

Anwendung von MIR-Daten aus der Milch – was ist praxisreif?



Astrid Köck^{1*}, Martin Mayerhofer¹ und Christa Egger-Danner¹

Zusammenfassung

Die Milchanalyse mit Hilfe von Mid-Infrarot-Spektroskopie (MIR) ist eine schnelle und günstige Möglichkeit, Milchproben in großem Umfang auf die Hauptinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff zu untersuchen. Da die Milchzusammensetzung mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh zusammenhängt, besteht die Möglichkeit, MIR-Spektren zur Erkennung von Krankheiten zu verwenden. Vor allem beim Erkennen von subklinischer Ketose liefern die Milchhaltsstoffe wertvolle Information. Die klassische Erkennungsmethode von subklinischen Ketosen im Zuge der Milchleistungsprüfung ist ein Fett-Eiweiß-Quotient $> 1,5$ zu Beginn der Laktation. Das neue Konzept von KetoMIR besteht darin, eine Ketose-Gefährdung über Milchproben anzubieten, die genauer ist als der Fett-Eiweiß-Quotient. Mit Hilfe von tierärztlichen Ketose-Diagnosen und den Milchkomponenten wurde KetoMIR, ein dreistufiger Ketoseindex, entwickelt. Klasse 1 bedeutet geringes Ketoserisiko, Klasse 2 mittleres Ketoserisiko und Klasse 3 hohes Ketoserisiko. Die KetoMIR-Ergebnisse sind bislang vor allem für das Herdenmanagement im Einsatz. Die Entwicklung von MIR-Modellen zur Erkennung von Mastitis und zur Trächtigkeitsbestimmung ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes D4Dairy.

Schlagwörter: Subklinische Ketose, Milchspektraldaten, Milchleistungsprüfung, Herdenmanagement

Summary

Milk analysis using mid-infrared spectroscopy (MIR) is a fast and inexpensive way of examining milk samples on a large scale for fat, protein, lactose and urea. As the milk composition is related to the health status and metabolism of a cow, it is possible to use MIR spectra to detect diseases. Especially for detection of subclinical ketosis, the milk contents provide valuable information. The classical detection method of subclinical ketosis within routine performance recording is a fat-protein ratio > 1.5 at the beginning of lactation. The new concept of KetoMIR is to offer a ketosis risk index via milk samples that is more accurate than the fat-protein ratio. Based on veterinary ketosis diagnoses and the milk components, KetoMIR, a three-class ketosis index, was developed. Class 1 means low ketosis risk, class 2 medium ketosis risk and class 3 high ketosis risk. The KetoMIR results have so far mainly been used for herd management. The development of MIR models for the detection of mastitis and for pregnancy determination is currently the subject of scientific investigations within the D4Dairy project.

Keywords: Subclinical ketosis, milk spectral data, milk performance recording, herd management

¹ ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89/B1/18, A-1200 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Astrid Köck, email: koeck@zuchtdata.at

Einleitung

Die Milchanalyse mit Hilfe von Mid-Infrarot-Spektroskopie (MIR) ist eine schnelle und günstige Möglichkeit Milchproben in großem Umfang auf die Hauptinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff zu untersuchen. Auch Fettsäuren mit höheren Konzentrationen in der Milch lassen sich genau bestimmen (SOYEURT et al. 2006). DARDENNE et al. (2015) erwähnten, dass mit der MIR-Technologie Bestandteile unter 100 ppm ($< 0,1$ g/l) nicht direkt nachgewiesen werden können. Deswegen können Milchkomponenten mit niedrigen Konzentrationen, wie z.B. β -Hydroxybutyrat (BHB), Aceton (DE ROOS et al. 2007), Lactoferrin (SOYEURT et al. 2012) und Minerale (SOYEURT et al. 2009), nur mit einer geringeren Genauigkeit berechnet werden. Der Nachweis dieser Bestandteile erfolgt durch indirekte Verbindungen mit der globalen Milchezusammensetzung.

Verschiedene internationale Forschergruppen arbeiten unter anderem auch an der Schätzung von Energiebilanz (McPARLAND et al. 2012) und Methanemissionen (DEHARENG et al. 2012). Da die Milchezusammensetzung mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh zusammenhängt, besteht die Möglichkeit, MIR-Spektren zur Erkennung gewisser Krankheiten zu verwenden (z.B. DALE et al. 2017, DALE et al. 2018). Die Verwendung von MIR-Daten zur Erkennung von subklinischen Ketosen in der Praxis wird im Folgenden ausführlicher diskutiert. Weitere Entwicklungen im laufenden Projekt D4Dairy werden kurz vorgestellt.

MIR-Daten zur Erkennung subklinischer Ketose

Subklinische Ketose tritt am Beginn der Laktation 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. Das Energiedefizit wird durch Mobilisierung von Körperfett gedeckt. Diese führt zu einem Anstieg langkettiger Fettsäuren. Außerdem geht die Produktion von kurzkettigen und mittelkettigen Fettsäuren zurück. Dies führt im Extremfall zu einer Überlastung der Leber, es kommt zu einer Anreicherung von Ketonkörpern (Aceton, BHB) sowohl im Blut als auch in Harn und Milch.

Die Frequenz von klinischer Ketose ist sehr niedrig (1,2 %) (ZUCHTDATA 2020). Subklinische Ketose tritt weitaus häufiger auf. Daten aus dem Projekt „Efficient Cow“ ergaben eine Frequenz von subklinischer Ketose von rund 14 % (ZAR 2016). Da die betroffenen Kühe meist überhaupt keine Anzeichen einer Erkrankung zeigen, ist ein Erkennen sehr schwierig. Für die Diagnose einer subklinischen Ketose stehen dem Landwirt verschiedene Schnelltests zur Messung von Ketonkörpern in Blut, Milch oder Harn zur Verfügung. KHOL et al. (2019) untersuchten ein speziell für Kühe kalibriertes Blut-BHB-Messgerät von WellionVet BELUA. Dieser Schnelltest besitzt eine hohe Genauigkeit (Sensitivität von 96 %, Spezifität von 98 %), bedeutet aber zusätzlichen Arbeitsaufwand. Beim Erkennen von subklinischer Ketose liefern deswegen die Milchinhaltsstoffe aus der Milchleistungsprüfung wertvolle praktische Information, die mit keinem zusätzlichen Arbeitsaufwand verbunden ist.

Fett-Eiweiß-Quotient

Die klassische Erkennungsmethode von subklinischen Ketosen ist ein 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 %. Stark erhöhte Frequenzen von > 30 % finden sich in wenigen Betrieben (13,8 % und 8,1 % der Betriebe).

In den *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.

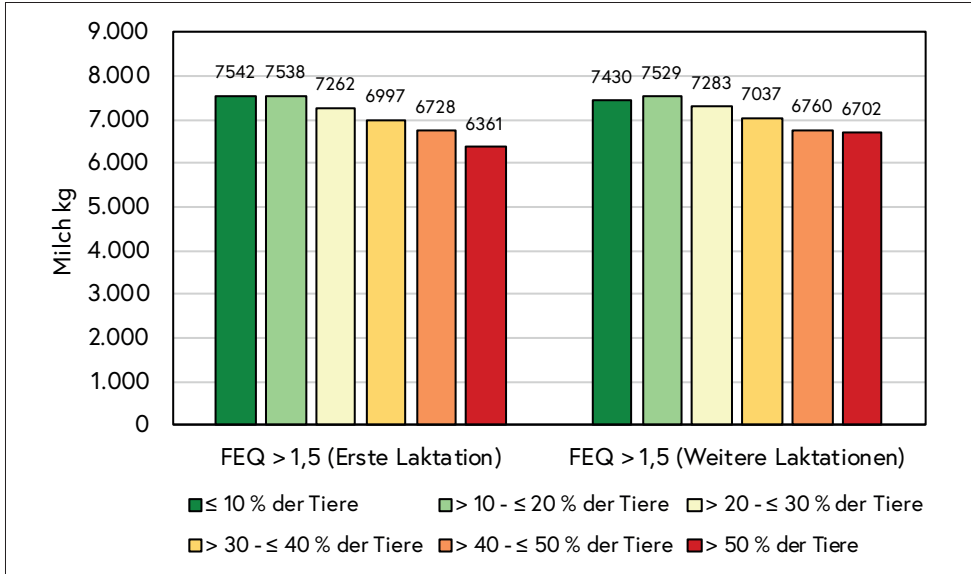


Abbildung 1: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Milchleistung

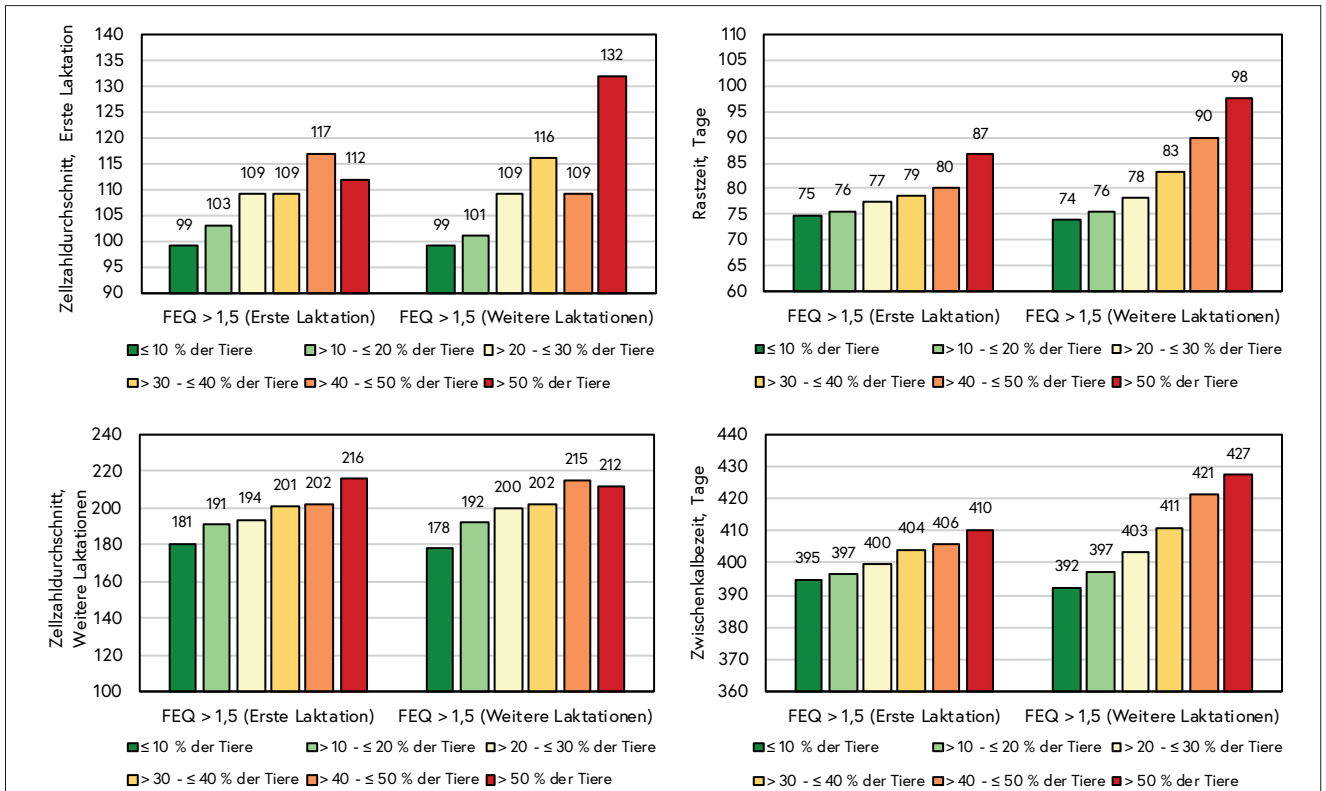


Abbildung 2: Auswirkungen FEQ > 1,5 auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit

KetoMIR

KetoMIR wurde vom LKV Baden-Württemberg entwickelt (DALE et al. 2018). Das neue Konzept von KetoMIR besteht darin, eine Ketose-Gefährdung über Milchproben anzubieten, die genauer ist als der Fett-Eiweiß-Quotient. Das Ketoserisiko innerhalb der ersten 120 Laktationstage wird dabei indirekt über die Berücksichtigung der folgenden Milchkomponenten berechnet: Laktose-%, Eiweiß-%, Fett-Eiweiß-Quotient, Aceton, Fettsäuren (C8, C17, SCFA, TOTC18:1TRANS) und Kalzium. Mit Hilfe von tierärztlichen Ketose-Diagnosen und den Milchkomponenten wurde KetoMIR, ein dreistufiger Ketoseindex, entwickelt (DALE et al. 2018). Klasse 1 bedeutet geringes Ketoserisiko, Klasse 2 mittleres Ketoserisiko und Klasse 3 hohes Ketoserisiko.

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

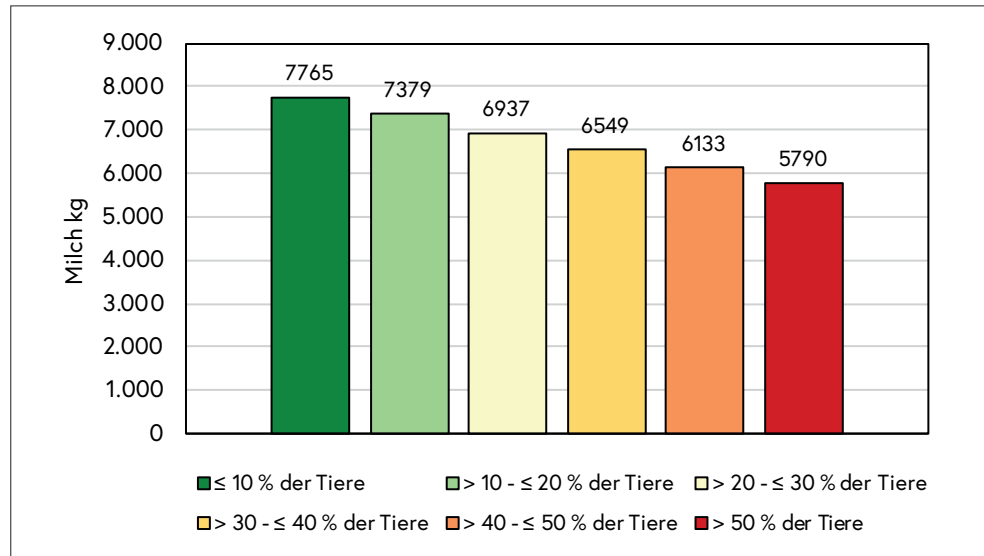
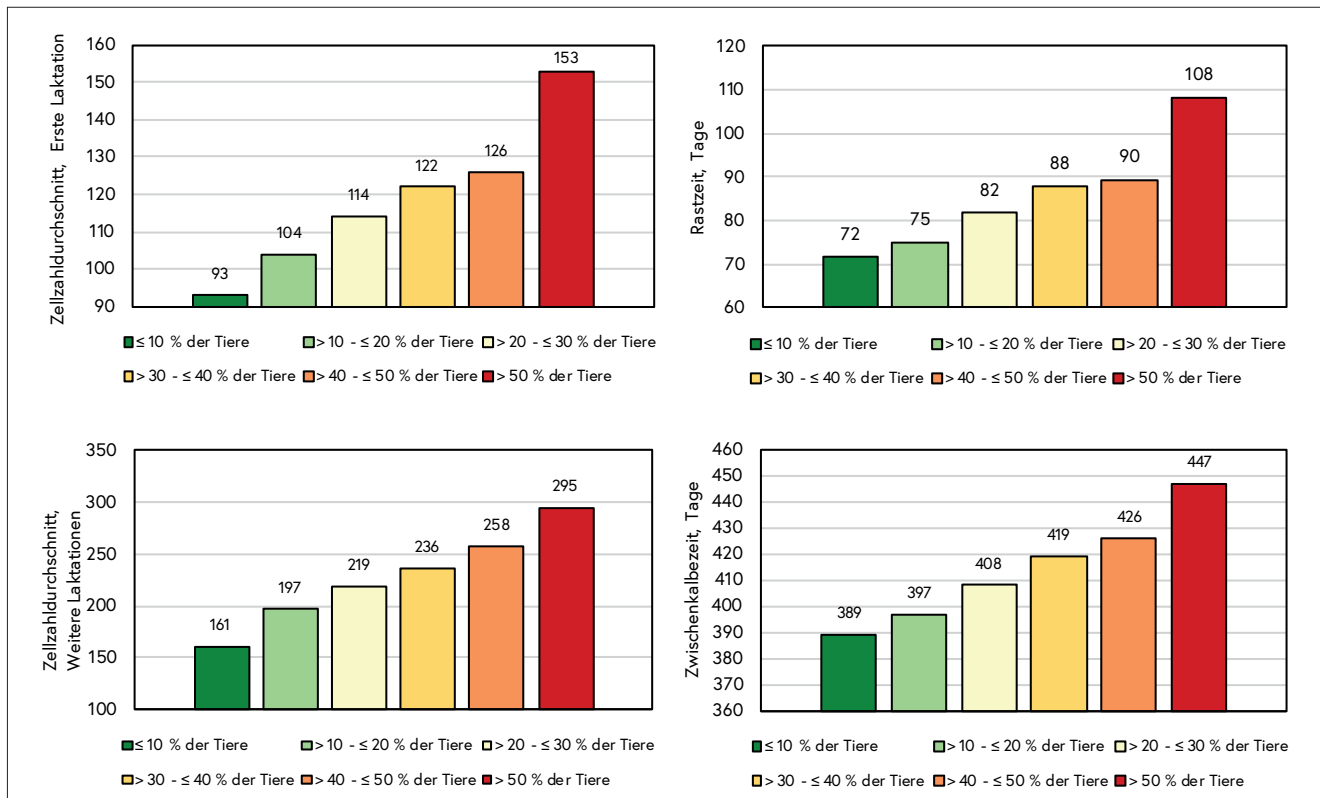


Abbildung 4: Auswirkungen von positivem KetoMIR-Ergebnis auf Herden-Zellzahl und Herden-Fruchtbarkeit



Der KetoMIR-Index besitzt eine Sensitivität von 72 % und eine Spezifität von 84 %, um klinische Ketosen zu erkennen (DALE et al. 2020). KetoMIR ist ein Warnsystem zur Unterstützung des Herdenmanagements in den ersten 120 Laktationstagen, wie z.B. der bisherige Fett/Eiweißquotient, ist aber keine Diagnose. Bei Auffälligkeiten wird empfohlen den Tierarzt zu kontaktieren. 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. 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.

Milch-β-Hydroxybutyrat (BHB), Milch-Aceton

Andere Länder, wie Kanada, Frankreich, Belgien und Niederlande, bieten den Landwirten den aus den MIR-Spektren abgeleiteten Milch-BHB-Wert und Milch-Aceton-Wert als Herdenmanagement-Instrument an. Diese BHB- und Aceton-Messungen werden mit einem bestehenden FOSS-Kalibrationsmodell und dem MilkoScan FT+ (FOSS Analytical A/S, Hillerød, Dänemark) durchgeführt. Laut RENAUD et al. (2019) besitzt der Milch-BHB Wert von FOSS für die Erkennung von Ketose eine Sensitivität von 81 % und eine Spezifität von 92 % bei einem vorgegebenen BHB-Gehalt im Blutserum von $\geq 1,2 \mu\text{mol/l}$. Die Genauigkeit des Milch-BHB-Wertes variierte in Abhängigkeit von den Laktationstagen der getesteten Kühe, wobei eine höhere Spezifität bei Kühen mit ≤ 25 Tage in Milch im Vergleich zu Kühen mit > 25 Tage in Milch gefunden wurde. Wenn die Herdenhäufigkeit von Ketose ≥ 14 % war, hatte der Milch BHB-Wert eine höhere Sensitivität im Vergleich zu einer Herdenhäufigkeit von < 14 %. Die Studie von RENAUD et al. (2019) zeigte, dass der Milch-BHB-Wert ein zuverlässiges Maß für die Bewertung von subklinischer Ketose ist und als Herdenüberwachungsinstrument für Ketose bei der Bewertung von Fütterungsmanagement oder vorbeugenden tierärztlichen Strategien verwendet werden könnte.

KetoMIR im LKV-Herdenmanager

Im LKV-Herdenmanager (*Abbildung 5*) ist im Block Stoffwechsel der neue Menüpunkt KetoMIR vorhanden. Die Maske „Probemelkungen“ zeigt eine Grafik mit einer Verteilungsauflistung aller KetoMIR-Ergebnisse zu allen bisherigen Probemelkungen in diesem Kontrolljahr. Als Zielwert ist definiert, dass sich mindestens 80 % der Ergebnisse in der Ketoseklasse 1 befinden sollten, maximal 20 % in der Klasse 2 und höchstens 5 % in



Abbildung 5: KetoMIR-Ergebnisse im LKV-Herdenmanager

der Klasse 3. Mit einem Klick auf das MLP-Datum, gelangt man zu einer Auflistung aller Tiere, bei denen ein KetoMIR-Ergebnis zur Verfügung steht.

Im Menüpunkt „Übersicht“ springt man zu einer Auflistung aller aktuellen Kühe im Bestand mit der Auflistung der Ketoseklasse des Tieres bei den einzelnen Milchleistungskontrollen. Somit sind Problemtiere oder auch Fütterungsphasen mit gehäuftem Auftreten von Stoffwechselproblemen deutlich erkennbar.

Laut WURM (2020) stehen bei der Nutzung des LKV-Herdenmanagers zur Ketose-Erkennung und -Vorbeugung nicht so sehr die Einzeltierdaten im Fokus, sondern die Entwicklung der Gruppenmittel in den einzelnen Leistungsklassen, sowie die Entwicklung der Leistungen und der Milchinhaltsstoffe im Jahresverlauf. Wertvolle Informationen über die Stoffwechselsituation der Herde über mehrere Jahre bieten auch der Betriebsvergleich in den Auswertungen.

Weiterentwicklungen im Projekt D4Dairy

Ketose

Eine neue Version von KetoMIR, KetoMIR-2, wird aktuell im Projekt D4Dairy entwickelt. Dabei werden an Stelle von den Milch-MIR-Komponenten die MIR-Spektraldaten direkt verwendet. Die Abhängigkeit bzw. der Fehlereintrag durch die Komponentenberechnung entfällt dadurch. Weiters erfolgt eine umfassende Validierung der entwickelten Formeln auf Betrieben mit Stoffwechselproblemen. Auch der Nutzen der KetoMIR-Ergebnisse in der Zucht wird untersucht (HAMANN et al. 2017, KÖCK et al. 2019).

Mastitis

Auch andere Erkrankungen, wie Mastitis, hinterlassen einen spezifischen Abdruck in der Milch, der durch die MIR-Spektroskopie nachgewiesen werden kann. Erste Mastitis-MIR-Formeln wurden bereits im D4Dairy Projekt abgeleitet (RIENESL et al. 2019). Die Anwendbarkeit und der Nutzen in der Praxis werden derzeit genauer untersucht.

Trächtigkeitsbestimmung

Im Rahmen einer Masterarbeit an der BOKU werden MIR-Formeln für die Trächtigkeitsbestimmung bei Milchkühen abgeleitet (PFEIFFER 2020).

Schlussfolgerung

Die Milchzusammensetzung steht in Zusammenhang mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh. Daher ist es möglich, MIR-Spektren zum Nachweis bestimmter Krankheiten zu verwenden. MIR-Modelle zum Nachweis von subklinischen Ketosen im Zuge der Milchleistungsprüfung sind in einigen Ländern (z.B. Kanada, Frankreich, Belgien, Niederlande, Österreich, Deutschland) bereits Standard. Diese Methode ist einfach und praktisch für den Landwirt und erhöht das Bewusstsein für ein sonst unerkanntes Problem. Die Ergebnisse sind bislang vor allem für das Herdenmanagement im Einsatz, da bei monatlichen Tests nicht alle Kühe in der am stärksten gefährdeten Periode getestet werden. KetoMIR wird z.B. von Fütterungsberatern eingesetzt, um die Fütterungssituation in der Trockenstehzeit und Früh-laktation zu beurteilen und gegebenenfalls anzupassen. Die Entwicklung von MIR-Modellen zur Erkennung von Mastitis und zur Trächtigkeitsbestimmung ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes D4Dairy.

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 A. WERNER, 2017: "MastiMIR" – A warning system for mastitis based on MIR spectra [in German: "MastiMIR" – Ein Mastitis-Frühwarnsystem basierend auf MIR-Spektren]. In: Vortragstagung der DGfZ und GfT: Aus der Arbeit der Forschungsstätten für Tierwissenschaften. 20.-21. September 2017, Stuttgart, Deutschland.

DALE, L.M. und A. WERNER, 2018: KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos auf Basis von MIR-Spektren (Model 2018). Persönliche Mitteilung.

DALE, L.M. und A. WERNER, 2020: KetoMIR – Berechnung des Ketose-Risikos aus Milch-MIR-Spektren – Hintergrund und Anwendung. ZAR-Seminar 2020, Salzburg, 12. März 2020 (Veranstaltung wurde abgesagt).

DARDENNE, P., J.A. FERNANDEZ PIERNA, O. ABBAS, V. BAETEN und B. LECLER, 2015: Untargeted multivariate characterization of contaminants in powdered milk. Proc. Final Optimir Scientific and Expert Meeting: From Milk Analysis to Advisory Tools. Namur (Belgium), 16.-17. April 2015, BASE, vol. 19.

DEHARENG, F., C. DELFOSSE, E. FROIDMONT, H. SOYEURT, C. MARTIN, N. GENGLER, A. VANLIERDE und P. DARDENNE, 2012: Potential use of milk mid-infrared spectra to predict individual methane emission of dairy cows. *Animal* 6, 1694-1701.

DE ROOS, A.P., H.J. VAN DEN BIJGAART, J. HORLYK und G. DE JONG, 2007: Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 90, 1761-1766.

DUFFIELD, T.F., D.F. KELTON, K.E. LESLIE, K.D. LISSEMORE und J.H. LUMSDEN, 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.

HAMANN, H., A. WERNER, L.M. DALE und P. HEROLD, 2017: Genetic analyses of ketosis and a newly developed risk indicator in Fleckvieh, Braunvieh and German Holstein. ICAR Technical Series no. 22, 105-108.

KHOL, J.L., K. FREIGASSNER, A. STANITZNIG, A. TICHY und T. WITTEK, 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 J. Veterinary Sci.* 22, 557-564.

KÖCK, A., L.M. DALE, A. WERNER, M. MAYERHOFER, F.J. AUER und C. EGGER-DANNER, 2019: Genetic parameters for ketosis and newly developed ketosis risk indicators based on MIR spectra. Vortrag bei European Federation of Animal Science. 26.-30. August 2019, Gent, Belgien.

McPARLAND, S., G. BANOS, B. McCARTHY, E. LEWIS, M.P. COFFEY, B. O'NEILL, M. O'DONOVAN, E. WALL und D.P. BERRY, 2012: Validation of mid-infrared spectrometry in milk for predicting body energy status in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 95, 7225-7235.

PIEPER, J.T. und K. MAHLKOW-NERGE, 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.

- PFEIFFER, P., 2020: Predicting pregnancy with MIR spectra of cow milk. Masterarbeit BOKU, Wien.
- RENAUD, D.L., D.F. KELTON und T.F. DUFFIELD, 2019: Short communication: Validation of a test-day milk test for β -hydroxybutyrate for identifying cows with hyperketonemia. *J. Dairy Sci.* 102, 1589-1593.
- RIENESL, L., N. KHAYATZADEH, A. KÖCK, L.M. DALE, A. WERNER, C. GRELET, N. GENGLER, F. AUER, C. EGGER-DANNER, X. MASSART und J. SÖLKNER, 2019: Mastitis detection from milk mid-infrared (MIR) spectroscopy in dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67, 1221-1226.
- SOYEURT, H., P. DARDENNE, F. DEHARENG, G. LOGNAY, D. VESELKO, M. MARLIER, C. BERTOZZI, P. MAYERES und N. GENGLER, 2006: Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 89, 3690-3695.
- SOYEURT, H., D. BRUWIER, J.M. ROMNEE, N. GENGLER, C. BERTOZZI, D. VESELKO und P. DARDENNE, 2009: Potential estimation of major mineral contents in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 92, 2444-2454.
- SOYEURT, H., C. BASTIN, F.G. COLINET, V.M.-R. ARNOULD, D.P. BERRY, E. WALL, F. DEHARENG, H.N. NGUYEN, P. DARDENNE, J. SCHEFERS, J. VANDENPLAS, K. WEIGEL, M. COFFEY, L. THÉRON, J. DETILLEUX, E. REDING, N. GENGLER und S. McPARLAND, 2012: Mid-infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: Potential indicator of mastitis. *Animal* 6, 1830-1838.
- VAN KNEGSEL, A.T.M., S.G.A. VAN DER DRIFT, M. HORNEMAN, A.P.W. DE ROOS, B. KEMP und E.A.M. GRAAT, 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.
- WURM, K., 2020: Stoffwechsel und Fütterung – LKV-Daten nutzen. ZAR-Seminar 2020, Salzburg, 12. März 2020 (Veranstaltung wurde abgesagt).
- ZUCHTDATA, 2020: ZuchtData Jahresbericht, 2019.
- ZAR, 2016: Efficient Cow – Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 100861, BMLFUW-LE.1.3.2/0083-II/1/2012, Wien.