Infections During the Dry Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Vet Sci* 2021; 8. DOI: 10.3389/fvets.2021.688450
- [9] Weber J, Borchardt S, Seidel J et al. Effects of Selective Dry Cow Treatment on Intramammary Infection Risk after Calving, Cure Risk during the Dry Period, and Antibiotic Use at Drying-Off: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Literature (2000-2021). *Animals* 2021; 11. DOI: 10.3390/ani11123403
- [10] Ferreira FC, Martinez-Lopez B, Okello E. Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Prev Vet Med* 2022; 206. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2022.105709
- [11] Tijs SHW, Holstege MMC, Scherpenzeel CGM et al. Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. *J Dairy Sci* 2022; 105: 5381–5392. DOI: 10.3168/jds.2021-21026
- [12] Niemi RE, Hovinen M, Rajala-Schultz PJ. Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *J Dairy Sci* 2022; 105: 1387–1401. DOI: 10.3168/jds.2021-20918
- [13] Seeth MT, Wente N, Paduch JH et al. Different selective dry cow therapy concepts compared to blanket antibiotic dry cow treatment. *Tierarztl Prax Ausg G* 2017; 45: 343–349. DOI: 10.15653/tpg-170208
- [14] Bertulat S, Fischer-Tenhagen C, Heuwieser W. A survey of drying-off practices on commercial dairy farms in northern Germany and a comparison to science-based recommendations. *Vet Rec Open* 2015; 2: e000068. DOI: 10.1136/vetreco-2014-000068
- [15] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. RAST - selektives Trockenstellen in der Milchviehhaltung. In: <https://www.lfl.bayern.de/RAST/>; 2015
- [16] Schmon KS. Untersuchungen zur Implementierung eines kontrollierten Verfahrens zum Selektiven Trockenstellen in bayerischen Milchviehbetrieben [Monographie]. LMU München: Tierärztliche Fakultät; 2019
- [17] Kromrey H. Empirische Sozialforschung: Opladen: Leske und Budrich 1991
- [18] Jacob R, Heinz A, Décieux JP. Umfrage:Einführung in die Methoden der Umfrageforschung: De Gruyter Oldenbourg 2019. DOI: 10.1515/9783110597387
- [19] Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. DLQ-Richtlinie 1.15 Zur Definition und Berechnung von Kennzahlen zum Eutergesundheitsmonitoring in der Herde und von deren Vergleichswerten. In, DLQ-Richtlinie 115. Bonn: DLQ; 2014
- [20] Dohoo I, Martin W, Stryhn H. *Veterinary Epidemiologic Research: VER Inc* 2009
- [21] Menold N, Bogner K. SDM Survey Guidelines Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen In. Januar 2015 ed: Mannheim, GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (SDM Survey Guidelines). 2015. DOI: 10.15465/sdm-sg_015
- [22] Diekmann A. Empirische Sozialforschung, Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 6. Auflage. Aufl. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag; 2000
- [23] Wickham H. Ggplot2: Elegant graphics for data analysis. In: <https://cran-project.org/web/packages/ggplot2/indexhtml> Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2016
- [24] Schendera C. Analyse von Mehrfachantworten. In: Datenmanagement mit SPSS: Kontrollierter und beschleunigter Umgang mit Datensätzen, Texten und Werten. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2005: 95–98. DOI: 10.1007/3-540-29332-9_5
- [25] Speksnijder DC, Jaarsma DAC, Verheij TJM et al. Attitudes and perceptions of Dutch veterinarians on their role in the reduction of antimicrobial use in farm animals. *Prev Vet Med* 2015; 121: 365–373. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2015.08.014
- [26] Scherpenzeel CGM, Santman-Berends I, Lam T. Veterinarians' attitudes toward antimicrobial use and selective dry cow treatment in the Netherlands. *J Dairy Sci* 2018; 101: 6336–6345. DOI: 10.3168/jds.2017-13591
- [27] Hool N, Schüpbach-Regula G, Thomann B. Livestock management and veterinary services for cattle and pigs in Switzerland. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2020; 162: 293–306. DOI: 10.17236/sat00258
- [28] Richter L, Paier D, Reiger H. Quantitative Sozialforschung: Eine Einführung. Facultas; 2021
- [29] Bundestierärztekammer e.V. Statistik 2020: Tierärzteschaft in der Bundesrepublik Deutschland. In, Deutsches Tierärzteblatt. Köln: Deutscher Ärzteverlag GmbH; 2021 664:
- [30] Vogt J. Umfrage zum aktuellen und zukünftigen Tätigkeitsfeld von Tierärzten auf Milchviehbetrieben [Monographie]. Freie Universitaet Berlin; 2020: 111
- [31] Derks M, van Werven T, Hogeveen H et al. Veterinary herd health management programs on dairy farms in the Netherlands: use, execution, and relations to farmer characteristics. *J Dairy Sci* 2013; 96: 1623–1637. DOI: 10.3168/jds.2012-6106
- [32] Friedrich-Loeffler-Institut. Tiergesundheitsjahresbericht 2020. In: 2021 J ed. https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00043398/TGJB_2020_ba.pdf Friedrich-Loeffler-Institut; 2021
- [33] Bundestierärztekammer (BTK). Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln. In: Deutsches Tierärzteblatt. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH&Co. KG; 2015
- [34] Destatis SB. Viehbestand. In, Fachserie 3 Reihe 41: Statistisches Bundesamt (Destatis). 2021
- [35] Blumöhr T, Walsemann U. Landwirtschaft in Deutschland 2003. In, *Wirtschaft und Statistik* 2/2004. https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2004/02/landwirtschaft-2003-022004.pdf?__blob=publicationFile Statistisches Bundesamt (Destatis); 2004
- [36] bpt-Fachgruppe Rind. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ Spezieller Teil Rinderbestände. In: Germany: Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V.; 2019
- [37] Jones PJ, Marier EA, Tranter RB et al. Factors affecting dairy farmers' attitudes towards antimicrobial medicine usage in cattle in England and Wales. *Prev Vet Med* 2015; 121: 30–40. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2015.05.010
- [38] Krattley-Roodenburg B, Huybens LJ, Nielen M et al. Dry period management and new high somatic cell count during the dry period in Dutch dairy herds under selective dry cow therapy. *J Dairy Sci* 2021; 104: 6975–6984. DOI: 10.3168/jds.2020-19133
- [39] Stevens M, Piepers S, De Vliegher S. The effect of mastitis management input and implementation of mastitis management on udder health, milk quality, and antimicrobial consumption in dairy herds. *J Dairy Sci* 2019; 102: 2401–2415. DOI: 10.3168/jds.2018-15237

IV. WEITERE ERGEBNISSE DER STUDIE I

1. Auswertungsintervalle in der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung

Die im Rahmen der Betreuungstätigkeit erhobenen Daten wurden von 53,1 % (A_n , $N = 68$) der 128 Tierarzt*innen mit ITB ($TÄ_{ITB}$) monatlich und von 21,9 % vierteljährlich (A_n , $N = 28$) ausgewertet. Die monatliche bzw. vierteljährliche Auswertung hatte mit 50,7 % (A_N , $N = 68$) bzw. 20,9 % (A_N , $N = 28$) die höchsten Anteile aller genannten Auswertungsintervalle ($N_{\text{gesamt}} = 134$). Mit den Landwirt*innen wurden die Ergebnisse monatlich (A_n , 49,2 %, $N = 63$) bzw. vierteljährlich (A_n , 23,4 %, $N = 30$) besprochen. Die monatliche bzw. vierteljährliche Besprechung der Ergebnisse hatte einen Anteil von 47,0 % (A_N , $N = 63$) bzw. 22,4 % (A_N , $N = 30$) aller genannten Besprechungsintervalle ($N_{\text{gesamt}} = 134$).

2. Gründe für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens

Von den $TÄ_{\text{gesamt}}$ wurde die „Einsparung von Antibiotika“ am häufigsten genannt und für 59,1 % traf dieser Grund für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens „voll und ganz zu“ (Abb. 1). Ein „gezielter Medikamenteneinsatz“ und ein „verbesserter Überblick über die Eutergesundheit“ wurden als zweit- und dritthäufigste Gründe genannt (Abb. 1). Eine „Molkereiprämie“ war der am seltensten genannte Grund und für 28,7 % der $TÄ_{\text{gesamt}}$ traf dieser Grund für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens „teilweise zu“ (Abb. 1).

3. Kritische Punkte bei der Umsetzung des Selektiven Trockenstellens

Von den $TÄ_{\text{gesamt}}$ wurde „auffällige Tiere müssen sicher erkannt werden“ am häufigsten genannt und für 50,7 % traf dieser kritische Punkt bei der Umsetzung des Selektiven Trockenstellens „voll und ganz zu“ (Abb. 2). Die „Notwendigkeit eines gewissenhaften Managements“ und die „Einzeltierentscheidung“ wurden als zweit- und dritthäufigste kritische Punkte genannt (Abb. 2).

Eine „Neuordnung von vorhandenen Restmengen“ war der am seltensten genannte kritische Punkt bei der Umsetzung des Selektiven Trockenstellens und für 41,3 % der TÄ_{gesamt} traf dies „wenig zu“ (Abb. 2).

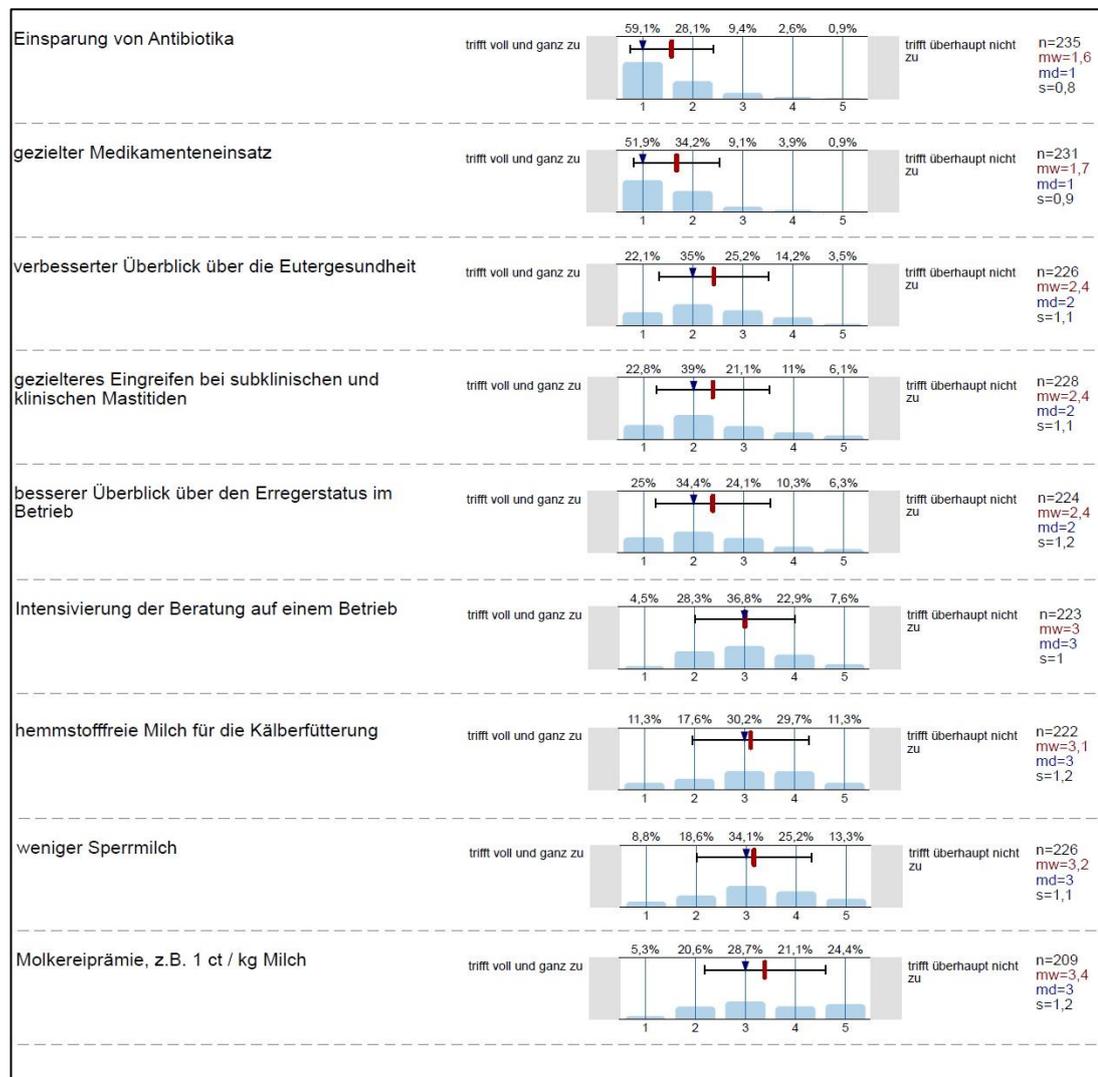


Abb. 1: Ratingskala mit Häufigkeitsangabe zu Gründen die für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens sprechen.

n = Anzahl der antwortenden Tierärzte, mw = Mittelwert, md = Median, s = Standardabweichung



Abb. 2: Ratingskala mit Häufigkeitsangabe zu kritischen Punkten bei der Umsetzung des Selektiven Trockenstellens.

n = Anzahl der antwortenden Tierärzte, mw = Mittelwert, md = Median, s = Standardabweichung

4. Eutergesundheitsstatus in selektiv trockenstellenden Betrieben

Bei Tierärzt*innen ohne ITB, die selektiv trockenstellende Betriebe (TÄ_{ST}) betreuen, lag das Verhältnis der Nennung von „erfolgreiches Selektives Trockenstellen“ zu „nicht erfolgreiches Selektives Trockenstellen“, in Bezug auf die Eutergesundheit in den Betrieben, bei 44 zu 9 (Tab. 1). Im Vergleich hierzu betrug das Verhältnis von Tierärzt*innen mit ITB, die selektiv trockenstellende Betriebe betreuen (TÄ_{ITB/ST}), 61 zu 28 (Tab. 1). Insgesamt gaben 111 Tierärzt*innen an, dass das Selektive Trockenstellen bei unveränderter oder gleichbleibender Eutergesundheit in den Betrieben durchgeführt wurde. Insgesamt 38 Tierärzte gaben an, dass die Eutergesundheit schlechter wurde (Tab. 1).

Tab. 1: Nennungen zum Eutergesundheitsstatus in betreuten Betrieben in denen selektiv trockengestellt wird, von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztlicher Bestandsbetreuung (ITB).

ITB	Selektives Trockenstellen erfolgreich		n (gesamt erfolgreich)	Selektives Trockenstellen nicht erfolgreich
	n (Eutergesundheit unverändert)	n (Eutergesundheit besser)		n (Eutergesundheit schlechter)
Ja	25	36	61	28
Nein	18	26	44	9
Sonstiges	2	4	6	1
Gesamt	45	66	111	38

V. PUBLIKATION II

Untersuchungen zu einem kontrollierten, entscheidungsbaumbasierten
Verfahren des Selektiven Trockenstellens in
Bayerischen Milchviehbetrieben

Investigations on a controlled, decision tree based procedure of Selective
Dry Cow Treatment in Bavarian dairy farms

T.Sonnewald-Daum¹

K.Euchner (geb.Schmon)¹

L.Frost²

T.Pauly²

C.Fuchs²

B.Zettler²

R.Schade³

R.Huber-Schlenstedt⁴

J.Harms⁵

A.Klima^{2,3}

R.Mansfeld¹

¹*Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München*

²*Institut für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München*

³*Statistisches Beratungslabor StaBlab
der Ludwig-Maximilians-Universität München*

⁴*Tiergesundheitsdienst Bayern e.V.*

⁵*Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2024; 52: 65–78; DOI
10.1055/a-2272-3195, ISSN 1434-1220 © 2024. Thieme. All rights reserved.
Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany;
eingereicht: 17.08.2023, akzeptiert: 12.12.2023

Schlüsselwörter: Milchkühe, Eutergesundheit, Antibiotikaminimierung, Entscheidungskriterien

Key words: dairy cows, udder health, antibiotic minimization, decision criteria

Zusammenfassung

Ziel: 4 Parameter eines, in einer vorherigen Studie geprüften, Entscheidungsbaumes (EnB) für das Selektive Trockenstellen (TS) wurden auf ihre Selektionsstärke zur Erkennung von antibiotisch trockenstellenden Kühen ($K_{TV/AB}$) geprüft. Ebenso, ob alle Parameter (Zellzahlen ($ZZ \geq 200.000$ Z/ml) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen (MLP) vor dem TS, Mastitis-Historie der Laktation (≥ 1 MH), mikrobiologische Untersuchung (MBU, 14d vor TS, Major Pathogen-Nachweis) & California-Mastitis-Test (CMT, $> \text{Grad } 1/+$, beim TS)) notwendig sind, Modifikationen als Ersatz der MBU sowie ein vereinfachtes Modell anstatt des EnB ermittelt werden können.

Material und Methoden: Daten aus 18 bayerischen Milchviehbetrieben von 06/2015 bis 08/2017 wurden deskriptiv sowie mittels kostensensitivem binären Klassifikationsbaum und logit-Modellen ausgewertet. Der EnB galt als zugrunde liegende Wahrheit.

Ergebnisse: Einbezogen wurden 848 Trockenstellvorgänge (K_{TV}) von 739 Kühen. ZZ und CMT selektierten 88,1%, in Kombination mit der MH 95,6%, der $K_{TV/AB}$ ($n=494$). Ohne MBU wären 22 (4,4%) der $K_{TV/AB}$ mit Major Pathogen-Nachweis (davon 8x *S.aureus*) fehlklassifiziert worden. Im Durchschnitt des geometrischen Mittels der ZZ innerhalb 100d vor TS, blieben K_{TV} ohne Befund in der MBU < 100.000 Z/ml Milch, mit Minor Pathogen zwischen 100-150.000 Z/ml, mit Major Pathogen (ohne *S.aureus*) ≥ 150.000 Z/ml. Bei den 2 Selektionskriterien ZZ in der Laktation mind. 1x > 200.000 Z/ml und positiver CMT beim TS, wären 37 K_{TV} (4,4%) „falsch nicht“, 43 K_{TV} (5,1%) „unnötig“ für ein antibiotisches TS selektiert worden. Modifikationen, u.a. ZZ < 131.000 Z/ml innerhalb 100d vor TS, zur Selektion von K_{TV} ohne Befund/mit Minor Pathogen, wurden ermittelt. Das beste Modell zur Selektion der Trockenstellbehandlung (K_{TV} ohne MH & ZZ < 200.000 Z/ml in den letzten 3 MLP) wies Metriken von AUC=0,74, Accuracy=0,78, balanced Accuracy=0,63, Sensitivität=0,92, Spezifität=0,33 auf.

Schlussfolgerungen: ZZ, CMT und MH des EnB in Kombination erwiesen sich unter den Bedingungen der vorliegenden Studie als geeignete Selektionskriterien. Eine Herabsetzung der ZZ-Grenzen ist betriebsindividuell sinnvoll, wenn auf die MBU verzichtet werden soll. Das beste Modell konnte den EnB nicht ersetzen.

Abstract

Objective: 4 parameters of a decision tree for Selective Dry Cow Treatment (SDCT), examined in a previous study, were analyzed regarding their efficacy in detecting cows for dry cow treatment (DCT, use of intramammary antimicrobials). This study set out to review if all parameters (somatic cell count ($SCC \geq 200,000$ SC/ml 3 months' milk yield recordings prior dry off

[DO]), clinical mastitis history during lactation (≥ 1 CM), culturing (14d prior DO, detection of major pathogens) & California-Mastitis-Test (CMT, > rate 1/+ at DO)) are needed for accurate decision making, if there are possible modifications to replace culturing, and if a simplified model could replace the decision tree.

Material and Methods: Records of 18 Bavarian dairy farms from June 2015 to August 2017 were processed. Data analysis was carried out by means of descriptive statistics, as well as employing a binary cost sensitive classification tree and logit-models. For statistical analyses the outcomes of the full 4-parameter decision tree were taken as ground truth.

Results: 848 drying off processes of 739 dairy cows (C_{DO}) were included. SCC and CMT selected 88.1%, in combination with CM 95.6% of the cows that received DCT ($n=494$). Without culturing, 22 (4.4%) with major pathogens (8x *S.aureus*) infected C_{DO} would have been misclassified as not needing DCT. The average of geometric mean SCC (within 100 d prior DO) for C_{DO} with negative results in culturing was < 100,000 SC/ml milk, 100-150,000 SC/ml for C_{DO} infected with minor pathogens, and $\geq 150,000$ SC/ml for C_{DO} infected with major pathogens (excluding *S.aureus*). Using SCC during lactation (at least 1x > 200,000 SC/ml) and positive CMT to select C_{DO} for DCT, contrary to the decision tree, 37 C_{DO} (4.4%) would have been treated “incorrectly without” and 43 C_{DO} (5.1%) “unnecessarily with” DCT. Modifications were identified, such as SCC < 131.000 SC/ml within 100 d prior to DO for detecting C_{DO} with no growth or minor pathogens in culturing. The best model for grading C_{DO} for or against DCT (C_{DO} without CM and SCC <200,000 SC/ml [last 3 months prior DO]) had metrics of AUC=0.74, Accuracy=0.778, balanced Accuracy=0.63, Sensitivity=0.92, Specificity=0.33.

Conclusions: Combining the decision tree’s parameters SCC, CMT and CM renders suitable selection criteria under the conditions of this study. When omitting culturing, lower thresholds for SCC should be considered for each farm individually to select C_{DO} for DCT. Nonetheless, the most accurate model could not replace the full decision tree.

Einleitung

Beim „Selektiven Trockenstellen“ sollen Kühe, die keine Anzeichen einer (sub-)klinischen intramammären Infektion (IMI) zum Zeitpunkt des Trockenstellens (TS) aufweisen, ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates (AB) trockengestellt werden. Um den Eutergesundheitsstatus auf Einzeltier- und Herdenebene nicht zu gefährden, besteht die Herausforderung darin, geeignete Kriterien für die Erkennung von Kühen mit IMI zu verwenden [1-5] und herdenspezifische Umstände zu berücksichtigen [2, 6-12]. In einer bayerischen Feldstudie wurde ein 3-stufiger Entscheidungsbaum (EnB) mit Vorselektion auf Herdenebene und Berücksichtigung von 4 Parametern auf Einzeltierebene erstellt, der zum einen eine Einsparung von AB und zum anderen eine mindestens gleichbleibende Eutergesundheit in den Betrieben zum Ziel hatte [13, 14]. Die verwendeten Parameter waren im Einzelnen die Mastitis-Historie der vorangegangenen Laktation und der somatische Zellgehalt (ZZ) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen (MLP) vor dem TS auf der Stufe 1, die mikrobiologische Untersuchung (MBU) von Viertelanfangsgemelksproben 10-14 Tage (d) vor dem TS auf Stufe 2 und der California-Mastitis-Test (CMT) am Tag des TS auf Stufe 3 [13, 14]. In dieser Studie konnten 39,1% der Kühe ohne Anwendung eines AB („ohne AB“) trockengestellt werden, betriebsindividuell waren es 23,3% bis 62,2% [13]. In verschiedenen Studien werden, abhängig von den gewählten Selektionskriterien, mögliche Antibiotikaeinsparungen von 23,5% bis 75,1% durch Selektives TS beschrieben [15-19]. In der Studie von Schmon [13] hatten Kühe die „ohne AB“ trockengestellt wurden, im Vergleich zu antibiotisch trockengestellten Kühen, keine schlechtere Eutergesundheit in Bezug auf die Trockenstehphase sowie die Zeit nach der Kalbung. Auf Herdenebene ergaben sich nach der Einführung des Selektiven TS keine signifikanten Änderungen in Bezug auf die Anzahl behandelter klinischer Mastitiden, Herdensammelmilchzellzahl sowie Neuinfektions- und Heilungsrate in der Trockenstehphase [13].

Im deutschsprachigen Raum stehen für die Umsetzung des Selektiven TS verschiedene Handlungsempfehlungen zur Verfügung [z.B. 14, 20, 21, 22], ebenso eine paneuropäische Empfehlung [23]. Diese unterscheiden sich bezüglich der Auswahl der angewendeten Entscheidungskriterien auf Herden- und Einzeltierebene oder/ und der verwendeten Grenzwerte.

Ein Ziel der vorliegenden Studie war es, die von Schmon [13] verwendeten 4 Parameter auf ihre Selektionsstärke zur Erkennung von antibiotisch trockenstellenden Kühen zu prüfen. Zudem sollte ermittelt werden, ob für eine sichere Einzeltierklassifikation alle 4 Parameter notwendig sind, und wie sich Änderungen bezüglich des betrachteten Zeitraums der ZZ sowie andere ZZ-Grenzwerte, im Vergleich zum EnB von Schmon [13], auf die Empfehlung der erforderlichen Trockenstellbehandlung auswirken. Ein weiteres Ziel war es zu ermitteln, ob eine sichere Einzeltierklassifikation durch ein vereinfachtes Modell auf Basis der Stufe 1 des EnB möglich ist, und ob Modifikationen für den EnB gefunden werden können, die die kosten- und zeitaufwendige MBU durch andere Informationen, z.B. aus der MLP, ersetzen können.

Material und Methoden

Die für die vorliegende Studie verwendeten Daten wurden im Projekt „RAST“ (Reduktion des Antibiotikaeinsatzes beim Milchvieh durch selektives Trockenstellen) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), in Kooperation mit der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München und des Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. (TGD), erhoben [13, 14]. Aufzeichnungen von Juni 2015 bis einschließlich August 2017 wurden berücksichtigt.

Betriebsauswahl und Kriterien auf Herdenebene

Die Akquirierung der Projektbetriebe erfolgte über Zeitschriften, TGD- und Hoftierärzt*innen. Es wurde gezielt nach Betrieben mit einer Bestandsgröße von 40 – 80 Kühen gesucht [13, 14]. Vor Projektbeginn mussten einige Kriterien auf Bestandesebene erfüllt werden, bevor die Betriebe mit dem Selektiven TS beginnen konnten [13, 14]. Für Betriebe der Kategorie 1 war dies eine theoretische Herdensammelmilchzellzahl [24, 25] von < 200.000 Zellen (Z)/ml seit 3 MLP, für Betriebe der Kategorie 2 eine theoretische Herdensammelmilchzellzahl < 250.000 Z/ml in 2 der letzten 3 MLP. Es durfte im Bestand kein *Sc.agalactiae* oder *Sc.canis* nachgewiesen werden und Infektionen mit *Sc.uberis* sowie *S.aureus* durften bei $< 15\%$ der Kühe einer Herde nachgewiesen werden [13, 14]. Zu Beginn nahmen 20, über Bayern verteilte, Betriebe am Projekt teil [13, 14]. Drei der Betriebe hatten größere Kuhzahlen, von denen jeweils 60 Kühe in den Versuch einbezogen wurden. Die Voraussetzungen auf Herdenebene galten auch in diesen Betrieben für den ganzen Bestand [13, 14].

Entscheidungskriterien für die Trockenstellbehandlung auf Einzeltierebene

Auf Einzeltierebene kam der 3-stufige EnB, in Herden mit einem definierten Eutergesundheitsstatus, für die Entscheidungsfindung der erforderlichen Trockenstellbehandlung zum Einsatz [13, 14]. Hierfür wurden die ZZ der letzten 3 MLP vor dem TS und die Mastitis-Historie aus der vorangegangenen Laktation auf Stufe 1, das Ergebnis der MBU von Viertelanfangsgemelksproben 10-14 d vor dem TS auf Stufe 2, und das Ergebnis des CMT am Tag des TS auf Stufe 3 berücksichtigt [13, 14]. Von allen Kühen wurden alle 4 Parameter erhoben, auch wenn diese auf Stufe 1 ($ZZ \geq 200.000$ Z/ml Milch und/oder Mastitis-Historie) bereits als „auffällig“ galten. War eine Kuh auf allen 3 Stufen „unauffällig“, sollte diese „ohne AB“ trockengestellt werden. Bei einer oder mehreren „Auffälligkeiten“ bezüglich der 4 Parameter sollte die Kuh unter Anwendung von AB („mit AB“) trockengestellt werden. Kühe ohne Auffälligkeiten auf der Stufe 1 ($ZZ < 200.000$ Z/ml Milch, keine Mastitis-Historie), aber mit einem Nachweis von Minor Pathogens wurden dann „mit AB“ trockengestellt, wenn der CMT am Tag des TS positiv war. Die Einteilung der Erreger in die Gruppe „Minor Pathogens“ erfolgte nach Schmon [13]. Dazu zählten Koagulase negative Staphylokokken [26] bzw. nicht-*aureus* Staphylokokken [27] und

Coryneforme. Der CMT galt bei Befunden größer Grad 1/+, oder auffälligen Vierteldifferenzen von mehr als 1 Grad, als positiv [13].

Pro Kuh und Trockenstellvorgang wurden 5 Viertelanfangsgemelksproben (10-14 d vor dem TS, beim TS, bis 2 d nach der Kalbung, 10-14 d nach der Kalbung, 60 d nach der Kalbung) unter aseptischen Bedingungen [28] gewonnen und im Labor des TGD untersucht [13]. Um ein einheitliches Vorgehen bei der Probenentnahme, der Beurteilung des CMT, der Anwendung von AB sowie von internen Zitzenversiegeln (internal teat sealant, ITS) zu gewährleisten, wurden Standardvorgehensweisen (Standard Operating Procedures, „SOP RAST“) angewendet [13, 14]. Alle Viertel eines Euters wurden in gleicher Weise behandelt. Die Verwendung von ITS wurde empfohlen [13, 14]. Weitere Details können Schmon [13] entnommen werden.

Datenbereinigung

Die vorhandenen Datensätze der Trockenstellvorgänge wurden mittels Microsoft Excel© und der Open Source Software R (R Core Team. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; Version 3.3.1) geprüft. In der Auswertung wurden die Daten von „RAST-Tieren“ [13] aus 18 Betrieben verwendet. Zwei Betrieben schieden vorzeitig aus dem Projekt aus. Es lagen Informationen zu 1334 Trockenstellvorgängen vor. Die Trockenstellvorgänge, zu denen alle benötigten Informationen in Bezug auf den EnB vollständig und in entsprechendem zeitlichem Abstand zum jeweiligen Trockenstelltermin einer Kuh vorlagen, wurden in die Auswertung einbezogen.

Statistische Methoden

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels Microsoft Excel©, Lucidchart (<https://www.lucidchart.com/pages/>, ©Lucid Software Inc., Utha, USA) und der Open Source Software R. Die Daten wurden als Querschnittsdaten behandelt. Der Kontingenzkoeffizient nach Pearson wurde für den Zusammenhang von CMT und Major Pathogen-Nachweis nach erfolgter Chi-Quadrat-Statistik berechnet.

Modell für eine Klassifizierung der Kühe ohne vollständiges Durchlaufen des Entscheidungsbaumes (EnB)

Ob eine sichere Einzeltierklassifikation bereits auf Stufe 1, ohne MBU und CMT, möglich ist, wurde mittels 2 logit-Modellen getestet. In Ansatz-1a wurde hierfür eine multinomiale logistische Regression berechnet, mit der Zielgröße „Verlaufsklasse“(VK), den Ausprägungen „VK 2-5“ und der Referenzkategorie „VK 1“ (Tab. 1). In Ansatz-1b wurde eine binäre logistische Regression berechnet, mit der Zielgröße „Antibiotikagabe“ und der Ausprägungen „ja/nein“ (Tab. 1). Hierfür wurden Informationen aus der MLP (z.B. die Milchmenge) verwendet. In beiden Fällen wurden Tiere der VK 6 nicht zur Modellierung verwendet, da hier eine sichere Klassifikation ohne Modell möglich ist (Tab. 1). Eine hohe Klassifikationsgüte der Modelle würde

gegen die Notwendigkeit des EnB sprechen. Eine Korrelationsanalyse der potenziellen Variablen wurde durchgeführt, um Zusammenhänge der Einflussgrößen zu quantifizieren und Multikollinearität [29] zu vermeiden (Zusatz-Abb. 1, Zusatz-Tab.: 2, Zusatz-Tab.: 3).

Für die Modellentwicklung wurde für alle zugelassenen Kombinationen der Variablen jeweils ein Modell geschätzt (Zusatz-Abb. 1, Zusatz-Tab.: 2, Zusatz-Tab.: 3). Die Bewertung der Klassifikationsgüte der jeweiligen Modellspezifikation erfolgte über die ROC-Kurve bzw. AUC (Area under the curve), für 1a über die multiclass-AUC [30, 31], in 1b über die binäre AUC. Um einen möglichst unverzerrten Schätzer für die Performance auf unbekanntem Daten zu erhalten, wurde eine 10-fache Kreuzvalidierung durchgeführt [32]. Ausgehend davon erfolgte die Basismodellwahl über die höchste durchschnittliche (multi-class) AUC. Mittels Stepwise AIC (Akaike Information Criterion) [33, 34] wurde explorativ nach Interaktionen gesucht, deren Aufnahme den Schätzer der AUC verbesserten. Für den zufälligen Betriebseffekt wurde ein eigener Intercept geschätzt und eine Modellspezifikation (Ansatz-1a) vorgenommen.

Die Accuracy entsprach dem Anteil an allen Kühen, welcher der jeweils richtigen VK zugeordnet wurde. Die Balanced Accuracy berücksichtigte die unterschiedlichen Klassenstärken (Tab. 1) und ergab sich als Durchschnitt über die Sensitivitäten aller Klassen [35]. Die klassenspezifische Sensitivität gab den Anteil der Tiere an, die korrekterweise der jeweiligen VK zugeordnet wurden, ausgehend von allen Tieren welche durch den EnB der jeweiligen VK zugeordnet wurden [35]. Die Spezifität gab den Anteil der Tiere an, die einer VK korrekterweise nicht zugeordnet wurden [35].

Zur Berechnung der Metriken wurde in Ansatz-1b ein Grenzwert von 0,5 verwendet.

Für den Vergleich der Modelle wurden die Modelle aus Ansatz-1a hinsichtlich der Zielgröße „Antibiotikagabe“ binärisiert. Im Abschnitt „Ergebnisse“ wird das Modell mit der besten Performancemetrik beschrieben.

Modifikationen des Entscheidungsbaumes (EnB) zur Klassifizierung von Kühen ohne mikrobiologische Untersuchung

Zur Auffindung von möglichen Modifikationen des EnB, die Kühe ohne Durchführung einer MBU sicher in die VK 1 bzw. 2 (Tab. 1) einteilen, wurde ein kostensensitiver binärer Klassifikationsbaum (KKB) verwendet. Für den KKB wurde die Zielgröße „Ergebnis der MBU“, mit der Ausprägung „Minor Pathogen/ohne Befund“ vs. „Major Pathogen“ gewählt. Mögliche Modifikationen wurden, auf Basis der MLP, explorativ ermittelt. Für den KKB errechnet ein Algorithmus auf Grundlage der vorgegebenen Daten bestimmte Zuteilungskriterien, die in einer Baumstruktur wiedergegeben werden. Ausgehend von einem sog. Startknoten durchläuft ein Tier den KKB, wobei die Zuteilung zu einem Folgeknoten über jeweils eines der ermittelten Zuteilungskriterien erfolgt (=Split). Analog zum EnB ergibt sich die Klassifikation des Tieres über den zugeordneten Endknoten (=Blatt) [36]. Eine Fehlklassifikation von Kühen mit Auffälligkeiten bezüglich der verwendeten Parameter als „unauffällig“ wurde nicht toleriert (=kostensensitiv) [37]. Um

Zuteilungskriterien zu identifizieren, die zu einer fehlerfreien Klassifikationen in die VK 1 bzw. VK 2 führen, wurde daher für die explorative Suche nach diesen Zuteilungskriterien die Fehlklassifikation von Tieren als "MBU negativ" 10x höher gewichtet als die Fehlklassifikation als "MBU positiv" [vgl. 37]. Um die Komplexität des KKB zu reduzieren, wurde eine Tiefe von maximal 4 Splits bis zu den Blättern zugelassen [38].

Tab. 1: Einteilung der Trockenstellvorgänge der Kühe in die Verlaufsklassen auf Basis des Entscheidungsbaumes.

Table 1: Classification of cows' drying off processes in progression classes based on the decision tree.

Verlaufsklasse* (multinomiale logistische Regression ^a)	Beschreibung	Art der Behandlung (binäre logistische Regression ^{b,b} , kostensensitiver binärer Klassifikationsbaum)	Anzahl (n)
1	1.Stufe: keine Mastitis-Historie, Zellzahlen < 200.000/ml 2.Stufe: ohne Befund 3.Stufe: CMT negativ	ohne Antibiotikum ^b	282
2	1.Stufe: keine Mastitis-Historie, Zellzahlen < 200.000/ml 2.Stufe: Minor Pathogens 3.Stufe: CMT negativ	ohne Antibiotikum ^b	72
3	1.Stufe: keine Mastitis-Historie, Zellzahlen < 200.000/ml 2.Stufe: ohne Befund 3.Stufe: CMT positiv	mit Antibiotikum ^c	60
4	1.Stufe: keine Mastitis-Historie, Zellzahlen < 200.000/ml 2.Stufe: Minor Pathogens 3.Stufe: CMT positiv	mit Antibiotikum ^c	22
5	1.Stufe: keine Mastitis-Historie, Zellzahlen < 200.000/ml 2.Stufe: Major Pathogens 3.Stufe: nicht relevant	mit Antibiotikum ^c	37
6*	1.Stufe: Mastitis-Historie und / oder Zellzahlen ≥ 200.000/ml 2.Stufe: nicht relevant 3.Stufe: nicht relevant	mit Antibiotikum ^c	375

*=Trockenstellvorgänge mit Verlaufsklasse 6 wurden in den Modellen nicht berücksichtigt, da sie schon durch Stufe 1 für ein Trockenstellen unter Verwendung von antibiotischen Trockenstellpräparaten selektiert wurden; ^a=die gebildeten Verlaufsklassen werden in der multinomialen logistischen Regression als Zielgröße verwendet; ^b=Verlaufsklassen 1 und 2 werden im binären Modell zu „ohne Antibiotikum“ zusammengefasst (n=354); ^c=Verlaufsklassen 3 bis 6 werden im binären Modell zu „mit Antibiotikum“ zusammengefasst (n=494). Für den kostensensitiven binären Klassifikationsbaum: Einteilung „Antibiotikagabe“ analog zu ^{b,c}.

Ergebnisse

Trockenstellbehandlungen – deskriptive Auswertung

Berücksichtigt wurden 848 Trockenstellvorgänge von 739 Kühen. 109 Kühe wurden 2-Mal trocken gestellt. Im Folgenden werden die Kühe in Bezug auf deren jeweiligen Trockenstellvorgang (K_{TV}) betrachtet. Von den 848 K_{TV} hätten 354 K_{TV} „ohne AB“ ($K_{TV/ohneAB}$) und 494 K_{TV} „mit AB“ ($K_{TV/mitAB}$) trocken gestellt werden sollen. Bei 123 K_{TV} (14,5%) kam es zu Abweichungen vom EnB in der durchgeführten Trockenstellbehandlung (Trockenstellen „falsch mit“ oder „falsch ohne AB“). Dies hatte keine Auswirkung auf die Analyse der Selektionsstärke der Parameter. Gründe warum die Landwirt*innen vom EnB abwichen, können Schmon [13] entnommen werden. Aus dem verwendeten Datensatz ($n=848$) wurden insgesamt 69 K_{TV} (8,1%) wegen einer klinischen Mastitis behandelt, die zwischen dem Trockenstelltermin und dem 60. Laktationstag auftrat. Dies betraf 37 $K_{TV/mitAB}$, 22 $K_{TV/ohneAB}$, 8 $K_{TV-falsch/ohneAB}$ und 2 $K_{TV-falsch/mitAB}$ von 16 Betrieben. Die Chance eine Mastitis zu entwickeln war für $K_{TV-falsch/ohneAB}$ im Vergleich zu $K_{TV/mitAB}$ um 45,2% erhöht (OR: 1,452). Das Relative Risiko betrug 1,39%.

Auf Stufe 1 des EnB wurden 375 K_{TV} (44,2%) in die Kategorie „verdächtige Kühe“ eingeteilt (Abb. 1). Hier wiesen 118 K_{TV} (13,9%) eine Mastitis-Historie und 321 K_{TV} (37,9%) eine erhöhte ZZ auf (Abb. 1). Auf Stufe 1 wurden insgesamt 75,9% der $K_{TV/mitAB}$ ($n=494$) selektiert. Auf Stufe 2 wiesen 37 K_{TV} (4,4%) einen Major Pathogen auf (Abb. 1), die auf Stufe 1 unauffällig gewesen waren. Dies entsprach 7,5% der $K_{TV/mitAB}$ ($n=494$). Aufgrund Stufe 3, dem CMT beim TS, wurden 82 K_{TV} (9,7%) für ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz (TS_{AB}) selektiert (Abb. 1), die auf Stufe 1 und 2 unauffällig gewesen waren. Dies entsprach 16,6% der $K_{TV/mitAB}$ ($n=494$).

Bei einem Weglassen der Stufen 2 und 3 wären 119 K_{TV} (14,0%) fehlklassifiziert worden („falsch-ohne AB“).

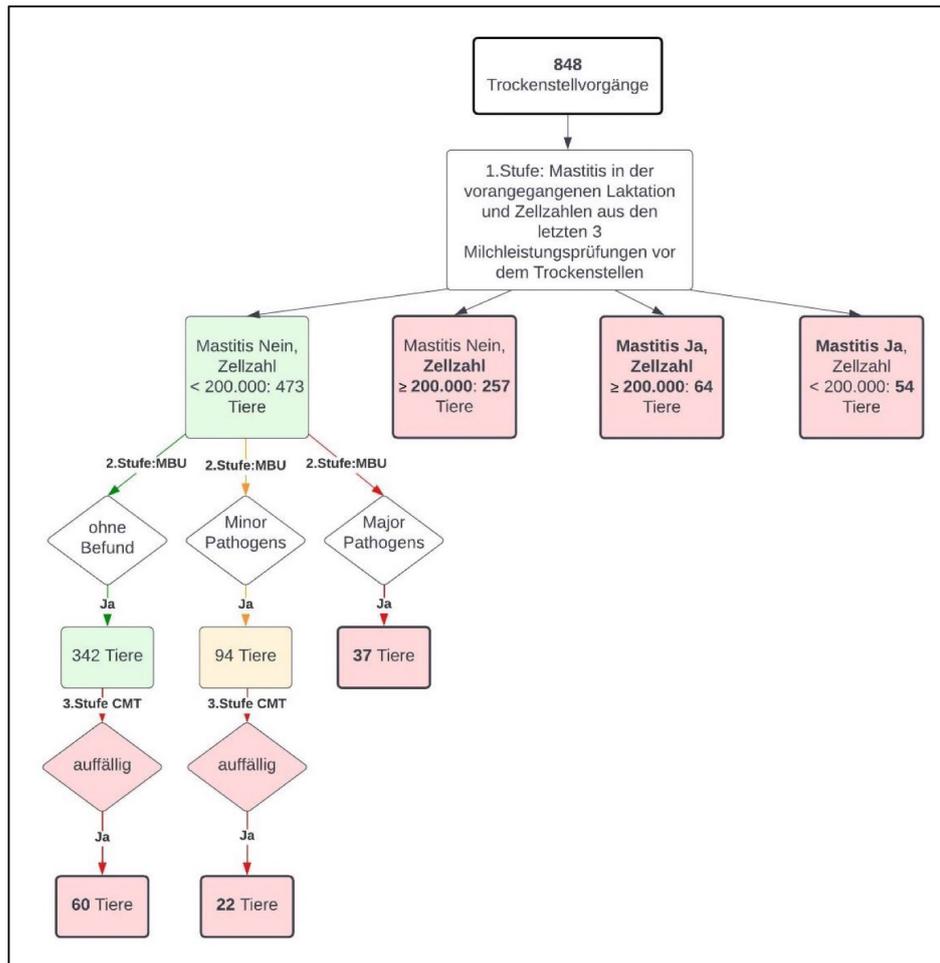


Abb. 1: Verteilung der Kühe je Trockenstellvorgang auf die jeweilige Stufe des Entscheidungsbaumes, die als erstes für „Trockenstellen unter Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates“ selektiert hat. Quelle: © Tanja Sonnewald-Daum

Fig. 1: Distribution of cows' drying off processes on the respective step of the decision tree which has selected first for intramammary antibiotic use at dry-off. Source: © Tanja Sonnewald-Daum

MBU=mikrobiologische Untersuchung des Viertelanfangsgemelks 10-14 d vor dem Trockenstelltermin, CMT=California-Mastitis-Test am Tag des Trockenstellens, Tiere=bezieht sich auf Trockenstellvorgänge der Kühe. Auf der 1. Stufe wurden 44,2%, auf der 2. Stufe 4,4% und auf der 3. Stufe 9,7% der Kühe je Trockenstellvorgang für antibiotisches Trockenstellen selektiert ($n_{gesamt}=848$).

Selektionsschärfe der 4 Parameter des Entscheidungsbaumes (EnB)

Insgesamt war eine erhöhte ZZ ($n=321$) der häufigste veränderte Parameter der $K_{TV/mitAB}$, gefolgt von Abweichungen im CMT ($n=271$) und einem Major Pathogen-Nachweis ($n=150$) (Abb. 2, Abb. 3). Abb. 2 beschreibt die Häufigkeiten der aufgetretenen Parameterkombinationen und welche Stufe für ein TS_{AB} selektiert hat. Von den K_{TV} mit Minor Pathogen-Nachweis ($n_{gesamt}=183$), ohne Auffälligkeiten auf Stufe 1, wurden 12,0% ($n=22$) aufgrund eines positiven CMT „mit AB“ trockengestellt (Abb. 2). Das Verhältnis der unterschiedlichen Parameterkombinationen der K_{TV} zueinander, sowie die Empfehlung der Trockenstellbehandlung nach Durchlaufen des EnB, werden in Abb. 3 dargestellt.

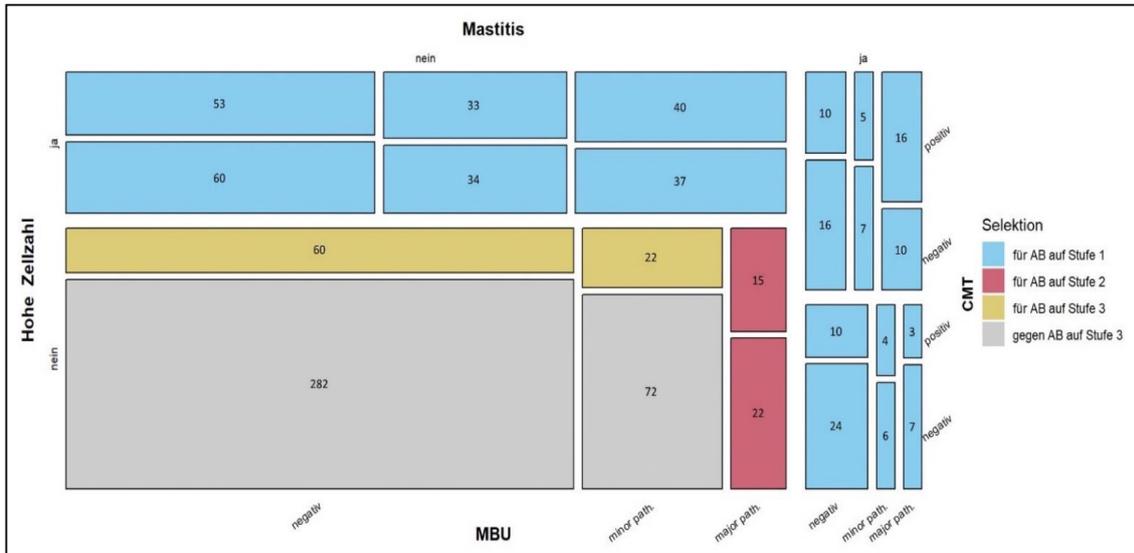


Abb. 2: Mosaikplot: Darstellung der Parameterkombinationen und -häufigkeiten die für die Behandlungsgruppen „mit“ und „ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates“ auf den einzelnen Stufen des Entscheidungsbaumes selektiert haben (n=848). Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnwald-Daum

Fig. 2: Mosaic-Plot: Illustration of combination of parameters and their frequency that selected for and against dry cow treatment with intramammary antibiotic use at dry-off considering the single steps of the decision tree. Source: © StaBLab LMU, T.Sonnwald-Daum

Hohe Zellzahl ja= ≥ 200.000 Z/ml in den letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen; MBU=mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben; negativ=ohne Befund; minor path=Minor Pathogens; major path=Major Pathogens; CMT=California-Mastitis-Test; CMT negativ=keine Vierteldifferenzen, Befund bis einschließlich Grad 1/+; CMT positiv= Befunde größer Grad 1/+, oder auffällige Vierteldifferenzen von mehr als 1 Grad; AB=Trockenstellen unter Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates; Stufe=jeweilige Stufe nach dem verwendeten Entscheidungsbaum; blau=Tiere, die bereits auf Stufe 1 (Mastitis-Historie und/oder hohe Zellzahl) für Trockenstellen „mit AB“ selektiert wurden; rot=unauffällig auf Stufe 1, Nachweis von Major Pathogens in der MBU auf Stufe 2; gelb=unauffällig auf Stufe 1, ohne Befund oder Nachweis von Minor Pathogens auf Stufe 2, positiver CMT auf Stufe 3; grau=keine Auffälligkeiten, Trockenstellen ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates.

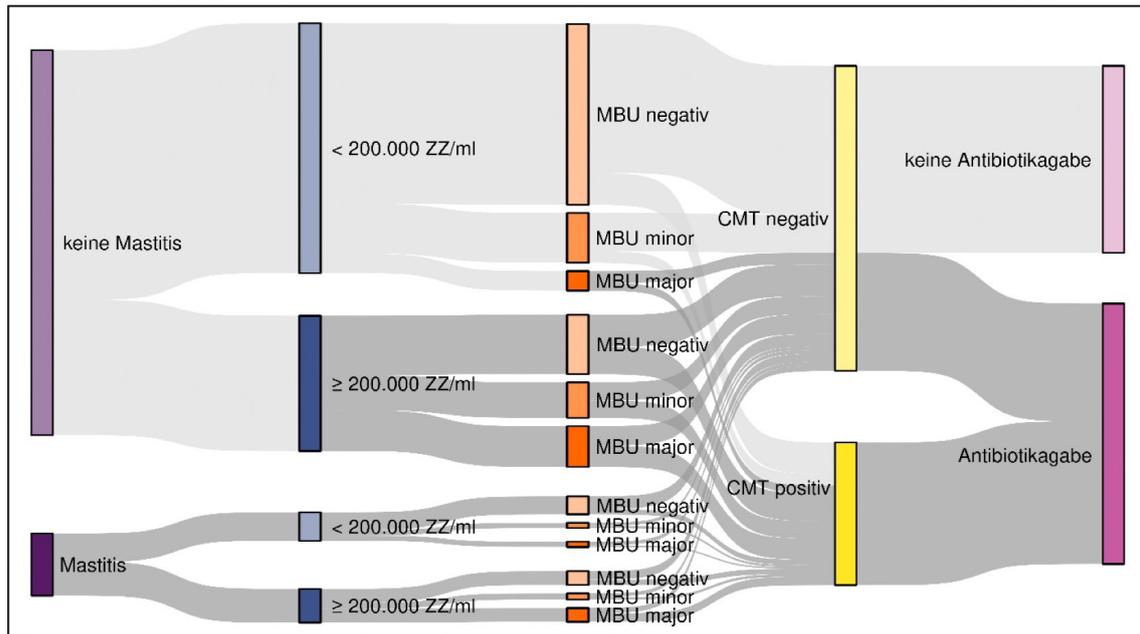


Abb. 3: Sankeyplot zur Verteilung der Anzahl an Beobachtungen in den jeweiligen Parameterkombinationen der Kühe je Trockenstellvorgang, nach Durchlaufen des Entscheidungsbaumes und der Einteilung zur Trockenstellbehandlung „mit“ und „ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates“. Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnenwald-Daum

Fig. 3: Sankey-Plot: Distribution of the combination of cows' parameters, per drying off process, after fulfilling the decision tree that selected for and against dry cow treatment with intramammary antibiotic use at dry-off. Source: © StaBLab LMU, T.Sonnenwald-Daum

Die Breite der Balken entspricht der Anzahl von Kühen je Trockenstellvorgang auf dem jeweiligen Pfad. Mastitis=Mastitis-Historie der vorangegangenen Laktation; ZZ=Zellzahl der letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen; MBU=mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben; negativ=ohne Befund; minor =Minor Pathogens (z.B. koagulase negative Staphylokokken); major=Major Pathogens (z.B. *Sc.uberis*); CMT=California-Mastitis-Test; CMT negativ= keine Vierteldifferenzen, Befund bis einschließlich Grad 1/+; CMT positiv= Befunde größer Grad 1/+, oder auffällige Vierteldifferenzen von mehr als 1 Grad; hellgrau=unauffällig; dunkelgrau=Parameterabweichungen, trockenstellen mit Antibiotikum.

Abweichungen in 1 (n=228, 46,2%) oder 2 (n=182, 36,8%) Parametern führten am häufigsten zu einem TS_{AB} (n=494). Abweichungen in 3 (n=68, 13,8%) und 4 (n=16, 3,2%) Parametern traten seltener auf.

Von den K_{TV/mitAB}, die eine Parameterabweichung aufwiesen (n=228), hatten 94 eine erhöhte ZZ (19,0%), 82 einen positiven CMT (16,6%), 30 eine Mastitis-Historie (6,1%) und 22 einen Major Pathogen-Nachweis (4,4%). Bei den Major Pathogens handelte es sich um *S.aureus* (n=8), *Sc.uberis* (n=4), *E.coli* (n=1), Enterokokken (n=1), äskulin positive Streptokokken (n=1), Hefen (n=1), *Lactococcus garvieae* (n=2) und Mischinfektionen (n=4).

Bei den K_{TV}, die allein aufgrund einer Mastitis-Historie antibiotisch trockengestellt wurden, wurde kein Major Pathogen am Tag des TS nachgewiesen.

California-Mastitis-Test im Vergleich zur mikrobiologischen Untersuchung

Von den K_{TV} , die auf Stufe 1 unauffällig waren und auf Stufe 2 durch den Nachweis eines Major Pathogens selektiert wurden ($n=37$, Abb. 1), wiesen 11 K_{TV} (29,7%) parallel einen positiven, 26 K_{TV} (70,3%) einen negativen CMT am Tag der MBU auf (Kontingenzkoeffizient_{nach Pearson}=0,33). Am Tag des TS wiesen 15 K_{TV} (40,5%) dieser Gruppe einen positiven, 22 K_{TV} (59,5%) einen negativen CMT auf (Kontingenzkoeffizient_{nach Pearson}=0,24). Insgesamt hatten 20 K_{TV} (54,1%) trotz Major Pathogen-Nachweis, am Tag der MBU sowie am Tag des TS, einen negativen CMT.

Zusammenhänge zwischen der Höhe des somatischen Zellgehalts innerhalb 100 Tage vor dem Trockenstellen und dem Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung

In Abhängigkeit von dem Ergebnis der MBU 10-14 d vor dem TS wurden 4 Gruppen gebildet: „ohne Befund (negativ)“, „Minor Pathogen“, „*S.aureus*“ und „Major Pathogen (ohne *S.aureus*)“ (Abb. 4). Die Ergebnisse der letzten 3 MLP vor dem TS wurden als geometrisches Mittel der ZZ (geoZZ) für die jeweilige Befundgruppe zusammengefasst. Verschiedene geoZZ-Niveaus, mit deutlicher Lageverschiebung je Gruppe, konnten hierbei beobachtet werden (Abb. 4): „Major Pathogen“ hatte den höchsten geoZZ-Verlauf vor dem TS (Abb. 4), mit einem Durchschnitt der geoZZ von 190.726 Z/ml innerhalb von 100d vor dem TS. Der höchste Durchschnitt der geoZZ von „Major Pathogen“ lag innerhalb von 30 d vor dem TS bei 208.370 Z/ml, der niedrigste lag innerhalb von 100-60 d vor dem TS bei 177.805. „*S.aureus*“ wies innerhalb von 100d vor dem TS einen Durchschnitt der geoZZ von 161.780 Z/ml, sowie starke Schwankungen im ZZ-Verlauf auf (Abb. 4). Im Vergleich zu den anderen Gruppen, war „*S.aureus*“ sehr klein (Abb. 4). Der Durchschnitt der geoZZ von „Minor Pathogen“ innerhalb von 100 d vor dem TS war 113.317 Z/ml und damit um 40.197 Z/ml höher als bei „ohne Befund“ (73.120 Z/ml) und 77.408 Z/ml niedriger als bei „Major Pathogen“. Der höchste Durchschnitt der geoZZ von „Minor Pathogen“ lag innerhalb von 30 d vor dem TS bei 132.207 Z/ml. Ein Anstieg der Trendlinien der geoZZ zum Trockenstelltermin konnte in allen Gruppen beobachtet werden (Abb. 4). In den betrachteten Zeitintervallen blieb die Gruppe „ohne Befund“ im Durchschnitt der geoZZ < 100.000 Z/ml Milch, „Minor Pathogen“ zwischen 100-150.000 Z/ml und „Major Pathogen“ ≥ 150.000 Z/ml (Abb. 4).

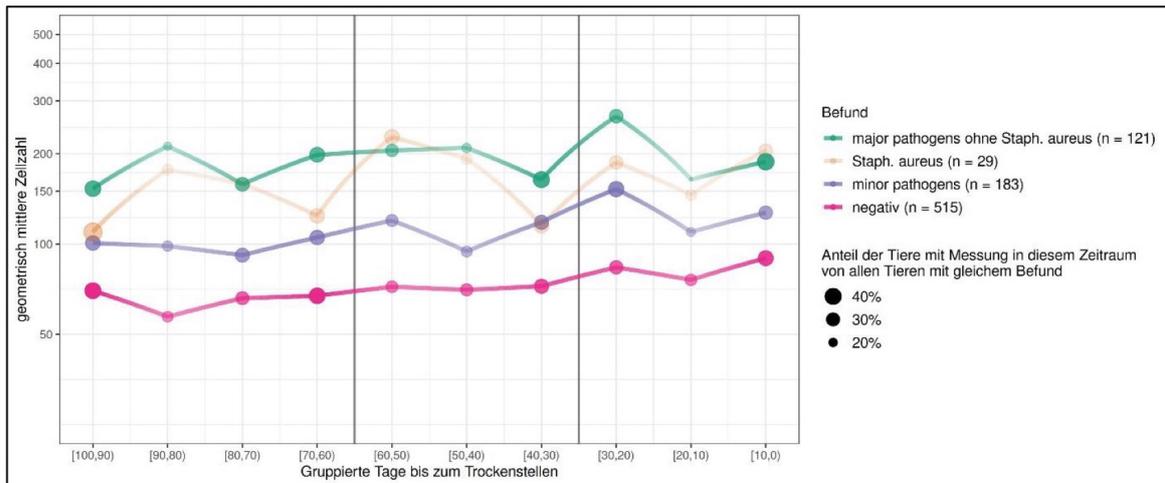


Abb. 4: Darstellung des geometrischen Mittels der Zellzahlverläufe, gruppiert nach Zeitintervallen und in Abhängigkeit von dem Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung 10-14 Tage vor dem Trockenstellen. Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum

Fig. 4: Illustration of geometric mean of somatic cell count progression categorized by time intervals and depending on culturing 10-14 days prior to dry off. Source: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum

Negativ=„ohne Befund“ und „kein Mastitiserreger nachweisbar“; Die Transparenz der einzelnen Linien entspricht der relativen Anzahl der Untersuchungseinheiten, die in den jeweiligen Durchschnitt, relativ zu der maximalen Anzahl an Untersuchungseinheiten in der Befundgruppe, eingeflossen sind. Zusätzlich wurde die Transparenz mit Faktoren korrigiert, damit kleine Befundgruppen transparenter erscheinen als größere. Die Faktoren sind 1 für „S.aureus“, 2,5 für „Major Pathogens“, 2,6 für „Minor Pathogens“ und 3 für „Negativ“. Die Größe der Punkte je 10 d-Intervall entspricht dem Anteil der Untersuchungseinheitenanzahl zum jeweiligen Zeitpunkt. Tiere mit mehreren Messungen im Zeitraum wurden einfach gewichtet. In der Grafik wurde eine logarithmierte Zellzahlskala verwendet, bei der Berechnung des geometrischen Mittels nicht. Verwendung des geometrischen Mittels für aggregierte Zellzahlverläufe pro Tag und Gruppierung nach Befund. Bereinigt um Trockenstellvorgänge mit fehlenden Daten.

Die K_{TV} mit *S.aureus*-Nachweis ($n=29$, $K_{TV/aureus}$) kamen aus 10 Betrieben. Für 27 $K_{TV/aureus}$ lagen Informationen von mehrfachen Nachweisen vor dem TS, bei 2 $K_{TV/aureus}$ 1 MBU kurz vor dem TS, vor. Auf Stufe 1 des EnB wurden 11 (37,9%) $K_{TV/aureus}$ nicht erkannt. Auf Stufe 3 wurden 3 $K_{TV/aureus}$ selektiert, die auf Stufe 1 unauffällig waren. In den letzten 3 MLP vor dem TS blieben 7 $K_{TV/aureus} < 100.000$ Z/ml Milch, wovon 2 K_{TV} durch eine Mastitis-Historie bzw. den CMT selektiert wurden.

Ohne Stufe 2 wären 8 (27,6%) $K_{TV/aureus}$ aus 3 Betrieben (Verteilung: $n=4$, $n=3$, $n=1$) nicht erkannt worden.

Unterschiedliche Grenzwerte des somatischen Zellgehalts in der Laktation zur Einteilung der Trockenstellbehandlung im Vergleich zum Entscheidungsbaum (EnB)

Es wurden 3 Gruppen in Abhängigkeit von der maximalen ZZ-Höhe in der vorangegangenen Laktation gebildet (Abb. 5): Gruppe 1 [0,100]=Maximum der Zellzahlen ≤ 100.000 Z/ml Milch ($n=208$), Gruppe 2 (100,200]=Maximum der Zellzahlen > 100.000 bis ≤ 200.000 Z/ml Milch ($n=214$), Gruppe 3 (200,inf]=Maximum der Zellzahlen > 200.000 Z/ml Milch ($n=406$). Unter

Berücksichtigung der Behandlungsempfehlung des EnB wurden in den Gruppen 1) 80,8% (n=168), 2) 63,1% (n=135) und 3) 10,6% (n=43) „ohne AB“ trockengestellt (Abb. 5).

Im Vergleich zu den 4 Parametern des EnB wären bei den 2 Selektionskriterien ZZ der Laktation mind. $1x > 200.000$ Z/ml und Mastitis-Historie, für ein TS_{AB} , in den Gruppen 1) 30 (14,4%) und 2) 60 (28,0%) K_{TV} „falsch ohne AB“ trockengestellt worden. Bei der Kombination aus ZZ der Laktation mind. $1x > 200.000$ Z/ml und positivem CMT beim TS, für ein TS_{AB} , wären in den Gruppen 1) 9 (4,3%) und 2) 28 (13,1%) K_{TV} „falsch ohne AB“ trockengestellt worden. Bei alleiniger Verwendung der ZZ der Laktation (mind. $1x > 100.000$ Z/ml Milch) für ein TS_{AB} , wären 178 (21,5%) K_{TV} „falsch mit AB“, 40 (4,8%) K_{TV} „falsch ohne AB“ trockengestellt worden (Abb. 5). Von den $K_{TV/aureus}$ (n=28) konnten 96% den Gruppen 2) und 3) zugeordnet werden (Tab. 2). Der Anteil von „Minor Pathogens“ im Vergleich zu „Major Pathogens“ war in der Gruppe 1) 8,25 -mal, in Gruppe 2) 1,85-mal so hoch (Tab. 2).

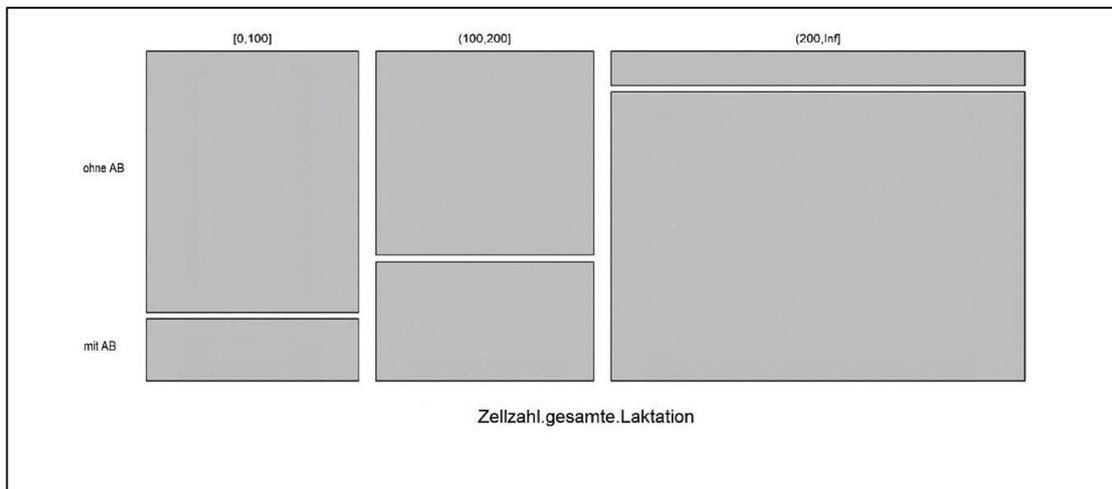


Abb. 5: Mosaikplot: Einteilung der nach Entscheidungsbaum mit und ohne antibiotisches Trockenstellpräparat trockengestellten Kühe je Trockenstellvorgang, gruppiert nach Maximum der Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung der vorangegangenen Laktation (n=828). Quelle: © StaBLab LMU, T. Sonnewald-Daum

Fig. 5: Mosaic-Plot: Distribution of cows, per drying off process, that were selected for and against dry cow treatment with intramammary antibiotic use at dry-off by the decision tree, grouped by somatic cell count maximum during preceding lactation. Source: © StaBLab LMU, T. Sonnewald-Daum

Zellzahl gesamte Laktation=mindestens Informationen aus 8 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen; Gruppe 1 [0,100]=Maximum der Zellzahlen ≤ 100.000 Z/ml Milch (n=208, n („mit AB“)=40); Gruppe 2 (100,200]=Maximum der Zellzahlen > 100.000 bis ≤ 200.000 Z/ml Milch (n=214, n („mit AB“)=79); Gruppe 3 (200,inf]=Maximum der Zellzahlen > 200.000 Z/ml Milch (n=406, n („mit AB“)=363); AB=antibiotisches Trockenstellpräparat; „mit/ohne AB“=Trockenstellempfehlung nach Entscheidungsbaum unter Betrachtung der 4 Parameter.

Tab. 2: Parameter des Entscheidungsbaumes von Kühen je Trockenstellvorgang, gruppiert nach Maximum der Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung der vorangegangenen Laktation (n=828).

Table 2: Parameter of decision tree of cows per drying off process, grouped by somatic cell count maximum during preceding lactation (n=828).

Parameter des Entscheidungsbaumes	Gruppe 1 [0,100] n=208		Gruppe 2 (100,200] n=214		Gruppe 3 (200,inf] n=406	
	n	%	n	%	n	%
Mastitis-Historie	10	4,8	19	8,9	87	21,4
Major Pathogen ohne <i>S.aureus</i>	4	1,9	27	12,6	115	28,3
<i>S.aureus</i>	1	0,5	6	2,8	21	5,2
Minor Pathogen gesamt	33	15,9	50	23,4	95	23,4
Minor Pathogen mit CMT positiv	7	3,4	14	6,5	42	10,3
CMT positiv gesamt	31	14,9	51	23,8	182	44,8
ZZ > 200.000/ml in den letzten 3 MLP vor TS	0	0	0	0	338	83,3

ZZ=Zellzahl; MLP=Milchleistungsprüfung; TS=Trockenstellen; Parameterkombinationen in der Tabelle nicht berücksichtigt. Zellzahl gesamte Laktation=mindestens Informationen aus 8 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen; Gruppe 1 [0,100]=Maximum der Zellzahlen ≤ 100.000 Z/ml Milch; Gruppe 2 (100,200]=Maximum der Zellzahlen > 100.000 bis ≤ 200.000 Z/ml Milch; Gruppe 3 (200,inf]=Maximum der Zellzahlen > 200.000 Z/ml Milch.

Modell für eine Klassifizierung der Kühe ohne vollständiges Durchlaufen des Entscheidungsbaumes (EnB)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der binären logistischen Regression beschrieben (Ansatz-1b, Zielgröße „Antibiotikagabe“, Ausprägungen: ja/nein; Tab. 1). Dieses Modell wies im Vergleich mit den binärisierten Modellen der multinomialen logistischen Regression die besten Performancemetriken auf.

Das finale Modell beinhaltet die Einflussgrößen logarithmierte ZZ (\log_ZZ), CMT 7-14 d vor dem TS, logarithmierte Laktationsnummer ($\log_LNr.$), letzte Abmelkungsmilchmenge (Last_milch), Differenz der maximalen und minimalen Milchmenge in kg der Laktation (Diff_milch) und die Interaktion zwischen Last_milch und \log_ZZ (Zusatz-Tab.: 2). Folgende Metriken wurden berechnet: AUC=0,741, Accuracy=0,778, balanced Accuracy=0,628, Sensitivität=0,925, Spezifität=0,331.

Das Modell ordnete ca. 77,8% der Beobachtungen richtig den beiden Behandlungsgruppen „mit/ohne AB“ zu (Accuracy), die auf Stufe 1 des EnB unauffällig waren. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Gruppengrößen (Tab. 1) konnten ca. 62,8% der Beobachtungen richtig zugeordnet werden (balanced Accuracy). Nach dem Modell erhielten 92,5% der Kühe eine antibiotische Trockenstellbehandlung, die diese auch laut EnB benötigten (Sensitivität). Von den $K_{TV/ohne\ AB}$ wären nach Modell 33,1% korrekt „ohne AB“ trockengestellt worden (Spezifität),

was einer impliziten Fehlklassifikation („falsch mit AB“) von 66,9% entsprach. Ein positiver CMT 7-14 d vor dem TS, im Vergleich zu einem negativen, erhöhte die Chance „mit AB“ trockengestellt zu werden um das 5,95-fache. Erhöhte sich die \log_LNR um 1 Einheit, erhöhte sich die Chance „mit AB“ trockengestellt zu werden um den Faktor 1,25. Erhöhte sich $Diff_milch$ um 1 Einheit, erhöhte sich die Chance „mit AB“ trockengestellt zu werden um den Faktor 1,01. Der Koeffizientenschätzer der Interaktion von $Last_milch$ und \log_ZZ betrug 1,08 ($\log_ZZ=0,55$; $Last_milch=0,68$).

Mittels Effektplot konnte dargestellt werden, dass die \log_ZZ für die beschriebenen Werte der $Last_milch$ (Mittelwert [mw], mw +/-Standardabweichung [s]) einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit einer Kuh hatte, „mit AB“ trockengestellt zu werden (Abb. 6). Je höher die $Last_milch$ war, um so größer wurde die Wahrscheinlichkeit „mit AB“ trockengestellt zu werden, wenn die Werte der \log_ZZ , unter der Annahme der Konstanthaltung der anderen Variablen, stiegen (Abb. 6). Die Interaktion der $Last_milch$ von 10,04kg (mw-s) wies, v.a. bei niedrigen Werten der \log_ZZ , eine relativ große Unsicherheit in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Antibiotikagabe auf (Abb. 6). Bis zu einer \log_ZZ von $< 4,75$ (< 115.584 Z/ml) war die Wahrscheinlichkeit „mit AB“ behandelt zu werden für K_{TV} mit $Last_milch$ 23,85kg (mw+s) niedriger, als mit $Last_milch$ 16,94kg (mw), bei \log_ZZ von $> 4,75$ höher (Abb. 6). Bei $\log_ZZ(5,5)$ lag die Wahrscheinlichkeit „mit AB“ trockengestellt zu werden für K_{TV} mit $Last_milch$ 23,85kg bei ca. 42% (95%KI: ca.24-60%), und war im Vergleich zu den andern Gruppen (10,04kg [24%(95%KI: ca.15-38%)], 16,94kg [32%(95%KI: ca.22-44%)]) am höchsten (Abb. 6).

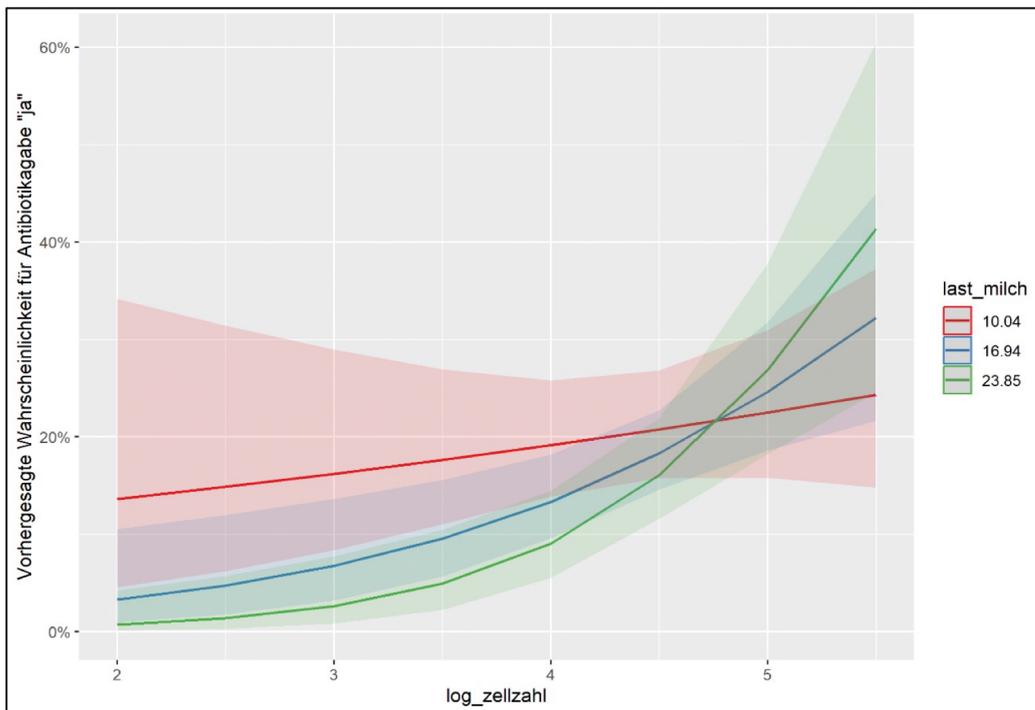


Abb. 6: Effektplot: Darstellung der Interaktion zwischen logarithmierter Zellzahl und letzter Abmelkungsmilchmenge der binären logistischen Regression (Modell-1b). Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum.

Fig. 6: Effect-Plot: Illustration of interaction of log-transformed somatic cell count and last milk amount prior to dry off by binary logistic regression (Model-1b). Source: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum.

blau=geschätzte Interaktion des Mittelwerts von last_milch und log_zellzahl, grün=geschätzte Interaktion des Mittelwerts+Standardabweichung der last_milch und log_zellzahl, rot=geschätzte Interaktion des Mittelwerts-Standardabweichung und log_zellzahl; Farbige Bereiche um die jeweiligen Grafen stellen das geschätzte 95%-Konfidenzintervall dar; Einheit (Log_Zellzahl) = $e^{(\log_ZZ)}$ Zellzahl (in tsd.).

Modifikationen des Entscheidungsbaumes (EnB) zur Klassifizierung von Kühen ohne mikrobiologische Untersuchung

Für die Zielgröße „Ergebnis der MBU“ 7-14 d vor dem TS konnten mittels kostensensitivem binärem Klassifikationsbaum (KKB) 2 reine, gelbe Blätter berechnet werden, welche die Tiere ohne Fehlklassifikation in die Gruppe „Minor Pathogen/ohne Befund“ einteilen (Abb. 7, gelbe Blätter 2 und 3). Unter Verwendung der maximal erlaubten 4 Splits wurden 207 K_{TV} , also 24,4% der Grundgesamtheit ($n=848$) sowie 47,5% der Tiere mit entsprechendem Befund und ohne Auffälligkeiten auf Stufe 1 ($n=436$), korrekt eingeteilt. War der höchste ZZ-Wert der letzten 3 MLP vor dem TS < 131.000 Z/ml Milch, betrug die durchschnittliche Milchmenge in der Laktation ≥ 22 kg, war der Trockenstelltermin nicht in der Jahreszeit Winter und lag eine Trend_zz (Steigung einer Regressionsgeraden der ZZ der Laktation) von $\geq -0,48$ vor, konnten im vorliegenden Datensatz ($n=436$) 184 K_{TV} (42,2%) sicher als „Minor Pathogen/ohne Befund“ klassifiziert werden (Abb. 7, gelbes Blatt 3). War der Trockenstelltermin im Winter und lag eine

Last_milch von < 20kg vor, konnten 23 K_{TV} (5,3%) sicher als „MBU negativ/ohne Befund“ klassifiziert werden (Abb. 7, gelbes Blatt 2).

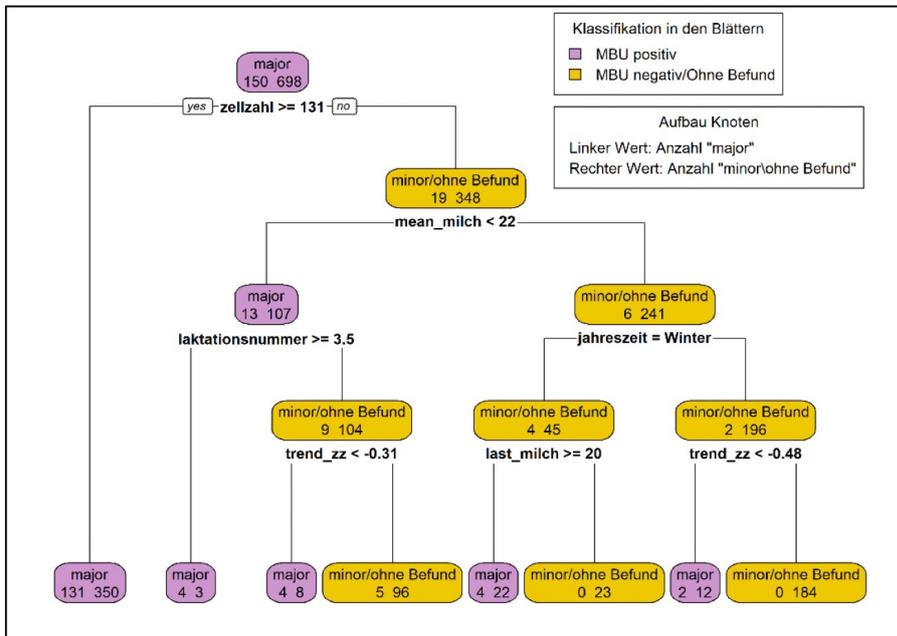


Abb. 7: Kostensensitiver Klassifikationsbaum mit der Zielgröße "Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung" 7-14 Tage vor dem Trockenstellen. Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum

Fig. 7: Cost sensitive classification tree with dependent variable "Culturing result" 7-14 d prior to dry off. Source: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum

MBU= mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben; minor=Minor Pathogens (z.B. koagulase negative Staphylokokken); major=Major Pathogens (z.B. Sc.uberis); zellzahl= höchster Zellzahlwert der letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen (in tsd.); mean_milch= durchschnittliche Milchmenge während der Laktation (in kg); Jahreszeit=kalendarische Jahreszeit in Deutschland; last_milch= Milchmenge der letzten Abmelkung vor dem Trockenstellen (in kg); Trend_zz= mittels Regression ermittelter Verlauf der Zellzahlen während der Laktation bzw. Steigung der Regressionsgeraden, Werte <0 geben eine durchschnittlich sinkende Zellzahl an. Es wurde die Ausprägung „MBU negativ (Minor Pathogen/ohne Befund)“ vs. „MBU positiv (Major Pathogen)“ gewählt. Durch die verwendete Kostenmatrix wurde die fälschliche Klassifikation von Tieren in „MBU negativ“ 10x höher gewichtet als die fälschliche Zuteilung in „MBU positiv“.

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, die 4 Parameter Zellzahl (ZZ), Mastitis-Historie, Mikrobiologische Untersuchung (MBU) und California-Mastitis-Test (CMT) des von Schmon [13] geprüften und von der LfL [14] empfohlenen Entscheidungsbaums (EnB) für das Selektive Trockenstellen (TS) auf ihre Selektionsstärke zur Erkennung von intramammären Infektionen (IMI) zum Zeitpunkt des TS zu prüfen. Zudem sollte ermittelt werden, ob für eine sichere Einzeltierklassifikation alle 4 Parameter notwendig sind und wie sich Änderungen bezüglich des betrachteten Zeitraums der ZZ sowie andere ZZ-Grenzwerte auf die Entscheidung zur Trockenstellbehandlung auswirken. Ein weiteres Ziel war es zu ermitteln, ob eine sichere

Einzel-tierklassifikation durch ein vereinfachtes Modell auf Basis der Stufe 1 des EnB möglich ist, und ob Modifikationen für den EnB gefunden werden können, die die kosten- und zeitaufwendige MBU ersetzen können.

Limitationen

Die Daten der Feldstudie wurden in den privat geführten Milchviehbetrieben von unterschiedlichen Personen erhoben. Durch die „SOP RAST“ sollte ein möglichst einheitliches Vorgehen erreicht werden [13, 14]. Unterschiede in der Interpretation und der Bewertung des CMT durch die Landwirt*innen sowie Unterschiede bei der Gewinnung der Viertelanfängsgemelksproben können dennoch nicht ausgeschlossen werden. Die Repräsentativität der Ergebnisse, z.B. in Bezug auf ganz Deutschland, erscheint begrenzt, da es sich im vorliegenden Datensatz um einen relativ kleinen Stichprobenumfang aus Bayern handelt. Eine weitere Studie mit Ausweitung auf mehrere Bundesländer und damit einem Einbezug von unterschiedlichen Betriebsstrukturen und -größen erscheint sinnvoll. In Bezug auf die Ergebnisse des kostensensitiven binären Klassifikationsbaums (KKB) ist zu betonen, dass die Ergebnisse nur für die vorliegenden Daten gültig sind. Um rein datenbasiert weitere Modifikationen des EnB identifizieren zu können, wäre ein größerer Stichprobenumfang notwendig.

Diskussion der Methoden

Da es sich um einen praxisnahen Feldversuch handelte, wurden Einzelproben von Viertelanfängsgemelksproben im EnB als geeignet angesehen [2, 13, 39, 40]. Durch die erfolgte Vorselektion auf Herdenebene können keine direkten Schlüsse für Betriebe gezogen werden, die die verwendeten Kriterien auf Herdenebene nicht erfüllen. Konkrete Studien für Empfehlungen von Selektionskriterien auf Herdenebene fehlen bisher [4]. Mc Cubbin, de Jong, Lam, et al. [4] schlagen, ähnlich der vorliegenden Studie, einen Tankmilchzellgehalt von z.B. < 250.000 Z/ml Milch, Inzidenz von klinischer Mastitis und Faktoren, die diese beeinflussen, wie die Hygiene beim Trockenstellmanagement sowie Wissen um den Status von Major Pathogens einer Herde, vor. Die 4 Parameter des EnB wurden in der Studie gewählt, um IMI beim TS, bzw. Kühe die von einem Trockenstellen unter antibiotischem Schutz (TS_{AB}) profitieren, mit einer hohen Sicherheit zu erkennen und den Eutergesundheitsstatus auf Herden- und Einzeltierebene nicht zu gefährden [13, 14]. Für die Bearbeitung der Fragestellungen wurde die Einteilung der Kühe nach den Ergebnissen des EnB als zu Grunde liegende Wahrheit betrachtet, da die Anwendung des EnB nach Schmon [13] keine negativen Auswirkungen auf die Eutergesundheit hatte [13]. Auf Einzeltierebene sind keine Mastitis-Historie [2, 41, 42] und ZZ der letzten 3 MLP < 200.000 Z/ml Milch [2, 19, 43-45] genutzte Parameter für selektives TS „ohne AB“, ebenfalls in Kombination mit dem CMT [44, 46]. Eine kürzlich durchgeführte Studie in Deutschland ermittelte, dass 94,5% der Betriebe ($n=765$) an der MLP teilnahmen [47]. Daher wurde die Verwendung von Daten aus der MLP für mögliche Modifikationen des EnB als

geeignet angesehen. Für die Ansätze 1a und 1b wurde explorativ über das AIC nach Interaktionen gesucht. Eine weitere Verbesserung der Modelle könnte über eine gezielte Suche über das AUC-Kriterium erreicht werden. Techniken der Regularisierung verschlechterten die Modellperformance und wurden nicht weiterverfolgt. Es könnte eine Verbesserung der Klassifikationsgüte über zusätzliche Informationen der Kühe und des Betriebes erreicht werden.

Den Autoren ist nach bestem Wissen nicht bekannt, dass ein KKB im Kontext des Selektiven TS bisher in anderen Studien verwendet wurde. Im Zuge der Digitalisierung und der durch die MLP zur Verfügung stehenden (online-) Informationen, könnte die Implementierung eines solchen Algorithmus für die erforderliche Trockenstellbehandlung möglich und zielführend sein.

Diskussion der Ergebnisse

Selektionsschärfe der 4 Parameter des Entscheidungsbaumes (EnB)

In der vorliegenden Studie war die ZZ das stärkste Selektionskriterium, gefolgt vom CMT am Tag des TS. Diese selektierten in Kombination 88,1% der $K_{TV/mitAB}$. Ferreira, Martinez-Lopez and Okello [19], die den gleichen Grenzwert für die ZZ 3 Monate vor dem TS allein testeten, kamen zu dem Schluss, dass zusätzliche Kriterien eine Einzeltiererkennung verbessern könnten. Bei reiner Betrachtung der ZZ der letzten 3 MLP wären 35%, und bei der Kombination aus ZZ und Mastitis-Historie, wie von Bradley, De Vlieghe, Farre, et al. [23] vorgeschlagen, wären 24% der $K_{TV/mitAB}$ fehlklassifiziert worden. McDougall, Williamson and Lacy-Hulbert [48] erzielten mit dem Einsatz des CMT am Tag des TS, im Vergleich zur ZZ > 200.000 Z/ml Milch während der Laktation, eine höhere bakteriologische Heilung, ein reduziertes Risiko für neu erworbene IMI und eine niedrigere Prävalenz von IMI nach der Kalbung. Die Kombination der beiden Kriterien ZZ und CMT ist nach den vorliegenden Ergebnissen sinnvoll. Dies steht in Einklang mit Kiesner, Wente, Volling, et al. [49] die zeigten, dass die Kombination aus ZZ der letzten 3 MLP und CMT die Erkennung von IMI erhöht und in Bezug auf Sensitivität und negativen Prädiktiven Wert die besten Ergebnisse erzielt.

Allein aufgrund einer Mastitis-Historie wurden 30 K_{TV} (6,1%) für ein TS_{AB} selektiert, von denen 0/30 einen Erregernachweis zum Zeitpunkt des TS hatten. Rowe, Vasquez, Godden, et al. [42] zeigten ebenfalls, dass die Mastitis-Historie nur einen geringen Einfluss auf die Klassifikation der Kühe hatte. Im Gegensatz zur vorliegenden Studie, lag bei Rowe, Vasquez, Godden, et al. [42] der Anteil von Kühen mit alleiniger Mastitis-Historie bei 0,5-3,6%, und bei ähnlichen verwendeten Selektionskriterien von ZZ der letzten 3 MLP < 200.000 Z/ml und keiner klinischen Mastitis im gleichen Zeitraum, hatten 6/14 Kühen eine IMI zum Zeitpunkt des TS [42]. Im EnB könnte ein Zeitpunkt für die Mastitis-Historie aufgenommen werden, z.B. TS „ohne AB“, wenn keine klinische Mastitis in den letzten 90 d vor dem TS vorliegt [23, 46, 50], in Kombination mit MBU oder „on-farm Tests“ kurz vor, und einem CMT beim TS, um den Anteil von K_{TV} die nur aufgrund einer Mastitis-Historie für TS_{AB} selektiert werden, zu senken.

Allein aufgrund der MBU wurden 22 (4,4%) der $K_{TV/mitAB}$, hiervon 8 (36%) mit einem *S.aureus*-Nachweis, für TS_{AB} selektiert. Für eine gezielte Behandlung von IMI auf Basis eines Erregernachweises mit Resistenztest kann auf eine MBU nicht verzichtet werden [40]. Eine mögliche Selbstheilung während der Trockenstehperiode für nicht-antibiotisch trockengestellte Kühe von 93,4% bzw. 100% für Coliforme bzw. andere Gram-negative Bakterien wurde von Müller, Nitz, Tellen, et al. [51] beschrieben. Jedoch wiesen durch Streptokokken, oder andere Gram-positive Bakterien, verursachte IMI eine signifikant höhere Heilungschance bei TS_{AB} auf [51]. „On-farm Tests“ können eine Alternative für die MBU zur Selektion der Kühe für die Trockenstellbehandlung sein [44, 52-55]. Betriebsindividuelle Vorgehensweisen in Bezug auf den Umgang mit *S.aureus*-infizierten Kühen sind empfohlen und TS_{AB} ein Teil der Eradikationsprogramme [56, 57], weshalb hier auf die MBU nicht verzichtet werden sollte.

Unterschiedliche berücksichtigte Zeiträume und Grenzwerte des somatischen Zellgehalts in Zusammenhang mit der mikrobiologischen Untersuchung und im Vergleich zum Entscheidungsbaum (EnB)

Torres, Rajala-Schultz, Degraives, et al. [2] hatten mit den wie im EnB verwendeten Kriterien der Stufe 1, eine 27,3%ige (9/33) Fehlklassifikation von $K_{TV/aureus}$, die in der vorliegenden Studie ohne MBU 10,6% höher, und unter Hinzunahme des CMT ähnlich ausgefallen wäre. Eine Modifikation des Grenzwerts auf < 100.000 Z/ml Milch in den letzten 3 MLP führte bei Torres, Rajala-Schultz, Degraives, et al. [2] zu keiner Fehlklassifikation. In der vorliegenden Studie wären mit den Selektionskriterien $ZZ < 100.000$ Z/ml (letzte 3 MLP vor dem TS), Mastitis-Historie und CMT 17% (5/29) der $K_{TV/aureus}$ fehlklassifiziert worden. Bei der Betrachtung der ZZ der gesamten Laktation (> 100.000 Z/ml) wären 96,5% (28/29) der $K_{TV/aureus}$ für TS_{AB} klassifiziert und 21,5% der $K_{TVgesamt}$ unnötig antibiotisch trockengestellt worden. In einer neuseeländischen Studie wurde, bei Betrachtung der gesamten Laktation und Grenzwerten der ZZ von < 120.000 Z/ml für Kalbinnen sowie < 150.000 Z/ml für Kühe ab der 2. Laktation und keiner Mastitis-Historie, eine Sensitivität von 0,95 (95%KI:0,73–0,99) für *S.aureus* erreicht [42]. Auch in anderen Untersuchungen wurde festgestellt, dass bei der Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte für die ZZ und bei Variieren der Betrachtungszeiträume unterschiedlich viele Kühe als „mit Risiko“ und ggf. unnötig für TS_{AB} selektiert werden [2, 6, 19, 42].

Bei der Betrachtung des Durchschnitts der geoZZ innerhalb 100 d vor dem TS, hatte die Gruppe „Minor Pathogen“ ein Maximum von 132.207 Z/ml innerhalb der letzten 30 d vor dem TS. Die Gruppe „Major Pathogen“ wies 100-60 d vor dem TS ein Minimum in der geoZZ von 177.805 Z/ml auf. Entsprechend unterschiedliche ZZ-Niveaus je Gruppe zeigten sich auch in anderen Studien [6, 27, 58]. In der vorliegenden Studie blieb die Gruppe „ohne Befund“ in der geoZZ der letzten 3 MLP < 100.000 Z/ml Milch, was in Einklang mit Kiesner, Wenthe, Volling, et al. [49] steht. Sie zeigten, dass ein Grenzwert der geoZZ von 100.000 Z/ml, mit Ausnahme von Tieren mit Minor Pathogens, näher am optimalen Cut-off Wert der ZZ für Tiere ohne IMI

lag als 200.000 Z/ml [49]. In der vorliegenden Studie lag die Gruppe „Minor Pathogen“ im Durchschnitt der geoZZ zwischen 100-150.000 Z/ml, „Major Pathogen \geq 150.000 Z/ml. Lipkens, Piepers, De Visscher, et al. [6] erreichten bei einem Grenzwert von 150.000 Z/ml der geoZZ der letzten 3 MLP vor dem TS, im Vergleich zu 100.000 Z/ml, eine niedrigere Sensitivität bei höherer Spezifität und höherem Negativen sowie Positiven Prädiktiven Wert für die Unterscheidung von Minor und Major Pathogens [6]. Soll die MBU weggelassen werden, könnte nach den vorliegenden Daten ein Grenzwert der geoZZ der letzten 3 MLP von 150.000 Z/ml für eine Differenzierung von Kühen mit Minor und Major Pathogen, in Betrieben ohne *S.aureus*, geeignet sein. Von der Wiederkäuerklinik der Universität Bern [21] wird dieser ebenfalls empfohlen.

Bei der Betrachtung der ZZ-Grenzwerte für Kühe die von TS_{AB} profitieren, können Überlegungen in Bezug auf die Milchleistung einbezogen werden: Niemi, Hovinen and Rajala-Schultz [18] zeigten, dass antibiotisch trockengestellte Kühe, im Vergleich zu unbehandelten, bei einer ZZ von 200.000/ml in der letzten MLP vor dem TS, in der Folgelaktation 0,97 kg Milch/d mehr produzierten und am 45. Laktationstag eine um 20.000 Z/ml verringerte ZZ hatten. In der Gruppe 3 ((200,inf]=ZZ-Maximum > 200.000 Z/ml in der Laktation) wurden 89,4% „mit AB“ trockengestellt. Schmon [13] zeigte, dass die Energie-korrigierte Milchleistung der 1.MLP nach der Kalbung in den beiden Gruppen („mit/ohne AB“) nicht verschieden war. Vasquez, Nydam, Foditsch, et al. [7], die ähnliche Selektionskriterien (Mastitis-Historie und ZZ) nutzten, konnten ebenfalls keine Unterschiede in der Milchleistung der Behandlungsgruppen (30 Tage in Milch) feststellen.

Modell für eine Klassifizierung der Kühe ohne vollständiges Durchlaufen des Entscheidungsbaumes (EnB)

Es sollte geprüft werden, ob ein geeignetes Modell, mit Informationen die zum Zeitpunkt der Stufe 1 vorliegen, den EnB ersetzen kann. Aufgrund der errechneten Performancemetriken sind die Autoren zu dem Schluss gekommen, dass die Klassifikationsgüte des besten Modells hierfür nicht ausreicht.

Ein positiver CMT 7-14 d vor dem TS hatte einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit einer Kuh „mit AB“ trockengestellt zu werden. Allerdings hatten nur 29,7% der K_{TV} , die auf Stufe 1 unauffällig waren, parallel zum Major Pathogen-Nachweis einen positiven CMT. Die festgestellte Interaktion zwischen der logarithmierten ZZ und der letzten Abmelkungsmilchmenge des Modells zeigte, dass die Wahrscheinlichkeit einer Kuh „mit AB“ trockengestellt zu werden bei einer logarithmierten ZZ von $\leq 4,75$ und einer letzten Abmelkungsmilchmenge von 23,85 kg bzw. 16,94 kg geringer war, als für eine letzte Abmelkungsmilchmenge von 10,04 kg. Bei einer logarithmierten ZZ von $> 4,75$ verhielt es sich umgekehrt. Bei Ferreira, Martinez-Lopez and Okello [19] verringerte eine höhere Milchleistung ($>25,5$ kg) kurz vor dem TS

ebenfalls die Chance einer Kuh, als „mit Risiko“ klassifiziert zu werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Kühe mit IMI weniger Milch produzieren [59-61].

Modifikationen des Entscheidungsbaumes (EnB) zur Klassifizierung von Kühen ohne mikrobiologische Untersuchung

Durch reine Exploration konnten im vorliegenden Datensatz Modifikationen ermittelt werden, durch die 207 (47,5%) K_{TV} der Gruppe „Minor Pathogens/ohne Befund“ ($n=436$) richtig zugeordnet wurden, die auf Stufe 1 unauffällig waren. Für eine Zuordnung in die Gruppe „Minor Pathogens/ohne Befund“ lag die ermittelte ZZ-Grenze im vorliegenden Datensatz bei < 131.000 Z/ml Milch in den letzten 3 MLP, in Kombination mit der durchschnittlichen Milchmenge der Laktation, ZZ-Trend der Laktation, letzter Abmelkungsmilchmenge und der Jahreszeit. Diese Ergebnisse sind vielversprechend, um die MBU durch bereits vorhandene MLP-Daten zu ersetzen. Ein Grenzwert von < 150.000 Z/ml wurde in anderen Studien als geeignet beschrieben [62, 63]. Die Modifikationen müssten jedoch in einer weiteren Untersuchung mit einem größeren Stichprobenumfang validiert werden, da diese nur für den vorliegenden Datensatz gültig waren und auch nicht alle K_{TV} sicher zuordnen konnten.

Unsicherheiten könnten entstanden sein, da bei Betrachtung der ZZ der gesamten Laktation in den Gruppen 1 ([0,100]) und 2 ((100,200]) Major- sowie Minor Pathogen-Nachweise erfolgten. Einige nicht-*aureus* Staphylokokken können zu ZZ-Erhöhungen und subklinischen Mastitiden führen [27, 64] und wurden auch in der Gruppe 3 ((200,inf]) nachgewiesen.

Fazit für die Praxis

Der geprüfte 3-stufige Entscheidungsbaums (EnB) für das Selektive Trockenstellen hat sich, unter den Bedingungen der vorliegenden Studie, in Herden mit einem definierten Eutergesundheitsstatus bewährt [13, 14]. Die Parameter Zellzahlen (ZZ) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen (MLP) mit einem Grenzwert von ≥ 200.000 Z/ml und ein positiver CMT am Tag des Trockenstellens waren die stärksten Selektionskriterien für ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz (TS_{AB}). Die Parameterkombination ZZ, Mastitis-Historie der Laktation und CMT des EnB, selektierte 95,6% der antibiotisch trockengestellten Kühe ($K_{TV/mitAB}$, $n=494$). Ohne die mikrobiologische Untersuchung (MBU) vor dem Trockenstellen (TS) wären in der vorliegenden Untersuchung 22 $K_{TV/mitAB}$ (4,4%) mit Major Pathogen-Nachweis (davon 8x *S.aureus*) fehlklassifiziert worden. Im Vergleich zum EnB wären bei den 2 Selektionskriterien ZZ der ganzen Laktation mind. 1x > 200.000 Z/ml und positiver CMT am Tag des TS 37 K_{TV} (4,4%) „falsch nicht“ und 43 K_{TV} (5,0%) „unnötig“ für ein TS_{AB} selektiert worden. Ob dies als akzeptables Risiko erachtet wird, müssen Tierärzt*innen und Landwirt*innen je nach betrieblicher Situation entscheiden. Eine Herabsetzung des Grenzwertes der ZZ ist betriebsindividuell sinnvoll, wenn auf die MBU vor dem Trockenstellen verzichtet werden soll. Ein Grenzwert von 150.000 Z/ml im geometrischen Mittel der letzten 3 MLP kann zur Differenzierung von Minor und Major Pathogens (ohne *S.aureus*) geeignet sein. Ein zuverlässiges Modell zur sicheren Klassifizierung

von Kühen mit Informationen die zum Zeitpunkt der Stufe 1 des EnB vorliegen, ergab sich aus den Berechnungen nicht. Die berechneten Modifikationen müssten mittels eines größeren Stichprobenumfangs validiert werden.

Interessenskonflikt

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an die Landwirt*innen, die freiwillig die Mühen auf sich genommen und sehr engagiert an dem RAST-Projekt teilgenommen haben! Ebenfalls ein herzliches Dankeschön an Frau Hopp und Herrn Gorich für ihr Engagement und ihre Kompetenz in R.

Literaturverzeichnis

1. Robert A, Roussel P, Bareille N et al. Risk factors for new intramammary infections during the dry period in untreated dairy cows from herds using selective dry cow therapy. *Animal* 2008; 2: 247-254. doi:10.1017/s1751731107000833
2. Torres AH, Rajala-Schultz PJ, Degraives FJ et al. Using dairy herd improvement records and clinical mastitis history to identify subclinical mastitis infections at dry-off. *J Dairy Res* 2008; 75: 240-247. doi:10.1017/s0022029908003257
3. Scherpenzeel CGM, den Uijl IEM, van Schaik G et al. Effect of different scenarios for selective dry-cow therapy on udder health, antimicrobial usage, and economics. *J Dairy Sci* 2016; 99: 3753-3764. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2015-9963>
4. Mc Cubbin KD, de Jong E, Lam T et al. Invited review: Selective use of antimicrobials in dairy cattle at drying-off. *J Dairy Sci* 2022; 105: 7161-7189. doi:10.3168/jds.2021-21455
5. Krömker V, Leimbach S. Mastitis treatment-Reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reprod Domest Anim* 2017; 52 Suppl 3: 21-29. doi:10.1111/rda.13032
6. Lipkens Z, Piepers S, De Visscher A et al. Evaluation of test-day milk somatic cell count information to predict intramammary infection with major pathogens in dairy cattle at drying off. *J Dairy Sci* 2019; 102: 4309-4321. doi:10.3168/jds.2018-15642
7. Vasquez AK, Nydam DV, Foditsch C et al. Use of a culture-independent on-farm algorithm to guide the use of selective dry-cow antibiotic therapy. *J Dairy Sci* 2018; 101: 5345-5361. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13807>
8. Green MJ, Bradley AJ, Medley GF et al. Cow, farm, and management factors during the dry period that determine the rate of clinical mastitis after calving. *J Dairy Sci* 2007; 90: 3764-3776. doi:10.3168/jds.2007-0107
9. Green M, Huxley J, Madouasse A et al. Making Good Decisions on Dry Cow Management to Improve Udder Health - Synthesising Evidence in a Bayesian Framework. *Cattle Pract* 2008; 16: 200-208
10. Keefe G. Update on control of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* for management of mastitis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2012; 28: 203-216. doi:10.1016/j.cvfa.2012.03.010
11. Osteras O, Whist AC, Solverod L. Risk factors for isolation of *Staphylococcus aureus* or *Streptococcus dysgalactiae* from milk culture obtained approximately 6 days post calving. *J Dairy Res* 2008; 75: 98-106. doi:10.1017/s0022029907002890
12. Scherpenzeel CGM, Hogeveen H, Maas L et al. Economic optimization of selective dry cow treatment. *J Dairy Sci* 2018; 101: 1530-1539. doi:10.3168/jds.2017-13076

13. Schmon KS. Untersuchungen zur Implementierung eines kontrollierten Verfahrens zum Selektiven Trockenstellen in bayerischen Milchviehbetrieben [Monographie]: LMU München: Tierärztliche Fakultät; 2019
14. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. RAST - selektives Trockenstellen in der Milchviehhaltung. In. <https://www.lfl.bayern.de/RAST>; 2015
15. Kabera F, Roy JP, Afifi M et al. Comparing Blanket vs. Selective Dry Cow Treatment Approaches for Elimination and Prevention of Intramammary Infections During the Dry Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Vet Sci* 2021; 8. doi:10.3389/fvets.2021.688450
16. Weber J, Borchardt S, Seidel J et al. Effects of Selective Dry Cow Treatment on Intramammary Infection Risk after Calving, Cure Risk during the Dry Period, and Antibiotic Use at Drying-Off: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Literature (2000-2021). *Animals* 2021; 11. doi:10.3390/ani11123403
17. Tijs SHW, Holstege MMC, Scherpenzeel CGM et al. Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. *J Dairy Sci* 2022; 105: 5381-5392. doi:10.3168/jds.2021-21026
18. Niemi RE, Hovinen M, Rajala-Schultz PJ. Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *J Dairy Sci* 2022; 105: 1387-1401. doi:10.3168/jds.2021-20918
19. Ferreira FC, Martinez-Lopez B, Okello E. Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Prev Vet Med* 2022; 206. doi:10.1016/j.prevetmed.2022.105709
20. DLG Ausschuss Milchproduktion und Rinderhaltung, Reinecke F, Krömker V et al. DLG-Merkblatt 400. In. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaette_r/dlg-merkblatt_400_3Aufl.pdf; DLG e. V.; 2019
21. Wiederkäuerklinik der Universität Bern. Umsetzungsempfehlung – Selektives Trockenstellen. In. https://www.wiederkaeuerklinik.unibe.ch/e18951/e63082/e441604/e441607/MB_Selektives_Trockenstellen-2017-07-20_VetsuisseBE_ger.pdf; 2017
22. Oberösterreichischer Tiergesundheitsdienst. Selektives Trockenstellen mit Sinn und Verantwortung. In. https://www.ooe-tgd.at/Mediendateien/TGDSelektivesTS2020_gro%C3%9F.pdf; 2020
23. Bradley A, De Vliegher S, Farre M et al. Pan-European agreement on dry cow therapy. In, *Vet Rec*; 2018: 637. doi:10.1136/vr.k2382
24. Winter P, Zehle H-H. Praktischer Leitfaden Mastitis : Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand. Stuttgart: Parey; 2009
25. Mansfeld R, De Kruif A, Hoedemaker M. Datenverarbeitung und -auswertung. In: De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, Hrsg. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke; 2014: 307-319
26. Vanderhaeghen W, Piepers S, Leroy F et al. Identification, typing, ecology and epidemiology of coagulase negative staphylococci associated with ruminants. *Vet J* 2015; 203: 44-51. doi:10.1016/j.tvjl.2014.11.001
27. Condas LAZ, De Buck J, Nobrega DB et al. Distribution of non-aureus staphylococci species in udder quarters with low and high somatic cell count, and clinical mastitis. *J Dairy Sci* 2017; 100: 5613-5627. doi:10.3168/jds.2016-12479
28. DVG. Leitlinien. Entnahme von Milchproben unter antiseptischen Bedingungen und Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern. 2. Aufl. Gießen: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Fachgruppe "Milchhygiene", Sachverständigenausschuss "Subklinische Mastitis"; 2009
29. Steffen A. Das Problem der Multikollinearität in Regressionsanalysen. Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften; 1994
30. Hand D, Till R. A Simple Generalisation of the Area Under the ROC Curve for Multiple Class Classification Problems. *Hand, The* 2001; 45: 171-186. doi:10.1023/A:1010920819831

31. Backhaus K, Erichson B, Plinke W et al. *Multivariate Analysemethoden, Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler; 2016. doi:10.1007/978-3-662-46076-4
32. Kuhlmann J. *Ausgewählte Verfahren der Holdout- und Kreuzvalidierung*. Wiesbaden: Gabler; 2007
33. Kabacoff R. *R in action, Data analysis and graphics with R and Tidyverse*; 2022
34. Pardo S, Pardo M. *Statistical Methods for Field and Laboratory Studies in Behavioral Ecology*: Chapman & Hall/CRC Applied Environmental Statistics; 2018. doi:10.1201/9781315181769
35. Grandini M, Bagli E, Visani G. Metrics for Multi-Class Classification: an Overview. In. <https://arxiv.org/pdf/2008.05756.pdf>; 2020
36. Kingsford C, Salzberg SL. What are decision trees? *Nature Biotechnology* 2008; 26: 1011-1013. doi:10.1038/nbt0908-1011
37. Therneau T, Atkinson E. An introduction to Recursive Partitioning Using the RPART Routines. In: *Foundation. M ed, Mayo Clinic*. <https://cran.r-project.org/web/packages/rpart/vignettes/longintro.pdf>; 2022
38. Rokach L, Maimon O. *Data mining with decision tree, Theory and Applications*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd; 2014
39. Dohoo IR, Smith J, Andersen S et al. Diagnosing intramammary infections: Evaluation of definitions based on a single milk sample. *J Dairy Sci* 2011; 94: 250-261. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2010-3559>
40. DVG. Leitlinien. Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. 5. überarbeitete Auflage. Aufl. Gießen: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Fachgruppe "Milchhygiene", Arbeitsgruppe Sachverständigenausschuss Subklinische Mastitis.; 2012
41. Rajala-Schultz PJ, Torres AH, Degraes FJ. Milk yield and somatic cell count during the following lactation after selective treatment of cows at dry-off. *J Dairy Res* 2011; 78: 489-499. doi:10.1017/s0022029911000690
42. Rowe SM, Vasquez AK, Godden SM et al. Evaluation of 4 predictive algorithms for intramammary infection status in late-lactation cows. *J Dairy Sci* 2021; 104: 11035-11046. doi:10.3168/jds.2021-20504
43. Schukken YH, Wilson DJ, Welcome F et al. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Vet Res* 2003; 34: 579-596. doi:10.1051/vetres:2003028
44. Cameron M, Keefe GP, Roy JP et al. Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Milk yield and somatic cell count in the subsequent lactation. *J Dairy Sci* 2015; 98: 2427-2436. doi:10.3168/jds.2014-8876
45. Osteras O, Edge VL, Martin SW. Determinants of success or failure in the elimination of major mastitis pathogens in selective dry cow therapy. *J Dairy Sci* 1999; 82: 1221-1231. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75345-2
46. Cameron M, McKenna SL, MacDonald KA et al. Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Risk of postcalving intramammary infection and clinical mastitis in the subsequent lactation. *J Dairy Sci* 2014; 97: 270-284. doi:10.3168/jds.2013-7060
47. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). PraeRi- Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie. In: Hoedemaker M, Grunding N, Campe A et al. eds. https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/uploads/report/Abschlussbericht_komplett_2020_06_30_korr_2020_10_22.pdf; 2020: 108-130
48. McDougall S, Williamson J, Lacy-Hulbert J. Bacteriological outcomes following random allocation to quarter-level selection based on California Mastitis Test score or cow-level allocation based on somatic cell count for dry cow therapy. *J Dairy Sci* 2022; 105: 2453-2472. doi:10.3168/jds.2021-21020
49. Kiesner K, Wentz N, Volling O et al. Selection of cows for treatment at dry-off on organic dairy farms. *J Dairy Res* 2016; 83: 468-475. doi:10.1017/s0022029916000662

50. Ruegg P, TmfMaU. Selecting Herds and Cows for Selective Dry Cow Therapy. In. <https://www.youtube.com/watch?v=997GZFWwJOA>; 2016
51. Müller S, Nitz J, Tellen A et al. 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 (Basel)* 2023; 12. doi:10.3390/antibiotics12030429
52. Kabera F, Dufour S, Keefe G et al. Evaluation of quarter-based selective dry cow therapy using Petrifilm on-farm milk culture: A randomized controlled trial. *J Dairy Sci* 2020; 103: 7276-7287. doi:10.3168/jds.2019-17438
53. Mansion-de Vries EM, Knorr N, Paduch JH et al. A field study evaluation of Petrifilm™ plates as a 24-h rapid diagnostic test for clinical mastitis on a dairy farm. *Prev Vet Med* 2014; 113: 620-624. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.11.019
54. Rowe S, Kabera F, Dufour S et al. Selective dry-cow therapy can be implemented successfully in cows of all milk production levels. *J Dairy Sci* 2023; 106: 1953-1967. doi:10.3168/jds.2022-22547
55. Patel K, Godden M, Royster E et al. Pilot study: Impact of using a culture-guided selective dry cow therapy program targeting quarter-level treatment on udder health and antibiotic use. In. <https://journals.tdl.org/bovine/index.php/bovine/article/download/138/121>; 2017
56. Barkema HW, Schukken YH, Zadoks RN. Invited Review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *J Dairy Sci* 2006; 89: 1877-1895. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72256-1
57. Osterås O, Sølverød L. Norwegian mastitis control programme. *Ir Vet J* 2009; 62 Suppl 4: S26-33. doi:10.1186/2046-0481-62-s4-s26
58. Djabri B, Bareille N, Beaudeau F et al. Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows: a meta-analysis. *Vet Res* 2002; 33: 335-357. doi:10.1051/vetres:2002021
59. Halasa T, Nielsen M, De Roos AP et al. Production loss due to new subclinical mastitis in Dutch dairy cows estimated with a test-day model. *J Dairy Sci* 2009; 92: 599-606. doi:10.3168/jds.2008-1564
60. Hogeveen H, Steeneveld W, Wolf CA. Production Diseases Reduce the Efficiency of Dairy Production: A Review of the Results, Methods, and Approaches Regarding the Economics of Mastitis. *Annual Review of Resource Economics* 2019; 11: 289-312. doi:10.1146/annurev-resource-100518-093954
61. Cha E, Bar D, Hertl JA et al. The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. *J Dairy Sci* 2011; 94: 4476-4487. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2010-4123>
62. Bucher B, Bleul U. [The Effect of Selective Dry Cow Treatment on the Udder Health in Swiss Dairy Farms]. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2019; 161: 533-544. doi:10.17236/sat00219
63. Jaeger S, Virchow F, Torgerson PR et al. Test characteristics of milk amyloid A ELISA, somatic cell count, and bacteriological culture for detection of intramammary pathogens that cause subclinical mastitis. *Journal of dairy science* 2017; 100: 7419-7426. doi:10.3168/jds.2016-12446
64. Hamel J, Zhang Y, Wenthe N et al. Non-*S. aureus* staphylococci (NAS) in milk samples: Infection or contamination? *Vet Microbiol* 2020; 242: 108594. doi:10.1016/j.vetmic.2020.108594

Zusatzmaterial

AB	antibiotisches Trockenstellpräparat
CMT	California-Mastitis-Test
EnB	Entscheidungsbaum nach Schmon (2019)
geoZZ	geometrisches Mittel des somatischen Zellgehalts
K _{TV}	Kühe in Bezug auf deren Trockenstellvorgang, da manche Kühe 2x trocken-gestellt wurden
MBU	mikrobiologische Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben
mit/ohne AB	unter/ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates
MLP	Milchleistungsprüfung
TS	Trockenstellen
TS _{AB}	Trockenstellen unter antibiotischem Schutz
ZZ	Somatischer Zellgehalt

Zusatz-Tab.: 1 Zusammenfassung der am häufigsten genutzten Abkürzungen im Manuskript.

Suppl.-Table 1: Summary of the most commonly used abbreviations.

Variable	Beschreibung der Variable	Art der Variable
ZZ ^{1, a, ¶}	Höchster Zellzahlwert der letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen (in tsd.)	metrisch
Log_ZZ ^{1, a, ¶, ¶¶}	Logarithmierter (ln) höchster Zellzahlwert der letzten drei MLPs vor dem Trockenstellen (in tsd.)	metrisch
Schalmtest ^{a, ¶, ¶¶}	Ergebnis des California-Mastitis-Tests 7-14 Tage vor dem Trockenstellen	dichotom
Betriebskategorie ^{a, ¶}	Kategorie 1 = Betriebe mit Höherer Eutergesundheit, Kategorie 2 = Betriebe mit niedrigerer Eutergesundheit im Vergleich zu Betrieben der Kategorie 1; vgl. Kriterien auf Herdenebene bei der Betriebsauswahl	ordinal
LNr. ^{2, a, ¶}	Nummer der Laktation	metrisch
Log_LNr. ^{2, a, ¶, ¶¶}	Logarithmierte (ln) Nummer der Laktation	metrisch
Mean_milch ^{a, ¶}	durchschnittliche Milchmenge während der Laktation (in kg)	metrisch
Last_milch ^{a, ¶, ¶¶}	Milchmenge der letzten Abmelkung vor dem Trockenstellen (in kg) aus der MLP	metrisch
Diff_milch ^{3, a, ¶¶}	Differenz der maximalen und minimalen Milchmenge (in kg) während der Laktation	metrisch
Var_milch ^{3, a}	Varianz der Milchmenge in einer Laktation (in kg)	metrisch
Trend_zz ^{a, ¶}	Verlauf der Zellzahlen während der Laktation; Ermittelt per Regression, Werte der Trend_zz geben die Steigung der Regressionsgerade wieder. Werte <0 geben eine durchschnittlich sinkende Zellzahl während der Laktation an, Werte >0 durchschnittlich steigende Zellzahlen.	metrisch
Jahreszeit ^{a, ¶}	Kalendarische Jahreszeit; Frühling=Referenz im binären Modell	nominal
Betrieb ^a	Betriebszugehörigkeit einer Kuh	
Schalmtest_Stufe_3 [¶]	Ergebnis des California-Mastitis-Test am Tag des Trockenstellens	dichotom
Verlaufsklasse	Verlaufsklasse einer Kuh, vgl. Tab. 1	
Antibiotikagabe [¶]	Kuh wurde mit oder ohne Antibiotikum trockengestellt, vgl. Tab. 1	

Mit_auffälligkeiten ^Y	Auffälligkeiten beim Durchlaufen des Entscheidungsbaumes ja oder nein	
MBU_AB ^Y	Minor pathogens/kein Befund="nein", Major Pathogens="ja"	

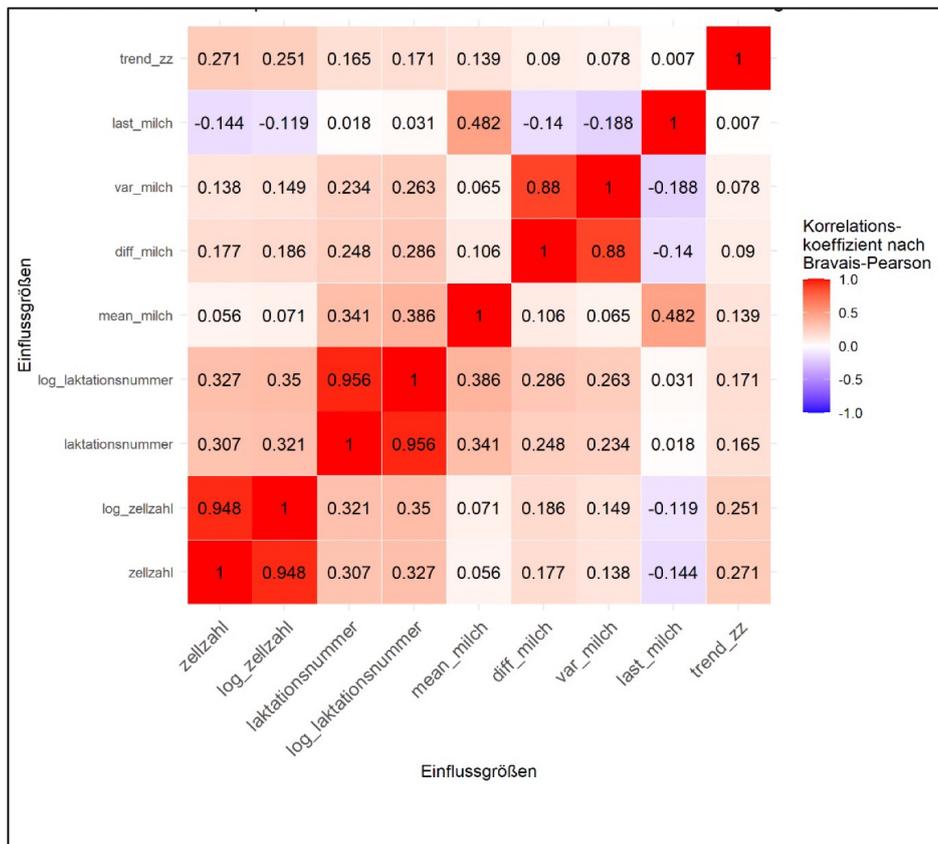
Zusatz-Tab.: 2 Auflistung aller berücksichtigten Variablen für die Modellberechnungen.

Suppl.-Table 2: Register of all considered variables for model calculations.

Einflussgrößen mit gleicher hochgestellter Ziffer 1-3 werden aufgrund ihres starken Zusammenhangs nicht zusammen in einem Modell zugelassen. a=Einflussgrößen die vor dem Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung der Milch bekannt sind; ≠=Verwendung in der multinomialen logistischen Regression; ¶=Verwendung in der binären logistischen Regression; Y=Verwendung im kostensensitiven binären Klassifikationsbaum.

Zusatz-Abb. 1: Heatmap für die Korrelationen der metrischen Variablen. Quelle: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum

Suppl.-Figure 1: Heatmap of variable correlations. Source: © StaBLab LMU, T.Sonnewald-Daum



	Korrelationskoeffizienten nach Spearman	Zusammenhänge über Punktbiseriale Korrelation	Zusammenhänge nach Eta-Quadrat	Zusammenhänge nach Cramer's V
Variable	Kategorie	Schalmtest	Jahreszeit	Jahreszeit
Zellzahl	0,079	0,255	0,02	X
Log. Zellzahl	0,079	0,243	0,005	X
Laktationsnummer	-0,003	0,031	0,007	X
Log. Laktationsnummer	-0,004	0,017	0,004	X
Mean_milch	-0,023	-0,020	0,009	X
Diff_milch	0,073	0,045	0,005	X
Var_milch	0,106	-0,009	0,005	X
Last_milch	-0,089	-0,080	0,001	X
Trend_zz	0,146	0,100	0,004	X
Kategorie	X	0,154	X	0,219
Schalmtest	X	X	X	0,317

Zusatz-Tab.: 3: Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Einflussgrößen mit deren jeweiliger Berechnungsart.

Suppl.-Table 3: Correlation between different variables and their computation.

VI. WEITERE ERGEBNISSE DER STUDIE II

1. Deskriptive Auswertungen

1.1. Fehlende Daten der letzten durchgeführten Milchleistungsprüfung für die Trockenstellentscheidung

Bei 207 Trockenstellvorgängen (K_{TV} , 24,41 %) konnte die Information der letzten Milchleistungsprüfung vor dem Trockenstelltermin nicht verwendet werden, da der*dem Landwirt*in die Ergebnisse von dieser noch nicht vorlagen. Ein zeitlicher Abstand von 0-21 Tagen (d) zwischen letzter durchgeführter Milchleistungsprüfung und dem Trockenstelltermin (Mittelwert (mw) = 5,56 d; Median (md) = 6 d; Standardabweichung (s) = 3,88 d) lag hier vor. Zwischen der letzten vorliegenden Milchleistungsprüfung und dem Trockenstelltermin lag ein zeitlicher Abstand von 14-43 d vor (mw = 31,36 d; md = 33 d; s = 4,52 d). Bei 25 K_{TV} (2,9 %) hätte dies zu Änderungen in der Einteilung der Kühe auf der Stufe 1 („auffällig“, „unauffällig“) des Entscheidungsbaums zur Folge gehabt. Bei 12 K_{TV} (1,4 %) hätte die Information der letzten Milchleistungsprüfung vor dem Trockenstelltermin zu Änderungen in der Empfehlung des Entscheidungsbaums geführt: 3 K_{TV} hätten ohne Anwendung eines antibiotischen Trockenstellpräparates („ohne AB“) trockengestellt werden können. 9 K_{TV} lagen in der letzten verfügbaren Milchleistungsprüfung unter dem Schwellenwert von 200.000 Zellen/ml, wiesen sonst keine Auffälligkeiten in den weiteren 3 Parametern auf und wurden „ohne AB“ trockengestellt. Mit der Information der letzten Milchleistungsprüfung vor dem Trockenstelltermin hätten diese 9 K_{TV} „mit AB“ trockengestellt werden sollen, da die somatische Zellzahl (ZZ) über dem Schwellenwert lag. Im weiteren Verlauf der Trockenperiode sowie der ersten 60 d in Milch entwickelten diese 9 K_{TV} keine dokumentierte klinische Mastitis.

1.2. Dokumentiertes Datum der Milchleistungsprüfung

Im verwendeten Datensatz wurde für 622 K_{TV} (73,4 %) ein berücksichtigtes Milchleistungsprüfungs-Datum dokumentiert, für 226 K_{TV} (26,6 %) nicht. Die Ergebnisse in Bezug auf die Einhaltung der Trockenstellbehandlung nach Empfehlung des Entscheidungsbaums können Tab. 2 entnommen werden. Der prozentuale Anteil von Trockenstellvorgängen nach Empfehlung des Entscheidungsbaumes („mit/ohne AB“) war in beiden Gruppen (mit/ohne dokumentierten/s Datum der Milchleistungsprüfung) sehr ähnlich (Tab. 2).

Tab. 2: Anteil der Trockenstellvorgänge mit und ohne dokumentiertes MLP-Datum und Einhaltung der Trockenstellempfehlung nach dem Entscheidungsbaum durch die Landwirt*innen.

Entscheidung	Entscheidungsbaum erfüllt, mit dokumentierten MLP- Datum		Entscheidungsbaum erfüllt ohne dokumentiertes MLP- Datum	
	Anzahl (n)	Anteil von n _{gesamt} [%]	Anzahl (n)	Anteil von n _{gesamt} [%]
Ja	542	87	190	84
Nein	80	13	36	16
Gesamt	622		226	

MLP = Milchleistungsprüfung

1.3. Nachgewiesene Erreger im verwendeten Datensatz

Die bei den mikrobiologischen Untersuchungen (MBU) nachgewiesenen Erreger können Tab. 3 entnommen werden. Die Einteilung in die Gruppen Minor [Koagulase negative Staphylokokken (VANDERHAEGHEN et al., 2015) bzw. nicht-*aureus* Staphylokokken (CONDAS et al., 2017) und Coryneforme] und Major Pathogens erfolgte entsprechend der Einteilung von SCHMON (2019).

Tab. 3: Gruppeneinteilung der nachgewiesenen Erreger ($n = 333$) aus der mikrobiologischen Untersuchung von Viertelanfangsgemelksproben 10-14 Tage vor dem Trockenstellen aus dem Datensatz von 848 Trockenstellvorgängen.

Minor Pathogens	Anzahl (n)	Major Pathogens	Anzahl (n)
<i>S. chromogenes</i> ^a	55	Mischinfektion*	55
Koagulase negative Staphylokokken (KNS)	24	<i>Sc. uberis</i>	24
<i>S. xylosus</i> ^a	24	<i>S. aureus</i>	21
Mischinfektion minor	22	<i>Lactococcus garvieae</i>	16
<i>S. epidermidis</i> ^a	18	Enterokokken	8
<i>S. hämolyticus</i> ^a	16	<i>Enterococcus faecalis</i>	7
<i>S. simulans</i> ^a	13	<i>Sc. dysgalactiae</i>	5
Coryneforme	5	Äskulin positive Streptokokken	3
<i>S. warneri</i> ^a	4	<i>Lactococcus lactis</i>	2
<i>S. hyicus</i> ^a	2	<i>Enterococcus faecium</i>	2
		Hefen	2
		<i>E. coli</i>	2
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
		Galtstreptokokken	1
		Proteus	1
Gesamt	183	Gesamt	150

Sc. = Streptokokken; *S.* = Staphylokokken; Mischinfektion = mehr als 1 Erreger pro Viertel oder Nachweis unterschiedlicher Erreger in unterschiedlichen Vierteln (wurde nicht weiter spezifiziert); * = *S.aureus* wurde 8x innerhalb einer Mischinfektion nachgewiesen; Mischinfektion minor = Mischinfektion mit Minor Pathogens; ^a = den KNS (VANDERHAEGHEN et al., 2015) oder Nicht-aureus-Staphylokokken (CONDAS et al., 2017) zugeordnet, analog zu SCHMON (2019).

1.4. Nicht nach Empfehlung des Entscheidungsbaums trockengestellte Kühe

Bei 123 K_{TV} (14,5 %) kam es zu Abweichungen vom Entscheidungsbaum in der durchgeführten Trockenstellbehandlung: Hiervon wurden 62 K_{TV}, die ein AB benötigt hätten, „ohne AB“ trockengestellt (K_{TV-falsch/ohneAB}, Abb. 3) und 61 K_{TV} antibiotisch trockengestellt, die nach Entscheidungsbaum kein AB benötigt hätten (K_{TV-falsch/mitAB}).

1.5. Auftreten von klinischen Mastitiden nach dem Trockenstellen

Von den 848 K_{TV} wurden insgesamt 69 K_{TV} (8,1 %) wegen klinischer Mastitiden behandelt, die zwischen dem Trockenstelltermin und dem 60. Tag in Milch auftraten.

Dies betraf 37 $K_{TV/mitAB}$, 22 $K_{TV/ohneAB}$, 8 $K_{TV-falsch/ohneAB}$ und 2 $K_{TV-falsch/mitAB}$ von 16 Betrieben. Von den K_{TV} , die eine klinische Mastitis entwickelten, wurden 37 „ohne internen Zitzenversiegler (ITS)“ bzw. „ohne alles“ trockengestellt, verteilt auf die Gruppen $K_{TV/mitAB}$ ($n = 24$), $K_{TV/ohneAB}$ ($n = 10$) und $K_{TV-falsch/ohneAB}$ ($n = 3$). Die Abweichungen in den Parametern der K_{TV} , die entgegen der Empfehlung des Entscheidungsbaums „ohne AB“ trockengestellt wurden, und welche dieser Tiere eine klinische Mastitis entwickelten, kann Abb. 3 entnommen werden. Bei 2 $K_{TV-falsch/ohneAB}$ trat eine klinische Mastitis innerhalb der Trockenperiode auf. Die $K_{TV-falsch/ohneAB}$ entwickelten häufiger eine klinische Mastitis als die $K_{TV/mitAB}$ (Tab. 4). Die Chance eine Mastitis zu entwickeln war für $K_{TV-falsch/ohneAB}$ im Vergleich zu $K_{TV/mitAB}$ um 45,2 % erhöht (Relatives Risiko: 1,39 %, OR: 1,452).

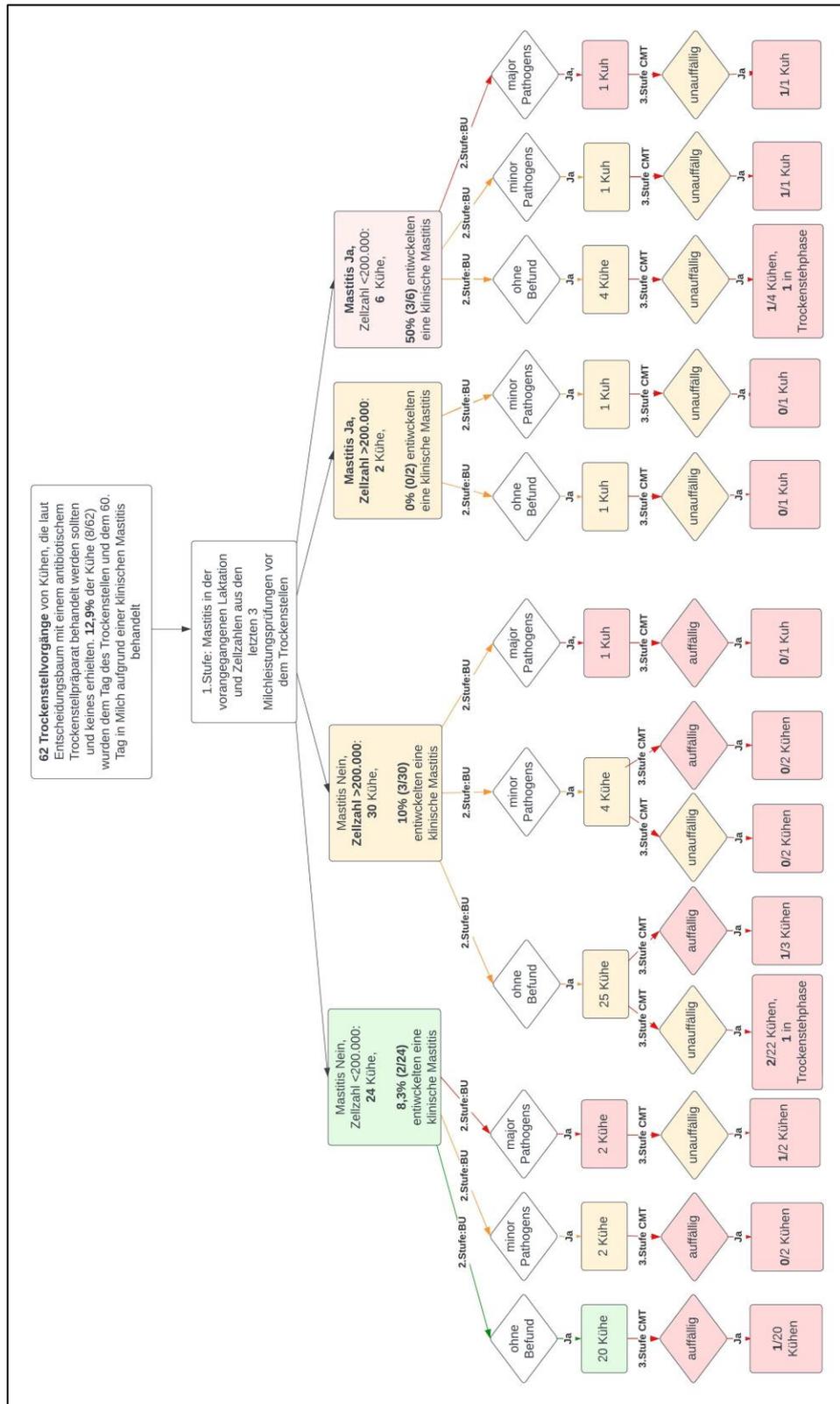


Abb. 3: Parameterabweichungen von 62 Trockenstellvorgängen von Kühen, die entgegen der Empfehlung des Entscheidungsbaum "falsch", ohne Anwendung von antibiotischen Trockenstellpräparaten, trockengestellt wurden.

Tab. 4: Behandlung einer klinischen Mastitis nach dem Trockenstellen und bis zu dem 60. Tag in Milch, im Vergleich von Kühen die nach Empfehlung des Entscheidungsbaums mit Antibiotikum trockengestellt wurden und Kühen, die entgegen der Empfehlung des Entscheidungsbaums kein Antibiotikum erhalten haben.

Behandlung	Behandlung einer klinischen Mastitis zwischen dem Trockenstellen und dem 60. DIM	absolute Häufigkeit [n]	relative Häufigkeit [%]
„falsch ohne“ AB	ja	8	12,9
„falsch ohne“ AB	nein	54	87,1
korrekt mit AB	ja	37	8,6
korrekt mit AB	nein	395	91,4

AB = antibiotisches Trockenstellpräparat; DIM = Tag in Milch; „falsch ohne“ = entgegen der Trockenstellempfehlung nach Durchlaufen des Entscheidungsbaums

1.6. Höhe des somatischen Zellgehalts in Abhängigkeit von dem Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung vor dem Trockenstellen

In Abhängigkeit von der MBU 10-14 d vor dem Trockenstellen wurden 4 Gruppen gebildet: „Negativ“ (kein Befund in der MBU), „Minor Pathogen“, „*S.aureus*“ und „Major Pathogen ohne *S.aureus*“. Für jede Gruppe wurde der Durchschnitt des geometrischen Mittels der ZZ (geoZZ) innerhalb 100 d vor dem Trockenstelltermin betrachtet (Tab. 5). Ein Anstieg des Durchschnitts der geoZZ zum Trockenstelltermin war in allen 4 Gruppen zu beobachten. Der Gesamtdurchschnitt der geoZZ der Gruppe „Minor Pathogen“ über den Zeitraum von 3 Monaten vor dem Trockenstellen war 113.317 Zellen/ml Milch und damit um 40.197 Zellen/ml höher als bei der Gruppe „Negativ“ und 77.408 Zellen/ml niedriger als bei der Gruppe „Major Pathogen ohne *S.aureus*“ (Tab. 5). Innerhalb 100 d vor dem Trockenstellen blieben die Gruppe „Negativ“ < 100.000 Zellen/ml, „Minor Pathogen“ < 150.000 Zellen/ml und „Major Pathogen ohne *S.aureus*“ > 150.000 Zellen/ml. Die Gruppe „*S.aureus*“ war im Vergleich zu den anderen Gruppen sehr klein (n = 29) und wies starke ZZ-Schwankungen auf (Publikation II, Abb.4).

Tab. 5: Geometrisches Mittel der Zellzahlen, gruppiert nach Zeitintervallen und in Abhängigkeit von den Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchung von Viertel-anfangsgemelksproben 10-14 Tage vor dem Trockenstellen.

Gruppierte Zeitintervalle vor dem TS	Befund aus der MBU 14 d vor dem TS	geoZZ	Anzahl (n)	Befund aus der MBU 14 d vor dem TS	geoZZ	Anzahl (n)	Differenz der geoZZ der Befundgruppen
(0,30]	Minor Pathogen	132.207	161	Negativ	83.321	468	48.886
(30,60]	Minor Pathogen	110.029	155	Negativ	71.634	443	38.395
(60,100]	Minor Pathogen	97.716	183	Negativ	64.405	514	33.311
(0,100]	Minor Pathogen	113.317	166	Negativ	73.120	475	40.197
(0,30]	Major Pathogen ohne <i>S.aureus</i>	208.370	106	<i>S.aureus</i>	180.198	25	28.172
(30,60]	Major Pathogen ohne <i>S.aureus</i>	186.003	107	<i>S.aureus</i>	169.275	27	16.727
(60,100]	Major Pathogen ohne <i>S.aureus</i>	177.805	121	<i>S.aureus</i>	135.865	29	41.940
(0,100]	Major Pathogen ohne <i>S.aureus</i>	190.726	111	<i>S.aureus</i>	161.780	27	28.946

MBU = mikrobiologische Untersuchung von Viertel-anfangsgemelksproben; geoZZ = geometrisches Mittel der Zellzahl; negativ = ohne Befund; Minor Pathogens = Koagulase negative Staphylokokken und Coryneforme; Major Pathogens = z.B. *Sc.uberis* u.a.; d = Tage; TS = Trockenstellen; ZZ = Zellzahl aus der Milchleistungsprüfung; Tiere wurden in der Berechnung gleich gewichtet.

2. Modelle für eine Klassifizierung der Kühe, ohne mikrobiologische Untersuchung und ohne California-Mastitis-Test am Tag des Trockenstellens

2.1. Ansatz-1a, multinomiale logistische Regression ohne Betriebseffekt

Das finale Modell 1a, ohne Betriebseffekt, beinhaltete die logarithmierte Zellzahl ($\log_{10} \text{ZZ}$), das Ergebnis des California-Mastitis-Tests (CMT, Schalmtest) 7-14 Tage (d) vor dem Trockenstelltermin, die Betriebskategorie (Einteilung nach Herdenvoraussetzungen, Paper II) sowie die logarithmierte Laktationsnummer als Einflussgrößen. Interaktionen, die zu einer Verbesserung des Modells führten, konnten nicht identifiziert werden.

Folgende Metriken wurden berechnet: $\text{AUC} = 0,676$, $\text{Accuracy} = 0,598$, $\text{balanced Accuracy} = 0,266$. Eine sichere Separierung der Kühe in Bezug auf deren Trockenstellvorgänge (K_{TV}) in die einzelnen Verlaufsklassen (VK) war nicht möglich (AUC). Ca. 60 % aller Beobachtungen konnten mit Modell 1a den VK 1-5 richtig zugeordnet werden (Accuracy). Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Klassengrößen wurden im Durchschnitt über alle VK hinweg 26,6 % der einer VK zugehörigen K_{TV} sicher erkannt ($\text{balanced Accuracy/durchschnittliche Sensitivität}$). Eine höhere $\log_{10} \text{ZZ}$ in den letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen sowie ein positiver CMT 7-14 d vor dem Trockenstellen hatten über alle VK hinweg einen positiven Einfluss auf die Chance einer K_{TV} den VK 2-5, anstatt in der Referenz-VK 1 zugeordnet zu werden (Tab. 6). Die Erhöhung der $\log_{10} \text{ZZ}$ um 1 Einheit erhöhte die Chance auf einen Erregernachweis in der mikrobiologischen Untersuchung (MBU), und damit der VK 5 (Major Pathogens) bzw. VK 2 (Minor Pathogens, $\text{CMT}_{\text{negativ}}$) zugeordnet zu werden, um den Faktor 3,731 bzw. 3,422 (Tab. 6, Abb. 4). Ein positiver CMT 7-14 d vor dem Trockenstellen, im Vergleich zu einem negativen, erhöhte die Chance auf den Nachweis von Minor Pathogens ($\text{CMT}_{\text{positiv}}$) und damit der VK 4, anstatt VK 1, zugeordnet zu werden um den Faktor 11,319 (Tab. 6, Abb. 4). Eine Erhöhung der logarithmierten Laktationsnummer führte zu einer Verringerung der Chance, dass Minor Pathogens nachgewiesen wurden und damit zu einer Verringerung der Chance der VK 2 bzw. 4, im Vergleich zu VK 1, zugeordnet zu werden um den Faktor 0,327 bzw. 0,446 (Tab. 6, Abb. 4). Die Zugehörigkeit zu einem Betrieb der Kategorie 2, im Vergleich zu Kategorie 1, verringerte die Chance auf VK 2 bzw. VK 5, im Vergleich zu VK 1, um den Faktor 0,472 bzw. 0,426 (Tab. 6, Abb. 4).

Die Chance auf VK 3 (CMT_{positiv}) erhöhte sich, im Vergleich zu VK 1, für Betriebe der Kategorie 2 um den Faktor 2,065 (Tab. 6, Abb. 4).

Tab. 6: Exponenzierte Koeffizientenwerte in Referenzkodierung des Modells-1a, ohne Betriebseffekt

Verlaufs- klasse	Intercept	Log_zell- zahl	Log_laktations- nummer	Kategorie 2	Schalmtest ^{positiv}
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,002	3,422	0,327	0,472	1,352
3	0,008	1,775	1,143	2,065	6,267
4	0,001	2,527	0,446	1,220	11,319
5	0,000	3,731	1,206	0,426	4,358

Interpretation der Effekte unter Konstanthaltung der anderen Variablen. Einheit (Log_Zellzahl) = $e^{(\log-ZZ)}$ Zellzahl (in tsd.). Einheit (Log_Laktationsnummer) = $e^{(\log-Laktationsnummer)}$. Referenz zu Kategorie 2 sind Betriebe der Kategorie 1 (Einteilung nach Voraussetzungen auf Herdenebene). Referenz zu Schalmtest(= California-Mastitis-Test) positiv ist Schalmtest negativ 7-14 d vor dem Trockenstellen.

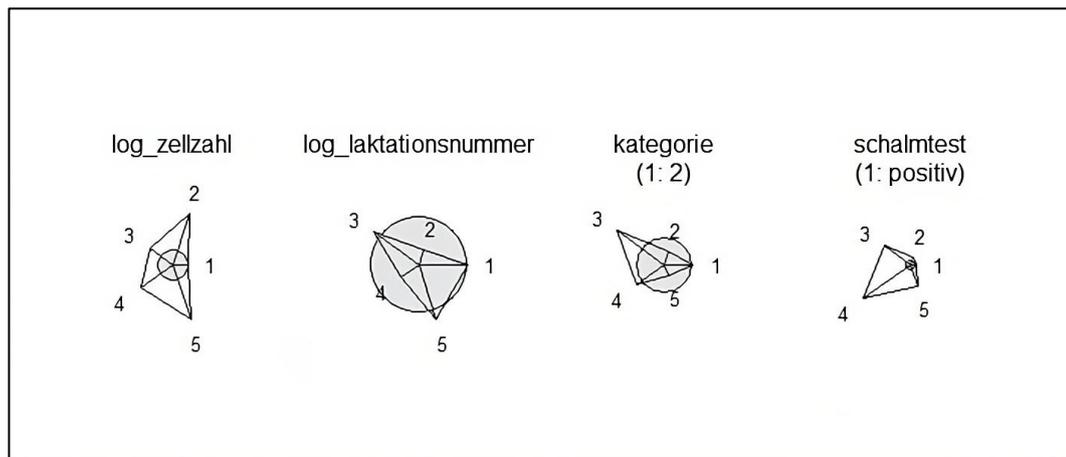


Abb. 4: Effektstars in Referenzkodierung des Modells-1a ohne Betriebseffekt.

Interpretation der Effekte unter Konstanthaltung der anderen Variablen. Einheit (Log_Zellzahl) = $e^{(\log-ZZ)}$ Zellzahl (in tsd.). Einheit (Log_Laktationsnummer) = $e^{(\log-Laktationsnummer)}$. Referenz zu Kategorie 2 sind Betriebe der Kategorie 1 (Einteilung nach Voraussetzungen auf Herdenebene). Referenz zu Schalmtest(= California-Mastitis-Test) positiv ist Schalmtest negativ 7-14 d vor dem Trockenstellen. Die Kreislinie entspricht dabei einem Wert von 1. Betrachtete Einflussgrößen für die jeweilige VK haben innerhalb der Kreislinie einen negativen, außerhalb der Kreislinie einen positiven Einfluss.

2.2. Ansatz-1a, multinomiale logistische Regression mit Betriebseffekt

Für das finale Modell 1a mit Betriebseffekt, ergaben sich geschätzte Performancemetriken von AUC = 0,683, Accuracy = 0,615, balanced Accuracy = 0,289. Im Vergleich zum Modell ohne Betriebseffekt Erkennbar wurde eine leicht Verbesserung aller Performancemetriken beobachtet. Die Assoziationsrichtung der Effekte der einzelnen Variablen blieb im Modell bestehen und auch die Beträge der einzelnen Koeffizienten änderten sich nur leicht (Tab. 7).

Tab. 7: Exponenzierte Koeffizientenwerte in Referenzkodierung des Modells-1a mit Betriebseffekt und festen Effekten des Modells

Verlaufs- klasse	Intercept	Log_zell- zahl	Log_laktations -nummer	Katego- rie 2	Schalmtest ^{positiv}
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	-6,323	1,260	-1,095	-0,701	0,212
3	-5,132	0,616	0,085	0,824	1,681
4	-6,688	0,870	-0,818	0,195	2,410
5	-8,858	1,465	0,178	-0,811	1,524

Interpretation der Effekte unter Konstanthaltung der anderen Variablen. Einheit (Log_Zellzahl) = $e(\log-ZZ)$ Zellzahl (in tsd.). Einheit (Log_Laktationsnummer) = $e(\log-Laktationsnummer)$. Referenz zu Kategorie 2 sind Betriebe der Kategorie 1 (Einteilung nach Voraussetzungen auf Herdenebene). Referenz zu Schalmtest (= California-Mastitis-Test) positiv ist Schalmtest negativ 7-14 d vor dem Trockenstellen.

2.3. Vergleich der Modelle der multinomialen logistischen Regression (1a) und des Modells der binären logistischen Regression (1b)

Aufgrund der höheren AUC wies das Modell 1b (Publikation II) eine höhere Trennschärfe auf als die beiden Modelle aus Ansatz-1a (Tab. 8). In Bezug auf die Sensitivität erreichten beide Modelle aus Ansatz-1a einen höheren Wert als das Modell 1b (Tab. 8). Dies deutete darauf hin, dass in Ansatz-1a den K_{TV} , die tatsächlich ein AB benötigten, zuverlässiger ein AB zugeordnet wurde als in Modell 1b. Bei der Spezifität verhielt es sich umgekehrt: Das Modell 1b schien besser Tieren, die korrekterweise kein AB benötigten, tatsächlich keines zuzuweisen. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Klassenstärken für die Zielgröße „Antibiotikagabe“ wies das Modell 1b für die Balanced Accuracy einen höheren Wert auf als die beiden Modelle aus Ansatz-1a (Tab. 8).

Dies ließ darauf schließen, dass das Model 1b Tiere mit einer höheren Wahrscheinlichkeit richtig in die jeweilige Behandlungsgruppe „mit AB“ vs. „ohne AB“ einordnete als die multinomialen Modelle aus Ansatz-1a.

Tab. 8: Vergleich der binärisierten Performance der multinomialen logistischen Regression mit und ohne Betriebseffekt und der Performance des binären Regressionsmodells.

Modell	AUC	Sensitivität	Spezifität	Balanced Accuracy
Binärisierte multinomiale Regression ohne Betriebseffekt, 1a	0,722	0,946	0,259	0,602
Binärisierte multinomiale Regression mit Betriebseffekt, 1a	0,721	0,949	0,243	0,596
Binäre logistische Regression, 1b	0,741	0,925	0,331	0,628

VII. ÜBERGREIFENDE DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Rahmen dieses Dissertationsprojektes sollte ermittelt werden, inwieweit das Selektive Trockenstellen von Tierärzt*innen in Deutschland angewendet und umgesetzt wird, und ob es hierbei Unterschiede gibt, wenn Tierärzt*innen eine Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB) anbieten oder nicht. Dabei wurden 3 Hypothesen aufgestellt: (1) Es gibt eine positive Assoziation zwischen der Implementierung einer ITB und der Implementierung von Verfahren zum Selektiven Trockenstellen. (2) Das Selektive Trockenstellen wird in der Praxis als kontrolliertes Verfahren durchgeführt. (3) Tierärzt*innen mit ITB betreuen mehr Betriebe die erfolgreich selektiv Trockenstellen als Tierärzt*innen ohne ITB. Aktuelle Informationen über die Verbreitung des Selektiven Trockenstellens sowie die Entwicklung und die Durchführung der ITB in deutschen Tierarztpraxen mit dem Schwerpunkt Rind, wurden mittels einer Umfrage untersucht (Publikation I).

Für das Selektive Trockenstellen sind unterschiedliche Handlungsempfehlungen im Umlauf und nach Ergebnissen der Studie I werden Kriterien zur Selektion auf Herden- und Einzeltierebene beim Selektiven Trockenstellen von den Tierärzt*innen unterschiedlich gewichtet. Daher sollten in einer Folgestudie die bei SCHMON (2019) verwendeten Parameter einer Handlungsempfehlung für das Selektive Trockenstellen auf ihre Selektionsstärke geprüft werden (Publikation II). Zudem sollte ermittelt werden, ob für eine sichere Einzeltierklassifikation alle 4 verwendeten Selektionskriterien notwendig sind, wie sich verschiedene Grenzwerte und betrachtete Zeiträume der somatischen Zellzahl (ZZ) im Vergleich zur Handlungsempfehlung von SCHMON (2019) und der BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015) auswirken, und ob ein vereinfachtes Modell einen Teil des Entscheidungsbaums ersetzen kann. Außerdem wurde nach Modifikationen für den Entscheidungsbaum gesucht, die die kosten- und zeitaufwendigen mikrobiologischen Untersuchungen (MBU) durch andere Informationen, z.B. aus der Milchleistungsprüfung, ersetzen können.

1. Umsetzung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung

In der Studie I gaben 128/236 Tierärzt*innen an, eine ITB durchzuführen. Im Vergleich zu der Umfrage von KRINN (2004) ist der Anteil von Tierärzt*innen die eine ITB anbieten (140/509) damit um 26,7 % gestiegen und hat sich damit nahezu verdoppelt. In zwei deutschlandweiten Umfragen unter Landwirt*innen (2018 und 2020) gaben ebenfalls die Hälfte der Befragten Landwirt*innen an, eine ITB in ihrem Betrieb zu nutzen (VOGT, 2020; RIES et al., 2022).

Der Gesamtanteil von betreuten ITB-Betrieben mit größeren Kuhzahlen war bei Tierärzt*innen mit ITB höher als der Gesamtanteil von Betrieben mit größeren Kuhzahlen bei Tierärzt*innen ohne ITB. RIES et al. (2022) zeigten ebenfalls, dass Betriebe, die an einer ITB teilnahmen, größere Tierzahlen als Betriebe ohne ITB aufwiesen. In Betrieben mit größeren Kuhzahlen (> 60 Kühe) wurde häufiger eine ITB durchgeführt als in kleineren Betrieben (≤ 60 Kühe; Publikation I). Im Gegensatz zu der Studie I, machte die Anzahl von ITB-Betrieben mit Bestandsgrößen von ≤ 60 Kühen im Jahr 2001 den Großteil der betreuten Betriebe aus (KRINN, 2004).

Fruchtbarkeits- und Reproduktionsmanagement sind in ITB-Betrieben unverändert (vgl. KRINN, 2004) die am häufigsten genannten Tätigkeitsfelder. Bei der Umfrage von RIES et al. (2021) unter deutschen Landwirt*innen war dieser Tätigkeitsbereich ebenfalls der wichtigste. Im Jahr 2001 war der am zweithäufigsten genannte Tätigkeitsbereich die Prophylaxe von Infektionskrankheiten (KRINN, 2004), im Vergleich zur Eutergesundheit im Jahr 2020 (Publikation I). Dies könnte zum Einen an dem selteneren Auftreten von Infektionskrankheiten und deren effektiven Monitoring Programmen (VO (EU) 2016/429, 2016; FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT, 2021), zum Anderen an einem Fokus auf den Einsatz von Antibiotika im Bereich der Eutergesundheit liegen (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER (BTK), 2015; EUROPÄISCHE UNION, 2015; BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, 2018a). Im Vergleich zur Studie I, erfolgte laut der PraeRi-Studie eine Bestandsbetreuung für den Komplex Eutergesundheit nur in 7,7 % der Betriebe aus Bayern, in 27,7 % der Betriebe der Region Nord und 50,4 % der Betriebe der Region Ost (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE) & BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL), 2020).

Die Auswertungsintervalle der im Rahmen einer ITB erhobenen Daten haben sich im

Vergleich zu KRINN (2004) deutlich verkürzt: 2001 wurden zu fast gleichen Anteilen vierteljährlich (24,0 %), halbjährlich (20,2 %) und jährlich (22,5 %) Auswertungen vorgenommen (KRINN, 2004). Nach aktuellen Ergebnissen erfolgen diese hauptsächlich monatlich oder alle 3 Monate.

2. Umsetzung des Selektiven Trockenstellens

In der Studie I gaben 75,0 % der befragten Tierärzt*innen an, selektiv trockenstellende Betriebe zu betreuen. Dass der Anteil so hoch war, könnte außer den gesetzlichen Vorgaben und Anhaltungen zur Antibiotikareduktion (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER (BTK), 2015; EUROPÄISCHE UNION, 2015; BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, 2018b; VO (EU) 2019/6, 2018), auch an den vielen Veröffentlichungen und Fortbildungsveranstaltungen der letzten Jahre zu dieser Thematik liegen. Im Vergleich zur Studie I wurde das Selektive Trockenstellen laut der PraeRi-Studie in Bayern von 56,5 %, in der Region Nord von 32,0 % und in der Region Ost von 27,4 % der Betriebe praktiziert (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE) & BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL), 2020). Dass der Anteil der Betriebe die Selektives Trockenstellen praktizieren in Bayern so hoch war, könnte mit der Studie von SCHMON (2019) und dem RAST-Projekt (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015) zusammenhängen, da deren Ergebnisse frequent publik gemacht wurden und in einer Handlungsempfehlung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft mündeten (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015). Es betreuten mehr Tierärzt*innen mit ITB selektiv trockenstellende Betriebe als Tierärzt*innen ohne ITB und mit zunehmendem Anteil von betreuten ITB-Betrieben stieg auch der Anteil von selektiv trockenstellenden Betrieben an (Publikation I). Dies könnte mit dem Aufgabenbereich der ITB (DE KRUIF & OPSOMER, 2004; MANSFELD et al., 2014c; BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019) sowie den Schwerpunkten in den ITB-Tätigkeitsbereichen zu erklären sein (Publikation I). In der Studie I zeigte sich, dass die Beratung bei Problemen in der Trockenstehzeit, die Häufigkeit, mit der Tierärzt*innen die Landwirt*innen und Landwirt*innen die Tierärzt*innen auf Selektives Trockenstellen ansprachen, sowie die Beratungshäufigkeit zum Trockenstellmanagement einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit hatten, ob das Selektive Trockenstellen in einem Betrieb durchgeführt wurde und ob dies erfolgreich war. Dass entsprechende Beratung einen wesentlichen Einfluss auf

die Antibiotikareduktion hat, steht in Einklang mit JONES et al. (2015). Ebenso ist die Einstellung der Tierärzt*innen zum Einsatz von Antibiotika entscheidend (JONES et al., 2015; SPEKSNIJDER et al., 2015; SCHERPENZEEL et al., 2018b). Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen dieser Studie (Abb. 1).

2.1. Gründe für die Umsetzung

Die wichtigsten Gründe für die Umsetzung des Selektiven Trockenstellens waren für die Tierärzt*innen die „Einsparung von Antibiotika“, gefolgt von einem „gezielten Medikamenteneinsatz“ und einem „verbesserten Überblick über die Eutergesundheit“ (Abb. 1). Hemmstofffreie Milch für die Kälberfütterung traf für die meisten Tierärzt*innen nur teilweise als positiver Grund für das Selektive Trockenstellen zu (Abb. 1). Wenn Sperrmilch an Kälber verfüttert wird (DUSE et al., 2013; PEREIRA et al., 2014; DUSE et al., 2015), hat dies einen selektiven Effekt auf das Mikrobiom der Kälber (PEREIRA et al., 2014). Kälber die Kolostrum von antibiotisch trockengestellten Kühen erhalten, könnten ebenfalls, je nach Länge der Trockenperiode (BACHMANN et al., 2018), mit antibiotischen Rückständen in Kontakt kommen (TETENS et al., 2019). Dies kann ESBL- (Extended-Spectrum-Betalaktamase) bildende *E.coli* und Enterobacteriaceae im Mikrobiom selektieren (TETENS et al., 2019).

2.2. Kritische Punkte bei der Umsetzung

Die als kritisch gesehenen Punkte des Selektiven Trockenstellens wie die Notwendigkeit eines gewissenhaften Managements (Abb. 2) und entsprechender Hygiene auf einem Betrieb, haben einen wesentlichen Einfluss auf eine mögliche Antibiotikareduktion (STEVENS et al., 2019; KRATTLEY-ROODENBURG et al., 2021). Der zusätzliche Arbeitsaufwand durch die Anwendung der Auswahlkriterien für die Behandlung zum Trockenstellen, die Dokumentation, die Analyse von IMI sowie des Antibiotikaeinsatzes und die Durchführung einer Erfolgskontrolle, ermöglicht eine objektive Bewertung des Trockenstellmanagements. Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von DOEHRING and SUNDRUM (2019). Die Milchleistung zum Zeitpunkt des Trockenstellens war für die Tierärzt*innen ein weniger kritischer Punkt (Abb. 2). ROWE et al. (2023) zeigten, dass ein Verfahren des Selektiven Trockenstellens, basierend auf „on farm Tests“ oder einem zellzahlbasierten Algorithmus, bei Kühen aller Milchleistungsniveaus erfolgreich praktiziert werden kann. Die kurzfristige Entscheidung der Trockenstellbehandlung (Abb. 2), die z.B. nach Ergebnissen der Studie II bei 51,4 %

der Kühe erst am Tag des Trockenstellens erfolgte, wurde von den Tierärzt*innen in der Studie I als ein nicht so kritischer Punkt erachtet.

2.3. Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Herdenebene

Für die Studie II wurden Betriebe mit einem definierten Eutergesundheitsstatus für das Selektive Trockenstellen ausgewählt (vgl. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015; SCHMON, 2019). Nach Ergebnissen der Studie I wurden Kriterien auf Herdenebene zur Feststellung der Eignung eines Betriebes für das Selektive Trockenstellen von einem Großteil der Tierärzt*innen genutzt, wobei Tierärzt*innen mit ITB diese häufiger nutzen als Tierärzt*innen ohne ITB. Hierbei legten Tierärzt*innen mit ITB verstärkt einen Fokus auf die Leitkeimbestimmung sowie die Nutzung der theoretischen Herdensammelmilchzellzahl (Publikation I). Das Wissen um den bakteriologischen Status einer Herde ermöglicht ein gezieltes Vorgehen und hat eine Auswirkung auf die Durchführung und den Erfolg des Selektive Trockenstellen (ØSTERÅS et al., 1999; ØSTERÅS et al., 2008; DVG, 2012; KEEFE, 2012). Die theoretische Herdensammelmilchzellzahl ermöglicht eine genauere Auskunft über die Herdeneutergesundheit, da auch Kühe berücksichtigt werden deren Milch nicht in den Tank gemolken wird (WINTER & ZEHLE, 2009; MANSFELD et al., 2014a). Diese wurde, im Vergleich zur Tankmilchzellzahl, von den Tierärzt*innen häufiger als Selektionskriterium herangezogen (Publikation I). Auch die Inzidenz von klinischen Mastitiden in einem Bestand, die z.B. auch von ØSTERÅS et al. (1999) und MC CUBBIN et al. (2022) als Kriterien angeführt werden, wurde von knapp dreiviertel der Tierärzt*innen als Kriterium genutzt. Die Hygiene auf einem Betrieb wurde von mehr Tierärzt*innen mit ITB als ohne ITB genannt. Dieser betriebsindividuelle Faktor hat, neben einem gewissenhaften Management auf einem Betrieb, einen wesentlichen Einfluss auf eine mögliche Antibiotikareduktion (STEVENS et al., 2019; KRATTLEY-ROODENBURG et al., 2021), vor allem auf durch umweltassoziierte Erreger verursachte klinische Mastitiden (KLAAS & ZADOKS, 2018).

Wie der Erfolg des Selektiven Trockenstellens in Betrieben ohne die Berücksichtigung von Kriterien auf Herdenebene (z.B. Tankmilchzellzahl), auch unter Verwendung von internen Zitzenversiegeln [ITS] (WINDER et al., 2019; KABERA et al., 2021) ausfällt, ist zumindest fraglich, da Studien zu der Verwendung oder dem Weglassen von Kriterien auf Herdenebene fehlen (MC CUBBIN et al., 2022). ALY et al. (2022) und EL ASHMAWY et al. (2022) führten randomisierte Untersuchungen in Betrieben mit

Tankmilchzellzahlen mit bis zu 400.000 Zellen/ml durch, jedoch wurden nur augenscheinlich gesunde Kühe, ohne weitere Selektionskriterien, inkludiert und somit nur Teilmengen der Herden. Die Behandlungsgruppe AB+ITS hatte die höchste Milchleistung und niedrigste lnZZ nach der Kalbung (EL ASHMAWY et al., 2022). Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Wahrscheinlichkeit für eine Keulung oder eine klinische Mastitis innerhalb 150 Tage in Milch, numerisch hatte die Gruppe AB+ITS mit 17,8% das geringste Auftreten von klinischen Mastitiden, gefolgt von den Gruppen AB (21,8 %) und ITS (21,9 %) (ALY et al., 2022).

2.4. Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Einzeltierebene

2.4.1. Verwendete Parameter für die Trockenstellbehandlung

In der Studie I gaben nahezu alle befragten Tierärzt*innen an, Kriterien auf Einzeltierebene für das Selektive Trockenstellen zu nutzen. Die von SCHMON (2019) verwendeten und in der (Folge-)Studie II auf ihre Selektionsstärke geprüften Parameter, wurden von den befragten Tierärzt*innen ebenfalls für die Entscheidung der Trockenstellbehandlung genutzt (Publikation I). Im Gegensatz zu den befragten Tierärzt*innen der Studie I, gaben 70,0 % der Betriebe der PräRie Studie an, nie eine MBU vor dem Trockenstellen durchzuführen (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE) & BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL), 2020). Beim betrachteten Zeitraum der Milchleistungsprüfung (Publikation I) nutzte etwas mehr als die Hälfte der Tierärzt*innen die letzten 3 Milchleistungsprüfungen und jeweils etwas mehr als ein Viertel die letzte Milchleistungsprüfung oder die gesamte Laktation. Der CMT wurde beim Großteil am Tag des Trockenstellens durchgeführt (Publikation I).

2.4.2. Selektionsschärfe der 4 Parameter der Studie II

Die ZZ (Schwellenwert ≥ 200.000 Zellen/ml für ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen und der CMT waren in der Studie II die stärksten Selektionskriterien und klassifizierten 88,1 % der antibiotisch trocken gestellten Kühe ($K_{TV/mitAB}$). KIESNER et al. (2016) zeigten ebenfalls, dass die Kombination aus der ZZ der letzten 3 Milchleistungsprüfungen und dem CMT die Erkennung von IMI erhöht und in Bezug auf Sensitivität und negativen Prädiktiven Wert die besten Ergebnisse in deren Studie erzielte.

Unter Hinzunahme der Mastitis-Historie wurden 95,6 % der $K_{TV/mitAB}$ selektiert (Publikation II). Allein aufgrund der Mastitis-Historie, ohne erfolgten Erregernachweis am Tag des Trockenstellens, wurden 6,1 % der $K_{TV/mitAB}$ selektiert (Publikation II). Dieser Anteil war im Vergleich zu ROWE et al. (2021) (0,5-3,6 %), die 3 unterschiedliche Selektionsszenarien mit einer Kombination aus der ZZ und der Mastitis-Historie testeten, etwas höher. Da der Einsatz von antibiotischen Präparaten gesetzlich stärker eingeschränkt wurde (VO (EU) 2019/6, 2018; BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, 2022) ist es zu diskutieren, ob Kühe, die nur Auffälligkeiten in der Mastitis-Historie aufweisen, „ohne AB“ trockengestellt werden sollten, wenn die ZZ der letzten 3 Milchleistungsprüfungen, eine MBU oder ein „on-farm Test“ kurz vor dem Trockenstellen, sowie der CMT keinen Hinweis auf eine IMI liefern. Jedoch entwickelten von 5 $K_{TV/falsch/ohneAB}$, die nur Abweichungen in der Mastitis-Historie aufwiesen, 2 $K_{TV/falsch/ohneAB}$ eine klinische Mastitis zwischen dem Trockenstelltermin und dem 60. Tag in Milch (Abb. 3).

Allein aufgrund der MBU wurden 22 (4,4 %) der $K_{TV/mitAB}$ mit Major Pathogen-Nachweis (8x *S.aureus*) selektiert (Publikation II). Ob dieser Anteil ein akzeptables Risiko darstellt, müssen Tierärzt*innen und Landwirt*innen vor Ort, je nach der jeweiligen betrieblichen Situation, entscheiden, wenn eine MBU nicht bei allen Tieren durchgeführt bzw. weggelassen werden soll. Bleiben Kühe mit Major Pathogen-Nachweis unbehandelt, ist es ggf., unter anderem, Erreger-abhängig, ob dies zu Problemen in der Trockenperiode und der Früh-laktation führt. MÜLLER et al. (2023) beschrieben, dass die Variablen Betrieb, Kuh und Jahreszeit in der trocken-gestellt wird, einen signifikanten Einfluss auf die Heilungsrate von IMI während der Trockenperiode haben. Sie zeigten, dass mit gram-positiven Bakterien infizierte Viertel, außer bei *S.aureus* und nicht-*aureus* Staphylokokken, mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von einem antibiotischen Trockenstellen profitierten als durch gram-negative Bakterien infizierte Viertel (MÜLLER et al., 2023). Ebenfalls beobachteten sie eine Selbstheilung von 93,4 % bzw. 100 % für Coliforme bzw. andere Gram-negative Bakterien (MÜLLER et al., 2023). Betriebsindividuelle Vorgehensweisen in Bezug auf den Umgang mit *S.aureus*-infizierten Kühen sind empfohlen und ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz ein Teil der Eradikationsprogramme (BARKEMA et al., 2006; ØSTERÅS & SØLVERØD, 2009), weshalb hier auf die MBU nicht verzichtet werden sollte.

2.4.3. Mögliche Anpassung der Zellzahl-Grenze und des berücksichtigten Zeitraumes der verwendeten Zellzahlen als Ersatz für die mikrobiologische Untersuchung

Die verwendete ZZ-Grenze von 200.000 Zellen/ml nach SCHMON (2019) hat sich, in Kombination mit den anderen 3 Parametern, in Bezug auf die Eutergesundheit bewährt. Soll die MBU aus Arbeitszeit- und Kostengründen weggelassen werden, ist eine betriebsindividuelle niedrigere ZZ-Grenze zur Selektion der Kühe sinnvoll. Kühe „ohne Befund“ in der MBU 14 d vor dem Trockenstellen, blieben innerhalb von 100 d vor dem Trockenstelltermin im Durchschnitt des geometrischen Mittels < 100.000 Zellen/ml (Publikation II). KIESNER et al. (2016) ermittelten ebenfalls diesen Cut-off Wert (geometrisches Mittel, 3 Milchleistungsprüfungen) um Tiere ohne Nachweis von IMI zu selektieren. In Bezug auf eine Infektion mit nicht-*aureus* Staphylokokken wird diskutiert, dass diese eine AB-Behandlung nicht zwingend rechtfertigt (ØSTERÅS & SØLVERØD, 2009; VANDERHAEGHEN et al., 2015; VASQUEZ et al., 2018; LIPKENS et al., 2023). Einige Studien zeigten jedoch, dass *S. chromogenes*, *S. simulans*, *S. epidermidis*, *S. xylosus* und *S. haemolyticus* zu ZZ-Erhöhungen führen (VANDERHAEGHEN et al., 2015; CONDAS et al., 2017) die z.T. vergleichbar mit denen von *S. aureus* sind (SUPRÉ et al., 2011). In der vorliegenden Studie (Publikation II) wurden 60,7 % der mit Minor Pathogens infizierten Kühe aufgrund von Abweichungen in den Parametern Mastitis-Historie, ZZ und/oder CMT für ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz selektiert. Wie sich die Eutergesundheit auf Betriebs- und Einzeltierebene entwickelt hätte, wenn diese K_{TV} „ohne AB“ trockengestellt worden wären, ist nicht bekannt. DE BUCK et al. (2021) schlussfolgerten, dass es weiterer Studien bedarf damit bestehende Mastitis-Bekämpfungsprotokolle angepasst oder neue Maßnahmen entwickelt werden, um Minor Pathogen-bedingte (KNS, nicht-*aureus* Staphylokokken) (sub-)klinische Mastitiden zu vermeiden.

Im Durchschnitt der geoZZ blieben K_{TV} der Gruppe „Minor Pathogen“ innerhalb von 100 d vor dem Trockenstelltermin < 150.000 Zellen/ml, die Gruppe „Major Pathogen ohne *S. aureus*“ > 150.000 Zellen/ml. Dies könnte ein geeigneter Schwellenwert zur Unterscheidung von Minor und Major Pathogen-infizierten Kühen (ohne *S. aureus*) sein und in Kombination mit der Mastitis-Historie und dem CMT als weiteres Selektionskriterium für die Entscheidungsfindung der Trockenstellbehandlung genutzt werden.

In einer Schweizer Handlungsempfehlung für das Selektive Trockenstellen wird der geoZZ-Grenzwert von 150.000 Zellen/ml Milch ebenfalls verwendet (WIEDERKÄUERKLINIK DER UNIVERSITÄT BERN, 2017).

Nach Ergebnissen der multinomialen logistischen Regression aus Ansatz-1a (Abb. 4., Tab. 6), ging eine Erhöhung der Laktationsnummer mit einer verringerten Chance auf einen Minor Pathogen-Nachweis einher. Andere Studien zeigten ebenfalls, dass die Prävalenz von KNS bedingten IMI von Färsen höher als bei Kühen ist (SAMPIMON et al., 2009; SCHUKKEN et al., 2009). Dies spricht für die Verwendung von unterschiedlichen ZZ-Grenzwerten für Färsen und Kühe, was auch in anderen Studien vorgeschlagen wird (z.B. SCHERPENZEEL et al., 2014; KOK et al., 2021; LIPKENS et al., 2023). Es könnten z.B. Grenzwerte der geoZZ von < 100.000 Zellen/ml für Kühe und < 150.000 Zellen/ml für Färsen, in Kombination mit der Mastitis-Historie und dem CMT, für die Trockenstellentscheidung genutzt werden.

Im Vergleich zum Entscheidungsbaum wären bei den 2 Selektionskriterien ZZ (ganze Laktation) > 200.000 Z/ml und positiver CMT am Tag des Trockenstellens 37 K_{TV} (4,4 %) „falsch nicht“, 43 K_{TV} (5,1 %) „unnötig“ für ein Trockenstellen unter antibiotischen Schutz selektiert worden (Publikation II).

2.4.4. Modell für eine Klassifizierung der Kühe ohne vollständiges Durchlaufen des Entscheidungsbaums

Das Modell aus Ansatz-1b [binäre logistische Regression: Zielgröße „Antibiotikagabe“, Ausprägungen ja/nein] wies beim Vergleich der beiden Modellansätze (1a, 1b) die beste Performancemetrik auf (Tab. 8). Aufgrund der errechneten Performancemetriken war die Klassifikationsgüte des besten Modells nicht ausreichend, um den Entscheidungsbaum zu ersetzen.

Ein positiver CMT 7-14 d vor dem Trockenstellen hatte einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit einer Kuh „mit AB“ trockengestellt zu werden (Publikation II). Allerdings hatten nur 29,7 % der K_{TV} , die auf Stufe 1 unauffällig waren, parallel zum Major Pathogen-Nachweis einen positiven CMT (Publikation II). Die ermittelte Interaktion zwischen der logarithmierten ZZ (\log_ZZ) und der letzten Abmelkungsmilchmenge (Last_milch) des Modells 1b zeigte, dass die Wahrscheinlichkeit einer Kuh „mit AB“ trockengestellt zu werden zwischen \log_ZZ (2) bis \log_ZZ (4,75), bei einer Last_milch von 23,85 kg (mw+s) bzw. 16,94 kg (mw) geringer war, als für eine Last_milch von 10,04 kg (mw-s). Bei einer $\log_ZZ > 4,75$ verhielt es sich umgekehrt.

Bei FERREIRA et al. (2022) verringerte eine höhere Milchleistung ($> 25,5$ kg) kurz vor dem Trockenstellen ebenfalls die Chance einer Kuh, als „mit Risiko“ klassifiziert zu werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Kühe mit IMI weniger Milch produzieren als Kühe ohne IMI (HALASA et al., 2009c; CHA et al., 2011; HOGEVEEN et al., 2019).

2.4.5. Modifikationen des Entscheidungsbaums zur Klassifizierung von Kühen ohne Durchführung einer mikrobiologischen Untersuchung

Mögliche Modifikationen wurden auf Basis der Milchleistungsprüfung explorativ mittels kostensensitivem binären Klassifikationsbaum ermittelt (Publikation II). Im vorliegenden Datensatz konnten 207 (47,5 %) K_{TV} der Gruppe „ohne Befund“ bzw. „Minor Pathogen“ ($n = 436$) richtig zugeordnet werden, die auf Stufe 1 des Entscheidungsbaums unauffällig waren. Die gefundene ZZ-Grenze lag im vorliegenden Datensatz bei < 131.000 Z/ml Milch in den letzten 3 Milchleistungsprüfungen, in Kombination mit weiteren Modifikationen. Diese Ergebnisse sind vielversprechend und sollten mittels eines größeren Stichprobenumfangs validiert werden. Ein Grenzwert von < 150.000 Zellen/ml wurde in anderen Studien als ein geeigneter Selektionswert beschrieben (JAEGER et al., 2017; BUCHER & BLEUL, 2019). Unsicherheiten könnten entstanden sein, da in den ZZ-Laktationsgruppen $[0,100]$ und $(100,200]$ (Publikation II), ebenfalls Major Pathogen-Nachweise vor dem Trockenstellen erfolgten. Einige nicht-*aureus* Staphylokokken können zudem zu ZZ-Erhöhung und subklinische Mastitiden führen (CONDAS et al., 2017; HAMEL et al., 2020) und wurden auch bei den K_{TV} der ZZ-Laktationsgruppe $(200,inf]$ nachgewiesen.

2.5. Eutergesundheit in Betrieben, die selektiv Trockenstellen

Eine erfolgreiche Implementierung von Verfahren des Selektiven Trockenstellens in den Milchviehbetrieben war ITB unabhängig (Publikation I). Auch in einer niederländischen Studie (SPEKSNIJDER et al., 2017) mit dem Ziel der Antibiotikareduktion auf Betrieben mittels eines betriebsspezifischen Tiergesundheitsprogrammes, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Intervention, gab es zwischen den beiden Gruppen diesbezüglich keinen signifikanten Unterschied. Nach Schätzung der Tierärzt*innen betrug die gemittelte Anzahl der selektiv trockenstellenden Betriebe in denen die Eutergesundheit gleich blieb bzw. besser wurde 68,0 %. Schlechter wurde sie in 40,0 % der Betriebe. In Bezug auf die Nennungen zur Eutergesundheit in den selektiv trockenstellenden Betrieben der befragten Tierärzt*innen, gab es deutliche Unter-

schiede zwischen Tierärzt*innen mit und ohne ITB (Tab. 1): Das Verhältnis der Nennung von „erfolgreiches Selektives Trockenstellen“ zu „nicht erfolgreiches Selektives Trockenstellen“, in Bezug auf die Eutergesundheit in den Betrieben, bei 61 zu 28 (mit ITB) bzw. 44 zu 9 (ohne ITB) lag. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Tierärzt*innen mit ITB häufiger Erfolgskontrollen durchführten als Tierärzt*innen ohne ITB (Publikation I). Zudem können Tierärzt*innen mit ITB, bedingt durch Arbeitsinhalte der ITB (MANSFELD et al., 2014c; BPT-FACHGRUPPE RIND, 2019), andere Einblicke in die Performance von deren betreuten Betrieben haben. Die drei Parameter Mastitis-Historie, MBU und CMT wurden von Tierärzt*innen ohne ITB jedoch etwas häufiger verwendet als von Tierärzt*innen mit ITB (Publikation I). Dies kann in Zusammenhang mit dem Eutergesundheitsstatus in den Betrieben stehen (Publikation II, SCHMON (2019)). Dennoch war eine steigende Chance auf eine gleichbleibende oder verbesserte Eutergesundheit mit selektiv trockenstellenden Betrieben assoziiert, in denen gleichzeitig eine ITB durchgeführt wurde (Publikation I). Dies könnte daran liegen, dass Tierärzt*innen mit ITB, neben der häufiger durchgeführten Erfolgskontrolle (vgl. LAM et al., 2011; ZOCHÉ et al., 2011), häufiger Einfluss auf das Trockenstellmanagement ihrer Betriebe nahmen (vgl. JONES et al., 2015; ORPIN, 2017) und ebenfalls häufiger ITS (vgl. WINDER et al., 2019; KABERA et al., 2021) verwendeten als Tierärzt*innen ohne ITB (Publikation I). RIES et al. (2022) zeigten ebenfalls, dass ITB-Betriebe eine höhere 305 Tage Leistung in Milch (660 kg) aufwiesen als Betriebe ohne ITB.

Je nachdem welche Selektionskriterien für das Selektive Trockenstellen verwendet werden, werden unterschiedlich viele Tiere als „mit Risiko“ für ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz selektiert und dies kann Auswirkungen auf den Eutergesundheitsstatus in den Herden haben (SCHERPENZEEL et al., 2014; THO SEETH et al., 2017; SCHERPENZEEL et al., 2018a; SCHMON, 2019; ROWE et al., 2021; NIEMI et al., 2022; LIPKENS et al., 2023).

3. Ausblick

Die mittels eines kostensensitiven binären Klassifikationsbaums ermittelten Modifikationen des Entscheidungsbaums sind vielversprechend. Eine Validierung durch einen größeren Stichprobenumfang erscheint daher sinnvoll.

In Bezug auf durch Minor Pathogens (KNS bzw. nicht-*aureus* Staphylokokken und Coryneforme) bedingte intramammäre Infektionen (IMI) werden zukünftige Studien

zeigen müssen, ob diese Gruppe eine antibiotische Behandlung generell nicht oder speziesabhängig rechtfertigt, oder ein Vorgehen wie bei SCHMON (2019) als sinnvoll erachtet und beibehalten werden kann.

Soll der Einsatz von antibiotischen Trockenstellpräparaten noch weiter minimiert werden, ist es fraglich ob durch Coliforme oder andere gram-negative Bakterien (außer Klebsiellen) verursachte IMI zum Zeitpunkt des Trockenstellens, lokal antibiotisch behandelt werden müssen oder nicht. Unterschiedliche Studien haben gezeigt, dass Tiere mit klinischen Mastitiden, die durch gram negative Bakterien ausgelöst werden, auch ohne lokale antibiotische Therapie gute Ausheilungschancen aufweisen (DE JONG et al., 2023). Darauf aufbauend könnte man untersuchen, ob es sich beim Trockenstellen ebenfalls so verhält und wie sich die Eutergesundheit dieser Tiere in der Folgelaktation entwickelt.

4. Schlussfolgerungen

Sowohl das Selektive Trockenstellen als auch die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB) sind nach den vorliegenden Ergebnissen etablierte Bestandteile der tierärztlichen Praxis in Deutschland (Publikation I). In Bezug auf die eingangs formulierten Hypothesen zeigten die Ergebnisse der Studie I, dass (1) das Selektive Trockenstellen im Rahmen einer ITB erfolgreich in Betrieben implementiert werden kann und dies in einem erheblichen Teil der Fälle auch erfolgt. Ebenfalls ist dies in Betrieben ohne ITB möglich. Die Anwendung von Verfahren zum Selektiven Trockenstellen erfolgt häufiger in Betrieben mit ITB als in Betrieben ohne ITB. (2) Das Selektive Trockenstellen wird bisher nur zum Teil als kontrolliertes Verfahren mit Erfolgskontrolle durchgeführt. In Betrieben mit ITB kommt häufiger ein kontrolliertes Verfahren zur Anwendung als in Betrieben ohne ITB. (3) Tierärzt*innen mit ITB betreuen mehr Betriebe die, in Bezug auf die Eutergesundheit, erfolgreich selektiv trockenstellen, als Tierärzt*innen ohne ITB. Daher scheint die Kombination aus einer ITB und dem Selektiven Trockenstellen eine zielführende Strategie zu sein. In den meisten der selektiv trockenstellenden Betriebe wurden Entscheidungskriterien für das Selektive Trockenstellen auf Herden- und Einzeltierebene angewendet, ähnlich zu den verwendeten Kriterien der Studie II. Außer der Motivation der Landwirt*innen, haben die Einstellung der Tierärzt*innen zur Antibiotikareduktion, das Angebot sowie die Häufigkeit der Beratung Einfluss darauf, ob ein Verfahren angewendet wird und wie sich der Eutergesundheitsstatus der Betriebe entwickelt.

Die Kombination aus den Parametern Zellzahlen (ZZ) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen und California-Mastitis-Test (CMT) am Tag des Trockenstellens selektierte 88,1 %, unter Hinzunahme der Mastitis-Historie 95,6 % der antibiotisch trockengestellten Kühe ($K_{TV/mitAB}$, $n = 494$), in Herden mit einem definierten Eutergesundheitsstatus (Publikation II). Diese Parameter wurden auch von den befragten Tierärzt*innen der Studie I überwiegend verwendet. Soll aus Arbeitszeit- und Kostengründen die mikrobiologische Untersuchung (MBU) weggelassen werden, wären in der vorliegenden Untersuchung 22 $K_{TV/mitAB}$ (4,4 %) mit Major Pathogen-Nachweis (8x *S.aureus*) fehlklassifiziert worden. Ob dies als akzeptables Risiko erachtet wird, müssen Tierärzt*innen und Landwirt*innen je nach betrieblicher Situation entscheiden. Eine Anpassung zu einem niedrigerem Grenzwert der ZZ ist betriebsindividuell sinnvoll, wenn auf die MBU verzichtet werden soll. Niedrigere Grenzwerte des geometrischen Mittels der ZZ der letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen können zur Differenzierung von Minor und Major Pathogen (ohne *S.aureus*) bedingten intramammären Infektionen (IMI) geeignet sein. Zum Beispiel eine geoZZ von < 150.000 Zellen/ml für Färsen und eine geoZZ von < 100.000 Zellen/ml für Kühe. Ein zuverlässiges Modell zur sicheren Klassifizierung von Kühen ohne Auffälligkeiten zum Zeitpunkt der Stufe 1 des Entscheidungsbaums, ergab sich aus den Berechnungen nicht. Vielversprechende Modifikationen des Entscheidungsbaums als Ersatz der MBU wurden mittels kostensensitivem binären Klassifikationsbaum und Informationen aus der Milchleistungsprüfung ermittelt. Diese müssten durch einen größeren Stichprobenumfangs validiert werden. Eine ZZ-Grenze von < 131.000 Zellen/ml Milch in den letzten 3 Milchleistungsprüfungen vor dem Trockenstellen könnte hier, in Kombination mit der Mastitis-Historie und dem CMT, geeignet sein, um Tiere mit IMI mit Minor Pathogens zu identifizieren.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Tanja Sonnewald-Daum (2023)

*Untersuchungen zu einem entscheidungsbaumbasierten Verfahren
des Selektiven Trockenstellens in Bayern und der Durchführung
des Selektiven Trockenstellens von Tierärzten mit und ohne Integrierte Tierärztliche
Bestandsbetreuung in Deutschland*

Im Rahmen der Deutschen Antibiotika-Resistenzstrategie wurde die Antibiotikaminimierung gesetzlich verankert, sowie seit 21.04.21 auch erstmals die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung [ITB]. Das Selektive Trockenstellen [ST] stellt in der Milchviehhaltung eine Möglichkeit zur Antibiotikaminimierung dar und die Leitlinien für eine ITB sehen eine kontrollierte Minimierung des Antibiotika-Einsatzes in ITB-betreuten Betrieben vor. Zusätzlich stehen für die Umsetzung des ST verschiedene Handlungsempfehlungen zur Verfügung, die sich bezüglich der Auswahl der angewendeten Entscheidungskriterien auf Herden- und Einzeltierebene oder/und in den verwendeten Grenzwerten unterscheiden.

Ziel dieses Dissertationsprojektes war es zum einen, anhand einer Umfrage unter Nutztierpraktiker*innen mit dem Schwerpunkt Rind die Verbreitung des ST sowie der ITB in deutschen Tierarztpraxen zu ermitteln. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten von Tierarzt*innen mit und ohne ITB in Bezug auf das ST sollten hierbei aufgezeigt werden (Publikation I). Zum anderen sollten in einer Folgestudie die 4 Parameter einer geprüften Handlungsempfehlung (Entscheidungsbaum) für das ST, ohne negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit, auf ihre Selektionsstärke zur Erkennung von antibiotisch trockenzustellenden Kühen [K_{TV/AB}] geprüft werden. Diese waren die Zellzahlen ([ZZ], ≥ 200.000 Z/ml) der letzten 3 Milchleistungsprüfungen [MLP] vor dem Trockenstellen, die Mastitis-Historie der Laktation, eine mikrobiologische Untersuchung [MBU] 14 d vor dem Trockenstellen („auffällig“ bei „Major Pathogens“) und der California-Mastitis-Test [CMT] ($> \text{Grad } 1/+$) beim Trockenstellen. Weiter sollte ermittelt werden, ob für eine sichere Einzeltierklassifikation alle 4 Parameter notwendig sind und ob die MBU anderweitig, z.B. mit Informationen aus der MLP, ersetzt werden kann (Publikation II).

Für die Studie I wurden 600 Fragebögen zwischen Juli 2019 und Januar 2020 im Rahmen von 7 Fortbildungs- und Kongressveranstaltungen in Deutschland an Nutztierpraktiker verteilt. Die Teilnahme war freiwillig und anonym. Die Datenauswertung

erfolgte mittels deskriptiver Statistik, linearer und logistischer Regression. Der Rücklauf betrug 39,3 % (n = 236). Eine ITB wurde von 54,2 % (n = 128) der Tierärzt*innen durchgeführt. In Betrieben von 75,0 % (n = 177) der Tierärzt*innen wurden Verfahren zum ST angewendet, wobei 100 (56,5 %) Tierärzt*innen eine ITB anboten und 69 (39,0 %) Tierärzt*innen nicht. Beim ST wurden verschiedene Entscheidungskriterien auf Herden- (81,6 %, n = 142) und Einzeltierebene (97,7 %, n = 172) genutzt. In ST-Betrieben wurden die Parameter ZZ (96,0 %), Mastitis-Historie (86,3 %), CMT (70,9 %) und MBU (68,6 %) von den Tierärzt*innen (n = 175) verwendet. Eine Erfolgskontrolle des Verfahrens wurde häufiger in Betrieben von Tierärzt*innen mit ITB (66,0 %, n = 66) als ohne ITB (41,0 %, n = 28) durchgeführt. Je mehr Betriebe im Rahmen einer ITB betreut wurden, desto höher war der Anteil der Betriebe, in denen selektiv trockengestellt wurde. Eine steigende Chance auf eine gleichbleibende oder verbesserte Eutergesundheit war mit ST-Betrieben assoziiert, in denen gleichzeitig eine ITB durchgeführt wurde (OR:1,025; p< 0,05). Die Beratung bei Problemen in der Trockenstehzeit (OR:3,639; p< 0,05), die Häufigkeit, mit der Tierärzt*innen die Landwirt*innen (OR:1,595; p< 0,05) und Landwirt*innen die Tierärzt*innen auf ST ansprachen (OR:1,538; p< 0,05), sowie die Beratungshäufigkeit zum Trockenstellmanagement (OR:1,608; p< 0,05) hatten einen positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, ob ST in einem Betrieb durchgeführt wurde und ob dies erfolgreich war.

Im Rahmen der (Folge-)Studie II wurden die Daten von 18 bayerischen Milchviehbetrieben von 06/2015 bis 08/2017, mit einem definierten Eutergesundheitsstatus, deskriptiv sowie mittels kostensensitivem binären Klassifikationsbaum und logit-Modellen ausgewertet. In der statistischen Auswertung galt der Entscheidungsbaum als zugrunde liegende Wahrheit. Hierfür wurden 848 Trockenstellvorgänge [K_{TV}] von 739 Kühen verwendet und als Querschnittsdaten behandelt. Die ZZ und der CMT selektierten 88,1 %, in Kombination mit der Mastitis-Historie 95,6 % der antibiotisch trockengestellten Kühe ($K_{TV/mitAB}$, n = 494). Allein aufgrund der MBU wurden 4,4 % (n = 22, mit Major Pathogen-Nachweis, hiervon 8x *S.aureus*) der $K_{TV/mitAB}$ selektiert. Im Durchschnitt des geometrischen Mittels der ZZ (innerhalb 100 d vor dem Trockenstellen) blieben K_{TV} ohne Befund in der MBU < 100.000 Zellen/ml Milch, mit Minor Pathogen-Nachweis zwischen 100-150.000 Zellen/ml, mit Major Pathogen-Nachweis (ohne *S.aureus*) \geq 150.000 Zellen/ml. Im Vergleich zum Entscheidungsbaum wären bei den 2 Selektionskriterien ZZ der gesamten Laktation (> 200.000 Zellen/ml) und positiver CMT 37 K_{TV} (4,4 %) „falsch nicht“, 43 K_{TV} (5,1 %) „unnötig“ für ein Trockenstellen unter antibiotischen Schutz selektiert worden. Es konnten Modifikationen,

mit Informationen aus der MLP, ermittelt werden, die 207/436 K_{TV} „ohne Befund“ oder mit Minor Pathogen-Nachweis (keine Mastitis-Historie, $ZZ < 200.000$ Zellen/ml in den letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen) richtig identifizierten. Diese waren u.a. eine ZZ von < 131.000 Zellen/ml in den letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen. Das beste Modell (binäre logistische Regression, Zielgröße „Antibiotikagabe“, Ausprägungen: ja/nein) für die Entscheidung für oder gegen ein Trockenstellen unter antibiotischem Schutz (K_{TV} ohne Mastitis-Historie, $ZZ < 200.000$ Zellen/ml in den letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen), wies Metriken von $AUC = 0,74$, $Accuracy = 0,78$, $balanced Accuracy = 0,63$, $Sensitivität = 0,92$, $Spezifität = 0,33$ auf. Die Berechnungen einer multinomialen Regression ergaben, dass eine Erhöhung der logarithmierten Laktationsnummer zu einer Verringerung der Chance für einen Nachweisen von Minor Pathogens führte (Faktor 0,327 [Minor Pathogen, CMT negativ], Faktor 0,446 [Minor Pathogen, CMT positiv]).

Sowohl das ST als auch die ITB sind nach vorliegenden Daten etablierte Bestandteile der tierärztlichen Tätigkeit in Rinderpraxen (Publikation I). Das ST wird in der Praxis zum Teil im Rahmen kontrollierter Verfahren mit Erfolgskontrolle umgesetzt. Die Durchführung einer ITB war positiv mit der Anzahl der Betriebe assoziiert, in denen selektiv trockengestellt wurde, und mit dem Eutergesundheitsstatus wenn in einem Betrieb ITB und ST kombiniert durchgeführt wurden. Beratungsangebot und -häufigkeit der Tierärzt*innen haben einen wesentlichen Einfluss auf eine Antibiotikareduktion durch ST.

In Herden mit einem definierten Eutergesundheitsstatus sind die Parameter ZZ , CMT und Mastitis-Historie in Kombination geeignete Selektionskriterien für das ST (Publikation II). Eine Anpassung zu einem niedrigeren Grenzwert der ZZ ist betriebsindividuell sinnvoll, wenn auf die MBU verzichtet werden soll. Die Modifikationen des Entscheidungsbaumes mit Informationen aus der MLP sind vielversprechend und sollten mittels eines größeren Stichprobenumfangs validiert werden. Die Performancemetriken des besten Modells reichte nicht aus, um für eine sichere Einzeltierklassifikation Teile des Entscheidungsbaumes zu ersetzen.

IX. SUMMARY

Tanja Sonnewald-Daum (2023)

Investigations on a decision tree based procedure of Selective Dry Cow Treatment in Bavarian dairy farms and the Implementation of Selective Dry Cow Treatment in German veterinary practices that do or do not conduct Veterinary Herd Health Management

The German antibiotic resistance strategy (“DART”) has provided a legal basis for minimising the use of antibiotics and since 21st April 2021 Veterinary Herd Health Management (VHHM) has been established by law for the first time as well. Selective Dry Cow Treatment (SDCT) is one way to reduce the use of antibiotics in dairy farming and guidelines for VHHM provide for the controlled minimisation of antibiotic use on farms where VHHM is applied. In addition, there are various recommendations for the implementation of SDCT. These differ in the selection of decision criteria at herd- and cow-level and/or in the different thresholds used.

The aim of this dissertation project was to evaluate the implementation of SDCT and VHHM in German veterinary practices that have a focus on cattle on the one hand. For this research question a survey was used to compare and contrast veterinary practitioners that utilize VHHM in relation to SDCT with those that do not (Paper I). On the other hand, in a follow up study the 4 parameters of a decision tree based procedure for SDCT with no negative impact on udder health, were analyzed for their efficacy in detecting cows for dry cow treatment (DCT, use of intramammary antimicrobials). These were clinical mastitis history (during lactation), somatic cell count of the last 3 milk yield recordings prior dry off (SCC, $\geq 200,000$ cells/ml), culturing of quarter milk samples 10-14 days prior dry off (“deviate from normal” when “Major Pathogens” were detected) and California-Mastitis-Test (CMT, “positive” with grade $> 1/+$) at dry off. Furthermore, this study set out to review if all 4 parameters are needed for accurate decision making and whether culturing can be replaced otherwise, e.g. with information from milk yield recordings (Paper II).

For study I, a survey (n = 600) was distributed to veterinary livestock practitioners at 7 advanced training courses in Germany between July 2019 and January 2020. Participation was voluntary and anonymous. Data analysis was carried out by means of descriptive statistics as well as by linear and logistic regression.

The response rate was 39.3 % (n = 236). 54.2 % (n = 128) of the veterinarians reported that they conduct VHHM. Procedures for SDCT were used on farms overseen by 75.0 % (n = 177) of the vets, of these 100 (56,5 %) vets conduct VHHM whereas 69 (39.0 %) did not. Different decision criteria applied at herd (81.6 %, n = 142) and at individual cow level (97.7 %, n = 172) respectively. Milk yield recordings' SCC, clinical mastitis history, CMT and culturing were used by 96.0 %, 86.3 %, 70.9 % and 68.6 % of the veterinarians who have overseen farms that used procedures for SDCT. A performance review of SDCT was carried out more frequently on farms of veterinarians that practice VHHM (66.0 %, n = 66) than those that do not (41.0 %, n = 28). An increase in the number of farms conducting VHHM was associated with an increase in the proportion of farms using SDCT. An increase of the probability of good udder health was associated with SDCT-farms that also apply VHHM (OR:1.025; p< 0.05). The provision of consultation for problems arising during the dry period (OR:3.639; p< 0.05), the frequency of veterinarians addressing SDCT with farmers (OR:1,595; p< 0,05) and vice versa (OR:1,538; p< 0.05), as well as frequency of consultation for drying off management (OR:1,608; p< 0.05) had an positive impact on the likelihood of SDCT being implemented on a farm and whether this process was ultimately successful.

Within (the follow up) study II records of 18 Bavarian dairy farms with a defined status of udder health from 06/2015 to 08/2017 were considered. Data analysis was carried out by means of descriptive statistics, as well as by binary cost sensitive classification tree and 2 logit-models. The outcomes of the full 4-parameter decision tree were taken as ground truth for the statistical analysis. 848 drying off processes (C_{DO}) of 739 dairy cows were included and have been treated as cross-sectional data. SCC and CMT selected 88.1 %, in combination with clinical mastitis history 95.6 % of the C_{DO} that received DCT (n = 494). Culturing selected 4.4 % (n = 22, infected with Major Pathogens thereof 8x *S.aureus*) of the C_{DO} that received DCT. The average of geometric mean SCC (within 100 d prior DO) for C_{DO} with negative results in culturing was < 100,000 SC/ml, 100-150,000 SC/ml for C_{DO} infected with minor pathogens, and \geq 150,000 SC/ml for C_{DO} infected with major pathogens (without *S.aureus*). Using SCC during lactation (> 200,000 SC/ml) and positive CMT at dry off to select C_{DO} for DCT, as opposed to the decision tree, 37 C_{DO} (4.4 %) would have been treated "incorrectly without" and 43 C_{DO} (5.1 %) "unnecessarily with" DCT. Modifications were identified by binary cost sensitive classification tree that would select 207/436 C_{DO} with no growth or minor pathogens in culturing correctly (no clinical mastitis history

and $SCC < 200.000$ SC/ml .during 3 months prior dry off). Among others these were $SCC < 131.000$ SC/ml within 100 d prior to dry. The best model (binary logistic regression, target value: “antibiotic dry cow treatment”, characteristics: yes/no) for grading C_{DO} for or against DCT (C_{DO} without clinical mastitis history and $SCC < 200,000$ SC/ml [last 3 months prior dry off]) had metrics of $AUC=0.74$, $Accuracy=0.78$, balanced $Accuracy=0.63$, $Sensitivity= 0.92$, $Specificity=0.33$. Multinomial regression calculations showed that an increase in log lactation number led to a decrease in the chance of detecting minor pathogens (factor 0,327 [Minor Pathogen, CMT negative], factor 0,446 [Minor Pathogen, CMT positive]).

According to available data, both VHHM and SDCT are established parts of veterinary practice in bovine care (Paper I). In practice, SDCT is partially conducted within the framework of a controlled procedure including a performance review. The implementation of VHHM has an effect on the number of farms performing SDCT as well as on udder health where VHHM and SDCT are combined on a farm. The range and frequency of consultation by veterinarians have a significant influence on a reduction of use of antibiotics by implementation of SDCT.

In herds with a defined udder health status the parameters SCC, CMT and clinical mastitis history in combination are suitable selection criteria for SDCT (Paper II). When omitting culturing, lower thresholds for SCC should be considered for each farm individually to select C_{DO} for DCT. Nonetheless, the proposed modifications using information from milk yield recording are promising and should be validated with a bigger sample size. The most accurate simplified model could not replace the full decision tree.

X. LITERATURVERZEICHNIS

Aly SS, Okello E, El Ashmawy WR, Williams DR, Anderson RJ, Rossitto P, Tonooka K, Glenn K, Karle B, Lehenbauer TW. Effectiveness of Intramammary Antibiotics, Internal Teat Sealants, or Both at Dry-Off in Dairy Cows: Clinical Mastitis and Culling Outcomes. *Antibiotics (Basel)* 2022; 11

Bachmann J, Helmschrodt C, Richter A, Heuwieser W, Bertulat S. Residue concentration of cefquinome after intramammary dry cow therapy and short dry periods. *J Dairy Sci.* 2018; 101: 7540-7550.

Barkema HW, Schukken YH, Lam TJGM, Beiboer ML, Wilmink H, Benedictus G, Brand A. Incidence of Clinical Mastitis in Dairy Herds Grouped in Three Categories by Bulk Milk Somatic Cell Counts. *J Dairy Sci.* 1998; 81: 411-419.

Barkema HW, Schukken YH, Zadoks RN. Invited Review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *J Dairy Sci.* 2006; 89: 1877-1895.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. RAST - selektives Trockenstellen in der Milchviehhaltung. <https://www.lfl.bayern.de/RAST>; 2015: 30.7.2021.

Belke LW (2009) Untersuchungen zur Wirksamkeit eines internen Zitzenversieglers zur Verhinderung von bakteriellen Neuinfektionen während der Trockenstehperiode nach strenger Vorselektion der Kühe. In: Ambulatorische und Geburtshilfliche Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig, Abteilung Veterinärmedizin des Landesbetriebes des Hessischen Landeslabors, Standort Gießen. Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig. 125

Berry EA, Hillerton JE. The effect of selective dry cow treatment on new intramammary infections. *J Dairy Sci.* 2002; 85: 112-121.

Bertulat S, Fischer-Tenhagen C, Heuwieser W. A survey of drying-off practices on commercial dairy farms in northern Germany and a comparison to science-based recommendations. *Vet Rec Open.* 2015; 2: e000068.

bpt-Fachgruppe Rind. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ Spezieller Teil Rinderbestände. Germany: Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V. 2019: <https://m.tieraerzteverband.de/bpt/berufspolitik/leitlinien/dokumente/bestandsbetreuung/leitlinien-bestandsbetreuung.php?redirectResize=1>. 20.07.2021.

bpt-Fachgruppen Geflügel, Rind und Schwein. Leitlinien für die Durchführung einer „Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ Allgemeiner Teil Germany: Bundesverband Praktizierender Tierärzte e.V. 2019: <https://m.tieraerzteverband.de/bpt/berufspolitik/leitlinien/dokumente/bestandsbetreuung/leitlinien-bestandsbetreuung.php>. 20.07.2021.

Bradley A, Green M. The importance of the nonlactating period in the epidemiology of intramammary infection and strategies for prevention. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 2004; 20: 547-568.

Bradley A, De Vliegher S, Farre M, Jimenez LM, Peters T, de Leemput ES, van Werven T (2018) Pan-European agreement on dry cow therapy. In: *Vet Rec.* 637

Bradley AJ, Breen JE, Payne B, Williams P, Green MJ. The use of a cephalonium containing dry cow therapy and an internal teat sealant, both alone and in combination. *J Dairy Sci.* 2010; 93: 1566-1577.

Bucher B, Bleul U. [The Effect of Selective Dry Cow Treatment on the Udder Health in Swiss Dairy Farms]. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2019; 161: 533-544.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2020) PraeRi- Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie. Eds Hoedemaker M, Grunding N, Campe A, Kreienbrock L, Müller KE, Merle R, Doherr M, Knubben-Schweizer G, Mansfeld R, Metzner M, Feist M, https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/uploads/report/Abschlussbericht_komplett_2020_06_30_korr_2020_10_22.pdf. 108-130

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2018a) Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV). . Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz, https://www.gesetze-im-internet.de/t_hav/T%C3%84HAV.pdf. 11

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2018b) Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV). . Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz, Germany. 11

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2022) Gesetz über den Verkehr mit Tierarzneimitteln und zur Durchführung unionsrechtlicher Vorschriften betreffend Tierarzneimittel (Tierarzneimittelgesetz - TAMG). Bundesministeriums der Justiz sowie Bundesamt für Justiz, <https://www.gesetze-im-internet.de/tamg/TAMG.pdf>

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Wie funktioniert das Konzept zur Antibiotikaminimierung in der Nutztierhaltung? <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierarzneimittel/konzept-antibiotikaminimierung.html>: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2020: 25.08.2023.

Bundesministerium für Gesundheit (2022) DART 2020 Abschlussbericht. Ed Gesundheit Bf, https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/D/DART_2020/BMG_DART_2020_Abschlussbericht_bf.pdf. 7

Bundestierärztekammer (BTK) (2015) Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit

antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln. In: Deutsches Tierärzteblatt. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH&Co.KG, Hannover

Cameron M, Mc Kenna SL, Mac Donald KA, Dohoo IR, Roy JP, Keefe GP. Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Risk of postcalving intramammary infection and clinical mastitis in the subsequent lactation. *J Dairy Sci.* 2014; 97: 270-284.

Cameron M, Keefe GP, Roy JP, Stryhn H, Dohoo IR, Mc Kenna SL. Evaluation of selective dry cow treatment following on-farm culture: Milk yield and somatic cell count in the subsequent lactation. *J Dairy Sci.* 2015; 98: 2427-2436.

Cha E, Bar D, Hertl JA, Tauer LW, Bennett G, González RN, Schukken YH, Welcome FL, Gröhn YT. The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. *J Dairy Sci.* 2011; 94: 4476-4487.

Condas LAZ, De Buck J, Nobrega DB, Carson DA, Roy JP, Keefe GP, DeVries TJ, Middleton JR, Dufour S, Barkema HW. Distribution of non-aureus staphylococci species in udder quarters with low and high somatic cell count, and clinical mastitis. *J Dairy Sci.* 2017; 100: 5613-5627.

De Buck J, Ha V, Naushad S, Nobrega DB, Luby C, Middleton JR, De Vliegher S, Barkema HW. Non-aureus Staphylococci and Bovine Udder Health: Current Understanding and Knowledge Gaps. *Front Vet Sci.* 2021; 8: 658031.

de Jong E, Mc Cubbin KD, Speksnijder D, Dufour S, Middleton JR, Ruegg PL, Lam T, Kelton DF, Mc Dougall S, Godden SM, Lago A, Rajala-Schultz PJ, Orsel K, De Vliegher S, Krömker V, Nobrega DB, Kastelic JP, Barkema HW. Invited review: Selective treatment of clinical mastitis in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2023; 106: 3761-3778.

De Kruif A, Opsomer G. Integrated dairy herd health management as the basis for prevention. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 2004; 73: 44-52.

De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M. Erarbeitung eines betriebsspezifischen Betreuungsprogramms - Der erste Bestandsbesuch im Rahmen des Beutreuungsprogramms. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014: 37.

DLG Ausschuss Milchproduktion und Rinderhaltung (2019) DLG-Merkblatt 400. Eds Reinecke F, Krömker V, Herrmann H-J, Mirbach D. DLG e. V., https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkb laetter/dlg-merkblatt_400_3Aufl.pdf

Dodd FH, Westgarth DR, Neave FK, Kingwill RG. Mastitis--the strategy of control. J Dairy Sci. 1969; 52: 689-695.

Doehring C, Sundrum A. The informative value of an overview on antibiotic consumption, treatment efficacy and cost of clinical mastitis at farm level. Prev Vet Med. 2019; 165: 63-70.

Dufour S, Fréchette A, Barkema HW, Mussell A, Scholl DT. Invited review: effect of udder health management practices on herd somatic cell count. J Dairy Sci. 2011; 94: 563-579.

Duse A, Waller KP, Emanuelson U, Unnerstad HE, Persson Y, Bengtsson B. Farming practices in Sweden related to feeding milk and colostrum from cows treated with antimicrobials to dairy calves. Acta Vet Scand. 2013; 55: 49.

Duse A, Persson Waller K, Emanuelson U, Ericsson Unnerstad HE, Persson Y, Bengtsson B. Risk factors for antimicrobial resistance in fecal Escherichia coli from preweaned dairy calves. J Dairy Sci. 2015; 98: 500-516.

DVG (2012) Leitlinien. Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem, 5. überarbeitete Auflage edn. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Fachgruppe "Milchhygiene", Arbeitsgruppe Sachverständigenausschuss Subklinische Mastitis., Gießen

Ekman T, Østerås O (2003) Mastitis Control and Dry Cow Therapy in the Nordic Countries. Ed INCORPORATED AM-NMC. National Mastitis Council https://www.researchgate.net/publication/238676932_MASTITIS_CONTROL_AND_DRY_COW_THERAPY_IN_THE_NORDIC_COUNTRIES. 13 pages

El Ashmawy WR, Okello E, Williams DR, Anderson RJ, Karle B, Lehenbauer TW, Aly SS. Effectiveness of Intramammary Antibiotics, Internal Teat Sealants, or Both at Dry-Off in Dairy Cows: Milk Production and Somatic Cell Count Outcomes. *Vet Sci.* 2022; 9

Europäische Union (2015) (2015/C 299/04) Leitlinien für die umsichtige Verwendung von antimikrobiellen Mitteln in der Veterinärmedizin. Ed Union E. C 299/222

Ferreira FC, Martinez-Lopez B, Okello E. Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Prev Vet Med.* 2022; 206

Firth CL, Käsbohrer A, Egger-Danner C, Fuchs K, Pinior B, Roch FF, Obritzhauser W. Comparison of Defined Course Doses (DCD(vet)) for Blanket and Selective Antimicrobial Dry Cow Therapy on Conventional and Organic Farms. *Animals.* 2019; 9

Fischer K, Sjöström K, Stiernström A, Emanuelson U. Dairy farmers' perspectives on antibiotic use: A qualitative study. *J Dairy Sci.* 2019; 102: 2724-2737.

Friedrich-Loeffler-Institut. Tiergesundheitsjahresbericht 2020. 2021 J, ed. https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00043398/TGJB_2020_ba.pdf: Friedrich-Loeffler-Institu 2021:

Friewald RM (2010) Bedeutung und Entwicklungsstand der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung (ITB) in milcherzeugenden landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern. LMU München: Tierärztliche Fakultät. 123 S. :

Green M, Huxley J, Madouasse A, Browne W, Medley G, Bradley A, Biggs A, Breen J, Burnell M, Hayton A, Husband J, Reader J, Statham J, Thorne M. Making Good Decisions on Dry Cow Management to Improve Udder Health - Synthesising Evidence in a Bayesian Framework. *Cattle Pract.* 2008; 16: 200-208.

Green MJ, Bradley AJ, Medley GF, Browne WJ. Cow, farm, and management factors during the dry period that determine the rate of clinical mastitis after calving. *J Dairy Sci.* 2007; 90: 3764-3776.

Halasa T, Nielsen M, Whist AC, Østerås O. Meta-analysis of dry cow management for dairy cattle. Part 2. Cure of existing intramammary infections. *J Dairy Sci.* 2009a; 92: 3150-3157.

Halasa T, Østerås O, Hogeveen H, van Werven T, Nielsen M. Meta-analysis of dry cow management for dairy cattle. Part 1. Protection against new intramammary infections. *J Dairy Sci.* 2009b; 92: 3134-3149.

Halasa T, Nielsen M, De Roos AP, Van Hoorne R, de Jong G, Lam TJ, van Werven T, Hogeveen H. Production loss due to new subclinical mastitis in Dutch dairy cows estimated with a test-day model. *J Dairy Sci.* 2009c; 92: 599-606.

Hamel J, Zhang Y, Wente N, Krömker V. Non-S. aureus staphylococci (NAS) in milk samples: Infection or contamination? *Vet Microbiol.* 2020; 242: 108594.

Hansen BG, Østerås O. Farmer welfare and animal welfare- Exploring the relationship between farmer's occupational well-being and stress, farm expansion and animal welfare. *Prev Vet Med.* 2019; 170: 104741.

Hoedemaker M, Mansfeld R, De Kruif A, Heuwieser W. Ergebnisinterpretation und Strategien-Betrachtung einzelner Kontrollbereiche. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014a: 46 ff.

Hoedemaker M, Mansfeld R, De Kruif A. Eutergesundheit und Milchqualität. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014b: 91-96.

Hogeveen H, Huijps K, Lam TJ. Economic aspects of mastitis: new developments. *N Z Vet J* 2011; 59: 16-23.

Hogeveen H, Steeneveld W, Wolf CA. Production Diseases Reduce the Efficiency of Dairy Production: A Review of the Results, Methods, and Approaches Regarding the Economics of Mastitis. *Annual Review of Resource Economics* 2019; 11: 289-312.

Hommels NMC, Ferreira FC, van den Borne BHP, Hogeveen H. Antibiotic use and potential economic impact of implementing selective dry cow therapy in large US dairies. *J Dairy Sci.* 2021; 104: 8931-8946.

Huey S, Kavanagh M, Regan A, Dean M, Mc Kernan C, Mc Coy F, Ryan EG, Caballero-Villalobos J, Mc Aloon CI. Engaging with selective dry cow therapy: understanding the barriers and facilitators perceived by Irish farmers. *Irish Veterinary Journal* 2021; 74: 28.

Huijps K, Hogeveen H. Stochastic modeling to determine the economic effects of blanket, selective, and no dry cow therapy. *J Dairy Sci.* 2007; 90: 1225-1234.

Jaeger S, Virchow F, Torgerson PR, Bischoff M, Biner B, Hartnack S, Rüegg SR. Test

characteristics of milk amyloid A ELISA, somatic cell count, and bacteriological culture for detection of intramammary pathogens that cause subclinical mastitis. *J Dairy Sci* 2017; 100: 7419-7426.

Jones PJ, Marier EA, Tranter RB, Wu G, Watson E, Teale CJ. Factors affecting dairy farmers' attitudes towards antimicrobial medicine usage in cattle in England and Wales. *Prev Vet Med.* 2015; 121: 30-40.

Jung M (2005) Wirksamkeit eines internen Zitzenversieglers zur Prophylaxe intramammärer Infektionen in der Trockenstehphase. In: Tierklinik für Fortpflanzung. Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/5888>

Kabera F, Dufour S, Keefe G, Cameron M, Roy JP. Evaluation of quarter-based selective dry cow therapy using Petrifilm on-farm milk culture: A randomized controlled trial. *J Dairy Sci.* 2020; 103: 7276-7287.

Kabera F, Roy JP, Afifi M, Godden S, Stryhn H, Sanchez J, Dufour S. Comparing Blanket vs. Selective Dry Cow Treatment Approaches for Elimination and Prevention of Intramammary Infections During the Dry Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Vet Sci.* 2021; 8

Keefe G. Update on control of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* for management of mastitis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2012; 28: 203-216.

Kiesner K, Wente N, Volling O, Krömker V. Selection of cows for treatment at dry-off on organic dairy farms. *J Dairy Res.* 2016; 83: 468-475.

Kiesner KR (2017) Konzepte und Entscheidungshilfen zur Verbesserung der Eutergesundheit in der Trockenstehphase von Milchkühen in ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben. Tierärztliche Hochschule Hannover

Klaas IC, Zadoks RN. An update on environmental mastitis: Challenging perceptions.

Transbound Emerg Dis. 2018; 65 Suppl 1: 166-185.

Klawonn W, Hoeller A, Lemcke R, Scheu T, Mengel H, Koch C. Selective dry cow treatment under field conditions - Impact on milk yield and somatic cell count of the dairy herd of the LVAV Neumuhle. Berliner Und Munchener Tierärztliche Wochenschrift 2020; 133: 65-73.

Kok A, van Hoeij RJ, Kemp B, van Knegsel ATM. Evaluation of customized dry-period strategies in dairy cows. J Dairy Sci. 2021; 104: 1887-1899.

Krattley-Roodenburg B, Huybens LJ, Nielen M, van Werven T. Dry period management and new high somatic cell count during the dry period in Dutch dairy herds under selective dry cow therapy. J Dairy Sci. 2021; 104: 6975-6984.

Krinn C (2004) Bedeutung und Entwicklung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung (ITB) in der Rinderpraxis. Statistische Auswertung einer schriftlichen Befragung der Tierärzteschaft der Bundesrepublik Deutschland. In: Gynäkologische und Ambulatorische Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. LMU München: Tierärztliche Fakultät. 145

Krömker V, Grabowski NT, Friedrich J. New infection rate of bovine mammary glands after application of an internal teat seal at dry-off. J Dairy Res 2014; 81: 54-58.

Krömker V, Leimbach S. Mastitis treatment-Reduction in antibiotic usage in dairy cows. Reprod Domest Anim. 2017; 52 Suppl 3: 21-29.

Lam TJGM, van Veersen JCL, Sampimon OC, Olde Riekerink RGM. Eutergesundheitsmonitoring im Milchviehbetrieb. Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2011; 39: 95-100.

Lipkens Z, Piepers S, De Visscher A, De Vlieghe S. Evaluation of test-day milk somatic cell count information to predict intramammary infection with major

pathogens in dairy cattle at drying off. *J Dairy Sci.* 2019; 102: 4309-4321.

Lipkens Z, Piepers S, De Vliegher S. Impact of Selective Dry Cow Therapy on Antimicrobial Consumption, Udder Health, Milk Yield, and Culling Hazard in Commercial Dairy Herds. *Antibiotics* 2023; 12: 901.

Mansfeld R, De Kruif A, Hoedemaker M. Datenverarbeitung und -auswertung. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014a: 307-319.

Mansfeld R, Hoedemaker M, De Kruif A. Grundregeln der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014b: 16-18.

Mansfeld R, Hoedemaker M, De Kruif A. Die Geschichte der Tierärztlichen Bestandsbetreuung. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. Stuttgart: Enke 2014c: 14.

Mansfeld R (2019) persönliche Mitteilung: Entstehung des Begriffs "Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung"

Mansfeld R, Zerbe H (2022) Tierärztliche Bestandsbetreuung unter neuen Bedingungen–Auswirkungen des EU-Animal Health Law. In: 11. Leipziger Tierärztekongress, 7. – 9. Juli 2022. Eds Rackwitz R, Truyen U. LBH: 11. Leipziger Tierärztekongress – Tagungsband 3. 290-292

Mansfeld R (2023) persönliche Mitteilung: Umsetzung der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung unter den aktuell rechtlichen Vorgaben

Mansion-de Vries EM, Knorr N, Paduch JH, Zinke C, Hoedemaker M, Krömker V. A field study evaluation of Petrifilm™ plates as a 24-h rapid diagnostic test for clinical mastitis on a dairy farm. *Prev Vet Med.* 2014; 113: 620-624.

Mc Cubbin KD, de Jong E, Lam T, Kelton DF, Middleton JR, Mc Dougall S, De Vliegher S, Godden S, Rajala-Schultz PJ, Rowe S, Speksnijder DC, Kastelic JP, Barkema HW. Invited review: Selective use of antimicrobials in dairy cattle at drying-off. *J Dairy Sci.* 2022; 105: 7161-7189.

Mc Dougall S, Williamson J, Lacy-Hulbert J. Bacteriological outcomes following random allocation to quarter-level selection based on California Mastitis Test score or cow-level allocation based on somatic cell count for dry cow therapy. *J Dairy Sci.* 2022; 105: 2453-2472.

Mc Parland S, Dillon PG, Flynn J, Ryan N, Arkins S, Kennedy A. Effect of using internal teat sealant with or without antibiotic therapy at dry-off on subsequent somatic cell count and milk production. *J Dairy Sci.* 2019; 102: 4464-4475.

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 (Basel)* 2023; 12

Newton HT, Green MJ, Benchaoui H, Cracknell V, Rowan T, Bradley AJ. Comparison of the efficacy of cloxacillin alone and cloxacillin combined with an internal teat sealant for dry-cow therapy. *Vet Rec.* 2008; 162: 678-684.

Niemi RE, Hovinen M, Rajala-Schultz PJ. Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *J Dairy Sci.* 2022; 105: 1387-1401.

Nitz J, Wente N, Zhang Y, Klocke D, Tho Seeth M, Krömker V. Dry Period or Early Lactation-Time of Onset and Associated Risk Factors for Intramammary Infections in Dairy Cows. *Pathogens* 2021; 10

Oberösterreichischer Tiergesundheitsdienst. Selektives Trockenstellen mit Sinn und Verantwortung. https://www.ooe-tgd.at/Mediendateien/TGDSelektivesTS2020_gro%C3%9F.pdf: 2020:

Orpin P (2017) What can we learn from farmers experiences and attitudes to Selective Dry Cow Therapy? Congress of the British-Cattle-Veterinary-Association (BCVA), Oct. Southport, ENGLAND. 130-139

Østerås O, Edge VL, Martin SW. Determinants of success or failure in the elimination of major mastitis pathogens in selective dry cow therapy. *J Dairy Sci.* 1999; 82: 1221-1231.

Østerås O, Whist AC, Solverød L. Risk factors for isolation of *Staphylococcus aureus* or *Streptococcus dysgalactiae* from milk culture obtained approximately 6 days post calving. *J Dairy Res.* 2008; 75: 98-106.

Østerås O, Sølverød L. Norwegian mastitis control programme. *Ir Vet J.* 2009; 62 Suppl 4: S26-33.

Patel K, Godden M, Royster E, Dvm J, Timmerman, Crooker B, Mc Donald N. Pilot study: Impact of using a culture-guided selective dry cow therapy program targeting quarter-level treatment on udder health and antibiotic use. <https://journals.tdl.org/bovine/index.php/bovine/article/download/138/121>: 2017; 06/19:

Pereira RV, Siler JD, Bicalho RC, Warnick LD. Multiresidue screening of milk withheld for sale at dairy farms in central New York State. *J Dairy Sci.* 2014; 97: 1513-1519.

Piepers S, De Meulemeester L, de Kruif A, Opsomer G, Barkema HW, De Vliegher S. Prevalence and distribution of mastitis pathogens in subclinically infected dairy cows in Flanders, Belgium. *J Dairy Res.* 2007; 74: 478-483.

Preine F, Krömker V. Associations between udder health, udder health management and antimicrobial consumption: Insights into the mechanisms influencing antibiotic usage in German dairy farms. *Milk Science International* 2022; 75: 7-15.

Rajala-Schultz PJ, Torres AH, Degraives FJ. Milk yield and somatic cell count during the following lactation after selective treatment of cows at dry-off. *J Dairy Res.* 2011; 78: 489-499.

Reksen O, Solverod L, Østerås O. Relationships between milk culture results and composite milk somatic cell counts in Norwegian dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2008; 91: 3102-3113.

Ries J, Jensen KC, Müller KE, Thöne-Reineke C, Merle R. Benefits of Veterinary Herd Health Management on German Dairy Farms: Status Quo and Farmers' Perspective. *Front Vet Sci.* 2021; 8: 773779.

Ries J, Jensen KC, Müller KE, Thöne-Reineke C, Merle R. Impact of Veterinary Herd Health Management on German Dairy Farms: Effect of Participation on Farm Performance. *Front Vet Sci.* 2022; 9: 841405.

Rindsig RB, Rodewald RG, Smith AR, Spahr SL. Complete versus selective dry cow therapy for mastitis control. *J Dairy Sci.* 1978; 61: 1483-1497.

Robert A, Bareille N, Roussel P, Poutrel B, Heuchel V, Seegers H. Interdependence of udder quarters for new intramammary infection during the dry period in cows submitted to selective antibiotic therapy. *J Dairy Res.* 2006; 73: 345-352.

Robert A, Roussel P, Bareille N, Ribaud D, Serieys F, Heuchel V, Seegers H. Risk factors for new intramammary infections during the dry period in untreated dairy cows

from herds using selective dry cow therapy. *Animal*. 2008; 2: 247-254.

Rowe S, Kabera F, Dufour S, Godden S, Roy JP, Nydam D. Selective dry-cow therapy can be implemented successfully in cows of all milk production levels. *J Dairy Sci*. 2023; 106: 1953-1967.

Rowe SM, Godden SM, Nydam DV, Gorden PJ, Lago A, Vasquez AK, Royster E, Timmerman J, Thomas MJ. Randomized controlled trial investigating the effect of 2 selective dry-cow therapy protocols on udder health and performance in the subsequent lactation. *J Dairy Sci*. 2020a; 103: 6493-6503.

Rowe SM, Godden SM, Nydam DV, Gorden PJ, Lago A, Vasquez AK, Royster E, Timmerman J, Thomas MJ. Randomized controlled non-inferiority trial investigating the effect of 2 selective dry-cow therapy protocols on antibiotic use at dry-off and dry period intramammary infection dynamics. *J Dairy Sci*. 2020b; 103: 6473-6492.

Rowe SM, Vasquez AK, Godden SM, Nydam DV, Royster E, Timmerman J, Boyle M. Evaluation of 4 predictive algorithms for intramammary infection status in late-lactation cows. *J Dairy Sci* 2021; 104: 11035-11046.

Sampimon OC, Barkema HW, Berends IM, Sol J, Lam TJ. Prevalence and herd-level risk factors for intramammary infection with coagulase-negative staphylococci in Dutch dairy herds. *Vet Microbiol*. 2009; 134: 37-44.

Scherpenzeel CGM, den Uijl IEM, van Schaik G, Olde Riekerink RGM, Keurentjes JM, Lam TJGM. Evaluation of the use of dry cow antibiotics in low somatic cell count cows. *J Dairy Sci*. 2014; 97: 3606-3614.

Scherpenzeel CGM, den Uijl IEM, van Schaik G, Riekerink RGMO, Hogeveen H, Lam TJGM. Effect of different scenarios for selective dry-cow therapy on udder health, antimicrobial usage, and economics. *J Dairy Sci.* 2016; 99: 3753-3764.

Scherpenzeel CGM, Hogeveen H, Maas L, Lam T. Economic optimization of selective dry cow treatment. *J Dairy Sci.* 2018a; 101: 1530-1539.

Scherpenzeel CGM, Santman-Berends I, Lam T. Veterinarians' attitudes toward antimicrobial use and selective dry cow treatment in the Netherlands. *J Dairy Sci.* 2018b; 101: 6336-6345.

Schmon KS (2019) Untersuchungen zur Implementierung eines kontrollierten Verfahrens zum Selektiven Trockenstellen in bayerischen Milchviehbetrieben. LMU München: Tierärztliche Fakultät

Schukken YH, Leslie KE, Weersink AJ, Martin SW. Ontario Bulk Milk Somatic Cell Count Reduction Program. 2. Dynamics of Bulk Milk Somatic Cell Counts. *J Dairy Sci* 1992; 75: 3359-3366.

Schukken YH, Wilson DJ, Welcome F, Garrison-Tikofsky L, Gonzalez RN. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Vet Res* 2003; 34: 579-596.

Schukken YH, González RN, Tikofsky LL, Schulte HF, Santisteban CG, Welcome FL, Bennett GJ, Zurakowski MJ, Zadoks RN. CNS mastitis: nothing to worry about? *Vet Microbiol.* 2009; 134: 9-14.

Tho Seeth M (2016) Selektives Trockenstellen von Milchkühen als Alternative zum pauschalen Einsatz von antibiotischen Trockenstellpräparaten. Tierärztliche Hochschule, Hannover

Tho Seeth M, Wente N, Paduch JH, Klocke D, Vries EMD, Hoedemaker M, Kromker V. Different selective dry cow therapy concepts compared to blanket antibiotic dry cow treatment. *Tierarztl Prax Ausg G* 2017; 45: 343-349.

Sigmund M, Egger-Danner C, Firth CL, Obritzhauser W, Roch FF, Conrady B, Wittek T. The effect of antibiotic versus no treatment at dry-off on udder health and milk yield in subsequent lactation: A retrospective analysis of Austrian health recording data from dairy herds. *J Dairy Sci.* 2023; 106: 452-461.

Speksnijder DC, Jaarsma DAC, Verheij TJM, Wagenaar JA. Attitudes and perceptions of Dutch veterinarians on their role in the reduction of antimicrobial use in farm animals. *Prev Vet Med.* 2015; 121: 365-373.

Speksnijder DC, Graveland H, Eijck I, Schepers RWM, Heederik DJJ, Verheij TJM, Wagenaar JA. Effect of structural animal health planning on antimicrobial use and animal health variables in conventional dairy farming in the Netherlands. *J Dairy Sci.* 2017; 100: 4903-4913.

Spohr M. Kühe ohne Langzeitantibiotika trocken stellen – ist das gefahrlos möglich? https://wgmev.de/kuehe-ohne-langzeitantibiotika-trocken-stellen-ist-das-gefahrlos-moeglich/?option=com_edocman&view=document&id=250: Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V. 2014:

Stevens M, Piepers S, De Vlieghe S. The effect of mastitis management input and implementation of mastitis management on udder health, milk quality, and antimicrobial consumption in dairy herds. *J Dairy Sci.* 2019; 102: 2401-2415.

Stockmann A (2021) Das Tiergesundheitsrecht in der Europäischen Union. Teil 1: Überblick. In: *Deutsches Tierärzteblatt*. Deutscher Ärzteverlag GmbH, Köln. 544-551

Supré K, Haesebrouck F, Zadoks RN, Vaneechoutte M, Piepers S, De Vliegher S. Some coagulase-negative Staphylococcus species affect udder health more than others. J Dairy Sci 2011; 94: 2329-2340.

Swinkels JM, Leach KA, Breen JE, Payne B, White V, Green MJ, Bradley AJ. Randomized controlled field trial comparing quarter and cow level selective dry cow treatment using the California Mastitis Test. J Dairy Sci. 2021; 104: 9063-9081.

Task Force Bestandsbetreuung (2021) Arbeitsblatt Eutergesundheit ITB, 27.10.2021 edn. Eds Mansfeld R, Martin R, Zeiler E, Schmausser M, Plattner S, Zerbe H, Pernpeintner E, Fath A, Moder S. Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU München, bpt Fachgruppe Rind, Hochschule Weihenstephan Triesdorf, PRO GESUND, LKV Bayern, <https://www.wdk.vetmed.uni-muenchen.de/klinik/taskforce/arbeitsblaetter/eutergesundheit.pdf>

Tetens JL, Billerbeck S, Schwenker JA, Hölzel CS. Short communication: Selection of extended-spectrum β -lactamase-producing Escherichia coli in dairy calves associated with antibiotic dry cow therapy-A cohort study. J Dairy Sci. 2019; 102: 11449-11452.

Tijs SHW, Holstege MMC, Scherpenzeel CGM, Santman-Berends I, Velthuis AGJ, Lam T. Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. J Dairy Sci. 2022; 105: 5381-5392.

Timms L (2004) Field trial evaluations of a novel persistent barrier teat dip for preventing mastitis during the dry period and as a potential substitute for dry cow antibiotic therapy, https://www.researchgate.net/publication/254610695_Field_trial_evaluations_of_a_novel_persistent_barrier_teat_dip_for_preventing_mastitis_during_the_dry_period_and_as_a_potential_substitute_for_dry_cow_antibiotic_therapy

Torres AH, Rajala-Schultz PJ, Degraives FJ, Hoblet KH. Using dairy herd improvement records and clinical mastitis history to identify subclinical mastitis infections at dry-off. J Dairy Res. 2008; 75: 240-247.

Valckenier D, Piepers S, De Visscher A, De Vliegher S. The effect of intramammary infection in early lactation with non-aureus staphylococci in general and *Staphylococcus chromogenes* specifically on quarter milk somatic cell count and quarter milk yield. *J Dairy Sci.* 2020; 103: 768-782.

Vanderhaeghen W, Piepers S, Leroy F, Van Coillie E, Haesebrouck F, De Vliegher S. Identification, typing, ecology and epidemiology of coagulase negative staphylococci associated with ruminants. *Vet J.* 2015; 203: 44-51.

Vasquez AK, Nydam DV, Foditsch C, Wieland M, Lynch R, Eicker S, Virkler PD. Use of a culture-independent on-farm algorithm to guide the use of selective dry-cow antibiotic therapy. *J Dairy Sci.* 2018; 101: 5345-5361.

VO (EU) 2016/429 (2016) VERORDNUNG (EU) 2016/429 zu Tierseuchen und zur Änderung und Aufhebung einiger Rechtsakte im Bereich der Tiergesundheit („Tiergesundheitsrecht“). Ed Union DEPudRdE

VO (EU) 2019/6 (2018) über Tierarzneimittel und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/82/EG. Ed Union DEPudRdE

Vogt J (2020) Umfrage zum aktuellen und zukünftigen Tätigkeitsfeld von Tierärzten auf Milchviehbetrieben. In: Institut für Biometrie/Epidemiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin. Freie Universität Berlin 111

Weber J, Borchardt S, Seidel J, Schreiter R, Wehrle F, Donat K, Freick M. Effects of Selective Dry Cow Treatment on Intramammary Infection Risk after Calving, Cure Risk during the Dry Period, and Antibiotic Use at Drying-Off: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Literature (2000-2021). *Animals*. 2021; 11

Wiederkäuerklinik der Universität Bern. Umsetzungsempfehlung – Selektives Trockenstellen.

https://www.wiederkaeuerklinik.unibe.ch/e18951/e63082/e441604/e441607/MB_Selektives_Trockenstellen-2017-07-20_VetsuisseBE_ger.pdf: 2017:

Winder CB, Sargeant JM, Kelton DF, Leblanc SJ, Duffield TF, Glanville J, Wood H, Churchill KJ, Dunn J, Bergevin MD, Dawkins K, Meadows S, O'Connor AM. Comparative efficacy of blanket versus selective dry-cow therapy: a systematic review and pairwise meta-analysis. *Anim Health Res Rev*. 2019; 20: 217-228.

Winter P, Zehle H-H (2009) Praktischer Leitfaden Mastitis : Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand. Parey, Stuttgart. 254

Zoche V, Heuwieser W, Krömker V. Risikoorientiertes Monitoring der Eutergesundheit. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2011; 39: 88-94.

XI. ANHANG

TA Tanja Sonnewald-Daum
Ludwig-Maximilians-Universität München
Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung
Univ.-Prof. Dr.med.vet.habil. R. Mansfeld
Sonnenstr. 16
85764 Oberschleißheim

Fragebogen

zum aktuellen Stand der „Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ („ITB“) und des „Selektiven Trockenstellens“ in Deutschland

München, 28. Juni 2019

Sehr geehrte Frau Kollegin
sehr geehrter Herr Kollege,

im Rahmen meiner Dissertation wird eine schriftliche Befragung unter der im Nutztierbereich Rind tätigen Tierärzteschaft durchgeführt.

Ziel dieser Erhebung ist es, aktuelle Informationen von in Deutschland tätigen TierärztInnen über Entwicklung und Durchführung der „Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ („ITB“) sowie Etablierung des „Selektiven Trockenstellens“ im Praxisalltag zu ermitteln, und diese mit früheren Erhebungen in Deutschland und in anderen Ländern zu vergleichen. Dieses Projekt wird von der Firma MSD Tiergesundheit unterstützt.

Bitte beantworten Sie möglichst alle Fragen, auch wenn Sie keine „ITB“ oder „Selektives Trockenstellen“ durchführen oder dem ablehnend gegenüberstehen.

Ihre Meinung und Mitarbeit ist für das Gelingen dieser Untersuchung außerordentlich wichtig!

Dauer: Sie benötigen **ca. 15 Minuten** zum Ausfüllen des Fragebogens.

Datenschutz: Alle Angaben in diesem Fragebogen erfolgen **anonym!** Sie werden selbstverständlich **vertraulich** behandelt, ausschließlich für meine Dissertation verwendet und nach der statistischen Erfassung und Aufarbeitung der Daten unwiederbringlich vernichtet.

Die Ergebnisse werden so veröffentlicht, dass ein Rückschluss auf Einzelpersonen nicht möglich ist.

Rückgabe: Bitte geben Sie den ausgefüllten Fragebogen einmal gefaltet zurück. Die abgegebenen Fragebögen werden in einer versiegelten Box aufbewahrt. Diese wird erst von mir zur Auswertung der Fragebögen in der Klinik wieder geöffnet.

Herzlichen Dank für Ihre Zeit und Mühe und für Ihren wertvollen Beitrag zum Gelingen dieser Untersuchung!

Mit freundlichen Grüßen

TA T. Sonnewald-Daum

Univ.-Prof. Dr. R. Mansfeld

Fragen zum aktuellen Stand der „ITB“ in Deutschland

Definition der „ITB“:

„Die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung („ITB“) bezeichnet eine kontinuierliche, systematische Tätigkeit des Tierarztes mit den Zielen, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere, die wirtschaftliche Situation des Betriebes, die Qualität der tierischen Produkte und letztendlich die Berufszufriedenheit des Betriebspersonals zu steigern.

Dabei werden die spezifischen Bedingungen des Betriebes sowie die gegenseitigen Abhängigkeiten verschiedener Betriebszweige berücksichtigt.“

(aus: de Kruif, Aart / Mansfeld, Rolf / Hoedemaker, Martina (Hrsg.) – Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind, 2014, 3. überarbeitete Auflage, S.14)

Wir möchten Sie bitten, die Fragen sowie Ihre Angaben **auf die Praxis in der Sie tätig sind** und auf die hier aufgeführte **Definition der „ITB“ zu beziehen**, damit es nicht zu Missverständnissen bei der Interpretation des Begriffes kommt.

1. Sie arbeiten in einer

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Einzelpraxis | <input type="radio"/> Mit _____ [Anzahl] Mitarbeiter*innen
davon _____ [Anzahl] Assistenten*innen |
| | <input type="radio"/> Ohne Assistenten*innen |
| <input type="radio"/> Gemeinschaftspraxis | <input type="radio"/> Mit _____ [Anzahl] Mitarbeiter*innen
davon _____ [Anzahl] Assistenten*innen |
| | <input type="radio"/> Ohne Assistenten*innen |
| <input type="radio"/> Gruppenpraxis | <input type="radio"/> Mit _____ [Anzahl] Mitarbeiter*innen
davon _____ [Anzahl] Assistenten*innen |
| | <input type="radio"/> Ohne Assistenten*innen |
| <input type="radio"/> Hochschule | |
| <input type="radio"/> sonstiges: | _____ |

2. In welchem Bundesland befindet sich Ihre Praxis bzw. die Einrichtung, in der Sie tätig sind?

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Baden-Württemberg | <input type="radio"/> Niedersachsen |
| <input type="radio"/> Bayern | <input type="radio"/> Nordrhein-Westfalen |
| <input type="radio"/> Berlin | <input type="radio"/> Rheinland-Pfalz |
| <input type="radio"/> Brandenburg | <input type="radio"/> Saarland |
| <input type="radio"/> Bremen | <input type="radio"/> Sachsen |
| <input type="radio"/> Hamburg | <input type="radio"/> Sachsen-Anhalt |
| <input type="radio"/> Hessen | <input type="radio"/> Schleswig-Holstein |
| <input type="radio"/> Mecklenburg-Vorpommern | <input type="radio"/> Thüringen |

3. Welche Tierart(en) werden von Ihnen behandelt?

[Bitte geben Sie den jeweiligen Anteil an Patienten geschätzt in % Zeit pro Arbeitstag an]

- | | |
|--|---------|
| <input type="radio"/> Milchkühe + Nachzucht | _____ % |
| <input type="radio"/> Mutterkühe + Nachzucht | _____ % |
| <input type="radio"/> Rinder (Mast) | _____ % |
| <input type="radio"/> Schweine | _____ % |
| <input type="radio"/> kleine Wiederkäuer | _____ % |
| <input type="radio"/> Geflügel | _____ % |
| <input type="radio"/> Pferde | _____ % |
| <input type="radio"/> Kleintiere | _____ % |
| <input type="radio"/> sonstiges: _____ | _____ % |

4. Wie viele Milchviehbetriebe betreuen Sie?

_____ [Anzahl Betriebe] keine

4.1. Wie sind die Bestandsgrößen der von Ihnen betreuten Milchviehbetriebe?
[Bitte geben Sie die Anzahl der Betriebe an. Mehrfachnennungen möglich]

- _____ < 30 Kühe
- _____ 31 – 60 Kühe
- _____ 61 – 100 Kühe
- _____ 101 – 200 Kühe
- _____ 201 – 500 Kühe
- _____ > 501 Kühe

5. Führen Sie eine „Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung“ („ITB“) in Rinderhaltenden Betrieben durch?

- ja
- nein → weiter auf Seite 6, „Selektives Trockenstellen“
- Sonstiges: _____

5.1. Wenn ja, in wie vielen Milchviehbetrieben führen Sie eine „ITB“ durch?

_____ [Anzahl Betriebe] keine

5.2. Wie sind die Bestandsgrößen in den von Ihnen betreuten Milchviehbetrieben mit „ITB“?
[Bitte geben Sie die Anzahl der Betriebe an. Mehrfachnennungen möglich]

- _____ < 30 Kühe
- _____ 31 – 60 Kühe
- _____ 61 – 100 Kühe
- _____ 101 – 200 Kühe
- _____ 201 – 500 Kühe
- _____ > 501 Kühe

6. Welche Bereiche betreuen Sie in den Milchviehbetrieben mit „ITB“?
[Mehrfachnennungen möglich]

	sehr oft	oft	gelegentlich	selten	sehr selten	nie
Fruchtbarkeit / Reproduktionsmanagement	<input type="radio"/>					
Eutergesundheit	<input type="radio"/>					
Klauengesundheit	<input type="radio"/>					
Fütterungsberatung / Stoffwechsel	<input type="radio"/>					
Kälber- und Jungtieraufzucht	<input type="radio"/>					
Metaphylaxe / Management von Parasitosen	<input type="radio"/>					
Prophylaxe von Infektionskrankheiten	<input type="radio"/>					
Haltung / Stallbauberatung	<input type="radio"/>					
betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte	<input type="radio"/>					
sonstiges: _____	<input type="radio"/>					
_____	<input type="radio"/>					

7. Wie häufig werten Sie die Ergebnisse Ihrer Betreuungstätigkeit aus und besprechen diese mit dem Landwirt?
[Mehrfachnennungen möglich]

Ihre Auswertung:

- monatlich
- alle zwei Monate
- vierteljährlich
- halbjährlich
- jährlich
- sonstiges: _____

Besprechung mit dem Landwirt:

- monatlich
- alle zwei Monate
- vierteljährlich
- halbjährlich
- jährlich
- sonstiges: _____

Fragen zum aktuellen Stand des „Selektiven Trockenstellens“ in Deutschland

Selektives Trockenstellen:

Beim Konzept des „Selektiven Trockenstellens“ wird tierindividuell und anhand mehrerer Kriterien entschieden, ob eine antibiotische Trockenstellbehandlung erforderlich ist, oder auf eine Anwendung von Antibiotika verzichtet werden kann.

1. Nehmen Sie auf das Trockenstellmanagement Ihrer Betriebe Einfluss?

- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie

2. Ihre Aufgaben rund um das Trockenstellen in einem Betrieb umfassen:

[Mehrfachnennungen möglich]

- Beratung zum Trockenstellmanagement
- Festlegung eines betriebsspezifischen Trockenstellprotokolls (Standard Operating Procedure (SOP))
- Interpretation und Beurteilung mikrobiologischer Befunde
- Auswahl eines entsprechenden Präparates zum Trockenstellen
- Beratung bei gehäuften Problemen in der Trockenstehzeit
- Therapie von Krankheitsfällen
- sonstiges: _____

3. Wer entscheidet, welches antibiotische Trockenstellpräparat angewendet wird?

[Mehrfachnennungen möglich]

- Betriebsleiter
- Stallpersonal
- Sie/Tierarzt
- Laborpersonal (wenn eine mikrobiologische Untersuchung durchgeführt wurde)
- sonstiges: _____

4. Wird von Ihren Kunden eine Beratung zum Trockenstellmanagement angefordert?
- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie
5. Bieten Sie Ihren Kunden Beratung zum Trockenstellmanagement an?
- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie
6. Werden Sie von Ihren Kunden auf Selektives Trockenstellen angesprochen?
- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie
7. Sprechen Sie Ihre Kunden auf Selektives Trockenstellen an?
- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie
8. In welchem Rahmen bieten Sie Beratung an?
[Mehrfachnennungen möglich]
- geplant, aus aktuellem Anlass
- geplant, während Routinebesuch
- nebenbei, wenn Sie im Betrieb sind
- keine
- sonstiges: _____
9. Sprechen die Landwirte mit Ihnen über Konzepte oder Fördermaßnahmen von Seiten der Molkereien?
- ja nein
10. Spielt der interne Zitzenversiegler in Ihrem Trockenstellkonzept eine Rolle?
- sehr oft oft gelegentlich selten sehr selten nie

11. Wo werden gezogene Milchproben untersucht?

[Mehrfachnennungen möglich]

- praxiseigenes Labor
- Fremdlabor
- keine Milchprobenuntersuchung
- sonstiges: _____

11.1 Wenn Milchproben im praxiseigenen Labor untersucht werden, wie wird mit diesen verfahren?

[Mehrfachnennungen möglich]

- Anzucht (Kultur)
 - Erregertypisierung
 - Koloniemorphologie/makroskopische Beurteilung
 - Gram-Färbung/mikroskopische Beurteilung
 - Schnelltests
 - Erregerisolierung/Anlegen Subkultur
 - sonstiges: _____
 - Keimidentifizierung
 - biochemisch (z.B. Koagulase-Test)
 - serologisch (z.B. Lancefield-Klassifizierung)
 - molekularbiologisch (z.B. PCR)
 - sonstiges: _____
 - Antibiogramm
 - Agardiffusionstest („Plättchentest“)
 - Bouillon-Mikrodilutionstest
 - E-Test
 - sonstiges: _____
 - sonstiges: _____
- _____

11.2. Nach wie vielen Tagen erhalten Sie i.d.R. das Untersuchungsergebnis, wenn eine Resistenzbestimmung durchgeführt wurde?

- 1 Tag
- 2 Tage
- 3 Tage
- 4 – 5 Tage
- 6 – 10 Tage

12. Was sind Ihrer Meinung nach Gründe für die Umsetzung/Einführung des Selektiven Trockenstellens?

	Trifft voll und ganz zu	Trifft ziemlich zu	Trifft teilweise zu	Trifft wenig zu	Trifft überhaupt nicht zu
Einsparung von Antibiotika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gezielter Medikamenteneinsatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
verbesserter Überblick über die Eutergesundheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
weniger Sperrmilch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hemmstofffreie Milch für die Kälberfütterung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intensivierung der Beratung auf einem Betrieb	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gezielteres Eingreifen bei subklinischen und klinischen Mastitiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
besserer Überblick über den Erregerstatus im Betrieb	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Molkereiprämie, z.B. 1 ct / kg Milch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sonstiges: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Wird das Verfahren des Selektiven Trockenstellens in von Ihnen betreuten Betrieben durchgeführt?
[Mehrfachnennungen möglich]

ja nein soll eingeführt werden weiß nicht

13.1. Wenn ja, in wie vielen Betrieben wird das Verfahren durchgeführt?

_____ [Anzahl Betriebe] keine

13.2. Wie viele dieser Betriebe haben ebenfalls eine „ITB“?

_____ [Anzahl Betriebe] keine

14. Wie sind Ihrer Erfahrung nach die Bestandsgrößen der Betriebe, die Selektiv Trockenstellen?
[Mehrfachnennungen möglich]

	sehr oft	oft	gelegentlich	selten	sehr selten	nie	weiß nicht
< 30 Kühe	<input type="radio"/>						
31 – 60 Kühe	<input type="radio"/>						
61 – 100 Kühe	<input type="radio"/>						
101 – 200 Kühe	<input type="radio"/>						
201 – 500 Kühe	<input type="radio"/>						
> 500 Kühe	<input type="radio"/>						

15. Wie wird in den Betrieben, die Selektiv Trockenstellen, trockengestellt?

[Mehrfachnennungen möglich]

- auf Euterebene (jedes Viertel wird gleichbehandelt)
- Viertelindividuell (nur Viertel mit einem Befund, z.B. erhöhte Zellzahlen oder Erregernachweis, werden behandelt)
- weiß nicht

16. Wenn das Selektive Trockenstellen durchgeführt wird oder durchgeführt werden soll, gibt es Kriterien auf Herdenebene, die Sie für eine Eignung des Betriebes heranziehen?

- ja
- nein
- weiß nicht

16.1. Wenn ja, welche Kriterien betrachten Sie auf Herdenebene für eine Eignung des Betriebes?

[Mehrfachnennungen möglich]

- mikrobiologisches Screening (Viertelanfangsgemelk aller laktierenden Kühe)
- Leitkeimbestimmung*
- theoretische Herdensammelmilchzellzahl/Daten der Milchleistungsprüfung
- Tankmilchzellzahl
- regelmäßige mikrobiologische Untersuchung von Milchproben (z.B. von jeder Kuh vor dem Trockenstellen)
- DLQ- Kennzahlen („Neuinfektionsrate“, „Heilungsrate“)
- Mastitisfälle
- Bereitschaft Betriebsleiter
- Herdenmanagement
- Hygiene auf dem Betrieb
- sonstiges: _____

**: Regelmäßige mikrobiologische Untersuchung von Viertelgemelksproben von Kühen mit erhöhten Zellgehalten (>200.000 Zellen/ml Milch; 10% des Bestandes aber mind. 10 Kühe). Mikrobiologische Untersuchung von Viertelgemelksproben aller Kühe mit klinischer Mastitis.*

17. Wenn das Selektive Trockenstellen durchgeführt wird oder durchgeführt werden soll, gibt es Kriterien auf Einzeltierebene, die Sie für die Entscheidung der Trockenstellbehandlung heranziehen?

- ja
- nein
- weiß nicht

17.1. Wenn ja, welche Kriterien betrachten Sie auf Einzeltierebene für die Entscheidung der Trockenstellbehandlung?
[Mehrfachnennungen möglich]

- Mastitishistorie aus der vorangegangenen Laktation
- Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung (MLP)
 - letzte MLP vor dem Trockenstellen
 - die letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen
 - gesamte Laktation
 - sonstiges: _____
- California-Mastitis-Test / Schalmtest
 - am Tag des Trockenstellens
 - anderer Zeitpunkt: _____
- mikrobiologische Untersuchung von Milchproben
- on-farm Tests (z.B. 3M™ Petrifilm™ Platten, Q-Check/ Mastdecide, The Minnesota Easy® Culture System II)
- sonstiges: _____

18. Erfolgt auf den Betrieben, die Selektiv Trockenstellen, eine Erfolgskontrolle?

- ja nein weiß nicht

18.1. Wenn ja, welche Kriterien werden hierfür herangezogen?
[Mehrfachnennungen möglich]

- Auswertung von Mastitisfällen während der Trockenstehphase
- Auswertung von Mastitisfällen in der Frühlaktation
- Daten aus der Milchleistungsprüfung
- DLQ- Kennzahlen („Neuinfektionsrate“, „Heilungsrate“)
- California-Mastitis-Test / Schalmtest
- mikrobiologische Untersuchung von Milchproben
- sonstiges: _____
- _____

19. Was sind Ihrer Meinung nach kritische Punkte beim Selektiven Trockenstellen?

	Trifft voll und ganz zu	Trifft ziemlich zu	Trifft teilweise zu	Trifft wenig zu	Trifft überhaupt nicht zu
Einzeltierentscheidung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
zusätzlicher Arbeitsaufwand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Risiko für die Eutergesundheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Milchleistung zum Trockenstellzeitpunkt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
auffällige Tiere müssen sicher erkannt werden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
zusätzliche Kosten, z.B. durch die mikrobiologische Untersuchung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kurzfristigkeit der Behandlungsentscheidung (am Tag des Trockenstellens)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuerordnung von vorhandenen Restmengen bzw. Ausstellung „0-Abgabebeleg“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Notwendigkeit eines gewissenhaften Managements	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sonstiges: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Ändert sich Ihrer Erfahrung nach die Eutergesundheit in Betrieben, die Selektiv Trockenstellen?

- ja
 nein
 weiß nicht

20.1. Wenn ja, inwieweit ändert sich die Eutergesundheit?
[Mehrfachnennungen möglich]

- wird besser
 wird schlechter
 weiß nicht
- in _____ [%] der Betriebe

 in _____ [%] der Betriebe

21. Welche unterstützenden Maßnahmen wünschen Sie sich zum Selektiven Trockenstellen?
[Mehrfachnennungen möglich]

- Fortbildungen
- digitale Hilfsmittel (z.B. Integrierung in Herdenmanagementprogrammen, usw.)
- einen Leitfaden bzw. Standardempfehlungen
- keine
- sonstiges: _____
- _____

22. Was halten Sie, im Zusammenhang mit der „Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung“ oder dem „Selektiven Trockenstellen“, noch für wichtig?

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

XII. DANKSAGUNG

Ein herzlicher Dank an meine Familie, insbesondere an meine Eltern, die mich bei meinem Promotionsvorhaben stets unterstützt und ermutigt haben.

Ebenso an meine Freunde, die mir in der Freizeit geholfen haben wieder Kraft zu schöpfen und die mich in schwierigen Phasen wieder aufgemuntert und abgelenkt haben.

Ein herzliches Dankeschön an alle, die mir während der Schaffensphase dieser Arbeit mit Ihrer Expertise zur Seite gestanden haben, um auftretende Probleme zu lösen! An Herrn Thalhammer und seinen Kollegen von der Abteilung für EvaSys an der LMU, die Mitarbeiter des StaBLab und an Herrn Tristan Downs für seine englischen Korrekturen der Publikation I!

Ebenfalls ein herzliches Dankeschön an die tiermedizinischen Kollegen, die mir beim Pretest des Fragebogens Feedback gegeben haben, und die sich die Zeit zum Korrekturlesen genommen haben!

Ein Herzlicher Dank an Fabian Obster, der mir über seine Anstellung am StaBLab hinaus bei der statistischen Auswertung für die Publikation I zur Seite gestanden hat! Die Zusammenarbeit hat sehr viel Spaß gemacht! Danke dir!

Auch an die motivierten Studenten des Instituts für Statistik der LMU ein herzliches Dankeschön! Die Zusammenarbeit im Rahmen eurer Schwerpunktprojekte hat Spaß gemacht und war sehr aufschlussreich! Im Einzelnen an die Studenten des 3. Semesters des Statistik und Data Science Studienganges der LMU: Cosima Fröhner, Eugen Gorich, Sophie Hopp und Omaima Mossadeq. Im Einzelnen an die Studenten des 5. Semesters des Statistik und Data Science Studienganges der LMU: Carla Fuchs, Laetitia Frost, Tim Pauly und Bianca Zettler.

Ebenfalls ein herzliches Dankeschön an André Klima, der mit seiner Expertise wertvolle Denkanstöße für diese Arbeit gegeben und die Arbeiten der Studenten angeleitet hat.

Bei meinem Doktorvater möchte ich mich für seine Menschlichkeit und Geduld, die Korrekturen, Anmerkungen und die Zeit, die er sich für unsere Besprechungstermine stets genommen hat, ganz besonders herzlich bedanken! Die Besprechungen - am Anfang noch live, im Laufe der Zeit dann via Zoom - waren stets sehr locker und ange-

nehm, egal welche Themen wir zu besprechen hatten. Herzlichen Dank!

Zum Schluss ein ganz großes Dankeschön an meinen Mann, der mir den Rücken freigehalten hat, und mich in den schwierigen Zeiten immer wieder aufgebaut und ermutigt hat! Deine Unterstützung war wahnsinnig wertvoll und hat mir geholfen durchzuhalten!

Danke!