

# Möglichkeiten zur Messung des pH-Wertes im Pansen

J. Gasteiner

**Der pH-Wert im Pansen von Milchkühen ist von besonderer Bedeutung für eine optimal ablaufende und effiziente Fermentation der Nahrungsbestandteile in den Vormägen.. Um hohe Leistungen bei gleichzeitigem Erhalt der Tiergesundheit zu gewährleisten, gilt es, die Tiere wiederkäuergerecht und gleichzeitig mit ausreichend Energie zu versorgen. Werden zu hohe Mengen an leichtverdaulichen Kohlenhydraten verfüttert, so kommt es zu einer starken Grundfuttermittelverdrängung und der pH-Wert im Pansen sinkt ab. Wie hoch der pH-Wert tatsächlich liegt, lässt sich in der Praxis nur schwer bzw. ungenau feststellen.**

Die in den meisten Betrieben anzutreffenden Hochleistungstiere besitzen das genetische Potential sehr hohe Leistungen zu erbringen. Hierbei spielt eine bedarfsdeckende und gleichzeitig wiederkäuergerechte Ration eine sehr wichtige Rolle, d. h. die Kunst besteht darin, die Kuh mit möglichst viel Energie und mit ausreichend strukturwirksamen Faserbestandteilen aus bestem Grobfutter zu versorgen. Da die Futteraufnahme der Milchleistung nach der Kalbung hinterherhinkt, befindet sich ein Großteil der Tiere (evtl. sogar alle) nach der Kalbung in einer negativen Energiebilanz. Diese gilt es durch sinnvolle Kombination der zur Verfügung stehenden Futtermittel im Rahmen der Rationsberechnung, so gering als möglich zu halten, wobei eine optimale Futteraufnahme nach der Kalbung von fundamentaler Bedeutung ist.

Ein Abfall des Pansen-pH-Wertes bei Milchkühen unter die physiologische Norm, in der häufigsten Ausprägung als subakute Pansenazidose (Subacute Rumen Acidosis, SARA) auftretend, stellt ein weit verbreitetes und zumeist bestandsweise gehäuft auftretendes Problem in der Milchviehhaltung dar. Das Risiko für SARA erhöht sich naturgemäß in Produktionssystemen, in welchen hohe Mengen leichtverdaulicher Kohlenhydrate bei zumeist gleichzeitiger Verdrängung von strukturwirksamen Kohlenhydraten eingesetzt werden, um den entsprechenden Milchleistungen gerecht zu werden. Die negativen tiergesundheitlichen Auswirkungen von SARA sind vielfältig und stellen einen zentralen, die Milchproduktion mindernden Faktor dar.

Aus verschiedenen Gründen ist SARA ein nicht immer einwandfrei nachzuweisender krankhafter und krankmachender Zustand. Ein Mangel an einfachen und spezifischen Nachweismethoden bzw. die geringe Akzeptanz der Pansensaftentnahme bei Rindern in der Praxis, aber auch aufgrund der Anfälligkeit bestehender Nachweismethoden gegenüber Diagnostikfehlern mancher Methoden führte dazu, dass der Nachweis bislang vorwiegend indirekt und retrospektiv (z. B. Milchfettgehalt, Fett-Eiweiß-Quotient) und basierend auf sekundären klinischen Symptomen (z. B. dünner Kot mit erhöhtem Anteil an unverdauten Bestandteilen) basierte. Erst die Kombination von klinischer Untersuchung, Futtermittelbeurteilung, Rationsbewertung bzw. -berechnung sowie die Analyse des Pansensaftes stellen die Grundlagen der frühzeitigen Erkennung, noch besser zur Vorbeuge des Herdenproblems SARA dar.

### **Entstehung von subklinischer und klinischer Pansenazidose**

Pansenazidose wird vorrangig durch ein Überangebot an schnell und zum größten Teil vollständig fermentierbarer Kohlenhydraten (Stärke, Zucker) ausgelöst. Ein zumeist gleichzeitig bestehender Mangel an strukturwirksamen Kohlenhydraten (zum Wiederkauen anregende Faserbestandteile) führt zu vermindertem Wiederkäuen mit verminderter Speichelproduktion und folglich geringerer Pufferkapazität im Pansen.

Eine Veränderung der Bakterienflora mit einer vermehrten und rascheren Produktion von organischen Säuren ist die Folge, welche aufgrund der fehlenden Speichelproduktion nicht abgepuffert werden können. Die Azidose ist deshalb als eine Erkrankung der Störung des chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Gleichgewichtes des Panseninhaltes anzusehen. In Abhängigkeit von Abwesenheit bzw. Bestehen klinischer Symptome kann zwischen subklinischer und klinischer Azidose unterschieden werden.

Nach Verfütterung von besonders stärkehaltigen Rationen werden von bestimmten Bakterienstämmen große Mengen an Glukose (Zucker) im Pansen freigesetzt. Die physiologische Konzentration von Glukose im Pansensaft beträgt etwa 160 mg/dl. Die genannten Bakterien produzieren ein Enzym (Amylase), welches Stärke zu Glukose abbaut. Durch die große Amylase-Aktivität dieser Bakterien kann der Glukosegehalt im Pansensaft 1400 mg/dl überschreiten. Aufgrund dieses Überangebotes an Glukose kommt es zu einer rapiden Vermehrung von Bakterien, welche in erster Linie Milchsäure (Laktat) produzieren. Da die Milchsäure eine starke Säure darstellt, fällt der Pansen-pH-Wert hierdurch noch schneller ab. Durch den erhöhten Glukosegehalt im Pansen erhöht sich auch die Osmolarität (d. h. es kommt zu einer Veränderung der Konzentrationen von z. B. Zucker im Pansen im

Verhältnis zum Blut) des Pansensaftes, wodurch sich die Absorption von freien Fettsäuren aus dem Pansen vermindert. Dem Nahrungsbrei wird in diesem Zusammenhang auch nur wenig Flüssigkeit entzogen, was zum Durchfall bis hin zur Austrocknung des Körpers führen kann.

Als weitere Ursache für Azidose sind abrupte Rationsveränderungen, unregelmäßige Futteraufnahme (variierende Mengen an Rau- und Kraftfutter) sowie die Fütterungsfrequenz (siehe Abbildung 1) anzusehen.

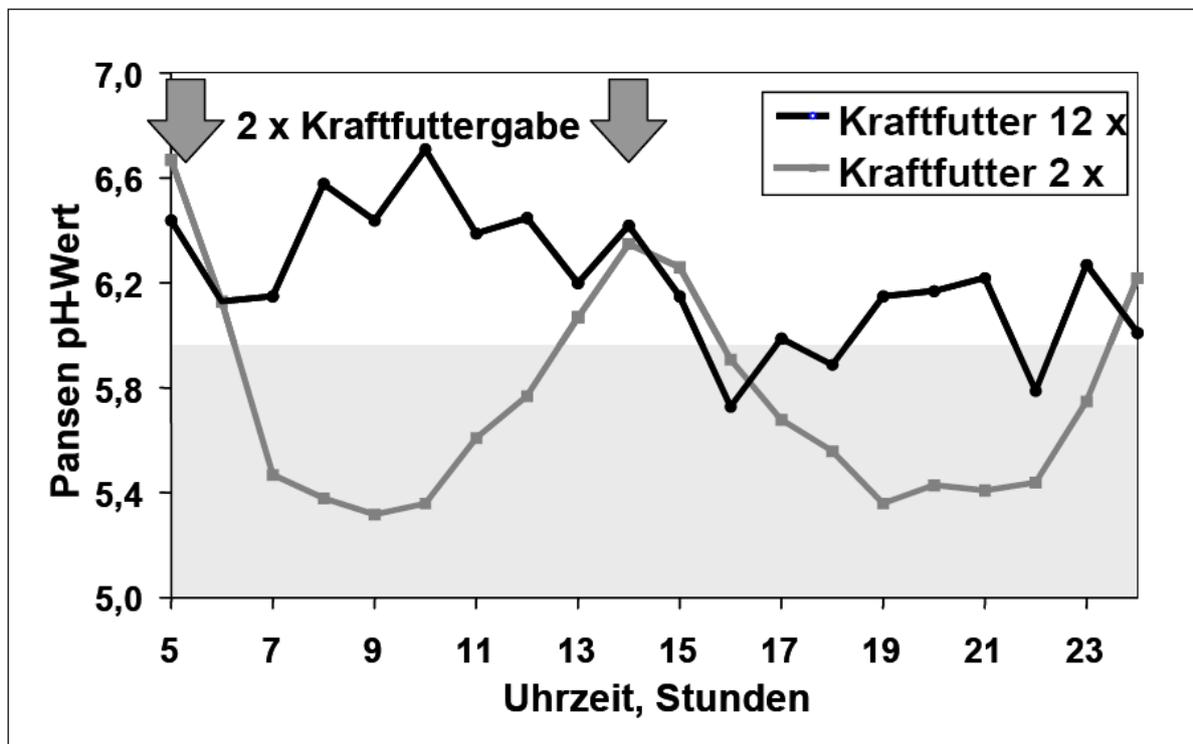


Abbildung 1: Einfluss der Häufigkeit von Kraftfuttergaben auf den Pansen-pH-Wert (FRENCH u. KENNELLY, 1990)

### Häufigkeit und Folgen einer Pansenazidose

Nach ENEMARK und JORGENSEN (2001) liegt die Häufigkeit der Pansenazidose bei Milchkühen in Dänemark bei 22 %. Nach einer Ketose-Häufigkeit von 26 % war somit die Pansenazidose die zweithäufigste Erkrankung unter den Milchrindern. OETZEL (2003) gibt die Häufigkeit der subklinischen Pansenazidose bei frischlaktierenden Kühen mit 15 % an. Als kritisch anzumerken gilt hierbei, dass der Nachweis v. a. subklinischer Pansenazidosen anhand eindeutiger Parameter sehr erschwert ist.

Die Folgen eines absinkenden Pansen-pH-Wertes sind vielfältig. So kann eine schmerzhaft entzündete Vormagenschleimhaut (Ruminitis) sowie eine daraus resultierende Störung der Entwicklung der Pansenzotten mit gleichzeitig verminderter Absorptionsfähigkeit die Folge sein. Die Futteraufnahme geht zurück und der Kot wird dünnbreiig bis wässrig.

Die Anflutung von sauren Stoffwechselprodukten im Blut kann zu einer metabolischen Azidose mit schweren klinischen Krankheitserscheinungen führen. Eine Auslösung von akuten und chronischen Klauenerkrankungen, wie z. B. die Klauenrehe kann nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund einer verminderten Futteraufnahme und dem damit verbundenen Energiedefizit schmelzen die Tiere vermehrt Körpersubstanz ein, was schließlich zu einer klinischen oder subklinischen Ketose führen kann. Des Weiteren lassen sich Zusammenhänge zwischen einer Pansenazidose und schlechten Fruchtbarkeitsleistungen der betroffenen Tiere herstellen.

Als weitere Anzeichen für eine Pansenazidose können eine schlechte Körperkondition, Durchfall, Erkrankungen des Labmagens, aber auch eine Immunsuppression und damit verbundene Infektionen z. B. des Euters oder auch des Geschlechtsapparat angegeben werden (NORDLUND, 2003). Alle beschriebenen Zusammenhänge sind unter praktischen Verhältnissen vorzufinden, jedoch fehlt häufig der Beweis einer ursächlichen Beteiligung der Pansenazidose anhand entsprechender Untersuchungsergebnissen (Pansensaftuntersuchung).

### **Milchfettgehalt und weitere Hinweise auf Pansenazidose**

Der Milchfettgehalt wird neben der Milchleistung (Laktationsstadium) von der Rasse und der Zusammensetzung der Ration bestimmt. Zwischen dem Essigsäure+Buttersäure:Propionsäure Verhältnis im Pansen und dem Milchfettgehalt besteht eine positive lineare Korrelation. Wird im Pansen z. B. mehr Propionsäure als Essigsäure gebildet, wird der Quotient kleiner und der Milchfettgehalt nimmt ab. Bei der experimentellen Auslösung einer Pansenazidose bei Milchkühen fiel auch der Milchfettgehalt drastisch ab, was auf die erhöhten Propionsäure- und abgesenkten Buttersäuregehalte im Pansen zurückgeführt wird. Dass aus diesen Beobachtungen immer wieder ein direkter Zusammenhang „Milchfettdepression = Pansenazidose“ abgeleitet wurde kann nach heutigem Kenntnisstand so nicht mehr bestätigt werden.

Auch bei Kühen mit „normalem“ Milchfettgehalt kann ein ausgeprägtes Pansenazidoseproblem bestehen. Insbesondere bei frischmelkenden Kühen findet sich zugleich auch fast immer eine Ketose und dabei steigt der Milchfettgehalt infolge der Mobilisierung von Körperfett an, sodass bei gleichzeitigem Vorliegen von Ketose und einer

Pansenübersäuerung durchaus „normale“ Werte für den Milchfettgehalt und den Fett-Eiweiß-Quotienten (1,1 bis 1,4) vorgefunden werden. Dies führt dann zu einer falschen Interpretation der Milchinhaltsstoffe aufgrund einer kompensierten Keto-Azidose. Um die Ergebnisse richtig zu interpretieren sind unbedingt auch die Eiweiß- und Harnstoffgehalte der Milch von Kühen in vergleichbarem Laktationsstadium zu berücksichtigen. Verminderte und abgeschwächte bis hin zu fehlenden Pansengeräuschen sowie die Ergebnisse von Kotwaschungen (erhöhter Anteil unverdauter Futterpartikel) können als Hinweise auf eine bestehende Pansenazidose gedeutet werden.

Zwischen dem pH-Wert im Pansen und der Netto-Säuren-Basenausscheidung (NSBA) konnten nur unbefriedigende Beziehungen abgeleitet werden. Auch der Säuren-Basen-Quotient im Harn kann nur bedingt zur Abschätzung des Pansen-pH-Wertes herangezogen werden.

Durch Futtermittelanalysen und im Rahmen der Rationsberechnung kann aufgrund sinnvoller Kombination sowie Berücksichtigung der ruminalen Abbaucharakteristika der Futtermittel einer Pansenazidose vorgebeugt werden. Hierbei sollten die Charakterisierung der Faserfraktionen (NDF, ADF) sowie der Zucker-, Stärke-, Fett- und Rohproteingehalt bzw. das Verhältnis Grundfutter:Kraftfutter Beachtung finden. Dadurch kann mit Hilfe der Rationsberechnung einer pansenaggressiven Ration vorgebeugt oder diese auch im Voraus entschärft und somit eine bedarfsdeckende und wiederkäuergerechte Ration konzipiert werden. Da die Kuh nicht unbedingt das frisst, was berechnet wurde, lässt sich anhand der Rationsberechnung nicht eindeutig eine Pansenazidose nachweisen. Neben dem Nährstoffgehalt in der Ration hängt der Pansen-pH-Wert u. a. von der Gesamtfutteraufnahme, der Partikelgröße und dem Feuchtigkeitsgehalt des Futters, den Verzehrsgewohnheiten der Einzelkuh und der Wiederkautätigkeit ab.

### **Möglichkeiten zur Gewinnung von Pansensaft**

Die Untersuchung des Pansensaftes, insbesondere des pH-Wertes stellt die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose dar. Der Pansen-pH-Wert unterliegt jedoch starken tageszeitlichen Schwankungen, weshalb das Ergebnis besonders vom Zeitpunkt der Probenahme in Bezug zur letzten Futteraufnahme abhängig ist (vgl. Abbildung 2).

Unter praktischen Bedingungen gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten zur Gewinnung von Pansensaft:

1. Gewinnung von Pansensaft via Schlundsonde

## 2. Gewinnung von Pansensaft via Rumenozentese

### **Schlundsonde:**

Hierbei wird dem zu untersuchenden Tier eine Schlundsonde gesetzt und Pansensaft wird aktiv über eine Pumpe gewonnen oder Pansensaft fließt nach Absenken des Kopfes aus der Sonde. Da das Setzen der Sonde mit anregender Speichelproduktion einhergeht, kommt es zu vermehrtem Speichelfluss. Da die Probe üblicherweise aus dem Haubenbereich stammt, in welchem ohnehin bereits etwas höhere pH-Verhältnisse als im übrigen Vormagensystem herrschen, sind derart gewonnene Pansensaftproben in den meisten Fällen vermehrt speichelhaltig. Durch den pH-Wert des Speichels (etwa 8,5) bzw. auch durch dessen Pufferkapazität wird das Ergebnis dieser Proben verfälscht, man erhält falsche, zu hohe Werte.

### **Rumenozentese:**

Bei der Rumenozentese wird mittels Punktion des Pansens mit einer Kanüle Pansensaft durch Erzeugung von Unterdruck mit einer Spritze gewonnen. Die Tiere werden einer lokalen Betäubung unterzogen. Die dabei gewonnene Probe beträgt einige ml und die Probe ist nicht mit Speichel kontaminiert.

Mögliche Blutbeimengungen im Pansensaft können jedoch die gewonnene Probe fehlerhaft und damit nutzlos machen. Fehler und Probleme während der Probenahme wie etwa verstopfte Kanülen und deshalb notwendiges Spülen oder Einpressen von Luft (und damit CO<sub>2</sub>) können auch bei dieser Methode zu verfälschten Untersuchungsergebnissen führen. Darüber hinaus sollte bei der nicht ungefährlichen Probenahme für den durchführenden Tierarzt Hämatome, mögliche Infektionen, Abszesse und Verwachsungen an der Einstichstelle beim Tier besondere Beachtung finden.

Welche Methode zur Gewinnung von Pansensaft herangezogen wird, liegt letztlich in der Entscheidung des Tierarztes. Die möglichen Probleme, Nachteile und Risiken der beiden Methoden sind bekannt und dem Tierhalter mitzuteilen. Ob solch eine Untersuchung im Betrieb durchgeführt werden soll, muss der Tierhalter entscheiden. Hierbei sollte abgewogen werden, in welchem Verhältnis die gewonnene Information, nämlich die Kenntnis über die Zusammensetzung des Pansensaftes, zum Risiko der Rumenozentese steht.

Da der pH-Wert im Pansen keine konstante Größe darstellt sondern von der Rationszusammensetzung, aufgenommener Futtermenge, Wiederkautätigkeit usw. abhängig ist, hat der Zeitpunkt der Probenahme in Bezug zur letzten Fütterung größte Bedeutung auf das Untersuchungsergebnis. Die Empfehlungen zum optimalen Zeitpunkt der Probenahme liegen bei 3 – 5 Stunden nach der letzten Fütterung. Dies ist unter heutigen Fütterungsbedingungen (ad libitum Fütterung, Mischrationen, Kraftfutterstation mit kurzen Fütterungsintervallen) nur schwer einzuhalten und die gewonnenen Ergebnisse sind, unabhängig von der Methode der Probenahme, entsprechend schwieriger zu beurteilen.

### **Untersuchungen des LFZ Raumberg-Gumpenstein**

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Pansen wurde von Mitarbeitern des Science Park Graz eine Sonde entwickelt und an pansenfistulierten Rindern des LFZ Raumberg-Gumpenstein getestet. Eine weitere Besonderheit der pH-Sonde ist, dass die gemessenen Werte (pH-Wert und zugleich auch Temperatur) in der Sonde abgespeichert und von außerhalb des Pansens ausgelesen werden können. Dieses System zur Messung des Pansen-pH-Wertes überträgt die Messergebnisse drahtlos. Die Empfangseinheit ist direkt mit einem Laptop verbunden, wo die Ergebnisse sogleich abgelesen, graphisch dargestellt und interpretiert werden können. Die derzeitige Spezifikation der Pansen-pH-Sonde beinhaltet vom Anwender wählbare Messintervalle (von 1 Sekunde bis zu Stundenintervallen) und kann aufgrund seiner Bauart auch einem erwachsenen, nicht pansenfistulierten Rind per os eingegeben werden.

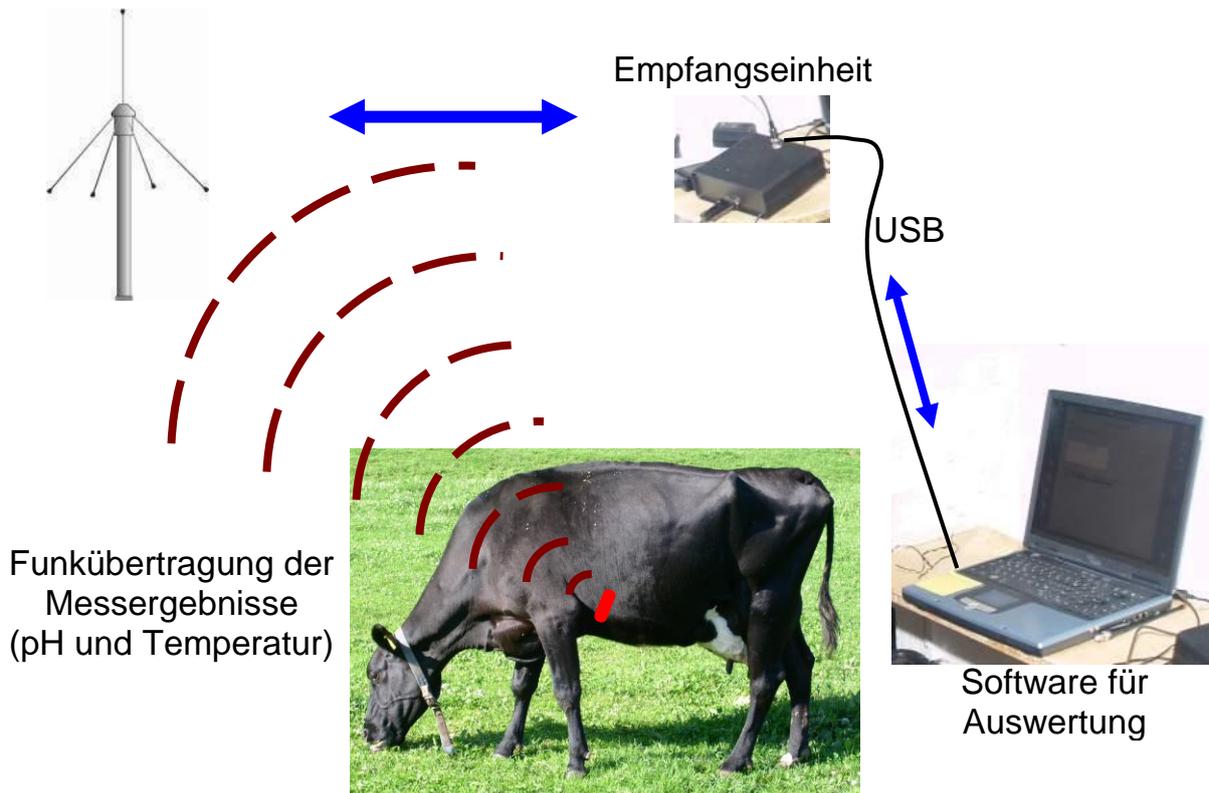


Abbildung 2: Funktion des Pansensensors

Die intraruminalen Messungen der vorliegenden Studie wurden halbstündlich durchgeführt, ohne Batteriewechsel ist eine Messdauer von bis zu 40 Tagen möglich.

Nach der Kalibration der Sonden mittels Eichlösungen wurden der Pansen-pH-Wert und die Temperatur im Pansen unter folgenden Fütterungsbedingungen gemessen:

1. 100 % Heufütterung ad lib.
2. Täglich Weidegang (ab 6:00 Uhr) und Heufütterung abends ad lib.,
3. 50:50 Heufütterung : Kraftfutter (6:00 Uhr und 13:00 Uhr), bei dieser Untersuchung wurden zeitgleich 2 Pansensensoren in einem Tier eingelegt. Zugleich wurden in 2-stündigen Intervallen Pansensaftproben über die Pansenfistel gezogen, mit einem pH-Meter gemessen und mit dem Ergebnis der beiden Pansensonden verglichen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der drei Fütterungsvarianten dargestellt.

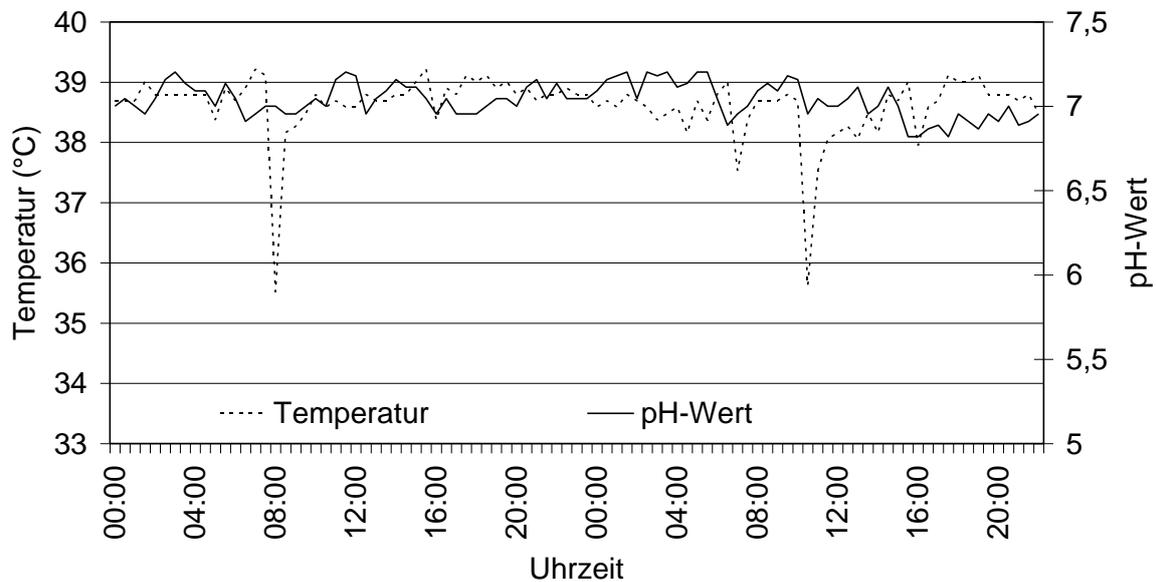


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei reiner Heufütterung

Die mittlere Temperatur im Pansen ( $\text{mean } 38,40 \pm 0,70^\circ \text{ C}$ ) wurde bei reiner Heufütterung signifikant durch die Wasseraufnahme beeinflusst (dies trifft auch auf Versuch 2 und 3 zu), aber die Temperatur zeigt keine Beziehung zum Fütterungszeitpunkt. Das unperiodisch auftretende signifikante Absinken der Temperatur hängt also mit der Wasseraufnahme zusammen und kann dadurch erklärt werden.

Der mittlere pH lag bei  $6,49 \pm 0,39$  und der tiefste gemessene Wert lag bei pH 6,14.

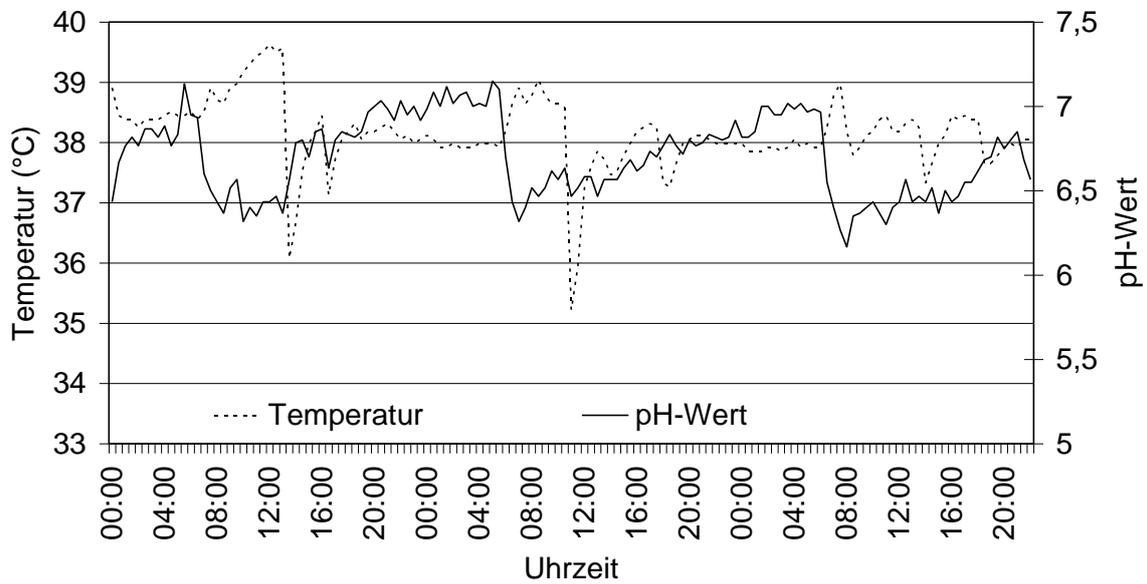


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei Weidegang und Heufütterung

Die mittlere Temperatur im Pansen betrug  $38,12 \pm 0,80^\circ \text{C}$ , der mittlere pH-Wert betrug  $6,36 \pm 0,22$ . Der tiefste gemessene Wert war pH 5,34 während der Weidephase und pH 6,16 während der Raufutterphase. Die Futteraufnahme auf der Weide hatte einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert im Pansen.

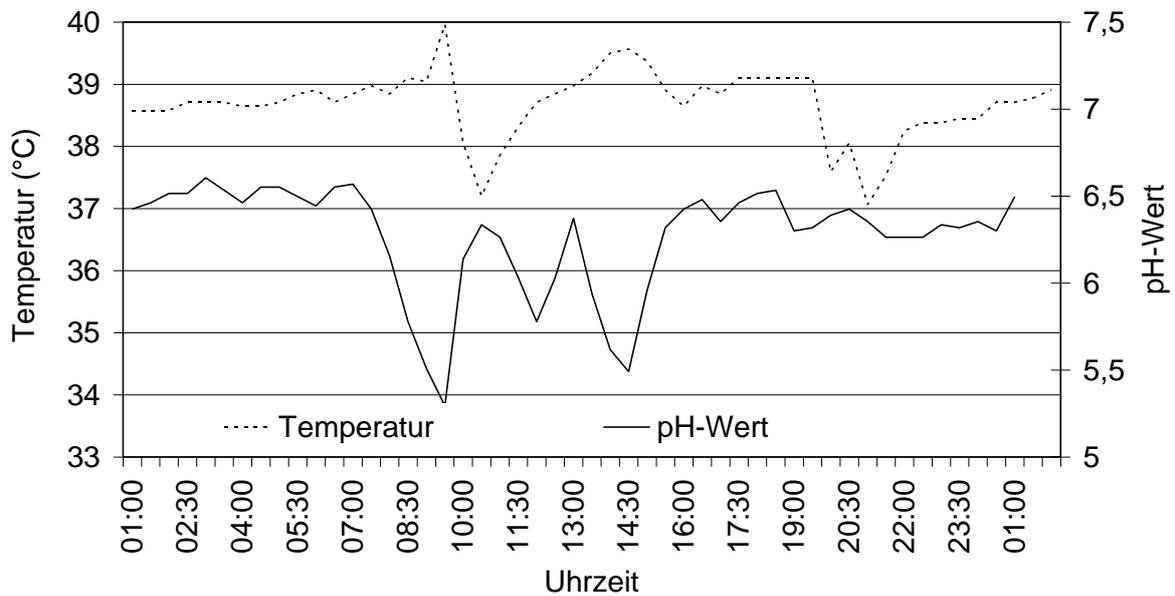


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei 50:50 Heufütterung:Kraftfutter

Die mittlere Temperatur im Pansen betrug  $38,55 \pm 0,83^\circ \text{C}$  und der mittlere pH-Wert lag bei  $6,37 \pm 0,24$ . Der tiefste Wert war pH 5,29. Das Absinken des Pansen-pH-Wertes korrelierte signifikant mit der Verabreichung von Kraftfutter.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Simultanmessungen mit 2 Messsonden in einem Tier lag der absolute statistische Fehler für die Temperatur bei  $0,6 \pm 0,65^\circ \text{C}$  und  $0,15 \pm 0,19$  für den Pansen-pH-Wert. Die Unterschiede der Messergebnisse der beiden Sonden können durch den dynamischen Pansenstoffwechsel sowie durch die inhomogene Mischung der Ingesta im Pansen erklärt werden.

**Fazit:**

Die Ergebnisse zeigen, dass das vorgestellte System zur Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Pansen eine innovative und verlässliche Grundlage zur Klärung wissenschaftlicher Fragestellungen zur Pansenphysiologie und Pansenpathologie darstellt. So kann nun etwa auch der zeitliche Verlauf des Pansen-pH-Wertes unter verschiedenen

Rationsbedingungen dokumentiert werden, dadurch können Zeitphasen mit azidotischer Belastung leichter erkannt bzw. definiert werden.

Da die vorgestellten Messsonden einem erwachsenen Rind auch über das Maul eingegeben werden können, dürfte es nur eine Frage der Zeit und der Kosten sein, bis ein angepasstes System auch unter praktischen Bedingungen, vorzugsweise in Großbetrieben, zur Überwachung der Ration („Indikatortiere“) und auch der Tiergesundheit zum Einsatz kommt.

**Dr. Johann Gasteiner**

Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit

LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning

[Johann.Gasteiner@raumberg-gumpenstein.at](mailto:Johann.Gasteiner@raumberg-gumpenstein.at)