

Aus dem Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit<sup>1</sup> und dem Institut für Nutztierwissenschaften<sup>2</sup> des Lehr- und Forschungszentrums für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein und dem Gründerzentrum Science Park der Technischen Universität Graz<sup>3</sup>

## **Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmeseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Fütterungsbedingungen**

J. Gasteiner<sup>1</sup>, M. Fallast<sup>3</sup>, S. Rosenkranz<sup>3</sup>, J. Häusler<sup>2</sup>, K. Schneider<sup>1</sup>, T. Guggenberger<sup>2</sup>

### **Schlüsselwörter**

Pansenazidose, intraruminale pH-Wert-Messung, kabellose Datenübertragung, Fütterungsversuche, Rind, Wiederkäuer

### **Keywords**

Rumen acidosis, intraruminal pH measuring, wireless data transmission, feeding trials, cattle, ruminants

Abkürzungen: A/D Converter=Analog to Digital Converter; ISM-Band=Industrial, Security, Medical Band; RFA=Rohfaser, MJ NEL= Megajoule Nettoenergielaktation; RP=Rohprotein; SARA=Subacute Rumen Acidosis; T=Trockenmasse

## **Zusammenfassung**

Die Pansenazidose stellt ein weit verbreitetes, insbesondere in Milchviehherden auftretendes tiergesundheitliches Problem mit hohen ökonomischen Verlusten dar. Eindeutige Definitionen der verschiedenen Grade von Pansenübersäuerung fehlen in der Fachliteratur ebenso wie eine sichere Methode zur exakten und permanenten Bestimmung des pH-Wertes im Vormagenbereich des Rindes.

Zur Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Vormagenbereich wurde eine Messeinheit entwickelt, welche in Bolusform im Vormagenbereich liegt und kontinuierlich den pH-Wert und die Temperatur ermittelt. Die gesammelten Daten (Messzeitpunkte einstellbar von 1 Sekunde bis Stundenintervalle) werden in einer Einheit gespeichert (A/D-Converter; Speicherchip) und auf Signal von außen an eine externe Empfangseinheit über ISM-Band (433 MHz) gefunkt. Diese Empfangseinheit ist über USB mit einem Laptop verbunden, wo die ermittelten Daten mittels eigens entworfener Software analysiert und graphisch dargestellt werden können.

Die Form und Größe der Messeinheit erlauben es, das System einem erwachsenen Rind per os einzugeben. Um jedoch eine regelmäßige Wartung der Sonden zu gewährleisten, wurden diese in den beschriebenen Fütterungsexaktversuchen bei 5 pansenfistulierten Ochsen via Pansenfistel in das Retikulum eingelegt.

Zwecks Kalibrierung wurden die Messsonden vor und nach jedem Gebrauch im Tier für jeweils 4 Stunden in geeichte pH-Lösungen (pH4; pH7) eingelegt und diese Messergebnisse wurden dann zwecks Validierung der Versuchsergebnisse miteinander vergleichen.

Die statistischen Auswertungen wurden mit GLM (Statgraphic Plus 5.1) und Bonferroni-Holm-Test durchgeführt.

In Fütterungsversuch 1 (reine Heufütterung) lag die mittlere Vormagentemperatur bei  $38,40 \pm 0,70^\circ \text{C}$  und der mittlere pH-Wert lag bei  $6,49 \pm 0,39$ , der Nadir war bei pH 6,14.

In Fütterungsversuch 2 (tags Weide und nachts Grundfutter) lag die mittlere Pansentemperatur bei  $38,12 \pm 0,80^\circ \text{C}$  der pH-Wert lag im Mittel bei  $6,36 \pm 0,22$ . Der Nadir auf der Weide lag bei pH 5,34, der Nadir während der Grundfutterphase lag bei pH 6,16. Weidegang hatte einen signifikantnegativen Einfluss auf den pH-Wert in den Vormägen.

In Fütterungsversuch 3 (Grundfutter:Krafftutter=50:50) lag die mittlere Vormagentemperatur bei  $38,55 \pm 0,83^\circ \text{C}$  und der mittlere pH bei  $6,37 \pm 0,24$ . Der Nadir

lag bei pH 5,29. Das Absinken des pH-Wertes in den Vormägen korrelierte signifikant mit der Gabe von Kraftfutter. Auch Zeitspannen, innerhalb derer sich der pH-Wert in den Vormägen unterhalb eines bestimmten Niveaus befand, konnten erfasst und interpretiert werden.

Bei der Validierung der Messergebnisse durch Vergleich der Ergebnisse mit den Eichlösungen (pH4, pH7) errechnete sich ein mittlerer Korrelationskoeffizient von 0,9987.

Die Ergebnisse der vorliegenden Fütterungsversuche wurden anhand einer technischen Innovation gewonnen, welche nicht nur im wissenschaftlichen Bereich neue Möglichkeiten zum besseren Verständnis der Pansenübersäuerung eröffnet.

Auch ein praktischer Einsatz von entsprechend adaptierten Vormagen-Sensoren zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung von Rationen ist bei einzelnen „Indikatortieren“ von intensiven Milchviehbetrieben denkbar.

## Summary

### **Measuring rumen pH and temperature by an indwelling and wireless data transmitting unit and application under different feeding conditions**

Subacute rumen acidosis is a common and economically important herd health problem of dairy cattle and there is a crucial need for monitoring systems. Therefore an indwelling wireless data transfer system for monitoring rumen pH and temperature was assembled. Measurement times were user selectable, in our trials measurements were taken every 30 minutes. Stored data were transmitted using ISM-Band (433 MHz). The system was controlled by a microprocessor. Data (pH, temperature) were sampled with an Analog to Digital converter (A/D converter) and stored in an external memory chip. The indwelling system could be administered orally, but to service the measuring units, experiments were conducted using 5 ruminally cannulated steers.

After calibrating by using standardized pH-dilutions (pH4, pH7) and check for proper operation, rumen-pH und temperature measures were carried out under different feeding conditions.

In feeding experiment 1, 100 % roughage (hay) ad. lib. was given to the animals for 7 days.

In feeding experiment 2, animals had daily pasture (from 4.30 a.m. to 16:30 p.m.) and forage ad lib. (from 17:00 p.m. to 4:00 a.m.) for 3 weeks.

In feeding experiment 3, animals received a diet containing forage:concentrate 50:50 for 7 days.

Measurements of rumen pH and temperature were taken for a period of 7 days in all trials.

Statistical analysis was conducted using GLM (Statgraphic Plus 5.1) and Bonferroni-Holm-Test.

In feeding experiment 1, rumen temperature (mean  $38.40 \pm 0.70^\circ \text{C}$ ) was influenced significantly by drinking water but it is not connected with feeding time. Mean pH was  $6.49 \pm 0.39$  and nadir was pH 6.14.

In feeding experiment 2, mean rumen temperature was  $38.12 \pm 0.80^\circ \text{C}$  and mean pH was  $6.36 \pm 0.22$ . Nadir during pasture was pH 5.34, nadir during feeding roughage was 6.16. Pasture had a significant influence on rumen pH.

In feeding experiment 3, mean rumen temperature was  $38.55 \pm 0.83^\circ \text{C}$  and mean pH

was  $6.37 \pm 0.24$ . Nadir was pH 5.29. Decline of rumen pH was significantly related to the feeding of concentrate.

When comparing results of measuring standardized dilutions (pH 4, pH 7) prior and after in vivo measurements, coefficient of correlation was 0.9987. Drift pH 4 was  $0,197 \pm 0,070$  and drift pH 7 was  $0,107 \pm 0,088$

Results show, that the presented method is a useful and proper tool for scientific applications. As the measuring system can also be administered to uninjured cattle, an adapted rumen pH measuring system will also be assembled for practical purposes in future.

## **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. SARA ist ein nicht immer einwandfrei nachzuweisender, krankhafter und krankmachender Zustand (DUFFIELD et al., 2004). 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 (GASTEINER, 2001).

ENEMARK et al. (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 Milchkühen. Eine Unterteilung in klinische und subklinische Verlaufsformen wurde dabei nicht vorgenommen. KRAUSE und OETZEL (2003) geben die Häufigkeit der subklinischen Pansenazidose bei frischlaktierenden Kühen mit 15 % an.

Die negativen tiergesundheitlichen Auswirkungen von SARA sind vielfältig und stellen einen zentralen, die Produktion mindernden Faktor der Milchviehhaltung dar (DIRKSEN et al., 1990; NORDLUND et al., 1995; OSSENT et al., 1997; GANTKE et al., 1998; OWENS et al., 1998; COOPER et al., 1999; LISCHER u. OSSENT, 2002; NORDLUND, 2003).

Die Untersuchung des Pansensaftes ist das aussagefähigste Kriterium zur Beurteilung der Pansenbedingungen. Insbesondere Der pH-Wert stellt die wichtigste

Größe zur Beurteilung der Strukturversorgung der Ration als auch die definitive Untersuchungsmethode zur Erkennung einer Pansenazidose dar (KRAUSE u. OETZEL, 2006; STEINGASS u. ZEBELLI, 2008). Der Pansen-pH-Wert unterliegt starken tageszeitlichen Schwankungen, weshalb das Ergebnis besonders vom Zeitpunkt der Probenahme im Bezug zur letzten Futteraufnahme abhängig ist. Sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen als auch für diagnostische Routineuntersuchungen unter Praxisbedingungen stehen die orale Pansensaftentnahme und die Rumenozentese zur Verfügung (DUFFIELD et al., 2004). Die Methode der Probenahme beeinflusst das Ergebnis signifikant (DIRKSEN, 1990; GEISHAUSER, 1996; SEEMANN und SPOHR, 2007, STRABEL et al., 2007). STRABEL et al. (2007) ermittelten, dass per Schlundsonde entnommene Proben durchschnittlich 0,5 pH-Einheiten (0,2 bis 1,9 pH-Einheiten) höhere Werte zeigten als solche, die per Rumenozentese entnommen wurden. Zur Entnahme von Pansensaft stehen verschiedene Bauarten von Schlundsonden zur Verfügung (DIRKSEN, 1975; GEISHAUSER und GITZEL, 1996; SEEMANN und SPOHR, 2007), welche unterschiedlich stark mit Speichel angereicherte Pansensaftproben liefern.

Die Punktionsstelle zur Rumenozentese liegt 1-2 handbreit vor dem linken Kniegelenk (SEEMANN u. SPOHR, 2007) auf Höhe des Patellaoberrandes (STRABEL et al., 2007) und wird lege artis nach Rasur unter aseptischen Kautelen und unter Sedierung und Schmerzausschaltung durchgeführt. Die dabei gewonnene Menge Pansensaft beträgt einige ml und die Probe ist nicht mit Speichel kontaminiert (NORDLUND, 2003). Durch Rumenozentese gewonnene Proben liefern im Vergleich zu per Schlundsonde gewonnenen Proben realistischere Ergebnisse für den Pansen-pH-Wert (NORDLUND et al., 1995; DUFFIELD et al., 2004; KLEEN et al., 2004; GEISHAUSER und GITZEL, 1996). Das mögliche Auftreten von negativen Auswirkungen der Rumenozentese auf die Tiergesundheit stellen diese Methode jedoch in Frage (STRABEL et al., 2007).

Eine in vivo Messung des Pansen-pH-Wertes wurde erstmals von SMITH (1941) beschrieben und von einer kontinuierlichen Dokumentation solcher Messungen berichteten JOHNSON und SUTTON (1968) sowie McARTHUR und MILTIMORE (1968). DADO und ALLEN (1993) vernetzten die erhobenen Daten mit weiteren Ergebnissen aus Erhebungen wie der Futter- und Wasseraufnahme sowie der Kauaktivität, um die Zeitdauer und konkreten Ursachen azidotischer Zustände exakter definieren zu können. Eine kontinuierliche, intraruminale Messung des

Pansen-pH-Wertes hat gegenüber dem „spot sampling“ den entscheidenden Vorteil, dass Fluktuationen des Pansen-pH-Wertes besser erkannt und auf einer Zeitachse dargestellt werden können. Solche Techniken zur Messung des Pansen-pH-Wertes wurden in einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen angewendet (DATE u. ALLEN, 1993; KEUNEN et al., 2002; COTTE et al., 2004; RUSTOMO et al., 2006; ALZAHAL et al., 2007). Diese Techniken haben gemeinsam, dass eine Pansenfistel bei dem zu untersuchenden Tier anzulegen ist und dass die erhobenen Daten in einer Speichereinheit im Pansen registriert werden. Um zu den erhobenen Daten zu gelangen, musste entweder die Speichereinheit wieder aus dem Pansen entfernt werden (DATE u. ALLEN, 1993; COTTE et al., 2004; KEUNEN et al., 2002; NOCEK et al., 2002; PENNER et al., 2007; RUSTOMO et al., 2006) oder die Daten wurden über eine Kabelverbindung an eine außerhalb des Pansens liegende, am Tier befestigte Einheit übertragen (ALZAHAL et al., 2007)

Im folgenden Beitrag sollen Untersuchungen zum Einsatz einer Methode zur Messung des Pansen-pH-Wertes mit einer intraruminalen Sonde mit Funkübertragung der Messdaten vorgestellt werden.

### **Material und Methode**

Zur kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Vormagenbereich wurde von Mitarbeitern der Technischen Universität Graz (Sciencepark) eine Sonde zur intraruminalen pH-Messung entwickelt und deren Einsatz an 5 pansenfistulierten Rindern des LFZ Raumberg-Gumpenstein unter Bedingungen von 3 Fütterungsexaktversuchen erprobt. Das bruch sichere 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. Aktuelles Datum, Uhrzeit sowie die Ohrmarken-Nummer des jeweils entsprechenden Tieres sind in das System integriert. Die gemessenen Daten werden in einem nicht flüchtigen Speicher der Sonde abgelegt und können jederzeit von außerhalb des Pansens mittels eines externen Empfangsgerätes ausgelesen werden. Das System überträgt die Messergebnisse sowie die Sensornummer, welche mit der Ohrmarken-Nummer korrespondiert, drahtlos über Funkwellen (433 MHz) an das externe Empfangsgerät. Diese Empfangseinheit ist über USB mit einem Laptop verbunden, wodurch die

Ergebnisse transferiert und über ein eigens entwickeltes EDV-Programm 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). In den vorliegenden Untersuchungen wurde im Intervall von 30 Minuten jeweils eine Messung des pH-Wertes und der Temperatur vorgenommen.

Die pH-Sonden (n=5) wurden bei 5 pansenfistulierten Ochsen unter 3 verschiedenen Fütterungsbedingungen zur Messung des Pansen-pH-Wertes und der Temperatur eingesetzt. Diese Fütterungsversuche wurden jeweils als Exaktversuch ausgeführt, also mit Ein- und Rückwaage der eingesetzten Futtermittel (Ausnahme Weide) samt wöchentlicher Futtermittelanalysen (WEENDER-Analyse, Mineralstoff- und Spurenelementanalyse).

Nach einer Anpassungsphase an die jeweiligen Rationsbedingungen (14 Tage) wurden folgende Fütterungsversuche durchgeführt:

Fütterungsversuch 1: 100 % Heufütterung ad lib.: Die Tiere erhielten ausschließlich Heu mittlerer Qualität (RFA 28,5%, RP 9,7%, 5,6 MJ NEL), die Futteraufnahme betrug durchschnittlich 13,5 kg T.

Fütterungsversuch 2: Täglich Weidegang (ab 4:30 bis 16:30 Uhr) und Grundfuttermitteln abends ad lib. (17:00 Uhr bis 4:00 Uhr). Die Grundfütterration abends bestand zu jeweils einem Drittel Heu (Qualität siehe Versuch 1), Grassilage (29,6% RFA, 13,5% RP, 5,7 MJ NEL) und Maissilage (20,9% RFA, 8,6% RP, 6,3 MJ NEL), wobei die durchschnittliche Futteraufnahme bei 7,2 kg T lag. Das Weidefutter hatte durchschnittlich 18 % RFA, 25,5% RP und 6,4 MJ NEL.

Fütterungsversuch 3: 50 % Grundfutter (jeweils 1 Drittel Heu, Grassilage und Maissilage und 50 % Kraftfutter). Hier wurde nicht ad libitum sondern rationiert gefüttert. Für die Ration wurde eine Gesamtfutteraufnahme von 12 kg T zu Grunde gelegt. Die Grundfütterration bestand zu jeweils einem Drittel Grassilage, Maissilage und Heu (Qualitäten siehe Versuche 1 und 2). Das Kraftfutter (7,3% RFA, 18,2% RP, 7,5 MJ NEL) setzte sich aus 20 % Gerste, 21 % Mais, 12 % Weizen, 10 % Trockenschnitte, 10 % Weizenkleie, 20 % Sojaschrot und 7 % Rapsextraktionsschrot



zusammen, wovon täglich von jedem Tier 6 kg T, aufgeteilt auf 2 Teilgaben, aufgenommen wurden. Diese Teilgaben wurden jeweils um 6:00 Uhr und 12:00 Uhr gegeben.

Wasser stand den Tieren in allen 3 Versuchen ad lib. in Form von Selbsttränkern zur Verfügung, die Wasseraufnahme wurde nicht gemessen.

Aufgrund der Bauart (Länge 180 mm, Durchmesser 36 mm und Gewicht 208 g) kann die Sonde einem erwachsenen Rind per os eingegeben werden. Die definierte Lage der Messsonden in den vorliegenden Untersuchungen war am ventralen Bereich des Retikulums. Die Sonden wurden über die Pansenfisteln in diesen Vormagenbereich eingelegt.

Nach der Kalibration der Sonden mittels Eichlösungen (jeweils 4 Stunden in pH 4 und in pH 7) wurden der Pansen-pH-Wert und die Temperatur im Vormagenbereich gemessen, nach Beendigung der Messungen wurden die Sonden aus dem Vormagenbereich über die Pansenfistel entfernt und einer neuerlichen Kalibration mit den Eichlösungen wie beschrieben unterzogen. Diese Messungen wurden zur Validierung der Ergebnisse herangezogen.

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

Abbildung 1: Intraruminale pH-Datenmesseinheit für Rinder mit kabelloser Datenübertragung

Abbildung 2: Intraruminale pH-Datenmesseinheit

## **Ergebnisse**

Die Futteraufnahmen und das Fressverhalten der mit einem Sensor bestückten Tiere waren nicht beeinträchtigt. Bei allen Messdurchgängen konnte die Messsonde zu Ende des Versuches wieder im Retikulum vorgefunden werden. Der intraruminale Einsatz der Messeinheiten wurde sowohl vom äußeren Kunststoffmaterial der Sonden als auch von den inneren Bauteilen unbeschadet überstanden. Für das Auslesen per Funk der im Vormagenbereich gemessenen Daten für den pH-Wert und die Temperatur wurde jeweils links des entsprechenden Tieres in einem Abstand

von 5 m die Empfangsstation angebracht. Die Funkübertragung der Daten nahm jeweils etwa 1 Minute in Anspruch und funktionierte ohne Probleme.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Messsonden jeweils in das Retikulum eingelegt.

Ergebnisse 100 % Heufütterung ad lib.:

Abb. 3: 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 ( $p < 0,05$ ). Die gemessene Temperatur zeigt keine Beziehung zu den Fütterungszeiten, wohl aber zu Perioden der Wasseraufnahme. Der mittlere pH lag bei  $6,49 \pm 0,39$  und der tiefste gemessene Wert bei pH 6,14.

Ergebnisse täglich Weidegang und Grundfutter abends ad lib

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

Die mittlere Temperatur im Pansen betrug  $38,12 \pm 0,80^\circ \text{C}$  und der mittlere pH-Wert  $6,36 \pm 0,22$ . Der tiefste gemessene Wert war pH 5,34 während der Weidephase und pH 6,16 während der Grundfutterphase. Die Futteraufnahme auf der Weide hatte einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert im Vormagenbereich ( $p < 0,05$ ).

Ergebnisse 50% Grundfutter: 50 % Kraftfutter:

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

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

Zur Validierung der Messergebnisse wurden die verwendeten Sonden vor und nach jedem Einsatz in pH-Eichlösungen eingelegt und diese Werte miteinander verglichen. Der Korrelationskoeffizient lag für alle Sonden im Mittel bei 0,9987.

Tab. 1: Angaben zur Validierung der 5 verwendeten Messsonden

Tab. 2: Ergebnisse aus den Fütterungsversuchen

## **Diskussion**

Die beschriebenen Versuche wurden an 5 pansenfistulierten Rindern vorgenommen. Da das Herstellen einer Pansenfistel laut Tierversuchsgesetz genehmigungspflichtig ist, musste mit diesem Stichprobenumfang (n=5) das Auslangen gefunden werden. Das vorgestellte Messsystem stellt die erste Beschreibung einer drahtlosen Übertragung von kontinuierlich erhobenen Messdaten (Temperatur und pH-Wert) aus dem Vormagensystem von Rindern unter exakt definierten Rationsbedingungen dar. ALZAHAL et al. (2007) stellten ein System zur kontinuierlichen Messung der Temperatur und des pH-Wertes im Vormagen von Rindern vor, allerdings wurden die Daten via Kabel über die Pansenfistel auf eine außen am Rind montierte Speichereinheit übertragen. Ähnliche Systeme wurden auch von anderen Autoren verwendet (DATE u. ALLEN, 1993; COTTE et al., 2004; DUFFIELD et al., 2004; KEUNEN et al., 2002; PENNER et al., 2006; RUSTOMO et al., 2006).

Das Eingeben per os der vorgestellten pH-Sonden an ein erwachsenes Rind ist aufgrund seiner Abmessungen, Stabilität und Torpedoform möglich und wurde versuchsweise auch erfolgreich durchgeführt. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden die Messeinheiten aber jeweils über eine Pansenfistel in das Retikulum eingelegt und nach der definierten Messdauer wieder entfernt. ALZAHAL et al. (2007) legten ihre Messsonde ebenfalls über die Pansenfistel ein, allerdings in den ventralen Pansensack. In den vorliegenden Untersuchungen wurden die Messsonden auf den Boden des Retikulums eingelegt. Diese Entscheidung wurde getroffen, weil die künftige beabsichtigte orale Verabreichung der Sonden zur Folge hat, dass die Sonde dann auch aller Wahrscheinlichkeit nach in der Haube und nicht im ventralen Pansensack zu liegen kommen wird. Um eine entsprechende

Vergleichbarkeit der Messergebnisse unter verschiedenen Rationsbedingungen zu gewährleisten, wurde diese Vorgangsweise gewählt.

Zur Überprüfung und zur Instandhaltung Messsystems wurde der Versuch an pansenfistulierten Rindern durchgeführt. Dadurch konnten die Messsonden nach jeder Messperiode aus der Fistel entfernt, gewartet und das System mittels Eichlösungen regelmäßig validiert werden.

Da die Energieversorgung der Sonde noch eine limitierende Größe hinsichtlich der Messdauer darstellt, wurden die Sonden an pansenfistulierten Rindern (n=5) erprobt. Die Temperatur im Vormagen wurde bei reiner Heufütterung ( $38,40 \pm 0,70^\circ \text{C}$ ) signifikant durch die Wasseraufnahme beeinflusst. Dies trifft auch auf die Versuche 2 ( $38,12 \pm 0,80^\circ \text{C}$ ) und 3 ( $38,55 \pm 0,83^\circ \text{C}$ ) zu, die gemessene Temperatur zeigte jedoch in keinem der Versuche eine statistische Beziehung zum Fütterungszeitpunkt. Das unperiodisch auftretende, signifikante Absinken der Temperatur (negative peaks) korrelierte jedoch zeitlich mit der Wasseraufnahme der Tiere (Beobachtungen) und erklärt die aufgetretenen Schwankungen. Der pH-Wert im Vormagen wurde durch die Wasseraufnahme zwar numerisch, nicht aber signifikant verändert. Dieser Umstand kann mit dem Verdünnungseffekt erklärt werden.

Durch die Fütterung wurde die Temperatur im Vormagen ebenfalls signifikant beeinflusst, wobei die niedrigsten Temperaturen bei Weidefütterung mit Heuzufütterung und die höchsten Temperaturen bei Kraffutterfütterung vorgefunden wurden. Die Temperatur im Pansen ist in erster Linie Ausdruck der mikrobiologischen Umsetzungsvorgänge und deshalb bei Zufütterung von rasch fermentierbaren Kohlenhydraten am höchsten (MISHRA et al., 1970; OETZEL, 2003), was auch in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden konnte. ALZAHAL et al. (2007) fanden in ihren Untersuchungen, dass die ruminale Temperatur eine negative Korrelation ( $R^2=0,77$ ) zum pH-Nadir zeigte und schlossen aus dieser Beobachtung, dass das auch ein Hinweis auf einen bestehenden Pansenazidose sein kann. Inwieweit die Messung der Temperatur im Vormagenbereich Hinweise auf die innere Körpertemperatur geben kann oder ob sich positive Korrelationen herstellen lassen, kann anhand der vorhandenen Daten nicht beantwortet werden. Die innere Körpertemperatur der in den beschriebenen Versuchen verwendeten Tiere wurde nicht gemessen.

Bei Weidefütterung mit Zufütterung von Heu zeigten sich die tiefsten Temperaturen im Pansen. Der Umstand, dass die Tiere während der Weidehaltung im Freien auch

der Sonne ausgesetzt waren, dürfte zu einem erhöhten Wasserkonsum und damit insgesamt zu geringeren Temperaturen im Vormagen geführt haben. Zusätzlich hat Weidefutter im Vergleich zu den anderen eingesetzten Futtermitteln den höchsten Wassergehalt (ca. 85 %) und die aufgenommene Frischmasse ist daher deutlich höher als bei trockenerem Futter, wodurch die Temperatur im Pansen deutlicher und nachhaltiger abgesenkt werden dürfte. In jedem Fall treten bei den Tieren unter Weidehaltung mehr negative peaks im Temperaturverlauf auf, als das bei den beiden anderen Fütterungsvarianten der Fall war. Dies dürfte auch mit den bevorzugten Fresszeiten (jeweils nach dem Austrieb, zu Mittag und wieder am späten Nachmittag) der Tiere zusammenhängen.

Der mittlere pH-Wert im Vormagen lag bei reiner Heufütterung bei  $6,49 \pm 0,39$  und der tiefste gemessene Wert bei pH 6,14. Dieser Bereich entspricht dem physiologischen Niveau des Pansen-pH-Wertes (VAN SOEST, 1982).

Der mittlere pH-Wert im Vormagen betrug bei Fütterungsversuch 2  $6,36 \pm 0,22$ . Der tiefste gemessene Wert war pH 5,34 während der Weidephase. Damit lag der pH-Wert eindeutig im azidotischen Bereich (VAN SOEST 1982). Die Futteraufnahme auf der Weide hatte einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert im Pansen. Während bzw. nach der abendlichen Heufütterung lag der tiefste pH-Wert bei pH 6,16, womit der pH-regulierende Effekt des rohfaserreichen Futters demonstriert wird.

Bei Fütterungsvariante 3 lag der mittlere pH-Wert bei pH  $6,37 \pm 0,24$ . Der tiefste Wert war mit pH 5,29 im stark azidotischen Bereich. Das Absinken des Pansen-pH-Wertes korrelierte signifikant mit der Verabreichung von Kraftfutter und entspricht auch den Angaben von OWENS et al. (1998). STEINGASS und ZEBELLI (2008) führen an, dass zur Aufrechterhaltung physiologischer Bedingungen der pH Wert im Pansen im Mittel 6,32 betragen soll.

Die vorgestellten Versuchsergebnisse wurde an 5 pansenfistulierten Ochsen durchgeführt, deren tägliche Futteraufnahme von 12-13 kg T aufgrund ihrer fehlenden Milchleistung bei etwa nur der Hälfte einer laktierenden Kuh liegt. Dementsprechend sind diese Angaben nur für Rinder mit niedriger Futteraufnahme repräsentativ, für Tiere mit höheren Futteraufnahmen müssten diese Daten erst durch entsprechende Versuche ermittelt werden.

Das vorgestellte Messsystem erlaubt exakte Zeitangaben, wie lange sich der pH-Wert unter einem definierten Niveau befand. Als Grenzwerte wurde in den vorliegenden Untersuchungen  $< \text{pH } 5,5$ ,  $< \text{pH } 5,8$  und  $< \text{pH } 6,2$  gewählt.

Im Rahmen der Validierung der Messergebnisse konnte für die Ergebnisse der verwendeten Sonden ein Korrelationskoeffizient von 0,9987 ermittelt werden. Diese Methode der Evaluierung erscheint vorteilhafter als die Methode von ALZAJAL et al. (2007), die an 3 Zeitpunkten täglich (0900, 1300, 1600) Pansensaft per Pansenfistel entnahmen, den pH-Wert per pH-Meter ermittelten und diese Werte mit dem Ergebnis der Sonde verglichen. Der dabei ermittelte Korrelationskoeffizient betrug 0,88.

Die Ergebnisse zeigen, dass das vorgestellte System zur Messung des pH-Wertes und der Temperatur im Vormagenbereich des Rindes eine innovative und verlässliche Grundlage zur Klärung wissenschaftlicher Fragestellungen hinsichtlich der Pansenphysiologie und Pansenpathologie darstellt. So kann nun etwa auch der zeitliche Verlauf des pH-Wertes in den Vormägen unter verschiedenen Rationsbedingungen dokumentiert werden. Zeitphasen mit azidotischer Belastung können durch dieses System exakt erkannt auch zeitlich definiert werden. Da die Sonden aufgrund der verwendeten Bauteile als potentiell mit Schwermetallen behaftet anzusehen sind, müssen die Sicherheit und Stabilität der Sonden gewährleistet sein. Die Frage, ob ein eingegebener Sensor bei längerer Verweildauer inert bleibt und eine negative tiergesundheitsliche Auswirkung ausgeschlossen werden kann, ist daher noch durch Langzeitversuche zu klären. Denn nur bei entsprechender Sicherheit kann auch ein routinemäßiger Einsatz unter Praxisbedingungen an Lebensmittel liefernden Tieren stattfinden.

Da die vorgestellten Messsonden einem adulten Rind auch per os eingegeben werden können, dürfte es nur eine Frage der Zeit und der Kosten sein, bis ein adaptiertes, verbessertes und nachweislich sicheres System auch unter praktischen Bedingungen, vorzugsweise in Großbetrieben, zur Überwachung von Rationen und der Tiergesundheit („Indikatortiere“) zum Einsatz kommt.

### **Mitteilung und Danksagung**

Für die vorliegenden Untersuchungen an pansenfistulierten Rindern liegt eine Tierversuchsgenehmigung lt. TVG vom zuständigen Amt der Steiermärkischen Landesregierung vor (GZ FA 8C-41A1/24-04 bzw. Verlängerungsantrag GZ 68205/89-C/gd/2007).

Wir möchten uns auf diesem Weg bei den Vertretern der zuständigen Behörde, des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, namentlich bei Fr. Dr. Gertraud Odörfer und Fr. Mag. Beate DeRoja für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Ein weiterer Dank gilt den Mitarbeitern der vorgesetzten Dienststelle, dem BMLFUW, für die freundliche Genehmigung und Unterstützung des Projektes „Pansensor“.

### **Literatur**

AIZAHAL, O., KEBRAEB, 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.

COOPER, R.J., KLOPFENSTEIN, T.J., STOCK, R.A., MILTON, C.T., HEROLD, D.W., PARROTT, J.C. (1999): Effects of imposed feed intake variation on acidosis and performance of finishing steers. *J. Anim. Sci.* **77**, 1093-1099.

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. (1990): Verdauungsapparat in ROSENBERGER, G. (Ed.): Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Aufl., Verlag Paul Parey Berlin-Hamburg, 288-400.

DUFFIELD, T., PLAICIER, J.C., FAIRFIELD, A., BAGG, R., VESSIE, G., DICK, P., WILSON, J., AAMINI, 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 Zootechnika*, **20**, 16-29.

GANTKE, S.M, NUSS, K., KÖSTLIN, R. (1998): Röntgenbefunde bei der Klauenreihe des Rindes. *Tierärztl. Praxis* **26**, 239-246.

GASTEINER, J. (2001): Grundlagen zu den Verdauungsvorgängen beim Rind (Anatomie, Physiologie, Mikroflora). Bericht zur Viehwirtschaftlichen Fachtagung, **28**, 69-75.

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

JOHNSON, V.W., SUTTON, J.D. (1968): The continuous recording of the pH in the bovine rumen. *Br. J. Nutr.* **22**, 303-307.

KEUNEN, J.E., PLAIZIER, J.C., KYRIAZAKIS, L., DUFFIELD, T.F., WIDOWSKY, 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.* **12**, 3304-3313.

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.

MCARTHUR, J.M., MILTIMORE, J.E. (1968): Continuous recording of the in vivo rumen pH in fistulated cattle. *Can. J. Anim. Sci.* **48**, 237-240.

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

LISCHER, C.J., OSSENT, P. (2002): Pathogenesis of sole lesions attributed to laminitis in cattle. *Proc. 12<sup>th</sup> Int. Symp. Lameness in Ruminants*, 82-89.



MISHRA, M., MARTZ, F.A., STANLEY, R.W., JOHNSON, H.D., CAMPBELL, J.R., HILDERBRAND, E. (1970): Effect of diet and ambient temperature-humidity on ruminal pH, oxidation reduction potential, ammonia and lactic acid in lactating cows. *J. Anim. Sci.* 30, 1023-1028.

NOCEK, J., E., ALLMAN, 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., 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. (2003): Herd-Based Diagnosis of Subacute Ruminant Acidosis, American Association of Bovine Practitioners, Proc. 36<sup>th</sup> Annual Conference, Sept. 15-17, 2003-Columbus, USA, 17-23.

OETZEL, G.R. (2003): Herd-Based Biological Testing for Metabolic Disorders, American Association of Bovine Practitioners, Proc. 36<sup>th</sup> Annual Conference, Sept. 15-17, 2003-Columbus, USA, 1-16.

OSSENT, P., GREENOUGH, P.R., VERMUNT, J.J. (1997): Laminitis. In Lameness in cattle (GREENOUGH, P.R., WEAVER, A.D.) 277-292, Saunders Company, Philadelphia.

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.

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, 22.6.2007 Tierklinik Leipzig, D., 16.19.

SMITH, V.R. (1941): In vivo studies of hydrogen ion concentrations in the rumen of the dairy cow. J. Dairy Sci. **24**, 659-665.

STEINGASS, H., ZEBELLI, Q.(2008): Strukturbewertung von Rationen für Wiederkäuer. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.-10. April 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein **35**, 27-33

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.

VAN SOEST, P.J. (1982): Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publ. Association of the Cornell University Press, Ithaka and London.

**Anschriften der Verfasser:**

Dr. Johann Gasteiner (ECBHM),  
Leiter des Institutes für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit (Leiter)  
LFZ Raumberg- Gumpenstein, A-8952 Irdning; Tel: ++43/3682/22451-360;  
Fax: ++43/3682/22451-210;  
e-mail: [Johann.Gasteiner@raumberg-gumpenstein.at](mailto:Johann.Gasteiner@raumberg-gumpenstein.at)

Mag. Med. vet. Katrin Schneider  
Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit  
LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning;

Johann Häusler  
Institut für Nutztierforschung  
LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning; Tel: ++43/3682/22451-376;

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

e-mail: [Johann.Häusler@rauberg-gumpenstein.at](mailto:Johann.Häusler@rauberg-gumpenstein.at)

DI Stefan Rosenkranz

Science Park Graz

Plüddemangasse 39

A-8010 Graz

e-mai: mario@fallast.com

Mario Fallast  
Science Park Graz  
Plüddemangasse 39  
A-8010 Graz  
e-mail: Stefan.Rosenkranz@gmx.at

Mag. Thomas Guggenberger  
Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit  
LFZ Raumberg- Gumpenstein, A-8952 Irdning; Tel: ++43/3682/22451-376;  
Fax: ++43/3682/22451-210;  
e-mail: Thomas.Guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Abbildung 1

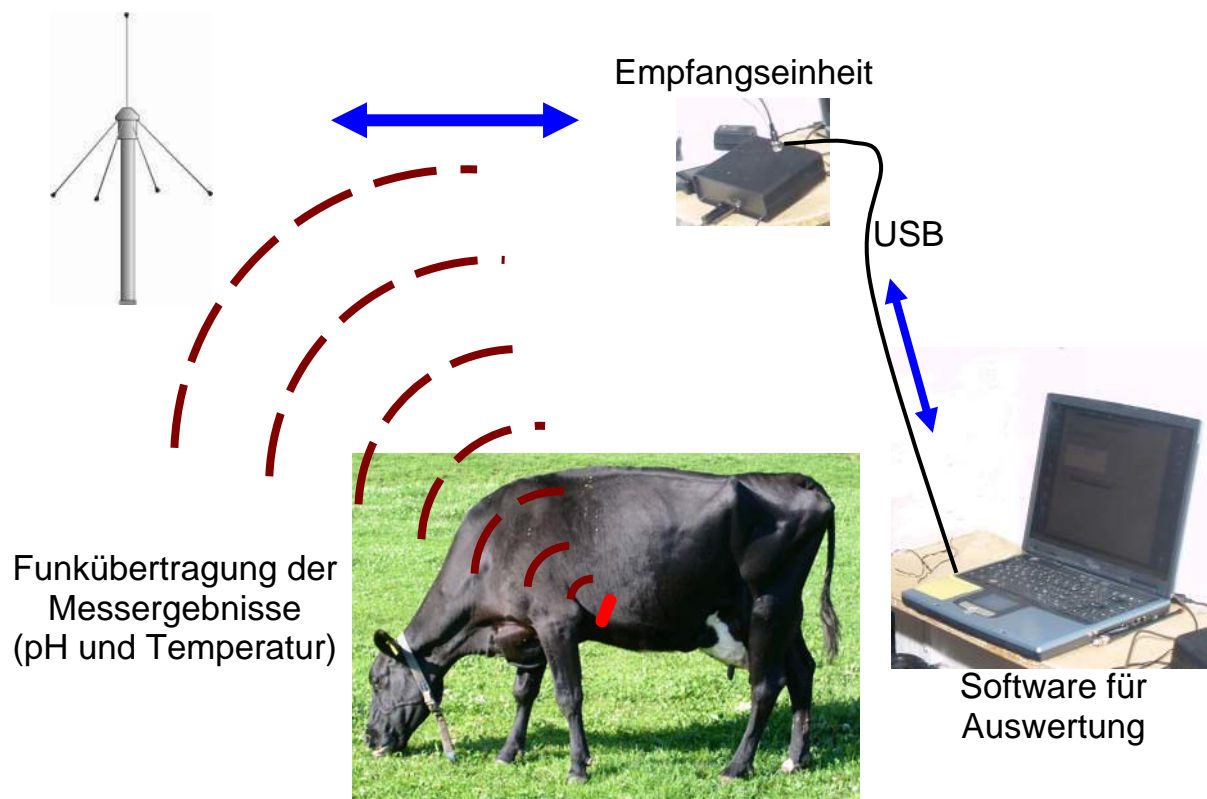


Abbildung 3

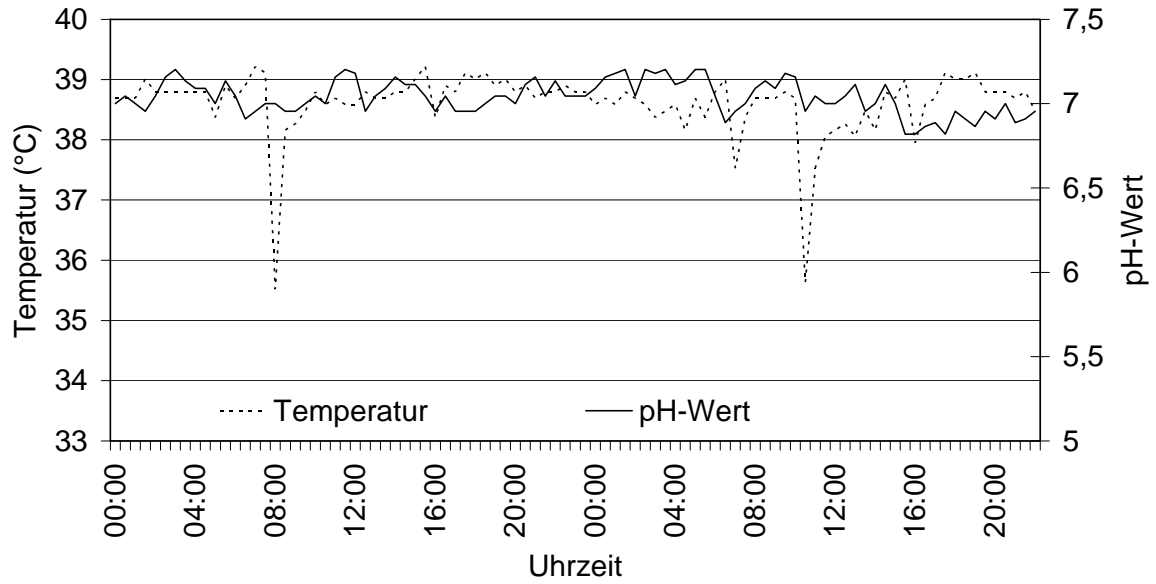


Abbildung 4

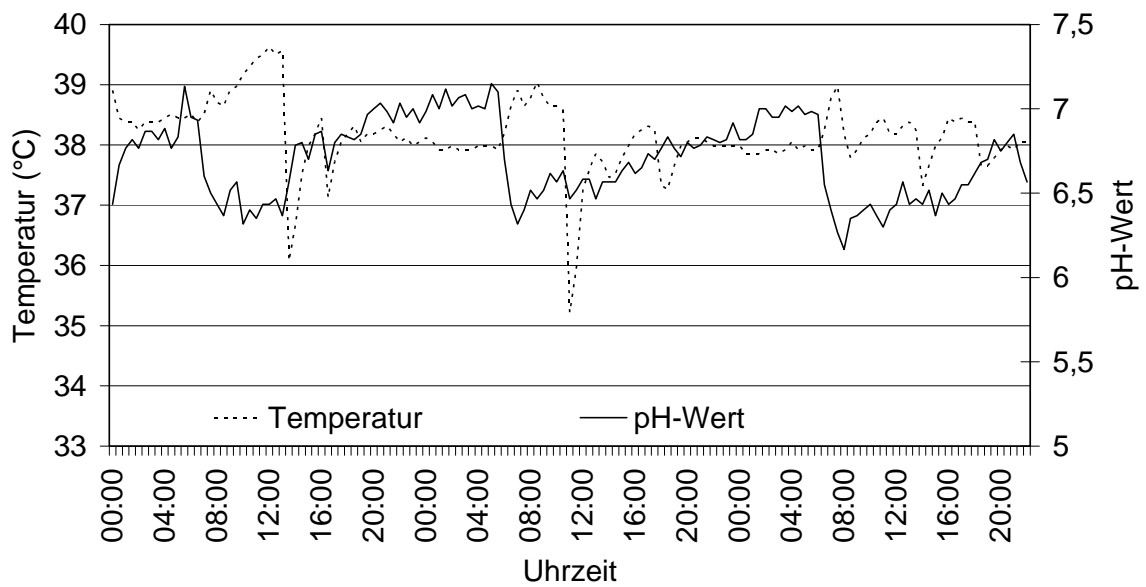


Abbildung 5

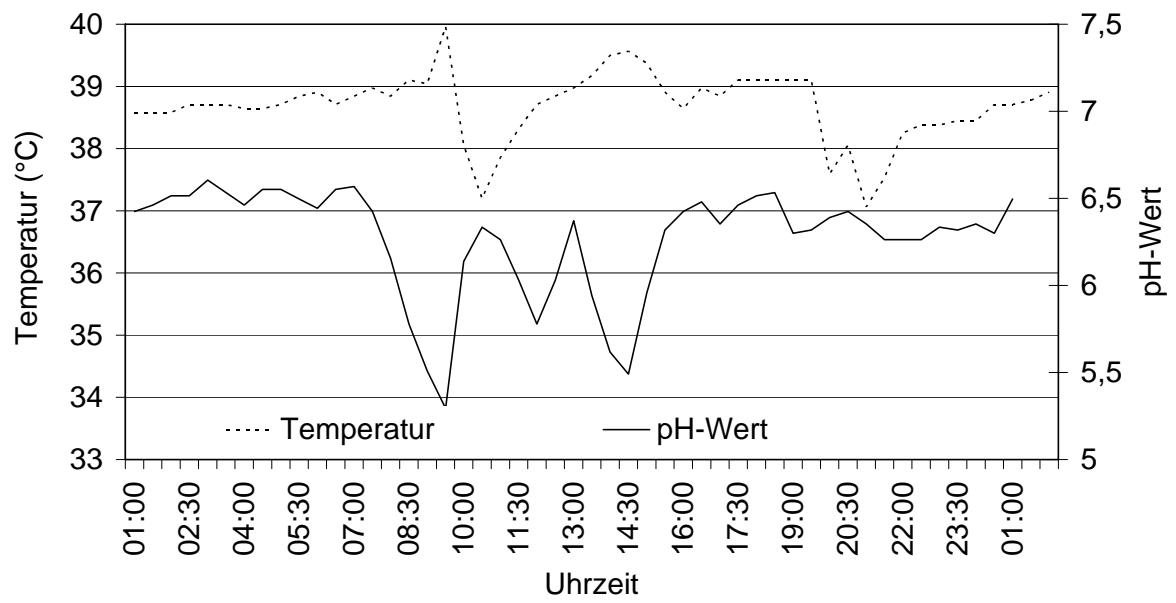


Abbildung 2





Tabelle 1

	Eichlösung pH 4	Eichlösung pH 7
Anzahl Messungen	42	42
Drift absolut	0,197 ± 0,070	0,107 ± 0,088
Drift (%)	2,44 ± 1,76	1,53 % ± 1,26

Tabelle 2

Zeit (%)	< pH 5,5	< pH 5,8	< pH 6,2
Fütterungsversuch 1	0	0	55,6
Fütterungsversuch 2	12,1	18,9	44,2
Fütterungsversuch 3	3,0	16,6	53,5