

Erfahrungen zum praktischen Einsatz des Pansensensors auf Milchviehbetrieben

Johann Gasteiner^{1*}, Bertho Boswenger² und Thomas Guggenberger¹

Zusammenfassung

Zur Erfassung des pH-Wertes und der Temperatur im Vormagenbereich wurde eine Einheit entwickelt und eingesetzt, welche in Bolusform im Vormagenbereich liegt und kontinuierliche Messungen durchführt. Die Form und Größe der Messeinheit erlauben es, das System einem erwachsenen Rind per os einzugeben. Die gesammelten Daten (Messintervall 10 Minuten) werden in einer Einheit des Bolus gespeichert (A/D-Converter; Speicherchip) und auf Signal von außen an eine externe Empfangseinheit über ISM-Band (433 MHz) gefunkt. Diese Empfangseinheit ist über Internet mit einem Server verbunden, von wo aus die aktuell ermittelten Daten mittels eigens entworfener Software analysiert und graphisch dargestellt werden können.

In der vorliegenden Arbeit werden 3 Anwendungsbeispiele des Systems beschrieben. In Anwendungsbeispiel 1 wurde der Vormagen-pH-Wert bei 8 Rindern, die mit einer Pansenfistel versehen waren, über 9 Wochen unter 2 unterschiedlichen Fütterungsbedingungen gemessen. Die beiden Rationen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung (Rohfasergehalt, Energiegehalt), hinsichtlich ihrer aufgenommenen Mengen (9,0 kg T vs. 18,5 kg T) und hinsichtlich des mittleren pH-Wertes im Vormagensystem signifikant voneinander. Der durchschnittliche pH-Wert im Vormagensystem lag bei Ration 1 bei $6,64 \pm 0,33$ und bei Ration 2 bei $6,08 \pm 0,37$.

In Anwendungsbeispiel 2 wurden 20 Milchkühe mit dem Sensor-System ausgestattet. Die mittlere Laufzeit betrug hier 72 Tage (46-99 Tage). Es wurden explizit pH-Messergebnisse herangezogen, die eine Interpretation des pH-Niveaus, der Anpassungszeit an sich ändernde Rationsbedingungen und der pH-Wert-Amplitudengröße zulassen. Ursachen für starke Schwankungen des pH-Wertes, „short-term drops“ und „off-feed Syndrome“ wurden beschrieben und rationsbedingten, aber auch managementbedingten Ursachen zugeschrieben.

In Anwendungsbeispiel 3 wurden 16 hochleistende Milchkühe aus 4 Betrieben eine Woche vor der Abkalbung mit einem Sensor ausgestattet und der Vormagen-pH-Wert bis zum 80 d p.p. gemessen. Der zeitliche Verlauf des Vormagen-pH-Wertes zeigte eine enge Korrelation zum Laktationstag. In der Woche vor der Abkalbung kam es, ausgehend von pH 6,6 zu einem Anstieg des pH-Wertes auf ein höheres Niveau (pH 6,8)

für 7 Tage um den Abkalbetag, danach folgte eine Absenkung auf das Niveau pH 6,6. Auf diesem Niveau blieb der Vormagen-pH-Wert bis zum Tag 20-25 bestehen, um sich dann um den 80. Laktationstag auf das Niveau von pH 6,2 bzw. 6,0 abzusinken. Es bestand weiter eine enge Beziehung des Vormagen-pH-Wertes zur Tagesmilchleistung (kg FCM). Während sich bei Milchleistungen bis etwa 25 kg der pH-Wert oberhalb von 6,8 befand, fanden sich bei Milchleistungen von mehr als 40 kg die pH-Werte deutlich unter 6,6.

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuche wurden anhand einer technischen Innovation gewonnen, welche nicht nur im wissenschaftlichen Bereich neue Möglichkeiten zum besseren Verständnis der Vormagenphysiologie und Vormagenpathologie eröffnet. Der Einsatz von Vormagen-Sensoren ist auch unter praktischen Bedingungen möglich. Die Messergebnisse dienen zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Überprüfung, aber auch zur Steuerung der Rationszusammensetzung und des Fütterungsmanagements. Fütterungsfehler können über das pH-Niveau, pH-Schwankungen sowie durch pH-Anstiege bzw. -Absenkungen dargestellt werden.

Das Sensorsystem kann somit nicht nur zu wissenschaftlichen Zwecken sondern auch bei einzelnen „Indikatortieren“ in intensiven Milchviehbetrieben als Management-Tool eingesetzt werden.

Schlagwörter: Wiederkäuer, Milchkühe, Vormagen-pH, Sensor, Funkübertragung, Milchviehrationen

Summary

In order to do continuous measurement of pH-value in the reticulorumen, a sensor measuring unit –having the shape of a bolus – was used. Shape and size of the sensor allow the placing of the system at adult cattle per os. The resulting data (measuring interval is 10 minutes) were saved in a unit (A/D-converter, memory chip) and sent to an external receiver via ISM-band (433 MHz). This receiver unit was connected with an internet server, by which the actually assessed data could be analyzed and graphically represented by means of a specifically created software.

Three application examples are described in this paper. In the first one the pH-value in the reticulorumen of 8 rumen-fistulated cattle has been measured during 9 weeks under 2 different feeding conditions. Both rations

¹ Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

² Research Development ForFarmers, Postbus 91, NL-7240 AB LOCHEN

* Ansprechperson: Dr. Johann Gasteiner, E:mail: johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at



significantly differed in terms of their composition (fiber content, energy content), in terms of their feed intake (9.0 kg T vs. 18.5 kg T) and by their mean reticuloruminal pH-value. The average reticuloruminal pH-value was 6.64 ± 0.33 for ration 1 and 6.08 ± 0.37 for ration 2.

In example 2 twenty dairy cows were equipped with the sensor-system. The mean runtime of the sensors was 72 days (46 – 99 days) here. Explicitly, such results from the pH-value measurements were taken, which allowed an interpretation of pH-level, adaptation time for changing ration conditions and pH-amplitudes. Reasons for large pH-variations, “short-term-drops” and “off-feed syndroms” were described and ascribed to ration- and management-conditioned circumstances.

In the third example 16 high-yielding dairy cows from 4 farms were equipped with a sensor one week before calving and reticuloruminal pH-values were continuously recorded until the 80th day p.p. The temporal processing of the pH in the reticulorumen showed a significant correlation with the day of lactation. In the week before calving an increase of the pH was seen beginning from pH 6.6 to a higher level (pH 6.8), remaining for 7 days around the calving day. After that, a decrease onto a level of pH 6.6 followed. This level remained unchanged until

the day 20-25; but then pH decreased to a level of 6.2 or 6.0, respectively, around the 80th day of lactation. Furthermore, there was a very close relation between mean reticuloruminal pH and daily milk yield (kg FCM). Whereas the pH-value was above 6.8 up to a milk yield of 25 kg, it was clearly beneath pH 6.6 at milk yields being higher than 40 kg.

The results of the present trials were achieved by means of technical innovations, which open up new possibilities for a better understanding of physiology and pathology of the reticulorumen not only in scientific areas. The use of pH-sensors in the reticulorumen is possible under practical conditions, as well. The results serve for the monitoring of animal health and for the check-up and controlling of the ration composition and feeding management. It was also shown that feeding failures are linked to pH-level, pH-deviations as well as to pH-increases or decreases. Therefore, the sensor system can be used for scientific purposes but also as a management tool at distinct “indicator animals”, mainly on high yielding dairy farms.

Keywords: ruminants, dairy cows, reticuloruminal pH-value, indwelling sensor, diet composition

Einleitung

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-Wert-Bestimmung wird auch als die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose beschrieben (KRAUSE u. OETZEL, 2006; STEINGASS u. ZEBELI, 2008). Der Abfall des Pansen-pH-Wertes bei Rindern unter die physiologische Norm, in der häufigsten Ausprägung als subakute Pansenazidose (Subacute Rumen Acidosis, SARA) auftretend, stellt ein weit verbreitetes und zumeist auch bestandsweise gehäuft auftretendes Problem in der Rinderproduktion dar. SARA ist ein nicht immer einwandfrei nachzuweisender krankhafter Zustand (DUFFIELD et al., 2004). Das Risiko für SARA erhöht sich naturgemäß in Produktionssystemen, in welchen ein erhöhter Einsatz von leicht verdaulichen Kohlenhydraten (Stärke, Zucker) bei zumeist gleichzeitiger Verdrängung von strukturwirksamen Kohlenhydraten (Rohfaser, NDF) zur Erzielung höherer Wachstumsraten bzw. Zunahmen oder höherer Milchleistungen vorzufinden ist (GASTEINER, 2001).

ENEMARK et al. (2003) geben die Häufigkeit der Pansenazidose bei Milchkühen in Dänemark mit 22 % an. Nach einer Ketose-Häufigkeit von 26 % war somit die Pansenazidose die zweithäufigste Erkrankung bei Milchkühen. Eine Unterteilung in klinische und subklinische Verlaufsformen wurde dabei nicht vorgenommen. KRAUSE und OETZEL (2006) geben die Häufigkeit der subklinischen Pansenazidose bei frischlaktierenden Kühen mit 15 % an.

Die tiergesundheitlichen Auswirkungen von SARA sind vielfältig, betreffen verschiedene Organsysteme und Gewebe des Körpers und sie stellen einen zentralen, die

Produktion mindernden Faktor der Milchviehhaltung dar (DIRKSEN, 1975, 1990; NORDLUND et al., 1995; OSSENT et al., 1997; GANTKE et al., 1998; OWENS et al., 1998; COOPER et al., 1999; LISCHER u. OSSENT, 2001; KLEEN et al. 2003; NORDLUND, 2003; ENEMARK, 2007).

Sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen als auch für diagnostische Routineuntersuchungen unter Praxisbedingungen standen bislang die orale Pansensaftentnahme und die Rumenozentese zur Verfügung (GARRETT et al. 1999; DUFFIELD et al., 2004). Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen stellen Einzelergebnisse („spot sampling“) dar, wobei die Methode der Probenahme das Ergebnis signifikant beeinflussen kann (DIRKSEN, 1990; SEEMANN und SPOHR, 2007, STRABEL et al., 2007).

STRABEL et al. (2007) ermittelten, dass per Schlundsonde entnommene Proben durchschnittlich 0,5 pH-Einheiten (0,2 bis 1,9 pH-Einheiten) höhere Werte zeigten als solche, die per Rumenozentese entnommen wurden. Zur Entnahme von Pansensaft stehen verschiedene Bauarten von Schlundsonden zur Verfügung (DIRKSEN, 1975; SEEMANN und SPOHR, 2007), welche unterschiedlich stark mit Speichel angereicherte Pansensaftproben liefern.

Die Punktionsstelle zur Rumenozentese liegt 1-2 handbreit vor dem linken Kniegelenk (SEEMANN u. SPOHR, 2007) auf Höhe des Patellaoberrandes (STRABEL et al., 2007) und wird lege artis nach Rasur unter aseptischen Kautelen und unter Sedierung und Schmerzausschaltung durchgeführt. Die dabei gewonnene Menge an Pansensaft beträgt einige ml und die Probe ist nicht mit Speichel, möglicherweise aber mit Blut kontaminiert (NORDLUND, 2003). Durch Rumenozentese gewonnene Proben liefern im Vergleich zu per Schlundsonde gewonnenen Proben repräsentativere Ergebnisse für den Pansen-pH-Wert (DUFFIELD

et al., 2004; KLEEN et al., 2004). Das mögliche Auftreten von negativen Auswirkungen der Rumenozentese auf die Tiergesundheit, von lokalen Reaktionen bis zur Gefahr einer Peritonitis, stellt die Praxistauglichkeit dieser Methode jedoch in Frage (STRABEL et al., 2007).

Der Pansen-pH-Wert unterliegt starken tageszeitlichen und fütterungsbedingten Schwankungen (GASTEINER et al., 2009). Das Ergebnis einer Einzelmessung ist besonders vom Zeitpunkt der Probenahme in Bezug zur letzten Futtermittelaufnahme abhängig, weshalb erst eine kontinuierliche Messung des Pansen-pH-Wertes diese Schwankungen darzustellen vermag (GASTEINER et al., 2009; SCHNEIDER et al., 2010).

Eine In-vivo Messung des Pansen-pH-Wertes wurde erstmals von SMITH (1941) beschrieben, und von einer kontinuierlichen Dokumentation solcher Messungen berichteten JOHNSON und SUTTON (1968). DADO und ALLEN (1993) vernetzten die erhobenen Daten mit weiteren Ergebnissen aus Erhebungen der Futter- und Wasseraufnahme sowie der Kauaktivität, um die Zeitdauer und die konkreten Ursachen azidotischer Zustände im Vormagensystem von Rindern exakter definieren zu können. Eine kontinuierliche, intraruminale Messung des Pansen-pH-Wertes hat gegenüber dem „spot sampling“ den entscheidenden Vorteil, dass Fluktuationen des Pansen-pH-Wertes erkannt und auf einer Zeitachse dargestellt werden können. Solche Techniken zur Messung des Pansen-pH-Wertes wurden in einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen angewendet (DADO u. ALLEN, 1993; KEUNEN et al., 2002; RUSTOMO et al., 2006; ALZAHAL et al., 2007). Diese Techniken haben gemeinsam, dass bei dem zu untersuchenden Tier eine Pansenfistel anzulegen ist, und dass die erhobenen Daten in einer Speichereinheit im Pansen registriert werden. Um zu den erhobenen Daten zu gelangen, musste entweder die Speichereinheit wieder über die Pansenfistel aus dem Pansen entfernt werden (DADO u. ALLEN, 1993; KEUNEN et al., 2002; NOCEK et al., 2002; PENNER et al., 2007; RUSTOMO et al., 2006) oder die Daten wurden über eine Kabelverbindung an eine außerhalb des Pansens liegende, am Tier befestigte Einheit übertragen (ALZAHAL et al., 2007).

Am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein (LFZ) wurden in den letzten Jahren umfangreiche Versuche auf dem Gebiet der kontinuierlichen retikuloruminalen pH-Wert-Messung mit Sensoren bei Rindern durchgeführt, und in Zusammenarbeit mit der Firma smaXtec® wurde zu dieser Fragestellung eine technische Lösung bis zur Praxisreife entwickelt. GASTEINER et al. (2009) beschrieben das System zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Netzmagen mit Funküber-

tragung der Ergebnisse und dessen Einsatz unter praktischen Bedingungen. Aufgrund ihrer Abmessung und Bauart können diese Sensoren wie ein Bolus bei adulten Rindern per os eingegeben werden und sie verbleiben durch ihr Eigengewicht am Boden des Retikulums, wodurch Messungen auch bei Rindern ohne Pansenfistel möglich wurden. Das in den vorliegenden Untersuchungen verwendete Mess-System, aber auch die Messstelle am Boden des Retikulums, wurden in der Arbeit von SCHNEIDER et al. (2010) validiert.

Im folgenden Beitrag sollen die Erfahrungen mit der Technik und ausgewählte, auch für die Praxis relevante Ergebnisse und Interpretationen aus Fütterungs-Exaktversuchen des LFZ sowie aus 4 niederländischen Milchviehbetrieben vorgestellt werden.

Material und Methoden

Der Pansensensor – eine pH-Wert- und Temperaturmeseinheit mit Funkeinrichtung im Vormagensystem

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagensystem wurden Mess-Sensoren (smaXtec®- GmbH, Graz) bei Rindern eingesetzt. Die ermittelten Werte wurden in der pH-Sonde abgespeichert und kabellos über Funk ausgelesen. Die Messintervalle (von Sekunden bis Stunden) können variabel eingestellt werden. Das Messintervall in den vorgestellten Untersuchungen betrug immer jeweils 600 Sekunden. Die Sensoren können aufgrund ihrer Abmessungen (Länge 120 mm, Durchmesser 36 mm, Gewicht 208 g) und ihrer Bolusform per os eingegeben werden (*Abbildung 1*). Das bruchsfähige Kunststoffgehäuse der Messeinheit besteht aus Pansensaft-resistentem Kunststoff (DLG 2010). Das Sensorsystem wird durch einen Mikroprozessor gesteuert. Die Daten werden mittels A/D-Konverter aufgezeichnet und danach vom Mikroprozessor weiterverarbeitet. Die gemessenen Daten werden in einem nicht flüchtigen Speicher des Sensors abgelegt und können von außerhalb des Tieres mit einem Empfangsgerät ausgelesen werden (*Abbildung 2*). Die Messergebnisse werden drahtlos über Funkwellen (433 MHz) an dieses externe Empfangsgerät übertragen.



Abbildung 1: Der Sensor hat eine Länge von 12 cm, einen Durchmesser von 3,6 cm und wiegt 208 g.

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 (GASTEINER et al., 2008; 2009). Alternativ kann anstatt der Basisstation ein Mobile Reader verwendet werden. Mithilfe dieses Mobile Readers können die im Funkbereich befindlichen Sensoren gefunden und die gespeicherten Daten ausgelesen werden.

Die Datenübertragung per Funk aus dem Vormagensystem ist im Umkreis von zumindest 20 Metern möglich. Die Messdaten (pH und Temperatur) aus dem Vormagenbereich wurden über Antennen, die vorzugsweise im Melkstand montiert sind, auf eine Empfangseinheit (Basisstation) übertragen und von dort über eine Internet-Verbindung auf einem Server gespeichert. Der Anwender hat mit einem Zugangscode via Internet jederzeit Zugriff auf die aktuellen Daten.

Tiere und Fütterung

Die angeführten Ergebnisse stammen aus kontinuierlichen pH-Wert-Messungen an 8 Rindern mit Pansenfistel (Anwendungsbeispiel 1) und 20 Milchkühen ohne Pansenfistel (Anwendungsbeispiel 2), durchgeführt am LFZ Raumberg-Gumpenstein, sowie von 16 Milchkühen ohne Pansenfistel aus 4 niederländischen Milchviehbetrieben (Anwendungsbeispiel 3).

Anwendungsbeispiel 1

Ziel dieses Fütterungsversuches war die Ermittlung der Veränderungen des Pansen-pH-Wertes in Abhängigkeit von unterschiedlichen Rationsbedingungen. Die Untersuchungen wurden an 8 Rindern mit Pansenfistel eingesetzt. Die Versuche wurden im Rahmen eines Fütterungsexaktversuches (latin square design, Ein- und Rückwaage der vorgelegten Futtermittel und wöchentliche WEENDER-Analyse) über einen Zeitraum von neun Wochen durchgeführt. Ration 1

Bestand aus 7 kg Heu und 2 kg Kraftfutter (1 kg Energie-Kraftfutter, 1 kg Proteinkraftfutter), Ration 2 bestand aus 1 kg Heu, 2 kg Sojaschrot und 15,5 kg Silomais (T).

Zusammensetzung und Qualität des Grund- und Kraftfutters in Ration 1 und Ration 2:

Heu (2. Aufwuchs), 5,5 – 5,7 MJ NEL/kg TM
 Grassilage (1. Aufwuchs), 5,5-5,7 MJ NEL/kg TM (nur Ration 2)
 Maissilage, 6,55 MJ NEL/kg TM

Zusammensetzung der Kraftfutterkomponenten:

Energie-Kraftfutter:	Protein-Kraftfutter:
30 % Gerste (Winter)	48 % Ackerbohne
35 % Mais	30 % Rapsextraktionsschrot
33 % Weizen (Winter)	20 % Maiskleber
2 % Rapsöl	2 % Rapsöl

Erhebungen:

pH-Wert: Sensor, Messungen im Intervall von 10 Minuten
 Erhebungen zur individuellen Futteraufnahme: täglich
 Futteranalyse: Sammelprobe pro Woche (Weender Analyse, Gerüstsubstanzen,
 Mineralstoffe und Spurenelemente, Zellulasetest)
 Futtervorlage: zweimal täglich, jeweils um 6:00 Uhr und um 16:00 Uhr

Anwendungsbeispiel 2

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Anwendbarkeit des Systems zur kontinuierlichen pH-Wert-Messung unter Praxisbedingungen sowie die technische Zuverlässigkeit bei Milchkühen ohne Pansenfistel zu prüfen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Zusammenhänge zwischen Rations- und Fütterungsbedingungen und dem pH-Wert hinsichtlich der Interpretation der Ergebnisse gelegt. Dazu wurden 20

Milchkühe, ungeachtet ihres Alters oder Laktationsstadiums in Laufstallhaltung mit dem Sensor-System bestückt und ad lib. mit Grundfutter (Grassilage, Maissilage, Heu, Zusammensetzung siehe Ration 1) sowie mit Kraftfutter versorgt. Kraftfutter wurde über eine Kraftfutterstation zugefüttert. Die tägliche Kraftfuttersteigerung betrug 0,25 kg, ausgehend von einer täglichen KF-Gabe von 1,5 kg am Tag der Abkalbung, wobei die Futteraufnahmen durch zweimal tägliche Ein- und Rückwaage erhoben wurden („Calan-System“).

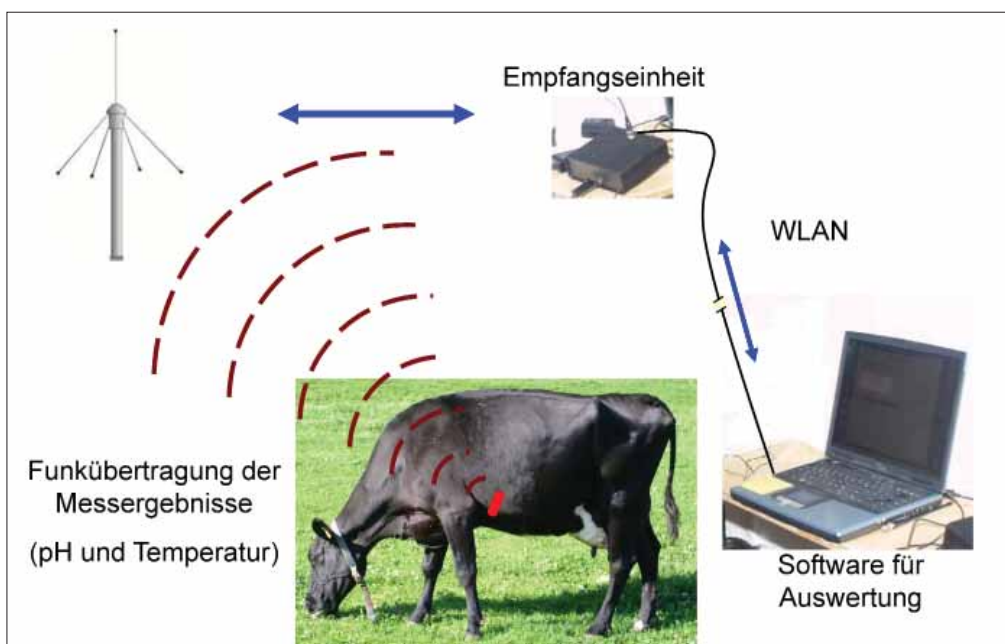


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Funktionsweise des Sensor-Systems zur kontinuierlichen Messung von pH-Wert und Temperatur

Anwendungsbeispiel 3

Ziel dieses Versuches war der praktische Einsatz des Systems zur kontinuierlichen pH-Wert-Messung auf 4 intensiven Milchviehbetrieben, wobei besonderes Augenmerk auf die Dokumentation von Leistungsdaten und die Rationsbedingungen gelegt wurde. Die Betriebe wurden über das interaktive Analyseprogramm Agroscoop® betreut, wodurch gewährleistet war, dass die Angaben zu den Produktionsdaten (Leistungen und Rationszusammensetzung) dieser Betriebe zur Verfügung standen. Die Sensoren wurden etwa 1 Woche vor dem berechneten Abkalbetermin eingegeben, und die Messdaten wurden bis zum Tag 80 post partum ausgewertet. Die Futtervorlage erfolgte zweimal täglich und am Tag der Abkalbung erfolgte der Rationswechsel von der rohfaserbetonten Trockensteher-Ration auf die Laktationsration TMR.

Rationsbedingungen Versuch 3

TMR

60 % - 30 %	Grassilage
40 % - 70 %	Maissilage
0,8 kg	Weizenstroh
0 bis 7,0 kg	Sastapro
0 bis 4,0 kg	Eiweißgänzer (Sojaschrot)
1,5 – 5,0 kg	Kartoffelpressschnitzel
0 bis 1,0 kg	Weizenschrot
0 bis 3,5 kg	Biertreber
0 bis 0,35 kg	geschütztes Fett
0 bis 0,40 kg	Harnstoff
0,13 kg	Mineralstoff
0,07 kg	Na Bikarbonat

Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen wurden mittels General Linear Model (GLM Statgraphics Centurion) durchgeführt. Die als Ergebnis angeführten Werte wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate (Method of Least Squares) ermittelt und stellen somit den Kleinstquadrat-Mittelwert (Least Square Mean) dar. Als hoch signifikant *** wurden Ergebnisse bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P \leq 0,001$ angegeben.

Ergebnisse

Anwendungsbeispiel 1

Durch manuelle Exploration über die Pansenfistel wurde die Lage der Sensoren einmal täglich kontrolliert, wobei alle Sensoren spätestens 24 Stunden nach ihrer Eingabe am Boden des Retikulums zu liegen kamen. Alle Sensoren verblieben bis zum Ende des Versuches am Boden des Retikulums. Der Einsatz der Sensoren wurde von allen Bauteilen unbeschadet überstanden. Die Futteraufnahme sowie das Fressverhalten der mit den Sensoren bestückten Tiere wurden nicht beeinträchtigt, was aus vergleichenden Erhebungen der Futteraufnahmen der Tiere vor, während und nach den Untersuchungen geschlossen werden konnte. Die Daten und Messergebnisse der Sensoren (pH-Werte

und Temperatur) konnten problemlos und verlustfrei per Funksignal ausgelesen werden. Dieser Vorgang wurde zweimal täglich während der Melkzeiten automatisch durchgeführt.

Die beiden Rationen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung (Rohfasergehalt, Energiegehalt), hinsichtlich der aufgenommenen Menge (9,0 kg T vs. 18,5 kg T) und des mittleren pH-Wertes signifikant voneinander. Der durchschnittliche pH-Wert im Vormagensystem lag bei Ration 1 bei $6,64 \pm 0,33$ und bei Ration 2 bei $6,08 \pm 0,37$. Die tagesdynamischen Schwankungen des pH-Wertes korrelieren mit den Zeitpunkten der Fütterung bzw. der Futteraufnahme (Abbildung 3). Anstiege des pH-Wertes weisen auf Phasen der Ruminations bzw. der Ruhe hin, während pH-Wert-Absenkungen unmittelbar im Anschluss an die Futteraufnahme zu verzeichnen sind. Neben den typischen tagesdynamischen Schwankungen des pH-Wertes wird in Abbildung 4 der Unterschied des pH-Niveaus bei unterschiedlicher Fütterung deutlich. Während die pH-Ver-

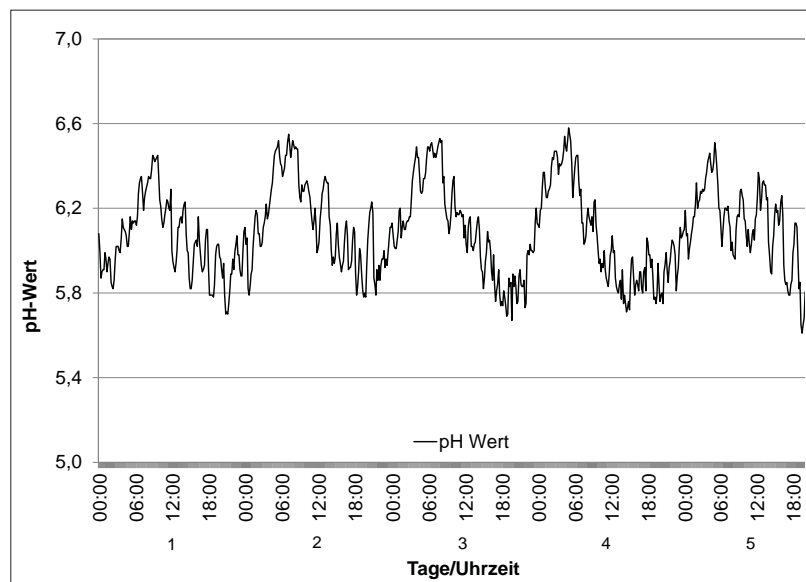


Abbildung 3: Verlauf des Vormagen-pH-Wertes über 5 Tage mit tagesdynamischen Schwankungen

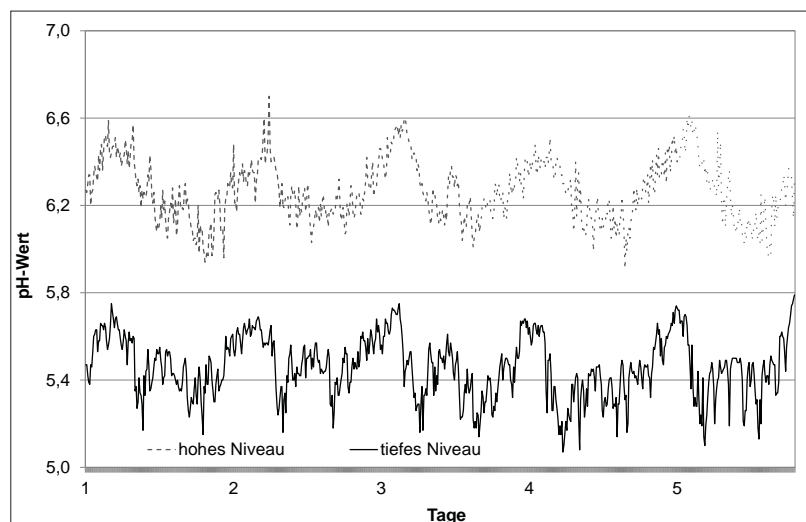


Abbildung 4: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei tiefem bzw. bei hohem Niveau über jeweils 5 Tage

laufskurve „hohes Niveau“ von einer Kuh stammt, die mit Ration 1 gefüttert wurde, wurde die Kuh mit der pH-Verlaufskurve „tiefes Niveau“ mit Ration 2 versorgt.

Anwendungsbeispiel 2

Die beiden pH-Wert-Verlaufskurven in Abbildung 5 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 täglichen KF-Gabe von 1,5 kg) konnte die pH-Wert-Verlaufskurve „langsamer Abfall“ festgestellt werden. Bei rascher Steigerung der Kraftfuttergaben (Steigerung um 1 kg KF/d) kam es zu einer signifikanten pH-Wert-Absenkung ab dem 6. Tag mit Tiefstwerten bis pH 5,07.

Die großen Schwankungen des pH-Wertes der Verlaufskurve „große Amplitude“ (siehe auch Tabelle 1) in Abbildung 6 sind 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-Wert-Verlaufskurve „kleine Amplitude“ stammt von einer Kuh, welche ad lib. mit einer TMR versorgt wurde.

Die rasche und kurzfristige Absenkung des pH-Wertes in Abbildung 7 auf einen Tiefstwert von pH 5,37 sind von einer Kuh, welche nachweislich zu diesem Zeitpunkt beim Raub von Kraftfutter (3,5-5 kg) in einer Kraftfutterstation beobachtet wurde.

Der Anstieg des pH-Wertes in Abbildung 8 ab dem 5. Tag wurde bei einer Kuh beobachtet, welche die Futteraufnahme in dieser Zeit von 19 kg TM/d auf 13,5 kg TM/d reduzierte. Ab dem 8. Tag war wieder eine deutliche Erhöhung der Futteraufnahme zu verzeichnen.

Anwendungsbeispiel 3

Der zeitliche Verlauf des Vormagen-pH-Wertes (Tagesmittelwerte aller 16 Kühe der 4 Betriebe) zeigte eine enge Korrelation zum Laktationstag (Abbildung 7). In der Woche vor der Abkalbung kam es, ausgehend von pH 6,6, zu einem Anstieg des pH-Wertes auf ein höheres Niveau (pH 6,8) für 7 Tage (rund um den Tag der Abkalbung), danach folgte eine Absenkung auf das Niveau pH 6,6. Dieses Niveau blieb bis zum Tag 20-25 bestehen, um dann um den 80. Laktationstag auf das Niveau 6,2 bzw. 6,0 abzusinken.

Wie in Abbildung 10 dargestellt, gibt es eine enge Beziehung des durchschnittlichen

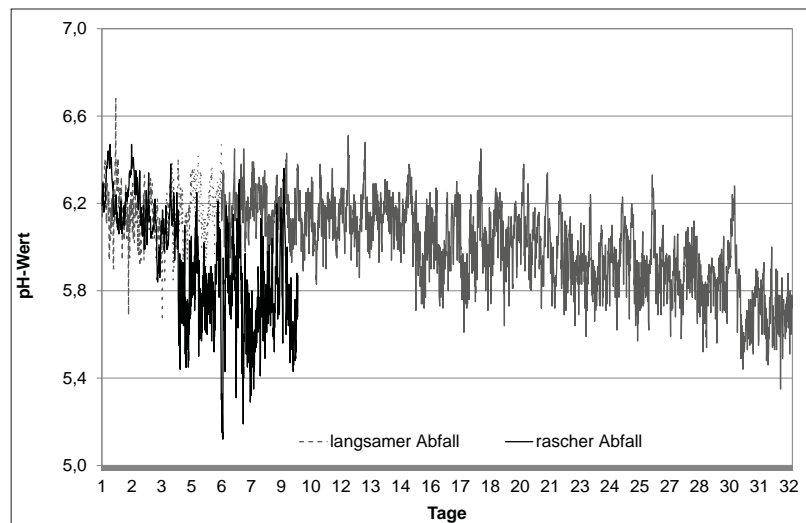


Abbildung 5: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei langsamem (32 Tage) und raschem pH-Abfall (zur besseren Darstellbarkeit der vorliegenden Abbildung wurde für das Beispiel „rascher Abfall“ nur der Verlauf über 10 Tage abgebildet)

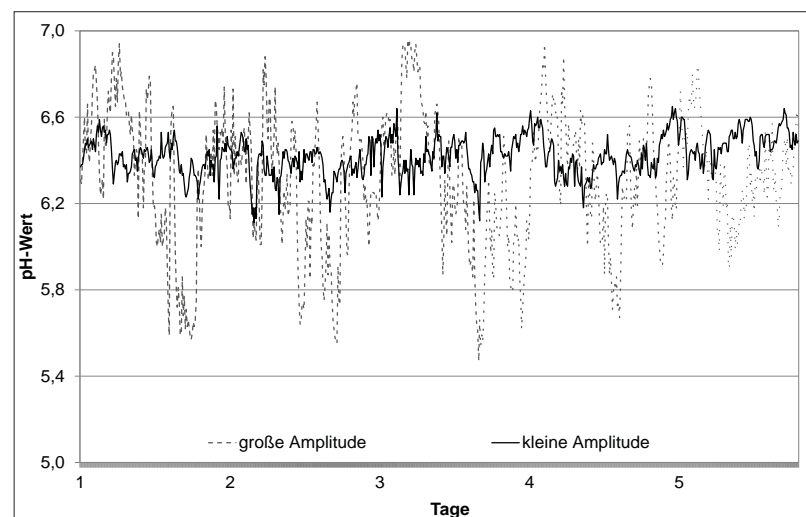


Abbildung 6: Vergleichende Darstellung des pH-Verlaufes bei großer und kleiner Amplitude

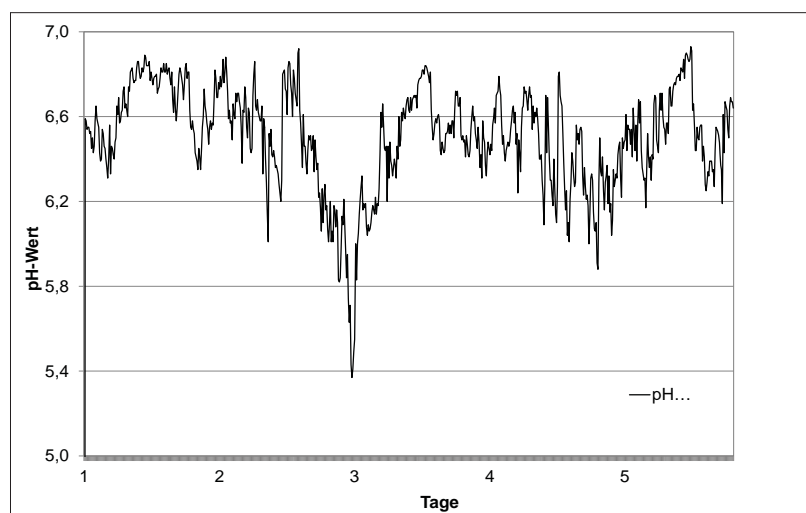


Abbildung 7: Darstellung des pH-Verlaufes (5 Tage) mit kurzfristiger Absenkung für 2 Stunden unter pH 6,0 („short term drop“)

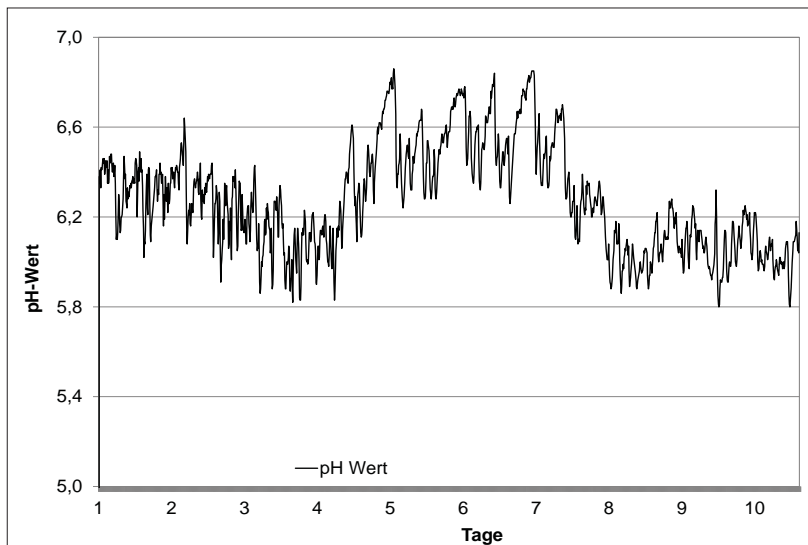


Abbildung 8: Darstellung des pH-Verlaufes (10 Tage) und Anstieg des pH-Wertes für 3 Tage in Bereiche über pH 6,6

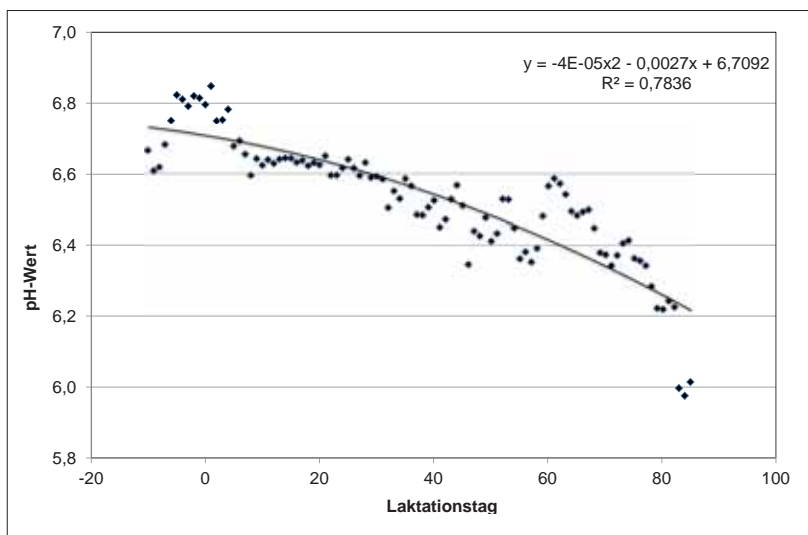


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der pH-Tagesmittelwerte der 16 Kühe aus den 4 Betrieben von 7 d a.p. bis 80 d p.p.

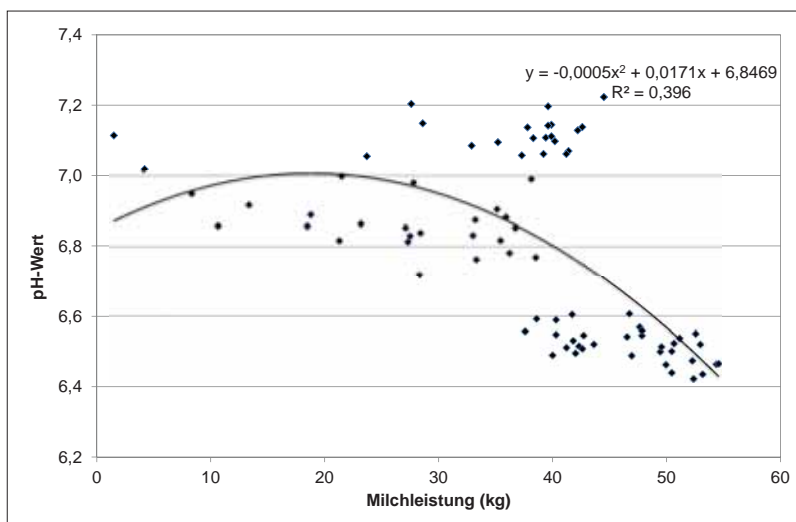


Abbildung 10: Beziehung des pH-Wertes zur Tagesmilchleistung (kg FCM)

Vormagen-pH-Wertes zur Tagesmilchleistung (kg FCM). Während sich bei Milchleistungen bis etwa 25 kg der pH-Wert oberhalb von 6,8 befindet, finden sich bei Milchleistungen von mehr als 40 kg die pH-Werte im Bereich deutlich unter 6,6.

Diskussion

Der Einsatz der hier vorgestellten Methode zur kontinuierlichen Messung des Vormagen-pH-Wertes und Datenübertragung per Funk wurde anhand von 3 Anwendungsbeispielen beschrieben. In Beispiel 1 wurden 8 Rinder mit Pansenfistel mit dem Sensor-System ausgestattet und durch regelmäßige (tägliche) manuelle Exploration festgestellt, dass der Lageort und damit die Messstelle des Sensors am Boden des Retikulums ist. Dies wurde auch von GASTEINER et al. (2008) beschrieben, welche dasselbe System verwendeten und auch bei MOTTRAM et al. (2008) wird mit einem ähnlichen Messsystem der Boden des Retikulums als permanente Messstelle definiert. Der Einsatz der kabellosen pH-Messeinheit ist auch bei nicht Rindern ohne Pansenfistel möglich, wobei zur oralen Eingabe ein konventioneller Eingaber, wie er auch zur Gabe von Käfigmagneten verwendet wird, Anwendung findet. Durch das Eigengewicht des Sensors (208 g) bleibt dieser permanent am Boden des Retikulums liegen, wodurch grundsätzlich bei jeder Anwendung diese Stelle als Messstelle definiert ist. Das macht Untersuchungsergebnisse, die mit diesem System erhoben werden, miteinander vergleichbar, was auch SCHNEIDER et al. (2010) als Vorteil beschreiben. Durch die im Vormagensystem bestehende Dynamik der säureproduzierenden und -eliminierenden Prozesse bestehen große Unterschiede hinsichtlich des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Messstelle bzw. dem Entnahmeort der Pansensaftprobe. SCHNEIDER et al. (2010) zeigten bei einem Vergleich unterschiedlicher Messstellen und Messmethoden, dass das Ergebnis einer pH-Wert-Messung in Abhängigkeit von den Rationsbedingungen und damit vom generellen pH-Wert-Niveau abhängt. Je tiefer das pH-Wert-Niveau im Vormagensystem insgesamt war, umso größer wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Kompartimenten des Vormagensystems und damit auch die Unterschiede der Messergebnisse und ihrer zugehörigen Methoden (Schlundsondenentnahme, Entnahme via Pansenfistel und kontinuierliche Messung durch Sensor am Haubenboden). Auch DUFFIELD et al. (2004) stellten fest, dass die pH-Werte in verschiedenen Kom-

Tabelle 1: pH-Minima und -Maxima, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Abbildungen 3 bis 8

	Abbildung 3	Abbildung 4		Abbildung 5		Abbildung 6		Abbildung 7	Abbildung 8
		hohes Niveau	tiefes Niveau	rascher Abfall	langsamer Abfall	große Amplitude	kleine Amplitude		
Minimum	5,57	5,91	5,07	5,35	5,12	5,47	6,11	5,37	5,82
Maximum	6,48	6,70	5,79	6,68	6,47	6,96	6,65	6,93	6,86
Mittelwert	5,95	6,27	5,46	6,03	5,93	6,31	6,42	6,50	6,30
Standardabweichung	0,19	0,14	0,14	0,19	0,26	0,31	0,09	0,24	0,20

partimenten des Pansens (hier cranioventral, caudoventral, zentral und craniodorsal) signifikant variierten. Dies unterstreicht die Bedeutung, bei Vergleichen von pH-Werten aus dem Vormagensystem die Messstelle bzw. den Entnahmestort der Pansensaftprobe grundsätzlich zu definieren und hebt den Vorteil des Sensorsystems, bei welchem die Messstelle immer der Boden des Retikulums ist, hervor.

Das in den vorliegenden Untersuchungen verwendete System zur kontinuierlichen pH-Wert-Messung wurde von GASTEINER et al. (2008; 2009) validiert, indem die eingesetzten Sensoren vor und nach der Anwendung in Rindern mit Pansenfistel in pH-Eichlösungen (pH 4 und pH 7) zum Messen eingelegt wurden. Ein Abweichen der Ergebnisse für pH 4 und pH 7 innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (hier: 1 Woche) wird als „Drift“ bezeichnet. Der Korrelationskoeffizient betrug 0,99, wodurch bestätigt wurde, dass diese Methode der pH-Wert-Messung zu sehr sicheren Ergebnissen führt. Der Hersteller des Systems garantiert für valide Daten (pH-Wert Drift max. $\pm 0,1$) über einen Zeitraum von zumindest 50 Tagen, wobei in den vorliegenden Untersuchungen Laufzeiten von bis zu 99 Tagen erreicht werden können.

Diskussion der einzelnen Anwendungsbeispiele

In Beispiel 1 lag der durchschnittliche pH-Wert für Ration 1 bei $6,64 \pm 0,33$ und für Ration 2 bei $6,08 \pm 0,37$. Die beiden Rationen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung (Rohfaser, Energie, Eiweiß), hinsichtlich der aufgenommenen Futtermenge (9,0 kg T vs. 18,5 kg T) und des mittleren Vormagen- pH-Wertes signifikant voneinander. Als markante Einflussgrößen auf den pH-Wert werden im Besonderen der Zerkleinerungsgrad, der Rohfasergehalt und der Energiegehalt angegeben (STEINGASS und ZEBELI, 2008). Dies konnte in den vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden, wobei zwar der Zerkleinerungsgrad nicht bestimmt wurde, jedoch aber die aufgenommene Futtermenge als starker Einflussfaktor auf den pH-Wert erkennbar wurde. Generell ist bei geringeren Futterraufnahmen mit einem höheren Vormagen-pH-Wert zu rechnen („off-feed Syndrome“, Merck Veterinary Annual 2010), was auch die Ergebnisse und Beobachtungen in den vorliegenden Versuchen 1, 2 und 3 bestätigen.

Die Laufzeit der Sensoren in Beispiel 2 betrug im Mittel 72 Tage (46-99 Tage). Wenn ein Sensor keine validen Daten mehr lieferte, so war das durch eine abrupte „Drift“ des pH-Wertes nach oben erkennbar. Ab einer erkennbaren Drift wurden die Daten nicht mehr zur Auswertung herangezogen.

Die Interpretation von pH-Messergebnissen in der Literatur ist stark von der Intention geprägt, die akute und insbesondere auch die subklinische Pansenazidose über

den pH-Wert zu definieren, also verschiedenen pH-Wert-Messbereichen zuzuschreiben. STONE (2004) etwa definiert SARA als wiederholten Zustand eines zu tiefen Pansen-pH-Wertes zwischen 5,6 und 5,2 während KRAUSE und OETZEL (2006) einen pH-Bereich von 5,5-5,0 als subklinische Pansenazidose definieren, wobei in diesen Arbeiten die Zeitdauer, wie lange der pH-Wert unter/ in diesen Grenzen liegen soll, nicht berücksichtigt wird. GHOZO et al. (2005) und

PLAIZIER et al. (2008) definieren sowohl einen pH-Bereich (pH 5,6-5,2) als auch die Zeitdauer (>180 min/d). Wenn der Vormagen-pH-Wert in diesen Bereichen zu liegen kommt, liegt SARA vor. GASTEINER et al. (2008) beschrieben den Einsatz einer kontinuierlichen pH-Wert-Messmethode unter verschiedenen Fütterungsbedingungen bei Milchkühen. Dabei wurde die Zeit (min/d; %/d), während welcher sich der pH-Wert unter den kritischen Bereichen $<5,5$; 5,8 und 6,2 befand, für Milchkühe mit reiner Heufütterung, unter Bedingungen der Weidehaltung sowie bei 50 % Kraftfutteranteil in der Ration angegeben.

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, unterliegt der Verlauf des pH-Wertes im Vormagensystem einer bestimmten Tagesdynamik. In den vorliegenden Untersuchungen sank der pH-Wert konsequent nach jeder Fütterung ab und erreichte jeweils 2 Stunden nach der Fütterung/Futteraufnahme seinen Tiefstand. Dieses niedrigere Niveau hielt sich für ca. 2 Stunden. Auch bei NORDLUND und GARRETT (1994), bei NOCEK (1997) sowie bei SCHNEIDER et al. (2010) war der pH-Wert 2 bis 5 Stunden nach Kraftfuttergabe am tiefsten. Der kontinuierliche Verlauf des pH-Wertes kann somit als Spiegelbild der Fütterung gesehen werden. Dabei sind im Besonderen der Zeitpunkt der Futteraufnahme, die Menge des aufgenommenen Futters und dessen Zusammensetzung zu berücksichtigen. Bei zeitlich immer gleicher Fütterung/Futteraufnahme und vergleichbaren Rationsbedingungen ergibt sich immer ein sehr ähnliches Muster der täglichen pH-Wert-Verlaufskurven.

Das Niveau einer pH-Wert-Verlaufskurve gibt Aufschluss darüber, ob sich der pH-Verlauf im „physiologischen Bereich“ hält oder Grenzen unterschreitet, die eine subklinische bzw. klinische Pansenazidose erkennen lassen (siehe auch *Abbildung 4*). Nach der Definition von STONE (2004) ist der pH-Wert-Verlauf („hohes Niveau“) in *Abbildung 4* im physiologischen Bereich anzusiedeln, während sich die Kurve „tiefes Niveau“ bereits im Bereich der subklinischen Azidose (pH 5,6 – 5,2) und kurzfristig auch unter 5,2 befindet. Diese starke Ansäuerung ist Ausdruck einer intensiven, rationsbedingten Säureproduktion im Vormagensystem, wobei über die Bakterien in den Vormägen neben den erwünschten Säuren Essig- Propion- und Buttersäure, zunehmend auch unerwünschte Milchsäure produziert wird. Neben dem Niveau der pH-Verlaufskurve

ist aber auch die Zeit, innerhalb welcher sich die Mikroorganismen an bestimmte Rationsbedingungen anpassen konnten, von besonderer Bedeutung. In *Abbildung 5* werden ein kontinuierlich-langsamere pH-Abfall über 32 Tage und ein rascher pH-Wert-Abfall (innerhalb weniger Tage) gegenübergestellt. Auch HARMON et al. (1985) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass neben der kontinuierlichen Anpassung der Mikroben des Vormagensystems an sich ändernde Rationsbedingungen auch die absorptive Kapazität des Pansenepithels für flüchtige Fettsäuren kein statischer Zustand sondern in ständiger Veränderung ist. Auch hier führten Anpassungsmechanismen über den Zeitverlauf zu einer Stabilisierung des Pansenepithels, während abrupte Fütterungsänderungen zu Zellwandschädigungen führten. Das unterstreicht die Bedeutung kontinuierlicher Rationsänderungen im Zeitverlauf. Fehler in diesem Bereich können durch die kontinuierliche Messung des Pansen-pH-Wertes erkannt und dargestellt werden.

In der Gegenüberstellung von pH-Wert-Verlaufskurven bei mehrphasiger Fütterung („große Amplitude“) und TMR-Fütterung („kleine Amplitude“) in *Abbildung 6* wird die Dynamik des Vormagen-pH-Wertes in Abhängigkeit von der Fütterungstechnik dargestellt. Haben die Rinder ständig Zugang zu Futter und ist die Zusammensetzung des Futters (Rohfaser, Stärke, Zucker, Eiweiß) von ständig gleichbleibender Qualität (TMR), so kommt es nur zu geringen Schwankungen des pH-Wertes. Bei mehrphasiger Fütterung hingegen werden das Vormagensystem und damit seine Mikroben ständig mit sich ändernden und unterschiedlichen Rationskomponenten (Heu, Grassilage, Kraftfutter, Maissilage) konfrontiert, was durch die großen pH-Wert-Amplituden ausgedrückt wird. Die Säureproduktion und die Säure-Eliminationsmechanismen gleichen sich in diesem Fall im Vormagensystem nicht optimal aus, während bei kleinen pH-Wert-Amplituden von einer guten Stabilität der Mikroflora und der Absorptionskapazität gesprochen werden kann. Diese Beobachtungen wurden auch von NAGARAJA und TITGEMEYER (2007) beschrieben, die in ihren Versuchen solche wiederholten pH-Wert-Absenkungen/-schwankungen provozierten und mit Zunahme dieser pH-Wert-Veränderungen eine Instabilität der Mikroflora bemerkten. Auch eine verminderte Nährstoffausnutzung der aufgenommenen Ration konnte dabei auf die wiederholten starken pH-Schwankungen zurückgeführt werden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Nährstoffausnutzung der TMR in *Abbildung 6* („kleine pH-Amplituden“) besser ist als bei der Ration mit mehrphasiger Fütterung und „großen pH-Amplituden“. GÄBEL et al. (2002) geben an, dass sich die Absorptionskapazität der Pansenschleimhaut um das 4-fache erhöhen kann, wenn Fütterungsumstellungen bzw. Anpassungen an höhere Kraftfuttergaben langsam durchgeführt werden.

Neben der Berücksichtigung von pH-Wert-Fluktuationen sind auch einzelne, starke, jedoch kurzfristige pH-Wert-Absenkungen von großer Bedeutung für den Wiederkäuer. In *Abbildung 7* ist ein „short-term drop“ dargestellt. Bei der betreffenden Kuh konnte eine zu hohe Aufnahme von Kraftfutter nach Raub in der Kraftfutterstation bemerkt werden, was zur kurzfristigen, jedoch starken pH-Wert-Absenkung führte. CALSAMIGLIA et al. (2002) geben an, dass eine pH-Absenkung für mehr als 3 Stunden zu einer um 14 % schlechteren Rohfaserverdauung führte. Dadurch

kommt es zu einer geringeren Nährstoffausnutzung der aufgenommenen Ration, was eine geringere Leistung des Tieres und höhere Futterkosten für den Landwirt verursacht.

Auch ein unphysiologischer Anstieg des Pansen-pH-Wertes kann durch kontinuierliche pH-Messung dargestellt werden.

In *Abbildung 8* findet sich ein pH-Wert-Anstieg über 3 Tage. Die betreffende Kuh zeigte aufgrund Brunst eine herabgesetzte Futteraufnahme, was zu einer Erhöhung des Vormagen-pH-Wertes führte. Auch DOHME et al. (2008) beschreiben einen Anstieg des Pansen-pH nach restriktiver Fütterung. Dieses „off-feed Syndrome“ (Merck Veterinary Annual 2010) wurde in allen 3 beschriebenen Anwendungsbeispielen der vorliegenden Arbeit gefunden und bestätigt die direkte Beteiligung der Futteraufnahme am Zustandekommen von Dynamik und Niveau des Vormagen-pH-Wertes.

Damit die Sensoren bei lebensmittelliefernden Tieren angewendet werden können, musste die Lebensmittelsicherheit gewährleistet sein. Die verwendeten Sensoren wurden deshalb von der DLG auf ihre Sicherheit und Beständigkeit geprüft. Im DLG Prüfbericht 5973 F/2010 wird diese Sicherheit bestätigt.

Der zeitliche Verlauf des Vormagen-pH-Wertes im Tagesmittelwert aller Kühe über alle 4 Betriebe zeigte eine enge Korrelation zum Laktationstag (*Abbildung 9*). In der Woche vor der Abkalbung kam es, ausgehend von pH 6,6 zu einem Anstieg des pH-Wertes auf ein höheres Niveau (pH 6,8) für 7 Tage rund um dem Abkalbetag, was als Zeichen der herabgesetzten Futteraufnahme um den Tag der Abkalbung angesehen werden kann. LINS et al. (2003) beschreiben für diesen peripartalen Zeitraum eine Reduktion der Futteraufnahme von bis zu 30 %. 3 bis 4 Tage nach der Abkalbung folgte eine Absenkung auf das Niveau pH 6,6.

Dieses Niveau blieb bis zum Tag 20-25 bestehen, um dann um den 80. Laktationstag auf das Niveau 6,2 bzw. 6,0 abzusinken. Die Futteraufnahme steigt in dieser Periode stark an, und auch die Energiedichte der Ration wird während dieser Phase erhöht, wodurch die pH-Absenkung erklärt werden kann.

Wie in *Abbildung 10* dargestellt, gibt es auch eine enge Beziehung des durchschnittlichen Vormagen-pH-Wertes zur Tagesmilchleistung (kg FCM). Während sich der pH-Wert bei Milchleistungen bis etwa 25 kg oberhalb von 6,8 befindet, liegen die pH-Werte bei Milchleistungen von mehr als 40 kg deutlich unter pH 6,6. Die Milchleistung ist in direkter Abhängigkeit von der Futteraufnahme und wiederum in Zusammenhang mit der Energiedichte der Ration zu sehen. Gerade in den ersten 2 Monaten der Laktation kommt es zu einer starken Zunahme der Futteraufnahme bei gleichzeitiger Erhöhung der Energiedichte der Ration. Dies wiederum führt zur Verdrängung von rohfaservaltigem Grundfutter, wodurch der Abfall des pH-Wertes in diesem Stadium der Startphase der Laktation begründet liegt.

Das Sensorsystem bringt den entscheidenden Vorteil der kontinuierlichen Aufzeichnung des pH-Wertes im Zeitverlauf mit sich. Durch Funkübertragung der Messdaten wurde die Bewegungsfreiheit der Tiere in den vorliegenden Untersuchungen nicht eingeschränkt. Die Sensitivität des Sensorsystems wurde durch Validierung der Messergebnisse in einer Studie von GASTEINER et al. (2009) beschrieben.

Schlussfolgerungen für die Praxis

Der Einsatz des beschriebenen Systems zur kontinuierlichen Messung des Vormagen-pH-Wertes kann gegenüber den bisher angewendeten Methoden als besonders innovative und verlässliche Möglichkeit zur Klärung wissenschaftlicher Fragen in Bezug auf Pansenphysiologie und Pansenpathologie angesehen werden. Auch in der Praxis kann der Sensor als Instrument zur kontinuierlichen Ermittlung des pH-Wertes im Vormagen von Rindern eingesetzt werden. Die Auswirkungen der Rationszusammensetzung und der Futteraufnahme können mit dem Vormagen-pH-Wert und dessen zeitlichem Verlauf in eine Beziehung gesetzt werden. Auch managementbedingte Faktoren wie die Art der Futterzuteilung und Fütterungsfehler, die einen direkten Einfluss auf die pH-Wert-Verlaufskurven haben, können durch den Einsatz der Sensoren sichtbar gemacht und bewertet werden. Die beschriebene Technik kann daher als Management-Tool zur Überprüfung der Fütterung und des Managements in Milchviehbetrieben, und künftig wohl auch in Rindermastbetrieben eingesetzt werden.

Mitteilung

Für die vorliegenden Untersuchungen an pansenfistulierten Rindern liegen Tierversuchsgenehmigungen lt. TVG (1988) vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (GZ 68205/247) sowie vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung (GZ FA 8C-41A1/24-04) bzw. ein Verlängerungsantrag (GZ 68205/89-C/gd/2007) vor.

Literatur

- ALZAHAL O., KEBREAB E., FRANCE J., FROETSCHER M., MCBRIDE BW. (2007): Ruminal temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *J. Dairy Sci.* 91: 202–207.
- CALSAMIGLIA, S., FERRET A., and DEVANT. M. (200): Effects of pH and pH fluctuations on microbial fermentation and nutrient flow from a dual-flow continuous culture system. *J. Dairy Sci.* 85:574–579.
- COOPER, RJ., KLOPFENSTEIN TJ., STOCK RA., MILTON CT., HEROLD DW., PARROTT JC. (1999): Effects of imposed feed intake variation on acidosis and performance of finishing steers. *J. Anim. Sci.* 77, 1093-1099.
- DADO RG, ALLEN MS. (1993): Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility, and ruminal pH of cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 1589–1600.
- DIRKSEN G. (1975): Eine lenkbare Sonde zur gezielten Pansensaftentnahme beim Rind. *Tierärztl Umsch* 8: 367–370.
- DIRKSEN G. (1990): Verdauungsapparat in ROSENBERGER G. (Ed.): Die klinische Untersuchung des Rindes. Parey Verlag, 3. Aufl., Berlin-Hamburg: 288–400.
- DLG (2010): Pansensaftbeständigkeit eines intraruminalen Messsystems, DLG-Prüfbericht 5973 F 10/10
- DOHME F., DEVRIES TJ., BEAUCHEMIN KA. (2008): Repeated Ruminal Acidosis Challenges in Lactating Dairy Cows at High and Low Risk for Developing Acidosis: Ruminal pH1. *J. Dairy Sci.* 91:3554–3567.
- DUFFIELD T., PLAIZIER JC., 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. *J. Dairy Sci.* 87: 59–66.
- ENEMARK JMD., JORGENSEN RJ., ENEMARK ST. (2002): Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis. a review. *Veterinarja Zootechnika*, 20, 16-29.
- ENEMARK JMD., PETERS G., JORGENSEN RJ. (2003): Continuous monitoring of rumen pH – A Case Study with cattle. *J. Vet. Sci.* 62–66.
- ENEMARK JMD. (2007): The monitoring, prevention and treatment of subacute rumen acidosis (SARA): A review. *Vet. J.* 176: 32–43.
- GÄBEL G., ASCHENBACH JR., MÜLL F. (2002): Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: Implications and limitations. *Anim. Health Res. Rev.* 3:15–30
- GANTKE SM., NUSS K., KÖSTLIN R. (1998): Röntgenbefunde bei der Klauenrehe des Rindes. *Tierärztl. Praxis* 26, 239-246.
- GOZHO GN., KRAUSE DO., PLAIZIER JC. (2006). Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *J. Dairy Sci.* 89, 4404–4413
- GARRETT EF, PERREIRA MN., NORDLUND KV., ARMENTANO LE., GOODGER WJ., OETZEL GR. (1999): Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1170–1178.
- GASTEINER J. (2001): Grundlagen zu den Verdauungsvorgängen beim Rind (Anatomie, Physiologie, Mikroflora). *Viehwirtschaftliche Fachtagung* 28: 69–75.
- GASTEINER J., FALLAST M., ROSENKRANZ S., HÄUSLER J., SCHNEIDER K., SCHWAB M., GUGGENBERGER T. (2008): Möglichkeiten zur Messung des pH-Wertes im Pansen. 35. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein*, 9–10. April 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2008: 27–32.
- GASTEINER J., FALLAST M., ROSENKRANZ S., HÄUSLER J., SCHNEIDER K., GUGGENBERGER T. (2009): Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Fütterungsbedingungen. *Wien Tierärztl Mschrift; Vet. Med. Austria* 96: 188–194.
- HARMON DL., BRITTON RA., PRIOR RL., STOCK RA. (1985): Net portal absorption of lactate and volatile fatty acids in steers experiencing glucose-induced acidosis or fed a 70% concentrate diet ad libidum. *J. Anim. Sci.* 60:650–659.
- JOHNSON VW., SUTTON JD. (1968): The continuous recording of the pH in the bovine rumen. *Br. J. Nutr.* 22, 303-307.
- KEUNEN JE., PLAIZIER JC., KYRIAZAKIS I., DUFFIELD TF., WIDOWSKI TM, Lindinger MI, McBride BW (2002): Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 3304–3313.
- KLEEN JL., HOOIJER GA., REHAGE J., NOORDHUIZEN JP. (2003): Subacute Ruminal Acidosis (SARA): a Review. *J. Vet. Med. A* 50: 406–414.
- KLEEN JL., HOOIJER GA., REHAGE J., NOORDHUIZEN JPT. (2004): Rumenocentesis (rumen puncture): A viable instrument in herd health diagnosis. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.*, 111: 458-462.
- KRAUSE MK., OETZEL GR. (2006): Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. *Anim. Feed Sci. Tech* 126: 215.
- LINS M., GRUBER L., OBRITZHAUSER W. (2003): Literaturübersicht zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Lebendmasse, Körperkondition, Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. *Übersichten Tierernährung* 31:75–120
- LISCHER CJ., OSSENT P. (2001): Das Sohlengeschwür beim Rind: Eine Literaturübersicht. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 114; S. 13 – 21

- MOTTRAM TT., LOWE J., MCGOWAN M., PHILLIPS N. (2008): Technical Note: A wireless telemetric method of monitoring clinical acidosis in dairy cows, *Computers and electronics in Agriculture*, Volume 64, 45-48.
- MERCK VETERINARY ANNUAL (2010): PORTER R.S., KAPLAN J.S. (Eds.), Published by Merck Sharp & Dohme Corp., Whitehouse Station, N.J., U.S.A.
- NAGARAJA TG., TITGEMEYER EC, (2007): Rumenal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.* 90: E17-E38.
- NOCEK JE. (1997): Bovine acidosis: implications of laminitis. *J. Dairy Sci.* 80: 1005-1028.
- NOCEK JE., ALLMAN JG., KAUTZ WP. (2002): Evaluation of an indwelling ruminal probe methodology and effect of grain level on diurnal pH variation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85: 422-428.
- NORDLUND KV., GARRETT EF. (1994): Rumenocentesis: A technique for the diagnosis of herd-based subacute rumen acidosis. *Bov Pract* 28: 109-112.
- NORDLUND KV. (2003): Herd-based diagnosis of subacute ruminal acidosis. *AABP Preconvention Seminar 7*, Columbus-OH.
- NORDLUND KV., GARETT EF., OETZEL GR. (1995): Herd-based rumenocentesis: A clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 17, 48-56.
- OSSENT P., GREENOUGH PR., VERMUNT JJ. (1997): Laminitis. In *Lameness in cattle* (GREENOUGH, P.R., WEAVER, A.D.) 277-292, Saunders Company, Philadelphia.
- OWENS FN., SECRIST DS., HILL WJ., GILL DR. (1998): Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76:275.
- PENNER GB., BEAUCHEMIN KA., MUTSAVANGA T. (2007): Severity of ruminal acidosis in primiparous holstein cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 90, 365-375.
- PLAIZIER JC., KRAUSE DO., GOZHO GN., MCBRIDE BW. (2008): Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.*, 176: 21-31.
- RUSTOMO B., ALZAHAL O., CANT JP., FAN MZ., DUFFIELD TF., ODONGO NE., MCBRIDE BW. (2006): Acidogenic value of feeds II. Effects of rumen acid load from feeds on dry matter intake, ruminal pH, fiber degradability and milk production in the lactating dairy cow. *Can. J. Anim. Sci.* 86: 119-126.
- SCHNEIDER K., GASTEINER J., GUGGENBERGER T., URDL M., ROSENKRANZ S., FALLAST M., STEINER S., NEIDL L.A., LINHARD N., BAUMGARTNER W. (2010): Vergleichende Untersuchungen zur Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern; *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 123. 406-412 (2010)
- SEEMANN G., SPOHR M. (2007): Untersuchungen zur Häufigkeit der subklinischen Pansenazidose und zur Zuverlässigkeit üblicher Diagnostika. *Proc. 32. Fortbildungsveranstaltung Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung*, 22. Juni.2007 Tierklinik Leipzig: 16-19.
- SMITH VR. (1941): In vivo studies of hydrogen ion concentrations in the rumen of the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 24, 659-665.
- STEINGASS H., ZEBELI Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Wiederkäuer. *Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 9.-10. April 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2008: 19-25.
- STONE, W.C. (2004): Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 87: 13-26.
- STRABEL D., EWYA A., KAUFMANN T., STEINER A., KIRCHOFER M. (2007): Rumenozentese: Eine geeignete Methode zur pH-Bestimmung im Pansensaft beim Rind?, *SAT* 149: 301-306.