

Aus dem Department für Nutztiere und Bestandsbetreuung  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien  
(Sprecher: Univ. Prof. Dr. Michael Hess)  
Klinik für Wiederkäuer  
(Leiter: Univ. Prof. Dr. Walter Baumgartner)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR PANSENSAFTENTNAHME UND  
ZUR MESSUNG DES PH-WERTES IM VORMAGENSYSTEM VON RINDERN

**INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung der Würde eines

**DOCTOR MEDICINAE VETERINARIAE**

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

vorgelegt von

Diplom-Tierärztin Katrin Schneider

Wien, im März 2010

Begutachter: Univ. Prof. Dr. Walter Baumgartner

Department für Nutztiere und Bestandsbetreuung, Klinik für  
Wiederkäuer

Univ. Prof. Dr. Jürgen Zentek

Institut für Tierernährung, Freie Universität Berlin

Betreuer: Dr. Johann Gasteiner

Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, Höhere Bundes-  
lehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein

Dr. Simone Steiner

Department für Nutztiere und Bestandsbetreuung, Klinik für  
Wiederkäuer

Diese Arbeit wurde unter dem Titel

**Vergleichende Untersuchungen zur Pansensaftentnahme und zur Messung des pH-  
Wertes im Vormagensystem von Rindern**

bei der Zeitschrift „Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift“, Schaper Verlag zur  
Publikation eingereicht und am 13. 7. 2009 zur Veröffentlichung angenommen.

## **INHALTSVERZEICHNIS**

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>EINLEITUNG</b>                       | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ORIGINALPUBLIKATION</b>              | <b>7</b>  |
| <b>3.</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG</b>                  | <b>31</b> |
| <b>4.</b> | <b>SUMMARY</b>                          | <b>33</b> |
| <b>5.</b> | <b>ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS</b> | <b>35</b> |

**Für meinen Vater**

Ich bedanke mich bei Dr. Johann Gasteiner für die großartige Unterstützung und Hilfe, für die exzellente und geduldige Betreuung, ohne die diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre. Mein Dank gilt auch Prof. Dr. Walter Baumgartner und Prof. Dr. Jürgen Zentek. Weiters möchte ich mich bei denjenigen Mitarbeitern des LFZ Raumberg-Gumpenstein bedanken, die mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

**Abkürzungen:**

|               |   |
|---------------|---|
| FM            | <u>F</u> ut <u>te</u> r <u>m</u> ittel  |
| FA            | durchschnittliche tägliche <u>F</u> ut <u>te</u> ra <u>u</u> f <u>n</u> ahme Frischemasse |
| SARA          | <u>S</u> ub <u>a</u> cu <u>t</u> e <u>R</u> u <u>m</u> en <u>A</u> ci <u>d</u> osis       |
| A/D-Konverter | <u>A</u> nalog to <u>D</u> igital Converter   |

## 1. EINLEITUNG

Pansenazidose wird durch eine Übersäuerung des Vormageninhalts infolge überschießender Bildung von Milchsäure und einem Absinken des pH-Wertes im Pansensaft hervorgerufen (DIRKSEN, 2002). Insbesondere die subakute Pansenazidose (Subacute Rumen Acidosis, SARA) stellt ein weit verbreitetes und bestandsweise gehäuft auftretendes Problem in der Rinderhaltung dar (NORDLUND u. GARRETT, 1994; PLAIZIER et al., 1999; ENEMARK u. JORGENSEN, 2002; DUFFIELD et al., 2004; ENEMARK, 2007).

Das Risiko an SARA zu erkranken erhöht sich in intensiven Produktionssystemen, in welchen ein erhöhter Einsatz von leicht verdaulichen Kohlenhydraten bei gleichzeitiger Verdrängung von strukturwirksamen Kohlenhydraten vorzufinden ist (GASTEINER, 2001; KLEEN et al., 2003). Auslöser für eine Pansenazidose sind vorrangig rasch fermentierbare Kohlenhydrate (Stärke, Zucker). 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 (OWENS et al., 1998).

SARA stellt einen krankhaften Zustand dar und ist nicht immer einwandfrei nachzuweisen (DUFFIELD et al., 2004). In der Literatur finden sich verschiedene Vorschläge für Definitionen des Krankheitsbildes der subklinischen Pansenazidose (NORDLUND et al., 1995; GARRETT, 1996; GARRETT et al., 1999; OETZEL, 2003). Es herrscht nicht nur Uneinigkeit hinsichtlich einer präzisen Definition von SARA, sondern auch darüber, in welchem Umfang sich Pansen-pH-Wert-Absenkungen auf die Tiergesundheit und folglich für die Milchproduktion nachteilig auswirken. Die unterschiedlichen Definitionen für SARA kombiniert mit der Variabilität der Diagnose-Techniken haben dazu beigetragen, dass es verschiedenste Interpretationen gibt (PLAIZIER et al., 2008).

Das Krankheitsbild der Pansenazidose kann in perakute, akute, subakute und milde Verlaufsformen eingeteilt werden (BLOOD u. RADOSTITS, 1989). pH-Werte im Vormagensystem unter 5,5 in Kombination mit klinischen Anzeichen wie Durchfall und Rückgang der Futteraufnahme werden als pathologisch definiert (BLOOD u. RADOSTITS, 1989; NORDLUND u. GARRETT, 1994; GARRETT et al., 1999), während Werte von pH 5,6–5,8 als grenzwertig eingestuft werden (NORDLUND u. GARRETT, 1994).

Der pH-Wert der Pansenflüssigkeit schwankt zeitlich und je nach Zusammensetzung der Ration bereits unter physiologischen Bedingungen in einem relativ weiten Bereich (GASTEINER et al., 2009). BAUMGARTNER (2005) gibt als physiologischen pH-Bereich im Pansen Werte zwischen pH 6,5 und 7,2 an. Im Zuge der reticulo-ruminalen Gärsäureproduktion sinkt der pH-Wert ab und erreicht 2 bis 4 Stunden nach Futteraufnahme seinen Tiefpunkt und steigt danach bis zur nächsten Mahlzeit wieder an. Die wichtigsten Faktoren für die Einstellung des pH sind die pro Zeiteinheit gebildete Säuremenge, die Höhe des puffernden Speichelflusses, die Fettsäurenresorption, die Verdünnungsrate und die Passagegeschwindigkeit der Ingesta (DIRKSEN, 2002). Der pH-Wert im Vormagensystem wird wesentlich vom Gehalt der Ration an leicht verdaulichen und strukturierten Kohlenhydraten bestimmt (DIRKSEN, 2002; PLAIZIER et al., 2008). Starke Schwankungen des pH-Wertes sind kritischer zu betrachten als ein konstantes Einstellen des Pansenmilieus auf einem niedrigeren Niveau (SEEMANN u. SPOHR, 2007).

KRAUSE und OETZEL (2005) geben die Häufigkeit von SARA bei frischlaktierenden Kühen mit 15 % an. ENEMARK et al. (2002) beschreiben eine Häufigkeit der Pansenazidose bei Milchkühen in Dänemark mit 22 %. Bei Studien in Wisconsin bei 15 Milchviehbetrieben zeigte sich eine Frequenz von SARA bei 19 % der frischlaktierenden Kühe und bei 26 % der Kühe in der Mitte der Laktation (GARRETT et al., 1997).

SARA wird auch als auslösender Faktor für eine Vielzahl von Folge-Krankheiten angeführt (DIRKSEN, 1990; NOCEK, 1997; NORDLUND, 2003) und so für das Auftreten von Klauenerkrankungen, Euterentzündungen und Fruchtbarkeitsproblemen verantwortlich gemacht. Rohfasermangel in der Ration und eine dadurch ausgelöste SARA sind für eine Abnahme des Milchfettgehaltes bei den betroffenen Tieren verantwortlich (NOCEK, 1997; KLEEN et al., 2003; OETZEL, 2003).

Eine direkte Folge des Absinkens des pH-Wertes im Pansensaft stellt eine Entzündung der Vormagenschleimhaut (Ruminitis) dar (DIRKSEN, 2002). Weitere mögliche Anzeichen für eine länger bestehende Pansenazidose sind eine schlechte Körperkondition, Durchfall, Thrombosen der Beckenvenen, Epistaxis, Erkrankungen des Labmagens sowie Immunsuppression und damit verbundene Infektionen des Geschlechtsapparates und des Euters (NORDLUND, 2003).



Der pH-Wert des Pansensaftes nimmt eine zentrale Stellung in der Pathogenese der subklinischen Pansenazidose ein (DIRKSEN, 1986). Die derzeitigen Definitionen von SARA basieren auf der Ermittlung und Kategorisierung des pH-Wertes der Pansenflüssigkeit (KLEEN et al., 2003; OETZEL, 2003; STONE, 2004; DUFFIELD et al., 2004).

Die Untersuchung des Pansensaftes, insbesondere des pH-Wertes, stellt die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose dar (KRAUSE u. OETZEL, 2006). STEINGASS u. ZEBELI (2008) stellten anhand einer umfangreichen Literaturrecherche und anhand eigener Versuche an Milchkühen fest, dass der pH-Wert im Pansen das sicherste Merkmal zur Charakterisierung der Strukturversorgung einer Milchkuh darstellt. Aus insgesamt 80 Studien wurde ein physiologischer pH-Wert in 24-stündigem Verlauf definiert, um den Grenzwert zwischen physiologischen Bedingungen und Bedingungen von SARA zu definieren. Zur Aufrechterhaltung physiologischer Bedingungen im Pansen soll der pH-Wert demnach im Mittel 6,32 betragen.

Da der reticulo-ruminale pH-Wert starken tageszeitlichen Schwankungen unterliegt und somit einen äußerst dynamischen Faktor darstellt, sind die Ergebnisse vom Zeitpunkt der Probenahme in Bezug auf den Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme abhängig. Zusätzlich beeinträchtigt die Methode der Probenahme die Ergebnisse signifikant (GEISHAUSER u. GITZEL, 1995; NORDLUND, 2003; SEEMANN u. SPOHR, 2007).

Grundsätzlich stehen zur Gewinnung von Pansensaft die Entnahme über eine Schlundsonde, die Anwendung der Rumenozentese sowie die Entnahme über eine Pansenfistel zur Verfügung (NOCEK, 1997).

Die Probleme der gängigen Methoden zur Pansensaftgewinnung zwecks Bestimmung des pH-Wertes sind laut DIRKSEN (2002) auf mehrere Umstände zurückzuführen. Da die Pansenazidose zumeist subklinisch auftritt, verläuft sie lange Zeit unerkannt und folglich unbehandelt. Weiters sind die derzeit bestehenden direkten Nachweismethoden (Pansensaftgewinnung per Schlundsonde oder per Rumenozentese) in der Praxis wenig etabliert, nicht unumstritten und durchaus fehleranfällig (DIRKSEN, 2002). Die indirekten Methoden zum Nachweis eines Mangels an strukturierter Rohfaser in der Ration (Depression des Fettgehaltes und des Fett/Eiweiß-Quotienten in der Milch) und einer dadurch ausgelösten

Pansenazidose sind retrospektiv, d.h. dass die Übersäuerung bereits eingetreten sein muss oder schon länger besteht, bis sie erkannt wird (GASTEINER et al., 2009).

Eine Möglichkeit zur Entnahme von Pansensaft stellt die Schlundsonde dar, die in verschiedenen Varianten im Handel erhältlich ist, wie die Sonde nach DIRKSEN, Sonde nach GEISHAUSER, Sonde nach HAMBURGER und die Maulschlundsonde (DIRKSEN, 1975; GEISHAUSER, 1990; ZWICK, 1997; BAUMGARTNER, 2005).

Die Möglichkeit der Beimengung von Speichel kann zu falsch hohen Messergebnissen führen (DIRKSEN, 1975; GEISHAUSER, 1990; ZWICK u. KLEE, 1997; BAUMGARTNER, 2005). STRABEL et al. (2007) ermittelten, dass per Schlundsonde entnommene Proben durchschnittlich 0,5 pH-Einheiten höhere Werte erzielten als solche, die per Rumenozentese gewonnen werden konnten. Bei dieser Technik liegt die Punktionsstelle 1-2 handbreit vor dem linken Kniegelenk (SEEMANN u. SPOHR, 2007) und wird unter Sedierung bzw. Lokalanästhesie durchgeführt. Die dabei gewonnene Menge an Pansensaft beträgt einige ml und ist nicht mit Speichel kontaminiert (NORDLUND, 2003). Durch Rumenozentese gewonnene Proben liefern im Vergleich zu via Schlundsonde gewonnenen Proben realistischere Ergebnisse für den Pansen-pH-Wert (NORDLUND et al., 1995; DUFFIELD et al., 2004; KLEEN et al., 2004).

Die Rumenozentese stellt eine invasive Technik dar und kann negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit haben (DUFFIELD et al., 2004). Aus Ergebnissen von STRABEL et al. (2007) geht hervor, dass die Rumenozentese aufgrund des hohen gesundheitlichen Risikos für das Einzeltier als diagnostisches Hilfsmittel nicht zu empfehlen ist. Im Gegensatz dazu wird diese Technik von anderen Autoren durchaus als eine einfache, praxisnahe und ungefährliche Methode angesehen (NORDLUND, 1995; DUFFIELD et al., 2004; KLEEN et al., 2004).

Laut DUFFIELD et al. (2004) werden künftig vor allem verbesserte Techniken für eine exaktere Diagnosestellung von SARA benötigt. Es sind Systeme gefragt, die den pH-Wert des Pansensaftes kontinuierlich aufzeichnen, um Rückschlüsse auf die Fütterung ziehen zu können (DADO u. ALLEN, 1993; PENNER et al., 2007).

Der Schlüssel zum Verständnis der Pathogenese von SARA liegt vermutlich im Studium der gesamten dynamischen Vorgänge im Pansen (PLAIZIER et al., 1999).

Aus Studien, die sich mit experimentellen Datenmessboli beschäftigten, geht hervor, dass kontinuierliche intraruminale bzw. reticuläre Messungen des pH-Wertes gegenüber der punktuellen Probenahme den entscheidenden Vorteil bieten, die Dynamik des pH-Wertes im Pansensaft zu erfassen und eventuell sofortige Maßnahmen treffen zu können (KEUNEN et al., 2002; DUFFIELD et al., 2004). In einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen wurden verschiedene Techniken zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern angewandt und analysiert (DADO u. ALLEN, 1993; KEUNEN et al., 2002; NOCEK et al., 2002; ENEMARK et al., 2003; COTTEE et al., 2004; DUFFIELD et al., 2004; SIEVERS, 2005; RUSTOMO et al., 2006; ALZAHAL et al., 2007; PENNER et al., 2007). All diese Techniken haben gemeinsam, dass bei den zu untersuchenden Tieren eine Pansenfistel anzulegen ist und dass die gemessenen Daten in einer Speichereinheit intraruminal abgespeichert werden müssen. Um wieder an die Messdaten zu gelangen, musste entweder die Speichereinheit aus dem Pansen entnommen werden (DADO u. ALLEN, 1993; KEUNEN et al., 2002; NOCEK et al., 2002; COTTEE et al., 2004; RUSTOMO et al., 2006; PENNER et al., 2007) oder die Daten wurden über ein Kabel an eine außerhalb des Pansens am Rücken des Tieres angebrachte Einheit übertragen (ALZAHAL et al., 2007). GASTEINER et al. (2009) beschreiben ein System zur Messung des pH-Wertes und der Temperatur in der Haube mit Funkübertragung der Ergebnisse.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Messergebnisse dieses Messsystems (GASTEINER et al., 2009) mit Ergebnissen aus pH-Messungen von via Maulschlundsonde und Pansenfistel gewonnenen Pansensaftproben unter verschiedenen, jedoch exakt definierten Rationsbedingungen zu vergleichen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sollen einen Beitrag zur sicheren und frühzeitigen Erkennung von SARA liefern und damit auch die Grundlage für eine exaktere Definition herstellen.

## 2. ORIGINALPUBLIKATION

Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein<sup>1</sup>

Science Park Graz<sup>2</sup>

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Klinik für Wiederkäuer<sup>3</sup>

### **Vergleichende Untersuchungen zur Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern**

### **Comparative measurements on ruminal pH-value in cattle**

Katrin Schneider<sup>1</sup>, Johann Gasteiner<sup>1</sup>, Thomas Guggenberger<sup>1</sup>, Marcus Urdl<sup>1</sup>, Stefan Rosenkranz<sup>2</sup>, Mario Fallast<sup>2</sup>, Simone Steiner<sup>3</sup>, Anita Neidl<sup>3</sup>, Nina Linhart<sup>3</sup>, Walter Baumgartner<sup>3</sup>

#### **Zusammenfassung**

Die subklinische Pansenazidose bei Wiederkäuern (subacute rumen acidosis, SARA) bei Hochleistungsrindern hat einen bedeutenden Einfluss auf die Tiergesundheit. Da großer Bedarf an einer zuverlässigen Methode zum Nachweis von SARA besteht, wurde in vorliegender Studie ein Methodenvergleich angestellt, welcher an acht pansenfistulierten Tieren mittels drei unterschiedlicher Methoden durchgeführt wurde. Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagenbereich von Rindern wurde eine im Netzmagen liegende Messeinheit (Sensor) eingesetzt. Diese Messergebnisse wurden mit Ergebnissen aus punktuellen Probenahmen über eine Pansenfistel sowie Ergebnissen aus Probenahmen über Schlundsonden verglichen. Der mittlere pH-Wert aller Methoden lag in Versuch 1 (Heu ad lib., 2 kg Kraftfutter/Tier) bei  $6,64 \pm 0,37$  und in Versuch 2 (75 % Maissilage, 1 kg Heu, 2 kg Sojaschrot) bei  $6,24 \pm 0,36$ . In Versuch 1 wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Messergebnissen der untersuchten Methoden festgestellt. Im vermehrt sauren Pansenmilieu von Versuch 2 unterschieden sich die Methoden signifikant ( $p < 0,05$ ) voneinander. Hier ergab sich zwischen den Ergebnissen der Messungen des pH-Wertes von Sensor und Pansenfistel eine Differenz von 0,32 pH-Einheiten. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Differenz zwischen den Methoden mit sinkendem

pH-Wert vergrößert. Der wesentliche Vorteil des Sensorsystems besteht darin, dass Messdaten kontinuierlich im Zeitverlauf erhoben und die Messwerte über Funk ausgelesen werden können. Die Zuverlässigkeit wurde durch den Vergleich der Messergebnisse mit pH-Eichlösungen (pH 4, pH 7) überprüft. Das verwendete Sensorsystem hat sich als ein genaues und zuverlässiges Instrument ( $r = 0,9984$ ) erwiesen und stellt ein innovatives System zur Beantwortung von wissenschaftlichen Fragestellungen in den Bereichen der Pansenphysiologie und Pansenpathologie dar.

**Schlüsselworte:** Pansenazidose, Schlundsonde, Pansenfistel, Sensor, Funkübertragung

### Summary

Subacute rumen acidosis (SARA) of ruminants is an important factor in terms of animal health, especially in high yielding cattle. In order to find an accurate and safe method to determine the pH-value in the rumen of cattle, a comparison of methods was done. Comparison was carried out with eight rumen fistulated cattle, using three methods. An indwelling measuring unit (sensor) was used for the measurement of the ruminal pH-value. These results were compared to the pH-values of punctual samplings via rumen fistula and the results of samplings via oral stomach tube. Due to the different rations, mean pH-value of trial 1 (average of all methods) was  $6.64 \pm 0.37$  (hay ad lib., 2 kg concentrate/animal) and  $6.24 \pm 0.36$  for trial 2 (75 % maize silage, 1 kg hay, 2 kg soybean meal). In trial 1 no statistically significant differences between all methods could be observed. Under more acidic ruminal conditions of trial 2 all methods differed significantly ( $p < 0.05$ ). In the lower pH-range of trial 2, however, a difference of 0.32 pH-units was found. The results showed that the difference between the methods increases with declining pH-value. The sensor system benefits from the fact that data can be collected continuously. The sensor system was examined by a comparison of the measuring results with standardized pH-dilutions (pH 4, pH 7). The sensor system has proven to be an accurate and reliable instrument ( $r = 0.9984$ ) and represents an innovative system for answering scientific questions in terms of rumen physiology and rumen pathology.

**Key Words:** acidosis, stomach tube, rumen fistula, indwelling sensor, radio transmission

## Einleitung

Pansenazidose wird durch eine Übersäuerung des Vormageninhalts infolge überschießender Bildung von Milchsäure und einem Absinken des pH-Wertes im Pansensaft hervorgerufen (Dirksen, 2002). Insbesondere die subakute Pansenazidose (subacute rumen acidosis, SARA) stellt ein weit verbreitetes Problem in der Rinderhaltung dar (Duffield et al., 2004; Enemark, 2007). Das Risiko, an SARA zu erkranken, erhöht sich in intensiven Produktionssystemen, in welchen ein erhöhter Einsatz von leicht verdaulichen Kohlenhydraten bei gleichzeitiger Verdrängung von strukturwirksamen Kohlenhydraten vorzufinden ist (Gasteiner, 2001; Kleen et al., 2003). Baumgartner (2005) gibt als physiologischen pH-Bereich im Pansen Werte zwischen pH 6,5 und 7,2 an. pH-Werte im Vormagensystem unter 5, in Kombination mit klinischen Anzeichen wie Durchfall und Rückgang der Futteraufnahme, werden als pathologisch definiert (Blood und Radostits, 1989; Nordlund und Garrett, 1994; Garrett et al., 1999), während pH-Werte bis 5,8 als grenzwertig eingestuft werden (Nordlund, 1994). SARA wird als auslösender Faktor für eine Vielzahl von Krankheiten angeführt (Dirksen, 1990; Nocek, 1997; Nordlund, 2003). Die Untersuchung des Pansensaftes, insbesondere des pH-Wertes, stellt die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose dar (Krause und Oetzel, 2006). Steingass und Zebeli (2008) stellten anhand eigener Versuche fest, dass der pH-Wert im Pansen das sicherste Merkmal zur Charakterisierung der Strukturversorgung einer Milchkuh darstellt.

Die Methode der Probenahme beeinträchtigt die Ergebnisse von pH-Wert-Messungen signifikant (Geishauser und Gitzel, 1995; Nordlund, 2003; Seemann und Spohr, 2007). Grundsätzlich stehen zur Gewinnung von Pansensaft die Entnahme über eine Schlundsonde, die Anwendung der Rumenozentese sowie die Entnahme über eine Pansenfistel zur Verfügung (Nocek, 1997). Bei der Entnahme von Pansensaft mittels Schlundsonde besteht die Möglichkeit der Beimengung von Speichel, welches zu falsch hohen Messergebnissen führen kann (Dirksen, 1975; Geishauser, 1990; Zwick und Klee, 1997; Baumgartner, 2005). Nach Strabel et al. (2007) kann die Rumenozentese aufgrund des hohen gesundheitlichen Risikos für das Einzeltier als diagnostisches Hilfsmittel nicht empfohlen werden. Laut Duffield et al. (2004) werden künftig verbesserte Techniken für eine exaktere Diagnosestellung von SARA benötigt. Aus Studien, die sich mit experimentellen Datenmessboli beschäftigten, geht hervor, dass kontinuierliche intraruminale Messungen des pH-

Wertes gegenüber der punktuellen Probenahme den entscheidenden Vorteil bieten, die Dynamik des pH-Wertes im Pansensaft zu erfassen. In einer Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen wurden verschiedene Techniken zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern analysiert (Dado und Allen, 1993; Nocek et al., 2002; Enemark et al., 2003; Duffield et al., 2004; Sievers, 2005; Rustomo et al., 2006; Alzahal et al., 2007). Gasteiner et al. (2009) beschreiben ein System zur Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Netzmagen mit Funkübertragung der Ergebnisse. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Messergebnisse dieses Messsystems mit Ergebnissen aus pH-Messungen von via Maulschlundsonde und Pansenfistel gewonnenen Pansensaftproben zu vergleichen.

### **Material und Methodik**

Die in dieser Untersuchung verwendeten Techniken zur Entnahme von Pansensaft waren die oro-ruminale Probenahme via Schlundsonde sowie die Probenahme via Pansenfistel. Nach Gewinnung von Pansenflüssigkeit wurde der pH-Wert mittels pH-Meter bestimmt und mit den gleichzeitig aufgezeichneten Messergebnissen der intrareticulären pH-Sensoren verglichen.

### **Maulschlundsonde**

In der vorliegenden Studie wurde die Maulschlundsonde (Baumgartner, 2005) als Referenzmethode angewendet. Bei dieser Schlundsonde handelt es sich um einen Schlauch mit 2,5 cm Durchmesser und ohne Pumpvorrichtung. Bei der Anwendung wurde das Tier fixiert und danach erfolgte das Anlegen des Maulgatters nach Gerle. Der Schlauch wurde bis zum Erreichen des Schlundkopfes eingeführt und nach dessen Passage zügig weiter geschoben. Zur Entnahme von Pansensaft wurde der Kopf des Tieres gesenkt und ein Abfluss von Pansensaft bewirkt. Nach der Pansensaftgewinnung wurden die ersten 200 ml der Probe verworfen und dann der gewonnene Pansensaft in ein temperiertes Wasserbad (Grand Instruments Ltd, SB35 Type, Cambridge) verbracht (bei 38 °C). Der pH-Wert wurde anschließend mit einem pH-Meter (Marke SGH Schott Geräte pH Meter CG 818, Hofheim ATS) sogleich vor Ort gemessen.

### **Vergleichsprobenahme über Pansenfistel**

Die Entnahme der Pansensaftproben über eine Pansenfistel erfolgte jeweils dreimal täglich (07:00, 12:00 und 17:00 Uhr) an insgesamt 8 Tieren. Die Entnahme der Proben über die Pansenfistel geschah zeitgleich mit der Entnahme der Pansensaftproben über die Schlundsonde. Als Entnahmeort wurde in Versuch 1 jene Stelle im Vormagenbereich definiert, an welcher der Sondenkopf zu liegen kam (cranialer ventraler Pansensack). Es wurden 50 ml durch ein Gefäß mit perforiertem Deckel entnommen. Der pH-Wert wurde mittels pH-Meter (Marke SGH Schott Geräte pH Meter CG 818, Hofheim) bestimmt.

### **Der Pansensensor – Die kabellose Datenmesseinheit**

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Reticulum wurden bei pansenfistulierten Rindern Mess-Sensoren 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. Die Sensoren wurden in der vorliegenden Studie an pansenfistulierten Rindern getestet, obwohl sie aufgrund ihrer Abmessungen (Länge 120 mm, Durchmesser 36 mm, Gewicht 208 g) und ihrer Bolusform auch einem erwachsenen Rind per os eingegeben werden können. Die intrareticulären Messungen wurden halbstündlich durchgeführt. Ohne Batteriewechsel ist mit diesem Messintervall eine Messdauer von bis zu 40 Tagen möglich. Das bruchssichere Kunststoffgehäuse der Messeinheit besteht aus dem Kunststoff POM C (Copolymerisiertes Polyoxymethylen) und hat eine Dichte von  $1,4 \text{ g/cm}^3$ . 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 der Sonde abgelegt und können von außerhalb des Tieres mit einem Empfangsgerät ausgelesen werden. Die Messergebnisse werden drahtlos über Funkwellen (433 MHz) an das externe Empfangsgerät übertragen. Die Empfangseinheit ist über USB mit einem Laptop verbunden, wo die Ergebnisse über ein eigens entwickeltes EDV-Programm ausgelesen, graphisch dargestellt und interpretiert werden können (Gasteiner et al., 2009).

Die Untersuchungen wurden an fünf pansenfistulierten, nicht laktierenden Kühen der Rasse Brown Swiss (Versuch 1) sowie an drei pansenfistulierten Ochsen der Rasse



Brown Swiss (Versuch 2) durchgeführt. Der Versuch 1 mit Sensoren (n=5) im Netzmagen wurde nach einwöchiger Testphase bei gleichbleibender Heufütterung (Tab. 1.) gestartet. Während dieser Testphase sank der pH-Wert des Pansensaftes konsequent nach jeder Fütterung (05:00 und 15:00 Uhr) ab und erreichte jeweils 2 Stunden nach der Fütterung einen Tiefstwert von pH 6,37. Dieses niedrige Niveau hielt sich für durchschnittlich 2 Stunden. Es wurde angenommen, dass der pH-Wert für die angegebene Zeitspanne annähernd stabil blieb. Dieses stabile Niveau wurde als Zeitpunkt zur Probenahme von Pansensaft via Schlundsonde und via Pansenfistel definiert. In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Boden des Reticulums als Lageort für die Sensoren definiert. Die Sensoren wurden jeweils über eine Pansenfistel eingebracht und bei Bedarf (z.B. zu Servicezwecken und zur Kalibrierung) auch wieder entnommen. Parallel zu den punktuellen Probenahmen über die Schlundsonden sowie über die Pansenfistel (07:00, 12:00, 17:00 Uhr) wurden mit den Sensoren kontinuierliche Messungen in 30-minütigen Abständen durchgeführt. Jeder Einsatz der Sensoren in den Tieren erfolgte nach Kalibrierung mit geeichten pH-Lösungen (pH 4, pH 7). Am Ende jeder Versuchswoche wurden die Geräte aus dem Vormagensystem der Rinder entfernt und erneut Messungen mit standardisierten Eichlösungen vorgenommen. Durch Vergleich der Messergebnisse aus den Eichlösungen vor und nach dem Einsatz im Tier wurden die Korrelationskoeffizienten für die Sensoren ermittelt.

#### TABELLE 1: Rationsbedingungen Versuch 1

Die nach Probenahme via Schlundsonden ermittelten pH-Werte wurden mit den kontinuierlichen Messungen der Pansensensoren und den pH-Werten der täglichen Probenahme via Fistel verglichen und ausgewertet.

Versuch 2 wurde mit drei pansenfistulierten Ochsen im Rahmen eines Fütterungsexaktversuches über einen Zeitraum von neun Wochen durchgeführt. Im Rahmen des Exaktversuches mit Ein- und Rückwaage der vorgelegten Futtermittel (Tab. 2.) und wöchentlicher Futtermittelanalyse (WEENDER-Analyse) wurde über neun Wochen Silomais (Fütterungszeiten täglich 07:00 und 16:00 Uhr) an die Tiere verfüttert. Der Anteil von Maissilage an der Gesamtration betrug dabei immer 75 %. Die Sensoren wurden unter diesen Fütterungsbedingungen zur Messung des reticulären pH-Wertes und der Temperatur eingesetzt. Die Sensoren wurden auf

einen Messintervall von 30 Minuten eingestellt. In jeder Woche, jeweils an den letzten beiden Versuchstagen, wurden im Intervall von 2 Stunden (06:00, 08:00, 10:00, 12:30, 15:00, 17:00, 19:00 Uhr) Vergleichsproben von Pansenflüssigkeit über die Pansenfistel entnommen und entsprechende Messungen mit dem pH-Meter durchgeführt. Die pH-Wertbestimmung nach Probenahme via Fistel erfolgte sofort nach der Pansensaftentnahme mit einem elektronischen pH-Meter der Firma WTW (Wissenschaftlich Technische Werkstätten GmbH, Mod. pH 340).

#### TABELLE 2: Rationsbedingungen Versuch 2

Die statistischen Auswertungen wurden mittels General Linear Model (GLM Statgraphics Plus 5.1) und dem Bonferroni-Holm-Test durchgeführt. Als Klassifizierungsvariablen wurden die Messtechnik (1 = Schlundsonde, 2 = Pansenfistel, 3 = Pansensensor), das Tier (1–5, zugleich auch Sensor 1–5) und die Entnahmezeitpunkte verwendet. Bei Versuch 1 wurden die Messzeitpunkte mit 07:00, 12:00, 17:00 Uhr, bei Versuch 2 mit 07:00, 10:00, 12:30, 15:00, 17:00, 19:00 Uhr definiert. Bedingt durch die Auswahl einer einzelnen Referenzmethode bei den Schlundsonden sind deren Ergebnisse innerhalb des Datenmaterials mit geringeren Häufigkeiten besetzt als der Vergleich zwischen Fistel und Sensor. Da jedoch für alle Klassen Varianzhomogenität und Normalverteilung vorliegt, ist eine gemeinsame Auswertung zulässig. 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 Streuungsmaß für den Stichprobenfehler wurde der Standardfehler des Mittelwertes (Error Standard Deviation) berechnet und angeführt. In beiden Versuchsanordnungen stand jedem Tier über Selbsttränkeeinrichtungen Wasser ad libitum zur Verfügung.

#### **Ergebnisse**

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 per Funksignal ausgelesen werden. Dieser

Vorgang dauerte etwa 1 Minute pro Tier und Sensor und wurde wöchentlich durchgeführt. Die Spitze der Schlundsonde kam nach dem oralen Einführen am häufigsten im cranialen ventralen Pansensack zu liegen (zu 49,6 %). Zu 17,2 % lag die Sondenspitze im Atrium, zu 15,5 % im cranialen dorsalen Pansensack, zu 10,8 % im caudalen ventralen Pansensack und zu 6,9 % im caudalen dorsalen Pansensack.

ABBILDUNG 1: Beispiel für Messergebnisse aus einer Sensormessung: Tagesverlauf von pH-Wert und Temperatur bei Versuch 1 bei Tier 1.

Die Temperatur wurde in Versuch 1 und in Versuch 2 durch die mehrmals tägliche Wasseraufnahme (Abb. 1.) beeinflusst.

### **Ergebnisse aus Versuch 1**

Der Kleinstquadrat-Mittelwert des pH-Wertes in Versuch 1 lag bei  $6,63 \pm 0,37$ . Der Kleinstquadrat-Mittelwert des pH-Wertes der Methode 1 (Schlundsonde) lag bei  $6,61 \pm 0,30$ , bei Methode 2 (Pansenfistel) bei  $6,64 \pm 0,33$  und bei Methode 3 (Sensormethode) bei  $6,64 \pm 0,43$ . Die geprüften Methoden unterscheiden sich nicht voneinander. Die Werte sind das Ergebnis eines Auswertungsmodells, das ein Bestimmtheitsmaß von 34,1 % erreichen konnte. Der Korrelationskoeffizient der pH-Messergebnisse zwischen Fistel und Schlundsonde konnte mit einem Zusammenhang von 0,73 ( $n=36$ ) errechnet werden. Weiters konnte der Zusammenhang zwischen den Messergebnissen von Fistel und Sensor mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,52 ( $n = 179$ ) dargestellt werden.

### **Ergebnisse aus Versuch 2**

Der Kleinstquadrat-Mittelwert des pH-Wertes in Versuch 2 lag bei  $6,24 \pm 0,36$ . Methode 2 (Pansenfistel) erreichte ein Ergebnis von pH-Wert  $6,40 \pm 0,25$ , Methode 3 (Sensor) zeigte einen durchschnittlichen pH-Wert von  $6,08 \pm 0,37$ . Methode 2 unterschied sich hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) von Methode 3. Das Bestimmtheitsmaß des Modells lag bei 51 %. Der Zusammenhang zwischen den Messergebnissen der pH-Werte von Sensor und Pansenfistel konnte in Versuch 2 mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,50 dargestellt werden.

### **Vergleich der Ergebnisse aus Versuch 1 und 2**

TABELLE 3: pH-Mittelwerte von Versuch 1, Versuch 2, Methode und Probezeitpunkt

Die Ergebnisse der pH-Messwerte von Sensor und Fistel unterschieden sich in Versuch 1 nicht signifikant voneinander. In Versuch 2 konnte jedoch unter Bedingungen eines anderen Fütterungsregimes (saureres Milieu) ein hoch signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) festgestellt werden. Die Differenz in den Messergebnissen aus Sensor und Fistel stieg mit abnehmenden pH deutlich an. In Versuch 2 lagen die Messergebnisse aus Fistelproben durchschnittlich um 0,32 pH-Einheiten höher als die Messergebnisse für den pH-Wert aus den Sensoren.

#### **Dynamik der Methodenergebnisse im Zeitverlauf**

Abbildung 2 zeigt die vielfältigen Einflüsse im ausgewerteten Datenmaterial. Die pH-Werte in Versuch 1 lagen höher als in Versuch 2, die Amplituden des Verlaufes waren insgesamt schwächer ausgeprägt. Die nur in Versuch 1 eingesetzte Schlundsonde entwickelte eine Dynamik, die mit der Fistelmessung gut vergleichbar war. Die Sonden- und Fistelmessung lag zum Zeitpunkt 07:00 und 12:00 Uhr über den Sensorwerten, um 19:00 Uhr leicht darunter. In Versuch 2 lag die Fistelmessung zu allen Zeitpunkten über der Sensormessung. Durch die größere Anzahl an gemessenen Zeitpunkten wurde in Versuch 2 die Tagesdynamik besser abgebildet als in Versuch 1.

ABBILDUNG 2: Gegenüberstellung des Tagesverlaufes des pH-Wertes aus Versuch 1 und Versuch 2.

#### **Dynamik über den gesamten Messbereich**

Um die Ergebnisse aus den beiden Versuchen statistisch miteinander vergleichen zu können, wurde der Vergleich mit den Ergebniswerten der Zeitpunkte 07:00, 12:00 und 17:00 Uhr durchgeführt. Die dabei entstandenen Aussagen zeigen erste Tendenzen über das dynamische Verhalten des Messsensors im Vergleich zur Pansenfistel. Das verwendete Datenmaterial wurde um die Wertepaare aus Versuch 2 erweitert, die bisher nicht verwendet wurden. Das sind die Zeitpunkte 10:00, 15:00 und 19:00 Uhr.

ABBILDUNG 3: Korrelation zwischen den pH-Messergebnissen des Sensors mit den Messergebnissen der via Pansenfistel entnommenen Proben.

Der Zusammenhang zwischen Fistel- und Sensorwert konnte durch die Gleichung  $\text{pH-Fistel} = 4,03 + 0,391 * \text{pH-Sensor}$  ausgedrückt werden. Aus der Sicht des Sensorwertes überschätzt die Fistelmessung den pH-Wert unterhalb von pH 6,62. Über diesem Wert lagen die Fistelwerte tiefer als die Sensorwerte. Der Korrelationskoeffizient der Untersuchung lag bei 0,54 (Abb. 3.).

### **Diskussion**

Die Untersuchungen wurden bei fünf nicht laktierenden Kühen und drei Ochsen durchgeführt. Hinsichtlich der Temperaturverhältnisse im Pansen konnten signifikante Veränderungen im Tagesverlauf beobachtet werden, die eindeutig mit dem Energiegehalt der verfütterten Rationen sowie kurzzeitig auch mit der Wasseraufnahme der Tiere zusammenhingen (Abb. 1.). Auf die Messergebnisse der Temperatur im Vormagensystem wurde in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht weiter eingegangen. Um die Methoden insgesamt in verschiedenen pH-Bereichen testen und miteinander vergleichen zu können, wurden die beiden Fütterungsversuche so angelegt, dass einerseits eine auf einen physiologischen pH-Bereich abzielende Fütterung vorgegeben wurde (Versuch 1) und andererseits ein vermehrt azidotisches Niveau (Versuch 2) provoziert wurde. Der mittlere pH-Wert in den Vormägen der Tiere lag in Versuch 1 bei  $6,63 \pm 0,37$ , welcher auch dem physiologischen Bereich des Pansenmilieus entspricht. Der mittlere pH-Wert in Versuch 2 lag bei  $6,24 \pm 0,36$ . Im direkten Vergleich unterscheidet sich Versuch 1 signifikant von Versuch 2, was eindeutig auf die unterschiedlichen Rationsbedingungen zurückzuführen ist.

Die Problematik der Bestimmung des tatsächlichen pH-Wertes im Pansen verdeutlichen Strabel et al. (2007), wo Proben, die per Schlundsonde entnommen wurden, aufgrund von Speichelbeimengungen durchschnittlich um 0,5 pH-Einheiten höhere Werte zeigten als jene, die mittels Rumenozentese entnommen wurden. In den vorliegenden Untersuchungen konnte durch Verwerfen der ersten 200 ml der Probe eine repräsentative pH-Wert-Bestimmung der per Schlundsonden gewonnenen Pansensaftproben erreicht werden. In Versuch 2 unterschied sich Methode 2 mit einem mittleren pH-Wert von  $6,40 \pm 0,25$  signifikant von Methode 3

mit einem mittleren pH-Wert von  $6,08 \pm 0,37$ . Zwischen den Methoden Fistel und Sensor konnte im vermehrt sauren pH-Milieu im Mittel eine Differenz von 0,32 pH-Einheiten zwischen den Methoden gefunden werden. Der Unterschied zwischen den Messergebnissen von Sensor und Fistel stieg mit abnehmendem pH-Wert deutlich an. Grund für die signifikant tieferen Messergebnisse der Sensoren könnte deren Lage sein. Am Boden des Reticulums ist weniger Speichel vorzufinden als an jenen Stellen, wo Pansensaft punktuell entnommen wurde. Die intraruminale Datenmesseinheit registriert Veränderungen im niedrigeren pH-Bereich rasch und zuverlässig. Die Ergebnisse zeigen, dass bei höherem pH-Niveau im Vormagensystem (z.B. rohfaserbetonte Fütterung) geringere Abweichungen zwischen den einzelnen Methoden der Pansensaftgewinnung bzw. der pH-Wert-Messung ermittelt werden können als unter vermehrt sauren Bedingungen. Enemark et al. (2003) fanden in ihren Untersuchungen mit einem ähnlichen Sensorsystem, jedoch ohne Funkübertragung der Messergebnisse, dass zwischen den Ergebnissen der Messung von entnommenen Pansensaftproben via Pansenfistel und den Ergebnissen aus deren Sensormessung eine Divergenz von pH 0,33 bestand. Der mittlere pH-Wert im Reticulum wurde in dieser Publikation nicht angeführt.

An der Gegenüberstellung der beiden Versuche (Abb. 2.) lässt sich die Dynamik im gesamten Tagesverlauf ersehen. Durch die größere Anzahl an Messdaten in Versuch 2 konnte die Dynamik des pH-Wertes besser abgebildet werden. Vor allem kann die Aussage getroffen werden, dass die Sensormessung insgesamt gegenüber den anderen Methoden in beiden Versuchen repräsentativer ist und einen exakteren Kurvenverlauf aufweist. Als Vorteil des Sensorsystems erweist sich auch die Möglichkeit der kontinuierlichen Messung mit frei einstellbaren Intervallen.

Verschiedenste Systeme zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Pansen wurden bisher getestet (Dado und Allen, 1993; Nocek et al., 2002; Enemark et al., 2003; Duffield et al., 2004; Sievers, 2005; Rustomo et al., 2006; Alzahal et al., 2007; Gasteiner et al., 2008). Alzahal et al. (2007) führten Studien mit einer intrareticulären Datenmesseinheit durch, welche über eine Fistel eingegeben und im Unterschied zu den vorliegenden Untersuchungen in den ventralen Pansensack eingegeben wurde. Auch die Fütterungs- bzw. Rationsbedingungen wurden in der Studie von Alzahal et al. (2007) nicht näher definiert. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Boden des Reticulums als optimale Lage für den Sensor gewählt, da dieser bei der oralen Verabreichung aller Wahrscheinlichkeit nach im Reticulum zu liegen kommt

(Gasteiner et al., 2009). In anderen Untersuchungen wurde entweder der ventrale Pansensack (Alzahal et al., 2007) oder das Reticulum (Enemark et al., 2003) als optimale Lage für die pH-Messungen definiert. Nocek et al. (2002) entschieden sich für die freie Rotation im Pansen. Die unterschiedlichen Lageverhältnisse haben einen großen Einfluss auf die Ergebnisse der pH-Messungen und sind bei der Interpretation der Ergebnisse immer zu berücksichtigen. So stellten Duffield et al. (2004) fest, dass die pH-Mittelwerte in verschiedenen Kompartimenten des Pansens (hier cranial-ventral, caudal-ventral, zentral und cranial-dorsal) signifikant voneinander variierten. Auch der Zeitpunkt der Probenahme hat einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis der pH-Wert-Messung von Pansenflüssigkeit (Keunen et al., 2002). Der pH-Wert sinkt nach Futteraufnahme kontinuierlich ab und erreicht 2 bis 4 Stunden danach seinen Tiefpunkt (Dirksen, 2002). In den vorliegenden Untersuchungen sank der pH-Wert konsequent nach jeder Fütterung ab. Er erreichte jeweils 2 Stunden nach der Fütterung seinen Tiefstand. Dieses niedrigere Niveau hielt sich für ca. 2 Stunden, sodass angenommen wurde, dass jener pH-Wert annähernd stabil für diese Zeitspanne blieb. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde die Probenahme von Pansensaft jeweils 2 Stunden nach Fütterung der Tiere angesetzt. Auch bei Nordlund und Garrett (1994) sowie Nocek (1997) war der pH-Wert 2 bis 5 Stunden nach Kraftfuttergabe am tiefsten.

Das Sensorsystem bringt den entscheidenden Vorteil der kontinuierlichen Aufzeichnung des pH-Wertes und der Temperatur über den gesamten Zeitverlauf mit sich. Bei der Methode nach Alzahal et al. (2007) war vor allem die Anwendbarkeit am Tier eingeschränkt, da die Werte über ein Kabel an eine außerhalb des Tieres am Rücken befestigte Datenmesseinheit übertragen wurden, sodass die Tiere in ihrer Bewegung beeinträchtigt waren. Durch Funkübertragung der Messdaten wurde die Bewegungsfreiheit der Tiere in den vorliegenden Untersuchungen nicht eingeschränkt. Der Einsatz des Pansensensors kann gegenüber den bisher beschriebenen Methoden als innovative und verlässliche Möglichkeit zur Klärung wissenschaftlicher Fragen in Bezug auf Pansenphysiologie und Pansenpathologie bewertet werden. Die Sensitivität des Sensorsystems konnte durch Validierung der Messergebnisse aus Studien von Gasteiner et al. (2009) nachgewiesen werden. Durch Vergleich der Messergebnisse mit Messungen aus pH-Eichlösungen, welche vor und nach der Anwendung in den Tieren gemessen wurden, ergab sich ein mittlerer Korrelationskoeffizient von 0,9984. Der Sensor kann demnach als

verlässliches Instrument zur Ermittlung des pH-Wertes im Vormagen von Rindern eingesetzt werden. Da die Sonden einem adulten Rind oral eingegeben werden können, könnte diese Form der Messung des Pansen-pH-Wertes mit Funkübertragung der Messergebnisse künftig auch unter Praxisbedingungen mit anderen Systemen der Herdenüberwachung und -betreuung, wie etwa einer elektronischen Tiererkennung, der automatisierten Milchmengenmessung und einer damit verbundenen EDV-gesteuerten Fütterung kombiniert 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, Froetschel M, McBride BW (2007):** Ruminal temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *J Dairy Sci* 91: 202–207.
- Baumgartner W (2005):** Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere. Parey Verlag, 6. Aufl., Stuttgart.
- Blood DC, Radostits OM (1989):** *Veterinary Medicine*. 7. ed. Balliere and Tindall, London, England.
- 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.
- Dirksen G (2002):** Krankheiten der Verdauungsorgane und der Bauchwand. In: Dirksen G, Gründer H-D, Stöber M (Hrsg.): *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Blackwell Verlag, Berlin.
- 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, 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.
- 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 (2009), 188 - 194.
- Geishauser T (1990):** Entwicklung und Prüfung eines Gerätes zur Pansensaftentnahme und -übertragung sowie zur Eingabe flüssiger Arzneimittel beim erwachsenen Rind. Tierärztl Umsch 45: 89–94.
- Geishauser T, Gitzel A (1995):** A comparison of rumen fluid sampled by oro-ruminal probe versus rumen fistula. Small Rumin Res 21: 63–69.
- 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 JP (2004):** Rumenocentesis (rumen puncture): a viable instrument in herd health diagnosis. Dtsch Tierärztl Wochenschr 111 (12): 458–462.
- Krause MK, Oetzel GR (2006):** Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. Anim Feed Sci Tech 126: 215.
- Nocek JE (1997):** Bovine acidosis: implications of laminitis. J Dairy Sci 80: 1005.
- 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, Garrett 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.
- Nordlund K. (2003):** Herd-based diagnosis of subacute ruminal acidosis. AABP Preconvention Seminar 7, Columbus-OH.
- 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.

**Sievers AK (2005):** Entwicklung einer intraruminalen Datenmesseinheit als Managementhilfe in der Milchviehhaltung. Kiel, Christian-Albrechts-Universität, Diss.

**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.

**Steingass H, Zebeli, Q (2008):** Strukturbewertung von Rationen für Wiederkäuer. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.–10. April 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2008: 19–25.

**Strabel D, Ewy A, Kaufmann T, Steiner A, Kirchofer M (2007):** Rumenozentese: Eine geeignete Methode zur pH-Bestimmung im Pansensaft beim Rind?, SAT 149: 301–306.

**Zwick T, Klee W (1997):** Das Pansensaftentnahmegesetz nach HAMBURGER. *Tierärztl Umsch* 52: 80–84.

**Korrespondenzadresse:**

Dr. Johann Gasteiner (Dipl. ECBHM)

Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein

A-8952 Irdning

johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at

## Abbildungen und Tabellen

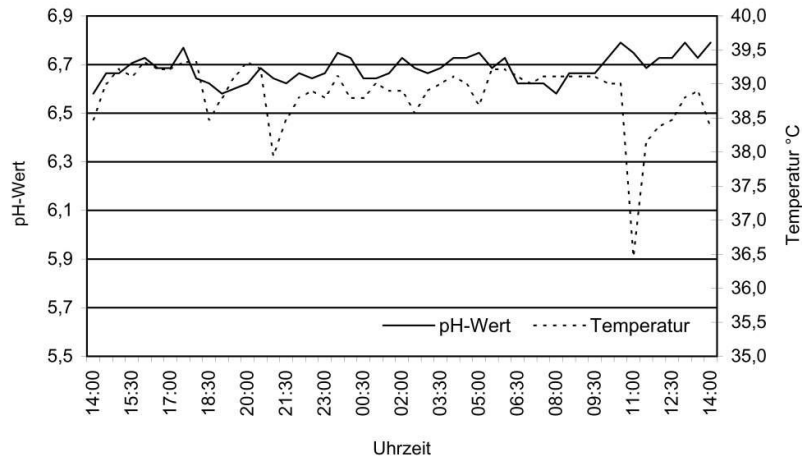


ABBILDUNG 1: Beispiel für Messergebnisse aus einer Sensormessung: Tagesverlauf von pH-Wert und Temperatur bei Versuch 1 bei Tier 1.

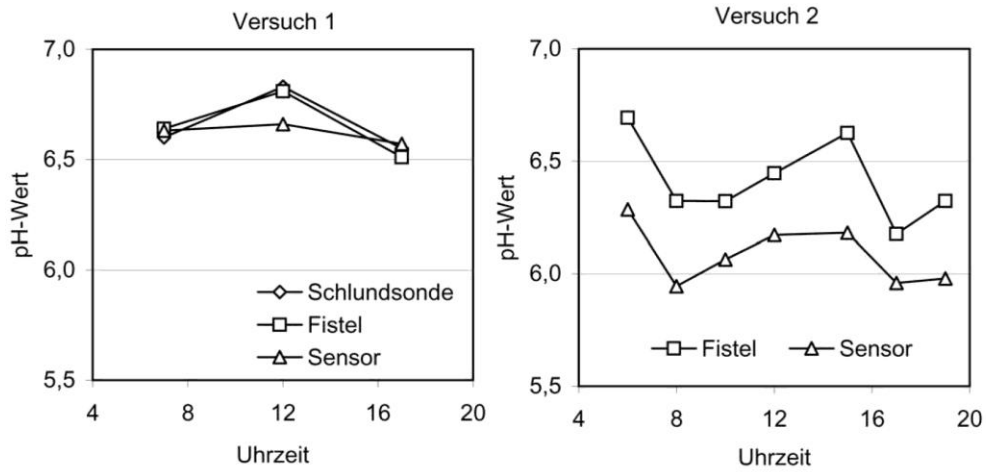


ABBILDUNG 2: Gegenüberstellung des Tagesverlaufes des pH-Mittelwertes (Kleinstquadrat) aus Versuch 1 (Fütterungszeiten 5:00 und 15:00) und Versuch 2 (Fütterungszeiten 7:00 und 16:00 Uhr).

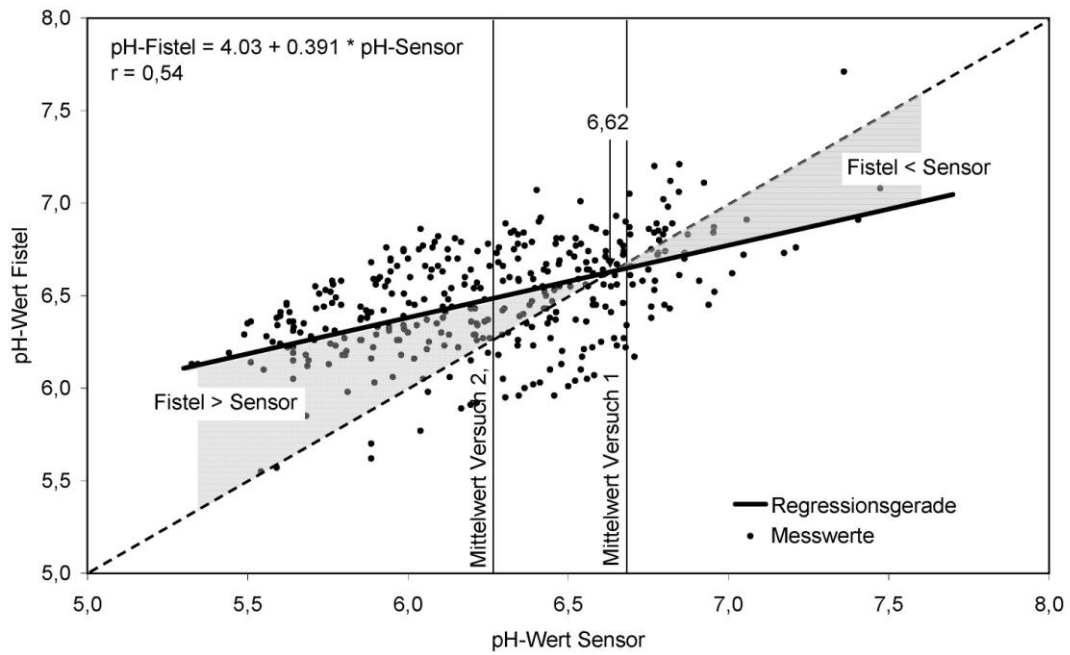


ABBILDUNG 3: Korrelation zwischen den pH-Messergebnissen des Sensors mit den Messergebnissen der via Pansenfistel entnommenen Proben.

TABELLE 1: Rationsbedingungen und Futteraufnahmen in Versuch 1

| Ration (kg FM) täglich | FA    | FA    | FA    | FA    | FA    |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        | Kuh 1 | Kuh 2 | Kuh 3 | Kuh 4 | Kuh 5 |
| Heu                    | 7,0   | 7,0   | 7,0   | 6,0   | 5,4   |
| Krafftutter            | 2,0   | 2,0   | 2,0   | 2,0   | 2,0   |

FM: Futtermittel; FA: durchschnittliche tägliche Futteraufnahme Frischmasse

TABELLE 2: Rationsbedingungen und Futteraufnahmen in Versuch 2

| Ration (kg FM)<br>täglich | FA     | FA     | FA     |
|---------------------------|--------|--------|--------|
|                           | Tier 1 | Tier 2 | Tier 3 |
| Heu                       | 1,0    | 1,0    | 1,0    |
| Maissilage                | 24,2   | 22,8   | 23,4   |
| Sojaschrot                | 2,0    | 2,0    | 2,0    |

FM: Futtermittel; FA: durchschnittliche tägliche Futteraufnahme Frischmasse



TABELLE 3: pH-Mittelwerte (Kleinstquadrat) von Versuch 1, Versuch 2, Methode und Probezeitpunkt

|           |            | pH-Wert |   |         |      |      |                |       |       |                |
|-----------|------------|---------|---|---------|------|------|----------------|-------|-------|----------------|
|           | Mittelwert | Versuch |   | Methode |      |      | Probezeitpunkt |       |       | r <sup>2</sup> |
|           |            | 1       | 2 | 1       | 2    | 3    | 07:00          | 12:00 | 17:00 |                |
| Versuch 1 | 6,64       | -       | - | 6,61    | 6,64 | 6,64 | 6,62           | 6,74  | 6,53  | 34,09          |
| Versuch 2 | 6,24       | -       | - | -       | 6,40 | 6,08 | 6,30           | 6,34  | 6,09  | 50,68          |

### 3. ZUSAMMENFASSUNG

Die Pansenazidose bei Wiederkäuern und vor allem die subklinische Verlaufsform (subacute rumen acidosis, SARA) bei Hochleistungsrindern hat einen bedeutenden Einfluss auf die Tiergesundheit. Es besteht großer Bedarf an sensitiven und zuverlässigen Methoden zum Nachweis der subklinischen Pansenazidose. In der vorliegenden Studie wurde ein Methodenvergleich angestellt, um eine exakte und sichere Methode zur Bestimmung des pH-Wertes im Vormagenbereich von Rindern zu finden. Dieser Vergleich wurde in zwei Versuchsanordnungen an fünf pansenfistulierten Kühen und drei pansenfistulierten Ochsen unter Anwendung von drei unterschiedlichen Methoden durchgeführt, wobei als zentraler Parameter der pH-Wert der Pansenflüssigkeit herangezogen wurde. Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagenbereich von Rindern wurde eine im Netzmagen liegende Messeinheit (Sensor) eingesetzt. Die Messungen wurden in 30-minütigen Abständen durchgeführt und die Ergebnisse wurden über Funk ausgelesen. Diese Messergebnisse wurden mit Ergebnissen aus punktuellen Probenahmen über eine Pansenfistel sowie Ergebnissen aus Probenahmen über Schlundsonden verglichen.

Der mittlere pH-Wert aller Methoden lag in Versuch 1 (Heu ad lib., 2 kg Kraftfutter/Tier) bei  $6,64 \pm 0,37$  und in Versuch 2 (75 % Maissilage, 1 kg Heu, 2 kg Sojaschrot) bei  $6,24 \pm 0,36$ . In Versuch 1 wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Messergebnissen der untersuchten Methoden festgestellt. Im vermehrt sauren Pansenmilieu von Versuch 2 unterschieden sich die Methoden signifikant ( $p < 0,05$ ) voneinander. Hier ergab sich zwischen den Ergebnissen der Messungen des pH-Wertes von Sensor und Pansenfistel eine Differenz von 0,32 pH-Einheiten. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Differenz zwischen den Methoden mit sinkendem pH-Wert vergrößert. Die Methode Pansensensor erzielte in Versuch 2 zu allen Zeitpunkten die niedrigsten Messdaten. Erklärend für diese Ergebnisse dürften nicht nur die unterschiedlichen Entnahmeorte von Pansensaftproben bzw. die Lage der Messeinheit im Reticulum sein, sondern auch die Tatsache, dass das Vormagensystem ein äußerst dynamisches System darstellt. Zusätzlich beeinflussten die Fütterung und der Zeitpunkt der Probenahme die Ergebnisse signifikant. Hinsichtlich der Praktikabilität der Methoden und Sensitivität der Messergebnisse unterscheiden sich die untersuchten Methoden voneinander. Die Methode Schlundsonde ist in der Praxis gut umsetzbar, eignet sich jedoch nur bedingt für serielle Untersuchungen. Die Methode Pansensaftentnahme via Pansenfistel und darauf folgende pH-Bestimmung lässt repräsentative Ergebnisse zu, kann aber lediglich zu Versuchszwecken eingesetzt werden. Der wesentliche Vorteil des Sensorsystems besteht darin, dass Messdaten kontinuierlich im Zeitverlauf erhoben und die Messwerte über Funk

ausgelesen werden können. Die Zuverlässigkeit der eingesetzten Datenmesseinheit wurde durch den Vergleich der Messergebnisse mit pH-Eichlösungen (pH 4, pH 7), welche vor und nach dem Einsatz im Tier gemessen wurden, überprüft. Das verwendete Sensorsystem hat sich als ein genaues und zuverlässiges Instrument ( $r = 0,9984$ ) erwiesen und stellt ein innovatives System zur Beantwortung von wissenschaftlichen Fragestellungen in den Bereichen der Pansenphysiologie und Pansenpathologie dar. Neben zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten im wissenschaftlichen Bereich kann das vorgestellte System künftig auch zur Überwachung der Tiergesundheit, vorzugsweise in größeren Hochleistungsherden („Indikatortiere“) eingesetzt werden.

**Schlüsselworte:** Pansen-pH-Wert, Pansenazidose, Schlundsonde, Pansenfistel, Sensor, Funkübertragung, Rind

#### 4. SUMMARY

Subacute rumen acidosis (SARA) of ruminants is an important factor in terms of animal health, especially in high yielding cattle. Objective and reliable methods for diagnostic analysis are required. In order to find an accurate and safe method to determine the pH-value in the rumen of cattle, a comparison of methods was done. Comparison was carried out in two test assemblies with 5 rumen fistulated cows and 3 rumen fistulated steers, using 3 methods. Central parameter was the pH-value of the rumen fluid of adult cattle. An indwelling measuring unit (sensor) was used for the measurement of the ruminal pH-value in cattle. The continuously measured pH-values (with 30 minutes interval) in the ventral reticulum were read out by radio transmission. These results were compared to the pH-values of punctual samplings via rumen fistula and the results of samplings via oral stomach tube, respectively. Due to the different rations, mean pH-value of trial 1 (average of all methods) was  $6.64 \pm 0.37$  (hay ad lib., 2 kg concentrate/animal) and  $6.24 \pm 0.36$  for trial 2 (75 % maize silage, 1 kg hay, 2 kg soybean meal). In trial 1 no statistically significant differences between all methods could be observed. Under more acidic ruminal conditions of trial 2 all methods differed significantly ( $p < 0.05$ ). Whilst the pH-value was in a higher range (trial 1), the methods did not show any deviation from each other, in the lower pH-range (trial 2), however, a difference of 0.32 pH-units was found. The results showed that the difference between the methods increases with declining pH-value. In trial 2 the sensor yielded the lowest values at all times. These results could be explained by the different location of the samplings, but also by the strong dynamics of the reticuloruminal system, by the influence of the rations and by the time of sampling. The stomach tube can be used in practice and results were not influenced by admixtures of saliva in our study. The method dealing with sampling ruminal fluid via rumen fistula and further pH-determination supplies representative values, but it only can be used for experimental purposes. The sensor system benefits from the fact that data can be collected continuously. These data can be retrieved via radio transmission at any time. The introduced sensor system was examined concerning its reliability by a comparison of the measuring results with standardized pH-dilutions (pH 4, pH 7). The results were controlled prior and after the usage in the animal. The sensor system has proven to be an accurate and reliable instrument ( $r = 0.9984$ ) and represents an innovative system for processing and answering scientific questions in terms of rumen physiology and rumen pathology. The measuring system can also be administered to cattle orally. An adapted indwelling pH measuring system will be assembled for practical purposes in the future.

**Key Words:** ruminal pH value, acidosis, stomach tube, rumen fistula, indwelling sensor, radio transmission, cattle

## 5. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS

ALZAHAL, O., KEBREAB, E., FRANCE, J., FROETSCHER, M., McBRIDE, B.W. (2007): Ruminant temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *J. Dairy Sci.* **91**, 202–207.

BAUMGARTNER, W. (2005): *Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere*. Parey Verlag, 6. Aufl., Stuttgart.

Formatiert: Englisch (USA)

BLOOD, D.C., RADOSTITS, O.M. (1989): *Veterinary Medicine*. 7. ed. Balliere and Tindall, London, England.

COTTEE, G., KYRIAZAKIS, I., WIDOWSKI, T.M., LINDINGER, M.I., CANT, J.P., DUFFIELD, T.F., OSBORNE, V.R., McBRIDE, B.W. (2004): The effects of subacute ruminal acidosis on sodium bicarbonate-supplemented water intake for lactating cows. *J. Dairy Sci.* **87**, 2248-2253.

DADO, R.G., ALLEN, M.S. (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. (1986): Differentialdiagnostik und Therapie von Vormagen- und Labmagenerkrankung bei Kalb und Jungrind. *Prakt. Tierarzt* **69**, Coll. Vet. **28**, 92-96.

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*. 3. Aufl., Verlag Paul Parey Berlin-Hamburg, 288–400.

DIRKSEN, G. (2002): Krankheiten der Verdauungsorgane und der Bauchwand. In: DIRKSEN, G., GRÜNDER, H-D., STÖBER, M. (Hrsg.): *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Blackwell Verlag, Berlin.

- DUFFIELD, T., PLAIZIER, J.C., 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, J.M.D., JORGENSEN, R.J., ENEMARK, S.T. (2002): Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis; a review. *Veterinarja Zootecnika* **20**, 16–29.
- ENEMARK, J.M.D., PETERS, G., JORGENSEN, R.J. (2003): Continuous monitoring of rumen pH – A Case Study with cattle. *J. Vet. Sci.* **50**, 62–66.
- ENEMARK, J.M.D. (2007): The monitoring, prevention and treatment of subacute rumen acidosis (SARA): A review. *Vet. J.* **176**, 32–43.
- GARRETT, E.F. (1996): Subacute rumen acidosis (SARA): *Large Anim. Vet.* **51**, No. , 6–10.
- GARRETT, E.F., NORDLUND, K.V., GOODGER, W.J., OETZEL, G.R. (1997): A cross-sectional field study investigating the effect of periparturient dietary management on ruminal pH in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* **80** (Suppl 1), 169.
- GARRETT, E.F., PERREIRA, M.N., NORDLUND, K.V., ARMENTANO, L.E., GOODGER, W.J., OETZEL, G.R. (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). Bericht zur Viehwirtschaftlichen Fachtagung, **28**, 69–75.
- 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** (2009), 188 - 194.

GEISHAUSER, T. (1990): Entwicklung und Prüfung eines Gerätes zur Pansensaftentnahme und -übertragung sowie zur Eingabe flüssiger Arzneimittel beim erwachsenen Rind. Tierärztl. Umsch. **45**, 89–94.

GEISHAUSER, T., GITZEL, A. (1995): A comparison of rumen fluid sampled by oro-ruminal probe versus rumen fistula. Small Ruminant Research **21**, 63–69.

KEUNEN, J.E., PLAIZIER, J.C., KYRIAZAKIS, I., DUFFIELD, T.F., WIDOWSKI, T.M., LINDINGER, M.I., MCBRIDE, B.W. (2002): Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. J. Dairy Sci. **85**, 3304–3313.

KLEEN, J.L., HOOIJER, G.A., REHAGE, J., NOORDHUIZEN, J.P. (2003): Subacute Ruminal Acidosis (SARA): a Review, J. Vet Med. A **50**, 406–414.

KLEEN, J.L., HOOIJER, G.A., REHAGE, J., NOORDHUIZEN, J.P. (2004): Rumenocentesis (rumen puncture): a viable instrument in herd health diagnosis. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. **111** (12), 458–462.

KRAUSE, K.M., OETZEL, G.R. (2005): Inducing subacute rumen acidosis in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. **88**, 3633–3639.

KRAUSE, K.M., OETZEL, G.R. (2006): Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. Anim. Feed Sci. Technol. **126**, 215.

NOCEK, J.E. (1997): Bovine acidosis: implications of laminitis. J. Dairy Sci. **80**, 1005.

NOCEK, J.E., ALLMANN, J.G., KAUTZ, W.P. (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, K.V., GARRETT, E.F. (1994): Rumenocentesis: A technique for the diagnosis of herd-based subacute rumen acidosis. Bov. Pract. **28**, 109–112.



NORDLUND, K.V., GARRETT, E.F. OETZEL, G.R. (1995): Herd-based rumenocentesis: A clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* **17**, 48–56.

NORDLUND, K.V. (2003): Herd-based diagnosis of subacute ruminal acidosis. *AABP Preconvention Seminar 7*, Columbus-OH.

OETZEL, G.R. (2003): Subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Advances in Dairy Technology* **15**, 307-317.

OWENS, F.N., SECRIST, D.S., HILL, W.J., GILL, D.R. (1998): Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* **76**, 275-286.

PENNER, G.B., BEAUCHEMIN, K.A., MUTSAVANGA, T. (2007): Severity of ruminal acidosis in primiparous holstein cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* **90**, 365-375.

PLAIZIER, J.C., MARTIN, A., DUFFIELD, T., BAGG, R., DICK, P., MCBRIDE, B.W. (1999): Monitoring acidosis in the transition cow. *J. Dairy Sci.* **82** (Suppl.1), 110.

PLAIZIER, J.C., KRAUSE, D.O., GOZHO, G.N., MCBRIDE, B.W. (2008): Subacute ruminal acidosis in dairy cows. The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* **176**, 21–31.

RUSTOMO, B., ALZAHAL, O., CANT, J.P., FAN, M.Z., DUFFIELD, T.F., ODONGO, N.E., MCBRIDE, B.W. (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.

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.

SIEVERS, A.K. (2005): Entwicklung einer intraruminalen Datenmesseinheit als Managementhilfe in der Milchviehhaltung. Diss., Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

STEINGASS, H., ZEBELI, Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Wiederkäuer. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.–10. April 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein **35**, 19–25.

STONE, W.C. (2004): Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **87**, (E.Suppl.), E13-E26.

Formatiert: Deutsch (Österreich)

STRABEL, D., EWY, A., KAUFMANN, T., STEINER, A., KIRCHOFER, M. (2007): Rumenozentese: Eine geeignete Methode zur pH-Bestimmung im Pansensaft beim Rind?, *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* **149**, 301–306.

ZWICK, T., KLEE, W. (1997): Das Pansensaftentnahmeggerät nach HAMBURGER. *Tierärztl. Umsch.* **52**, 80–84.

Special Thanks to Babs & Gabs