

Früher gewarnt durch die Doppelampel

Der Name für das Forschungsprojekt klingt kompliziert, die Abkürzung dafür fast lustig: „FSM-IRMi“ oder im Klartext „Frühwarnsystem für Stoffwechselerkrankungen von Milchkühen mithilfe von Infrarot-Absorptionsspektren der Milch“. Dahinter steckt ein gemeinsames Projekt von LKV und mpr, das vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten co-finanziert wird und das jetzt zum Abschluss kommt. Es eröffnet neue Möglichkeiten zur Vorbeugung von Problemen des Energiestoffwechsels in der Frühlaktation.

Wenn Kühe Probleme mit dem Energiestoffwechsel bekommen, passiert dies meist kurz nach der Kalbung. Dann steigt die Milchleistung steil an, der Stoffwechsel muss sich nach der Trächtigkeit erst umstellen und der Energiebedarf ist höher als das, was mit dem Futter aufgenommen und verdaut werden kann. Nicht selten entgleist in dieser Zeit der Stoffwechsel der Kuh und sie fühlt sich unwohl, ihre Leistung sinkt ab, oder sie wird sogar krank. Die Ketose ist eines der typischen und bekannten Krankheitsbilder dabei.

Sind Kühe erst einmal erkrankt, dann sind die wirtschaftlichen Verluste bereits vorprogrammiert. Neben den direkten Kosten für die Behandlung entstehen wirtschaftliche Verluste, weil diese Kühe trotz bester Betreuung nicht mehr ihre volle Laktationsleistung erreichen. Sie erkranken an Folgeerscheinungen der Ketose wie z.B. verschiedenen Klauenleiden oder ihre Fruchtbarkeit lässt zu wünschen übrig. Daher verwundert es nicht, dass Ansätze gesucht werden, wie mit möglichst geringem Aufwand Informationen über den Stoffwechselzustand

der Kühe gewonnen werden und als Vorhersageinstrument genutzt werden können, damit möglichst früh eingegriffen werden kann und somit Verluste vermieden werden.

Die Idee

Seit etwa zehn Jahren werden die Messspektren, die in den Analysegeräten im mpr-Labor für jede Milchprobe erfasst werden und aus denen zum Beispiel der Fettgehalt, der Eiweißgehalt oder auch der Gefrierpunkt der Milch bestimmt werden, zunehmend dafür benutzt auch andere Eigenschaften der Milch zu messen, die man vorher nicht für möglich gehalten hätte. Der pH-Wert der Milch ist so ein Beispiel oder auch das Fettsäuremuster, das Aussagen über die Qualität des Milchfetts zulässt oder auch Hinweise auf die Stoffwechsellaage der Kuh geben kann. Wenn man also so exotische Eigenschaften wie den



Die genaue klinische Untersuchung der Kühe ist wichtig, um aus den IR-Spektren Vorhersagen für die Stoffwechselgesundheit der Kühe ableiten zu können.
Fotos: Herz/mp

pH-Wert in der Milch aus den gemessenen Infrarot-Spektren bestimmen kann, was kann man damit sonst noch anfangen? Wenn das Infrarot-Spektrum einer Milchprobe als sogenannter „finger print“ (Fingerabdruck) der Milch bezeichnet wird, dann müssten doch wesentlich mehr Informationen aus diesen Spektren zu ermitteln sein als „nur“ die Inhaltsstoffe.

Was sind Infrarot-Absorptionsspektren?

Die Messtechnik, mit der heute im Hochdurchsatz von bis zu 600 Proben pro Stunde die Inhaltsstoffe der Milch bestimmt werden, nennt man Infrarot-Absorptionsspektroskopie, oder kurz IR-Spektroskopie. Infrarotlicht, also Licht langer Wellenlängen, wird dabei durch eine dünne Schicht der Milch geschickt und es wird gemessen, wie das Licht dabei abgeschwächt wird. Dies wird für mehr als tausend verschiedene Wellenlängen gemacht. Da das Licht je nach Wellenlänge ganz spezifisch von einzelnen Atombindungen der Milch-inhaltsstoffe unterschiedlich abgeschwächt wird, das heißt dass Teile seiner Energie dabei absorbiert werden, kann man aus dem Muster dieser Absorption auf die Inhaltsstoffe zurückschließen. Dies erfordert einerseits natürlich hochsensible Geräte- und Messtechnik sowie leistungsfähige Computer zur Verrechnung aller Daten. Andererseits braucht man zur Kalibrierung der Geräte Milch mit bekannten Inhaltsstoffen, deren Spektren man mit der gemessenen Milchprobe vergleichen kann und woraus man mit komplizierten statistischen Methoden die genauen Inhaltsstoffe der untersuchten Proben errechnen kann.

Wurden früher die IR-Spektren nach der Berechnung der Zielwerte (Fettgehalt, Eiweißgehalt usw.) wieder verworfen

bzw. gelöscht, so werden die Spektren heute für jede einzelne Probe abgespeichert, weil sie – wie ein Fingerabdruck – die charakteristischen Eigenschaften der Milchprobe wiedergeben und weil man hofft, dass nicht nur die klassischen Inhaltsstoffe damit bestimmt werden können, sondern auch andere Eigenschaften der Milch; oder sogar bestimmte Eigenschaften der Kuh, die sich in der Milchezusammensetzung widerspiegeln.

Energiemangel macht Kühe krank und Milch anders

Gehen Kühe nach dem Abkalben in eine neue Laktation, steigt wie schon vorher dargelegt der Energiebedarf durch die Milchproduktion sehr stark an. Da dieser steigende Energiebedarf über die Futteraufnahme nicht gedeckt werden kann, muss Energie aus den körpereigenen Energiereserven, in erster Linie aus den Fettdepots, abgebaut und dem Stoffwechsel zur Verfügung gestellt werden. Beim Abbau von Depotfett, das als Triglycerid (drei Fettsäuren gebunden an einem Glycerin-Molekül) vorliegt, werden die Fettsäuren vom Glycerin abgetrennt und es entstehen freie Fettsäuren, die im Stoffwechsel, v.a. in der Leber, abgebaut werden und als Energiequelle zur Verfügung stehen. Kann die benötigte Energiemenge nicht über den regulären Abbau der Fettsäuren bereit gestellt werden, so wird ein alternativer Stoffwechselweg beschritten. An dessen Ende stehen sogenannte Ketonkörper, die ebenfalls als Energiequelle dienen, aber bei höheren Konzentrationen negative Effekte auf das Tier haben, die man im Allgemeinen als Ketose bezeichnet: Appetitlosigkeit, Trägheit, Müdigkeit, Leistungsabfall bis hin zu dramatischen nervösen Symptomen, die lebensgefährlich für die Kuh werden können.



Aus dem Blut werden wichtige Referenzdaten für die Vorhersagemodelle gewonnen.

Sowohl das erhöhte Vorkommen von freien Fettsäuren im Blut als auch erhöhte Konzentrationen von Ketonkörpern kann man über die IR-Absorptionsspektren der Milch bestimmen und daraus Rückschlüsse auf die Stoffwechsellage der Kuh ziehen, von der die Milch stammt. So die Hypothese, mit der das Forschungsprojekt begonnen wurde.

Wie kalibriert man Laborgeräte auf kranke Kühe?

Sollte diese Hypothese stimmen, dann müsste man in den IR-Spektren der Milch von ketosekranken Kühen Unterschiede zu den IR-Spektren der Milch von gesunden Kühen finden. Im Labor des mpr werden zwar Jahr für Jahr Millionen von Milchproben aller bayerischen Kühe aus den LKV-Betrieben

untersucht, nur über den Gesundheitszustand der Kühe hinsichtlich ihres Energiestoffwechsels oder hinsichtlich einer vorliegenden Ketose liegen keine verwertbaren Daten vor. Also war es die wichtigste Aufgabe des Forschungsprojekts diese Daten zu besorgen und möglichst so präzise und umfassend zu erheben, dass man die IR-Spektren damit vergleichen und aussagekräftig analysieren konnte.

Es wurden insgesamt 26 Milchviehbetriebe ausgesucht, von denen alle verfügbaren Daten erhoben und gespeichert wurden. Alle Betriebe hielten Fleckviehkühe, die mit einem Melkroboter gemolken wurden. Voraussetzung für die Teilnahme war, dass sechs Wochen lang alle Kühe vom 5. bis zum 50. Laktationstag von zwei Tierärzten untersucht werden durften, Blutproben gewonnen werden konnten und jeweils einen Tag vorher ein Probemelken stattfinden konnte, aus denen die Milchproben zur Untersuchung kamen. Zusätzlich wurden alle verfügbaren Sensordaten aus dem Betrieb erfasst und in die Datenbank übernommen.

Diese umfangreichen Daten, zusammen mit den Ergebnissen der Blut- und Milchanalysen, stellten die Grundlage dar um über komplizierte statistische Verfahren den Zusammenhang zwischen den IR-Spektren der Milch und der Stoffwechsellage der Kühe zu ermitteln. Die angestrebte „Kalibrierung“ der IR-Spektren auf die Stoffwechselgesundheit von Kühen konnte erfolgreich etabliert werden. Die Grundlage um das Ziel zu erreichen war also geschaffen.

Komplizierte Dinge einfach dargestellt – die Ampel

In den vielen Diskussionen zwischen den Projektpartnern LKV und mpr zusammen mit den beschäftigten Tierärzten und den beteiligten Wissen-



schaftlern der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität in München sowie der School of Veterinary Medicine der University of Wisconsin in den USA wurde deutlich, dass man einfache Mittel finden müsse, um die komplizierten Sachverhalte praxisingerecht darzustellen und die wesentlichen Aussagen „auf das Papier“ zu bekommen. Jeder Herdenmanager oder Milchbauer, der seine Kühe täglich betreut, sollte auf einen Blick – ohne viel Zeit dafür aufwenden zu müssen – erfassen können, wie es um seine Kühe steht bzw. welcher Stoffwechselzustand sich aus der Milch seiner Kühe ablesen lässt. Letztendlich wurde die Ampel als Symbol gewählt, welche klar ausdrücken soll, ob „alles in Ordnung“ (grün) ist, ob „Achtung“ (rot) geboten ist oder ob nicht ganz klar ist wie der Zustand ist und deshalb „erhöhte Aufmerksamkeit“ (gelb) zu empfehlen ist.

Die verwendeten statistischen Modelle errechnen aus den vorliegenden IR-Spektren und anderen Daten Wahrscheinlichkeiten, mit denen bei der betreffenden Kuh zum betreffenden Zeitpunkt eine bestimmte Stoffwechsellage vorliegt. Dabei ist es für die Praxis wichtig, dass die Beurteilung möglichst „richtig“ ist und keine Warnung über eine vermeintliche Stoffwechselerkrankung ausgesprochen wird, wenn es der Kuh gut geht. Das heißt, dass Fehlalarme tunlichst vermieden werden sollen. Andererseits sollte eine kranke Kuh durch das Warnsystem nicht als gesund eingestuft werden, weil ansonsten an

der „Sehschärfe“ des Systems gezweifelt werden würde. Das System sollte also eine akzeptable Sensitivität gegenüber der Stoffwechselerkrankung aufweisen.

Ampel 1 für das Risiko „entgleisender Energiestoffwechsel“: Die erste Ampel beruht auf der Konzentrationsbestimmung an freien Fettsäuren (FFS) im Blut, welche mittels der Infrarotspektroskopie der Milch berechnet werden können. Da die Konzentration an FFS im Wesentlichen vom Grad der Fettmobilisation und der Fähigkeit der Kuh zur Verwertung dieser freien Fettsäuren aus den Fettdepots abhängt, kann diese Ampel als Frühwarnsystem für sich anbahnende Probleme im Energiestoffwechsel gesehen werden.

Bei Rot weist die Milchzusammensetzung auf einen deutlich erhöhten Fettabbau mit einer erheblichen Entstehung von FFS hin. Eine Einleitung von Maßnahmen in Abstimmung mit dem bestandsbetreuenden Tierarzt wird empfohlen, um dem Auftreten einer Ketose frühzeitig entgegenzuwirken.

Bei Gelb sind nur leichte Veränderungen in der Milch festzustellen, welche auf einen erhöhten Körperfettabbau mit nachfolgender hoher Konzentration an FFS im Blut hinweisen. Eine genaue Beobachtung dieser Tiere wird empfohlen.

Bei Grün liegen keine Veränderungen der Milch vor, welche auf einen erhöhten Gehalt an FFS hinweisen. Die Kuh hat mit hoher Wahrscheinlichkeit derzeit kein Problem mit ihrem Energiestoffwechsel.

Ampel 2 für das Risiko „Ketose“: Mit der zweiten Ampel werden der Gehalt an Betahydroxy-Buttersäure (BHB, dem im Stoffwechsel der Kuh am meisten gebildeten Ketonkörper) im Blut und der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) in der Milch abgebildet. Sie informiert so über das Ketoserisiko und stellt Stufe zwei der möglichen Stoffwechselentgleisung dar.

Bei einer roten Ketose-Ampel treten infolge einer sehr starken Stoffwechselbelastung (erhebliche Ketonkörperbildung) deutliche Veränderungen in der Milch auf. Der Stoffwechsel der betroffenen Kuh ist enorm belastet, eine Ketoseerkrankung ist sehr wahrscheinlich oder bereits vorhanden. Eine Einleitung von Maßnahmen in Abstimmung mit dem bestandsbetreuenden Tierarzt wird empfohlen.



Bei Gelb gibt es in der Milch Hinweise auf einen erhöhten BHB-Wert oder einen veränderten FEQ-Wert in Richtung Ketose. Eine genaue Beobachtung dieser Tiere wird empfohlen.



Bei Grün sind keine Veränderungen in der Milch feststellbar, welche auf eine erhöhte BHB-Konzentration oder einen veränderten FEQ hinweisen. Es besteht kein Ketose-Risiko



...und die Praxis? Zur Zuverlässigkeit der beiden Ampeln ergeben sich aus der Versuchsphase folgende Aussagen: Steht die **Energiestoffwechsel-Ampel** auf Rot, so liegt bei 54 % der Kühe ein tatsächlicher stark erhöhter Fettabbau vor, bei etwa 33 % dieser Tiere kann ein Verdacht auf stark erhöhten Fettaufbau mit hoher Wahrscheinlichkeit geäußert werden.

Bei einer grünen **Ketose-Ampel** liegt in 93 % der Fälle sicher keine Ketose vor. Eine „Entwarnung“ durch das System ist also sehr zuverlässig. Steht die Ketose-Ampel auf Rot, so zeigt die Infrarotspektroskopie der Milch erhöhte Blutkonzentrationen an BHB und/oder einen abweichenden Fett-Eiweiß-Quotienten an. Tatsächlich waren im Testlauf bei 70 % der Kühe mit roter Ketose-Ampel entweder die BHB-Werte im Blut oder der Fett-Eiweiß-Quotienten in der Milch erhöht. Bei 24 % der Tiere waren sogar beide Werte erhöht, sodass in 94 % der Fälle der Warnhinweis zu Recht ergeht.

Aktuell bereitet das LKV den Einsatz der Doppelampel für die Praxis vor. Testbetriebe bekommen für ihre Kühe die doppelte Ampel in einem gesonderten Bericht nach jedem Probemelken übermittelt. Nach Auswertung der Rückmeldungen und Erfahrungen soll spätestens im Frühjahr die Information für alle Betriebe in der Milchleistungsprüfung zur Verfügung stehen.

Schon heute deutet sich an, dass in den Ampeln auch wertvolle Informationen für die Zucht stecken. Eine erste Auswertung von Daten zeigt, dass

es offenbar erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Töchtergruppen im Auftreten von Warnhinweisen und somit in der Anfälligkeit für Probleme im Energiestoffwechsel gibt. Eine züchterische Bearbeitung erscheint deshalb recht erfolgversprechend.

Fazit

Mit der neuen Doppelampel für Störungen im Energiestoffwechsel wird in Kürze für bayerische Milcherzeuger ein innovatives Instrument zur Herdenführung zur Verfügung stehen, das geeignet ist den Gesundheitszustand der Kühe hinsichtlich ihres Energiestoffwechsels zu beurteilen und bei sich andeutenden Störungen frühzeitig einzugreifen. Es besteht die Herausforderung, das System der Milchleistungsprüfung künftig so anzupassen, dass in der kritischen Phase bis zum 50. Laktationstag durch häufigere Einspeisung von Milchproben eine engere Überwachung der einzelnen Kühe möglich wird. LKV und mpr arbeiten weiter an diesem innovativen Werkzeug für modernes Herdenmanagement.

Danksagung

Wir danken dem **Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten** für die finanzielle Unterstützung des Projektes! Nur dadurch waren die umfangreichen Arbeiten zur Entwicklung dieses Frühwarnsystems möglich.

Zudem geht ein großer Dank an die **26 Versuchsbetriebe** für die Teilnahme am Projekt. Diese haben nicht nur ihre Tiere und die AMS-Daten für die Untersuchung zur Verfügung gestellt, sondern auch viel Zeit für den reibungslosen Ablauf investiert.



Gefördert durch:

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten