

# Möglichkeiten zur Messung des pH-Wertes im Pansen

J. GASTEINER\*, M. FALLAST\*\*, S. ROSENKRANZ\*\*, J. HÄUSLER\*, K. SCHNEIDER\*, M. SCHWAB\* und T. GUGGENBERGER\*

## Einleitung

Ein 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 bestandswise gehäuft auftretendes Problem in der Rinderproduktion dar. Das Risiko für SARA erhöht sich naturgemäß in Produktionssystemen, in welchen ein erhöhter Einsatz von leicht verdaulichen Kohlenhydraten bei zumeist gleichzeitiger Verdrängung von Rohfaserwirksamen Strukturkohlenhydraten zur Erzielung höherer Wachstumsraten bzw. Zunahmen oder höherer Milchleistungen vorzufinden ist. Die negativen tiergesundheitlichen Auswirkungen von SARA sind vielfältig und stellen einen zentralen, die Produktion mindernden Faktor der Rinderhaltung 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. Fettgehalt Milch, Fett-Eiweißquotient) und basierend auf sekundären klinischen Symptomen (z.B. dünner, breiiger Kot mit erhöhtem Anteil an unverdauten Bestandteilen) basierte. In der weiteren Folge wird das Vorliegen einer SARA in einer Herde zumeist erst nach Korrektur des Fütterungsregimes im Nachhinein bestätigt, wenn sich indirekte Parameter normalisiert oder sekundäre klinische Symptome verbessert haben.

Erst die Kombination von klinischer Beobachtung, Futtermittelbeurteilung, Rationsbewertung bzw. -berechnung sowie die Analyse des Pansensaftes stellen die Grundlagen zur frühzeitigen Erkennung, noch besser zur Vorbeugung des Herdenproblems SARA dar.

Im folgenden Beitrag sollen die Möglichkeiten zur Gewinnung von Pansensaft sowie die Messung des pH-Wertes der Pansenflüssigkeit als zentraler Parameter näher beschrieben und diskutiert werden. Eigene Untersuchungen und Ergebnisse zu einer neuartigen Methode zur Messung des Pansen-pH-Wertes werden vorgestellt.

## Entstehung von subklinischer und klinischer Pansenazidose

Pansenazidose wird vorrangig durch ein Überangebot an rasch fermentierbaren Kohlenhydraten (Stärke, Zucker) ausgelöst. Ein zumeist gleichzeitig bestehender Mangel an strukturwirksamen Kohlenhydraten (allgemein als Rohfaser bezeichnet) führt zu vermindertem Wiederkäuen mit verminderter Speichelproduktion und folglich geringerer Pufferkapazität im Pansen.

In der Folge kommt es im Pansen zu einer vermehrten und rascheren Produktion von organischen Säuren, welche aufgrund der verminderten Speichelproduktion nicht abgepuffert werden können. Die Azidose ist deshalb als pathologische Konsequenz (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 einer besonders stärkehaltigen Ration werden von bestimmten Bakterienstämmen im Pansen große Mengen an Glukose freigesetzt. Die physiologische Konzentration von Glukose im Pansensaft beträgt etwa 160 mg/dl. Durch die große Amylase-Aktivität dieser Bakterien kann der Glukosegehalt im Pansensaft 1.400 mg/dl überschreiten. Dieses Überangebot an Glukose führt zu einer rapiden Vermehrung von üblicherweise nicht kompetitiven Bakterien wie *Sc. bovis*, welche in erster Linie Laktat produzieren.

Andere opportunistische Bakterien, insbesondere Koliforme und Aminosäure-Decarboxylierende Mikroben vermehren sich ebenfalls stark und produzieren Endotoxine und Amide (Histamin), welche bei deren Lysis wieder frei werden.

Durch den erhöhten Glukosegehalt im Pansen wird auch die Osmolarität des Pansensaftes erhöht, wodurch sich die Absorption von freien Fettsäuren aus dem Pansen vermindert. Den Ingesta wird in diesem Zusammenhang auch nur wenig Flüssigkeit entzogen, es kommt zu Durchfallerscheinungen (OWENS et al. 1998).

Als weitere Ursache für Azidose sind eine unregelmäßige Futteraufnahme (variierende Mengen von Grund- und Kraftfutter, *Abbildung 1*) sowie die Fütterungsfrequenz (Kraftfutter nur 1 mal oder 2 mal täglich, siehe auch *Abbildung 2*), zumeist bei Kühen in Anbindehaltung bei händischer Zuteilung, anzusehen.

Die Pansenbakterien können aufgrund ihrer Stoffwechselleistung auch in „Laktat-Produzenten“ und „Laktat-Zehrer“ unterteilt werden. Unter physiologischen Verhältnissen besteht zwischen diesen beiden Gruppen ein Gleichgewicht. Da jedoch nur die Laktat-Zehrer sehr sensi-

**Autoren:** \* Dr. Johann GASTEINER (Dipl. ECBHM), Leiter des Institutes für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, Mag. Med.vet. Katrin SCHNEIDER, Mag. Med. vet. Michaela SCHWAB, Mag. Thomas GUGGENBERGER, Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, Johann HÄUSLER, Institut für Nutztierforschung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 IRDNING  
email: johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at

\*\* Mario FALLAST, Dipl.-Ing. Stefan ROSENKRANZ, Science Park Graz, Plüddemanngasse 39, A-8010 GRAZ

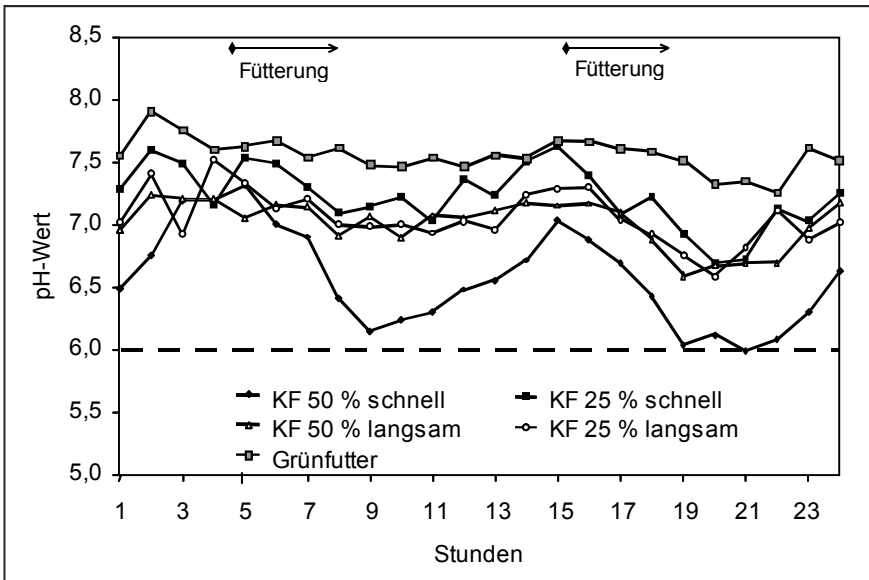


Abbildung 1: Einfluss der Rationsgestaltung auf den Pansen-pH

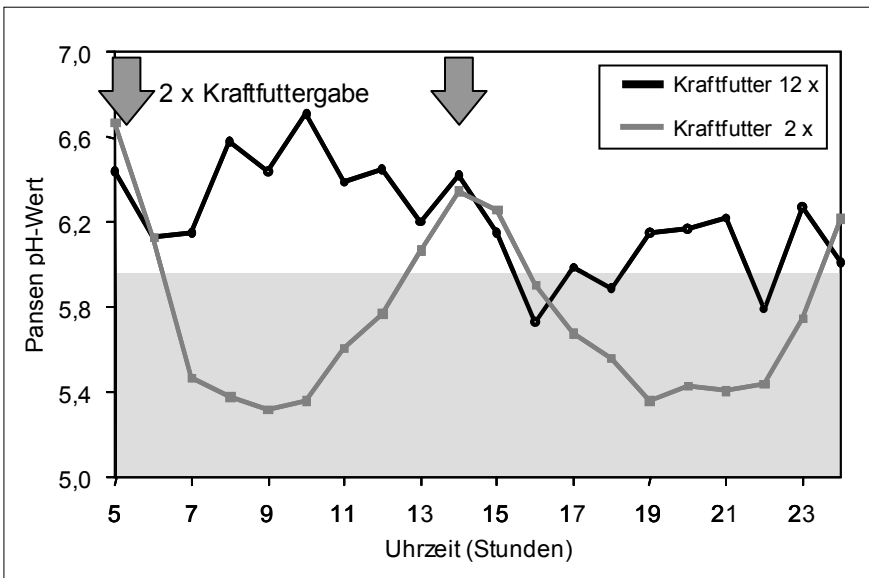


Abbildung 2: Einfluss der Häufigkeit von Kraftfuttergaben auf den Pansen-pH (FRENCH und KENNELLY 1990)

bel gegenüber pH-Wertveränderungen sind und unter sauren Bedingungen absterben, kommt es zu einer weiteren Vermehrung der Laktat-Produzenten und somit zu einer Akkumulation von Laktat (OWENS et al. 1998).

### Krankheitserscheinungen und Folgen einer Pansenazidose

Eine direkte Folge des Absinkens des Pansen-pH-Wertes ist die schmerzhafte Entzündung der Vormagenschleimhaut (Ruminitis) sowie eine Störung der Entwicklung der Pansenzotten. Das erkrankte Rind weist eine verminderte

oder gar sistierende Fresslust auf und der Kot wird dünnbreiig bis wässrig. Die Zusammenhänge zwischen Ruminitis und dem vermehrten Auftreten von Leberabszessen ist als gesichert anzusehen (DIRKSEN et al. 1985).

Die Anflutung des Blutes mit sauren Stoffwechselprodukten kann zu einer metabolischen Blutazidose mit schweren klinischen Krankheitserscheinungen führen. Infolge der Freisetzung von Endotoxinen und Histamin können akute und chronische Krankheitserscheinungen der Klauenreihe ausgelöst werden. In jüngerer Zeit wird die Klauenreihe als die Hauptursache für die meisten Erkrankungen der Klauen angesehen

(BOOSMAN 1990, GANTHE et al. 1998, LISCHER und OSSENT 1996, NORDLUND et al. 1995, OSSENT et al. 1997). Aufgrund der verminderten/gestörten Futteraufnahme kommt es zu einer vermehrten Mobilisierung von körpereigenen Fettreserven und es kann das Krankheitsbild der Ketose entstehen.

Negative Zusammenhänge zwischen Pansenazidose, die vorwiegend in ihrer subklinischen Erscheinungsform größte tiergesundheitliche Probleme nach sich zieht, lassen sich auch zur Fruchtbarkeitsleistung der betreffenden Tiere herstellen (JOUANY 2006). Eine gestörte Futteraufnahme, die verminderte Verdauung bzw. Resorption von Nährstoffen und die daraus resultierende negative Energiebilanz sowie die bereits beschriebenen möglichen Folgekrankheiten einer subklinischen Pansenazidose führen zu signifikant schlechteren Fruchtbarkeitsergebnissen bei diesen Kühen.

Als weitere Anzeichen für eine Pansenazidose werden eine schlechte Körperkondition, Durchfall, Thrombosen der Beckenvenen, Epistaxis und Hämoptysis (Nasenbluten und Bluthusten), Erkrankungen des Labmagens, aber auch eine Immunsuppression und damit verbundene Infektionen wie die des Euters oder auch des Geschlechtsapparates angegeben (NORDLUND 2003). Diese Zusammenhänge sind auch unter praktischen Verhältnissen immer wieder zu finden, lediglich der Beweis einer ursächlichen Beteiligung der Pansenazidose kann nur in den seltensten Fällen, also bei Vorliegen von entsprechenden Untersuchungsergebnissen (Pansensaftuntersuchungen), erbracht werden. Verminderte Fettgehalte in der Milch bzw. ein zu niedriger Fett-Eiweißquotient lassen auf eine Pansenübersäuerung schließen.

### Häufigkeit und Auftreten von Pansenazidose

ENEMARK und JORGENSEN (2001) 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 unter den Milchrindern. Eine Unterteilung in klinische und subklinische Verlaufsformen wurde dabei nicht vorgenommen. OETZEL (2003) gibt die Häufigkeit

der subklinischen Pansenazidose bei frischlaktierenden Kühen mit 15 % an.

## Milchfettgehalt und weitere Hinweise auf Pansenazidose

Der Milchfettgehalt wird von einigen Faktoren wesentlich beeinflusst, insbesondere vom Laktationsstadium (Milchleistung), der Rasse und von der Zusammensetzung der Ration (GRUMMER et al. 1991, SPOHR et al. 1992). Es besteht eine positive lineare Korrelation zwischen Azetat + Butyrat : Propionat (SUTTON et al. 1987). Bei der experimentellen Auslösung einer Pansenazidose bei Milchkühen fiel auch der Fettgehalt in der Milch drastisch ab (NIPCON und HEILJASZ 1987), was auf die erhöhten Propionat- und abgesenkten Butyratgehalte im Pansen zurückgeführt wird. Aber auch bei Kühen mit „normalem“ Milchfettgehalt kann ein ausgeprägtes Pansenazidoseproblem bestehen. Insbesondere bei neumelkenden Kühen findet sich zugleich auch gehäuft eine Ketose und dabei steigt der Milchfettgehalt an, sodass bei gleichzeitigem Vorliegen von Ketose und einer Pansenübersäuerung durchaus „normale“ Werte für den Fettgehalt der Milch und den Fett-Eiweißquotienten (1,1 bis 1,4) vorgefunden werden. Dies führt dann zu einer falschen Interpretation der Milchhaltsstoffe aufgrund einer kompensierten Keto-Azidose. Deswegen sind zusätzlich unbedingt auch die Eiweiß- und Harnstoffwerte der Milch von Kühen in vergleichbarem Laktationsstadium zu berücksichtigen (SEEMANN und SPOHR 2007).

Als weitere Hinweise für das Bestehen von Pansenazidose können verminderte und abgeschwächte bis fehlende Pansengeräusche im Rahmen der Auskultation, Durchfall, sowie die Ergebnisse von Kotwaschungen (erhöhter Anteil unverdauter Futterpartikel) gedeutet werden.

Zwischen dem pH-Wert im Pansen und der NSBA im Harn konnte nur eine unbefriedigende Korrelation festgestellt werden, die Sensitivität lag zwischen 9 % und 52 % und auch die Spezifität betrug lediglich 59 %. Auch der Säuren-Basen-Quotient im Harn kann nur bedingt zur Abschätzung des Pansen-pH-Wertes herangezogen werden (Sensitivität

24 % bis 52 %). Von den Blutparametern haben weder ein erhöhter Laktatgehalt, noch erhöhte Werte für GLDH und auch der Ketonkörpergehalt nur eine eingeschränkte Aussagekraft (SEEMANN und SPOHR 2007).

Durch entsprechende Futtermittelanalysen und Rationsberechnungen gelingt es zu einem guten Teil, Hinweise auf eine drohende „pansenaggressive“ Ration zu erhalten bzw. dieser vorzubeugen. Dabei sollte insbesondere auf die Rohfaserfraktionen sowie auf den Zucker-, Stärke-, Fett- und den Rohproteingehalt Rücksicht genommen werden (NORDLUND 2003) bzw. das Verhältnis Grundfutter:Kraftfutter beachtet werden. Pansenaggressive Kraftfutterkomponenten sollte man vermeiden.

Mit diesen Erhebungen und Berechnungen kann jedoch eine Pansenacidose nicht eindeutig nachgewiesen werden, da die Kuh nicht unbedingt das frisst, was gerade berechnet wurde („tatsächlich aufgenommene Ration“) und weil auch die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge, insbesondere in den Vormägen, von vielen Variablen abhängig sind. Zusätzlich zum Nährstoffgehalt in der Ration hängt der Pansen-pH u.a. von der Gesamtfuttermittelaufnahme, der Partikelgröße und dem Feuchtigkeitsgehalt des Futters, den Verzehrsgewohnheiten der Einzelkuh und der Wiederkautätigkeit ab.

## Möglichkeiten zur Gewinnung von Pansen saft

Die Untersuchung des Pansen saftes, insbesondere des pH-Wertes stellt die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose dar (OETZEL 2003). Der Pansen-pH-Wert unterliegt aber verschiedenen tageszeitlichen Schwankungen, weshalb das Ergebnis sehr stark vom Zeitpunkt der Probenahme im Bezug zur letzten Futtermittelaufnahme abhängig ist. Auch die Methode der Probenahme beeinflusst das Ergebnis signifikant (GEISHAUSER 1996, SEEMANN und SPOHR 2007).

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

1. Gewinnung von Pansenflüssigkeit via Schlundsonde
2. Gewinnung von Pansenflüssigkeit via Rumenozentese

## Ad Schlundsonde:

Bei dieser Methode, die auch unter praktischen Bedingungen relativ rasch und einfach durchgeführt werden kann, wird dem zu untersuchenden Rind eine Schlundsonde gesetzt und Pansen saft wird aktiv über eine Pumpe gewonnen oder Pansen saft fließt nach Absenken des Kopfes aus der Sonde (DIRKSEN 1975). Die verschiedenen Bauarten von Sonden und die Möglichkeiten des SONDENSCHUTZES haben als Gemeinsamkeit, dass es durch den Akt des Setzens der Sonde zu einer Anregung der Speichelproduktion und damit zu vermehrtem Speichelfluss kommt. Da die Probe üblicherweise aus dem Haubenbereich stammt, in welchem ohnehin bereits etwas höhere pH-Verhältnisse herrschen als im übrigen Vormagensystem, sind derart gewonnene Pansen saftproben in den meisten Fällen vermehrt speichelhaltig. Durch den pH-Wert des Speichels von etwa 8,5 bzw. auch durch dessen Pufferkapazität wird das Ergebnis dieser Proben verfälscht, man erhält falsche, zu hohe Werte. So ermittelten STRABEL et al. (2007), dass per Schlundsonde entnommene Proben durchschnittlich 0,5 pH-Einheiten (0,2 bis 1,9 pH-Einheiten) höhere Werte zeigten als solche, die per Ruminozentese entnommen wurden. Ein Unterschied von 0,5 pH-Einheiten ist jedoch für die Diagnose „Pansenazidose ja oder nein“ von maßgeblicher Bedeutung und führt unweigerlich zu falschen Ergebnissen („nicht Erkennen von SARA“). Das Verwerfen der ersten 100 - 200 ml der Probe wird deshalb empfohlen, damit soll sichergestellt werden, dass eine weniger speichelhaltige Charge der Probe gemessen wird. Für mehrmalige Untersuchungen an einem Tier innerhalb weniger Stunden oder für Reihenuntersuchungen stellen sich Probenahmen per Schlundsonde als eher problematisch dar.

## Ad Rumenozentese:

Bei der Rumenozentese wird mittels Punktion des ventralen Pansen saftes mit einer Kanüle (vorzugsweise 1,6 × 100 mm) Pansen saft durch Erzeugung von Unterdruck mit einer Spritze gewonnen. Die Punktionsstelle liegt 1 handbreit vor dem linken Kniegelenk (SEEMANN und 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 Pansensaft beträgt einige ml und die Probe ist nicht mit Speichel kontaminiert. NORDLUND (2003) beschreibt die Methode der Rumenozentese ohne Anwendung einer Sedierung und ohne Schmerzausschaltung unter praktischen Bedingungen als durchführbar, was unter österreichischen Bedingungen rechtlich nicht möglich wäre (TSchG: schmerzhafter Eingriff).

Diverse Publikationen – auch jüngeren Datums (insbesondere aus dem anglo-amerikanischen Raum) – sind immer wieder bemüht, die Rumenozentese als eine einfache, praxisnahe und ungefährliche Methode zur Gewinnung von Pansensaft auszuweisen zu lassen (DUFFIELD et al. 2004, KLEEN et al. 2004, NORDLUND 1995). Tatsache ist, dass die durch Rumenozentese gewonnenen Proben im Vergleich zu per Schlundsonde gewonnenen Proben realistischere Pansen-pH-Werte liefern (DUFFIELD et al. 2004, GEISHAUSER und GITZEL 2005), die Methode ist also deutlich sensitiver als die Gewinnung von Pansensaft per Schlundsonde. Dies wurde auch durch den Vergleich mit per Pansenfistel gezogenen Proben nachgewiesen.

Mögliche Blutbeimengungen zum Pansensaft können jedoch die gewonnene Probe unverwertbar und 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.

Die Methode ist problematisch und nicht ungefährlich für das zu untersuchende Tier und auch für den Probenzieher. Hämatoome oder sogar mögliche Infektionen, Abszesse und Verwachsungen im Bereich des Stichkanals gefährden die Tiergesundheit. Aufgrund möglicher massiver und unberechenbarer Abwehrbewegungen (Schmerzen) der Kuh während des Punktionsvorganges ist auch die Gesundheit des Probenziehers gefährdet (STRABEL et al. 2007).

Welche Methode zur Gewinnung von Pansensaft herangezogen wird, liegt

letztlich in der Entscheidung des Tierarztes, der auch die Verantwortung für sein Handeln zu übernehmen hat. Die möglichen Probleme, Nachteile und Risiken der beiden Methoden sind bekannt. Da in den eher klein strukturierten Betrieben Österreichs die Unversehrtheit des Einzeltieres eine weitaus größere Bedeutung hat als in angloamerikanischen Großbetrieben, wird auch der Verlust eines Tieres nach missglückter Rumenozentese bei uns anders bewertet werden als in einem US-amerikanischen Großbetrieb. Die gewonnene Information, nämlich die Kenntnis über die Zusammensetzung des Pansensaftes, steht deshalb nicht unbedingt in einem Verhältnis zum Risiko, welches durch die Probenahme per Rumenozentese besteht.

### Zeitpunkt der Probenahme

Wie aus *Abbildung 3* zu erkennen, sind sowohl Fressen als auch Wiederkauen rhythmische Aktivitäten, wobei nach dem Fressen immer zunächst eine „Ruhephase“ von 1 - 3 Stunden eintritt. Erst nach dieser Ruhephase beginnt das Wiederkauen. Nach dem Fressen setzen die Umsetzungsvorgänge im Pansen unmittelbar ein und durch die Produktion von Säuren sinkt der pH-Wert und zwar auch deshalb, weil der pH-puffernde Speichel erst mit dem Vorgang des Wiederkauens in großen Mengen produziert wird und dann erst im Pansen wirksam werden kann. Ein Mangel an strukturwirksamer Rohfaser führt zu einer verminderten

Wiederkauaktivität und verstärkt die Absäuerung im Pansen.

Da der pH-Wert im Pansen keine konstante Größe darstellt sondern von 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 heutig gängigen Fütterungsbedingungen (*ad libitum*-Fütterung, Mischrationen, Kraftfutterstation mit kurzen Fütterungsintervallen) nur schwer einzuhalten und die gewonnenen Ergebnisse sind, unabhängig von der Methode der Probenahme, schwer zu beurteilen.

### Methoden zur pH-Feststellung

In der Praxis wird zur Feststellung des pH-Wertes üblicherweise Indikatorpapier verwendet. Eine relativ große Messungenauigkeit sowie die Anfälligkeit für Messfehler liefern aber eher ungenaue Ergebnisse. Die Methode der Wahl wäre hier sicherlich ein pH-Meter, wobei Kosten und Praktikabilität (Eichung,...) eine wichtige Rolle spielen.

Interpretationen von weiteren Untersuchungsergebnissen des Pansensaftes sind in *Tabelle 1* angeführt.

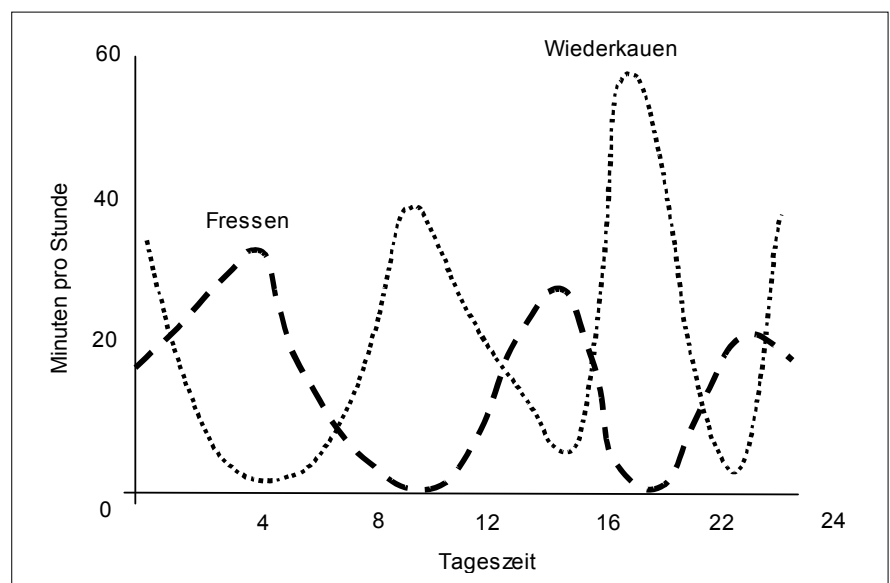


Abbildung 3: Tageszeitliche Verteilung der Aktivitäten Fressen und Wiederkauen (Mc DOWELL 1972)

**Tabelle 1: Zusammensetzung des Pansensaftes** (BELKNAP u. NAVARRE 2000)

Parameter	Ergebnis	Interpretation
Farbe	grün gelbbraun grünbraun milchig-braun	phys.: Grünfutter phys.: Silage phys.: GF + KF path.: KF-Überschuss
Geruch	aromatisch sauer	phys. path.: KF-Überschuss
Protozoen	alle Größen und Spezies keine großen Entodiniomorphen keine Entodiniomorphen keine Protozoen	phys. ggr. Indigestion mittl. Indigestion Pansenazidose
Methylenblau-Entfärbungszeit	< 150 sek. > 150 sek.	phys. Panseninaktivität (Pansenazidose)
Sedimentation/Flotation	4 - 8 min. beschleunigt verlangsamt	phys. bei Inappetenz schaumige Gärung
Gram-Färbung	Gram - > Gram + Gram + > Gram -	phys. path.: Pansenazidose
Chlorid-Gehalt	< 30 mmol/l > 30 mmol/l	phys. abomasaler Reflux
pH-Wert	6,2 - 7,2 5,5 - 6,2; zeitweilig auch < 5,5 permanent < 5,5 > 7,5	phys. path.: latente Azidose path.: akute Azidose path.: N-Überschuss

phys.: gesund; path.: krankhaft verändert

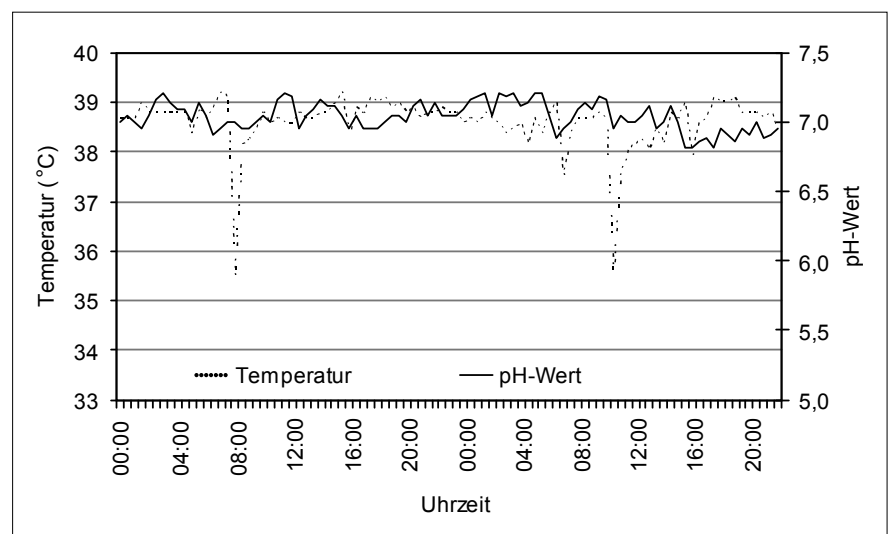
### Eigene Untersuchungen

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Pansen (exakte Lage im Retikulum) wurde in Zusammenarbeit mit einem Gründungsprojekt des Science Park Graz eine Sonde entwickelt und an pansenfistulierten Rindern des LFZ Raumberg-Gumpenstein getestet. Eine weitere Spezifikation 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. Da die Energieversorgung der Sonde noch die limitierende Größe hinsichtlich der Messdauer darstellt, wurde die Sonde bislang nur an pansenfistulierten Rindern (n = 5) erprobt.

Die intraruminalen Messungen der vorliegenden Studie wurden halbstündlich durchgeführt, ohne Batteriewechsel ist eine Messdauer von bis zu 20 Tagen möglich.

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

- 100 % Heufütterung *ad libitum*



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

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

Die statistische Auswertung wurde per GLM (Statgraphic Plus 5.1) und dem Bonferroni-Holm-Test durchgeführt.

### ad: 100 % Heufütterung *ad libitum*

Die mittlere Temperatur im Pansen (mean 38,40 ± 0,70 °C) wurde bei reiner Heufütterung signifikant (*Abbildung 4*), 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 ± 0,39 und der tiefste gemessene Wert lag bei pH 6,14.

### ad: Täglich Weidegang (ab 6:00 Uhr) und Heufütterung abends *ad libitum*

Die mittlere Temperatur im Pansen betrug 38,12 ± 0,80 °C der mittlere pH-Wert betrug 6,36 ± 0,22. Der tiefste

gemessene Wert war pH 5,34 während der Weidephase und pH 6,16 während der Raufutterphase (Abbildung 5). Die Futteraufnahme auf der Weide hatte einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert im Pansen.

**ad: 50:50  
Heufütterung:Krafftutter**

Die mittlere Temperatur im Pansen betrug  $38,55 \pm 0,83$  °C und der mittlere pH-Wert lag bei  $6,37 \pm 0,24$ . Der tiefste Wert war pH 5,29 (Abbildung 6). Das Absinken des Pansen-pH-Wertes korrelierte signifikant mit der Verabreichung von Krafftutter.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Simultanmessungen mit 2 Messeinheiten lag der absolute statistische Fehler für die Temperatur bei  $0,6 \pm 0,65$  °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.

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 auch per os eingegeben werden können, dürfte es nur eine Frage der Zeit und der Kosten sein, bis ein adaptiertes und verbessertes System auch unter praktischen Bedingungen, vorzugsweise in Großbetrieben,

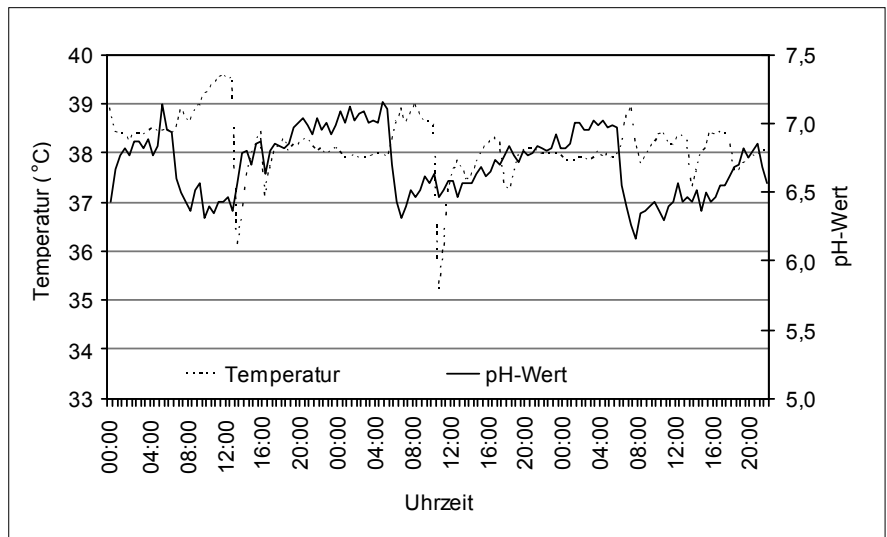


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei Weidegang und Heufütterung

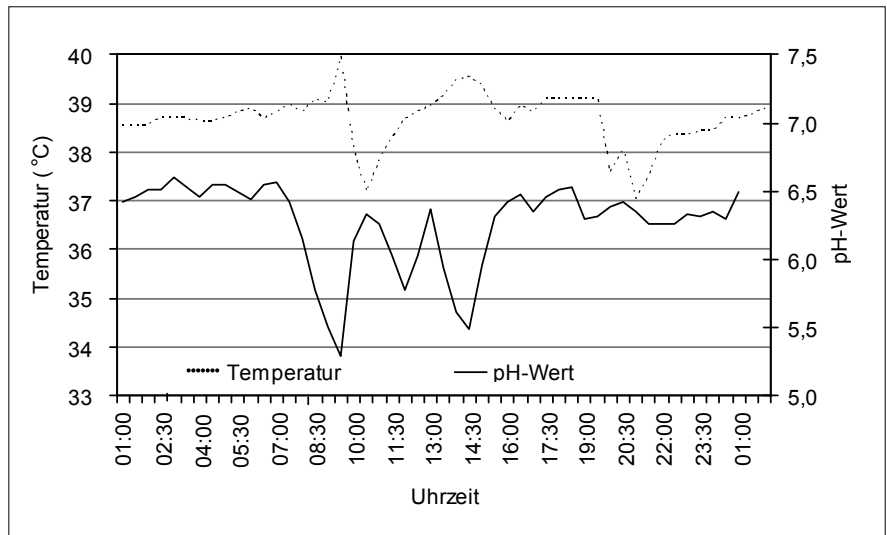


Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei 50:50 Heufütterung:Krafftutter

zur Überwachung der Ration („Indikatortiere“) und auch der Tiergesundheit zum Einsatz kommt.

**Literatur**

Literaturstellen können beim Autor angefordert werden.

**Hinweis**

Für Untersuchungen an pansenfistulierten Rindern liegt eine gültige Tierversuchsgenehmigung lt. TVG vom zuständigen Amt der Steiermärkischen Landesregierung vor.