

# Automatisches Messen der Kaubewegungen bei Wiederkäuern mit Hilfe eines Drucksensors

Franz Nydegger<sup>1</sup>, Lorenz Gygax<sup>2</sup> und Wendelin Egli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

<sup>2</sup>Zentrum für tiergerechte Haltung von Wiederkäuern und Schweinen, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

<sup>3</sup>MSR Electronics GmbH, 8444 Henggart

Auskünfte: Franz Nydegger, E-Mail: franz.nydegger@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 33 16



Die Erfassung der Kauaktivität dient der Früherkennung von Stoffwechselproblemen. (Foto: ART)

## Einleitung

Die Leistungssteigerung in Milchviehherden führt zu einem vermehrten Einsatz von Futtermitteln mit einer hohen Energiedichte. Bei der Grundfutterkonservierung wird mit dem Ziel einer besseren Verdichtung das Siliergut stark zerkleinert. Dies kann zu einer Senkung der Strukturkomponenten der Ration und somit einer verringerten Kau- und Wiederkauaktivität führen. Ein hoher Anteil fermentierbarer Kohlenhydrate bei gleichzeitig verminderter Kau- und Wiederkauzeiten kann zu

Stoffwechselstörungen wie subakuter oder akuter Pansenazidose führen. Die Kau-, Wiederkau- und Fressaktivität hat als bedeutender Verdauungs- und Stoffwechselparameter hohe Aussagekraft. Eine automatische Erfassung der Kau- und Wiederkauaktivität von Wiederkäuern kann deshalb frühzeitig Hinweise auf Fütterungsfehler geben und somit die Entscheidung für eine Anpassung der Ration erleichtern. Die auf dem Markt erhältlichen Geräte sind entweder für den Einsatz in Laufställen mit Selbstfangfressgittern nicht geeignet, oder sie lassen keine Erfassung der einzelnen Kauschläge zu. Deshalb wurde an ART in Zusammenarbeit mit der Firma MSR Electronics, der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaft (ZHAW) und der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP ein neuer Kausensor entwickelt.

## Material und Methoden

### Beschreibung und Funktionsweise

Der neu entwickelte Kausensor erlaubt die Messung der Kauaktivität am Tier, ohne dieses dabei in seinem natürlichen Verhalten zu beeinträchtigen (Abb. 1). Ein Halfter dient zur Aufnahme der Messeinheit bestehend aus einem Nasenbandsensor (NBS) und einem MSR Logger 145. Der NBS besteht aus einem mit pflanzlichem Öl gefüllten Silikonschlauch mit eingebautem Drucksensor und wird in die Schutzhülle über dem Nasenrücken der Kuh eingeführt. Durch die Kieferbewegungen der Kuh wird die Krümmung des Nasenbandes verändert, was eine Druckänderung im Silikonschlauch bewirkt. Der Drucksensor ist mit einem Kabel am MSR-Logger angeschlossen. Der Logger befindet sich in der Schutztasche auf der linken Seite der Halfter. Der Logger registriert den Druck im NBS mit einer Frequenz von 10 Hertz. Die Speicherkapazität der eingesetzten Logger beträgt rund 2 Mio. Messwerte, was für eine Aufzeichnungsdauer von rund 40 Stunden ausreicht. Die Start- und Endzeiten für die Aufzeichnung können über die Ver-



**Abb. 1** | Das Mess-Set besteht aus einem Drucksensor und einem Datalogger (MSR145) die in einem Futter und einer Tasche am Nasenband der Halfter untergebracht sind. (Fotos: ART)

bindungssoftware im Logger programmiert werden. Die Datenübertragung auf einen PC erfolgt über einen USB-Anschluss mit der Software MSR Reader.

#### Datenauswertung

Für die Auswertung erstellte Andreas Scheidegger (ZHAW) eine auf «R» basierte Software. Das Verhalten der Kuh wird anhand der gemessenen Druckdaten in vier Gruppen eingeteilt: «Wiederkauen», «Fressen im Stall», «Weiden» und «Andere Aktivitäten».

#### Erstellen von Lerndateien

Die Software MSR-Viewer erlaubt eine erste Sichtung der Druckverläufe. Die Druckverläufe der verschiedenen Aktivitäten lassen sich am Bildschirm optisch gut unterscheiden. Von jedem File erstellt die auswertende Person Lerndateien (rund 10 Minuten Länge) der vier Aktivitäten speichert diese ab und setzt die File-Namen in einer Steuertabelle ein, auf die die Software bei der Auswertung zugreift.

#### Klassifikation der Druckdaten

Da die Druckdaten eine Zeitreihe bilden, müssen für die Klassifikation daraus zuerst geeignete «Objekte» gebildet und mit Variablen beschrieben werden. In diesem Fall werden die einzelnen Kauschläge klassifiziert. Dann kann die Klassifikation auf die zu den Kauschlägen gehörigen Ausschnitte übertragen werden.

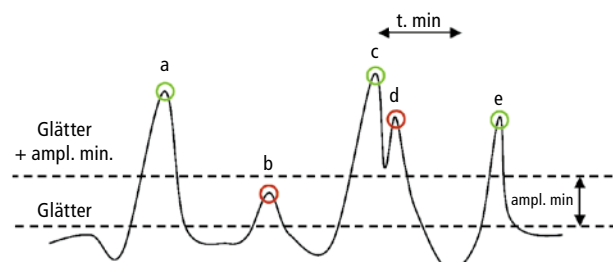
Bei der Auswertung werden zuerst die Kauschläge identifiziert. Als Kauschlag wird im Folgenden eine eindeutige Kieferbewegung bezeichnet, die sich im Druckverlauf als Peak zu erkennen gibt. Die Erkennung erfolgt ähnlich, wie Rutter (1997) sie für die Software Graze 0,8 beschrieben hat: Damit ein Peak im Druckverlauf als Kauschlag erkannt wird, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

**Zusammenfassung**

Die Wiederkauaktivität gilt als wichtiger, nicht invasiv messbarer Parameter für die Früherkennung von Stoffwechselproblemen bei Wiederkäuern. Herkömmliche Wiederkausensoren weisen vor allem beim Einsatz im Stallbereich Nachteile auf. Der neu entwickelte ART-Wiederkausensor enthält einen Nasenbandsensor bestehend aus einem mit Flüssigkeit gefüllten Schlauch und Drucksensor, einem Datalogger und der Software für die Auswertung. Die Daten werden über eine USB-Schnittstelle auf den PC übertragen. Die auf R basierende Software weist aufgrund von Lerndateien die einzelnen Kauschläge den Aktivitäten «Wiederkauen» «Fressen» und «Andere Aktivitäten» zu. Die Validierung hat ergeben, dass die Geräte zuverlässig arbeiten und dass die Übereinstimmung der optischen Auswertung mit der automatischen Auswertung sehr hoch ist. Der ART-Wiederkausensor eignet sich für den Einsatz zu Forschungs- und Beratungszwecken. Für den Einsatz in der breiten Praxis sind weitere Entwicklungsschritte notwendig und in Arbeit.

1. Die Amplitude des Peaks muss genügend gross sein. Es wird ein Mediänglätter durch die Druckdaten gelegt. Dabei wird an jedem Punkt der Median der 101 umliegenden Punkte als Glätterwert genommen (an den Rändern wird die Breite immer mehr verringert, damit auch dort ein Wert berechnet werden kann). Alle lokalen Maxima müssen mindestens um 25 Millibar über dem Glätter liegen, damit sie als Kauschlag erkannt werden können. Der zeitliche Abstand zwischen zwei Peaks darf nicht geringer als 0,6 Sekunden sein.

Wenn zwei Peaks Bedingung 1 erfüllen, aber zu nahe beieinander stehen, wird nur der grössere der beiden >



**Abb. 2** | Bestimmung der Kauschläge. Nach dem ersten Kriterium der minimalen Amplitudenhöhe (ampl.min) fällt der Peak b als Kauschlag weg. Da der zeitliche Abstand der Spitzen c und d kleiner als der Minimalabstand (t.min) ist, wird nur der grössere Peak als Kauschlag erkannt. Für den Peak e ist nun der Abstand zu Peak c massgeblich.

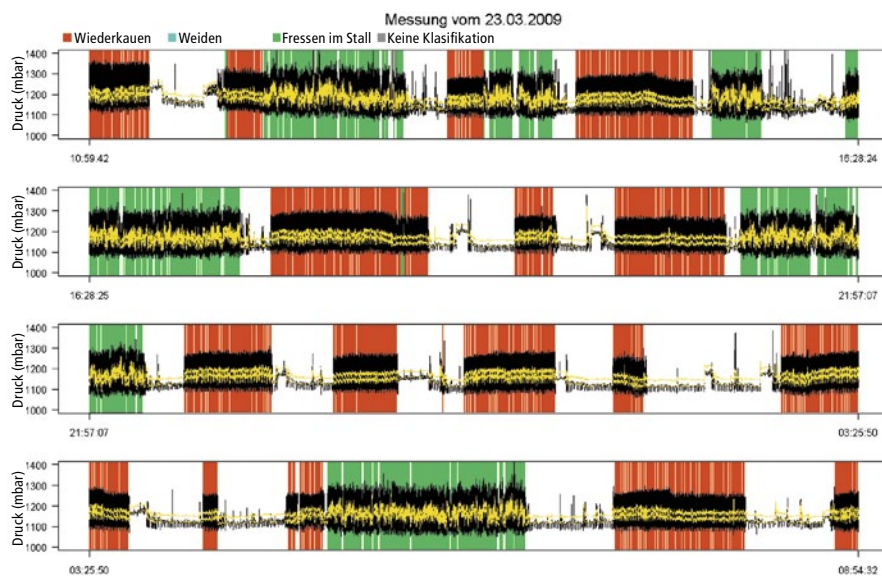


Abb. 3 | Aufzeichnung und Analyse der Wiederkau- und Fressaktivität einer Kuh über 22 Stunden.

als Kauschlag erkannt. Nahe aufeinander folgende Kauschläge werden zu einem Block zusammengefasst. Es wird davon ausgegangen, dass eine Kuh während eines Blocks nicht verschiedenen Aktivitäten nachgehen kann. Beim Wiederkauen bilden die Kauschläge für einen Bolus jeweils einen Block. Blöcke werden nach folgender Regel gebildet (Abb. 2):

1. Alle Kauschläge die näher als 0,3 Sekunden beieinander liegen werden demselben Block zugeordnet.
2. Blöcke müssen mindestens zehn Kauschläge aufweisen. Hat ein Block weniger Kauschläge, werden die Kauschläge keinem Block zugeteilt.

Um die Kauschläge klassifizieren zu können, wird ihre Umgebung mit 13 Variablen beschrieben. Es sind dies zum Beispiel die Streuung der Höhe der Ausschläge der 20 vorhergehenden und 20 nachfolgenden Kauschläge, die Variabilität des Druckverlaufs zehn Sekunden vor und nach dem Kauschlag, die Regelmässigkeit der Kaufrequenz etc.

### Validierung der Auswertesoftware

Damit die Auswertung der Aktivitäten durch die Software überprüft werden konnte, wurden Messungen mit vier Rationen und zwei Tiergruppen mit 12 bis 15 Milchkühen durchgeführt.

### Lerndateien

In einem ersten Schritt wurde überprüft ob eine Lerndatei mehrfach verwendet werden kann. Dies wurde durch das Vergleichen eines Tagesdruckverlaufs, der mit unterschiedlichen Lerndateien klassifiziert wurde für folgende Fälle geprüft.

Zwei unterschiedliche Lerndateien eines Tieres von einem Tag. Dazu wurde vom gleichen Tag ein zweiter Satz Lerndateien für Fressen, Wiederkauen und andere Aktivitäten erstellt.

Zwei unterschiedliche Lerndateien eines Tieres von zwei verschiedenen Tagen. Die Klassifikation des Tagesdruckverlaufes erfolgte dabei mit Lerndateien eines anderen Tages derselben Kuh.

Zwei unterschiedliche Lerndateien von zwei verschiedenen Tieren bei gleicher Futterration. Der Tagesdruckverlauf wurde mittels Lerndateien einer anderen Kuh aus derselben Futtergruppe klassifiziert.

Zwei unterschiedliche Lerndateien von zwei verschiedenen Tieren bei unterschiedlicher Futterration. Der Tagesdruckverlauf wurde mittels Lerndateien einer anderen Kuh aus der anderen Futtergruppe klassifiziert.

Verwendung einer Standardlerndatei für andere Aktivitäten. Für alle Tage und alle Kühe wurde dieselbe Lerndatei für die Klassifizierung von anderen Aktivitäten verwendet.

Tab. 1 | Beispiel der Resultate zu Kauaktivität

Gruppe	Kuh	Datum	Futter	WK-Dauer	Boli	WK-Schläge	Fressdauer	Fressen Kauschläge
	Nr.			min	Anzahl	Anzahl	min	Anzahl
G2	2	23.03.09	Mais	447,1	476	28127	307,6	18812

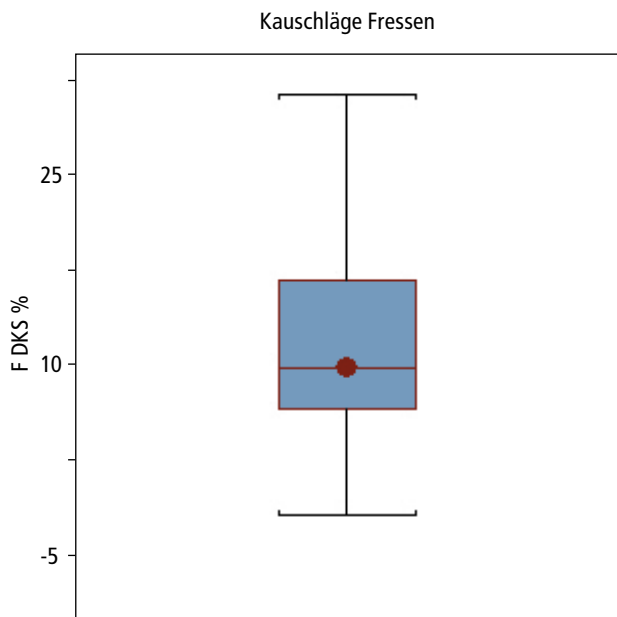


Abb. 4 | Abweichung der automatisch ausgewerteten Kauschläge in Prozent (F DKS %) des optisch erfassten Werts beim Fressen im Stall.

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Individuen mit einer einzigen Lerndatei für andere Aktivitäten klassifiziert werden können. Es ist aber nicht möglich, alle unterschiedlichen Individuen mit lediglich einem Lerndatensatz auszuwerten. Es müssen also für jede Messung Lerndateien für Fressen und Wiederkauen jedes Individuums erstellt werden.

#### Vergleich optische mit automatischer Beurteilung

Aus 145 Messfiles wurden 60 Zufallsstichproben von jeweils fünf Minuten gezogen. Die Stichproben wurden danach einerseits optisch mit Hilfe des MSR-Viewer beurteilt und andererseits automatisch ausgewertet. Beurteilt wurde die Übereinstimmung der Aktivitätszuteilung, die Kauschläge bei den Aktivitäten «Fressen im Stall» (Kauschläge in der Stichprobe) und «Wiederkauen» (Anzahl Kauschläge je Bolus in der Stichprobe).

## Resultate

#### Messung der Kauaktivität

Die Resultate einer Messphase werden einerseits in ein Textfile und als Grafik ausgegeben. Erfasst werden die Kauschläge und deren Zuteilung zu den Aktivitäten «Wiederkauen» (WK), «Fressen» und «Andere Aktivitäten» und es werden die Wiederkaudauer (WK-Dauer), die Anzahl Boli, die Fressdauer und die Anzahl Kauschläge während dem Fressen berechnet. Daraus lassen sich die durchschnittliche Anzahl Wiederkauschläge pro Bolus berechnen (Tab. 1).

Die Ergebnisse werden zudem wie in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

#### Validierung der Auswertung

Damit die Auswertung der Aktivitäten durch die Software überprüfbar war, wurden Messungen mit vier Rationen und zwei Tiergruppen mit 12 bis 15 Milchkühen durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde geprüft, ob eine Lerndatei mehrfach verwendet werden kann. Dies wurde durch das Vergleichen eines Tagesdruckverlaufs geprüft, der mit unterschiedlichen Lerndateien klassifiziert wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass alle Individuen mit einer einzigen Lerndatei für «andere Aktivitäten» klassifizierbar sind. Es ist aber nicht möglich, alle unterschiedlichen Individuen mit lediglich einem Lerndatensatz auszuwerten. Es müssen also für jede Messung Lerndateien für Fressen und Wiederkauen eines jeden Individuums erstellt werden.

Im zweiten Schritt erfolgte ein Vergleich zwischen optischer und automatischer Beurteilung.

Als erstes Kriterium wird die Zuordnung der Verhaltensweisen durch die automatische Auswertung aufgrund der optischen Zuordnung beurteilt. Die Zuordnung der Aktivitäten durch die automatische Auswertung war in allen Fällen zutreffend (Tab. 2).

Als zweites Kriterium wird die Differenz von optisch zu automatisch gezählten Kauschlägen (KS) herbeigezogen. Die Differenz wird ausgedrückt in Prozent des optisch erfassten Werts.

Differenz in Prozent (F DKS %) =  $KS_{opt.} - KS_{aut.} / KS_{opt.} * 100$ .

Beim Fressen im Stall beträgt der Mittelwert der Abweichungen 12,0% in einem Bereich von +31,4 bis -1,91% und einer Standardabweichung von 9,0% (Abb. 4), wobei die Überschätzung unabhängig vom absoluten Wert ist (Abb. 5). ➤

Tab. 2 | Vergleich der Zuordnung der Aktivitäten nach optischer und automatischer Auswertung in der Stichprobe (zirka 5 Minuten).

		Automatisch erfasst		
		Fressen	Wiederkauen	Andere Aktivität
Optisch erfasst	Aktivität			
	Fressen	18	0	0
	Wiederkauen	0	16	0
	Andere Aktivität	0	0	26
Korrekt %		100	100	100

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen optischer und automatischer Auszählung der Kauschläge pro Bolus beträgt  $-0,24\%$ , in einem Bereich von  $+1,09$  bis  $-2,36\%$  (Abb. 6) mit guter Übereinstimmung der beiden Methoden (Abb. 7).

Die Übereinstimmung bei den Kauschlägen während dem Fressen kann als genügend eingestuft werden, zumal eine Verfeinerung der Einstellparameter in der Auswertesoftware noch möglich ist.

## Diskussion

Für Forschungszwecke wurden in verschiedenen Versuchen im In- und Ausland Wiederkauessgeräte des Typs IGER eingesetzt (Rutter 1997). Ihr Einsatz hat gezeigt, dass diese beim Aufenthalt der Kühe im Stall häufig beschädigt werden und dass der Logger die Kühe beim Zugang und beim Verlassen des Fressgitters behindert und die Dauer der Aufzeichnung auf gut 24 Stunden beschränkt ist. Erhältlich ist ein weiteres System (Vocal-Tag) zur Erfassung der Wiederkauzeit und des Wiederkaurhythmus (Ungar 2005, Schirmann 2009). Das von Scheibe (2006) beschriebene System WAS kann Verhaltensdaten (Stehen, Gehen, Grasens und Wiederkauen) von frei lebenden Tieren erfassen und bis zu 200 Meter drahtlos übermitteln (Scheibe 2006). Vocal-Tag und WAS können jedoch keine Informationen zur Anzahl Kauschläge pro Bolus und während dem Fressen liefern und sind deshalb für die detaillierte Erfassung des Kauverhaltens nicht geeignet.

## Schlussfolgerungen

Der ART-Wiederkausensor weist gegenüber den IGER-Geräten deutliche Vorteile in Bezug auf den Tragkom-

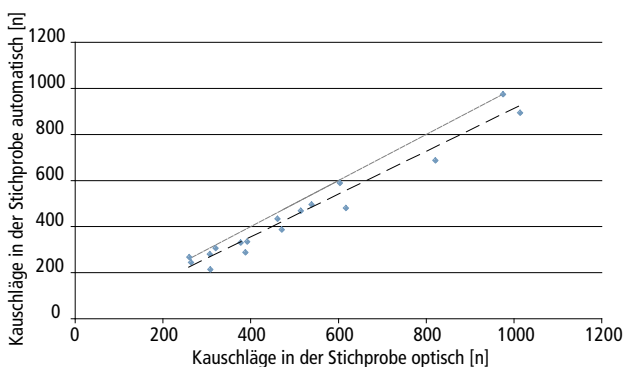


Abb. 5 | Zusammenhang zwischen optischer Auszählung (x-Achse) und automatischer Auszählung (y-Achse) für die Anzahl Kauschläge pro Stichprobe beim Fressen (Punkte, gestrichelte Linie) im Vergleich zur  $y = x$  Geraden (grau gepunktet).

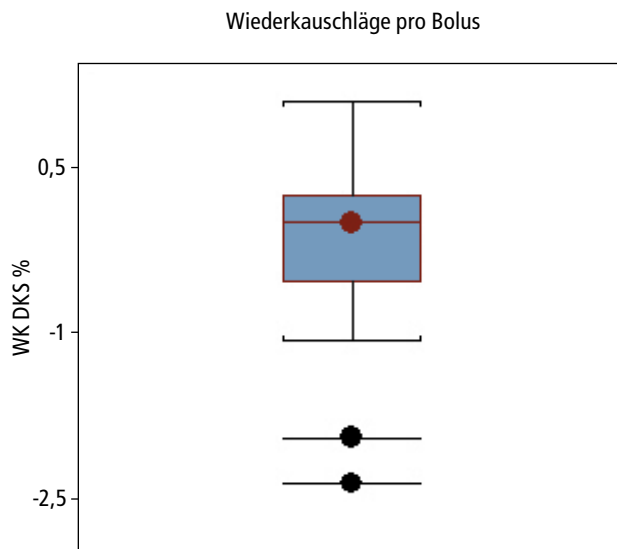


Abb. 6 | Abweichung der automatisch ausgewerteten Kauschläge in Prozent des optisch erfassten Werts bei der Anzahl Kauschläge pro Bolus (WK DKS %).

fort für das Tier und die Handhabung für die Bedienungsperson aus. Die Geräte arbeiteten während der ganzen Versuchsperiode mit zirka 25 Messungen während 24-Stunden pro Gerät zuverlässig und störungsfrei. Die Speicherkapazität der MSR 145 Logger reicht für rund 40 Stunden und damit gut für Messungen während eines Fütterungstages. Neuere Logger derselben Firma mit Speicherkarten weisen zudem eine wesentlich größere Kapazität auf und erlauben somit mehrtägige Aufzeichnungen.

Die Validierung hat gezeigt, dass die Übereinstimmung der automatischen Auswertung der Kauaktivitäten vor allem beim Wiederkauen (Kauschläge pro Bolus) hohen Ansprüchen genügt. Beim Auswerten der

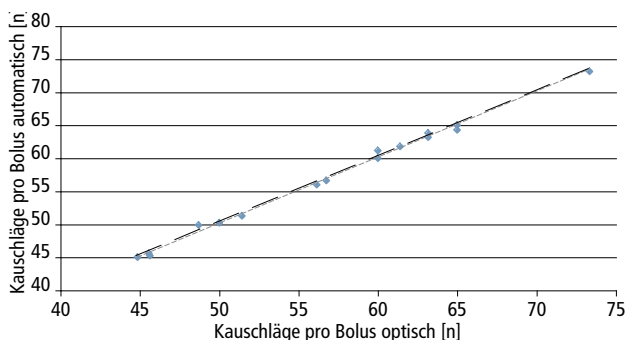


Abb. 7 | Zusammenhang zwischen optischer Auszählung (x-Achse) und automatischer Auszählung (y-Achse) für die Anzahl Kauschläge pro Bolus (Punkte, gestrichelte Linie) im Vergleich zur  $y = x$  Geraden (grau gepunktet).

Kauschläge beim Fressen liegt die Übereinstimmung noch etwas tiefer, sie kann aber als genügend eingestuft werden, zumal eine Verfeinerung der Einstellparameter in der Auswertesoftware noch möglich ist. Die Ergebnisse deuten auf einen systematischen Versatz hin, der durch das Anpassen der Auswerteparameter korrigierbar sein sollte. Dies hat in einem weiteren Schritt zu erfolgen. Die Geräte sind somit insbesondere für den Einsatz zu Forschungszwecken und für die Fütterungs-

beratung geeignet. Für den Einsatz in der breiteren Praxis sind Weiterentwicklungen speziell zur Verbesserung der Handhabung und zur Datenübertragung auf das Herdenmanagementprogramm notwendig. ■

## Riassunto

### Misurazione automatica della masticazione nei ruminanti con l'ausilio di un sensore di pressione

La ruminazione è considerata un parametro importante, misurabile in modo non invasivo, per la diagnosi precoce di problemi del metabolismo nei ruminanti. I sensori tradizionali presentano degli svantaggi soprattutto se utilizzati nella stalla. Il nuovo sensore sviluppato da ART per misurare la masticazione consta di un sensore da applicare sul naso composto da un tubo riempito di liquido e da un sensore di pressione, un datalogger e il software per l'analisi dei dati. I dati vengono trasferiti al PC mediante un'interfaccia USB. Sulla scorta di dati predefiniti, il software basato su R associa i movimenti della bocca alle attività «ruminare», «mangiare» e «altre attività». Dalla validazione è emerso che gli apparecchi sono affidabili e che la valutazione automatica corrisponde quasi sempre a quella visiva. Il sensore di ART si presta ad essere impiegato nei settori della ricerca e della consulenza. Per l'utilizzo nella pratica sono necessari ulteriori aggiustamenti, peraltro già in fase di sviluppo.

## Summary

### Automatic measurement of jaw movements in ruminants by means of a pressure sensor

Ruminant activity is considered an important non-invasive measurable parameter for the early identification of metabolic problems in ruminants. Traditional rumination sensors have drawbacks, particularly when used in the cowshed area. The newly developed ART rumination sensor incorporates a noseband sensor comprising a fluid-filled tube and pressure sensor, a data logger, and the evaluation software. The data are transmitted to the PC via a USB interface. The R-based software allocates individual jaw movements to «rumination», «eating» and «other activities» on the basis of learned data. Validation has shown that the equipment works reliably, and that visual and automatic evaluation are extremely consistent with one another. The ART rumination sensor is suitable for research and advisory purposes. It will need to go through further stages of development – already in progress – before becoming widely used in practice.

**Key words:** jaw movement, ruminating, feeding, grazing, pressure sensor.

## Literatur

- Rutter S.M., Champion R.A. & Penning P.D., 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied animal behaviour science*, **54**, 185–195.
- Ungar E.D. & Rutter S.M., 2005. Classifying cattle jaw movements: Comparing IGER Behaviour Recorder and acoustic techniques. *Applied animal behaviour science*, **98**, 11–27.
- Scheibe K.S. & Gromann C., 2006. Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis. *Behavior Research Methods*, **38**, 427–433.
- Scheidegger A., 2008. Klassifikation des Fressverhaltens von Kühen. *Diplomarbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaft, Winterthur*.