

Telemetrische pH-Wert- und Temperatur-Messungen im Vormagen von Rindern - Einsatzmöglichkeiten in der Bestandsbetreuung und Präventivmedizin

J. Gasteiner, T. Guggenberger, A. Steinwider

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Ö

E-Mail: johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at

pH-Wert-Messung im Vormagensystem

Problemstellung: Die Untersuchung des Pansensaftes ist das aussagefähigste Kriterium zur Beurteilung des Milieus im Vormagensystem von Wiederkäuern. Der pH-Wert stellt dabei die wichtigste Größe zur Beurteilung der Kohlenhydratversorgung über die Ration dar und die Pansen-pH-Wertbestimmung wird auch als die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose beschrieben (Krause u. Oetzel, 2006; Steingass u. Zebeli, 2008). An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden in den letzten Jahren umfangreiche Versuche auf dem Gebiet der kontinuierlichen reticuloruminalen pH- und Temperaturmessung mit Sensoren bei Rindern durchgeführt und in Zusammenarbeit mit der Firma smaXtec[®] (Graz, Ö) wurden zu diesen Fragestellungen auch technische Lösungen bis zur Praxisreife entwickelt. Gasteiner et al. (2009) beschrieben erstmals dieses System zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Netzmagen mit Funkübertragung. Das Mess-System, aber auch die Messstelle, der Boden des Retikulums, wurden von Schneider et al. (2010) validiert und in einer Reihe weiterer Publikationen beschrieben (Gasteiner et al. 2009; 2012 a; b; 2014). Auch Sato et al (2012) bestätigten mit ihren Ergebnissen, dass die Messung des pH-Wertes im Retikulum im direkten Vergleich zur pH-Messung im Pansen repräsentative Ergebnisse liefert und dass mithilfe retikulär ermittelter pH-Verläufe auch SARA einwandfrei detektiert werden kann. Im folgenden Beitrag sollen die Erfahrungen mit der Technik und ausgewählte, auch für die Praxis relevante Ergebnisse und Interpretationen aus Fütterungs-Exaktversuchen der HBLFA vorgestellt werden. Die ermittelten Werte für pH-Wert und Temperatur werden in der Sonde abgespeichert und kabellos über Funk ausgelesen. Die Messintervalle (von Sekunden bis Stunden) können variabel eingestellt werden. Das Messintervall in den Untersuchungen betrug immer jeweils 600 Sekunden, was 144 Einzelmessungen/Tag für pH-Wert bzw. Temperatur entspricht. Die Sensoren können aufgrund ihrer Abmessungen (Länge 120 mm, Durchmesser 36 mm, Gewicht 208 g) und ihrer Bolusform per os eingegeben werden. Das bruchssichere Kunststoffgehäuse der Messeinheit besteht aus pansensaftresistentem Kunststoff

(DLG 2010). Das Sensorsystem wird durch einen Mikroprozessor gesteuert. Diese Messergebnisse werden drahtlos an ein externes Empfangsgerät übertragen. Die Empfangseinheit ist über Internet mit einem Server verbunden, wo die Ergebnisse über ein eigens entwickeltes EDV-Programm ausgelesen, graphisch dargestellt und interpretiert werden können. Ein berechtigter Anwender kann mit seinem Zugangscode via Internet jederzeit auf die aktuellen Daten zugreifen. Die Datenübertragung aus dem Pansen ist im Umkreis von zumindest 20 Metern möglich. Antennen zum Empfang der Signale wurden im Melkstandbereich installiert, wodurch zumindest ein zweimaliges Auslesen der Daten je Tag während der Melkzeiten gewährleistet war. Die Laufzeit eines Sensors zur pH-Wertmessung beträgt > 100 Tage und die Laufzeit eines Sensors für die Temperaturmessung beträgt > 4 Jahre.

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Anwendbarkeit des Systems zur kontinuierlichen pH-Wertmessung im Sinne der Bestandsbetreuung und Präventivmedizin zu prüfen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Zusammenhänge zwischen Rations- und Fütterungsbedingungen bzw. auch dem Fütterungsmanagement und dem pH-Wert hinsichtlich der Interpretation der Ergebnisse gelegt.

Versuchsordnung: Es wurden 20 Milchkühe bei Laufstallhaltung mit dem Sensor-System bestückt und ad lib. mit Grundfutter (Grassilage, Maissilage, Heu) versorgt, wobei die Futteraufnahmen tierindividuell durch zweimal tägliche Ein- und Rückwaage jeder Komponente erhoben wurden („Calan-Gates“). Kraftfutter wurde leistungsgerecht in Abhängigkeit von der Milchleistung über eine Kraftfutterstation zugefüttert. Die **statistischen Auswertungen** der Anwendungsbeispiele 1 und 2 wurden mittels General Linear Model (GLM Statgraphics Centurion) durchgeführt.

Ergebnisse: Die tagesdynamischen Schwankungen des pH-Wertes korrelieren sehr eng mit den Zeitpunkten der Fütterung bzw. der Futteraufnahme (Abbildung 1). Anstiege des pH-Wertes weisen auf Phasen der Rumination bzw. der Ruhe (keine Futteraufnahme) hin, während pH-Wert-Absenkungen unmittelbar im Anschluss an die Futteraufnahme zu verzeichnen sind. Dies ist durch die einsetzende Säureproduktion aus dem neu aufgenommenen Futtermittel im Vormagenbereich begründet.

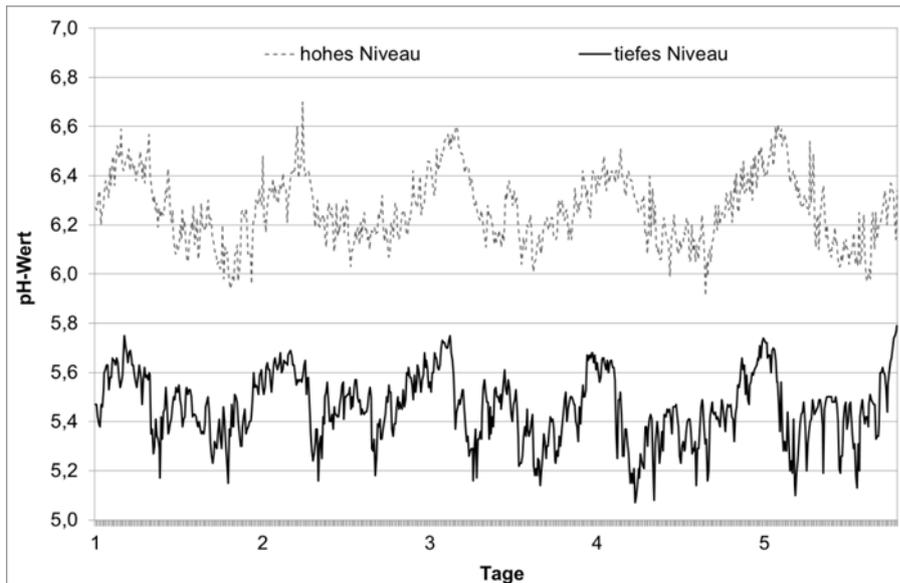


Abbildung 1: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei optimaler Versorgung an NDF und NFC (hohes pH-Niveau) sowie bei zu geringer Versorgung mit NDF und NFC-Überschuss (tiefes pH-Niveau).

Neben den typischen tagesdynamischen Schwankungen des pH-Wertes, die vom Fütterungsmanagement und der individuellen Futteraufnahme definiert werden, wird in Abbildung 1 der Unterschied des pH-Niveaus bei unterschiedlicher Rationszusammensetzung deutlich. Während die pH-Verlaufskurve „hohes Niveau“ von einer Kuh, stammte, die mit einer Struktur-betonteren Ration gefüttert wurde, wurde die Kuh mit der pH-Verlaufskurve „tiefes Niveau“ mit einer Ration mit höherer Energiedichte und geringerer Strukturwirksamkeit versorgt, es besteht die zunehmende Gefahr einer Pansenübersäuerung.

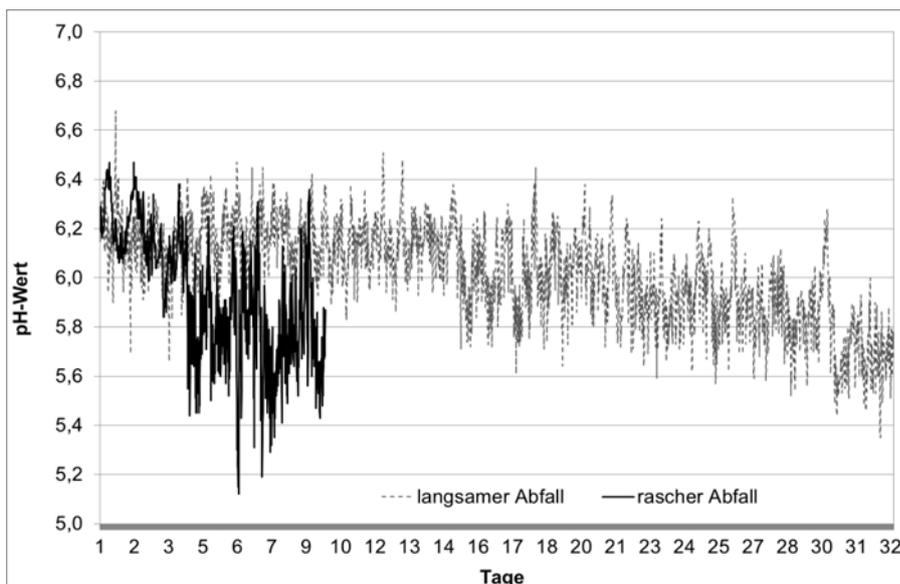


Abbildung 2: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei kontinuierlicher Anpassung an steigende Kraftfuttergaben (250 g/d KF-Steigerung) über 32 Tage („langsamer Abfall“) und bei zu rascher Kraftfuttersteigerung mit 1KF kg/d („rascher Abfall“).

Die beiden pH-Verlaufskurven in Abbildung 2 stammen von 2 Kühen in der Startphase der Laktation (jeweils ab dem 7. Tag der Laktation). Bei kontinuierlicher täglicher Kraftfuttersteigerung um 0,25 kg (ausgehend von einer anfänglichen KF-Gabe von 1,5 kg) konnte die pH-Verlaufskurve „langsamer Abfall“ festgestellt werden-Pansen-Mikroorganismen konnten sich an die sich ändernden Rationsbedingungen anpassen. Bei rascher Steigerung der Kraftfuttergaben (Steigerung um 1 kg KF/d) kam es zu einer hoch signifikanten pH-Absenkung ab dem 6. Mess-Tag mit Tiefstwerten bis pH 5,07 sowie zu Amplitudenschwankungen von mehr als 2 pH-Einheiten. Eine Anpassung der Mikroorganismen-Flora an die neuen Rationsbedingungen war nicht möglich, diese Kuh zeigte akute Symptome einer Pansenübersäuerung.

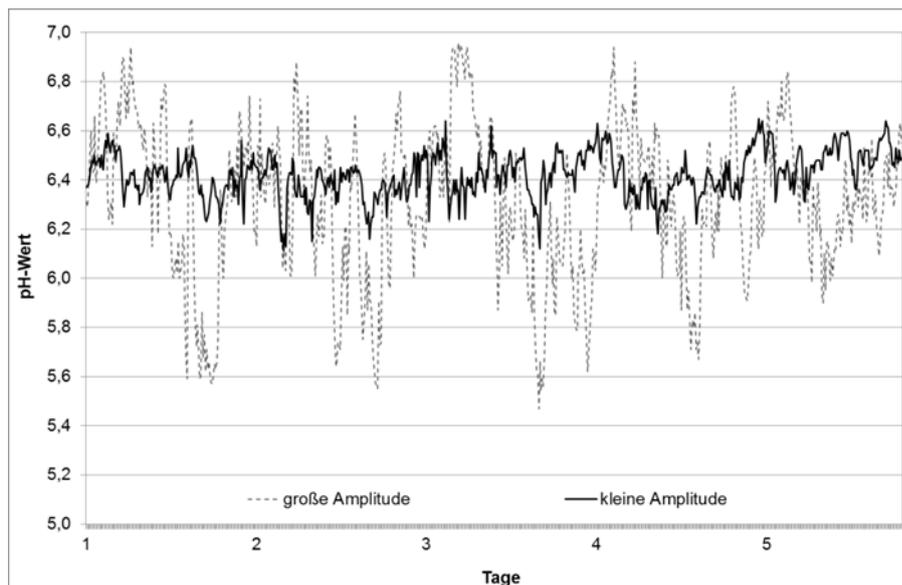


Abbildung 3: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei großer pH-Amplitude bei „rationierter Verfütterung der Einzelkomponenten“ und kleiner pH-Amplitude bei TMR-Fütterung mit selber Rationszusammensetzung.

Die großen Schwankungen des pH-Wertes der Verlaufskurve „große Amplitude“ in Abbildung 3 stammen von einer Kuh, welche „mehrphasig“ gefüttert wurde. Im Rahmen der Morgenfütterung wurde 1 kg Heu gefüttert, danach Grassilage ad lib. Hierauf folgte die Gabe von 4 kg Kraftfutter, gefolgt von der Gabe der Maissilage ad lib. Die Abendfütterung lief nach demselben Schema ab. Die pH-Verlaufskurve „kleine Amplitude“ stammt von einer Kuh, welche ad lib. mit einer TMR versorgt wurde, wobei die TMR in ihrer qualitativen und

prozentuellen Zusammensetzung der Ration „mehrphasig“ entsprach. Je geringer die pH-Amplitude ist, desto besser kann das Futter von den Mikroorganismen im Pansen verwertet werden, die Nährstoffeffizienz steigt.

Temperaturmessung im Vormagensystem

Problemstellung: Die Vormagentemperatur (VT) ist die im Retikulum der Wiederkäuer gemessene Temperatur. Seit einigen Jahren besteht die technische Möglichkeit, diese Temperatur mittels Sensoren kontinuierlich zu erheben und zeitgleich aus dem Tierkörper auszuwerten sowie über eine Software darzustellen bzw. zu interpretieren (Gasteiner et al. 2012). Dies bietet die Chance, Veränderungen im zeitlichen Verlauf sichtbar zu machen und in weiterer Folge diese Informationen als Herdenmanagement-Tool einzusetzen. Die durchschnittliche VT reicht von 38.52°C bis 40.14°C (Aoki et al. 2005; Cooper-Prado et al. 2011; Gasteiner et al. 2012). Die VT weist eine höhere Standardabweichung auf als die rektal und vaginale gemessene innere Körpertemperatur. Dieser Umstand ist hauptsächlich auf die Futter- und Wasseraufnahme zurückzuführen. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Wasseraufnahme einen signifikanten Einfluss auf die VT nimmt (Boehmer et al. 2009; Gasteiner et al. 2009). Das Absinken der Temperatur fällt umso stärker aus, je niedriger die Temperatur des Wassers ist und je mehr Wasser aufgenommen wird. Die Angaben zur VT müssen sich jedoch auf die „VT ohne Trinken“ beziehen. Durch Trinken verursachte Temperaturveränderungen müssen deshalb vor der Interpretation ausgeschlossen werden (Messwerte unter einem bestimmten Temperaturgrenzwert werden dem Trinken zugeschrieben und eliminiert). Gasteiner et al. (2009) beschrieben den Einfluss der Fütterung auf die VT. Rinder mit einer höheren Kraftfutterzuteilung wiesen dabei eine signifikant höhere VT auf als Rinder mit Weidehaltung und zusätzlicher Heufütterung. Die genannten Untersuchungen bestätigen somit eine höhere VT bei einer höheren Energiekonzentration der Ration. Darüber hinaus finden sich weitere äußere (Umgebungstemperatur, Hitzestress, Tageszeit) und innere Einflüsse (Rasse, Körpergröße, Alter, Geschlecht, Fellfarbe, Laktationszahl, Brunst, Fieber, Stoffwechselerkrankungen etc.) auf die innere Körpertemperatur (Burfeind et al. 2013) und damit auch auf die VT.

Ziel dieses von Wolfthaler et al. (2014) bearbeiteten Projektes war die Beantwortung der Fragestellungen, ob und wie stark (Δ) die VT bei Milchkühen durch Brunst bzw. Abkalbung beeinflusst wird. Davon abgeleitet sollte die diagnostische Sicherheit dieser Aussagen erhoben werden, d.h. wieviel Prozent der Brunstvorkommen bzw. Abkalbungen aufgrund von Veränderungen der VT bei einem bestimmten Temperaturgrenzwert tatsächlich erkannt

werden (Sensitivität) und zu wieviel Prozent der Tage ohne Brunst bzw. ohne Abkalbung tatsächlich keine Temperaturveränderung auftritt (Spezifität). Aufgrund dieser Ergebnisse sollen Einschätzungen getroffen werden, ob die kontinuierliche Messung der VT als Methode für die Brunsterkennung bzw. zur Vorhersage von nahenden Abkalbungen geeignet ist.

Versuchsanordnung: Die verwendeten Daten wurden von Oktober 2012 bis Juli 2013 am Tierbestand der HBLFA Raumberg Gumpenstein erhoben. Es wurden 25 Abkalbungen und 43 Brunstvorkommen von Milchkühen (Braunvieh und Holstein Friesian) dokumentiert. Die klinisch gesunden Tiere wurden im Aussenklimastall mit Cuccetten bzw. während des Sommers auch auf der Weide gehalten. Alle Abkalbungen erfolgten grundsätzlich unter Aufsicht, womit der Zeitpunkt der Abkalbung bekannt war. Eine Brunst wurde visuell und durch Milchprogesteronbestimmung ermittelt und nur dann berücksichtigt, wenn auch eine Trächtigkeit resultierend aus der Belegung zu eben jener Brunst bestätigt wurde. (retrospektive Bestätigung). Der Tag der erfolgreichen Belegung wurde als Tag der Brunst festgelegt.

Datenerfassung: Von allen Tieren wurde während der Laktation zweimal täglich die Milchleistung elektronisch erfasst. Für die Analyse von Milchprogesteron, wurde dreimal wöchentlich eine kuhindividuelle Milchprobe gezogen. Diese Werte wurden für die Brunstbestimmung herangezogen. Die Messung der VT wurde mit Temperatur-Messsensoren (smaXtec[®]) durchgeführt. Der Zeitpunkt der Eingabe fand zwischen 35 Tage vor bis 30 Tage nach der Abkalbung statt. Für die Auswertungen wurden sowohl bei der VT, als auch bei der Umgebungstemperatur Tages- und vier Stunden-Mittelwerte gebildet.

Statistische Auswertung: Für die VT Auswertung wurden die durch Trinkvorgänge ausgelösten Temperaturabsenkungen aus dem Temperaturdatenmaterial entfernt, wobei ein Trinkvorgang wie folgt definiert wurde: *Zeitraum, ab dem eine Temperaturreduktion von über 0,75°C eintrat, bis zu jenem Zeitpunkt, bei dem der Ausgangswert abzüglich 0,75°C wieder überschritten wurde, jedoch maximal für die Dauer von 15 Temperaturmessungen = 150 Minuten.* Diese Vorgangsweise wurde aus Verhaltensaufzeichnungen und entsprechenden vorangegangenen VT-Messungen abgeleitet und entspricht auch der Literatur (COOPER-PRADO et al. 2011). Alle weiteren Angaben zur VT stellen „VT-Mittelwert ohne Trinken“ dar. Die statistische Auswertung der VT wurde an diesen bereinigten Datensätzen durchgeführt, es wurden dazu 4-Stundenmittelwerte sowie mehrere Modelle (Identifizierung signifikanter Einflussfaktoren auf die VT rund um Brunst bzw. Abkalbung während Stallhaltung bzw. während Weidehaltung) angewandt.. Sämtliche statistischen Modelle

wurden mit Hilfe der SAS-Prozedur „mixed“ (proc mixed) und der Option „Least Square Means“ gerechnet.

Auswertung der Brunsterkennung: Da die Möglichkeit bestand, dass die Temperaturerhöhung zur Brunst auch vor oder nach dem Belegungstag stattfand, wurde eine Brunst mit einem Zeitraum von zwei Tagen vor bis einem Tag nach der erfolgten Belegung angenommen. Nicht-Brunst-Zeiträume wurden ebenfalls mit jeweils vier Tagen angenommen, um die Vergleichbarkeit von Brunst und Nicht-Brunst zu gewährleisten. So konnten 942 Nicht-Brunstereignisse mit jeweils vier Tagen ermittelt und in die Berechnungen mit einbezogen werden. Die Brunsterkennung erfolgte im Programm „Excel“ mit der Funktion „WENN“. Der Test fiel positiv aus, wenn die VT innerhalb eines zwölf Stundenzeitraumes um einen definierten Temperaturgrenzwert höher war als im Vergleichszeitraum der letzten vier Tage (retrospektiv).

Auswertung der Erkennung einer bevorstehenden Abkalbung: Bei der Auswertung wurde zwischen „Abkalbung innerhalb von 24 Stunden“ und „Abkalbung innerhalb von 48 Stunden“ unterschieden. Als „Nicht-Abkalbe-Tage“ wurden die 5.600 Untersuchungstage bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion: Die mittlere VT aller untersuchten Tage betrug $39,23^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,33$). Während der Stall- bzw. Weideperiode betrug die mittlere VT $39,20^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,28$) bzw. $39,13^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,29$). Die durchschnittliche Umgebungstemperatur im gesamten Untersuchungszeitraum betrug $4,43^{\circ}\text{C}$ ($\pm 7,86$). Während der Stall- bzw. Weideperiode lagen die mittleren Umgebungstemperaturen bei $-0,39^{\circ}\text{C}$ ($\pm 4,28$) bzw. $12,96^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5,69$).

Ergebnisse und Diskussion zu „Erkennen einer bevorstehenden Brunst“: Die Brunst beeinflusste die VT signifikant ($p < 0,001$). Die mittlere VT am Tag der Brunst war um $0,15^{\circ}\text{C}$ höher als am Tag davor. Der maximale VT-Vierstundenmittelwert zur Brunst ($39,71^{\circ}\text{C}$) war ebenfalls signifikant höher als 24 Stunden zuvor ($39,25^{\circ}\text{C}$). Bei einer mittleren Temperaturschwelle von $0,35^{\circ}\text{C}$ wurde eine Sensitivität von 69-77 % und eine Spezifität von 78-81 % erreicht. Die AUC der Brunsterkennung mittels VT lag zwischen 0,79 und 0,81. Dies würde bedeuten, dass eine Erhöhung der VT in ca. 80 % der Fälle während eines Brunstzeitraumes stattfindet. Das entspricht einem mäßig genauen Test. Der Vergleich der Brunsterkennung mittels VT und alternativen Methoden der Brunsterkennung gestaltet sich schwierig und ist nur bedingt möglich. Die Begründung liegt darin, dass in der Literatur oft unterschiedliche Kennzahlen angegeben sind, die sich nicht direkt gegenüberstellen lassen (z.B.: Spezifität und Predicting-Value-Negativ). Hinzu kommt, dass es, wie auch von ROELOFS et al. (2010) beschrieben, innerhalb von bestimmten Methoden immense

Unterschiede gibt. So reichen die Brunst-Erkennungsraten durch Messung der Milchttemperatur von 50 bis 84 %, durch visuelle Beobachtung von 50 bis 90 % und durch Aktivitätsmessung von 80 bis 100 %. Die Sensitivität der Brunsterkennung mittels VT liegt bei einem mittleren Temperaturgrenzwert zwischen 69-77 % bei einer Spezifität von 78-81 %. Die ermittelte Sensitivität liegt somit im Bereich der visuellen Brunsterkennung und der Brunsterkennung mittels Milchttemperaturmessung. Aktivitätsmessgeräte erzielen zum Teil etwas bessere Ergebnisse hinsichtlich Sensitivität, wobei dies jedoch oftmals zu Lasten der Spezifität geht. Derzeit findet die Brunsterkennung mittel VT-Messung noch keine Verwendung in der Praxis.

Ergebnisse und Diskussion zu “Erkennung einer nahenden Abkalbung”: Die VT begann drei Tage vor der Abkalbung (Tag -3) zu sinken und erreichte einen Tag nach der Abkalbung das Minimum (39,28°C). Der stärkste mittlere Temperaturrückgang (0,43°C) war zwischen Tag -2 und Tag -1 zu beobachten. Bis zu einem Temperaturrückgang größer gleich 0,40°C betrug die Sensitivität bei allen Abkalbe-Ereignissen 100 %. Die Spezifität bewegte sich gleichzeitig in einem Bereich von 85 bis 95 %. Mit zunehmendem Temperaturgrenzwert stieg auch die Spezifität in Richtung 100 %. Eine AUC von 0,99 zeigt, dass dieser Test mit sehr hoher Sicherheit eine bevorstehende Abkalbung innerhalb von 24 bzw. 48 Stunden erkennen kann. Die VT kann somit sehr gut zur Vorhersage einer Abkalbung verwendet werden.

Schlussfolgerungen: Die vorliegende Arbeit beschreibt die Ergebnisse des Einsatzes von telemetrischen pH-Sensoren und Temperatursensoren bei Milchrindern. Die Einsatzmöglichkeiten der pH-Wert-Messung zielen auf die Überprüfung der Wiederkäuergerechtheit von Rationen ab und auch das Fütterungsmanagement kann durch diese Messungen sehr exakt bewertet werden. Die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur bietet die zuverlässige Erkennung von Temperaturveränderungen, wobei neben der Erkennung einer bevorstehenden Abkalbung bzw. Brunst auch Ereignisse wie Fieber, Hitzestress bzw. auch Temperaturabsenkungen infolge Stoffwechselerkrankungen wie Gebärparese und Ketose frühzeitig und sicher erkannt werden können. Darüber hinaus ermöglichen diese Daten Rückschlüsse auf das Wasseraufnahmeverhalten (Anzahl der Trinkakte). Der praktische Einsatz der beschriebenen Sensortechniken im Sinne der Bestandsbetreuung und Präventivmedizin auf Milchviehbetrieben ist bereits Realität und es liegt an der Wissenschaft, sich intensiver mit diesen zukunftssträchtigen Tools zum Herdenmanagement auseinanderzusetzen.

Literatur bei den Verfassern