



RINDERZUCHT **AUSTRIA**

ZAR – ZENTRALE ARBEITSGEMEINSCHAFT ÖSTERREICHISCHER RINDERZÜCHTER

ZAR-SEMINAR 2021

Strategien zur Stoffwechsel stabilen Milchkuh

frühzeitig erkennen und nachhaltig verbessern



Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der ReferentInnen	3
--------------------------------------	----------

Prof. Dr. Thomas Wittek

Stoffwechselstörungen – Pathophysiologie und Diagnose	5
--	----------

Robert Pesenhofer, DI Marlene Suntinger

Stoffwechselbedingte Klauenerkrankungen – Zusammenhänge verstehen, Optimierungspotential erkennen	8
--	----------

DDr. Laura Monica Dale, Dipl. Agr. Biol. Andreas Werner

KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos aus Milch-MIR-Spektren – Hintergrund und Anwendung	19
---	-----------

Mag. Lena Lemmens

Digitalisierung in der Milchviehhaltung – Früherkennung von Stoffwechselerkrankungen durch den Einsatz von Sensoren	27
--	-----------

Prof. Dr. Peter Klimek

Identifikation von Risikofaktoren für Stoffwechselerkrankungen durch Big Data-Analysen	36
---	-----------

Dr. Astrid Köck

Zusammenhang Stoffwechselstörungen mit Milchleistung, Fruchtbarkeit und anderen Erkrankungen	41
---	-----------

DI Karl Wurm

Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen_____46

Priv. Doz. Dr. Andreas Steinwider

**Besonderheiten zur Energieversorgung bei weidebasierter
Milchviehhaltung**_____50

Dr. Hans Jürgen Kunz

**Energiebedarfsnormen für Kälber unter Berücksichtigung von Gesundheit
und metabolischer Programmierung**_____56

PD Dr. Birgit Fürst Waltl

Züchterische Verbesserung der Stoffwechselstabilität_____61

Verzeichnis der ReferentInnen

**DDr. Laura Monica Dale,
Dipl.-Agr. Biol. Andreas Werner**

Landesverband Baden-Württemberg
für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der
Tierzucht e.V.
Heinrich-Baumann Str. 1-3, 70190 Stuttgart
lkv@lkvbw.de
<https://lkvbw.de/>

PD Dr. Birgit Fürst-Waltl

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Institut für Nutztierwissenschaften (NUWI)
Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien
birgit.fuerst-waltl@boku.ac.at
www.boku.ac.at

Prof. Dr. Peter Klimek

Complexity Science Hub
Josefstädter Straße 39, 1080 Vienna
office@csh.ac.at
www.csh.ac.at

Dr. Astrid Köck

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH
Dresdner Straße 89/B1/18, 1200 Wien
koeck@zuchtdata.at
www.zuchtdata.at

Dr. Hans-Jürgen Kunz

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Hermann-Rodewald-Str. 6, 24118 Kiel
hkunz@tierzucht.uni-kiel.de
www.uni-kiel.de/de/

Mag. Lena Lemmens

Vetmeduni Wien,
Veterinärplatz 1, 1210 Wien
Lena.Lemmens@vetmeduni.ac.at
www.vetmeduni.ac.at

Robert Pesenhofer

Neureiteregg 23, 8151 Hitzendorf
vet.pesenhofer@aon.at
www.klauenpflege-pesenhofer.at

Priv. Doz. Dr. Andreas Steinwider

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, BIO-Institut,
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal
andreas.steinwider@raumberg-gumpenstein.at
www.raumberg-gumpenstein.at

DI Marlene Suntinger

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH
Dresdner Straße 89/B1/18, 1200 Wien
suntinger@zuchtdata.at
www.zuchtdata.at

Dr. Thomas Wittek

Vetmeduni Wien, Universitätsklinik für
Wiederkäuer
Veterinärplatz 1, 1210 Wien
Thomas.Wittek@vetmeduni.ac.at
www.vetmeduni.ac.at

DI Karl Wurm

Landwirtschaftskammer Steiermark,
Fütterungsreferent, Tierzucht-Abteilung,
Hamerlinggasse 3, 8010 Graz
karl.wurm@lk-stmk.at
www.lk-stmk.at

Stoffwechselstörungen – Pathophysiologie und Diagnose

Thomas Wittek

Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität Wien

Einleitung

Unter Stoffwechsel sind umfangreiche Prozesse der Futteraufnahme, Verdauung, Absorption, Umsatz und Ausscheidung zu verstehen. In Abhängigkeit von den Substraten kann man in z. B. Energie-, Protein, Mineralstoffwechsel unterscheiden, auch organbezogene Unterteilungen z. B. Pansen- oder Leberstoffwechsel sind möglich und üblich.

In dem Vortrag zur Veranstaltung soll es jedoch ausschließlich um den Energie- und Proteinhaushalt der Milchkuh gehen. Die Wochen um die Kalbung stellen beim Milchrind einen Zeitraum dar, der sich durch eine starke Häufung von Erkrankungen auszeichnet. Aufgrund einer verminderten Futteraufnahme vor und nach dem Kalben und der damit einhergehenden reduzierten Energiezufuhr können die Tiere ihren durch die Laktation erhöhten Energiebedarf nicht decken.

Ketose

Die negative Energiebilanz führt zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Körperfettmobilisation. Dabei übersteigt die Mobilisation an Fettsäuren die Kapazität der Leber diese vollständig abzubauen. Aus den Fettsäureresten werden die Ketonkörper (β -Hydroxybutyrat, Acetoacetat und Aceton) gebildet. Übersteigen die Konzentrationen dieser Ketonkörper einen bestimmten Grenzwert liegt eine Hyperketonämie vor, im Allgemeinen spricht man von einer Ketose. Hochleistende und ältere Tiere weisen ein besonderes Ketoserisiko auf, weiterhin stellen Zwillingsträchtigkeiten ein Risiko dar.

Je nach Ausprägungsgrad sind klinisch und subklinische Ketosen zu unterscheiden. Weit häufiger als die klinischen Fälle treten subklinische Ketosen in Milchviehbetrieben auf. In Österreich wie auch in den meisten Ländern Europas weisen durchschnittlich ca. 30 % der Kühe in diesem Zeitraum erhöhte Ketokörperkonzentrationen auf. Es bestehen allerdings zwischen einzelnen betrieblen sehr große Unterschiede. Die Erkennung der subklinischen Diagnose ist sowohl für das Einzeltier aber auch für die Herde von Bedeutung. Aus diesem Grund sollten Kühe bereits vor der Kalbung, insbesondere aber in den ersten 6 Wochen post partum, regelmäßig überwacht werden. Die Diagnose der subklinischen Keto- se gestaltet sich dahingehend schwieriger, da klar zuordenbare klinische Symptome fehlen. Verminderte Milchleistung und reduzierte Fruchtbarkeit sowie eine Häufung anderer Erkrankungen insbesondere Labmagenverlagerungen, Nachgeburtverhalten, Endometritiden und Mastitiden sind auffallend.

Die klinische Ketose ist im Gegensatz zur subklinischen Form verhältnismäßig gut an ihren Symptomen wie z.B. wechselhafter Fresslust bis hin zur Inappetenz, hartem, trockenem Kot und typischen Geruch erkennbar. In schwerwiegenden aber relativ seltenen Fällen kann es zu zentralnervösen Ausfallserscheinungen kommen, angefangen bei inkoordinierten Bewegungen und exzessivem Belacken bis hin zu aggressivem Verhalten und komatösen Zuständen (nervöse Ketose).

Fettmobilisationssyndrom/ Fettleber

Bei einem sehr ausgeprägten Energiedefizit und/oder unerkannter und unbehandelter Ketose findet die Mobilisation von Körperfett in einem zunehmenden Ausmaß statt, das die Kapazität der Leber übersteigt. Die in der Leber eintreffenden Fettsäuren können nicht abgebaut werden sondern werden re-verestert und wieder als Fett in der Leber abgelagert. Mit zunehmender Speicherung von Fett wird die Funktion der Leber weiter eingeschränkt, was wiederum, wenn der Kreislauf nicht durchbrochen wird, zu einer weiteren Fetteinlagerung führt. Kühe mit Fettmobilisationssyndrom benötigen veterinärmedizinische Behandlung, die teilweise intensivmedizinische Maßnahmen beinhaltet.

Verfahren zur Feststellung einer Ketose

Die Messung der Ketonkörper zur Diagnose der subklinischen Ketose kann in Blut, Milch und Harn erfolgen. Die Messung im Blut hat von den Substraten die höchste diagnostische Wertigkeit für das Einzeltier. Die Messung kann als laborgebundene Analyse erfolgen, jedoch wurden bereits vor längerer Zeit sogenannte „Point of care Testsysteme“ eingeführt, d. h. Tests, die direkt im Stall am Tier angewendet werden können. Ein großer Vorteil der Messungen mittels Schnelltests besteht in der simplen Anwendung und der schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse.

- **Messungen der Ketonkörper im Harn**

Als einfach durchzuführendes Verfahren gilt die Messung der Ketonkörperkonzentration im Harn. Mittels Teststreifen wird über einen Farbumschlag die Konzentration im Harn bestimmt.

Grundsätzlich ist die Kontrolle über den Harn eine gute Möglichkeit, allerdings hängt das Ergebnis von der visuellen Interpretation und zusätzlich von dem Verdünnungsfaktor des Harnes ab. Der Arbeitsaufwand ist durch die Harngewinnung höher als die Bestimmung der Ketonkörperkonzentration in der Milch.

- **Messungen der Ketonkörper in der Milch**

Eine in größeren Beständen häufiger angewandte Methode ist die Messung der Ketonkörper in der Milch. Der Vorteil liegt in der Einfachheit der Anwendung. Die Messung kann während des Melkens erfolgen und ist daher schnell durchführbar. Ein weiterer Vorteil ist die nicht invasive Probennahme. Klassisch sind Streifentests oder Reagenzflüssigkeiten, die eine Farbveränderung bei Vorliegen von Ketonkörpern zeigen. Der diagnostische Wert der unterschiedlichen Tests kann sehr unterschiedlich sein, ist in der Regel aber nicht so hoch ist wie bei der Messung im Blut, d. h. es treten falsch positive und falsch negative Ergebnisse auf. Eine neuere Entwicklung ist die automatische Messung der Ketonkörperkonzentration mittels Spektralanalyse (KetoMIR).

- **Messung der Ketonkörper im Blut**

Die Messung der Ketonkörper im Blut mittels Laborgeräten gilt als Goldstandard. Für den Nachweis von Ketonkörpern im Blut steht eine Vielzahl von Schnelltestgeräten zur Verfügung. Die Durchführung ist einfach, da nur ein Tropfen Blut benötigt wird und ohne Aufbereitung direkt auf den Teststreifen

fen gegeben werden kann. Der Bluts-tropfen darf mittels Lanzette auch von Nichttierärzten gewonnen werden, hingegen die venöse Blutentnahme Tierärztinnen und Tierärzten vorbehalten ist. Das numerische und somit objektiv bewertbare Ergebnis ist in der Regel nach 10-20 Sekunden ablesbar. Inzwischen sind auch Geräte auf dem Markt, die spezifisch für die Tierart Rind entwickelt wurden. Probleme bei den Geräten können durch die Akkulaufzeit und den eingeschränkten Temperaturbereich entstehen

- **Messungen auf Bestandsebenen**

Auf Bestandsebene kann zusätzlich der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) aus den MLP-Daten herangezogen werden, um eine eventuelle Ketoseproblematik im Bestand aufzudecken, auch das bereits erwähnte KetoMIR-Verfahren liefert Hinweise auf die Situation in der Herde. Auch routinemäßige Verlaufsun-tersuchungen verschiedener Parame-ter im Blut und die wiederholten Mes-sungen der Rückenfettdicke liefern Aussagen zur Stoffwechselsituation in der Herde, sind jedoch eher für größe-re Betriebe konzipiert.

Therapie und Prophylaxe

Nicht entsprechend behandelte Ketosen füh-ren zu verstärkter Fettmobilisation und kön-nen sich bis zur lebensbedrohenden Leberver-fettung weiterentwickeln. Generell ist die Ke-tose aber als Erkrankung mit guter Prognose für das Überleben der Tiere anzusehen. Wirt-schaftliche Schäden entstehen jedoch, wenn ein hoher Prozentsatz der Kühe in der Herde subklinisch und klinische Ketosen aufweisen. Das führt zu verminderten Einnahmen und höheren Kosten durch verminderte Leistung, erhöhte Krankheitsanfälligkeit und vermin-derte Fruchtbarkeit. Besondere Bedeutung ist der durch Ketokörper verminderten immuno-logischen Funktionen der, durch die eine er-höhte Krankheitsanfälligkeit hervorgerufen wird. Hier spielen vor allen Mastitiden und Endometritiden eine Rolle, auch das Auftre-ten von Labmagenverlagerungen wird durch die Fettmobilisation begünstigt.

Um diese Verluste zu vermeiden, ist der Pro-phyllaxe eine große Bedeutung beizumessen. Es liegt eine große Anzahl von Studien zu ver-schiedenen Maßnahmen z. B. Zucht auf Ver-besserung der Gesundheitsindizes und auf Langlebigkeit, Einsatz pansengeschützter Nährstoffe, Fütterung auf hohen Anteil an im Pansen entstehenden Propionats oder Nut-zung von Medikamenten und Futterzusatz-stoffen z. B. Monensin und Propylenglycol in der Therapie und Prophylaxe vor, von denen ein Teil im Vortrag vorgestellt und diskutiert wird.

Stoffwechselbedingte Klauenerkrankungen – Zusammenhänge verstehen, Optimierungspotential erkennen

Marlene Suntinger¹, Robert Pesenhofer²

¹ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH Wien

²Klauenpflege Pesenhofer, Hitzendorf in der Steiermark

Einleitung

Viele Erkrankungen beim Milchrind sind multifaktoriell bedingt. Eindeutige Zusammenhänge bestehen beispielsweise zwischen Stoffwechselstörungen und bestimmten Klauenerkrankungen (Sohlungeschwüre, doppelte Sohlen, Klauenrehe). Ist der Stoffwechsel aus dem Lot, kann sich dies auf die Klauen niederschlagen, was wiederum in Form von Lahmheiten augenscheinlich wird. Die Klauen werden gerne als die „Fahrtenschreiber“ der Kuh bezeichnet. Welche wertvollen Informationen von den Klauen hinsichtlich der Stoffwechsellage der Kuh für die Praxis abgelesen werden können, soll in diesem Beitrag aufgezeigt werden. Erste Ergebnisse aus dem Projekt Klauen-Q-Wohl werden vorgestellt.

Klauengesundheit in Österreich

Gute Klauengesundheit ist eine wichtige Voraussetzung für das Wohlbefinden der Milchkuh sowie für eine effiziente und wirtschaftliche Milchproduktion. In Österreich zählen Klauenerkrankungen mit 7,5 % der Abgänge im Jahr 2019 zu den häufigsten Abgangsursachen von Milchkühen (ZuchtData 2020). Die direkten und indirekten Kosten von Lahmheiten werden auf bis zu 450 Euro pro lahme Kuh und Jahr geschätzt (Kofler 2015). Ein wichtiger Erfolgsfaktor für gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Klauengesundheit und Lahmheiten ist die Verfügbarkeit von va-

liden Gesundheitsaufzeichnungen. Klauenbefunde, die im Rahmen der Klauenpflege zum Vorschein kommen, haben sich als wertvolle Informationsquelle erwiesen, um die Klauengesundheit umfassend und kontinuierlich abzubilden (Heringstad und Egger-Danner et al. 2018). Digitale Programme für die elektronische Dokumentation von Klauenbefunden bei der Klauenpflege bieten eine wichtige Grundlage für die Überwachung der Klauengesundheit bei Rindern. Die unmittelbare Analyse der Aufzeichnungen bringt Vorteile für Klauenpfleger und die von ihnen betreuten Betriebe (Kofler 2013). In Österreich bieten verschiedene Bildungseinrichtungen zertifizierte Ausbildungsprogramme für Klauenpfleger an. Die elektronische Dokumentation der Klauenpflege ist bereits ein fester Bestandteil dieser Ausbildungsprogramme geworden. Das **Projekt "Klauen-Q-Wohl"** wurde initiiert, um österreichweit eine Infrastruktur zur einheitlichen Erfassung von Klauenbefunden aufzubauen, Möglichkeiten und Bewusstsein für die elektronische Dokumentation zu fördern und Instrumente zur gezielten Verbesserung von Klauengesundheit, Lahmheiten und Tierwohl in österreichischen Milchviehbetrieben zu entwickeln (ZAR 2017).

Die Klauenbefunde gemäß dem ICAR Atlas für Klauengesundheit bilden den Standard für die Dokumentation (ICAR 2015). Diese Klauenbefunde lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

infektiöse und nichtinfektiöse Erkrankungen. Infektionskrankheiten gehen auf das Eindringen von Bakterien zurück und sind Folge von Problemen der Haut und nicht so sehr der Klaue selbst. Beispiele sind Dermatitis digitalis (Mortellaro) oder Klauenfäule (interdigitale Dermatitis). Die Hygiene im Stall, allgemeine Biosicherheit, ist hier ein enorm wichtiger Einflussfaktor. Nicht infektiöse Klauenerkrankungen haben ihren Ursprung in Fütterungsfehlern, zu hohen Druckbelastungen (z.B. haltungsbedingt, mangelnde Klauenpflege) und der Qualität der Klauen selbst: Beispiele sind die **konkave Vorderwand (Klauenrehe), Sohlenblutung, Doppelsohle, Sohlengeschwür**, Klauenspitzeneschwür, Wanddefekt (Weiße-Linie-Defekt), Hornspalte, Ballengeschwür und Limax. Wobei es auch bei dieser Kategorie sekundär zu einer Infektion mit Bakterien kommen kann, beispielsweise durch Eindringen in offene Wunden (Kofler, 2015). Liegen auf einem Betrieb vermehrt Probleme (Lahmheiten) aufgrund von Klauenerkrankungen vor, so ist es wichtig die Ursachen zu kennen, um diese auch gezielt angehen zu können. Die in fetter Schrift gedruckten Klauenerkrankungen sind im Folgenden kurz dargestellt.

Stoffwechselbedingte Klauenerkrankungen

Sohlenblutung

Sohlenblutung ist eine Entzündung der Sohlenlederhaut mit Blutungen in der Sohlen- und Wandlederhaut im Rahmen einer akuten, subakuten oder subklinischen Klauenrehe. Die Blutungen können ebenfalls durch traumatische Einwirkungen von außen (Ausrutschen), durch chronischen Druck von Kanten an den Laufflächen oder durch Druck

auf die hinteren Außenklauen durch ungleich hohe Trachten entstehen. Zum Zeitpunkt der Erkrankung kann man an der Sohle keine Veränderung sehen. Erst nach 6-8 Wochen, bedingt durch das Hornwachstum, können die Veränderungen gesehen werden, vorausgesetzt bei der Klauenpflege wurde eine ausreichende Sohlendicke von 7mm beibehalten. Sohlenblutungen erkennt man an den typischen rötlichen oder gelblichen Verfärbungen im Sohlenhorn und der weißen Linie. Die Sohlenblutung ist nur dann akut schmerzhaft, wenn die Blutung die ganze Sohlendicke bis zur Lederhaut hin erfasst.

Durch die funktionelle Klauenpflege werden ausgeglichene Druckverhältnisse geschaffen. Bei Schmerzhaftigkeit muss zusätzlich mit der Klauenpflege eine Entlastung geschaffen werden, um die Lederhaut zu entlasten. Dadurch kann wieder gesundes Horn nachgebildet werden.



Quelle: Pesenhofer

Doppelsohle

Die Doppelsohle ist ein Hohlraum durch eine Zusammenhangstrennung zwischen geschädigter Lederhaut und der innersten Hornschicht. Die Ursachen können Entzündungen

oder lokale Blutungen und Quetschungen der Lederhaut durch das Absinken des Klauenbeines bei der Klauenrehe sein. Auch äußere Traumen führen zu einem Bluterguss an der Lederhaut. Ebenso kann eine Doppelsohle eine Folge einer eitrigen Entzündung der Lederhaut nach Sohlengeschwüren oder Weiße-Linie-Erkrankungen sein. Man erkennt bei der Klauenpflege einen Hohlraum am Sohlenhorn, wo sich unter dem Hohlraum noch eine dünne Schicht Horn befindet. Doppelsohlen müssen bei der funktionellen Klauenpflege freigelegt und gegebenenfalls entlastet werden.



Quelle: Pesenhofer

Sohlengeschwür (Rusterholz'sches Sohlengeschwür)

Das Sohlengeschwür liegt im hinteren Drittel der Sohle innen, direkt unter dem Beugeknorren des Klauenbeines. Es entsteht durch erhöhten Druck auf diesen Bereich. Dieser kann durch biomechanische Faktoren verursacht werden, wie die Verlagerung des Gewichtes auf den Ballen durch zu lang angewachsenen Klauen, höhere Außenklauen und stallbauliche Faktoren wie zu kurze Standflächen oder Kanten. Ebenso kann es im Rahmen der Klauenrehe zu einer Durchblutungsstörung der Lederhaut kommen. Durch das Absinken

des Klauenbeines wird die Lederhaut gequetscht. Eine Überbelastung der Lederhaut entsteht auch bei Abbau des als Stoßdämpfer dienenden Fettpolsters bei Klauenrehe, hohem Alter oder hormonell bedingt um den Zeitpunkt der Geburt. Man erkennt das Sohlengeschwür an seiner typischen Stelle als Vorwölbung der Lederhaut.

Der entscheidende Faktor bei der Behandlung des Sohlengeschwüres ist die Schaffung einer Entlastung. Wenn dies nur mit der Beschneidung der Klaue (Entlastungsschnitt) nicht möglich ist, muss eine Entlastungshilfe (Klotz) angebracht werden.



Quelle: Pesenhofer

Chronische Klauenrehe (Konkave Vorderwand)

Die chronische Klauenrehe ist das Ergebnis eines länger anhaltenden Prozesses. Sie entsteht nach einer subklinischen, subakuten oder akuten Klauenrehe. Durch das Absinken und Drehen des Klauenbeines im Hornschuh kommt es zu einer Formveränderung der Klaue. Die Hornkapsel besteht aus minderwertigem Horn und ist deshalb anfälliger für

andere Klauenerkrankungen. An der Sohlenfläche erkennt man die verbreiterte weiße Linie.

Durch die Funktionelle Klauenpflege kann diese chronische Veränderung nicht mehr rückgängig gemacht werden, umso wichtiger ist es durch kürzere Pflegeintervalle die Anfälligkeit für andere Klauenerkrankungen zu verringern.



Quelle: Pesenhofer

Wichtige Stoffwechselstörungen, die mit Lahmheiten in Zusammenhang gebracht werden bzw. als Risikofaktoren für Klauenerkrankungen genannt werden, sind Acidose, Keto- se, Milchfieber sowie auch Mineralstoffmangelversorgung (de Kruif et al. 1998, Feldmann et al. 1998). Ketose beispielsweise ist eine der bedeutendsten Stoffwechselkrankheiten bei Milchkühen, die zu einer geringeren Milchproduktion, einer Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit und einer erhöhten Häufigkeit anderer Krankheiten führt. Die negative Beeinträchtigung des Immunsystems erhöht das Risiko für Infektionskrankheiten und kann unter anderem zu vermehrtem Auftreten von Klauenerkrankungen führen (Gasteiner 2000).

Der Körperkonditionszustand vor dem Abkalben spielt eine wichtige Rolle bei nicht-infektiösen Klauenerkrankungen. Wilhelm et al. (2017) konnten in ihrer Studie zeigen, dass eine zu geringe Körperkondition die Entstehung von Sohlengeschwüren in den ersten 2 Laktationsmonaten deutlich erhöht. Durch regelmäßige und fachgerechte **Klauenpflege**, sowie mit einer wiederkäuergerechten (ausreichend Rohfaseranteil) und der Leistung entsprechenden **Fütterung** sind wichtige vorbeugende Maßnahmen gesetzt (Kofler 2015). Künftig soll es möglich sein anhand von Klauengesundheitszuchtwerten, Klauengesundheit auch züchterisch (**Genetik**) zu verbessern.

Dokumentation: von der Klauenpflege bis zur zentralen Rinderdatenbank (RDV)

Klauenpfleger: Unmittelbar nach dem Projektstart Klauen-Q-Wohl im Oktober 2017 wurde eine Schnittstelle zwischen dem RDV und dem Klauenpflegeprogramm ANIMALoffice Klauenmanager und ein Jahr darauf auch mit dem Programm KLAUE (dsp agrosoft) eingerichtet. Um die elektronische Dokumentation aufzubauen, wurden Klauenpfleger bei der Anschaffung von Hard- und Software finanziell unterstützt. Im Gegenzug senden sie die dokumentierten Klauenpflegedaten an den RDV, vorausgesetzt der Landwirt stimmt dem zu. Mit Anfang 2020 sind über 40 zertifizierte Klauenpfleger, die ihren

Landwirten aktiv die Dokumentation anbieten, an dem Projekt beteiligt. Das Programm Klauenmanager ermöglicht eine sehr genaue Dokumentation von Gliedmaßen- und Klauenerkrankungen (alle ICAR-Klauenbefunde), die den Schweregrad (überwiegend Grad 1-3), die Lokalisation auf Ebene der Kuh, der Beine (HR, HL, VR, VL) und der Klauenzone (1-20) sowie der geschnittenen Kühe ohne Klauenprobleme (d.h. Klauen gesund) umfasst. Die beschriebene Datenschnittstelle ist keine Einbahnstraße, denn der Klauenpfleger hat die Möglichkeit die

wichtigsten Tier-ID-Daten seiner betreuten Betriebe tagesaktuell abzurufen. Dies ermöglicht effizientes und Tipp-fehlerfreies Arbeiten. Landwirte wiederum haben durch den Datenaustausch auch elektronisch Zugriff auf das Klauenpflegeprotokoll.

Das Klauenpflegeprotokoll dient dem Klauenpfleger dazu seine Leistungen zu dokumentieren, die Klauengesundheit seiner Betriebe zu

kontrollieren und als wichtige Basis für Beratungsgespräche. Klauenpflegeprotokolle und Betriebsanalysen, die dem Landwirt zur Verfügung gestellt werden, können zur Kontrolle und Ermittlung der ursächlichen Risikofaktoren von Klauenerkrankungen genutzt werden.

Landwirte: Eine große Anzahl von Landwirten in Österreich schneidet die Klauen ihrer Rinder selbst. Für sie bieten die Landeskontrollverbände und Zuchtverbände in Österreich eine eigene mobile Anwendung am Smartphone, die App Klauenprofi an, die speziell zur schnellen und einfachen Dokumentation der Klauenpflegebefunde entwickelt wurde (siehe Abb. 1).

Durch die Anbindung an den RDV steht dem Landwirt sein gesamter Tierbestand jederzeit tagesaktuell zur Verfügung. Verschiedene Sortier- und Filtermöglichkeiten ermöglichen schnelles und effizientes Arbeiten. Die ICAR Klauenbefunde sind zur Auswahl hinterlegt und können im integrierten Bild-Lexikon

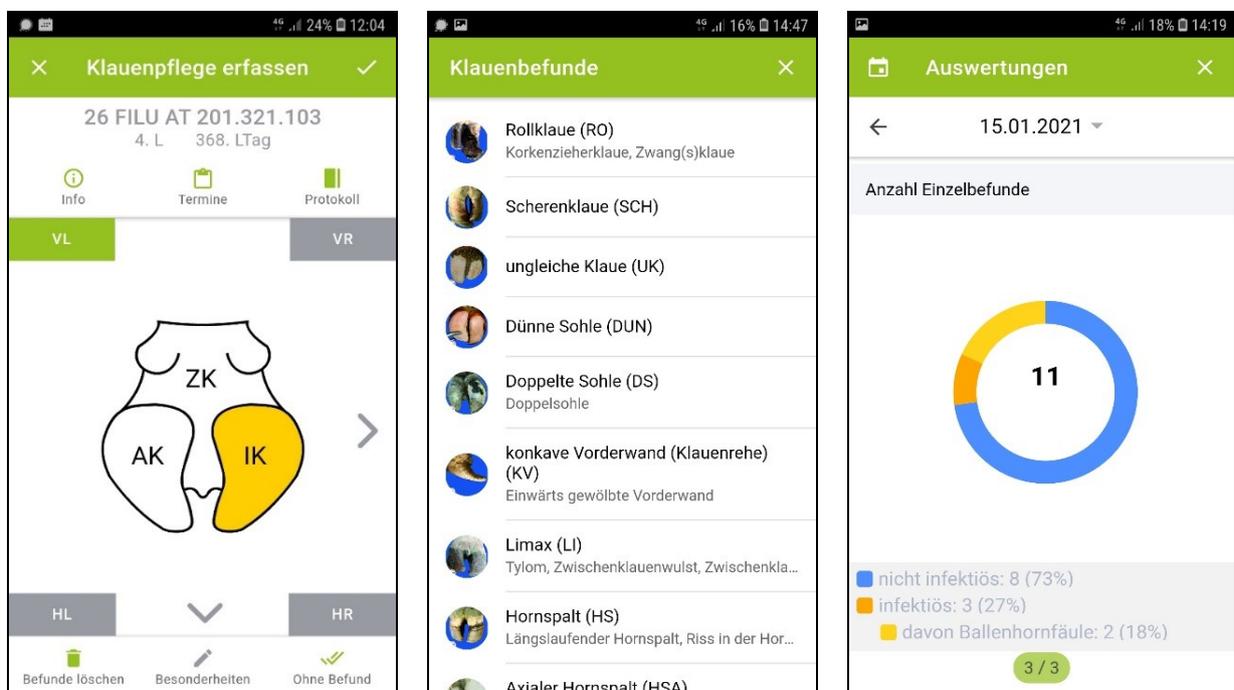


Abbildung 1: Screenshots des Klauenpflege-Erfassungsfenster (links), der Auswahl und Lexikon der ICAR Klauenbefunde (Mitte) und einer ausgewählten Auswertung (rechts) in der App Klauenprofi.

©ZuchtData

nachgeschlagen werden. Nach Abschluss der Dokumentation können aktuelle und historische Klauenbefunde in einem Klauenpflegeprotokoll eingesehen werden. Um keine Nachkontrolle, Verbands- oder Klotzabnahme zu übersehen, kann zu jedem Tier eine Notiz bzw. ein Termin hinterlegt werden. Die Analyse der dokumentierten Befunde erleichtert die App mithilfe anschaulicher Grafiken.

Weitere Informationen zur App Klauenprofi:

<https://zar.at/Service/RDV-Portal/Klauenprofi.html>

Erste Ergebnisse und Entwicklungen im Projekt Klauen-Q-Wohl

Insgesamt wurden bis inkl. Februar 2021 Daten von 794 Betrieben und 38.805 Rindern von 35 Klauenpflegern an den RDV übermittelt. In Tabelle 1 ist der durchschnittliche Prozentsatz (Anteil) von Kühen mit den verschiedenen vorwiegend stoffwechselbedingten Klauenbefunden im Kontrolljahr 2020 angeführt. In diese Auswertung (Quelle: Egger-Danner et al. 2021) gingen 512 Betriebe mit validierten Klauenpflegebefunden ein. Bei den Klauenpflegebefunden wurden in diese Auswertungen nur Betriebe einbezogen, bei denen mindestens 75 % der Befunde von geschulten Klauenpflegern dokumentiert wurden. Zudem mussten bei diesen Betrieben auch Informationen von klauengesunden Tieren vorliegen und mindestens 50 % der Kühe bezogen auf die Durchschnittskuhzahl am Betrieb auch eine Klauenpflegeinformation im Kontrolljahr aufweisen. Definiert sind die Kennzahlen als Anteil Kühe mit mindestens einem Befund pro Durchschnittskuhzahl und Befund.

Stoffwechselbedingte Klauenerkrankungen in Österreich

Die primär auf Stoffwechselerkrankungen zurückzuführenden Klauenerkrankungen teilen sich wie folgt auf: bei 18 %, 14 %, 12 % bzw. ca. 1 % der Kühe konnten konkave Vorderwände (Klauenrehe), Klauengeschwüre, Sohlenblutungen und/oder doppelte Sohlen festgestellt werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Durchschnittlicher prozentualer Anteil von Kühen mit validierten Klauenpflegebefunden aus 512 Betrieben im Kontrolljahr 2020 (Egger-Danner et al. 2021)..

Klauenpflegebefund (Abkürzung)	Anteil in %
Sohlenblutung diffus/umschrieben (SB)	12 %
Doppelte Sohle (DS)	~1 %
Klauengeschwüre (KG) (alle Geschwüre)	14 %
konkave Vorderwand (Klauenrehe) (KV)	18 %
Sohlenblutung diffus/umschrieben (SB)	12 %

Klauenpflagedaten im Herdenmanagement

Im Folgenden werden anhand von ausgewählten Betrieben Auswertungen auf Basis der Klauenpflagedaten dargestellt. Diese Auswertungen stehen seit Ende 2019 allen LKV-Betrieben im LKV-Herdenmanager zur Verfügung. Sowohl von Klauenpflegern als auch von Landwirten dokumentierte Klauenbefunde werden dabei verarbeitet. Die Auswertungen sollen dabei unterstützen u. a. folgende Fragen zu beantworten:

- Wann wurden wie viele Tiere gepflegt? Welche Tiere sind klauengesund?

- Welche Tiere brauchen eine Nachkontrolle bzw. eine stärkere Betreuung?
- Welche Klauenerkrankungen kommen in meiner Herde vor? Welche am Häufigsten?
- Wie entwickelt sich die Klauengesundheit auf meinem Betrieb im zeitlichen Verlauf?
- Gibt es Tiergruppen (im Laktationsverlauf, Trockensteher), die besonders häufig von bestimmten Klauenerkrankungen betroffen sind?

Klauenbefunde aktuell:

Die Ansicht „Klauenbefunde“ (siehe Abb. 2) gibt einen Überblick über die Klauenerkrankungen des letzten Jahres auf dem Betrieb. Der Zeitraum der Betrachtung kann verändert werden. Das dargestellte Tortendiagramm zeigt den Anteil (%) an Klauenbefunden, die im definierten Zeitraum auf dem Betrieb dokumentiert wurden. In einer Tabelle oberhalb der Grafik ist die Anzahl an Klauenbefunden

(auf Fußebene), die Anzahl an klauengeschnittenen (betroffenen) Tieren, sowie die durchschnittliche Kuhzahl des Betriebs im definierten Zeitraum angegebenen. Dies soll die Einschätzung der Situation am Betrieb, speziell im Beratungsfall (Klauenpfleger, Tierarzt, LK-Berater, etc.) unterstützen.

Die Ergebnisse sind unterhalb des Tortendiagramms auch in Tabellenform „Klauenbefunde im Zeitraum“ dargestellt (siehe Abb. 3), jedoch um die Anzahl der Befunde und Tiere je Klauenbefund sowie den Anteil an betroffenen Tieren (in %) je Klauenbefund ergänzt. Ein Klick auf die Anzahl lässt eine Liste mit betroffenen Tieren für den jeweiligen Befund erscheinen. Von dieser Tierliste aus, ist es wiederum möglich zur Detailansicht ins Tierblatt zu springen (siehe Abb. 4).

Anzahl Befunde	128
Anzahl betroffene Tiere	25
Durchschnittliche Kuhzahl:	25,1

Datum von: 07.03.2019

Datum bis: 07.03.2020

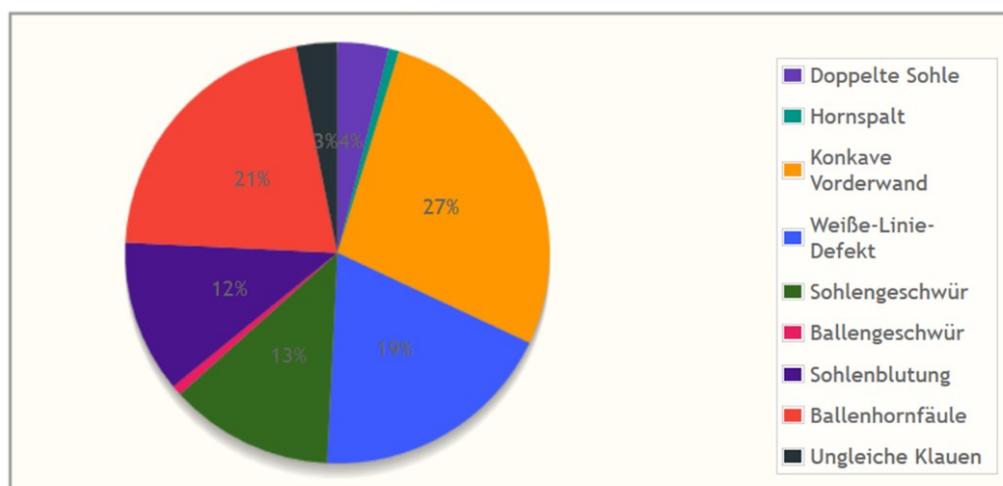


Abbildung 2: *Abbildung 2: Klauenbefunde aktuell im LKV-Herdenmanager (Beispielsbetrieb).*

Klauenbefunde im Zeitraum			
Befunde	Anzahl Befunde	Anzahl Tiere	Anteil betroffene Tiere (%)
Doppelte Sohle	5	5	20,0
Hornspalt	1	1	4,0
Konkave Vorderwand	35	23	92,0
Weißer-Linie-Defekt	24	17	68,0
Sohlengeschwür	16	7	28,0
Ballengeschwür	1	1	4,0
Sohlenblutung	15	11	44,0
Ballenhornfäule	27	19	76,0
Ungleiche Klauen	4	3	12,0

Abbildung 3: Abbildung der dokumentierten Klauenbefunde in Tabellendarstellung im definierten Zeitraum (Beispielsbetrieb).

Klauenbefunde in der Einzeltieransicht

Die Klauenbefunde sind nicht nur zusammengefasst, sondern auch bei jedem klauengepfligten Tier im Tierblatt unter „Aktionen und Beobachtungen“ zu finden. Dargestellt sind das Datum der Klauenpflege, der Laktationstag (zum Zeitpunkt der Klauenpflege), der

Klauenbefund (je Befund eine Zeile), und die Lokalisation hinten/vorne, rechts/links, Außen-/Innenklaue abgekürzt in eckiger Klammer hinter dem jeweiligen Befund. [HLA] steht beispielsweise für hinten links Außenklaue. Durch die gleichzeitige Sicht auf die Ergebnisse der Probemelkungen (PM), Diagnosen und Fruchtbarkeitsdaten sind wichtige Informationen, die bei der Ursachenfindung von Klauenproblemen beim Einzeltier unterstützen sollen, in einer Ansicht dargestellt (siehe

Abb.4). Die Höhe der Milchleistung und der Milchleistungsverlauf, die Höhe der Milchhaltsstoffe (Fett, Eiweiß) und der daraus errechenbare Fett-/Eiweißquotient können Indikatoren für die Stoffwechselbeanspruchung, sowie die Nährstoffversorgung des betroffenen Tieres vor der Trockenstehzeit, nach dem Abkalben und im weiteren Verlauf der Laktation, sein.

Tiere > Aktionen und Beobachtungen										
(1 - 25 von 42) << < 1 2 > >> 25 ▾										
Datum	LTag	Text								
04.10.2019	372	. . . . .	PM	21,2	4,52	3,61	443	15,0	
29.08.2019	336	. . . . .	PM	24,0	4,20	3,38	520	9,0	
22.07.2019	298	. . . . .	PM	23,6	3,68	3,35	369	14,0	
18.06.2019	264	Weiße-Linie-Defekt [VLA, VLI]								
18.06.2019	264	Sohlenblutung [HLA]								
18.06.2019	264	Sohlengeschwür [HRA]								
18.06.2019	264	Ballenhornfäule [HRA, HRI]								
18.06.2019	264	Konkave Vorderwand [HLA, HLI, HRA, VLI, VRA, VRI]								
13.06.2019	259	. . . . .	PM	29,2	3,30	3,56	383	13,0	
08.05.2019	223	. . . . .	PM	27,2	4,13	3,43	546	30,0	

Abbildung 4: Klauenpflegedaten im Tierblatt „Aktionen und Beobachtungen“

Die Zahlen sind jedoch nur mögliche Anhaltspunkte bzw. Indikatoren. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden ist selbstverständlich der Zustand des Tieres vor Ort (Körperkondition, Lahmheit, Fressverhalten, Allgemeinzustand, etc.) mit zu berücksichtigen und bei Vorliegen von Problemen der Tierarzt hinzuzuziehen.

Die Auswertungen im LKV Herdenmanager wie **Energie- und Nährstoffversorgung Herde** (Stoffwechsel), Grafik Probemelkungen (z.B. Fett/Tage), PM-Durschnitt, Übersicht (Probemelkungen), auffällige Tiere, etc. sollen dabei unterstützen, die Stoffwechselsituation bzw. das Fütterungsregime auf Herdenebene zu kontrollieren. Die ein oder andere Übersicht kann sogar Anhaltspunkte zur Verbesserung geben (siehe Beispiel in Abb. 5). Siehe auch Seminarbeitrag von Wurm (2020): Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen.

Schlussworte

Klauenpflege regelmäßig und fachgerecht durchgeführt, ist eine der wichtigsten Präventivmaßnahmen, die dem Landwirt zur Verfügung steht. In welchen Intervallen diese durchgeführt werden sollte, ist betriebsindividuell unterschiedlich und sollte gemeinsam mit dem Klauenpfleger und in Abhängigkeit von der Klauengesundheit der Herde abgestimmt werden. Es gibt einzelne Tiere, die eine höhere Klauenpflege-Frequenz benötigen als andere. Die Fütterung ist ein weiterer wesentlicher Schlüsselfaktor zur Verbesserung und Erhaltung der Gesundheit der Tiere und damit auch der Klauen. Die Dokumentation der Klauenpflege, ob durch den Klauenpfleger oder den Landwirt selbst, sollte in einem professionellen Herdenmanagement nicht mehr fehlen. Nur wer dokumentiert bewahrt sich auch im zeitlichen Verlauf einen Überblick

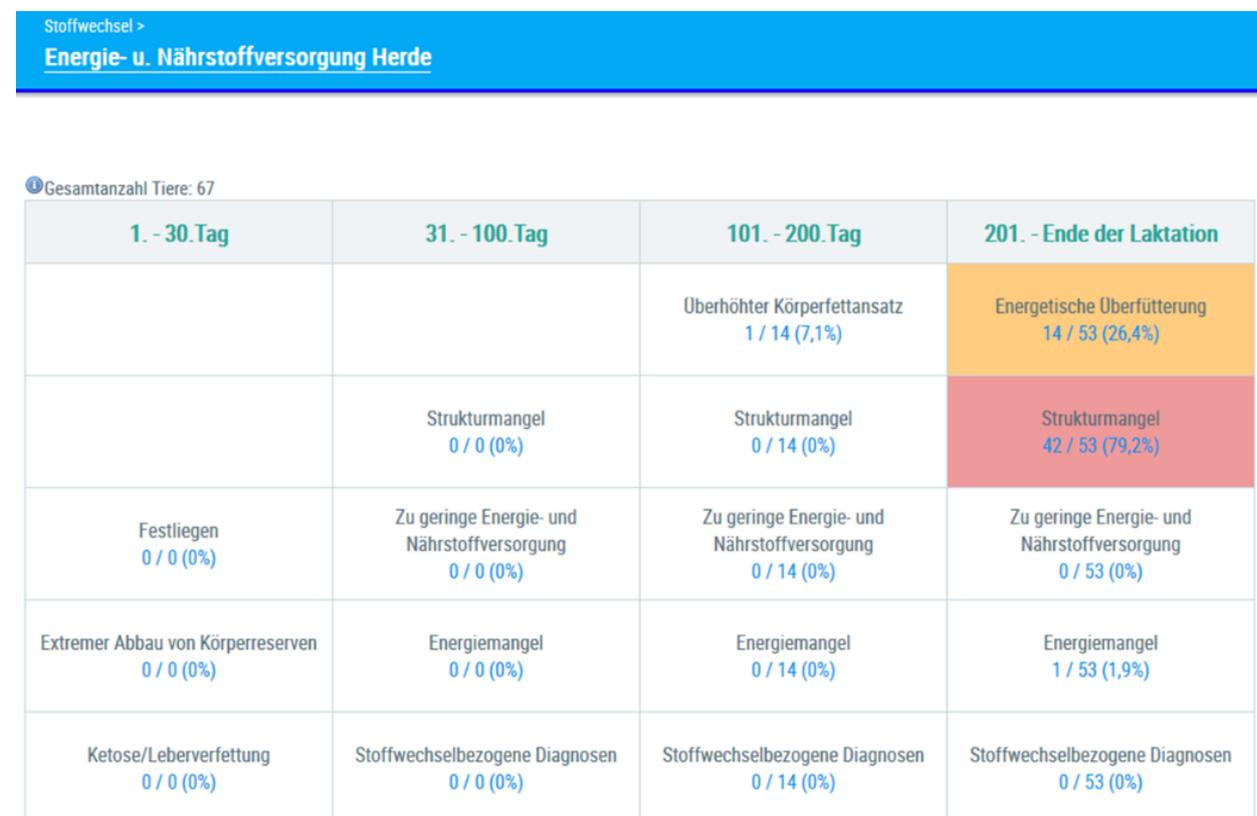


Abbildung 5: Energie- und Nährstoffversorgung Herde im LKV Herdenmanager (Beispielbetrieb)

über die Klauengesundheit seiner Herde. Erst die Kenntnis über den Grund einer Lahmheit (z.B. durch ein Sohlengeschwür) ermöglicht die gezielte Ursachen- und Maßnahmenfindung zur Verbesserung. Stimmt das Zusammenspiel von Landwirt, Klauenpfleger, Tierarzt und (Fütterungs-)Berater, die jeweils ihre Spezialkenntnisse und Erfahrungen einbringen können, so können gesetzte Ziele zur Verbesserung auch leichter erreicht werden.

Als erstes Ergebnis aus dem Projekt Klauen-Q-Wohl stehen allen LKV-Betrieben, die sich für die Dokumentation der Klauenpflegedaten entscheiden, eine praktische App „Klauenprofi“ zur Dokumentation der Klauenpflege und bereits mehrere Auswertungen zur Klauengesundheit ihrer Herde im LKV-Herdenmanager zur Verfügung. Die zentral im RDV erfassten Klauenpflegedaten stellen eine wichtige Grundlage zur Einschätzung der Klauengesundheit in Österreichs Milchviehbetrieben dar. Sie ermöglichen die Entwicklung von Werkzeugen fürs Herdenmanagement, die züchterische Weiterentwicklung und zu guter Letzt auch die Weiterentwicklung von Bildung und Beratung in der Landwirtschaft.

Danksagung

Besonderer Dank gilt allen Projektpartnern, insbesondere den KlauenpflegerInnen, LandwirtInnen und Landeskontrollverbänden für die Zusammenarbeit im Projekt Klauen-Q-Wohl. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft für landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit (EIP-AGRI) unterstützt.

Entwickelt im Rahmen des
Projekts Klauen-Q-Wohl – ein Projekt
im Rahmen der EIP Agri



KLAUEN-Q-WOHL



Mit Unterstützung von Bund und Europäischer Union

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20



Literatur

- De Kruif, A., Mansfeld, R. und Hoedemaker, M., 1998: Stoffwechselkrankheiten. In: De Kruif, A., Mansfeld, R. und Hoedemaker, M. (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Enke Verlag Stuttgart, 141ff.
- Egger-Danner, C., Suntinger, M. und Kofler, J., 2012: Kennzahlen zur Klauengesundheit in Österreich. LFI-Klauengesundheitsbroschüre (in Fertigstellung).
- Feldmann M, Mansfeld, R., Hoedemaker, M. und De Kruif, A., 1998: Gliedmaßengesundheit. In: De Kruif, A., Mansfeld, R. und Hoedemaker, M. (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Enke Verlag Stuttgart, 171ff.
- Gasteiner, J. (2000): Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 2000. BAL Gumpenstein.
- Heringstad, B., C. Egger-Danner, N. Charfeddine, J.E. Pryce, K.F. Stock, J. Kofler, A.M. Sogstad, M. Holzhauser, A. Fiedler, K. Müller, P. Nielsen, G. Thomas, N. Gengler, G. de Jong, C. Ødegard, F. Machioldi, F. Miglior, M. Alsaad and J.B. Cole, 2018: Invited review: Genetics and claw health: Opportunities to enhance claw health by genetic selection. J. Dairy Sci. TBC: 1-21 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13531>.
- ICAR, 2015. ICAR Atlas der Klauengesundheit. ICAR Technical Series. <https://www.icar.org/wp-content/uploads/2016/02/German-translation-of-the-ICAR-Claw-Health-Atlas.pdf>
- Kofler J., 2013: Computerised claw trimming database programs as the basis for monitoring hoof health in dairy herds. The Veterinary Journal 198: 358–361.
- Kofler J., 2015: Klauenerkrankungen in Österreich – wirtschaftliche Aspekte, Häufigkeiten, Erkennung und fütterungsbedingte Ursachen. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR). Gesunde Klauen und gute Fundamente, Einflussfak-

toren und Verbesserungsmaßnahmen. 12.März 2015, Salzburg.

Wilhelm K., Wilhelm J. and Füll M., 2017: Claw disorders in dairy cattle – an unexpected association between metabolism and sole haemorrhages. Journal of Dairy Research 84, 54-60.

Wurm K., 2020: Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der Zentralen Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter (ZAR). Strategien zur Stoffwechsel stabilen Milchkuh – frühzeitig erkennen und nachhaltig verbessern. 12.März 2020, Salzburg.

ZAR,2017: Klauen-Q-Wohl - Einrichtung einer österreichweiten zentralen und standardisierten Erfassung und Auswertung von Daten zu Klauengesundheit, Lahmheit und Tierwohl. Verfügbar unter: <https://zar.at/Projekte/Klauen-Q-Wohl.html> (letzter Zugriff 08.03.2020)

ZuchtData, 2020: Jahresbericht 2019. <https://www.zar.at/Downloads/Jahresberichte/ZuchtData-Jahresberichte.html>

KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos aus Milch-MIR-Spektren – Hintergrund und Anwendung

Laura Monica Dale, Andreas Werner

Landesverband Baden-Württemberg für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V.

Zusammenfassung

Ketosis ist das Hauptproblem in der Frühlaktation. Durch Fortschritte in der breiteren Verwendung von Milch-Infrarotspektren konnten in den letzten Jahren Modelle zur Bestimmung von Feinkomponenten in der Milch entwickelt werden welche als Indikatoren für Ketose anwendbar sind. Beim LKV Baden-Württemberg wurde mit Hilfe von standardisierten Spektren und Ketose-Diagnosen das Ketose-Gefährdungsmodell KetoMIR entwickelt. Es wird seit 2015 beim LKV B.W. und seit 2017 beim LKV Austria in der Routine verwendet und ist im RDV-Herdenmanager integriert. Ein verbessertes Modell, KetoMIR-2, wird zurzeit im D4Dairy-Projekt gemeinsam entwickelt. Neue Berichte wie der E-MIR-Bericht beim LKV B.W. integrieren Indikatoren für Energiebilanz und KetoMIR zu einem neuen Werkzeug für Landwirte und Berater.

Einleitung

Ketose ist das Problem Nummer 1 in der Frühlaktation. In dieser Phase, bis zu 6 Wochen, dominiert ein stark erhöhter Energiebedarf für die Milchproduktion. Der Effekt wird zusätzlich durch Zucht auf höhere Leistung verstärkt. Das Energiedefizit wird durch Mobilisierung von Körperfett gedeckt. Dies führt zu einem Anstieg langkettiger, hauptsächlich ungesättigter Fettsäuren die unter dem Begriff „Preformed Fatty Acids“ zusammen-

gefasst werden und unveresterte Fettsäuren (NEFAS). Außerdem geht die Produktion von kurzkettigen und mittelkettigen Fettsäuren, den de-Novo-Fettsäuren, zurück. Dies führt im Extremfall zu einer Überlastung der Leber, es kommt zu einer Anreicherung von Keton Körpern sowohl im Blut als auch in Harn und Milch. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Aceton, β -Hydroxybutyrat (BHB) und Citrat (Grelet et al., 2016). Weitere Ursachen für eine Ketose können Vorerkrankungen wie Schweregeburt, Gebärpause, Mastitis, Endometritis, Labmagenverlagerung und Klauenerkrankungen sein. Auch eine Fresslust durch Überfütterung in der Trockenstehphase kann dazu führen. Ketose stellt eine Belastung des Stoffwechsels und des Immunsystems dar. Die Folge ist eine Abnahme der Milchleistung und Gewichtsverlust. Auch sekundäre Erkrankungen können sich entwickeln, u.a. Labmagenverlagerung, Leberverfettung, Klauenerkrankungen, Mastitis und Endometritis. Das Energiedefizit beeinträchtigt auch auf die Fruchtbarkeit. Es kommt zu Konzeptionsstörungen, Embryoverlust, im schlimmsten Fall geht die betroffene Kuh wegen Unfruchtbarkeit ab. Dies bedeutet natürlich auch wirtschaftliche Verluste für den Landwirt.

Die klassischen Erkennungsmethoden sind ein erhöhter Fett-Eiweiß-Quotient über 1,5 bei milchbetonten Rassen bzw. 1,4 bei Fleckvieh. Als Referenzbefund gilt eine Laboruntersuchung der BHB-Konzentration im Blut, hier

liegen die Grenzwerte bei 1,2 bis 1,4 für subklinische Fälle bzw. 3 mmol für klinische Fälle. Auch in der Milch und im Harn kann BHB gemessen werden, hier liegen die Grenzwerte in der Milch bei 0,2 bzw. 0,5 sowie im Harn bei 4 mmol/l. Hier sind mittlerweile auch günstige Schnelltests für Blut, Milch und Harn verfügbar. Aceton ist ebenfalls ein Indikator. Die stark erhöhte Konzentration in Atem, Milch und Harn führt zum typischen fruchtig-säuerlichen Geruch. Für Milch gibt es Untersuchungsmethoden, die Grenzwerte liegen bei 0,25 bzw. 2 mmol/l. Aceton ist stark flüchtig, die verbleibende Konzentration der Milchprobe im Labor liegt deshalb oft an der Nachweisgrenze. Auch starke Gewichtsverluste können, wenn regelmäßig gemessen, als Indikator verwendet werden. Das neue Konzept von KetoMIR besteht darin, eine Ketose-Gefährdung über MLP-Milchproben anzubieten die genauer ist als z.B. der Fett-Eiweiß-Quotient. Der Landwirt erhält damit bei jeder MLP ein Herdensingreening welches er durch die oben genannten Methoden ergänzen kann. Durch die Beteiligung am OptiMIR-Projekt ergaben sich für den LKV B.W. und später auch für den LKV Austria neue Möglichkeiten der MIR-Spektraldatennutzung. Die IT-Verarbeitung und Standardisierung wurde 2012 eingeführt. Es wurden Algorithmen für Milch-MIR-Komponenten weiter- bzw. neu-entwickelt wie z.B. für Fettsäuren, Minerale, BHB, Aceton und Citrat und standen jetzt zur Verfügung. Das französische Tool CetoMIR, basierend auf BHB und Aceton, zeigte zudem die Möglichkeit einer Ketose-Vorhersage auf Basis von MIR-Spektren. Ab ca. 2011 begann auch die freiwillige Sammlung von Veterinär-Diagnosen, darunter auch Ketose-Diagnosen auf seither ca. 1.200 Betrieben nach einem 86-teiligen, vereinfachten Schlüssel nach dem

Vorbild des österreichischen Projektes. Das KetoMIR-Konzept besteht in der Kombination von MIR-Spektren und Veterinär-Diagnosen zur Vorhersage des Ketose-Risikos und war damals die erste bekannte Arbeit in diese Richtung. Dabei wurden mehrere Parameter und Konzentrationen der oben genannten MIR-Komponenten verwendet. Die Entwicklung begann beim LKV B.W. 2014, baute auf 3 Jahren Datenverfügbarkeit auf und ging Ende 2015 in Produktion (Werner et al., 2019).

Die Milchanalyse mit Hilfe von MID-Infrarot-Spektren (MIR) ist eine schnelle und günstige Möglichkeit MLP- und Tankmilchproben in großem Umfang auf die Hauptinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff zu untersuchen. Dabei wird die Milchprobe in sogenannten FTIR-Analysegeräten von einem Infrarotstrahl durchleuchtet und über das gewonnene Absorptionsspektrum und Algorithmen die jeweilige Konzentration der Stoffe berechnet. Das Prinzip beruht dabei auf der spezifischen Wechselwirkung der unterschiedlichen Wellenlängen mit den Atombindungen in den Milchmolekülen. Mit diesem Verfahren in den letzten 15 Jahren auch Modelle für Feinkomponenten wie Fettsäuren, Minerale, Lactoferrin (Soyeurt et al., 2009), BHB, Aceton, Citrat (Grelet et al., 2016), etc. entwickelt werden. Außerdem konnten auch Modelle für komplexe Merkmale wie Energie-defizit (Dale et al., 2019), Ketose (Werner et al., 2019), Mastitis, Methanemission und Trächtigkeit erstellt werden. Im Gegensatz zu den Hauptkomponenten wird für die letztgenannten Merkmale jedoch ein langzeitstabiles Spektrum benötigt.

MIR-Spektren sind nicht einheitlich und nicht langzeitstabil. Die Gründe in der Variabilität liegen in unterschiedlichen Implementierun-

gen der Hersteller, Toleranzen der Bauteile auch bei gleichen Modellen sowie Drift durch Abnutzung, Klimaschwankungen etc. Dies bedarf einer Korrektur durch ein Standardisierungsverfahren (Grelet et al., 2015). Bei den Standardisierungsverfahren unterscheidet man herstellereinspezifische Verfahren wie sie z.B. in Form des Foss-Equalizer und Bentley-Stabilisators angeboten werden. Im OptiMIR-Projekt wurde ein herstellerübergreifendes Verfahren entwickelt welches seit 2015 durch das OptiMIR-Nachfolgekonsortium European-Milk-Recording (EMR) angeboten wird. Im MLP- und Milchgütebereich wird das Bias-Slope-Korrekturverfahren angewandt welches über regelmäßige Pilotproben und Referenzmessungen Korrekturfaktoren ermittelt. Wegen des hohen Aufwandes ist dies begrenzt auf die Hauptinhaltsstoffe. Für komplexe Merkmale ist das Verfahren nicht anwendbar. Für die stabile Anwendung von Herstellerübergreifenden Modellen ist die EMR-Standardisierung das Verfahren der Wahl. Hier werden monatlich 5 verschiedene Milchproben an die beteiligten Labore verschickt, dort dreifach auf allen Geräten gemessen und die gewonnenen Spektren auf einen Master aus den stabilsten Geräten über Koeffizienten korrigiert. Diese Standardisierungskoeffizienten werden den Kunden zur Anwendung auf ihre MIR-Spektren zur Verfügung gestellt. An dem Verfahren sind bereits 91 Instrumente beteiligt, davon 77 von EMR-Mitgliedern, 8 von Forschungsprojekten und 6 von Firmenkunden. Es kann hier gezeigt werden, dass die Variabilität von Messungen der gleichen Milch auf allen beteiligten Geräten nach der Standardisierung auf das Minimum des Masters reduziert wird. Verschiedenen Untersuchungen bewiesen auch, dass die EMR-

Standardisierung die Genauigkeit der MIR-Modelle erheblich steigern kann.

Material und Methoden

Das binomiale KetoMIR-1-Modellierungsverfahren für die ersten 120 Laktationstage verwendete zwei Referenzklassen: „gesund“ für MLP-Proben der GMON-Betriebe für die keine Diagnosen und gesundheitsbedingte Abgänge vorliegen. Als „ketotisch“ bzw. „krank“ wurden Spektren klassifiziert mit einer Ketose-Diagnose maximal 6 Tage nach der MLP. Als Eingabeparameter wurden MIR-Milchkomponenten verwendet wie Fettsäuren, Minerale, BHB, Aceton, Citrat, klassische MLP-Inhaltsstoffe sowie fixe Effekte wie Rasse, Laktationsnummer, Laktationswoche und Melkzeit. Zur Modellierung einer logistischen Regression wurde das GLMNET-Verfahren in R verwendet. Die Variablenreduktion erfolgte dabei über das Lasso-Verfahren.

Eine neue Version von KetoMIR, KetoMIR-2 wird aktuell im Projekt D4Dairy entwickelt und zur Produktionsreife gebracht. Dabei werden gegenüber KetoMIR-1 folgende Neuerungen verwendet. An Stelle von Milch-MIR-Komponenten werden die MIR-Spektraldaten direkt verwendet, unter Anwendung der in OptiMIR etablierten Vorverarbeitung (Standardisierung, 1. Ableitung, 212 Wellenlängen). Die Abhängigkeit bzw. der Fehlereintrag durch die Komponentenberechnung entfällt dadurch. Die Integration der Laktationstage erfolgt mit Hilfe der Anwendung von Legendre-Polynomen auf die MIR-Spektren. Die Grundlagen für KetoMIR-2“ wurden im Rahmen von Modellierungsversuchen beim LKV B.W. bereits Anfang 2017 gelegt. KetoMIR-2 und das Mastitis-MIR-Modell MastiMIR folgen dabei dem selben Ansatz der direkten Spekt-

raldatenverwendung und Legendre-Integration der Laktationstage. Des Weiteren wurde die Datengrundlage stark erweitert, der LKV B.W. konnte zwei zusätzliche GMON-Jahrgänge beisteuern. Durch die Einrichtung der Spektraldatenverarbeitung und Standardisierung bei LKV Austria und ZuchtData sowie dem EMR-Beitritt 2017 wurden die dort vorhandenen MIR-Spektraldaten und Ketose-Diagnosen ebenfalls nutzbar. Die Zusammenarbeit bot die Chance ein robusteres, Populations- und Hersteller-übergreifendes MIR-Modell zu erstellen. Für die KetoMIR-2-Kalibrierung wurden Daten aus dem Zeitraum 01.01.2012 bis 30.09.2017 von 10.079 Betrieben mit Ketose-Diagnosen verwendet. Für die MLP-Proben mit Klassifizierung „Ketose“ wurden 1.638 Datensätze verwendet mit einem Spektrum +/- 14 Tage um den Tag der Diagnose. Für die MLP-Proben mit Klassifizierung „gesund“ wurden 112.545 Datensätze ohne Diagnose innerhalb von 60 Tagen um das Probedatum und ohne gesundheitsbedingte Abgänge verwendet. Es wurden für externe Testzwecke 11 Betriebe mit hoher Ketose-Prävalenz entnommen, 4 von LKV AT und 7 von LKV B.W. Die Kalibrierung erfolgte auf einem Gesamtbestand von 793.976 „gesund“-Datensätzen davon 510.864 LKV-AT und 283.112 LKV B.W. sowie 1.472 „Ketose“-Datensätzen, davon jeweils 736 von den beiden Partnern. Wie bei KetoMIR-1 wurden fixe Effekte wie Rasse, Laktationsnummer und die Probezeit einbezogen und über das GLMNET/Lasso-Verfahren mit 10-fach-Kreuzvalidierung eine logistische Regression modelliert. Das Modell wurde anschließend auf insgesamt 166 „Ketose“- und 14.882 „gesund“-Datensätze angewendet, davon 39 bzw. 1.822 von LKV-AT und 127 bzw. 13.060 von LKV B.W.

Ergebnisse und Diskussion

KetoMIR1

Für die Kalibrierungs- und Testdaten wurde die Ketose-Wahrscheinlichkeit berechnet und über den 0,5-Grenzwerte die Genauigkeit über Sensitivität und Spezifität ermittelt. Das Modell erreichte dabei im Test eine Sensitivität von 0,72 und eine Spezifität von 0,84. Das Zweiklassenmodell wurde zur Verwendung in einem Ampelsystem mit den Klassen gesund (grün), subklinisch/gefährdet (gelb) und klinisch/stark gefährdet (rot) umgewandelt. Unter Annahme einem 20%-Anteil der subklinischen Fälle bzw. von einem 5 %-Anteil der klinischen Fälle in den ersten 6 Wochen wurden mit Hilfe eines GMON-Datenbestandes eines Jahres die neuen Klassengrenzen auf 0,5 und 0,75 festgelegt. Die KetoMIR1-Klassen wurden zur Auswertung auf den GMON-Jahresbestand 2016 angewendet. Die Darstellung der Klassenanteile für die ersten Laktationswochen zeigt den erwarteten stark erhöhten Anteil an gefährdeten und stark gefährdeten Einstufungen. Man sieht auch, dass die milchbetonten Rassen stärker davon betroffen sind als die Doppelnutzungsrasse Fleckvieh. Die Darstellung der Klassenanteile über die Laktationsnummern zeigt, dass die Färsen und Kühe ab der 3. Laktation stärker betroffen sind als die Kühe in der 2. Laktation. Die Auswertung der mittleren 305-Tageleistung über die KetoMIR-Klassen und Laktationen ergibt folgendes Bild. Generell ist die 305-Tage-Leistung in den Klassen „gefährdet“ und „stark gefährdet“ niedriger als in der Klasse „gesund“. Es zeigt sich also bereits eine allgemeine, erwartete Leistungsdepression. Der Verlauf der Leistungsmittelwerte in den jeweiligen Klassen über die Laktationsnummern folgt dabei dem allgemeinen Leistungsverlauf der für den Le-

benslauf der Kühe zu erwarten ist mit einer niedrigeren Leistung bei Braunvieh und Fleckvieh. Bei der KetoMIR-Populationsauswertung wurden auch die Prävalenzen anderer Krankheiten in der gleichen Laktation auf Basis der KetoMIR-Klassifikation des ersten MLP-Ergebnisses in den Klassen „gefährdet“ und „stark gefährdet“ relativ zur Klasse „gesund“ berechnet. Die relative Prävalenz in der Klasse „stark gefährdet“ war dabei für Labmagenverlagerung mit 32,8 am höchsten, gefolgt von Leberverfettung mit 7,1, Acidose mit 5,1 und Gebärparese mit 4,2. Die relativen Prävalenzen für die Klasse „gefährdet“ hob sich mit Werten zwischen 1,4 und 4,3 ebenfalls stark von der „gesund“-Klasse ab. Auch bei den Klauenerkrankungen ist dieser Effekt, wenn auch nicht ganz so stark, deutlich zusehen. Die relativen Prävalenzen bewegen sich hier zwischen 2,3 und 2,4 für die „stark gefährdet“-Klasse und 1,3 bis 1,9 für die „gefährdet“-Klasse. Die hohen Werte bei den mit Ketose stark verbundenen Stoffwechselkrankheiten sind ein starkes Indiz für die Aussagekraft der KetoMIR-Klasseneinteilung. Auch Eutererkrankungen zeigen erhöhte relative Prävalenzen zur Klasse „gesund“. Hier besteht z.B. für die Klassifizierung „stark gefährdet“ ein 3,1-fach höheres Risiko an einer akuten Mastitis zu erkranken. In Klasse „gefährdet“ immerhin noch ein 2,9-fach höheres Risiko. Die relative Wahrscheinlichkeit für eine Fruchtbarkeitsstörung mit der Diagnose „Störung des Puerperiums“ liegt in der Klasse „stark gefährdet“ bei 3,1 gefolgt von 2,4 für Nachgeburtverhalten und 2,2 für Endometritis. Der Wert für die Diagnose Zyklusstörung ist mit 1,2 nur leicht erhöht. Erste Berechnungen und Auswertungen genetischer Korrelationen des KetoMIR-1-Indexes zeigten das Po-

tential für eine Verwendung in der züchterischen Selektion (Hamann et al., 2017).

KetoMIR2

Das finale KetoMIR-2-Kalibrierungsmodell erreichte eine mittlere Sensitivität bzw. Spezifität von 0,76 bzw. 0,84 in der Kalibrierung und 0,72 bzw. 0,83 im externen Test. Eine differenzierte Betrachtung ergab eine Sensitivität bzw. Spezifität für die Populationsgruppen LKV-AT von 0,72 bzw. 0,81 und LKV-BW von 0,72 bzw. 0,84. Unterschiede gab es auch für die Rassegruppen. Hier wurden für Holstein eine Genauigkeit von 0,76 bzw. 0,83 erreicht. Für Braunvieh lag sie bei 0,72 bzw. 0,81 während für Fleckvieh eine geringere Sensitivität von 0,58 gegenüber einer Spezifität von 0,88 ermittelt wurde. Dies ist vermutlich auf die niedrigere Ketose-Prävalenz bei Fleckvieh zurückzuführen. Im Gegensatz zu KetoMIR-1 zeigten bei KetoMIR-2 die kumulativen Wahrscheinlichkeitskurven eine stark unterschiedliche Form über die Laktationswochen. Das Verfahren zur Festlegung der Schwellwerte für die Ampelklassen musste deshalb angepasst werden. Auch hier wurden die Werte wieder mit Hilfe einer GMON-Populationsauswertung für das Prüfungsjahr 2017 ermittelt. Für jede Woche in Milch wurden erwartete prozentual Anteile der Ketose-Gefährdungsklasse geschätzt und Schwellenwerte für die Ketose-Wahrscheinlichkeit bestimmt. Die Verteilung der prozentualen KetoMIR-Klassen-Anteile über die Laktationswochen zeigt damit wieder das von KetoMIR-1 bekannte und plausible Verteilungsmuster. Für das Jahr 2017 wurde eine umfangreiche Pearson-Korrelationsanalyse der KetoMIR-2-Wahrscheinlichkeit gegen klassische MLP-Ergebnisse und die Konzentration neuer MIR-Inhaltsstoffe durchgeführt. Neben den Mo-

dellen welche über EMR bereitgestellt werden wurden auch Modelle aus der Kooperation von DLQ, OptiKUH und LKV B.W. für MIR-Blutwerte und Energiebilanz verwendet. Es wurden dabei höhere und spezifischere Korrelationen im Vergleich zu KetoMIR-1 gefunden. Während die Korrelation zum FEQ bei 0,46 lag, ergaben sich für die MIR-Prädiktionen mit engerem Bezug zu Energiedefizit und Ketose wesentlich höhere Werte. So z.B. für Energiebilanz NEL -0,79; Blut-BHB 0,6; Blut-NEFA 0,79; Blut-Glukose-OK -0,76; Aceton in Milch 0,65; C18_1CIS9 als Hauptvertreter langkettiger, einfach ungesättigter Fettsäuren 0,73; C12 als mittelkettige Fettsäure -0,44, Natrium 0,35. Dies passt gut zu den bekannten physiologischen Vorgängen und spricht für KetoMIR-2 als verbesserte Alternative zu KetoMIR-1. Optimierungsbedarf wird noch bei der Festlegung der Klassengrenzwerte gesehen.

Anwendungen in der Routine

RDV-Herdenmanager

Die KetoMIR-Klassen sind beim LKV B.W. seit 2015 sowie ZuchtData/LKV-Austria in den RDV-Herdenmanager unter der Rubrik Stoffwechsel integriert. In der Maske „Übersicht“ wird der historische Verlauf der Klassenanteile auf Herdenebene als auch der Klassen auf Tierebene für die jeweils letzten 12 MLP-Ergebnisse angezeigt. Herdenanteile in der Klasse „gefährdet“ über 20 % werden dabei mit der Farbe Gelb eingefärbt, Anteile in der Klasse „Stark gefährdet“ über 5 % mit der Farbe Rot. Anteile der Klasse „gesund“ über 80 % werden als grün hinterlegt. Diese Maske bietet dem Landwirt einen Hinweis darüber in welche Richtung sich das Ketose-Geschehen bewegt und hilft ihm Fütterungsdefizite zu

erkennen bzw. die Auswirkungen von Anpassungen im Herdenmanagement zu verfolgen. Die Maske Probemelkungen listet für das ausgewählte Kontrolljahr die Summe der jeweiligen KetoMIR-Klassifizierungen je Probetermin auf, ergänzt um die Durchschnitte der MLP-Ergebnisse. In der Tabelle „Übersicht Kontrolljahr“ werden die prozentualen Klassenanteile für das Prüfljahr ausgewiesen und entsprechendem dem oben beschriebenen Schema farbig hinterlegt. Folgt man dem Link auf den Probetermin werden die KetoMIR-Klassen im Ampelfarbensystem je Tier zusammen mit den MLP-Ergebnissen angezeigt. Die MLP-Werte werden entsprechend den hinterlegten Grenzwerten eingefärbt. Über den Link bei den Tieren zu der Ereignisliste kann die KetoMIR-Klassifizierung z.B. gegen Diagnosen, Beobachten, Kalbungen, Belegungen, MLP-Ergebnisse etc. überprüft werden. In der Tabelle „Übersicht Kontrolltag“ finden sich wieder die bekannten KetoMIR-Herdenanteile mit Ampelfärbung. Nach mehr als 4 Jahren in der Routineanwendung kann seitens des LKV B.W. folgendes Resümee gezogen werden. KetoMIR wurde gut von den Betrieben und Beratern angenommen, verspätete oder fehlende Ergebnisse werden meistens sofort nachgefragt. KetoMIR wird von den Fütterungsberatern zur Beurteilung und Anpassung der Fütterungssituation verwendet. KetoMIR ersetzt jedoch nicht den Tierarzt und die direkte Beschäftigung des Landwirtes mit dem Einzeltier und der Herde.

Energiebilanz – MIR - Bericht – E-MIR

Es wurde beim LKV B.W. weiterer Bedarf gesehen das Management der Herde hinsichtlich Energieversorgung mit weiteren MIR-Parametern zu verbessern. Dazu wurde in einem ersten Schritt ein zusätzlicher MLP-

Bericht entwickelt der sich auf die Darstellung der Energiebilanz in der Herde konzentriert – E-MIR und dabei mehrere MIR-Parameter integriert: Energiebilanz EB-NEL aus der Kooperation von DLQ, OptiKUH und LKV B.W., die Fettsäuren aus der EMR/OptiMIR-RobustMilk-Kooperation gruppiert zu De-Novo und Preformed (FSG), die Energie-Detect-Klassifizierung (ED), entwickelt von CLASEL im Rahmen des OptiMIR-Projektes sowie die KetoMIR-Klassen und -Wahrscheinlichkeitswerte. Die KetoMIR-2-Prediktionen sollen dabei evaluiert und feinjustiert werden. Der Bericht wird in zwei Ausgaben erstellt, eine Ausgabe für den Landwirt mit vorerst weniger Informationen, begrenzt auf EB-NEL und KetoMIR-1-Klasse, sowie eine erweiterte Version für LKV-Berater mit zusätzlich EB-NEL, KM 1+2, FSG, ED.

Ausgabe für den Landwirt

Der Landwirt erhält eine Tierliste mit MLP-Ergebnissen ergänzt um die Energiebilanz-NEL und die KetoMIR-1-Klassen, sortiert aufsteigend nach Laktationstagen. Unter der Tierliste folgt eine Tabelle mit Herdendurchschnitten für die MLP- und Energie-MIR-Parameter. Gruppirt wird nach Laktationsdrittel und Kuhstatus (Färsen F und Kühe K), Kuhstatus und alle Kühe. Für die KetoMIR-Klassen werden wieder die prozentualen Gruppenanteile ausgewiesen und nach dem Ampelsystem farbig hinterlegt. Die Darstellung der Energiebilanz gegen die Laktationstage erfolgt über eine Punktegrafik mit Unterscheidung zwischen Kühen und Färsen. Die Punkte innerhalb der ersten 120 Tage werden zusätzlich mit der KetoMIR-Ampelfarbe hinterlegt. Zum einfacheren Einordnung des Betriebes werden Populationsmittel gruppiert nach Rasse, Laktationswoche, Kuhstatus, Probezeit und

Probemonat vorberechnet und basierend darauf eine grüne Schätzkurve errechnet und mit grüner Farbe, getrennt nach Kühe und Färsen in die Grafik integriert. Herdenkurven basierend auf den EB-Probetagdaten werden ebenfalls geschätzt und getrennt für Kühe und Färsen in gelber Farbe gezeichnet. Damit lassen sich mehrere Vergleiche für den Betrieb machen, das Gesamtniveau des Betriebes, Unterschiede im Laktationsverlauf, Unterschiede zwischen Kühen und Färsen. Betrieb und Berater können daraus ihre Schlüsse für das Herdenmanagement ziehen. Man erkennt deutlich den typischen Verlauf von negativen EB-Werten zu Beginn der Laktation hin zu positiven Werten in der Mitte und vor der Trockensteherphase.

Ausgabe für den LKV Berater

Die Tierliste des Beraters enthält zusätzlich den prozentualen Anteil der Fettsäuregruppen De-Novo und Preformed. Die De-Novo-Gruppe wird als Summe der kurzkettigen und mittelkettigen Fettsäuren berechnet, C6 – C14. Die Preformed-Gruppe wird als der Summe der langkettigen Fettsäuren gebildet, C17 + C18. Zusätzlich wird als Energiebilanzparameter die Energie-Detect-Klasse ausgegeben, dabei handelt es sich um einen Klassifizierungsalgorithmus welcher auf Herdenebene Tiere mit einer extremen Unterversorgung (-) sowie Überversorgung (+) relativ zum Betriebsdurchschnitt markiert. Bei den KetoMIR-Werten wird zusätzlich die KetoMIR-2-Klassifizierung ausgegeben sowie die jeweiligen KetoMIR-Wahrscheinlichkeiten als Wert zwischen 0 und 1 um Klassengrenzgänger besser erkennen zu können. Die E-MIR-Tabelle mit Herdendurchschnitten für die LKV-Berater ist um Mittelwerte für Fettsäuregruppen sowie KetoMIR-2-Klassenanteile er-

weitert. Die Grafiken in der LKV-Berateransicht wurden nach dem Prinzip der EB-Grafik um eine getrennte Darstellung der Fettsäuregruppen De-Novo und Preformed erweitert. Auch hier erkennt man deutlich den typischen Verlauf der Fettsäuregruppenanteile. Zu Beginn der Laktation dominieren langkettige Fettsäuren aus der Körperfettmobilisierung, der Anteil aus der Neogenese ist reduziert. In der Mitte der Laktation drehen sich die Verhältnisse. Gegen Ende der Laktation nehmen die Preformed-Anteile durch die reduzierte Fütterung wieder leicht zu und die Neogenese-Anteile leicht ab.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die Planung für das Jahr 2020 sieht im MIR-Parameter-Bereich eine starke Erweiterung des Angebotes beim LKV B.W. vor. Die MIR-Technologie wird dabei weiterhin als Schlüsseltechnologie betrachtet. Die Informationsbasis wird zur weiteren Optimierung des Herdenmanagements kontinuierlich erweitert, u.a. durch neue Berichte wie Energie-MIR (E-MIR) und Eutergesundheit-MIR. Außerdem ist geplant weitere MIR-Parameter im Herdenmanager zu integrieren, z.B. Energiebilanz, Fettsäuren, Ketonkörper, Methan, MastiMIR etc. Hinsichtlich des E-MIR-Berichtes wurde eine Evaluierung durch LKV-Berater und eine kontinuierliche Korrektur begonnen. Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden: Passen die Ergebnisse zur vorgefundenen Situation? Welchen Einfluss hat die Futterzusammensetzung (z.B. Fettsäurezusätze, geschützte Fettsäuren)? Müssen Darstellung und Grenzwerte optimiert werden? Kann KetoMIR-1 durch KetoMIR-2 abgelöst werden? Außerdem sollen Interpretations- und Handlungsanweisungen für den optimalen Umgang mit E-MIR erarbeitet werden. Auch die Ver-

wendbarkeit der KetoMIR-Ergebnisse in der züchterischen Selektion soll weiter untersucht werden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des COMET-Projekts D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) gefördert, das vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET-Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt wird. Das COMET-Programm wird von der FFG abgewickelt.

Literatur

- Dale L.M., A. Werner, H. Spiekers, P. Hertel-Böhnke, E. Stamer, F. Gollé-Leidreiter, M. Au, F. Onken. 2019. Prediction of evaluated energy balance (NEL and ME) in dairy cows by milk mid-infrared (MIR) spectra. ICAR Technical Series 2019: 137-141
- Grelet, C., J.A. Fernández Pierna, P. Dardenne, V. Baeten, F. Dehareng. 2015. Standardization of milk mid-infrared spectra from a European dairy network. *J. Dairy Sci.*, 98(4): 2150-2160.
- Grelet, C., C. Bastin, M. Gelé, J.B. Davière, M. Johan, A. Werner, R. Reding, J.A. Fernandez-Pierna, F.G. Colinet, P. Dardenne, and N. Gengler. 2016. Development of Fourier transform mid-infrared calibrations to predict acetone, β -hydroxybutyrate, and citrate contents in bovine milk through a European dairy network. *J. Dairy Sci.*, 99(6): 4816-4825.
- Hamann, H., Werner, A., Dale, L., Herold, P. 2017. Genetic analyses of ketosis and a newly developed risk indicator in Fleckvieh, Braunvieh and German Holstein. ICAR Technical Series no. 22, 105-108.
- Soyeurt, H., D. Bruwier, J.-M. Romnee, N. Gengler, C. Bertozzi, D. Veselko, P. Dardenne. 2009. Potential estimation of major mineral contents in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.*, 92(6): 2444-2454.
- Werner A., F. Gollé-Leidreiter, K. Droessler, F. J. Auer, M. Mayerhofer, A. Köck, C. Egger-Danner, L.M. Dale. 2019. "KetoMIR2" - modelling of ketosis risk using vets diagnosis and MIR spectra for dairy cows in early lactation ICAR Technical Series 2019: 303-307.

Digitalisierung in der Milchviehhaltung – Früherkennung von Stoffwechselerkrankungen durch den Einsatz von Sensoren

Lena Lemmens

Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität Wien

Einleitung

Die Zeit um die Geburt und der nachfolgende Laktationsbeginn stellen eine kritische Phase für Milchkühe dar. Eine negative Energiebilanz – unter anderem resultierend aus zu geringer Futteraufnahme bei gleichzeitig hohem Energiebedarf, plötzlicher Futterumstellung, falscher Rationszusammensetzung sowie Stress durch Geburt und Umstallung – erhöhen die Gefahr von Stoffwechselerkrankungen wie beispielsweise Hypocalcämie, Ketose, Pansenacidose und Labmagenverlagerungen (Allen et al., 2013; Duffield, 2000; LeBlanc et al., 2010; Overton et al., 2017). Stoffwechselstörungen treten häufig subklinisch auf und werden somit oftmals nicht oder erst spät erkannt. Bis zu 30 % der Milchkühe leiden an dieser Form von Stoffwechselproblemen (Dohoo and Martin, 1984; Duffield et al., 1997). Diese führen zu erheblichen ökonomischen Verlusten für den Betrieb, verursacht durch geringere Milchleistung, das Auftreten von Folgeerkrankungen, wie erhöhte Infektionsanfälligkeit, Mastitiden, Metritiden und Reproduktionsstörungen, sowie Behandlungskosten bis hin zu Abschaffung oder Verlust des Tieres (Goff et al., 2008; Seifi et al., 2011; Roemen et al., 2018; Sordillo et al., 2009). 3,4 % der Abgänge bei Milchkühen in Österreich werden auf Stoffwechselprobleme zurückgeführt. Während es bei Fleckvieh 3,3 % sind, verzeichnet die Rasse Holstein sogar 5,5 % der Abgangsursachen

durch Stoffwechselerkrankungen (Jahresbericht ZuchtData, 2019).

Die Früherkennung von Stoffwechselstörungen stellt vor allem bei der stetig steigenden Zahl an Milchkühen pro Betrieb eine Herausforderung dar (Britt et al., 2018). Der Einsatz von moderner Sensortechnik im Kuhstall kann dazu beitragen diese Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und vorzubeugen (Barkema et al., 2015; Hogeveen et al., 2003; Mottram, 1997).

Möglichkeiten durch Sensoren

Heutzutage ist eine Vielzahl von kommerziell erhältlichen Sensoren am Markt vertreten. Die Verwendung von Sensorik zur automatischen Brunsterkennung sowie von bevorstehenden Abkalbungen wird häufig angewandt und bietet ein gewisses ökonomisches Potential (Barkema et al., 2015; Nagl et al., 2003; Reith et al., 2014). Aber auch im Gesundheitsmonitoring gewinnen sie zunehmend an Bedeutung. Aktivitätsmessungen, Fressverhalten und Wiederkautätigkeit sind bereits weit verbreitete Parameter, die zur Gesundheitsüberwachung herangezogen werden (Roemen et al., 2018; Schirmann et al., 2016). So finden sie bereits zur Erkennung von Mastitiden und Lahmheiten Anwendung (Haladjian et al., 2018; Hogeveen et al., 2010).

Sensoren können auch zur Tierortung im Stall eingesetzt werden. Dies spart vor allem bei

größeren Tierbeständen Arbeitszeit, liefert aber genauso wichtige Hinweise zu Tiergesundheit, Produktivität und Wohlbefinden (Roemen et al., 2018). Über längere Aufenthalte an bestimmten Orten können Rückschlüsse auf bevorzugte Bereiche gewonnen werden und somit Hinweise auf Hitzestress, Aufenthaltszeit am Futtertisch oder vermehrtes Liegen gegeben werden (Dittrich et al., 2019; Porto et al., 2014; Wang et al., 2019).

Entscheidend für die Funktion aller Sensorsysteme sind Algorithmen – sie errechnen sich durch Änderungen und Kombinationen der Parameter, die am Tier aufgezeichnet werden - Ereignisse wie Brunst, Abkalbung oder Erkrankungen - und können so Alarme generieren (Greenwood et al., 2018; Maatje et al., 1997).

Melksysteme liefern zusätzlich aktuelle Daten zu Milchleistung, Milchinhaltsstoffen, Kraftfutteraufnahme, Wiederkautätigkeit, Aktivität und Körpergewicht. Alle diese Parameter und ihre Abweichungen werden mit Stoffwechselerkrankungen in Verbindung gebracht (de Mol et al., 2015; Elischer et al., 2013; Vanhoudt et al., 2015). Automatische Milchanalysen – durch sogenannte In-Line Milk Analyzer – liefern Werte zu Milchinhaltsstoffen wie Fett, Eiweiß, Aceton und Beta-Hydroxybutyrat. Somit ist es möglich tierindividuell das Risiko eines Energiemangels und in weiterer Folge einer Ketose festzustellen (Jenkins et al., 2015; Roemen et al., 2018; Schcolnik, 2013).

Aktivitätsmessung

Accelerometer sind mit Beschleunigungssensoren ausgestattete Systeme, welche die Aktivität bei Kühen messen. Sie erlernen die für das Trägartier typischen Verhaltensmuster. Diese sind je nach Kuh unterschiedlich und müssen über einen gewissen Zeitraum vom System erlernt werden. In weiterer Folge werden dann bei Abweichungen von diesen

Bewegungsmustern Alarme erzeugt (Rahmann et al., 2018). Genauso können durch Sensorsysteme Informationen zu Fressverhalten und Wiederkautätigkeit erhoben werden. Dabei gibt es unterschiedliche Positionsmöglichkeiten für die Sensoren – sie können sowohl am Hals, am Ohr als auch am Bein fixiert werden (Nagl et al., 2003). Sie werden typischerweise zur Brunsterkennung und Feststellung des idealen Besamungszeitpunktes eingesetzt. Allerdings können über bestimmte Verhaltensmuster und Abweichungen auch Hinweise auf eine anstehende Abkalbung sowie auf Erkrankungen, wie zum Beispiel Mastitis, gegeben werden (Nagl et al., 2003; Roemen et al., 2018; Stangaferro et al., 2016).

Leidet eine Kuh an Stoffwechselproblemen wie SARA oder Ketose, kann bereits eine Woche vor dem Auftreten von klinischen Symptomen ein Abfallen der Wiederkautätigkeit festgestellt werden. Auch Labmagenverlagerungen können durch eine verminderte Aktivität, weniger Wiederkauen und geringere Milchleistung bereits Tage vor dem klinischen Krankheitsbild erkannt werden (Antanaitis et al., 2010; Steensels et al., 2017).

Tabelle 1: Auftretende Stoffwechselprobleme und damit verbundene Parameteränderungen

Stoffwechselproblem	Verhaltensänderung	Referenz
Hypocalcämie	↑ Liegezeit	Sepúlveda-Varas et al. (2014)
	↓ Frequenz Futteraufnahme	Jawor et al. (2015)
	↓ Frequenz Wasseraufnahme	Jawor et al. (2015)
	↓ Aktivität	Sepúlveda-Varas et al. (2014)
Ketose	↑ Liegezeit	Itle et al. (2015)
	↓ Aktivität	Liboreiro et al. (2015)
	↓ Wiederkautätigkeit	Steensels et al. (2017)
	↓ Futteraufnahme	King et al. (2018)
	↓ Frequenz Futteraufnahme	Goldhawk et al. (2009)
Pansenacidose	↓ Wiederkautätigkeit	Steensels et al. (2017)
	↑ Pansentemperatur	Wahrmund et al. (2012)
	↓ Pansen-pH	AlZahal et al. (2009)
Labmagenverlagerung	↓ Wiederkautätigkeit	Steensels et al. (2017)
	↓ Aktivität	Antanaitis et al. (2010)
	↓ Milchleistung	Antanaitis et al. (2010)

Einen wichtigen Indikator stellt außerdem die Frequenz und Dauer der Futteraufnahme dar. Während bei subklinischen Ketosen anfangs noch keine Änderung in der Wiederkautätigkeit festgestellt werden kann, verbringen diese Kühe bereits weniger Zeit am Futtertisch und weisen weniger Besuche an den Kraftfutterstationen auf (Goldhawk et al., 2009).

Studien haben gezeigt, dass bereits bis zu drei Wochen vor der Abkalbung vermehrtes Liegen, eine geringere Aktivität und eine herabgesetzte Futteraufnahme bei Kühen aufgezeichnet werden können, die im weiteren Laktationsverlauf an einer klinischen Ketose erkranken (Itle et al., 2015; Liboreiro et al., 2015; Rodriguez-Jimenez et al., 2018; Steensels et al., 2017).

Hypocalcämische Zustände sind durch eine verringerte Aktivität, einem Anstieg an Liegezeit sowie durch weniger und kürzere Fresszeiten an Futtertisch und Kraftfutterstationen gekennzeichnet (Jawor et al., 2012; Itle et al., 2015).

Temperaturmessung

Die Körpertemperatur ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Tiergesundheit. Hierfür können Pansen-Boli eingegeben werden, die kontinuierlich die Pansen-temperatur messen und eine nicht invasive Methode darstellen. Da die Temperatur im Pansen prinzipiell höher ist und von mehreren Faktoren, wie Futter- und Wasseraufnahme, Umgebungstemperatur und Jahreszeit, Melkungen und Laktationszahl, abhängig ist, kann sie nicht der Körpertemperatur gleichgesetzt werden, gibt aber dennoch wertvolle Hinweise (Bewley et al., 2008; Liang et al., 2013; Sievers et al., 2004). Durch einen deutlichen Abfall der Pansentemperatur am Tag vor der Kalbung, kann dieses System auch Hinweise zu anstehenden Geburten geben (Humer et al., 2015).

Im Bereich Stoffwechselerkrankungen dienen solche Boli zur Erkennung subklinischer Pansenacidosen. Dies ist möglich, weil die Pansentemperatur bei sinkendem pH-Wert steigt, da bei der Fermentation kraftfutterreicher

Rationen zunehmend Wärme produziert wird (AlZahal et al., 2009; Wahrmund et al., 2012).

Durch die aufgezeichneten Temperaturschwankungen im Pansenmilieu können Rückschlüsse auf das Trinkverhalten gezogen werden und somit wichtige Hinweise zur Wasserversorgung und Hitzestress liefern (Ipema et al., 2008). Kühe, die an Hypocalcämie leiden, weisen eine geringere Häufigkeit an Wasseraufnahme auf, welche durch dieses System aufgezeichnet werden kann (Jawor et al., 2015).

Automatische Melksysteme besitzen die Möglichkeit über die Milchtemperatur Messungen durchzuführen. Dadurch kann eine erhöhte Temperatur bei Milchkühen festgestellt werden. Sie sind allerdings zwingend an eine Melkung gebunden und liefern dadurch nur einzelne Werte mit größeren Intervallen. Wie in Studien gezeigt wurde, liegt die Milchtemperatur in etwa 0.5°C niedriger als vaginal gemessene Vergleichswerte, was durch den Milchfluss von den Melkbechern zu den Sensoren erklärt wird. Allerdings beeinflussen Milchertrag pro Melkung, Melkgeschwindigkeit und Temperatur der Milchschläuche diese Form der Temperaturmessung (Pohl et al., 2014; Roemen et al., 2018).

Auch über an Ohren angebrachte Sensoren ist die Bestimmung der Körpertemperatur möglich (Davis et al., 2003; Rutten et al., 2017).

Pansen-pH-Messung

Fällt der pH-Wert des Pansens über einen gewissen Zeitraum unter 5,8, wird dies als subakute Pansenacidose (SARA) bezeichnet. Bis zu 33 % aller Milchkühe leiden in etwa an dieser Form der Pansenacidose, ohne dass sie diagnostiziert wird. Als Folge kommt es unter

anderem zu einer verminderten Futteraufnahme, einer geringeren Milchleistung, Konditionsverlust und Klauenerkrankungen (Kleen & Cannizzo, 2012).

Aufgrund der natürlichen Schwankung des Pansen-pHs im Tagesverlauf ist es schwer repräsentative Pansensaftproben zu erhalten und zuverlässig eine SARA zu diagnostizieren. Die Entnahme solcher Pansensaftproben ist durch Ruminocentese möglich. Da dies allerdings ein relativ invasives Verfahren darstellt, mit einem erhöhten Risiko an Bildung von Abszessen und Peritonitiden, findet die Ruminocentese in der Praxis keine Anwendung. Bei der weniger invasiven oralen Entnahme von Pansensaft mittels Pansensonde kommt es leicht zur Verfälschung von Ergebnissen durch die Vermischung mit Speichel (Duffield et al., 2004).

In diesem Bereich können Pansensensoren, die wie Boli eingegeben werden, wertvolle Daten liefern. Diese zeichnen über einen gewissen Zeitraum den Verlauf des Pansen-pHs auf und übermitteln diese Werte. Allerdings weisen Pansensensoren aufgrund des pH-Wertes im Pansenmilieu eine geringe Lebensdauer auf (Roemen et al., 2018).

Studien haben gezeigt, dass bereits in der Transitphase ein niedriger Pansen-pH die Wahrscheinlichkeit einer SARA postpartum deutlich erhöht. Somit besteht die Möglichkeit gefährdete Kühe frühzeitig zu erkennen und zu behandeln (Humer et al., 2015).

Um einen Herdenüberblick zu erhalten, ist es nicht zwingend notwendig jede Kuh mit einem Pansensensor auszustatten. So sind bereits 9 eingegebene Boli ausreichend um den Herdenstatus zu kontrollieren (Jonsson et al., 2019).

Körperkondition - BCS

Aufzeichnungen zum Körpergewicht liefern wichtige Daten zur Trockenmasseaufnahme von Milchkühen sowie Änderungen in der Körperkondition. Hier finden häufig integrierte Waagen in AMS-Systemen und *walkover*-Wiegesysteme Anwendung. Mithilfe dieser Systeme ist es teilweise auch schon möglich die Gewichtsverteilung auf den Gliedmaßen festzustellen und somit eine automatische Lahmheitsbeurteilung durchzuführen (Van de Gucht et al., 2017). Inzwischen sind auch 3D-Kameras in Verwendung, die automatisch ein Body Condition Scoring durchführen. Hierbei werden von unterschiedlichen Regionen Bilder angefertigt, sobald sich die Kühe unter der Kamera befinden und eine Bewertung wird durchgeführt. Die Vorteile dieses Systems ergeben sich aus regelmäßig erhobenen Werten und Aufzeichnung von deren Verlauf (Roemen et al., 2018; Song et al., 2019; Spoli-ansky et al., 2016).

Vorteile durch Sensorsysteme

- Hinweise auf subklinische Stoffwechselstörungen
- Erkennung von klinischen Erkrankungen erfolgt 24-48 Stunden früher
- geringere Krankheitsanfälligkeit
- verbesserte Reproduktion
- Milchproduktion bleibt erhalten
- mehr Tierwohl durch frühe Erkennung
- Bessere Veterinär-Diagnosen möglich
- Geringerer Einsatz von Medikamenten

- Reduzierter Arbeitsaufwand im Bereich Beobachtung von kranken Tieren, Medikamentengabe und Tiersuche

Schlussfolgerung

Es gibt eine Vielzahl an Sensoren, die dazu beitragen können, Stoffwechselstörungen bei Milchkühen zu erkennen und eine klinische Manifestation vorzubeugen. Eine frühzeitige Behandlung und Prävention ist aus der Sicht des Tierwohls und der Produktivität immer vorzuziehen (Broom & Fraser, 2015).

Entscheidend für eine höhere Genauigkeit dieser Technik sind mehrere Systeme, die verschiedene Parameter erheben – so können durch eine Kombination von Milchleistung, Aktivität, Wiederkauen, Fressverhalten, Temperatur und Pansen-pH – genauere Hinweise gegeben werden.

Ausschlaggebend für den erfolgreichen Einsatz dieser Sensorsysteme sind mehrere Faktoren: Welche Technik passt am besten zum Betrieb und zum Landwirt, welche Kosten sind damit verbunden, wie ist die Lebensdauer des Systems, wie zuverlässig arbeitet es und wie hoch ist die Benutzerfreundlichkeit? Weitere wichtige Aspekte sind die Kompatibilität mit anderen Systemen und der Zugriff für Tierärzte auf die erhobenen Daten.

Sensortechnik kann als hilfreiches Werkzeug im Management angesehen werden, kann es allerdings nicht ersetzen. So sollten Kühe mit abweichenden Parametern stets beobachtet und gegebenenfalls untersucht werden. Aspekte wie Fütterung, besonders in der Transitphase, BCS, Laktationsstadium und Laktationsanzahl sollten immer mitberücksichtigt werden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des COMET-Projekts D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) durchge-

COMET-Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt wird. Das COMET-Programm wird von der FFG abgewickelt.

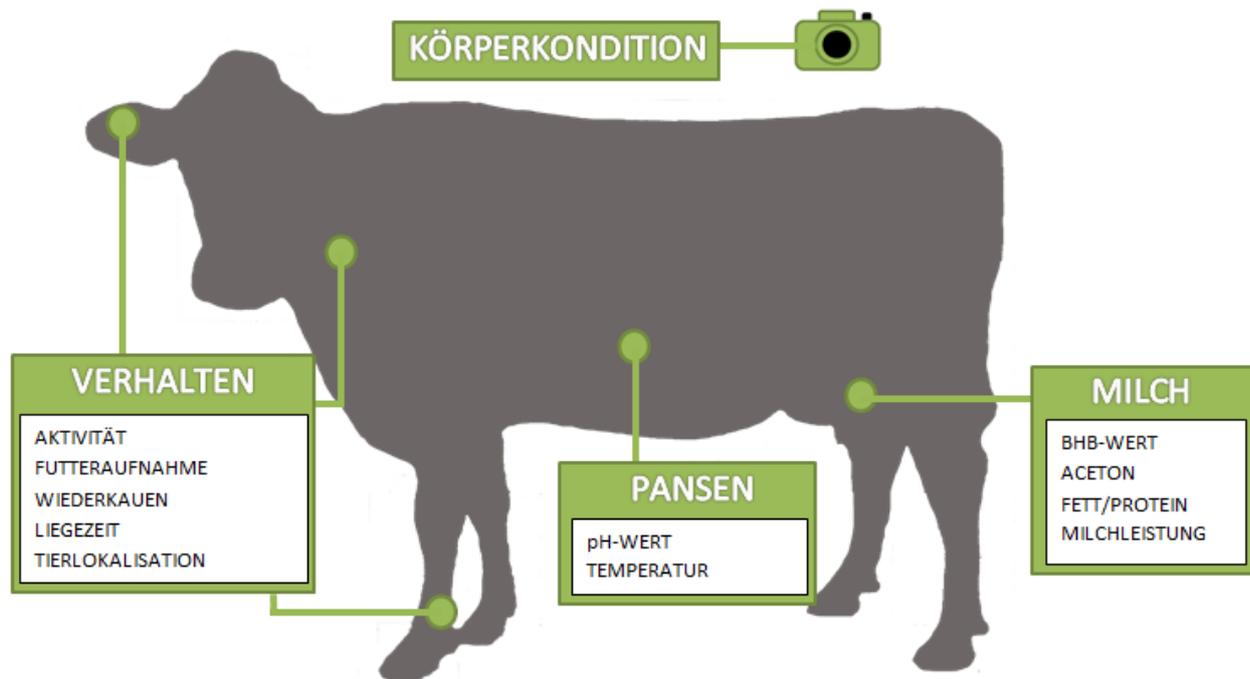


Abbildung 1: Anwendungsmöglichkeiten von Sensoren am Tier.

führt, das vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von

Literatur

- ALLEN, M. S., & PIANTONI, P. (2013). Metabolic control of feed intake: Implications for metabolic disease of fresh cows. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), 279-297.
- ALZAHAL, O., STEELE, M. A., VALDES, E. V., & MCBRIDE, B. W. (2009). The use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5697-5701.
- ANTANAITIS, R., ŽILAITIS, V., JUOZAITIENĖ, V., & ŽIOGAS, V. (2010). Impact of health status of cows, season and stages of lactacion on daily walking activity, milk yields, conductivity and body weight. *Veterinarija ir Zootechnika*, (49), 3-7.
- BARKEMA, H. W., VON KEYSERLINGK, M. A. G., KASTELIC, J. P., LAM, T. J. G. M., LUBY, C., ROY, J. P., LEBLANC, S. J., KEEFE, D. F., & KELTON, D. F. (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7426-7445.
- BEWLEY, J. M., EINSTEIN, M. E., GROTT, M. W., & SCHUTZ, M. M. (2008). Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(12), 4661-4672.
- BRITT, J. H., CUSHMAN, R. A., DECHOW, C. D., DOBSON, H., HUMBLLOT, P., HUTJENS, M. F., JONES, G. A., RUEGG, P. S., SHELDON, I. M., & STEVENSON, J. S. (2018). Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3722-3741.
- DAVIS, J. D., VANZANT, E. S., PURSWELL, J. L., GREEN, A. R., BICUDO, J. R., GATES, R. S., HOLLOWAY, L. E., & SMITH, W. T. (2003). Methods of remote, continuous temperature detection in beef cattle. In 2003 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

- DE MOL, R. M., VAN DIJK, J., TROOST, M. H., STERK, A., JORRITSMA, R., & HOGEWERF, P. H. (2015). 2. Early detection of metabolic disorders in dairy cows by using sensor data. In Precision livestock farming applications: Making sense of sensors to support farm management (pp. 274-280). Wageningen Academic Publishers.
- DITTRICH, I., GERTZ, M., & KRIETER, J. (2019). Alterations in sick dairy cows' daily behavioural patterns. *Heliyon*, 5(11), e02902.
- DOHOO, I. R., & MARTIN, S. W. (1984). Subclinical ketosis: prevalence and associations with production and disease. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 48(1), 1.
- DUFFIELD, T. F., KELTON, D. F., LESLIE, K. E., LISSEMORE, K. D., & LUMSDEN, J. H. (1997). Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *The Canadian Veterinary Journal*, 38(11), 713.
- DUFFIELD, T. (2000). Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of North America: Food Animal Practice*, 16(2), 231-253.
- DUFFIELD, T., PLAIZIER, J. C., FAIRFIELD, A., BAGG, R., VESSIE, G., DICK, P., WILSON, J., ARAMINI, J., & MCBRIDE, B. (2004). Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 59-66.
- ELISCHER, M. F., ARCEO, M. E., KARCHER, E. L., & SIEGFORD, J. M. (2013). Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6412-6422.
- GOFF, J. P. (2008). Transition cow immune function and interaction with metabolic diseases. In Proc. 17th Annu. Tri-State Dairy Nutr. Conf. The Ohio State University, Columbus (pp. 45-57).
- GOLDHAWK, C., CHAPINAL, N., VEIRA, D. M., WEARY, D. M., & VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2009). Parturition feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4971-4977.
- GREENWOOD, P. L., PAULL, D. R., MCNALLY, J., KALINOWSKI, T., EBERT, D., LITTLE, B., SMITH, D. V., VALENCIA, P., INGHAM, A. B., & BISHOP-HURLEY, G. J. (2018). Use of sensor-determined behaviours to develop algorithms for pasture intake by individual grazing cattle. *Crop and Pasture Science*, 68(12), 1091-1099.
- HALADJIAN, J., HAUG, J., NÜSKE, S., & BRUEGGE, B. (2018). A wearable sensor system for lameness detection in dairy cattle. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2), 27.
- HOGVEEN, H., & OUWELTJES, W. (2003). Sensors and management support in high-technology milking. *Journal of Animal Science*, 81(15_suppl_3), 1-10.
- HOGVEEN, H., KAMPHUIS, C., STEENEVELD, W., & MOLLENHORST, H. (2010). Sensors and clinical mastitis—The quest for the perfect alert. *Sensors*, 10(9), 7991-8009.
- HUMER, E., GHAREEB, K., HARDER, H., MICKDAM, E., KHOL-PARISINI, A., & ZEBELI, Q. (2015). Periparturient changes in reticuloruminal pH and temperature in dairy cows differing in the susceptibility to subacute rumen acidosis. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8788-8799.
- IPEMA, A. H., GOENSE, D., HOGEWERF, P. H., HOUWERS, H. W. J., & VAN ROEST, H. (2008). Pilot study to monitor body temperature of dairy cows with a rumen bolus. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(1), 49-52.
- ITLIE, A. J., HUZZEY, J. M., WEARY, D. M., & VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2015). Clinical ketosis and standing behavior in transition cows. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 128-134.
- JAWOR, P. E., HUZZEY, J. M., LEBLANC, S. J., & VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2012). Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1240-1248.
- JENKINS, N. T., PEÑA, G., RISCO, C., BARBOSA, C. C., VIEIRA-NETO, A., & GALVÃO, K. N. (2015). Utility of inline milk fat and protein ratio to diagnose subclinical ketosis and to assign propylene glycol treatment in lactating dairy cows. *The Canadian Veterinary Journal*, 56(8), 850.
- JONSSON, N. N., FERGUSON, H. J., KOH-TAN, H. C., MCCARTNEY, C. A., CERNAT, R. C., STRACHAN, E. M., THOMSON, W., SNELLING, T. J., HARVEY, C. D., ANDONOVIC, I., MICHIE, C. & WALLACE, R. J. (2019). Postmortem observations on rumen wall histology and gene expression and ruminal and caecal content of beef cattle fattened on barley-based rations. *Animal*, 1-14.
- KING, M. T. M., SPARKMAN, K. J., LEBLANC, S. J., & DEVRIES, T. J. (2018). Milk yield relative to supplement intake and rumination time differs by health status for fresh cows milked with automated systems. *Journal of Dairy Science*, 101(11), 10168-10176.
- KLEEN, J. L., & CANNIZZO, C. (2012). Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1-2), 4-8.

- LEBLANC, S. (2010). Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of Reproduction and Development*, 56(S), S29-S35.
- LIANG, D., WOOD, C. L., MCQUERRY, K. J., RAY, D. L., CLARK, J. D., & BEWLEY, J. M. (2013). Influence of breed, milk production, season, and ambient temperature on dairy cow reticulorumen temperature. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5072-5081.
- LIBOREIRO, D. N., MACHADO, K. S., SILVA, P. R., MATURANA, M. M., NISHIMURA, T. K., BRANDÃO, A. P., ENDRES, M. I. & CHEBEL, R. C. (2015). Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 6812-6827.
- MAATJE, K., DE MOL, R. M., & ROSSING, W. (1997). Cow status monitoring (health and oestrus) using detection sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, 16(3), 245-254.
- MOTTRAM, T. (1997). Automatic monitoring of the health and metabolic status of dairy cows. *Livestock Production Science*, 48(3), 209-217.
- NAGL, L., SCHMITZ, R., WARREN, S., HILDRETH, T. S., ERICKSON, H., & ANDRESEN, D. (2003, September). Wearable sensor system for wireless state-of-health determination in cattle. In *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE Cat. No. 03CH37439)* (Vol. 4, pp. 3012-3015). IEEE.
- OVERTON, T. R., MCART, J. A. A., & NYDAM, D. V. (2017). A 100-Year Review: Metabolic health indicators and management of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10398-10417.
- POHL, A., HEUWIESER, W., & BURFEIND, O. (2014). Assessment of milk temperature measured by automatic milking systems as an indicator of body temperature and fever in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4333-4339.
- PORTO, S. M. C., ARCIACONO, C., GIUMMARRA, A., ANGUZZA, U., & CASCONI, G. (2014). Localisation and identification performances of a real-time location system based on ultra wide band technology for monitoring and tracking dairy cow behaviour in a semi-open free-stall barn. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 221-229.
- RAHMAN, A., SMITH, D. V., LITTLE, B., INGHAM, A. B., GREENWOOD, P. L., & BISHOP-HURLEY, G. J. (2018). Cattle behaviour classification from collar, halter, and ear tag sensors. *Information Processing in Agriculture*, 5(1), 124-133.
- REITH, S., BRANDT, H., & HOY, S. (2014). Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livestock Science*, 170, 219-227.
- RODRIGUEZ-JIMENEZ, S., HAERR, K. J., TREVISI, E., LOOR, J. J., CARDOSO, F. C., & OSORIO, J. S. (2018). Prepartal standing behavior as a parameter for early detection of postpartal subclinical ketosis associated with inflammation and liver function biomarkers in peripartal dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 8224-8235.
- ROEMEN, J., & DAANDELS, Y. (2018). *Best Practice Guide on Metabolic Diseases in European Dairy Farms and the Use of Technology to detect metabolic diseases*. 4d4f.eu
- RUTTEN, C. J., KAMPHUIS, C., HOGEVEEN, H., HUIJPS, K., NIELEN, M., & STEENEVELD, W. (2017). Sensor data on cow activity, rumination, and ear temperature improve prediction of the start of calving in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 132, 108-118.
- SCHCOLNIK, T. (2013). In-line milk analysis: animal health monitoring for improved dairy farm management decisions. Afimilk. veterinarian or advisor to ensure that the actions suit your farm. icar.org
- SCHIRMANN, K., WEARY, D. M., HEUWIESER, W., CHAPINAL, N., CERRI, R. L. A., & VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2016). Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9917-9924.
- SEIFI, H. A., LEBLANC, S. J., LESLIE, K. E., & DUFFIELD, T. F. (2011). Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 188(2), 216-220.
- SEPÚLVEDA-VARAS, P., WEARY, D. M., & VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2014). Lying behavior and postpartum health status in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6334-6343.
- SIEVERS, A. K., KRISTENSEN, N. B., LAUE, H. J., & WOLFFRAM, S. (2004). Development of an intraruminal device for data sampling and transmission. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13, 207-210.
- SONG, X., BOKKERS, E. A. M., VAN MOURIK, S., KOERKAMP, P. G., & VAN DER TOL, P. P. J. (2019). Automated body condition scoring of dairy cows using 3-dimensional feature extraction from multiple body regions. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4294-4308.
- SORDILLO, L. M., CONTRERAS, G. A., & AITKEN, S. L. (2009). Metabolic factors affecting the inflammatory response of periparturient dairy cows. *Animal Health Research Reviews*, 10(1), 53-63.

- SPOLIANSKY, R., EDAN, Y., PARMET, Y., & HALACHMI, I. (2016). Development of automatic body condition scoring using a low-cost 3-dimensional Kinect camera. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7714-7725.
- STANGAFERRO, M. L., WIJMA, R., CAIXETA, L. S., AL-ABRI, M. A., & GIORDANO, J. O. (2016). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7395-7410.
- STEENSELS, M., MALTZ, E., BAHR, C., BERCKMANS, D., ANTLER, A., & HALACHMI, I. (2017). Towards practical application of sensors for monitoring animal health: the effect of post-calving health problems on rumination duration, activity and milk yield. *Journal of Dairy Research*, 84(2), 132-138.
- VAN DE GUCHT, T., SAEYS, W., VAN NUFFEL, A., PLUYM, L., PICCART, K., LAUWERS, L., VANGEYTE, J. & VAN WEYENBERG, S. (2017). Farmers' preferences for automatic lameness-detection systems in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5746-5757.
- VANHOUDT, A., VAN WINDEN, S., FISHWICK, J. C., & BELL, N. J. (2015). Monitoring cow comfort and rumen health indices in a cubicle-housed herd with an automatic milking system: a repeated measures approach. *Irish Veterinary Journal*, 68(1), 12.
- WAHRMUND, J. L., RONCHESEL, J. R., KREHBIEL, C. R., GOAD, C. L., TROST, S. M., & RICHARDS, C. J. (2012). Ruminal acidosis challenge impact on ruminal temperature in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 90(8), 2794-2801.
- WANG, J., ZHANG, H., JI, J., ZHAO, K., & LIU, G. (2019). Development of a Wireless Measurement System for Classifying Cow Behavior Using Accelerometer Data and Location Data. *Applied Engineering in Agriculture*, 35(2), 135-147.
- ZUCHTDATA. (2019). ZuchtData-Jahresbericht 2019. <https://www.zar.at/Downloads/Jahresberichte/ZuchtData-Jahresberichte.html>; aufgerufen am: 24.2.2020.

Identifikation von Risikofaktoren für Stoffwechselerkrankungen durch Big Data-Analysen

Caspar Matzhold^{1,2}, Jana Lasser^{1,2}, Christa Egger-Danner³, Franz Steininger³, Birgit Fuerst-Waltl⁴, Stefan Thurner^{1,2,5,6}, Peter Klimek^{1,2}

¹Complexity Science Hub Vienna, ²Section for Science of Complex Systems, CeMSIIS, Medizinische Universität Wien, ³ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, ⁴Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, ⁵IIASA, ⁶Santa Fe Institute, USA

Hintergrund und Zielsetzung

Die Digitalisierung in der Milchwirtschaft birgt das Versprechen Tierkrankheiten früher erkennen und gezielter verhindern zu können [1]. Dies wird insbesondere durch das Sammeln, Zusammenführen und Analysieren von Daten möglich, die häufig zu Routinezwecken ohnehin erfasst werden [2]. Das beinhaltet etwa Systeme welche Melkdaten, Fütterungsdaten oder andere Leistungsdaten aufzeichnen [3]. Die Identifikation von Risikofaktoren für Erkrankungen auf Basis solcher Daten wird jedoch erheblich dadurch erschwert, dass insbesondere häufige Stoffwechselerkrankungen oft durch ein Zusammenspiel von mehreren Faktoren gleichzeitig verursacht werden [4].

In dieser Arbeit präsentieren wir zum ersten Mal einen systematischen Zugang um die Effekte von Fütterungs- und anderen Betriebsmanagementpraktiken auf häufige Tiererkrankungen zu untersuchen. Wir betrachten dabei Ketose, Milchfieber, Lahmheit, Euterentzündungen, und Eierstockzysten. Das Ziel dabei ist es betriebsspezifische Risikoprofile für unterschiedliche Krankheiten erstellen zu können, d.h. an welcher Art von Betrieb welche Krankheiten häufiger oder weniger häufig als in anderen Betrieben vorkommen, und inwiefern einzelne Managementpraktiken in

Zusammenhang mit diesem Risikoprofil stehen können.

Daten und Methoden

Daten. Wir verwenden Daten, welche in Vorprojekten gesammelt wurden. Dies beinhaltet insbesondere Daten aus dem „Efficient Cow“ Projekt [5], aus dem umfangreiche Informationen zu Futtermittelaufnahme, Milchleistung, Körpergewicht, Körpermaße, Tiergesundheit, sowie eine Vielzahl von Kennzahlen zum Betrieb vorliegen. Basierend auf Daten von 167 österreichischen Betrieben und 6.519 Kühen, können wir so den Zusammenhang von ca. 240 unterschiedlichen Variablen mit unterschiedlichen Krankheiten untersuchen.

In der Analyse gehen wir in zwei Schritten vor. Im ersten Schritt identifizieren wir Gruppen von ähnlichen Betrieben mittels einer Hauptkomponentenanalyse und untersuchen die Krankheitshäufigkeiten in diesen Gruppen. Im zweiten Schritt werden multivariate Regressionsmodelle ausgewertet um zu verstehen, welche Betriebsmerkmale am besten beobachtete Unterschiede in Krankheitshäufigkeiten erklären können. Im Folgenden werden diese beiden Auswertungsschritte kurz beschrieben.

Hauptkomponentenanalyse. Die Hauptkomponentenanalyse (HKA, oder auch bekannt als Principal Component Analysis, PCA) ist ein

mathematisches Verfahren der multivariaten Statistik zur Dimensionalitätsreduktion [6]. Sie identifiziert diejenigen Kombinationen von Variablen, welche die beobachtete Streuung in den Daten am besten erklären können. Diejenige Linearkombination von Variablen, welche die Varianz in den Daten am besten erklären kann, ist die sogenannte erste Hauptkomponente (PC1). Jede weitere Hauptkomponente steht orthogonal zu allen bisherigen Komponenten in einer Art und Weise, welche die übrig bleibende Varianz größtmöglich reduziert. Häufig wird neben der ersten auch die zweite Hauptkomponente (PC2) betrachtet, um eine zweidimensionale Beschreibung eines hochdimensionalen Datensatzes zu ermöglichen. Es ist zu erwarten, dass untereinander ähnliche Betriebe auch ähnliche Hauptkomponenten besitzen. Gruppen von ähnlichen Betrieben können somit durch Clus-

teringverfahren wie k-means im Hauptvektorraum bestimmt werden: sie bilden „Haufen von Punkten“ mit ähnlichen Hauptkomponentenwerten. Innerhalb solcher Gruppen können wir dann Krankheitshäufigkeiten getrennt betrachten.

Multivariate Regression. Um herauszufinden welche Betriebsmerkmale die unterschiedlichen Krankheitshäufigkeiten am stärksten beeinflussen, betrachten wir multivariate Regressionsmodelle. Jede Erkrankung eines Tieres entspricht einer Beobachtung. Als Werte für die unabhängigen Variablen werden diejenigen Beobachtungen genommen, die zeitlich am nächsten vor der Erkrankung erfasst wurden. Als Kontrollgruppen wurden Tiere ohne Erkrankungen betrachtet mit den zuletzt beobachteten Werten. Für jede Variable und jede Krankheit wird dabei ein Modell ausge-

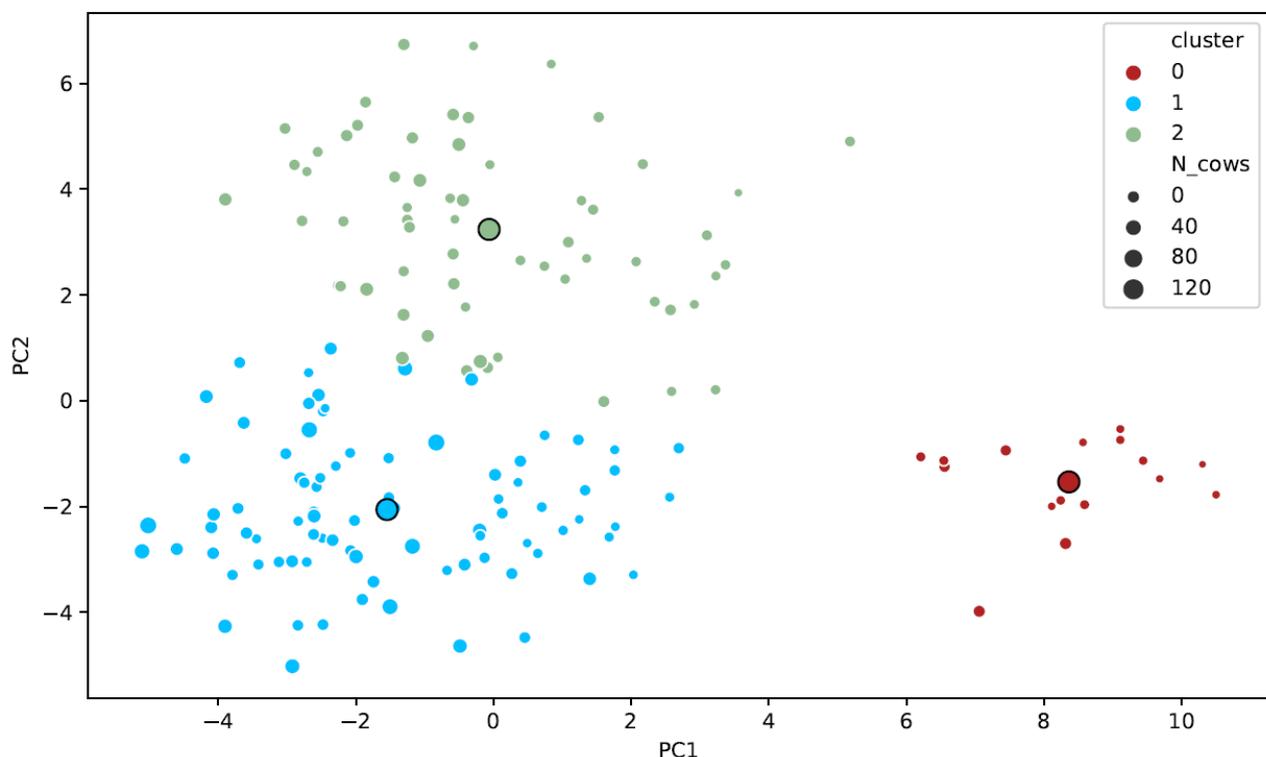


Abbildung 1: Hauptkomponenten- und Clusteranalyse der Betriebe in den Efficient Cow Daten. Jeder Punkt entspricht einem Betrieb; die Größe der Punkte ist proportional zur Anzahl der Kühe an dem Betrieb. Es lassen sich drei Cluster von Betrieben erkennen, welche durch unterschiedliche Farben dargestellt sind.

wertet, in dem für Laktation, Jahreszeit, Rasse, Region, sowie das Leistungsniveau des Betriebs adjustiert wird. Kategorische Variablen werden dabei „one-hot-codiert“, d.h. für jede Ausprägung der kategorischen Variable wird eine eigene Variable erstellt mit dem Wert von 1 falls die entsprechende Ausprägung bei der Beobachtung vorliegt, und 0 anderenfalls. Im Modell werden nur Variablen-Krankheitspaare betrachtet, für die zumindest 50 Beobachtungen vorliegen. Multiple Testkorrektur erfolgt nach Benjamini-Hochberg.

Resultate und Diskussion

Drei Betriebscluster. Die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse der Efficient Cow

Daten wird in Abbildung 1 gezeigt. Dabei betrachten wir die ersten beiden Hauptkomponenten (PC1 und PC2) und stellen sämtliche Betriebe in diesem Koordinatensystem dar. Jeder Betrieb entspricht dabei einem Punkt mit Größe proportional zur Anzahl seiner Kühe. Es ist klar offensichtlich, dass drei Cluster von Betrieben vorliegen (rot, blau, grün). Der rote Cluster hat dabei hohe Werte in PC1 während sich grün und blau in erster Linie in PC2 unterscheiden.

Charakterisierung der Cluster. Um zu verstehen, welche Betriebe in den drei Clustern liegen, kann man nun auswerten, wie stark unterschiedliche Variablen zu den beiden ersten Hauptkomponenten beitragen. Diese Ergeb-

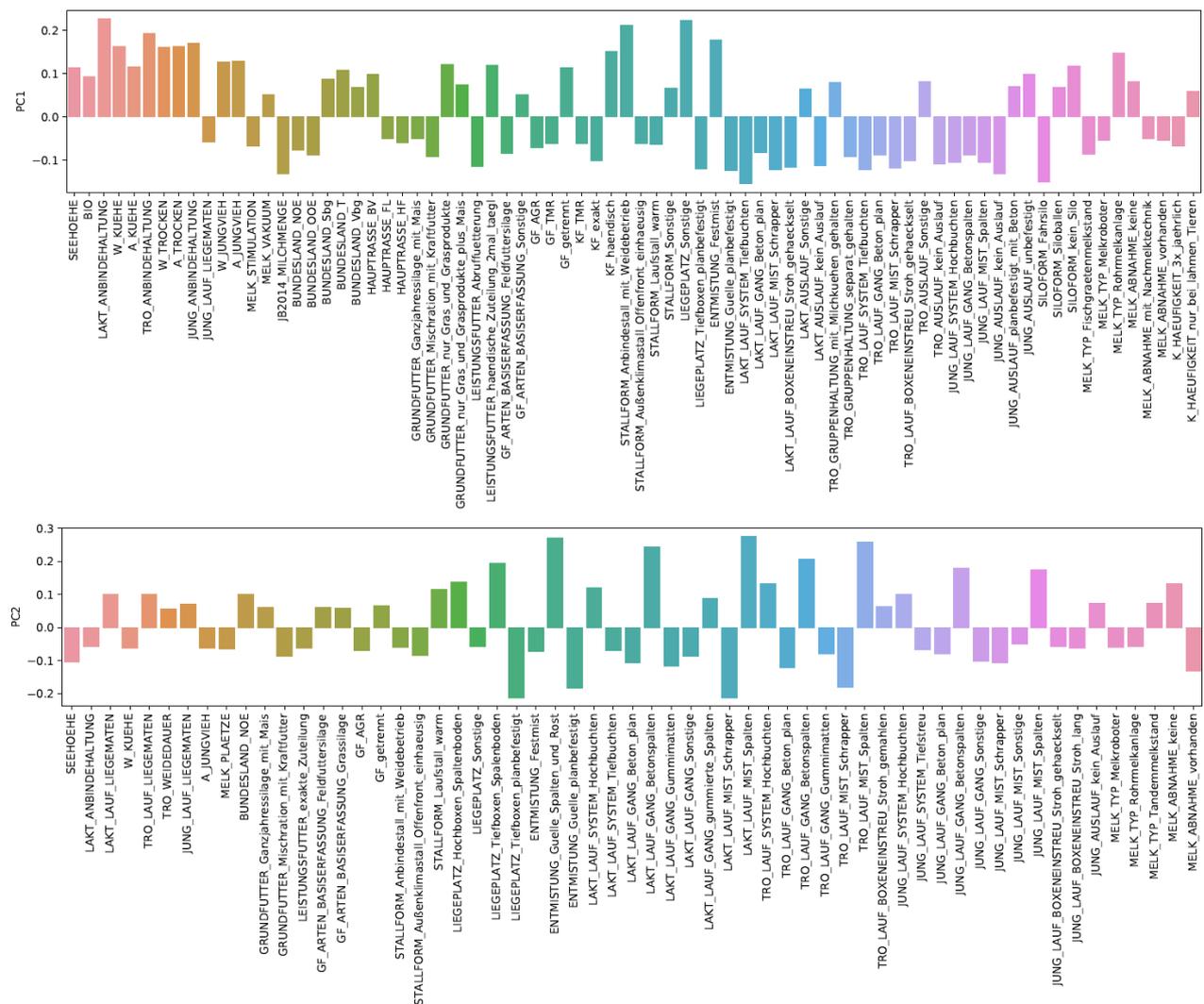


Abbildung 2: Profile der ersten (oben) und zweiten Hauptkomponente (unten)

nisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Betriebe, bei denen PC1 hoch ist (roter Cluster) sind tendenziell kleinere Biobetriebe mit Anbindehaltung sowie Weidebetrieb und Alpengen, typischerweise auf größerer Seehöhe, mit Festmist, händischem Kraftfutter, Rohrmelkanlagen, etc. Im grünen und blauen Cluster sind damit verstärkt größere Betriebe, die sich anhand der Merkmale in PC2 unterscheiden. Der grüne Cluster hat im Vergleich zum Blauen hohe PC2 Werte, was insbesondere bei Betrieben mit Spaltenboden und Laufställen der Fall ist.

Krankheitsprofile der Cluster. Die drei Cluster unterschieden sich mitunter stark in der Häufigkeit einzelner Diagnosen. Insgesamt die niedrigsten Häufigkeiten findet man im roten Cluster. Die Krankheitshäufigkeiten in den anderen Clustern werden in Abbildung 3 gezeigt. Dabei zeigen sich in Cluster 1 erhöhte Fälle von Ketosen im Vergleich zu Cluster 2, während in Cluster 2 wiederum wesentlich mehr Fälle von Lahmheit im Vergleich zu Cluster 1 zu finden sind.

Regressionsmodellen. Die vollständige Auswertung dieser Daten ist momentan noch im Gange, folgende vorläufige Resultate treten dabei bis jetzt am stärksten heraus. Bezüglich Fütterung, finden wir zum Beispiel dass die Aufnahme von Grassilage prädiktiv für stark reduzierte Risiken von Eierstockzysten (Odds Ratio [OR] von 0.39, 95 % Konfidenzintervall [KI] von 0.31-0.50), Ketose (OR 0.42, KI 0.27-0.67) und Milchfieber (OR 0.69, KI 0.55-0.88) ist. Der Futtermittelanteil von Heu zeigte weiters protektive Effekte für Mastitis (OR 0.20, KI 0.085-0.46) aber auch für andere Krankheiten wie Lahmheit (OR 0.53, KI 0.40-0.71). Das Risiko für Lahmheit erhöht sich auch stark mit der Aufnahme von Kraftfutter (OR 15, KI 9.3-24) und Maissilage (OR 8.7, KI 6.7-11). Ketose zeigt sich stark reduziert in Betrieben mit Alpengen von Jungtieren (OR 0.28, KI 0.18-0.43) sowie mit Boxeneinstreu von lang gehäckselten Stroh (OR 0.46, KI 0.33-0.64). Lahmheit wiederum nahm in Betrieben ohne Alpengen zu (OR 4.6, KI 3.4-6.2) sowie in Betrieben mit Hochbuchten (OR 3.2, KI 2.8-3.7) während sich das Lahmheitsrisiko in Betrieben mit

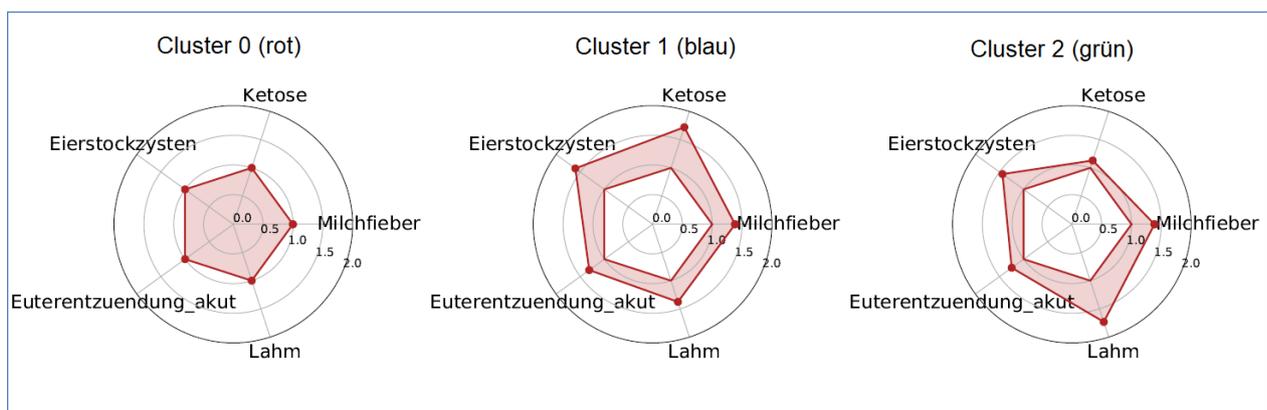


Abbildung 3: Vergleich der Krankheitshäufigkeiten in den drei Clustern, mit Cluster 0 (rot) als Referenzgruppe. Für Cluster 1 und 2 werden jeweils die relativen Risiken relativ zu Cluster 0 angegeben.

Risikofaktoren. Um diese Heterogenitäten besser zu verstehen, betrachten wir den Einfluss einzelner Risikofaktoren in multivariaten

Tiefbuchten reduzierte (OR 0.44, KI 0.40-0.50).

Das Ergebnis eines stark erhöhten Lahmheitsrisikos in Betrieben mit Hochbuchten ist damit konsistent mit dem Ergebnis einer Häufung von Lahmheiten in Betriebscluster 2 (grün), wo tendenziell eher Hochbuchten ein-

gesetzt werden. Dies führt exemplarisch vor, wie unsere Ergebnisse verwendet werden können um Risikoprofile für einzelne Betriebe erstellen zu können, und die wahrscheinlichsten Treiber von Unterschieden in den Krankheitshäufigkeiten identifizieren zu können.

Wir bitten zu beachten, dass dieses Dokument work in progress beschreibt und kleinere Verfeinerungen in der Auswertungs- und Berechnungsmethodik noch zu erwarten sind, bevor endgültige Resultate in einer wissenschaftlichen Publikation angestrebt werden.

Schlussbemerkungen

Bauernhöfe des 21. Jahrhunderts werden immer mehr zu digital integrierten Sensorsystemen. Mit unserem Zugang wollen wir zeigen, wie man die Informationen solcher Systeme zur Erhöhung des Tierwohls verwenden kann indem man diejenigen Managementpraktiken identifiziert, deren Anwendung zu den größten Risikoreduktionen einer Vielzahl von Krankheiten führt.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des COMET-Projekts D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) durchgeführt, das vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET-Kompetenzzentren für exzellente

Technologien unterstützt wird. Das COMET-Programm wird von der FFG abgewickelt.

Für diese Studie wurden Ergebnisse aus dem Projekt "Efficient Cow" verwendet, das vom österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, den Bundesländern, der ZAR mit Mitgliedsorganisationen und weiteren Partnerorganisationen unterstützt wurde.

Literatur

- [1] C. Lokhorst, R. de Mol und C. Kamphuis, „Invited review: Big Data in precision dairy farming,“ *Animal*, Bd. 13, Nr. 7, pp. 1519-1528, 2019.
- [2] T. Norton und D. Berckmans, „Developing precision livestock farming tools for precision dairy farming,“ *Animal Frontiers*, Bd. 7, Nr. 1, pp. 18-23, 2017.
- [3] J. Bewley, „Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability.,“ in *Proceedings of the first North American conference on precision dairy management*, Toronto, Canada, 2010.
- [4] A. Stone, „Precision dairy farming technology solutions for detecting dairy cow disease to improve dairy cow well-being,“ *Theses and Dissertations--Animal and Food*, Bd. 70, 2017.
- [5] F. Steininger, C. Fuerst, B. Fuerst-Waltl, L. Gruber, M. Mayerhofer, M. Ledinek, R. Weissensteiner, W. Zollitsch, K. Zottl und C. Egger-Danner, „Efficient cow: Strategies for on-farm collecting of Efficient cow: Strategies for on-farm collecting of phenotypes for efficiency traits,“ *ICAR Technical Series*, Bd. 19, pp. 167-174, 2015.
- [6] T. Hastie, R. Tibshirani, Friedman und Jerome, *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, Springer Series in Statistics, 2001.

Zusammenhang Stoffwechselstörungen mit Milchleistung, Fruchtbarkeit und anderen Erkrankungen

Astrid Köck, Martin Mayerhofer, Christa Egger-Danner
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH Wien

Einleitung

Stoffwechselstörungen treten nach der Abkalbung vermehrt auf. In dieser Phase ist der Energiebedarf durch die Milchproduktion höher als die Futteraufnahme, wodurch es zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten negativen Energiebilanz kommt. Obwohl der Großteil der Stoffwechselstörungen nicht sichtbar, aber unterschwellig vorhanden ist, senken diese Stoffwechselentgleisungen die Abwehrkraft der Kuh und erhöhen z.B. das Risiko für Mastitis- oder Klauenerkrankungen (Pieper und Mahlkow-Nerge, 2017).

Ketose ist die häufigste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. Da die betroffenen Kühe meist überhaupt keine Anzeichen einer Erkrankung zeigen, ist ein Erkennen sehr schwierig. Dem Landwirt stehen verschiedene Parameter und Tests zur Verfügung um subklinische Ketosen zu erkennen.

Fett-Eiweiß-Quotient > 1,5

Einen Hinweis auf subklinische Ketosen gibt der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) > 1,5 zu Beginn der Laktation, der in den Tagesberichten der Landeskontrollverbände (LKVs) oder im Onlineportal (LKV-Herdenmanager) ersichtlich ist.

Der FEQ-Cutpoint von 1,5 für die Erkennung von Ketose besitzt eine Sensitivität von 58-66 % und eine Spezifität von 69-71 % bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von $\geq 1,2 \mu\text{mol/l}$ (Duffield et al., 1997; van

Knegsel et al., 2010). Mit einem FEQ > 1,5 können in erster Linie deutliche Energiemangelzustände in der Herde während der ersten 100 Laktationstage aufgedeckt werden. Schwächer ausgeprägte Entgleisungen des Kohlenhydrat-Fettstoffwechsels in Richtung einer Ketose werden hingegen mit diesem Merkmal nicht sicher eingeschätzt (Pieper und Mahlkow-Nerge, 2017). Deswegen ist der FEQ nicht besonders gut geeignet, um beim Einzeltier Rückschlüsse auf eine mögliche Ketose zu ziehen bzw. sogar eine Ketose zu diagnostizieren (Pieper und Mahlkow-Nerge, 2017). Daher ist zu empfehlen, beim FEQ die ganze Herde zu betrachten.

Die durchschnittliche Häufigkeit von Kühen mit einem FEQ > 1,5 liegt auf Betriebsebene bei etwa 14 % bei Milchleistungskontrollergebnissen bis zum 100. Laktationstag. Stark erhöhte Frequenzen von >30 % finden sich in wenigen Betrieben (13,8 % und 8,1 % der Betriebe).

In Abbildungen 1 und 2 sind die Auswirkungen von einem erhöhten Anteil an Tieren mit einem FEQ > 1,5 auf die Herden-Milchleistung, Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit ersichtlich.

KetoMIR

KetoMIR wurde vom LKV Baden-Württemberg entwickelt (Dale et al., 2018). Mit Hilfe von tierärztlichen Ketose-Diagnosen und dem MIR-Spektrum der Milchproben aus den ersten 120 Laktationstagen aus der Milchleistungsprüfung wurde KetoMIR, ein dreistufiger Ketoseindex, entwickelt (Dale et al., 2018). Klasse 1 bedeutet geringes Ketose Risiko, Klasse 2 mittleres Ketose Risiko und Klasse 3 hohes Ketose Risiko.

Der KetoMIR Index besitzt eine Sensitivität von 68 % und eine Spezifität von 81 % um klinische Ketosen zu erkennen (Dale et al., 2018). KetoMIR ist ein Warnsystem zur Unterstützung des Herdenmanagements in den ersten 120 Laktationstagen wie z.B. der bisherige Fett/Eiweißquotient, ist aber keine Diagnose. Wie beim FEQ wird empfohlen, die ganze Herde zu betrachten.

Die durchschnittliche Häufigkeit von Kühen mit einem positiven KetoMIR Ergebnis liegt auf Betriebsebene bei etwa 14 %. Stark erhöhte Frequenzen von >30 % finden sich in 8,6 % der Betriebe.

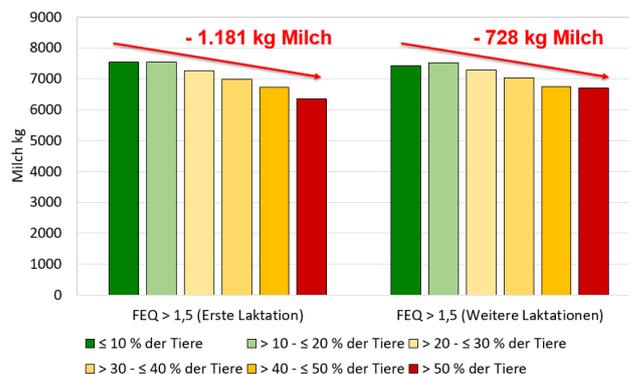


Abbildung 1: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Milchleistung

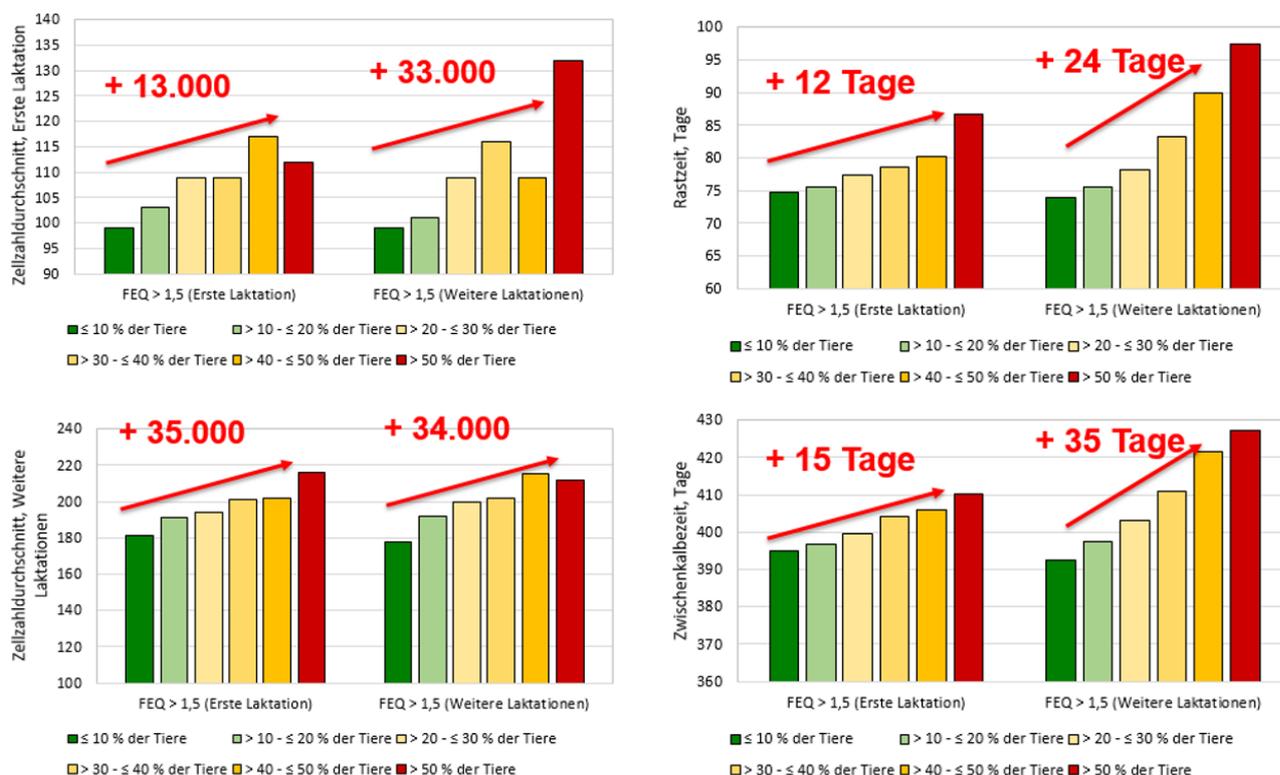


Abbildung 2: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit

In Abbildungen 3 und 4 sind die Auswirkungen von einem erhöhten Anteil an Tieren mit einem positiven KetoMIR Ergebnis auf die Herden-Milchleistung, Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit ersichtlich.

Milchketotest

Im Rahmen des Projektes „Effiziente Kuh“ wurde subklinische Ketose mittels Ketose-Teststreifen für Milch von der Firma Elanco nachgewiesen. Die Beurteilung erfolgt anhand der Verfärbung, wobei der Gehalt an β -Hydroxybutyrat (BHB), geschätzt wird (Elanco, 2010). Der Milchketotest besitzt eine Sensitivität von 69-77 % und eine Spezifität von 75-84 % für die Erkennung von Ketose bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von $\geq 1,4 \mu\text{mol/l}$ (Shire et al., 2013) bei einmaliger Testung.

Der Milchketotest wurde bei jeder Kuh zweimal während der frühen Laktation

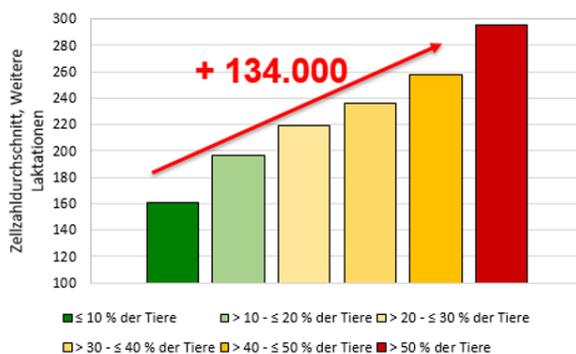
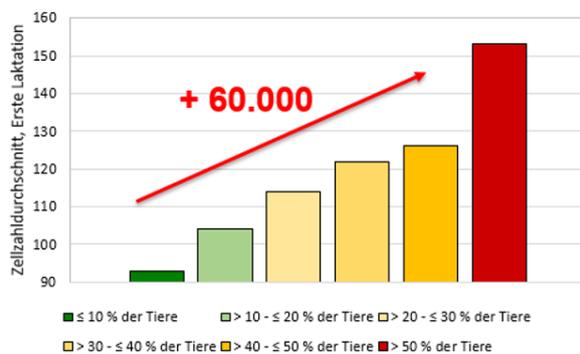
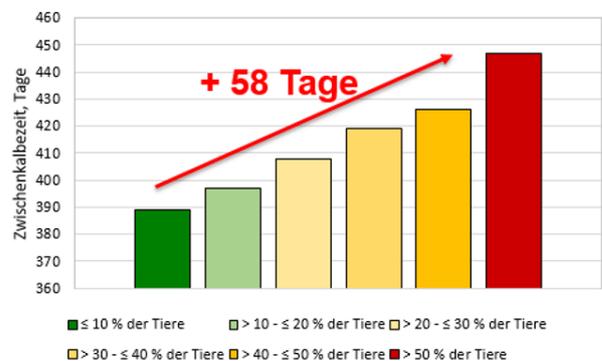


Abbildung 4: Auswirkungen von positivem KetoMIR Ergebnis auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit

durchgeführt, 7 und 14 Tage nach der Abkalbung. Bei einem Grenzwert von $100 \mu\text{mol/l}$ erscheinen 35,1 % der Kühe als Ketose verdächtig. Bei der Grenze von $\geq 200 \mu\text{mol/l}$ sind 13,6 % der Tiere mit Ketose erkrankt. Die Häufigkeit der Tiere mit Ketose nimmt mit der Laktation zu (von 9,8 % in der ersten Laktation auf 16,6 % in der fünften und höheren Laktation).



Abbildung 3: Auswirkungen von positivem KetoMIR Ergebnis auf Herden-Milchleistung



Die Ergebnisse, in Abbildung 5 ersichtlich, zeigen, dass Kühe mit subklinischer Ketose zu Beginn der Laktation einen erhöhten Fett-Eiweiß-Quotient und während der ganzen Laktation eine höhere Zellzahl aufweisen. Kühe mit einem Ketotest-Ergebnis von $\geq 200 \mu\text{mol/l}$ haben im Durchschnitt einen niedrigeren BCS. Die Abbildung zeigt auch, dass diese Tiere ihr Konditions-Defizit die ganze Laktation über im Durchschnitt nicht mehr aufholen. Ein erhöhter BHB-Wert erhöht auch die Zwischenkalbezeit um 15 Tage. Darüber hinaus haben Kühe mit subklinischer Ketose eine höhere Krankheitshäufigkeit für klinische Ketose, Milchfieber, Nachgeburtsverhaltung und Mastitis.

Blutketotest

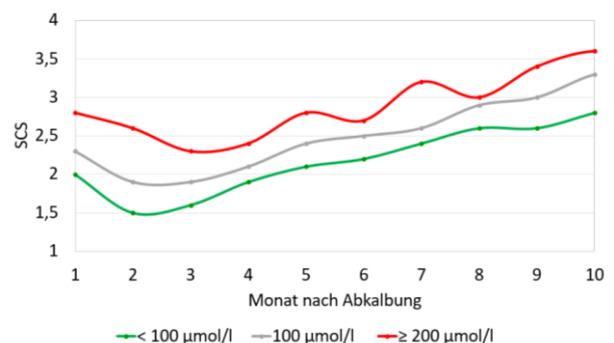
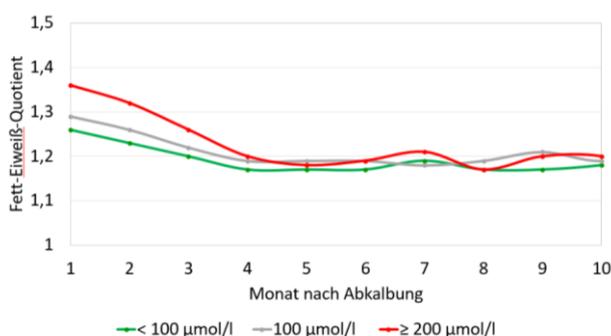
Im Rahmen des Projektes FoKUHs wird bei den teilnehmenden Betrieben eine Messung des Blut-BHB Wertes mit einem speziell für Kühe kalibrierten Messgerät von WellionVet BELUA bei allen erstlaktierenden Kühen einmal um den 7. Laktationstag und zusätzlich um den 14. Laktationstag durchgeführt. Dieser Blutketotest besitzt

eine Sensitivität von 96 % und eine Spezifität von 98 % für die Erkennung von Ketose bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von $\geq 1,2 \text{ mmol/l}$ (Khol et al., 2019).

Der Blutketotest identifizierte 6,9 % der erstlaktierenden Kühe auf den FoKUHs-Betrieben mit Ketose. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen vom Milchketotest, haben Kühe mit einem positiven Blutketotest Ergebnis zu Beginn der Laktation einen erhöhten Fett-Eiweiß-Quotient (nicht abgebildet).

Zusammenfassung

Die Frequenz von klinischer Ketose ist sehr niedrig ($\sim 1\%$). Subklinische Ketose tritt weitaus häufiger auf ($\sim 14\%$). Obwohl bei Tieren mit subklinischer Ketose keine sichtbaren Krankheitsanzeichen vorhanden sind, haben ein erhöhtes Auftreten deutliche negative Auswirkungen auf Milchleistung, Fruchtbarkeit, Zellzahl und Gesundheit in der Herde. Deshalb ist es bedeutsam, Stoffwechselstörungen möglichst frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden.



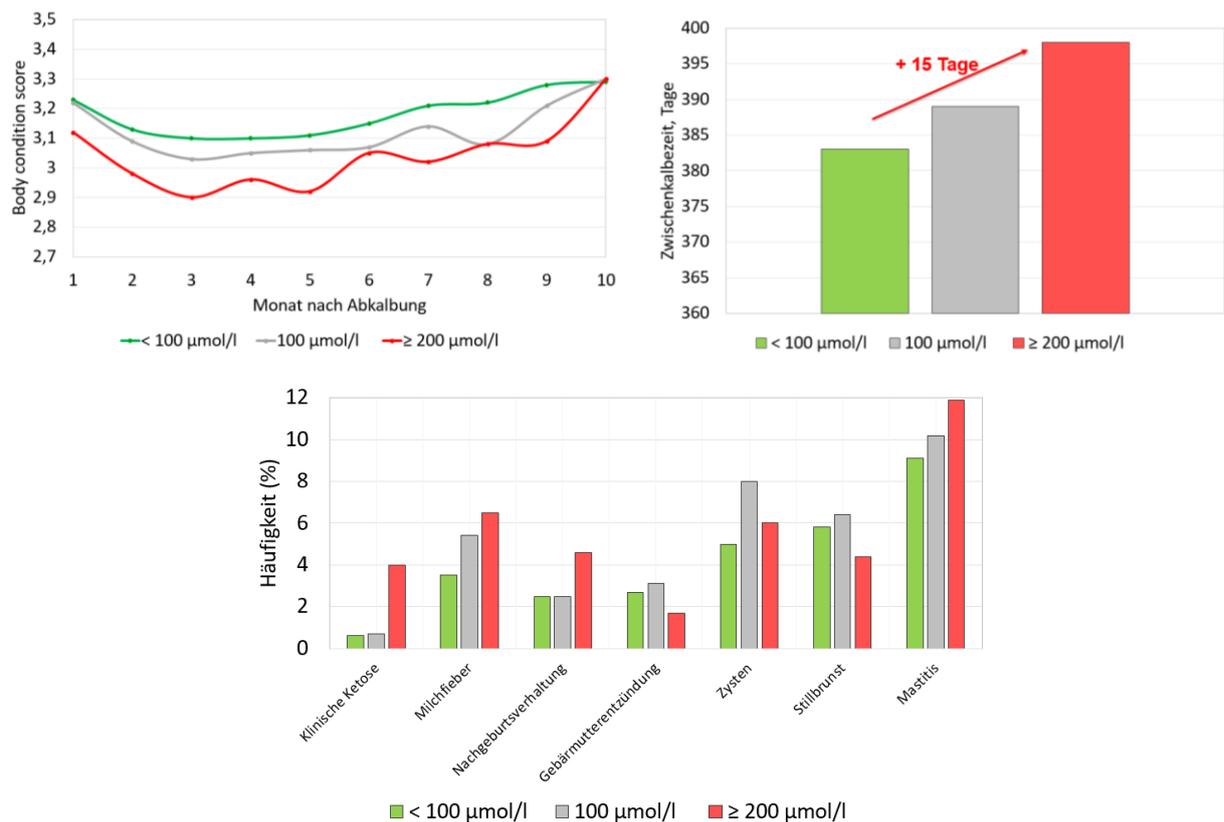


Abbildung 5: Zusammenhang Milchketotest-Ergebnis mit Fett-Eiweiß-Quotient, Zellzahl (SCS), Body Condition Score (BCS), Zwischenkalbezeit und andere Erkrankungen

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des COMET-Projekts D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) durchgeführt, das vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET-Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt wird. Das COMET-Programm wird von der FFG abgewickelt.

Literatur

- Dale, L. M., und Werner A., 2018. KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos auf Basis von MIR-Spektren (Model 2018). Persönliche Mitteilung.
- Duffield, T.F., Kelton D.F., Leslie K.E., Lissemore K.D., und Lumsden J.H., 1997. Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can. Vet. J.* 38:713–718.
- Elanco, 2010. Keto-Test – for testing milk ketones (Beta-hydroxybutyric acid).

<https://www.elanco.us/products-services/dairy/keto-test>.

- Khol, J. L., Freigassner K., Stanitznig A., Tichy A., und Wittek T., 2019. Evaluation of a handheld device for the measurement of beta-hydroxybutyrate in capillary blood obtained by the puncture of the vulva as well as in venous whole blood in cattle. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 22: 557–564.
- Pieper, J. T., und Mahlkow-Nerge K., 2017. In welchem Zusammenhang steht der Fett-Eiweiß-Quotient in der Milch zur Ketose des Rindes? https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/2017/FA_Rind_Nr.16_Zusammenhang_Fett-Eiweiß-Quotient_zur_Ketose.pdf.
- Shire, J., Gordon J. L., und Karcher E. L., 2013. Short communication: The effect of temperature on performance of milk ketone test strips. *J. Dairy Sci.* 96, 1677–1680.
- van Knegsel, A.T.M., van der Drift S.G.A., Horneman M., de Roos A.P.W., Kemp B., und Graat E.A.M., 2010. Short communication: Ketone body concentration in milk determined by Fourier transform infrared spectroscopy: Value for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3065–3069.

Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen

Karl Wurm

Landwirtschaftskammer Steiermark

Die Ketose ist eine häufig vorkommende Stoffwechselerkrankung von Milchkühen. Sie tritt in den ersten Wochen nach der Abkalbung durch Störungen im Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel auf. Damit die erkrankten Tiere möglichst rasch behandelt und Folgeschäden vermieden werden, ist es notwendig die Risikotiere im Stall zu erkennen. Die Tiere wirken matt, schwach und zeigen wenig Appetit. Sie verlieren Gewicht und die Milchleistung geht zurück. Die Atemluft riecht süßlich-obstartig. Der Kot wird fester und dunkler als normal. Erhöhte Konzentrationen von Ketonkörpern sind im Blut, Harn und in der Milch nachweisbar. Neben dem akuten Krankheitsbild der Tiere im Stall können auch die Daten und Auswertungen in den LKV Berichten und im LKV Herdenmanager sehr gute Hinweise auf Ketose und Schwachstellen im Fütterungs- und Haltungsmanagement liefern.

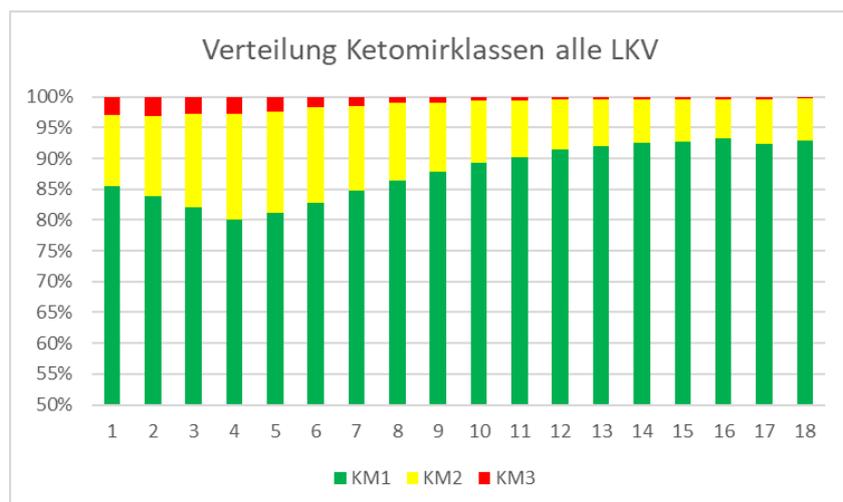


Abbildung: Verteilung der Ketoseklassen nach Laktationswochen in Österreich, LKV 2019

LKV Herdenmanager zur Ketose Erkennung und Vorbeuge nutzen

Nicht so sehr die Einzeltierdaten stehen im Fokus, sondern die Entwicklung der Gruppenmittel in den einzelnen Leistungsklassen und der Punktwolken in den Grafiken der Probemelkungen, sowie die Entwicklung der Leistungen und der Milchinhaltsstoffe im Jahresverlauf. Wertvolle Informationen über die Stoffwechselsituation der Herde über mehrere Jahre bietet auch der Betriebsvergleich in den Auswertungen. Mit KetoMir wird die Stoffwechselsituation der Herde und von Einzeltieren übersichtlich im Ampelsystem dargestellt.

Eine systematische Vorgangsweise ist bei der Interpretation der LKV Daten sinnvoll. So soll z.B. die Fütterungssituation bei der Leistungskontrolle dokumentiert werden. Nur so kann der jahreszeitliche Verlauf der

Daten über einen längeren Zeitraum richtig eingeschätzt werden. Die normalen Veränderungen der Milchleistung und Milchinhaltsstoffe müssen bei der Beurteilung berücksichtigt werden. In den ersten zwei Laktationswochen haben die Milchinhaltsstoffe eine geringe Aussagekraft und sollen daher nicht zur Interpretation der

Fütterung dienen. Eine getrennte Betrachtung von Erstlingskühen und Kühen ab der zweiten Laktation ist sinnvoll.

Folgende Daten und Darstellungen im LKV Tagesberichte und Herdenmanager liefern sehr gute Rückschlüsse auf die Fütterung bzw. Ketose:

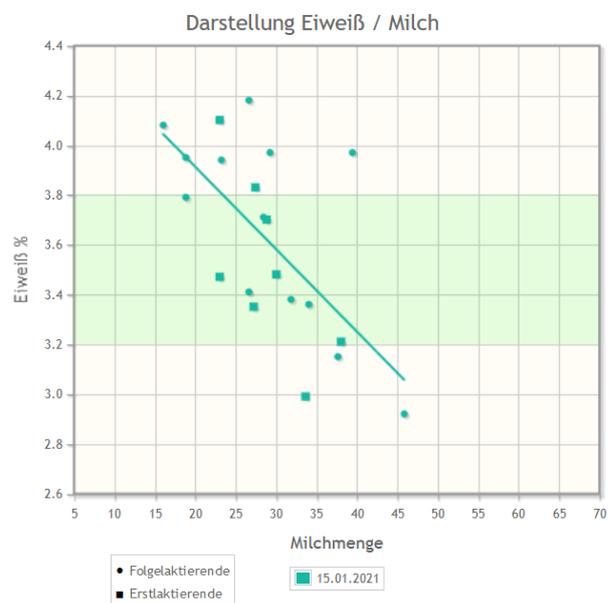
Tabelle Milchinhaltstoffe der Gruppenmittel nach Laktationstagen

Leistungsklasse	Anzahl Tiere	%	Lakt.-Tage	Milch kg	Fett %	Eiweiss %
1. Lakt. 1 - 100 Tg.	1	4,2	80,0	21,6	3,62	2,79
1. Lakt. 101 - 200 Tg.	2	8,3	180,5	20,5	4,33	3,12
1. Lakt. ab 200 Tg.	7	29,2	263,3	17,9	4,50	3,14
ab 2. Lakt. 1 - 100 Tg.	6	25,0	69,5	32,8	4,61	2,96
ab 2. Lakt. 101 - 200 Tg.	2	8,3	186,5	26,0	3,70	3,10
ab 2. Lakt. ab 200 Tg.	6	25,0	262,7	18,4	4,29	3,29
alle Lakt. 1 - 100 Tg.	7	29,2	71,0	31,2	4,52	2,94
alle Lakt. 101 - 200 Tg.	4	16,7	183,5	23,3	3,98	3,11
alle Lakt. ab 200 Tg.	13	54,2	263,0	18,2	4,40	3,21

Ein hoher Milchfettgehalt und niedrige Milcheiweißgehalte in den ersten 100 Laktationstagen sowie ein deutlich geringerer Milchfettgehalt und stark abfallende Milchleistungen nach den ersten 100 Laktationstagen sind Hinweise auf Stoffwechselerkrankungen in der Herde.

Grafik Eiweiß / Milch im Tagesbericht und Herdenmanager

Eine große Streuung der Milcheiweißgehalte bei ähnlicher Milchleistung sowie starke Unterschiede der Milcheiweißgehalte zwischen hoher und niedriger Milchleistung sind Hinweise auf eine unausgewogene Fütterung.



Darstellung KetoMir im Herdenmanager

Übersicht Kontrolltag 13.06.2017

Ketose Klasse 3	0%	0%	0%	< 5%
Ketose Klasse 2	0%	50%	43%	< 20%
Ketose Klasse 1	100%	50%	57%	> 80%
	1. Laktation	ab 2. Laktation	alle Laktationen	Zielwerte

Die farblichen Darstellungen der Ketoseklassen im Herdenmanager geben eine gute Übersicht über das Auftreten von Stoffwechselstörungen. Dabei müssen, wie auch bei anderen Darstellungen, Erstlingskühe getrennt von Kühen mit mehreren Laktationen beurteilt werden. Es können gute Rückschlüsse auf Probleme der Haltung und Fütterung im Laktationsverlauf bzw. im Jahresverlauf getroffen werden.

Worauf muss grundsätzlich bei der Fütterung von trockenstehenden Kühen geachtet werden?

Vor allem die energetische Überversorgung zu Laktationsende bzw. in der Trockenstehzeit erhöht das Ketoserisiko. Zu Beginn der Trockenstehzeit haben Kühe noch ein hohes Futteraufnahmevermögen, der Energiebedarf ist jedoch relativ niedrig. Somit genügt in der Regel ein Grundfutter mit mittlerer Energiedichte (5,5 bis 5,8 MJ NEL je Kilogramm Trockenmasse). Nachdem gut gewonnenes Grundfutter deutlich mehr Energie enthält, ist es häufig notwendig, die Ration mit spät gemähem Heu bzw. Stroh zu verdünnen. Auch der Eiweißbedarf ist mit 12 bis 14 % Rohprotein in der Trockenmasse relativ niedrig. Vorsicht bei eiweißreichen Mischrationen von laktierenden Kühen. Bei Rationen mit hohen Strohanteilen muss darauf geachtet werden, dass das

Futter nicht selektiert wird. Zudem ist auf eine ausreichende Mineralstoff- und Vitaminversorgung zu achten. Futterstroh muss hygienisch in Ordnung sein.

Erst in den letzten drei Wochen vor der Abkalbung steigt der Nährstoffbedarf stark an, zudem müssen die Tiere auf die Ration der laktierenden Kühe vorbereitet werden. Mit mäßigen Kraftfuttermengen wird der erhöhte Energiebedarf abgedeckt, die Bildung von Pansenzotten angeregt bzw. die Mikroben im Pansen auf die Ration in der Laktation vorbereitet.

Worauf muss bei der Haltung von trockenstehenden Kühen geachtet werden?

Besonders in den letzten zwei bis drei Wochen vor der Abkalbung brauchen die Kühe ausreichend Platz und sehr gute Luft- und Lichtverhältnisse. Stress in dieser Phase verstärkt die bereits einsetzende Verzehrsdepression und kann sehr früh zu Stoffwechselerkrankungen führen.

Kühe kurz vor der Abkalbung in die laktierende Herde zu geben verursacht meist großen Stress, da sie die Rangordnung neu festlegen müssen. Zudem sind viele Ställe voll und die Risikotiere können nicht rasch genug erkannt werden.

Spättrockensteher sollen deshalb in einem eigenen Bereich gehalten werden. Optimal sind ein gut eingestreuter Tieflaufbereich oder sehr großzügige Liegeboxen. Überbelegungen müssen vermieden werden. Für jedes Tier muss mindestens ein Fressplatz (besser 1,5) zur Verfügung stehen. In dieser Phase leiden Kühe häufig an einem Hitzestress. Im Trockensteherbereich muss es deshalb einen ausreichenden Luftaustausch

geben. Ventilatoren sind besonders für Trockensteher eine gute Investition. Gut gekühlte Trockensteher fressen besser.

Worauf muss bei der Fütterung zu Laktationsbeginn geachtet werden?

Die Kühe müssen ständig Zugang zu täglich frischem Futter haben. Das Futter muss ausreichend Struktur und eine hohe Nährstoffdichte haben.

Gutes Grundfutter muss großzügig vorgelegt und das Kraftfutter soll trotz des hohen Energiebedarfs langsam erhöht (rund 1,5 – 2 kg je Woche) werden. Das Kraftfutter soll pansenschonend sein. Die maximale Kraftfuttermenge soll bei Transponderfütterung erst nach ca. 4 bis 6 Wochen erreicht werden. Die Gesamtration soll einen Rohproteingehalt von 16 % in der Trockenmasse aufweisen. Bei gefährdeten Kühen kann stoßweise einmal täglich Propylenglykol gegeben werden.

Das Grund- und Kraftfutter muss eine gute hygienische Qualität aufweisen.

Beobachtung und Kontrolle von Transitkühen

- Futteraufnahme – Pansenfüllung täglich nach der Hauptfresszeit
- BCS bzw. Rückenfettdicke monatlich
- Ketose nach Bedarf ab ersten Laktationswoche (Teststreifen für Blut, Harn bzw. Milch) bzw. bei Risikotieren bereits eine Woche vor Abkalbung
- Temperatur kurz vor und nach der Abkalbung
- Klauengesundheit laufend
- Wiederkautätigkeit laufend
- Kotkonsistenz laufend

Literatur

DLG Arbeitskreis Futter und Fütterung, 2012: Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum; DLG Verlag GmbH, 2012

LKV Steiermark, Verteilung der Ketoseklassen nach Laktationswochen in Österreich, persönliche Mitteilung, 2019

Besonderheiten zur Energieversorgung bei weidebasierter Milchviehhaltung

Andreas Steinwider

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Bio-Institut

Einleitung

Die weidebasierte Low-Input Milchviehhaltung versucht durch Vereinfachung der Produktionstechnik, unter Ausnutzung des natürlichen Graswachstums (Vollweide, saisonale Frühjahrsabkalbung) und Minimierung von Hilfsstoffen, Zukauffutter und auch Arbeitszeit, eine nachhaltige Milcherzeugung zu erreichen. Als Ziel gilt die konsequente Minimierung des Aufwandes und Deckung der Jahresration soweit wie möglich mit dem billigsten Futter „Weidegras“. Im Vordergrund steht bei dieser Strategie nicht die Erzielung einer hohen Einzeltier-Milchleistung sondern einer hohen Grundfutter-Flächenleistung.

Begrenzte tägliche Weidefutteraufnahme

Speziell zu beachten ist, dass die tägliche Weidefutter-Trockenmasseaufnahme bei Vollweidehaltung begrenzt ist. Dies ist vorwiegend auf mechanisch-physikalische Begrenzungen (Futter-TM-Menge pro Bissen; Bissenanzahl pro Tag; Notwendigkeit für Ruhephasen etc.) zurückzuführen. Bei konsequenter Nutzung des Weidepotenzials können Grundfutterleistungen von etwa 20–25 kg Milch pro Tag aus der Weide erreicht werden. Weidemilchleistungen von 26–30 kg können nur vorübergehend und unter besten Weidebedingungen ausgefüttert werden (siehe Abb. 1).

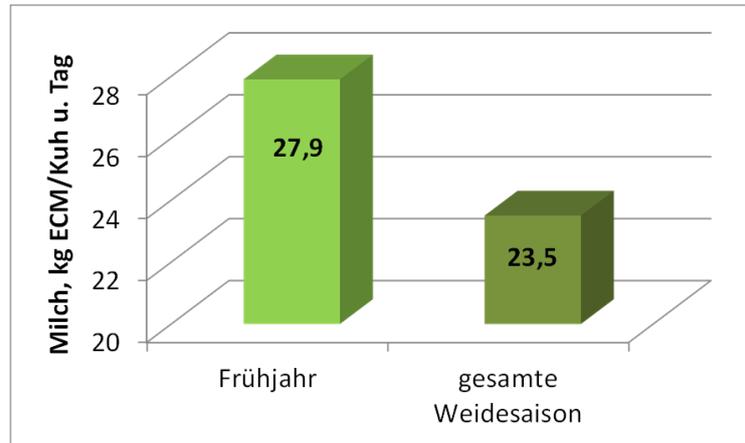


Abbildung 1: Milchleistung (kg ECM/Kuh u. Tag) aus der Weide im Frühjahr (April bis Juni) und während der gesamten Weidesaison (April bis Oktober) am Ökobetrieb Haus Riswick im Jahr 2010 in Deutschland (Berendonk 2011)

Ergänzungsfütterung mit Augenmaß

Die Weidefutteraufnahme ist für Rinder aufwändiger als das Fressen im Stall. Wenn Weidekühe im Stall Ergänzungsfutter in höheren Mengen erhalten, dann stellt sich auch das Graseverhalten um, die Weidefutteraufnahme geht in Folge zurück. Dies ist bei Low-Input Vollweidehaltung nicht erwünscht, da damit die Kosten steigen und die Weidegrasausnutzung (Flächeneffizienz) sinkt. Wenn hochleistende Kühe mit einer täglichen Milchleistung über etwa 35 kg auf Vollweidebetrieben gehalten werden, dann wird ein beachtlicher Teil der Milch aus den Körperreserven ermolken. Dies kann auch bei Weidehaltung daher zu deutlichen stoffwechselbelastenden Situationen führen. Üblicherweise würde man an höher leistende Tiere dann entsprechend Kraftfutter ergänzen. Unter Vollweidebedin-

gungen stößt man hier jedoch bereits bei geringen Ergänzungsmengen an die pansenphysiologischen Grenzen. Daher ist auch die Verdrängung des kostengünstigen Weidefutters durch die Kraftfutterzulage aus der Ration sehr hoch. Weidegras ist sehr energie- und zuckerreich und die Strukturwirksamkeit ist geringer als bei Heu oder Grassilage. Darüber hinaus kann das Kraftfutter bei Weidehaltung praktisch nur bei der Melkung vorgelegt werden. Daraus ergeben sich bei Vollweide tägliche Kraftfutterobergrenzen von etwa 4 (± 2) kg. Bei Ganztagsweide- und Vollweidehaltung liegt die Kraftfuttereffizienz (kg Milchleistungsanstieg/kg Kraftfüttererhöhung) im Durchschnitt zwischen 1,2 und 0,5 kg auf niedrigem Niveau. In den USA wurde dazu ein Versuch durchgeführt (s. Tab. 1), in dessen Rahmen je die Hälfte der Milchkühe ein hohes

bzw. geringes Weideangebot (25 bzw. 40 kg TM/Tier u. Tag) hatte und jeweils wenig bzw. viel Kraftfutter ergänzt wurde (Bargo et al. 2002). Dabei lag die Grundfutterverdrängung durch das Kraftfutter je nach Weideangebot bei 0,3 bzw. 0,6 kg TM und die Milchleistungssteigerung pro kg zugelegtem Kraftfutter nur bei 1,0 bzw. 0,7 kg. Zu beachten ist auch der deutliche Rückgang des Milchfettgehaltes bei hoher Kraftfuttermenge (über 8 kg/Tag), was auf Überschüsse an schnellfermentierbaren Kohlenhydraten bzw. auf Strukturmangel hinweist. Bei hoher Kraftfuttermenge wurde ein tieferer pH-Wert im Pansen, ein Rückgang der Weidefutter- und Gerüstsubstanzverdaulichkeit sowie der Grasedauer festgestellt.

Table 1: Einfluss des Weidefutterangebots und des Kraftfütterniveaus auf Milchleistung, Weidefutterverdrängung und Kraftfuttereffizienz (Bargo et al. 2002).

	Weideangebot gering			Weideangebot hoch			P-Werte		
	KF gering	KF hoch	Dif.	KF gering	KF hoch	Dif.	KF	Weide	KF x Weide
Kraftfutter, kg TM	0,8	8,6	7,8	0,7	8,7	8	< 0,01	0,56	0,36
Futtermenge, kg TM	18,3	24,1	5,8	21,2	24,8	3,6	< 0,01	< 0,01	0,01
Milch, kg	19,1	29,7	10,6	22,2	29,9	7,7	< 0,01	0,04	0,03
FCM, kg	20,3	28,4	8,1	23,3	28,9	5,6	< 0,01	0,05	0,05
Fett, %	3,82	3,29	-0,53	3,79	3,32	-0,47	< 0,01	0,96	0,53
Eiweiß, %	2,98	3,08	0,10	2,93	3,11	0,18	< 0,01	0,71	0,27
GF-Verdrängung, kg/kg		-0,3			-0,6				
KF-Effizienz, kg FCM/kg KF		1,0			0,7				

Umweltbedingungen variabler

Weidebasierte Tierhaltung arbeitet verstärkt in und mit der Natur, die Tiere sind dabei aber auch stärkeren Witterungs-, Haltungs- und Fütterungsschwankungen ausgesetzt. Kühe die stoffwechselstabil sind und sich in den Fitness-Kriterien positiv abheben sowie in der Milchleistung stärker auf schwankende Situa-

tionen „mitreagieren“ könnten, wären sicherlich angepasster an Vollweidebedingungen.

Nicht zu große und schwere Kühe

Bei hohen Umgebungstemperaturen steigt das Hitzestresspotential mit steigender Futtermenge (Milchleistung, Fermentation...) an. Bei zunehmendem Lebendgewicht nimmt die Körperoberfläche anteilmäßig ab. Schwere

Kühe müssten auf Grund des höheren Erhaltungsbedarfs – um gleich energieeffizient zu sein wie leichtere Tiere – aber mehr Tagesmilch geben. Diese Tiere produzieren dann jedoch mehr „Fermentationswärme“ und sind daher auch weniger hitzetolerant. Darüber hinaus würde man damit indirekt aber auch auf Kühe mit höherem Kraftfutterbedarf oder Energiemobilisation (begrenzte Weidefuturaufnahme – siehe oben) sowie stärkerer Trittbelastung für den Weideboden selektieren.

Die Größe korreliert nicht nur bei Weidehaltung negativ mit der Gesundheit (vergl. Brade 2019). Bei Weidehaltung ist zu beachten, dass größeren Tieren das Gras vom Boden (kein erhöhter Futtertisch) schwerer fallen dürfte (z.B. niedriger Anzahl an Fresskauschlägen/Tag).

Versuche zu Kuhtypen

In den letzten Jahrzehnten wurde die Eignung unterschiedlich „genetisch ausgerichteter Kuhtypen“ für weidebasierte Low-Input-

Milcherzeugungssysteme in vielen Versuchen untersucht. Dabei zeigte sich überwiegend, dass auf hohe Milchleistung selektierte Tiere zwar höhere Laktationsleistungen erzielten, aber auch deutlich mehr Körperkondition verloren. Im Vergleich dazu waren die Laktationsleistungen von unter Vollweidebedingungen selektierten Kühen zwar niedriger, sie waren hinsichtlich Fitness und Fruchtbarkeit jedoch überlegen, was sich zumeist durch einen höheren Anteil wiederkalbender Tiere und/oder kürzere Zwischenkalbezeiten äußerte (vgl. Buckley et al. 2000; Coleman et al. 2009; Cummins et al. 2012; Cutullic et al. 2011; Delaby et al. 2009; Dillon et al. 2003a; Dillon et al. 2003b; Fulkerson et al. 2008; Harris u. Kolver 2001; Horan et al. 2005; Horn et al. 2013; Horn et al. 2014; Kolver et al. 2002; Macdonald et al. 2008; McCarthy et al. 2007b; Mwansa u. Peterson 1998; Patton et al. 2008; Roche et al. 2006; Walsh et al. 2008). Eine saisonale Milchproduktion erfordert sehr gute Fruchtbarkeitsergebnisse, denn unzureichende Fruchtbarkeit führt bei saisonaler Milcherzeugung zu einem Rückgang der Effizienz, hö-

Tabelle 2: Vergleich großrahmiger (Hochleistungstyp HL) und kleinrahmiger (neuseeländischer Typ NS) HF-Kühe bei Fütterung mit TMR oder Weidehaltung (Kolver et al. 2002)

		Weide		TMR		P-Wert
		NS	HL	NS	HL	Interaktion
Lebendgewicht	Kg	495	565	556	634	0,438
Milchleistung	kg/Kuh	5.300	5.882	7.304	10.097	0,003
Fett + Eiweiß	kg/kg LM	0,94	0,81	1,08	1,14	0,011
Kühe nicht trächtig	%	7	62	14	29	0,023
Futteraufnahme	kg von TM					
	Laktationsbeginn	16,6	17,3	20,4	24,0	0,034
	Laktationsmitte	16,1	17,9	18,2	21,7	0,091
	Laktationsende	14,4	15,9	18,1	22,0	0,004

heren Abgangsraten und nicht zuletzt zu finanziellen Einbußen (Coleman et al. 2009; Evans et al. 2006; McCarthy et al. 2007a; Plaizier et al. 1997). Ein häufig zitiertes Beispiel ist diesbezüglich jener von Kolver et al. (2002). Die Autoren verglichen dabei großrahmige Holstein-Friesian-Kühe und kleinrahmige Holstein-Friesian-Kühe (neuseeländischer Weidetyp) bei TMR-Fütterung bzw. Vollweidehaltung (Tab. 2) miteinander. Es wurde eine Genotyp-Fütterungs-Interaktion bei den Merkmalen Jahresmilchleistung, Milchinhaltstoffleistung, Effizienz der Milchinhaltstoffproduktion, Lebendmassezunahme in der Laktation und Anteil an nicht trächtigen Kühen festgestellt. Die kleinrahmigen neuseeländischen Kühe zeigten eine bessere Leistung bei Weidehaltung als die großrahmigen Kühe – diese wiederum schnitten bei TMR-Fütterung besser ab. Die Unterschiede waren hauptsächlich auf Unterschiede in der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn zurückzuführen. Die neuseeländischen Kühe zeigten zu Laktationsbeginn bei Weidehaltung eine höhere Futteraufnahme (% von LM) als die großrahmigen Kühe, bei TMR

war dies in allen Laktationsabschnitten umgekehrt.

Abkalbestrategie anpassen

In Regionen mit traditionell hohen Weideanteilen (Weidegunstlagen wie z. B. Irland oder Neuseeland) werden die Abkalbungen der Herde überwiegend kurz vor bzw. zu Vegetationsbeginn konzentriert. Dadurch können die Kühe, in diesen Grünlandgunstlagen mit langen Vegetationsperioden (neun bis elf Monate) und kurzen Wintern, während der Laktation fast ausschließlich mit Weidefutter versorgt werden. Die Jahresration besteht bis zu 90 % aus Weidegras. Im Vergleich dazu ist in Mitteleuropa und im Berggebiet die Vegetationszeit kürzer, und es bestehen auch Unterschiede in Bezug auf die Zuchtausrichtung, das Milchleistungspotenzial der verwendeten Kühe sowie in der Milchverarbeitung. In welche Monate die Abkalbezeit in unseren Regionen gelegt werden sollte, hängt wesentlich von den jeweiligen Rahmenbedingungen und den Betriebszielen ab (Steinwider et al. 2011, Horn et al. 2014, Steinwider und Starz 2015),

Tabelle 3: Abkalbestrategien im Vergleich

		Herbst- bis Winterabkalbung	Spätwinter- bis Frühjahrsabkalbung
Abkalbezeit	Monate ca.	Ende November bis Ende Jänner	Ende Jänner bis Ende März
Haupttrockenstehzeit	Monat ca.	November	Jänner
Weidegrasanteil ¹⁾	% v. Jahresration	35–55	45–65
Kraftfutter ¹⁾	kg/Kuh u. Jahr	500–1.000	200–500
Milchleistung ¹⁾	kg/Kuh	5.500–7.500	4.000–6.500
Kuhtypen		Auch für übliche Kuhtypen/Rassen geeignet	„Weidegenetik“ günstig

¹⁾ Realistische Werte für Österreich (Bereich je nach Region, Vollweidestrategie, Rasse etc.)

zusätzlich sollte dabei auch der Kuhtyp beachtet werden (Tabelle 3).

Zusammenfassung

Grundsätzlich sollten Betrieben welche eine weidebasierte Low-Input Milchproduktion anstreben, bei der Zuchttierauswahl besonderes Augenmerk auf die Fruchtbarkeits- und Fitnessmerkmale, das Fundament sowie den Rahmen und das Gewicht legen. Einzeltier-Leistungsgrenzen sind zu akzeptieren und Hochleistungen mit großrahmigen und schweren Tieren nicht erwünscht. Ideal wäre eine Milchkuh welche in der Weidezeit ein intensives Weideverhalten zeigt und hier 20-30 kg Milch möglichst vollständig aus dem Weidefutter produziert. Wenn die Tiere auf schwankende Umweltbedingungen durch „Mitgehen“ der Milchleistung reagieren könnten, wäre dies günstig. Die gezielte Steuerung der Abkalbesaison, sowie eine knappe Körperkondition bei der Kalbung (3,0 BCS-Punkte) können Managementmaßnahmen sein, um die energetische Unterversorgung zu verringern und die Fruchtbarkeitsergebnisse zu verbessern. In einem laufenden Forschungsprojekt am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wird darüber hinaus geprüft, ob der Verzicht auf die Kraftfutter-Anfütterung vor der Abkalbung sowie die einmalige Melkung zu Laktationsbeginn diesbezüglich ebenfalls positive Effekte mit sich bringen.

Literatur

- Bargo F., L.D. Muller, J.E. Delahoy und T.W. Cassidy (2002): Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*, 85, S. 1777-1792.
- Berendonk, C. (2011): Auf kurzem Rasen grasen. In: *Bio-land 05*, S. 20–22.
- Brade, W. (2019): Milchleistung und Tiergesundheit: Genetische Zusammenhänge bei Deutschen Holsteins neu bestimmt. *Der praktische Tierarzt* 100, 11/2019, 1168-1173.
- Buckley, F., P. Dillon, S. Crosse, F. Flynn und M. Rath (2000): The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livestock Production Science*, 64, S. 107–119.
- Coleman, J., K. M. Pierce, D. P. Berry, A. Brennan und B. Horan (2009): The influence of genetic selection and feed system on the reproductive performance of spring-calving dairy cows within future pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 92, S. 5258–5269.
- Cummins, S. B., P. Lonergan, A. C. O. Evans, D. P. Berry, R. D. Evans und S. T. Butler (2012): Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: I. Production characteristics and reproductive efficiency in a pasture-based system. *Journal of Dairy Science*, 95, S. 1310–1322.
- Cutullic, E., L. Delaby, Y. Gallard und C. Disenhaus (2011): Dairy cows' reproductive response to feeding level differs according to the reproductive stage and the breed. *Animal*, 5, S. 731–740.
- Delaby, L., P. Faverdin, G. Michel, C. Disenhaus und J. L. Peyraud (2009): Effect of feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal*, 6, S. 891–905.
- Dillon, P., F. Buckley, P. O'Connor, D. Hegarty und M. Rath (2003a): A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production: 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livestock Production Science*, 83, S. 21-33.
- Dillon, P., S. Snijders, F. Buckley, B. Harris, P. O'Connor und J. F. Mee (2003b): A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production: 2. Reproduction and survival. *Livestock Production Science*, 83, S. 35-42.
- Evans, R. D., M. Wallace, L. Shalloo, D. J. Garrick und P. Dillon (2006): Financial implications of recent declines in reproduction and survival of Holstein-Friesian cows in spring-calving Irish dairy herds. *Agricultural Systems*, 89, S. 165–183.
- Fulkerson, W. J., T. M. Davison, S. C. Garcia, G. Hough, M. E. Goddard, R. Dobos und M. Blockey (2008): Holstein-Friesian dairy cows under a predominantly grazing system: Interaction between genotype and environment. *Journal of Dairy Science*, 91, S. 826–839.
- Harris, B. L. und E. S. Kolver (2001): Review of Holsteinization on Intensive Pastoral Dairy Farming in New Zealand. In: *Journal of Dairy Science*, 84, S. E56-E61.
- Horan, B., P. Dillon, P. Faverdin, L. Delaby, F. Buckley und M. Rath (2005): The interaction of strain of Hol-

- stein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *Journal of Dairy Science*, 88, S. 1231–1243.
- Horn, M., A. Steinwider, J. Gasteiner, L. Podstatzky, A. Haiger und W. Zollitsch (2013): Suitability of different dairy cow types for an Alpine organic and low-input milk production system. *Livestock Production Science*, 153, S. 135–146.
- Horn, M., A. Steinwider, W. Starz, R. Pfister und W. Zollitsch (2014): Interactions of calving season and cattle breed in a seasonal Alpine organic and low-input dairy system. *Livestock Production Science*, 160, S. 141–150.
- Kolver, E. S., J. R. Roche, M. J. De Veth, P. L. Thorne und A. R. Napper (2002): Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for genotyp x diet interaction in dairy cow performance. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 62, S. 246–251.
- Mwansa, P. und R. Peterson (1998): Estimates of G x E Effects for Longevity among Daughters of Canadian and New Zealand Sires in Canadian and New Zealand Dairy Herds. *Interbull bulletin*, 17, S. 110–114.
- McCarthy, S., B. Horan, P. Dillon, P. O'Connor, M. Rath und L. Shalloo (2007a): Economic comparison of divergent strains of Holstein-Friesian cows in various pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 90, S. 1493–1505.
- McCarthy, S., D. P. Berry, P. Dillon, M. Rath und B. Horan (2007b): Effect of strain of Holstein-Friesian and feed system on calving performance, blood parameters and overall survival. *Livestock Science*, 111, S. 218–229.
- Macdonald, K. A., G. A. Verkerk, B. S. Thorrold, J. E. Pryce, J. W. Penno, L. R. McNaughton, L. J. Burton, A. S. Lancaster, J. H. Williamson und C. W. Holmes (2008): A comparison of three strains of holstein-friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *Journal of Dairy Science*, 91, S. 1693–1707.
- Patton, J., J. J. Murphy, F. P. O. O'Mara und S. T. Butler (2008): A comparison of energy balance and metabolic profiles of the New Zealand and North American strains of Holstein Friesian dairy cow. *Animal*, 6, S. 969–978.
- Plaizier, J. C. B., G. J. King, J. C. M. Dekkers und K. Lissemore (1997): Estimation of economic values of indices for reproductive performance in dairy herds using computer simulation. *Journal of Dairy Science*, 80, S. 2775–2783.
- Roche, J. R., D. P. Berry und E. S. Kolver (2006): Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, S. 3532–3543.
- Steinwider, A. und W. Starz (2015): *Gras dich fit! Weidewirtschaft erfolgreich umsetzen*. Leopold Stocker Verlag, 300 S.
- Steinwider, A., W. Starz, L. Podstatzky, R. Pfister, H. Rohrer und M. Gallnböck, (2011): Einfluss des Abkalbezeitpunktes von Milchkühen auf Produktionsparameter bei Vollweidehaltung im Berggebiet. *Züchtungskunde*, 83, S. 203–215.
- Walsh, S., F. Buckley, K. Pierce, N. Byrne, J. Patton und P. Dillon (2008): Effects of breed and feeding system on milk production, body weight, body condition score, reproductive performance and postpartum ovarian function. *Journal of Dairy Science*, 91, S. 4401–4413.

Energiebedarfsnormen für Kälber unter Berücksichtigung von Gesundheit und metabolischer Programmierung

Hans-Jürgen Kunz

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung

Kälber in der Mutterkuhhaltung nehmen etwa 16 bis 24 % ihres Körpergewichtes an Milch auf. Das entspricht bei einem 50 kg schweren Kalb einer Trockenmasse-Aufnahme von 1,1 bis 1,6 kg bzw. einer Frischmilchmenge von 8 bis 12 Litern bei einer TM von 13,3 %, bzw. einer Energieaufnahme von 21 bis 31 MJ ME bei 19,4 ME/kg TM in der Milch. Von solchen Milchaufnahmen waren wir in der Vergangenheit in der Kälberernährung im Milchviehbereich weit entfernt. Die Empfehlung, Kälber möglichst früh zur Festfutteraufnahme und damit zum Wiederkäuer zu erziehen, führte zu einer stark restriktiven Milchtränkeempfehlung, die nicht selten bei 6 kg Milch pro Tier und Tag begrenzt blieb. Beim Einsatz von Milchaustauschern wurden häufig nicht mehr als 120 g MAT/Liter eingemischt. Das entspricht 720 g MAT pro Tag und liegt damit nur knapp über dem Erhaltungsbedarf.

Eine Kompensation über Kraftfutter ist in den ersten Lebenswochen noch nicht möglich, wie Versuche mit unterschiedlichen Abtränkvarianten bei einer MAT-Gabe von 720 g pro Tier und Tag und einem Beginn des Abtränkens bei einer tierindividuellen Kraftfutteraufnahme von 200 bzw. 500 g gezeigt haben (Kunz, 1997). Eine Kraftfutteraufnahme von 200 g wurden im Mittel mit knapp 40 Lebenstagen erreicht, die Schwelle von 500 g mit 43 und die Schwelle von 1 kg mit 55 Lebenstagen. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen in den ersten 12 Wochen lagen in den Gruppen bei 635 bzw. 642 g. In einem weiteren Ver-

such mit gleicher MAT-Menge aber einer zeitgesteuerten Tränkekurve wurde die Schwelle von 500 g bei der Kraftfutteraufnahme etwa zeitgleich mit 6 Wochen erreicht.

Das natürliche Wachstum von Kälbern liegt bereits in den ersten Lebenswochen bei etwa 1000 g. Das ist nur möglich, wenn den Kälbern auch die Milchmenge angeboten wird, die sie natürlich aufnehmen. Eine Umstellung der Energie- und Nährstoffversorgung auf Basis von Grund- und Kraftfutter kann nur gleitend und frühestens ab der vierten Lebenswoche beginnen. Werden bereits in den ersten drei Lebenswochen niedrigere Milchmengen verabreicht, befinden sich die Kälber in einem permanenten Hunger- und damit Stresszustand. Ein solcher Zustand beeinflusst sowohl die aktuelle und nachfolgende Leistungsbereitschaft als auch den Gesundheitszustand dieser Tiere, wie im Weiteren gezeigt wird.

Bedarfsnormen für Erhaltung und Wachstum

In den Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Proc. Soc. Nutr. Physiol., 1997) sind die Gesamtenergiebedarfswerte für weibliche und männliche Kälber für unterschiedliche Lebendmassen und Lebendmassenzunahmen veröffentlicht (Übersicht 1, Spalte 2). Sie erklären den Energiebedarf für Erhaltung und Wachstum. In Abhängigkeit von der Bewegungsintensität sind Zuschläge zum Er-

haltungsbedarf zu machen. Sie sind jedoch nicht genauer definiert.

Bei einer Lebendmasse unter 100 kg werden von der GfE zudem Zuschläge bei Umgebungstemperaturen von unter 25° C von z.B. +1 % je 1° C abgeleitet. Das würde bei einer Temperatur von 0° C bei einem 50 kg schweren Kalb etwa einem zusätzlichen Energiebedarf von einem Liter Vollmilch bedeuten.

Zu beachten ist, dass auf der Datengrundlage aus dem Jahr 1997 und davor die Werte für Kälber mit einem Lebensgewicht von 50 kg nur bis zu täglichen Zunahmen von 600 g berechnet werden konnten, Kälber, denen Milch ad libitum zur Verfügung steht, jedoch durchaus tägliche Zunahmen von 1.000 g und auch mehr bei entsprechender Versorgung mit Milch erreichen. Diese Werte entsprechen, wie eingangs erwähnt, der natürlichen Aufzucht der Kälber an der Mutter.

Erst ab dem Jahr 2009 wurden höhere Energie- und Nährstoffmengen in der Tränkephase experimentell eingesetzt und daraufhin auch empfohlen. Sie führten, ähnlich wie in der

Tabelle 1: Energiebedarf für Erhaltung und Wachstum (Kalb 50 kg)

	GfE*	≙ Vollmilch**	≙ MAT***
	MJ ME	Liter	g
Erhaltungsbedarf	10	4	650
400 g tgl. Zunahmen	15,6	6,4	1020
600 g tgl. Zunahmen	18,8	7,7	1230
1.000 g tgl. Zunahmen	k.A.	ca. 10	ca. 1600

* Proc. Soc. Nutr. Physiol. (1997)

** Vollmilch mit 12,7 % TM u. 19,2 MJ ME/TM, 2,43 ME/Liter

*** MAT mit 15,3 MJ ME/kg

Kälberaufzucht bei der Mutterkuhhaltung, zu entsprechenden höheren täglichen Zunahmen im Bereich von 1000 g pro Tag. Am Beginn standen Versuche, die zum Themenkomplex der metabolischen Programmierung im Wiederkäuerbereich und der damit verbundenen postnatalen Prägung bei Kälbern durchgeführt wurden. Diese Prägung war und ist die Grundlage für eine bessere Leistungsentwicklung dieser Tiere, über die im Weiteren berichtet wird.

Bei den experimentellen Studien sowie in der praktischen Anwendung hat sich ebenfalls gezeigt, dass sich die Vitalität der Kälber mit steigender Energie- und Nährstoffzufuhr in der Milchphase, im Vergleich zu geringer versorgten Kälbern, deutlich verbessert. Eine Erklärung dafür ist, dass im Falle von Erkrankungen, unabhängig ob mit klinischem oder subklinischem Verlauf, ein zusätzlicher Energiebedarf für die Aktivierung des Immunsystems entsteht, der in den bisherigen Energiebedarfsnormen aufgrund fehlender Daten noch nicht berücksichtigt werden konnte. Darüber liegen heute jedoch neue Erkenntnisse vor. Auch sie werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Metabolische Programmierung

Unter metabolischer Programmierung wird ein kurzzeitiger Ernährungsstimulus verstanden, der Einfluss auf die Entwicklung bestimmter ernährungsphysiologisch wichtiger Organe nimmt und damit die Leistungsbereitschaft dieser Tiere ein Leben lang beeinflusst. Eine solche stimulierende Wirkung kann die ad libitum-Tränke besitzen.

Hierfür gibt es diverse Hinweise aus der Forschung mit Labortieren. Bereits 1987 wiesen Oscai u. McGarr nach, dass Ratten, die nach der Geburt bis zur dritten Lebenswoche mit einer niedrigen Energieaufnahme gefüttert wurden, trotz anschließendem freien Zugang zum Futter von der 4. bis 62. Lebenswoche eine geringere Futteraufnahme und niedrigere Zunahmen besaßen als Ratten, die vom Zeitpunkt der Geburt an ad libitum ernährt wurden.

Srinivasan et al. (2003) geben eine mögliche Erklärung für einen solchen Effekt. Sie ernährten Laborratten vom 4. bis zum 24. Lebenstag in einer Gruppe mit einer kohlenhydratreichen Diät, in einer zweiten Gruppe mit einer fettdominierten Diät. Der Energiegehalt war in beiden Gruppen gleich. Diejenigen Ratten, die mit der kohlenhydratreichen Diät ernährt wurden, bildeten infolgedessen mehr Langerhanssche Inselzellen in ihren Bauchspeicheldrüsen aus, die dazu in der Lage waren, mehr Insulin zu produzieren, sie entwickelten im weiteren Verlauf im Vergleich zu den mit der fettdominierten Diät ernährten Ratten höhere Wachstumsraten, verfetteten stärker und entwickelten später eine Insulinresistenz.

Die Erkenntnis, dass durch eine nachgeburtliche Ernährung die Entwicklung von Langerhansschen Inselzellen und damit die Produktion von Insulin beeinflusst werden kann, konnte auch für die Rinderhaltung von Interesse sein, wenn sich auf der Grundlage einer intensiven Aufzucht von Kälbern im direkten Anschluss an die Geburt gleiche Effekte erzie-

len lassen. Es wären bei diesen Tieren höhere Futteraufnahmen und in Folge dessen auch höhere Milchleistungen zu erwarten.

Um diesen Nachweis zu führen, wurden 2009 im Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein weibliche sowie männliche Kälber aufgestallt und im Anschluss an die Geburt in zwei Gruppen gleichzeitig restriktiv und ad libitum mit Milch getränkt.

Die männlichen Tiere wurden mit einem Lebensalter von acht Monaten geschlachtet und die Bauchspeicheldrüsen mikroskopiert, um die Anzahl und die Größe der Langerhansschen Inselzellen in den beiden Gruppen zu bestimmen (Prokop et al., 2015). Es konnte gezeigt werden, dass die in den ersten Le-

Tabelle 2: Zahl und Fläche der pankreatischen β -Zellen männlicher ad libitum und restriktiv ernährter HF-Kälber zum Zeitpunkt der Schlachtung mit $238 \pm 0,8$ Lebenstagen

Pankreas	Ad libitum	Restriktiv	Diff.	p
n	21	21		
Zahl der β -Zellen	9,1 \pm 0,3	7,8 \pm 0,3	17 %	<0,01
n	21	21		
Fläche der β -Zellen (μm^2)	102.180 \pm 4.987	84.249 \pm 4.962	27 %	0,01

benswochen ad libitum mit Milch getränkten Kälber im Vergleich zu den restriktiv getränkten Kälbern mehr und auch größere Langerhansschen Inselzellen (β -Zellen) ausgebildet hatten (s. Tabelle 2).

Die weiblichen Kälber aus diesem Versuch wurden nach der Milchphase identisch aufgezogen und als Milchkühe in weiteren Studien miteinander verglichen.

In der ersten Laktation zeigten die Tiere der ad libitum-Gruppe im Vergleich zu den restriktiv getränkten Tieren sowohl eine signifikant höhere Futtermittelaufnahme als auch eine höhere Milchleistung (Wiedemann et al., 2015), siehe Abbildung 2 und 3. Die tägliche Futtermittelaufnahme war um 1,1 kg Frischmasse bzw. 0,3 kg Trockenmasse erhöht ($p < 0,05$), die fettkorrigierte Milchleistung um 1,2 kg/Tag ($p < 0,05$). Nachfolgende Auswertungen über den Zeitraum der ersten und zweiten Laktation ergaben eine gemittelte durchschnittliche höhere 305-Tage-Laktationsleistung von 405 kg zugunsten der ad-libitum getränkten Tiere und eine höhere tägliche Futtermittelaufnahme von 1,7 kg in der Frischsubstanz, bzw. 0,7 kg in der Trockenmasse.

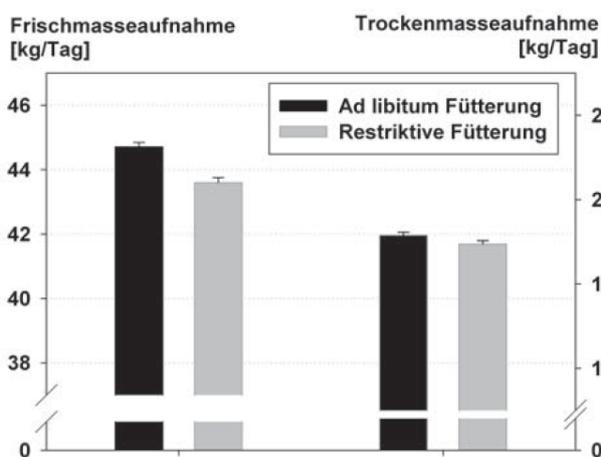


Abbildung 1: Frisch- und Trockenmasseaufnahme vom 3. bis 11. Laktationsmonat von Holstein-Friesian-Färsen, die in den ersten vier Lebenswochen ad libitum oder restriktiv mit Milch bzw. Milchaustauscher versorgt wurden.

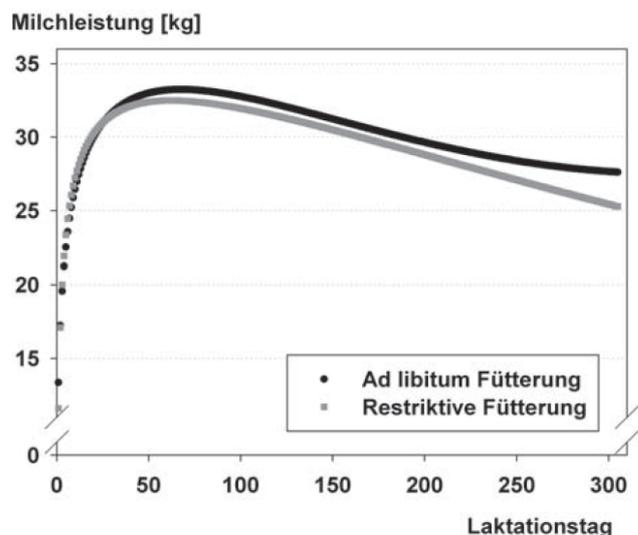


Abbildung 2: Milchleistung während der ersten Laktation von Holstein-Friesian Färsen, die in den ersten vier Lebenswochen ad libitum Milch angeboten bekamen.

Bemerkenswert ist, dass sich die Milchleistung der als Kalb ad libitum getränkten Tiere in den ersten Wochen nicht von der Milchleistung der restriktiv getränkten Gruppe unterschied und erst anschließend stärker angestiegen ist und eine bessere Persistenz entwickelte (Abbildung 2). Das trug zusammen mit der höheren Futtermittelaufnahme der ad-libitum-Gruppe dazu bei, dass das bei allen Kühen zu Beginn der Laktation auftretende Energiedefizit bei den in den ersten Lebenswochen ad libitum mit Milch aufgezogenen Tieren vermindert war.

Energiebedarf und Immunsystem

Kvidera et al. (2016) berichten über einen Versuch, bei dem der Energiebedarf für die Aktivierung des Immunsystems bei Milchkühen nach einer Infektion bestimmt werden sollte. Dazu wurde eine Versuchsgruppe laktierender Kühe intravenös (i.v.) mit Lipopolysacchariden (LPS), einem Bestandteil der äußeren Zellmembran von gramnegativen *Escherichia coli* Bakterien O55:B5, behandelt.

Diese Behandlung löste zwar eine Immunantwort aus, besaß aber keine krankmachende Wirkung. Eine zweite Versuchsgruppe wurde in gleicher Weise behandelt, bekam jedoch zusätzlich Glucose verabreicht. Damit sollte der Glukosespiegel im Blut der Tiere möglichst konstant gehalten werden, da durch die Immunantwort Glucose als Energieträger verbraucht wird. Die Kühe einer dritten Gruppe bekamen 3 ml physiologische Kochsalzlösung i.v. verabreicht und dienten als Kontrollgruppe. Nach den Infusionen wurde bei allen Kühen über einen Zeitraum von 12 Stunden alle 10 Minuten der Blutglukosespiegel gemessen und die Kühe zwei Mal gemolken.

Der Blutglukosespiegel sank in der LPS-Gruppe ab der 150sten Minute nach der Behandlung im Vergleich zur Kontroll- und der LPS-Gruppe mit Glucose ab. Ebenso sank die Milchmenge in der nicht mit Glukose versorgten LPS-Gruppe um 80 %, in der LPS-Gruppe mit Glucose um 11 % gegenüber der Kontrollgruppe. Aus der Summe der zugeführten Glucose und der durch den Milchverlust im Vergleich zu den anderen Gruppen nicht produzierten Energiemenge konnten die Versuchsansteller die Menge an Glucose berechnen, die für die Immunantwort benötigt wurde. Es waren 1092 g Glucose innerhalb von 12 Stunden. Andere Untersuchungen bei männlichen Rindern und auch bei Schweinen bestätigen diesen Wert und liegen in der Schätzung sogar noch darüber.

Rechnen wir diesen Wert auf der Grundlage des metabolischen Körpergewichtes auf ein 50 kg schweres Kalb um, so entspräche der Energiebedarf pro Tag nur für eine solche Immunantwort, umgerechnet auf Muttermilch, einer Menge von ca. 2 Liter. Hinzu kämen weitere Mengen; 4 Liter für den Erhal-

tungsbedarf, für tägliche Zunahmen von minimalen nur 400 g noch einmal 2,4 Liter, ein zusätzlicher Bedarf für den Temperaturengleich, der zum Beispiel bei einer Umgebungstemperatur von 0 °C noch einmal 1 Liter beitragen würde und Energie für Bewegung, die nicht definiert ist. Daraus ergäbe sich ein Schätzwert für den Energiebedarf unter den beschriebenen Bedingungen von etwa 10 Liter Muttermilch. Das entspricht etwa einer Menge von 1,6 kg Milchaustauscher.

Fazit

Vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen Fakten zur notwendigen Energie- und Nährstoffversorgung von Kälbern wird deutlich, wie wichtig eine bedarfsdeckende Versorgung dieser Tiere ist. Dazu reichen die von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) veröffentlichten Bedarfsnormen alleine nicht aus. Sie beschreiben den Bedarf für Erhaltung und Wachstum und ermöglichen eine Berechnung des zusätzlichen Energiebedarfs bei Temperaturen unterhalb der thermoneutralen Zone. Der Bedarf der für die Aktivierung des Immunsystems benötigt wird, ist bei diesen Berechnungen noch nicht enthalten aber unbedingt einzukalkulieren. Es darf darum zu keinem Zeitpunkt zu einer Unterversorgung der Tiere kommen, da dadurch die Gefahr von Infektionen massiv ansteigt. Solange wie die Kälber noch nicht in der Lage sind, ihren Energie- und Nährstoffbedarf über die Aufnahme fester Futtermittel zu decken, ist eine ad libitum-Milchtränke unumgänglich. Frühestens sollte ab der vierten Lebenswoche die Milchmenge langsam reduziert und nicht vor der 10. Lebenswoche komplett abgesetzt werden.

Züchterische Verbesserung der Stoffwechselstabilität

Birgit Fürst-Waltl¹, Hermann Schwarzenbacher²

¹Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften,

²ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH

Die Stoffwechselstabilität rangierte in einer Umfrage bei Züchterinnen und Züchtern im Rahmen des Projektes OptiGene weit oben auf der ‚Wunschliste‘ der Merkmale, für die es zukünftig eine Zuchtwertschätzung geben sollte (www.zar.at – Projekt OptiGene). Auch international wird auf diesen Merkmalskomplex vermehrt Augenmerk gelegt – sowohl im wissenschaftlichen Bereich als auch bei der Umsetzung im Hinblick auf Entwicklungen von Routinezuchtwertschätzungen. Da klinische Erkrankungen zum Teil sehr niedrige Frequenzen und auch Heritabilitäten aufweisen, ist es von Interesse, Informationen zu subklinischen Fällen bzw. Hilfsmerkmale aus der Routineleistungsprüfung, aus dem Herdenmanagement und aus Automatisierungstechnologien (z.B. Automatische Melksysteme) verwenden zu können. Auch eine genomische Zuchtwertschätzung unter Berücksichtigung einer Kuhlernstichprobe hat große Bedeutung für diesen Merkmalskomplex. Zwei aktuelle und miteinander kooperierende Projekte in der Rinderzucht, FoKUHs und D4Dairy, stellen sich dieser Herausforderung.

Merkmale der Stoffwechselstabilität in der Zucht

Grundsätzlich können Stoffwechselstörungen über die Erhebung von direkten Stoffwechselerkrankungen, über Hilfsmerkmale oder, idealerweise, über die Kombination daraus erfasst werden. Die Verwendung von direkten Gesundheitsmerkmalen bedingt eine genaue Definition und Standardisierung der einzelnen Krankheiten. Im Rahmen der Entwicklung des Gesundheitsmonitorings von Rindern wurde

ein Diagnoseschlüssel ausgearbeitet, der diese Bedingungen erfüllt (Egger-Danner et al., 2012). Hinsichtlich des Stoffwechsels sind fünf mögliche Diagnosecodes gelistet, hinzu kommt noch die Labmagenverlagerung, die unter Erkrankungen des Verdauungstraktes gelistet ist. Hilfsmerkmale sind in der Regel Merkmale, die eine entsprechende genetische Korrelation zu den Zielmerkmalen aufweisen, einfach und/oder kostengünstig zu erfassen sind bzw. über die Routineleistungsprüfung ohne größeren Aufwand zur Verfügung stehen. Der Vorteil der Verwendung von Hilfsmerkmalen ist nicht nur die Erhöhung der Sicherheiten von Zuchtwerten, sondern auch, dass mit diesen Merkmalen teilweise auch subklinische Fälle erfasst werden können, die ansonsten unerkannt bleiben. Auch Abgänge auf Grund von Stoffwechselerkrankungen werden erfasst und können entsprechend als Merkmal genutzt werden.

Direkte Stoffwechselmerkmale

Insgesamt lag der Anteil der Tiere mit Diagnosen zum Komplex Stoffwechselkrankheiten in validierten österreichischen Betrieben mit mehr als 75 % elektronischer Datenerfassung im Jahr 2020 bei etwa 6,2 %, Labmagenverlagerungen wurden zusätzlich bei 0,15 % der Kühe verzeichnet. Milchfieber (4,6 %) und Ketose (1,3 %) zählen dabei zu den häufigsten Stoffwechselerkrankungen bei Milchkühen.

Milchfieber (Gebärparese, Hypocalcämie) ist die Hauptursache für das Festliegen von Kühen und tritt rund um die Geburt auf. Die Krankheit stellt eine Störung des Mineral-

stoffhaushalts, insbesondere des Kalziums, dar. In schweren Fällen kann Milchfieber zu komatösen Zuständen bis hin zum Tod des Tieres führen (z.B. Rosenberger et al., 1994). In einer kürzlich durchgeführten Analyse hinsichtlich Milchfieber beim österreichischen Fleckvieh (Hintringer, 2019) wurden u.a. eine Milchfiebererkrankung in einer Vorlaktation, schwerer Kalbeverlauf, höhere ECM-Leistung in der Vorlaktation und Totgeburt als wichtigste Risikofaktoren identifiziert. Es ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit von subklinischem Milchfieber deutlich über jener der klinischen liegt und damit auch ein potenzielles Risiko hinsichtlich Folgeerscheinungen darstellt. Eine Abschätzung von subklinischen Fällen könnte mit Hilfe der Serumkalziumkonzentration (z.B. Reinhardt et al., 2011) erfolgen; Schnelltests für die Praxis existieren derzeit jedoch (noch) nicht. Die publizierten Heritabilitäten für Milchfieber geschätzt mit linearen Modellen liegen etwa zwischen 0,01 und 0,08 (Pryce et al., 2016). Für das Fleckvieh wurde mit einem großen Datensatz eine Heritabilität von 0,034 geschätzt (Ederer et al., 2014).

Ketose (Azetonämie) entsteht bei unzureichender Energieversorgung und damit während der Phase der negativen Energiebilanz um die Leistungsspitze. In dieser Mangelsituation werden Körperfettreserven mobilisiert, was zu einem Anstieg von Fettsäuren im Blut und auch zur Bildung von Ketonkörpern führt. Ketonkörper werden zur Energieversorgung genutzt, überschüssige Ketonkörper werden über Harn, Milch, Atem oder Schweiß ausgeschieden (Kirchgessner et al., 2008). Typische Symptome sind verringerte Futteraufnahme und Rückgang der Milchleistung, auch Auswirkungen auf das Zentralnervensystem sind möglich (Gasteiner, 2000). Ähnlich wie beim Milchfieber ist der Anteil von Kühen mit

subklinischer Ketose gegenüber klinischer Ketose deutlich höher (Benedet et al., 2019). Schnelltests, die die BHB (Beta-Hydroxybutyrat) Konzentration messen, liefern auch Informationen zu subklinischen Fällen. Die Heritabilitäten für Ketose liegen wie für das Milchfieber auf Basis von linearen Modellen etwa zwischen etwa 0,01 und 0,08 (Pryce et al., 2016). Für das österreichische Fleckvieh schätzten Ederer et al. (2014) eine Heritabilität von 0,01; zum gleichen Ergebnis kam eine kürzlich durchgeführte genetische Analyse von Efficient Cow Daten (Fuerst-Waltl et al., 2020).

Tetanie (Hypomagnesiämie), ein Problem, dessen Ursache in der Magnesiumversorgung liegt, ist u.a. erkennbar an Krämpfen und kann auch zum Tod des betreffenden Tieres führen. Bedingt durch hohe Kaliumgehalte in jungem Futter kann die sog. Weidetetanie auch durch sekundären Magnesiummangel entstehen. Der Anteil von Tieren mit Tetanie ist allerdings in der Regel so niedrig, dass diese Krankheit in genetischen Analysen praktisch nicht untersucht wurde. Auch in Österreich liegt der Anteil der betroffenen Kühe nahe 0.

Labmagenverlagerungen treten vorwiegend kurz nach dem Abkalben auf Grund der Erschlaffung der Labmagenwandmuskulatur auf. Sie können sowohl links- als auch rechtsseitig erfolgen, linksseitige Verlagerungen treten jedoch deutlich häufiger auf. Labmagenverlagerungen können auch die Folge anderer Stoffwechselerkrankungen sein. Während in anderen Populationen Krankheitsfrequenzen von bis zu mehreren Prozent berichtet wurden (z.B. Zwald et al., 2004; Koeck et al., 2013) sind sie in Österreich wie schon oben erwähnt äußerst selten. Die mit linearen Modellen geschätzten Heritabilitäten bewegen

sich im Bereich zwischen 0 und 0,08 (Pryce et al., 2016). Für das österreichische Fleckvieh wurde im Jahr 2014 eine Heritabilität von nahe 0 geschätzt, die Frequenz der Erkrankung lag nur bei 0,02 % (Ederer et al., 2014), was eine genetische Parameterschätzung fast unmöglich machte.

(Mögliche) Hilfsmerkmale

Wie schon eingangs erwähnt, können neben den direkten Gesundheitsmerkmalen auch Hilfsmerkmale in der Zucht auf Stoffwechselstabilität verwendet werden. Diese können nicht nur die Genauigkeiten der geschätzten Zuchtwerte verbessern, sondern liefern teilweise auch Informationen zu subklinischen Krankheitsverläufen. Im Bereich der Eutergesundheit ist in diesem Zusammenhang das Merkmal Zellzahl schon lange fester Bestandteil vieler Zuchtprogramme. Insbesondere hinsichtlich der Ketose wurde in den vergangenen Jahren vermehrt Augenmerk auf die Verwendung geeigneter Hilfsmerkmale gelegt.

Erhöhte *Fett-Eiweiß-Quotienten* (FEQ) sind mit einer negativen Energiebilanz am Beginn der Laktation korreliert und damit ist der FEQ ein mögliches Hilfsmerkmal für Ketose bzw. Stoffwechselerkrankungen (van Knegsel et al., 2010). Genetische Korrelationen zwischen FEQ am Beginn der Laktation, die in verschiedenen Arbeiten publiziert wurden, liegen überwiegend im moderaten bis höheren Bereich. Das bedeutet, dass das Ketoserisiko mit höherem FEQ steigt. In Analysen von Stoffwechselerkrankungen kanadischer Holsteinkühe schätzten beispielsweise Koeck et al. (2013, 2014) genetische Korrelationen zwischen FEQ und Ketose von 0,30 und 0,56 sowie von etwa 0,25 zwischen FEQ und Labmagenverlagerung. Für das österreichische Fleckvieh wurde eine Korrelation von 0,38

zwischen Ketose und FEQ am ersten Kontrolltag geschätzt (Ederer et al., 2014). Für Efficient Cow Daten ergab sich eine negative genetische Korrelation, allerdings war der Datensatz deutlich kleiner als der zuvor genannte (Fuerst-Waltl et al., 2020). Die Heritabilitäten für den FEQ liegen in Abhängigkeit der Merkmalsdefinition durchwegs über jenen der klinischen Ketose; z.B. etwa für kanadische Holstein am ersten Testtag bei 0,12 bis 0,15 (Koeck et al. 2013, 2014). Die Werte für Fleckvieh liegen mit 0,15 (Ederer et al., 2014) und 0,11 (Fuerst-Waltl et al., 2020) in einem vergleichbaren Bereich.

Die Ketonkörper Konzentration, meist *BHB*, kann sowohl über Ketose(-Schnell)tests als auch über Infrarot (MIR – Mid Infrared) Spektraldatenanalysen geschätzt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen deuten nicht nur auf klinische, sondern auch auf subklinische Ketosen hin. Da Spektraldatenanalysen der Milch im Rahmen der Routineleistungsprüfung bzw. Schnelltests im Zuge des Herdenmanagements auf Betrieben verwendet werden, kann die Zahl der verfügbaren Phänotypen um ein Vielfaches gesteigert werden. Für die MIR Analyse wird ein Infrarotstrahl des mittleren Infrarotwellenbereiches durch eine dünne Schicht der zu messenden Milch gesendet und ein für die Probe charakteristisches Absorptionsspektrum gemessen, was die Bestimmung bestimmter Komponenten in der Milch ermöglicht (z.B. Fett- oder Eiweißgehalt; Drössler et al., 2018). Schnelltests messen in der Regel BHB Werte quantitativ (Blutschnelltest) oder semi-quantitativ (Schnelltests für Milch oder Harn) und haben daher unterschiedliche Sensitivitäten bzw. Spezifitäten hinsichtlich der Analyse von Blut im Labor. Der Blutschnelltest ist im Allgemeinen genauer (Tatone et al., 2016). Benedet et al. (2019) zeigten in ihrer Über-

sichtsarbeit, dass Untersuchungen zu Stoffwechselerkrankungen und insbesondere Analysen von BHB aus Blut und Milch in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen haben. Die Heritabilitäten von BHB sind, ähnlich wie für FEQ, überwiegend höher als jene für die klinische Ketose. Benedet et al. (2019) fassten verschiedene Studien zusammen und berichten von Heritabilitäten im Bereich 0,09-0,37 (BHB aus Blut) bzw. 0,04 bis 0,29 (BHB aus Milch) in Abhängigkeit von Rasse, Laktation und Laktationsstadium. Genetische Korrelationen zwischen Ketose und BHB variierten in den analysierten Arbeiten zwischen 0,18 und 0,48. In einer multivariaten Analyse beim österreichischen Fleckvieh wurde anhand von Efficient Cow Daten eine genetische Korrelation von 0,70 zwischen dem Milch Ketotest und klinischer Ketose geschätzt. Neben der BHB Konzentration können auch Aceton und freie Fettsäuren (können ebenfalls über MIR Analysen geschätzt werden) als Hilfsmerkmale für Ketose Anwendung finden.

KetoMIR, entwickelt vom LKV-Baden-Württemberg zur Verbesserung des Herdenmanagements, ist ein Index zwischen 0 und 1 mit dem das Risiko für Ketose abgeschätzt wird und der auf MIR Analysen von klassischen Inhaltsstoffen, Ketonkörpern, Fettsäuren und Mineralien beruht (Drössler et al., 2018). In einer Weiterentwicklung (*KetoMIR2*, Werner et al., 2019) werden die Spektraldaten (212 ausgewählte Wellenlängen) direkt verwendet. Sowohl für *KetoMIR1* als auch für *KetoMIR2* bis zum 100. Laktationstag wurden in einer multivariaten genetischen Analyse am Efficient Cow Datensatz Heritabilitäten sowie genetische Korrelationen zu Ketose und Milchketotest geschätzt (Fuerst-Waltl et al., 2020). Die Heritabilitäten lagen bei 0,19 und 0,09. Die genetischen Korrelationen zur klinischen Ketose waren relativ niedrig (0,15 und

0,09), jene zum Milchketotest jedoch deutlich höher (0,41 und 0,45). Dies sind erste Untersuchungen an einem relativ kleinen Datensatz, die Ergebnisse lassen aber darauf schließen, dass weitergehende Analysen, die auch im Rahmen des Projektes D4Dairy geplant sind, vielversprechend sind.

BCS, der Body Condition Score, kann ebenfalls als Hilfsmerkmal verwendet werden, da er Rückschlüsse auf die Körperreserven bzw. die Mobilisation und damit auf die Energiebilanz zulässt (Pryce et al., 2016). Von besonderem Interesse sind Informationen zu Änderungen im BCS (z.B. Roche et al., 2009); es ist zu erwarten, dass ein BCS-Verlust zu Beginn der Laktation mit mehr Erkrankungen verbunden ist. Letzteres setzt allerdings eine regelmäßige Erfassung des BCS voraus. Entwicklungen in automatisierten BCS Messungen sind in diesem Zusammenhang für zukünftige Analysen besonders vielversprechend. BCS weist höhere Heritabilitäten auf als Stoffwechselerkrankungen (z.B. 0,23 in Koeck et al., 2014; 0,16 in Fuerst-Waltl et al., 2020) und hat üblicherweise negative genetische Korrelationen zu Stoffwechselerkrankungen (niedrigerer BCS am Beginn der Laktation bedeutet höhere Anfälligkeit für Stoffwechselprobleme). Koeck et al. (2014) schätzten beispielsweise für kanadische Holstein Kühe genetische Korrelationen von -0,29 und -0,39 von BCS am ersten Kontrolltag zu Ketose und Labmagenverlagerung. Für das österreichische Fleckvieh wurde mit Hilfe des Efficient Cow Datensatzes eine ähnliche genetische Korrelation zur Ketose von -0,36 geschätzt (Fuerst-Waltl et al., 2020). In vorhergehenden Analysen wurde auch die Änderung des BCS vom ersten zum zweiten Kontrolltag berücksichtigt. Dieser hatte eine niedrigere Heritabilität von 0,04 und sehr hohe genetische Korrelationen zu Ketose, Milch-

fieber und allen Stoffwechselerkrankungen, allerdings unsicher geschätzt.

Auch *Abgangsursachen* auf Grund von Erkrankungen können nicht nur wie eine Diagnose verwendet werden, sondern auch als Hilfsmerkmale Verwendung finden. Heise et al. (2018) schätzten beispielsweise für Abgänge auf Grund von Stoffwechselerkrankungen beim deutschen Holstein unter Berücksichtigung der österreichischen Daten eine Heritabilität von 0,014. Diese Arbeit lieferte die Grundlage für die Einführung einer Zuchtwertschätzung auf Abgangsursachen, die nicht publiziert, aber für das jeweilige Gesundheitsmerkmal verwendet wird. Auch für das österreichische Fleckvieh wurden Abgangsursachen auf Grund von Stoffwechselerkrankungen schon in einer früheren Studie als getrenntes Merkmal definiert (Ederer et al., 2014). Die Heritabilität lag nur bei 0,006, die genetischen Korrelationen zu Keto- se, Milchfieber und Labmagenverlagerung zwischen 0,43 und 0,62. In der gemeinsamen Zuchtwertschätzung Deutschland-Österreich-Tschechien für Gesundheitsmerkmale werden die Abgangsursachen Eutererkrankung, Unfruchtbarkeit und Stoffwechselerkrankung im jeweiligen Gesundheitsmerkmal wie eine Diagnose behandelt (Fürst et al., 2019). Im Kontrolljahr 2020 gingen 3,3 % der Milchkühe in Österreich auf Grund von Stoffwechselproblemen ab (ZuchtData, 2020).

Genetische Beziehungen zu anderen Merkmalen

Die genetischen Beziehungen zwischen Stoffwechselerkrankungen und anderen Erkrankungen sind überwiegend positiv. So schätzten etwa Heringstad et al. (2005) innerhalb der Laktationen 1 bis 3 genetische Korrelationen von 0,12 bis 0,22 zwischen Milchfieber und Mastitis bzw. 0,11 bis 0,26 zwischen Ke-

tose und Mastitis. Nur zur Nachgeburtshaltung wurden teilweise auch niedrige negative Korrelationen geschätzt. Diese Ergebnisse wurden auch in anderen Arbeiten bestätigt, z.B. von Koeck et al. (2012), die bei kanadischen Holstein Kühen von positiven genetischen Korrelationen zwischen Mastitis und Keto- se (0,36) bzw. Labmagenverlagerung (0,20) sowie zwischen Metritis und Keto- se (0,32) bzw. Labmagenverlagerung (0,62) berichteten. Auch für Eierstockzysten wurden schwach positive genetische Korrelationen zu den beiden Stoffwechselerkrankungen geschätzt, diese waren aber ebenso wie die negativen Korrelationen zur Nachgeburtshaltung nicht signifikant von 0 verschieden.

Für österreichische Daten wurden im Rahmen des Projektes OptiGene mit Hilfe von deregressierten Zuchtwerten genetische Korrelationen zwischen Mastitis, frühen Fruchtbarkeitsstörungen, Zysten, Milchfieber und Nutzungsdauer geschätzt (Pfeiffer et al., 2015). Alle genetischen Korrelationen waren positiv und lagen zwischen 0,16 und 0,63. Die zuletzt genannte höchste Korrelation war jene zwischen Nutzungsdauer und Mastitis. Generell deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass eine genetische Komponente für „generelle Resistenz“ existiert (Heringstad et al., 2005).

In ihrer Übersichtsarbeit berichteten Pryce et al. (2016), dass es zu genetischen Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen zu Leistungsmerkmalen verhältnismäßig wenige Publikationen gibt. Jene Studien, in denen diese Thematik aufgegriffen wurde, berichteten unterschiedliche Ergebnisse, was auch auf teilweise kleine Datensätze zurückzuführen ist. In einer skandinavischen Arbeit (Belay et al., 2017) wurden für Norwegische Rote genetische Parameter für BHB, Keto- se und Milchleistungsmerkmale geschätzt. Keto- se

hatte positive Korrelationen zu Milch-, Fett- und Eiweißmenge (0,16 bis 0,18), aber eine negative Korrelation zum Eiweißgehalt (0,33). Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass höhere Milch-, Fett- und Laktosemengen sowie niedrige Eiweißgehalte mit einem erhöhten Ketoserisiko assoziiert sind. Für österreichische Daten liegen für Stoffwechselmerkmale keine weiteren genetischen Korrelationen zu anderen Merkmalen vor. Allerdings wurden im Rahmen von OptiGene negative genetische Korrelationen zwischen Eutergesundheits- sowie Fruchtbarkeitsindex und Milchleistungsmerkmalen geschätzt.

Genomik und genomweite Assoziationsstudien

Genomische Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale

Die Einführung der genomischen Selektion hat die Rinderzucht in den letzten Jahren drastisch verändert. Genomweite SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) -Daten erlauben die Schätzung von Zuchtwerten mit Sicherheiten zwischen etwa 40 und 70 % bereits beim Jungtier. Dadurch konnte das Generationsintervall deutlich reduziert und der mögliche Zuchtfortschritt gesteigert werden. Die Leistungsfähigkeit der genomischen Zuchtwertschätzung wird maßgeblich von der verfügbaren Anzahl von geprüften Stieren bestimmt. Um die Vorhersagekraft der Zuchtwertschätzung weiter zu steigern, wird die Genotypisierung von weiblichen Tieren zunehmend interessanter. Besonders wichtig ist diese bei Merkmalen, die erst seit kurzer Zeit erhoben werden. Ein Beispiel hierfür sind direkte Gesundheitsmerkmale auf der Basis von tierärztlichen Diagnosen und/oder Beobachtungen durch den Tierhalter. Hier ist der Aufbau einer Kalibrierung über geprüfte Stiere ein langwieriger Prozess, der mindestens 10 bis 15 Jahre

in Anspruch nimmt. Über die direkte Einbeziehung von genotypisierten Kühen, die für das Merkmal unter Leistungskontrolle stehen, kann hingegen innerhalb weniger Jahre eine genomische Zuchtwertschätzung etabliert werden. Die systematische Genotypisierung weiblicher Tiere mit dem Ziel des Aufbaus einer Kuhlernstichprobe, spielt in diesem Zusammenhang auch international eine wesentliche Rolle. Länder, in denen es bereits eine genomische Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale - und somit auch für den Stoffwechselkomplex – gibt, sind beispielsweise Deutschland, Schweden/Dänemark/Finnland, Norwegen oder Kanada.

In Österreich besteht derzeit außer für Holstein noch keine genomische Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale, sie steht aber kurz vor der Einführung. Im Rahmen des Projektes FoKUHs wurden in diesem Zusammenhang in Projektbetrieben zusätzlich zu den Gesundheitsmerkmalen aus der Routine auch Klauenpflegedaten und subklinische Ketosen mit Hilfe von Ketotests erhoben und insgesamt etwa 57.000 weibliche Tiere der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein genotypisiert. In Bayern und Baden-Württemberg gibt es zudem drei weitere Herdentypisierungsprojekte: Im Projekt Braunvieh Vision ist mit rund 38.000 weiblichen Genotypisierungen bei der Rasse Braunvieh zu rechnen. In diesem Projekt werden unter anderem Gesundheitsdaten über Beobachtungen erfasst. Bei Fleckvieh gibt es die beiden Projekte Fleckficient (Baden-Württemberg) mit 20.000 Genotypisierungen sowie FleQS (Bayern) mit insgesamt 80.000 Genotypisierungen. Auch in diesen beiden Projekten wurden Gesundheitsdaten erfasst. Damit wurden die Grundlagen für eine Kuhlernstichprobe geschaffen. Einige der FoKUHs-Betriebe nehmen auch gleichzeitig am Projekt D4Dairy teil, in dem zusätzliche

Daten erhoben werden, um geeignete Hilfsmerkmale für Gesundheitsmerkmale zu identifizieren. In D4Dairy widmet man sich den Datenquellen aus neuen Technologien wie automatische Melksysteme oder verschiedenste Sensoren am Tier, die z.B. Aktivität, Wiederkauen oder Temperatur messen. In der Arbeit von Stangaferro et al. (2016) wurde beispielsweise die Aktivität im Zusammenhang mit Stoffwechselerkrankungen erfasst. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass die Kombination aus Bewegungs- und Wiederkauaktivität gut dafür geeignet ist, um Stoffwechselerkrankungen in der Früh lactation zu erkennen. Da auch zu den in D4Dairy erhobenen Daten teilweise Genotypen zur Verfügung stehen werden, können auch diese Merkmale künftig entsprechend genutzt werden.

Parallel zur Erhebung von Phäno- und Genotypen stand in den letzten Jahren die Entwicklung einer genomischen Zuchtwertschätzung auf Basis der Single-Step-Methode für die gemeinsame Zuchtwertschätzung Deutschland-Österreich-Tschechien im Vordergrund. Single-Step bedeutet, dass konventionelle und genomische Zuchtwertschätzung in ein gemeinsames Verfahren zusammengeführt werden. Die Einführung erfolgt mit der April Zuchtwertschätzung 2021.

Genomweite Assoziationsstudien (GWAS – genome-wide association studies)

Die Genotypisierung über SNPs ermöglicht neben der genomischen Zuchtwertschätzung auch die Identifizierung von Quantitative Trait Loci (QTL) über genomweite Assoziationsstudien (GWAS). Das Ziel von GWAS ist es, Allele (oder Haplotypen) zu finden, die mit einem bestimmten Phänotyp assoziiert sind, d.h. es liegt eine Korrelation in den Ausprägungen von Markern und Phänotypen vor. Falls dies

der Fall ist, muss in einem nächsten Schritt der kausale Zusammenhang zwischen diesem Marker und dem entsprechenden Merkmal untersucht werden. In GWAS-Studien werden daher in der Regel Gene mit teils bekannten Genfunktionen in der Nähe des gefundenen Markers angegeben. In der Folge werden Arbeiten hinsichtlich Ketose dargestellt.

Eine kürzlich erschienene Studie bei der Rasse Jersey (Parker Gaddis et al., 2018) identifizierte Marker für Ketose verteilt über das gesamte Genom. Der Marker mit dem stärksten Zusammenhang lag auf Chromosom 10, gefolgt von Markern auf den Chromosomen 11, 14, 6 und 23. Von zusätzlich untersuchten Haplotypen (10-SNP-Fenster) erklärte eine Region auf Chromosom 6 den größten Anteil an Varianz. Die gefundenen Marker liegen u.a. im Bereich von bekannten Genen, die für die Insulinregulation und den Fettstoffwechsel verantwortlich sind. Bei deutschen Holstein Kühen (Klein et al., 2019) wurden 5 assoziierte Kandidaten SNPs auf Chromosomen 5, 8, 9 und 15 identifiziert, die sich von jenen für FEQ unterscheiden, was auf unterschiedliche genetische Mechanismen für beide Merkmale hindeutet. Für beide Merkmale lagen jeweils Gene, die mit dem Fettstoffwechsel assoziiert sind, in der Nähe der Marker. Zu beachten ist aber, dass die Marker in beiden genannten Studien nicht signifikant waren.

Stoffwechselstabilität in der Zuchtwertschätzung

Lange Zeit wurde weltweit – abgesehen von den nordischen Ländern – im Bereich der Tiergesundheit das Augenmerk fast ausschließlich auf die Eutergesundheit gerichtet. Dies deshalb, da das (Hilfs)merkmal Zellzahl über die Leistungsprüfung Milch routinemäßig zur Verfügung steht. Dem Vorbild der nordischen Länder folgend (Heringstad und

Østerås, 2013), die eine lange Tradition hinsichtlich der Erfassung und Analyse von direkten Gesundheitsmerkmalen haben, wurde in den vergangenen Jahren jedoch weltweit an der Entwicklung von Routinezuchtwertschätzungen für den Gesundheitskomplex gearbeitet. Diese zielen darauf ab, unter Einbeziehung von direkten Gesundheits- aber auch weiteren Hilfsmerkmalen die Tiergesundheit zu verbessern und das Tierwohl zu erhöhen. Neben Eutergesundheit und Fruchtbarkeit standen auch die Klauengesundheit und Stoffwechselstabilität im Fokus der wissenschaftlichen Arbeiten und Routineentwicklungen. Im Stoffwechselbereich spielt die Definition von geeigneten Hilfsmerkmalen (z.B. Ergebnisse von Ketose-Tests, Fett-Eiweiß-Quotient, Nutzung von MIR Daten) aktuell eine große Rolle. In der Folge werden kurz die Zuchtwertschätzung für Milchfieber in Deutschland-Österreich-Tschechien sowie ausgewählte Zuchtwertschätzungen international für den Stoffwechselkomplex dargestellt.

Österreich

Im Jahr 2010 wurden für Fleckvieh erstmals Zuchtwerte für Mastitis, Frühe Fruchtbarkeitsstörungen, Zysten und Milchfieber (Fuerst et al., 2011) publiziert. Gesundheitszuchtwerte für Braunvieh folgten 3 Jahre später, gleichzeitig wurde Mastitis über den Eutergesundheitswert sowie frühe Fruchtbarkeitsstörungen und Zysten über den Fruchtbarkeitswert auch im Gesamtzuchtwert berücksichtigt (Fuerst und Egger-Danner, 2014). Der Stoffwechsel wurde also bisher ausschließlich über das Merkmal Milchfieber abgedeckt und nicht in den GZW inkludiert. Die Datengrundlage bilden sowohl tierärztliche Diagnosen zwischen -10 Tagen vor und +10 Tagen nach der Abkalbung (Egger-Danner et

al., 2012) als auch geburtsnahe Beobachtungen (Festliegen), die im Zuge der Milchleistungskontrolle von den Landeskontrollverbänden erhoben werden (Koeck et al., 2015). Abgänge im Beobachtungszeitraum werden ebenfalls mitberücksichtigt. Die Schätzung erfolgt univariat, die Heritabilitäten betragen 3,6 % für Fleckvieh und 1,7 % für Braunvieh (Fürst et al., 2019).

Im Rahmen des Projektes OptiGene wurde u.a. an der Optimierung des GZW gearbeitet. Im Zuge dessen erfolgte auch die Ableitung der wirtschaftlichen Gewichte für die klinischen Stoffwechselmerkmale Milchfieber und Ketose. Alle weiteren Stoffwechselerkrankungen wurden auf Grund der niedrigen Frequenz in Vorarbeiten (Ederer et al., 2014) nicht miteinbezogen. Das wirtschaftliche Gewicht für Milchfieber lag beim Fleckvieh bei € 7,69/ s_a (s_a = genetische Standardabweichung) und beim Braunvieh bei € 4,34/ s_a ; das für Ketose bei beiden Rassen bei etwa € 1,80/ s_a (Fuerst-Waltl et al., 2016). Zum Vergleich – für akute und chronische Mastitis wurde für Fleckvieh und Braunvieh ein wirtschaftliches Gewicht von € 15,84 bzw. € 18,48/ s_a abgeleitet. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass ausschließlich klinische, nicht aber subklinische Fälle in den Berechnungen berücksichtigt wurden. Auch Abgänge auf Grund von Stoffwechselerkrankungen gingen wegen der Vermeidung von Doppelberücksichtigung (Merkmal Nutzungsdauer im Gesamtzuchtwert) nicht in die Berechnungen ein.

Anlässlich der Änderungen im Gesamtzuchtwert im Jahr 2016 wurde von den Zuchtorganisationen für beide Rassen beschlossen, von einer Berücksichtigung des Stoffwechselkomplexes im Gesamtzuchtwert vorerst abzusehen und die mögliche Entwicklung eines Stoffwechsel- bzw. Klauenindex bzw. die Ein-

führung der genomischen Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale abzuwarten.

Beispiele international

Für *Holstein Deutschland* wurde eine Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale im Jahr 2019 etabliert (VIT, 2020), in die auch die österreichischen *Holstein* Daten einfließen. Insgesamt werden für 13 Einzelmerkmale innerhalb der Komplexe Euter- bzw. Klauengesundheit, Reproduktion und Stoffwechselstabilität Zuchtwerte geschätzt. Wie auch in der gemeinsamen Zuchtwertschätzung Deutschland-Österreich-Tschechien fließen teilweise auch Informationen aus geburtsnahen Beobachtungen ein. Hinsichtlich der Stoffwechselstabilität erfolgt die Zuchtwertschätzung für Labmagenverlagerung links, Milchfieber (jeweils bis zum 100. Laktationstag) und Ketose (bis zum 305. Laktationstag) multivariat. In Tabelle 1 sind die Heritabilitäten sowie die Gewichtungen der Merkmale im Index für Resistenz gegen Stoffwechselstörungen (RZMetabol) dargestellt. Zusätzlich geschätzte Zuchtwerte für Abgänge auf Grund von Stoffwechselerkrankungen dienen als Hilfsmerkmal, die genetische Korrelation zum

Tabelle 1: Übersicht über Stoffwechselmerkmale und deren Gewichtung im Index für Resistenz gegen Stoffwechselstörungen bei *Holstein* in Deutschland (VIT, 2020)

Merkmal	Heritabilität	Indexgewicht (%)
RZMetabol (Index)	0,04	
Labmagenverlagerung links	0,03	40
Milchfieber	0,04	30
Ketose	0,03	30

Index beträgt 0,80. Innerhalb des RZGesund (Index für Gesamtgesundheit) erhält der RZMetabol ein relatives Gewicht von 25 %.

In *Dänemark, Finnland und Schweden (Nordic Cattle Genetic Evaluation)* werden Zuchtwerte und der Gesamtzuchtwert, NTM, für die Milchrinderrassen *Holstein, Danish Red* und *Jersey* länderübergreifend geschätzt und ausgewiesen (NAV, 2020). Zwei Gesundheitsindices werden berechnet, jeweils für Eutergesundheit und für Allgemeine Gesundheit (General Health, GH). In letzterem werden die 5 Komplexe frühe (ERP) und späte (LRP) Fruchtbarkeitsstörungen (Nachgeburtsverhaltung – nur frühe bis zum 40. Tag; sowie hormonell bedingte, infektiös bedingte und sonstige Fruchtbarkeitsstörungen jeweils frühe und späte, bis 40. Tag und 41.-305. Tag), Ketose (KET; -15. bis 305. Tag), andere Stoffwechselerkrankungen (OMB; Milchfieber, weitere Stoffwechselerkrankungen, andere fütterungsbezogene und weitere Erkrankungen) sowie Fundamentprobleme (FL) inkludiert. Darüber hinaus werden auch BHB sowie Aceton Werte zwischen dem 10. und 60. Laktationstag in der Schätzung berücksichtigt. Die Beobachtungen innerhalb der Laktationen 1-3 werden als getrennte Merkmale aufgefasst; die Schätzung erfolgt voll multivariat für die 21 Merkmale. Für *Holstein* liegen die Heritabilitäten für Ketose bei 1 bis 1,5 % und für andere Stoffwechselerkrankungen bei 0,5 und 2 %, für BHB zwischen 7,7 und 15 % bzw. für Aceton zwischen 3 und 5,3 %.

Für die Berechnung aller Indices für die fünf oben genannten Merkmalsgruppen werden die Zuchtwerte der ersten, zweiten und dritten Laktation mit jeweils 30, 25 und 45 % gewichtet. Für *Holstein* erfolgt die Berechnung des GH mit

$$\text{GH} = 2.04 \cdot \text{ERP} + 1.78 \cdot \text{LRP} + 3.12 \cdot \text{OMB} + 1.45 \cdot \text{KET} + 1.57 \cdot \text{FLP}.$$

Im Gesamtzuchtwert NTM erhält der GH-Index für die Rasse Holstein ein relatives Gewicht von 5,02 (Stiere und genomisch getestete Kühe) bzw. 5,19 % (nicht genomisch getestete Kühe).

In *Norwegen* wird ein Index für Krankheiten außer Mastitis berechnet (Diseases other than mastitis index). Berücksichtigt werden für die erste bis fünfte Laktation die Merkmale Ketose, Milchfieber, Nachgeburtshaltung (-15 bis 120. Laktationstag) sowie die Fruchtbarkeitsstörungen Zysten, Metritis und Stillbrunst; die relativen Gewichte der Merkmale in % sind 45:15:15:15:5:5 (www.norwegianred.com). Im Gesamtzuchtwert erhält dieser Index allerdings nur ein relatives Gewicht von 0,35 %; das relative Gewicht des Eutergesundheitswertes und des Klauengesundheitsindex betragen im Vergleich dazu 15,66 % und 4,02 %. Die Zuchtwertschätzung wurde 2016 auf die Single Step Methode umgestellt.

Auch *Kanada* publizierte Ende 2016 erstmals Zuchtwerte für Resistenz gegenüber Stoffwechselerkrankungen für die Rassen Holstein, Ayrshire und Jersey. Die zugrundeliegenden Daten stammen aus Betriebsaufzeichnungen von Ketose und Labmagenverlagerung, die mit BHB Messungen der Milch kombiniert werden. Erste und höhere Laktationen werden getrennt betrachtet. Zusätzlich dazu werden auch die Hilfsmerkmale FEQ am Beginn der Laktation sowie BCS in der ersten Laktation berücksichtigt. Das relative Gewicht innerhalb des Indexes für subklinische Ketose (BHB) : Ketose : Labmagenverlagerung beträgt 50 : 25 : 25. Eine genomische Zuchtwertschätzung wird derzeit nur für Holstein durchgeführt (www.cdn.ca).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein wesentliches Kriterium für eine stoffwechselstabile Kuh ist, dass die kritische Phase zu Beginn der Laktation mit möglichst wenig Verlust an Körperreserven geschafft wird. Zum überwiegenden Teil gilt es, das Management und im speziellen die Fütterung zu optimieren und auf eine ideale Körperkondition vor dem Trockenstellen zu achten. Es gibt jedoch auch genetische Unterschiede in der Anfälligkeit von Tieren für Stoffwechselerkrankungen. Aktuell gibt es für Fleckvieh und Braunvieh nur eine Zuchtwertschätzung für das Merkmal Milchfieber. Für Holstein hat VIT Verden kürzlich einen Zuchtwert für Stoffwechselstabilität eingeführt, der auch in den Gesamtzuchtwert integriert wurde. Nicht nur internationale Studien, sondern auch frühere Analysen der Daten aus dem Gesundheitsmonitoring bzw. Ergebnisse aus Efficient Cow zeigen, dass es möglich und wertvoll ist, verschiedene vorhandene Datenquellen (Diagnosen, Ketotest-Ergebnisse, BCS, Fett-Eiweiß-Quotient, KetoMIR) zur Beschreibung von Stoffwechselstörungen züchterisch zu nutzen. Aktuelle Arbeiten im Projekt FoKUHs und D4Dairy zielen darauf ab, eine große Zahl an (neuen) aussagekräftigen Informationsquellen für den Stoffwechselbereich zu erheben und diese auch bei der Kuhkalibrierung zu berücksichtigen. Die Einführung einer genomischen Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale und die Berücksichtigung des Stoffwechselkomplexes im Gesamtzuchtwert ist ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung stoffwechselstabiler Kühe.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen der Projekte D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) und FoKUHs durchge-

führt. Das COMET-Projekt D4Dairy wird vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt und wird von der FFG abgewickelt. Das Projekt FoKUHs wird mit nationalen Mitteln durch Kofinanzierung von Bund und Ländern im Rahmen der Sonderrichtlinie des BMLRT zur Umsetzung von Projektmaßnahmen im Rahmen des Österreichischen Programms für ländliche Entwicklung 2014 – 2020 sowie die österreichischen Rinderzuchtverbände finanziert.

Literatur

- Belay T.K., Svendsen M., Kowalski Z.M., Ådnøy T., 2017. Genetic parameters of blood β -hydroxybutyrate predicted from milk infrared spectra and clinical ketosis, and their associations with milk production traits in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science* 100, 6298-6311.
- Benedet A., Manuelian C. L., Zidi A., Penasa M., De Marchi M., 2019. Invited review: β -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal* 13, 1676-1689.
- Drössler K., Werner A., Dale L., 2018. KetoMIR – ein neues Werkzeug für LKV-Mitgliedsbetriebe 45. *Viehwirtschaftliche Fachtagung 2018*, 57-63.
- Ederer S., Egger-Danner C., Zollitsch W., Fuerst-Waltl B., 2014. Metabolic disorders and their relationships to milk production traits in Austrian Fleckvieh. *ICAR 39th Biennial Session, Berlin, 19.-23. Mai 2014*.
- Egger-Danner C., Fuerst-Waltl B., Obritzhauser W., Fuerst C., Schwarzenbacher H., Grassauer B., Mayerhofer M., Koeck A., 2012. Recording of direct health traits in Austria-experience report with emphasis on aspects of availability for breeding purposes. *Journal of Dairy Science* 95,2765–2777.
- Fürst, C., Dodenhoff, J., Egger-Danner, C., Emmerling, R., Hamann, H., Krogmeier, D. und Schwarzenbacher, H., 2019. Zuchtwertschätzung beim Rind - Grundlagen, Methoden und Interpretationen. <http://www.zar.at/download/ZWS/ZWS.pdf>
- Fuerst C., Egger-Danner C., 2014. Inclusion of direct health traits in the total merit index of Fleckvieh and Brown Swiss cattle in Austria and Germany. *ICAR 39th Biennial Session, Berlin, 19.-23. Mai 2014*.
- Fuerst C., Koeck A., Egger-Danner C., Fuerst-Waltl B., 2011. Routine genetic evaluation for direct health traits in Austria and Germany. *Interbull Bulletin* 44, 210-215.
- Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: Finding the balance between economics and breeders' preferences. *Journal of Dairy Science* 99, 9796-9809.
- Fuerst-Waltl B., Koeck A., Werner A., Dale L.M. Sölkner J., Egger-Danner C., 2020. Genetic relationships between ketosis and potential indicator traits. *BSAS Annual Conference, Nottingham, UK*.
- Gasteiner J., 2000. Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. 27. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning*.
- Heise J., Stock K.F., Rensing S., Simianer H., 2018. Potenzial der Nutzung von Routinemeldungen der Abgangsursachen für die Milchrinderzucht. *Züchtungskunde* 90, 13-26.
- Heringstad B., Chang Y. M., Gianola D., Klemetsdal G., 2005. Genetic analysis of clinical mastitis, milk fever, ketosis, and retained placenta in three lactations of Norwegian red cows. *J. Dairy Sci.* 88:3273–3281.
- Heringstad B., Østerås, O., 2013. More than 30 years of health recording in Norway. In *ICAR Technical Series no. 17*. 39–46.
- Hintringer, J., 2019. Untersuchung von möglichen Einflussfaktoren auf Milchfieber. *Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien*.
- Kirchgessner M., Roth E., Schwarz E., Stangl G.I., 2008. *Tierernährung*. 12. Aufl., DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- Klein S.-L., Scheper C., Brügemann K., Swalve H.H., König S., 2019. Phenotypic relationships, genetic parameters, genome-wide associations, and identification of potential candidate genes for ketosis and fat-to-protein ratio in German Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 102, 6276–6287.
- Koeck A., Miglior F., Jamrozik J., Kelton D.F., Schenkel F.S., 2013. Genetic associations of ketosis and displaced abomasum with milk production traits in early first lactation of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 96, 4688-4696.
- Koeck A., Jamrozik J., Schenkel F.S., Moore R.K., Lefebvre D.M., Kelton D.F., Miglior F., 2014. Genetic analysis of milk β -hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 97, 7286–7292.
- Koeck A., Fuerst F., Egger-Danner C., 2015. Farmer-observed health data around calving — Genetic parameters and association with veterinarian diagnosis

- ses in Austrian Fleckvieh cows. *J. Dairy Science*, Vol. 98 (4), 2753-2758.
- NAV, 2020. NAV routine genetic evaluation of Dairy Cattle – data and genetic models. 10th edition, October 2020.
- Parker Gaddis K.L., Megonigal J.H., Clay J.S., Wolfe C.W., 2018. Genome-wide association study for ketosis in US Jerseys using producer-recorded data. *Journal of Dairy Science* 101:413–424.
- Pfeiffer C., Fuerst C., Ducrocq V., Fuerst-Waltl B., 2015. Short communication: Genetic relationships between functional longevity and direct health traits in Austrian Fleckvieh cattle. *Journal of Dairy Science* 98, 7380-7383.
- Pryce J.E., Parker Gaddis K.L., Koeck A., Bastin C., Abdelsayed M., Gengler N., Miglior F., Heringstad B., Egger-Danner C., Stock K. F., Bradley A. J., Cole J. B., 2016. Invited review: Opportunities for genetic improvement of metabolic diseases. *Journal of Dairy Science* 99, 6855–6873.
- Reinhardt T.A., Lippolis J.D., McCluskey B.J., Goff J.P., Horst R.L., 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Veterinary Journal* 188, 122-124.
- Roche J. R., Friggens N. C., Kay J. K., Fisher M. W., Stafford K. J., Berry D. P., 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92, 5769–5801.
- Rosenberger G., Dirksen G., Gruender H.D., Stoeber M., 1994. *Krankheiten des Rindes*. 3. Auflage, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin.
- Stangaferro M.L., Wijma R., Caixeta L.S., Al-Abri M.A., Giordano J.O., 2016. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders. Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science* 99, 7395-7410.
- Tatone, E.H., Gordon, J.L., Hubbs, J., LeBlanc, S.J., DeVries, T.J., Duffield, T.F., 2016: A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of point-of-care tests for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 130, 18-32.
- van Kneysel A., van der Drift S., Horneman M., de Roos A., Kemp B., Graat E., 2010. Short communication: Ketone body concentration in milk determined by Fourier transform infrared spectroscopy: Value for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 3065-3069.
- VIT, 2020. Beschreibung der Zuchtwertschätzung für alle Schätzmerkmale bei den Milchrinderrassen für die vit mit der Zuchtwertschätzung beauftragt ist. Stand Dezember 2020. https://www.vit.de/fileadmin/DE/Zuchtwertschaetzung/Zws_Bes_deu.pdf.
- Werner A, Gollé-Leidreiter F, Droessler K, Auer FJ, Mayerhofer M, Köck A, Egger-Danner C and Dale LM 2019. ICAR Technical Series 24, 303-307.
- ZuchtData, 2020. ZuchtData-Jahresbericht 2020. <https://zar.at/Downloads/Jahresberichte/ZuchtData-Jahresberichte.html>
- Zwald N.R., Weigel K.A., Chang Y.M., Welper R.D., Clay J.S., 2004. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. Incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *Journal of Dairy Science* 87, 4287-4294.

Veranstalter:

RINDERZUCHT AUSTRIA

Organisiert in Zusammenarbeit mit:

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH
Dresdner Straße 89/B1/18, A-1200 Wien



Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften
Universität für Bodenkultur
Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien



Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik
(HAUP), Angermayergasse 1, 1130 Wien



Österreichischer Tiergesundheitsdienst
Hietzinger Kai 87, 1130 Wien



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
(BMLRT)

Medieninhaber und Herausgeber:

Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter (ZAR)
Dresdner Straße 89/B1/18, 1200 Wien

Für den Inhalt verantwortlich:

Die jeweiligen AutorInnen

Layout/Redaktion:

DI Lukas Kalcher, ZAR



**Zentrale Arbeitsgemeinschaft
Österreichischer Rinderzüchter - ZAR
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH
Dresdner Straße 89/B1/18, 1200 Wien
www.zar.at; www.zuchtdata.at
+43 1 334 17 21 11**

Foto: FIH/Miesenberger