

Möglichkeiten zur Messung des pH-Wertes im Pansen

J. Gasteiner, M. Fallast, M. Rosenkranz, J. Häusler,
K. Schneider, M. Urdl, L. Gruber 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 bestandsweise 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 tiergesundheitslichen 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 Untersuchung, Futtermittelbeurteilung, Rationsbewertung bzw. -berechnung sowie die Analyse des Pansensaftes stellen die Grundlagen zur frühzeitigen Erkennung, noch besser zur Vorbeuge 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 Veränderung der Bakterienflora und folglich 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.

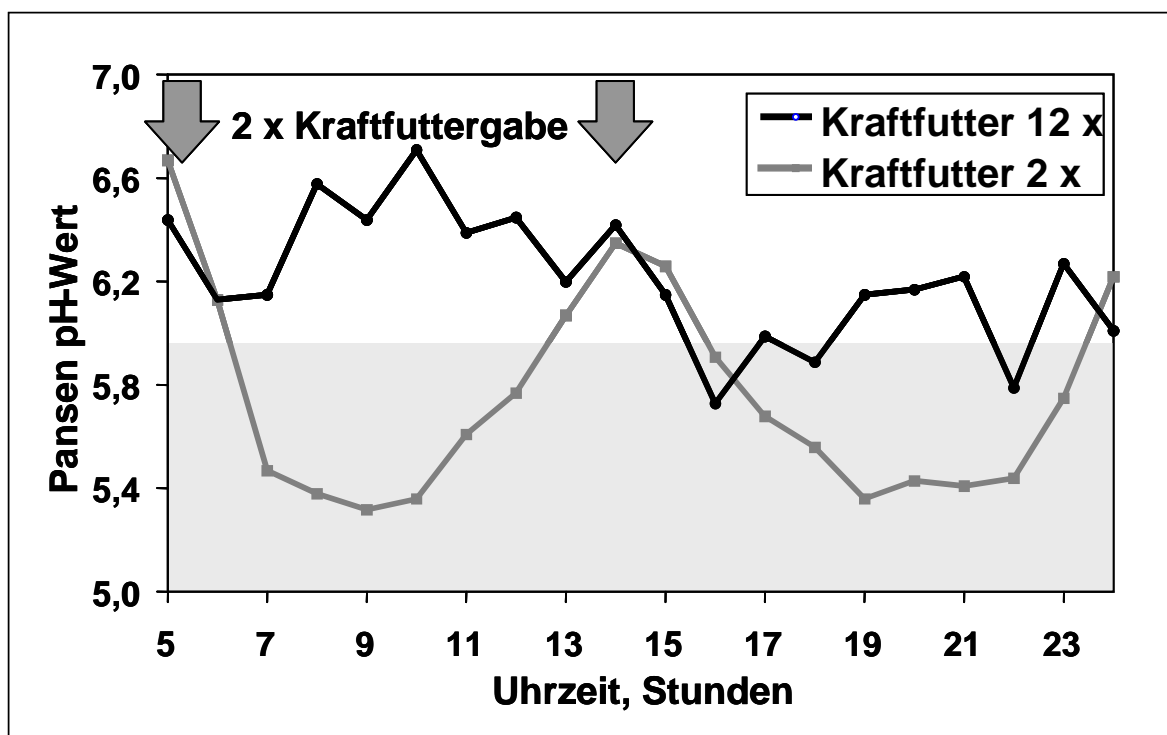
Nach Verfütterung einer besonders stärkehaltigen Ration werden von bestimmten Bakterienstämmen im Pansen große Mengen an Glukose freigesetzt. Die physiologische Konzentration von Glukose im Pansensaft beträgt etwa 160 mg/dl. Durch die große Amylase-Aktivität dieser Bakterien kann der Glukosegehalt im Pansensaft 1400 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, sie entwickeln sogar einen osmotischen Sog, es kommt zu Durchfallerscheinungen und der Körper dehydriert (Owens et al. 1998).

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

Abbildung 1: Einfluss der Häufigkeit von Krafftuttergaben auf den Pansen-pH-Wert (French u. Kennelly 1990)



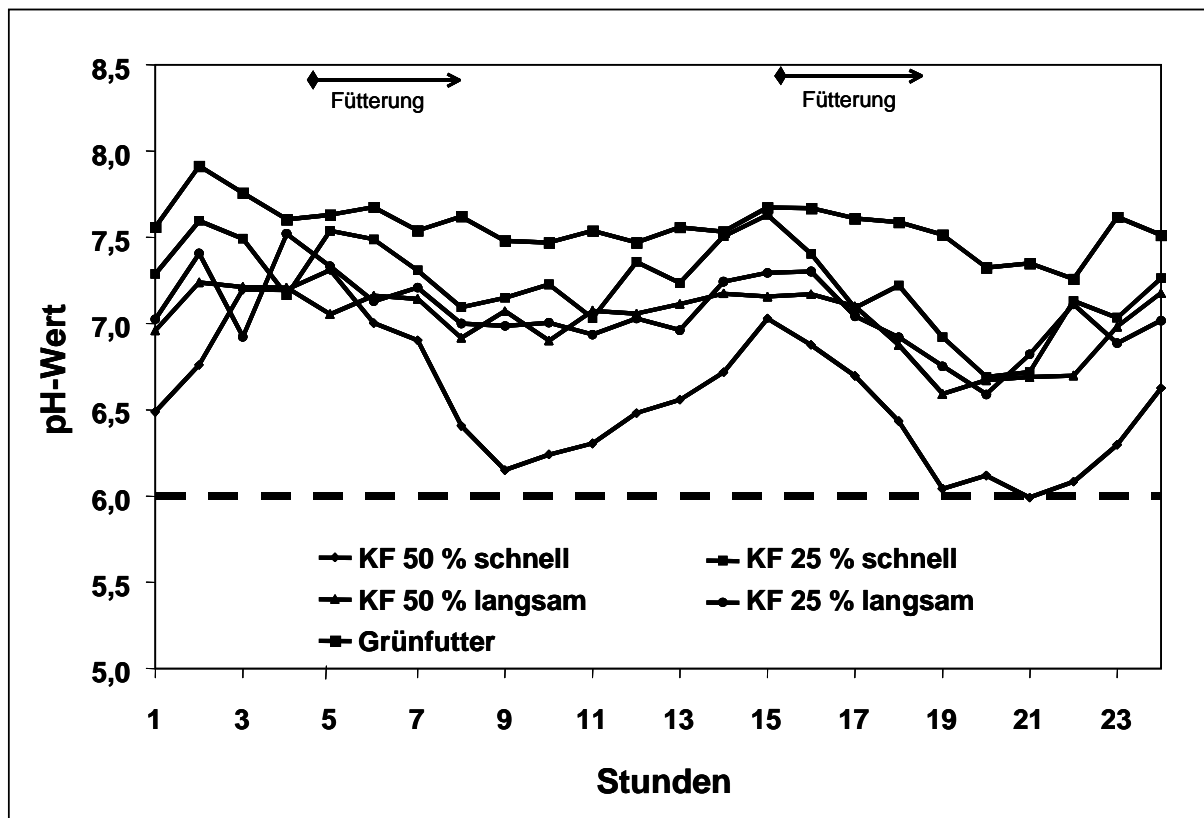


Abbildung 2: Einfluss der Rationsgestaltung auf den Pansen-pH-Wert

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 sensibel 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 daraus resultierende 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 ebenfalls 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; Gantke 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 kommt zu einer subklinischen oder klinischen Ketose.

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 können eine schlechte Körperkondition, Durchfall, Thrombosen der Beckenvenen mit den Folgen Epistaxis und Hämoptysis, 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 im Pansen und dem Milchfettgehalt (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. Dass aus diesen Beobachtungen immer wieder ein direkter Zusammenhang „Milchfettdepression = Pansenazidose“ abgeleitet wurde kann nach heutigem Kenntnisstand so nicht mehr bestätigt werden. Richtig ist, dass die Milchfettdepression wie die Pansenübersäuerung eine zum Teil gleiche Entstehungsgrundlage haben und daher auch eine positive Korrelation besteht, aber es kommt nicht selten zu falsch positiven oder auch falsch negativen Aussagen bzw. Interpretationen (Rossow 2008).

Aber auch bei Kühen mit „normalem“ Milchfettgehalt kann ein ausgeprägtes Pansenazidoseproblem bestehen. Insbesondere bei neumelkenden Kühen findet sich zugleich auch fast immer eine Ketose und dabei steigt der Milchfettgehalt infolge Mobilisation von Körperfett 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 Milchinhaltsstoffe aufgrund einer kompensierten Keto-Azidose. Deswegen sind zusätzlich unbedingt auch die Eiweiß- und Harnstoffwerte der Milch von Kühen in vergleichbarem Laktationsstadium zu berücksichtigen.

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 Pansensaft 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 (Nordlund 2003) bzw. das Verhältnis Grundfutter:Krafftutter beachtet werden. Pansenaggressive Krafftutterkomponenten sollte man vermeiden.

Mit diesen Erhebungen und Berechnungen kann jedoch eine Pansenazidose 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-Wert u.a. von der Gesamtfuttermenge, 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 (Oetzel 2003). Der Pansen-pH-Wert unterliegt jedoch starken tageszeitlichen Schwankungen, weshalb das Ergebnis besonders vom Zeitpunkt der Probenahme im Bezug zur letzten Futtermenge 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 Pansensaft wird aktiv über eine Pumpe gewonnen oder Pansensaft 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 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. 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 stellt sich die Probenahme per Schlundsonde als eher problematisch dar. Durch spezielle Bauarten von Schlundsonden wurde versucht, dieses Problem der Speichelbeimengung zu minimieren. Als „Fehler“ bei dieser Methode bleibt aber immer noch der Umstand, dass der pH-Wert in der Haubenregion allgemein höher ist als im restlichen, weitaus voluminöseren Vormagensystem und dass diese Proben deshalb nur bei niedrigem pH-Wert-Messergebnis beweisend für eine Pansenazidose. Bei physiologischen Ergebnissen kann aber dennoch eine Pansenazidose bestehen.

Ad Rumenozentese:

Bei der Rumenozentese wird mittels Punktion des ventralen Pansensackes mit einer Kanüle (vorzugsweise 1,6 X 100 mm) Pansensaft durch Erzeugung von Unterdruck mit einer Spritze gewonnen. Die Punktionsstelle liegt 1-2 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 erscheint (TSchG: schmerzhafter Eingriff).

Verschiedene Publikationen - auch jüngerer Datums, insbesondere aus dem angloamerikanischen Raum), sind immer wieder bemüht, die Rumenozentese als eine einfache, praxisnahe und ungefährliche Methode zur Gewinnung von Pansensaft aussehen 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 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 CO₂) können auch bei dieser Methode zu verfälschten Untersuchungsergebnissen führen.

Als besonders problematisch sind auch die nicht ungefährliche Probenahme für das zu untersuchende Tier und für den Probenzieher anzusehen. Hämatome oder sogar mögliche Infektionen, Abszesse und peritonitische Verwachsungen um den 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 und dem Tierhalter mitzuteilen. 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

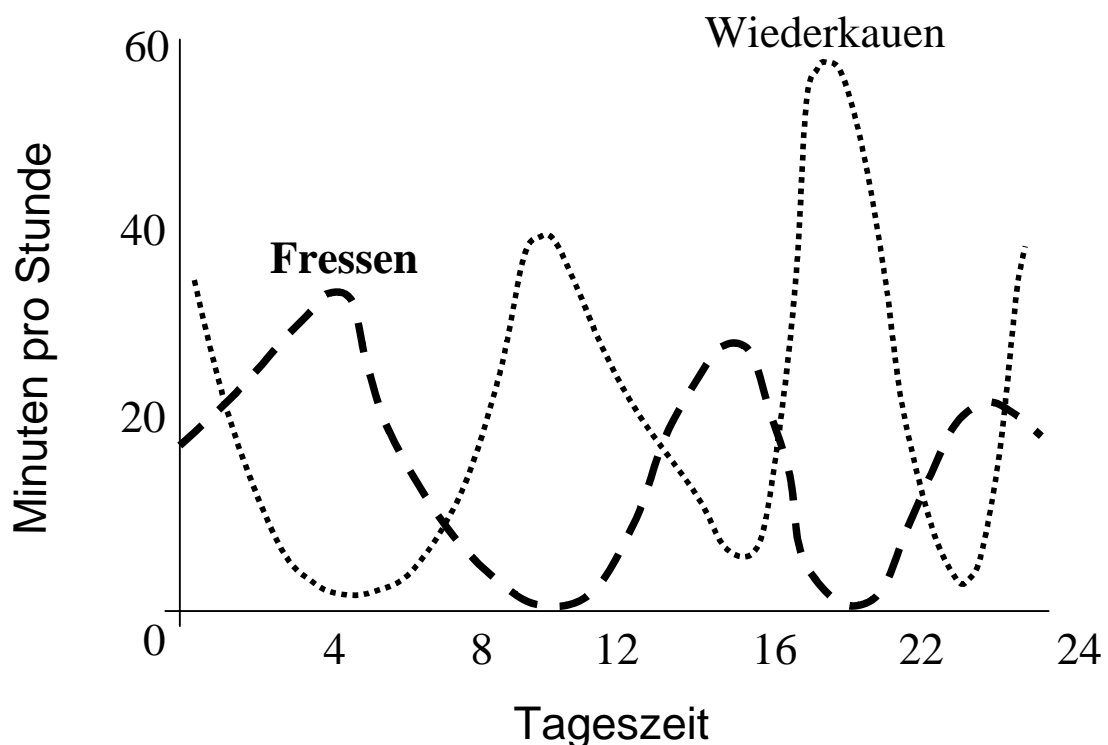


Abb. 3 Tageszeitliche Verteilung der Aktivitäten Fressen und Widerkauen (Mc DOWELL 1972)

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 heute gängigen Fütterungsbedingungen (ad libidum-Fütterung, Mischrationen, Kraffutterstation mit kurzen Fütterungsintervallen) nur schwer einzuhalten und die gewonnenen Ergebnisse sind, unabhängig von der Methode der Probenahme, entsprechend schwieriger 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 ($\pm 0,15$). Die Methode der Wahl wäre hier sicherlich ein pH-Meter, wobei Kosten und Praktikabilität (Eichung,..) eine wichtige Rolle spielen.

Interpretation von weiteren Untersuchungsergebnissen des Pansensaftes

Tabelle 1: Zusammensetzung des Pansensaftes (Belknap u. Navarre 2000)

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

phys.: gesund; path.: krankhaft verändert

Eigene Untersuchungen

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Pansen (exakte Lage im Retikulum) wurde von Mitarbeitern der Technischen Universität Graz (Sciencepark) 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 die 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:

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.

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

ad1: 100 % Heufütterung ad lib.

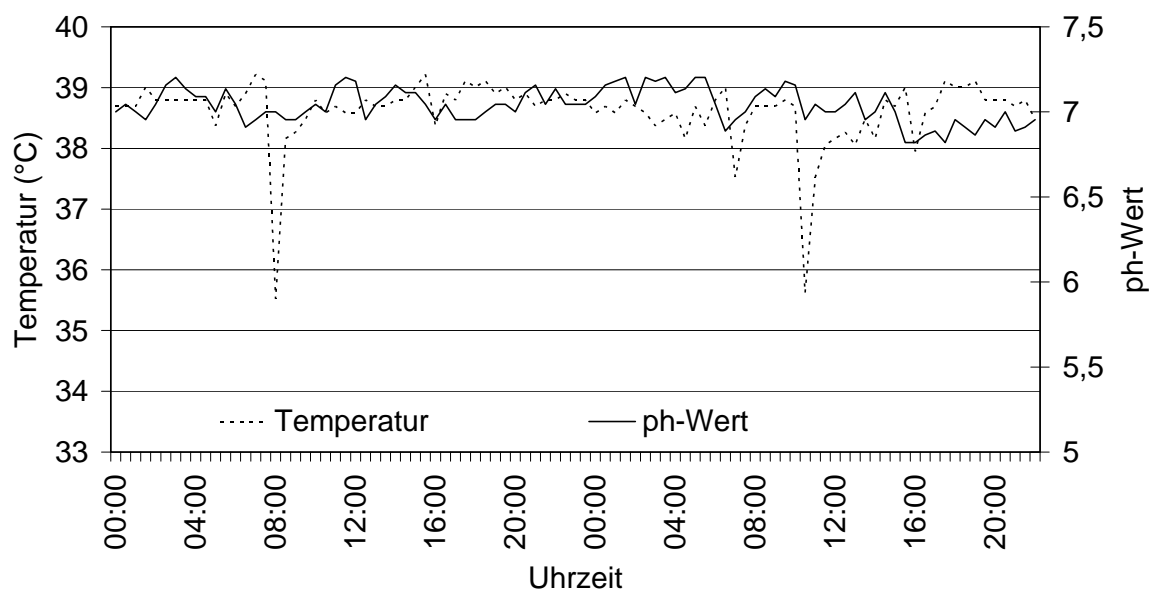


Abb. 4.: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei reiner Heufütterung

Die mittlere Temperatur im Pansen (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.

ad 2: Täglich Weidegang (ab 6:00 Uhr) und Heufütterung abends ad lib.,

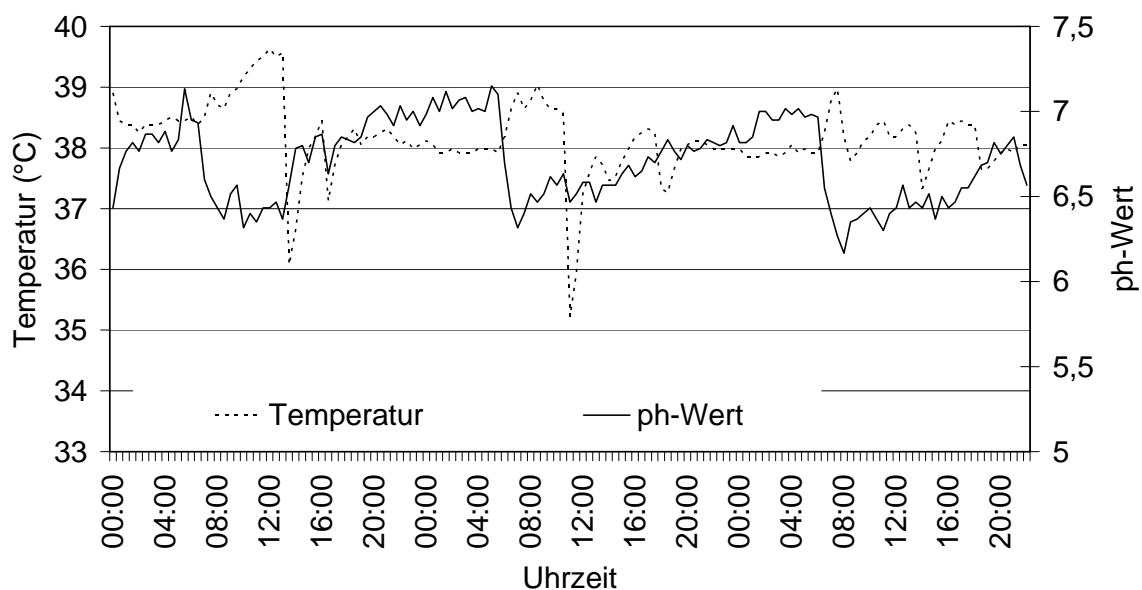


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei Weidegang und Heufütterung

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.

ad 3: 50:50 Heufütterung:Krafftutter

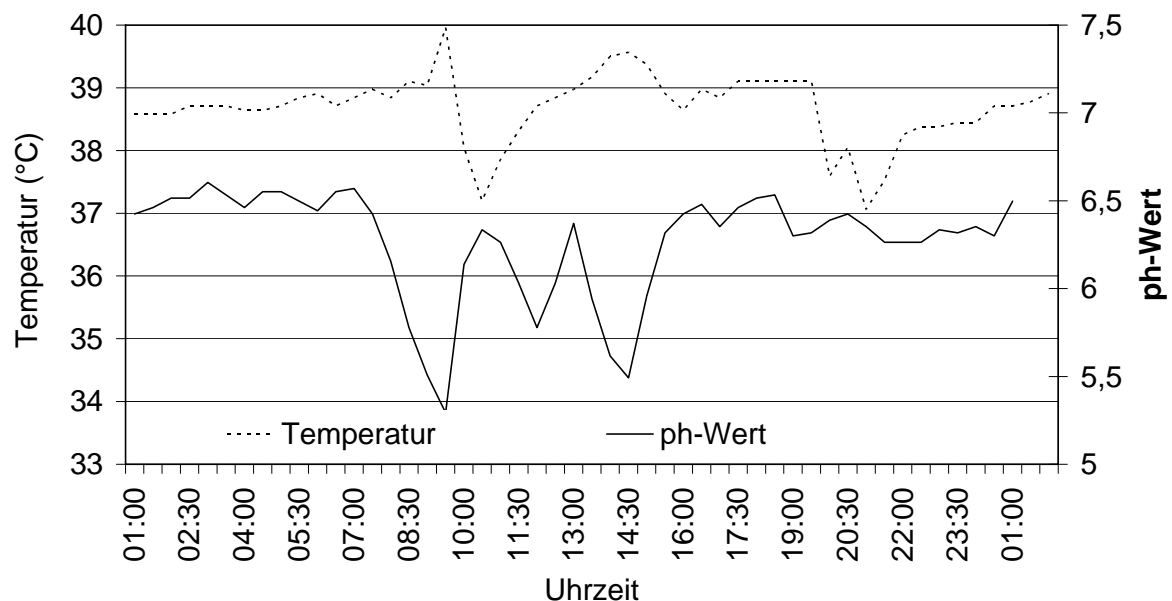


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur bei 50:50 Heufütterung:Krafftutter

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 Krafftutter.

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.

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

Nächste Anwendung der Pansensensoren: Versuch Krafftuttersteigerung

- Versuchsziele: Ermittlung der Veränderungen des Pansen-pH-Wertes in Abhängigkeit von unterschiedlichen Krafftutterniveaus; Einsatz einer intraruminalen pH-Messeinheit mit drahtloser Übertragung der Ergebnisse; Beitrag zur Definition „Pansenazidose“
- Der Versuch wird nach der Methode des lateinischen Quadrates mit 6 pansenfistulierten Tieren in 3 Perioden durchgeführt. Eine Periode dauert 4 Wochen.

Periode	Kühe	Kuh 1	Kuh 2	Kuh 3
		Kuh 4	Kuh 5	Kuh 6
Periode 1		N	M	H
Periode 2		H	N	M
Periode 3		M	H	N

Krafftutteranteile während der Laktation in % der Futteraufnahme

N = niedrige Energieversorgung **0**

M = mittlere Energieversorgung **25**

H = hohe Energieversorgung **50**

- Der Versuch wird mit 6 fistulierten Milchkühen des LFZ Raumberg-Gumpenstein (n=2) und der Veterinärmedizinischen Universität Wien (n=4) durchgeführt.
- Zusammensetzung und Qualität des Grundfutters:

20 % Heu (2. Aufwuchs), 5.5 – 5.7 MJ NEL/kg TM

50 % Grassilage (1. Aufwuchs), 5.5 – 5.7 MJ NEL/kg TM

30 % Maissilage

● Zusammensetzung der Kraftfutterkomponenten:

Energie-Kraftfutter:

30 % Gerste (Winter)

35 % Mais

33 % Weizen (Winter)

2 % Rapsöl

Protein-Kraftfutter:

48 % Ackerbohne

30 % Rapsextraktionsschrot

20 % Maiskleber

2 % Rapsöl

Die Tiere erhalten das Kraftfutter im Verhältnis 76.5 % Energie-KF und 23.5 % Protein-KF

● Erhebungen:

pH-Wert: Sensor Pansen (Haube), Messung im Intervall von 15 oder 30 Minuten? (noch zu klären)

Lebendmasse: 1-mal pro Woche

Futteraufnahme: täglich

BCS: 2 mal pro Periode

Futteranalyse: Sammelprobe pro Periode (Weender Analyse,
Gerüstsubstanzen,

Mineralstoffe und Spurenelemente, Zellulase)

● Laut Mitteilung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung vom 4.9.2008 ist für den gegenständlichen Versuch keine Tierversuchsgenehmigung notwendig, weshalb der bereits gestellte Antrag auf Genehmigung eines Tierversuches von mir zurückgezogen wurde

● Mitarbeiter am Projekt und damit auch Autorenschaft:

- LFZ: Gasteiner, Gruber, Urdl, Guggenberger, Häusler, evtl. noch Schauer, Schneider
- Science Park Graz: Fallast, Rosenkranz

- VUW: Baumgartner, Steiner
- Versuchsbeginn voraussichtlich 22.9.2008 nach einer 2-wöchigen Eingewöhnungsphase der Tiere mit Anpassung an die im Versuch herrschenden Rationsbedingungen, Versuchsende 12.2008/01.2009

Literatur

Literaturstellen können beim Autor angefordert werden

Anschrift des Verfassers:

Dr. Johann Gasteiner (ECBHM),

Leiter des Institutes für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit

LFZ Raumberg- Gumpenstein, A-8952 Irdning; Tel: ++43/3682/22451-360;

Fax: ++43/3682/22451-210;

e-mail: Johann.Gasteiner@raumberg-gumpenstein.at