

## 5. Zusammenfassung

An insgesamt 5 Kamelen (3 *Camelus bactrianus*, 2 Kreuzungstiere) mit Vormagenfisteln im C1, wurden Ösophagus- und Vormagenmotorik, Wiederkauaktivitäten und Kieferbewegungen unter Berücksichtigung von circardianer Rhythmik und Dehydration untersucht. Die Motilität im Ösophagus, in der Trachea (exemplarisch an einem Tier, Ernst) und im Vormagen (C1, C2 und Kanal zwischen C2 und C3) wurden mittels offener Katheter und Statham-Druckaufnehmern registriert. Während der Motorikmessung im C1, C2 und Kanal zwischen C2 und C3 wurde gleichzeitig die Temperaturänderung bei der Passage kalter in das C2 infundierter Lösung durch den Kanal gemessen, um den Zeitpunkt der Ingestapassage zu registrieren.

Zur Ermittlung der Ruhe-, Freß- und Wiederkauphasen, der Wiederkauaktivitäten und der Vormagenmotorik unter Berücksichtigung der circardianen Rhythmik, wurden Messungen der Kieferbewegungen und der Bewegungsvorgänge im C1 und C2 in Langzeitmessungen über mehrere Tage mittels Magnete und magnetoresistiven Sensoren durchgeführt.

In einem Dehydrationsversuch wurde Chrom-Ethylendiaminotetraessigsäure als Flüssigkeitsmarker zur Ermittlung des Flüssigkeitsvolumen im C1 und C2, der Verweilzeit und der Flußrate der Vormagenflüssigkeit verwendet. Gleichzeitig wurde bei 2 Tieren (Ro, Su) die Vormagenmotorik im C1 und C2 registriert.

Bei der in Zyklen ablaufenden Vormagenmotorik der Kamele lassen sich zwei wiederkehrende Kontraktionsabfolgen der einzelnen Vormagenabschnitte unterscheiden, die als A- und B-Sequenz bezeichnet werden. Die A-Sequenz beginnt mit einer Relaxation des Kanals, an die sich eine Kontraktion des C2 und C1 caudal anschließt und endet mit einer Kanalkontraktion. Bei der B-Sequenz kontrahiert zunächst das C1 cranial, gefolgt von einer Kontraktion des Kanals, dann C2 und anschließend des C1 caudal. Die B-Sequenz endet mit einer zweiten Kanalkontraktion. Auf einen Zyklus, der mehrere A- und/oder B-Sequenzen umfaßt, folgt eine Pause ohne motorische Aktivität im Vormagen, an die sich der nächste Zyklus anschließt. Innerhalb eines Zyklus folgen die A- und B-Sequenzen in einer unregelmäßigen, aber nicht zufälligen Abfolge aufeinander. In der Ruhe- und Freßphase werden im Verhältnis genausoviel A- wie B-Sequenzen registriert (A:B ist 1:1), und die Zyklen beginnen zu 91% mit einer A-Sequenz, während in der Wiederkauphase häufiger B-Sequenzen, mit der jeder Wiederkauzyklus beginnt, ermittelt wurden (A:B ist 1:1,5). Die Frequenz der Vormagenmotorik ist abhängig von der Aktivitätsphase der Tiere. Von der Ruhe- zur Freßphase findet man eine zunehmende Frequenz der Motorik im Vormagen (1,45/min und 1,85/min), die während der Wiederkauphase nahezu kontinuierlich mit nur kurzen Pausen abläuft (2,85/min).

Die Ingestapassage vom C2 durch den Kanal in das C3 erfolgt, wenn eine Relaxation des Kanals und Kontraktion des C2 zeitgleich auftreten, was sowohl während einer A- als auch einer B-Sequenz erfolgen kann. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß

nicht jede Kontraktion des C2 mit einer Passage von Ingesta verbunden ist.

Die Rejektion des Ingestabolus während des Wiederkauens erfolgt im Anschluß an eine Kontraktion des C1 cranial einer zyklischen B-Sequenz. Eine tiefe Inspiration bei geschlossener Epiglottis zu Beginn der Rejektion erzeugt in der Trachea und im Brustteil des Ösophagus einen Unterdruck. Infolge des Druckgradienten zwischen C1 und Ösophagus gelangt der Rejektionsbolus vor die Kardie und in den Ösophagus. Durch eine 4,1 s dauernde anti-peristaltische Welle im Ösophagus wird der Rejektionsbolus in die Maulhöhle befördert, wobei im Ösophagus eine Druckwelle von 1,5 mWS erzeugt wird. Das Abschlucken von Flüssigkeit, vor dem Rejektionsbolus, läuft schneller ab und erzeugt eine geringere Druckwelle, als das Schlucken des Rejektionsbolus (2,0 s / 0,4 mWS und 3,6 s / 1,0 mWS).

Der Ruktus, bei dem im Fermentationprozeß entstehendes Gas aus dem Vormagen über den Ösophagus entweicht, erfolgt am Ende einer B-Sequenz, nachdem die Kontraktion des C1 caudal ihr Maximum erreicht hat und das C1 cranial wieder relaxiert. Die im Anschluß daran im Ösophagus erzeugte Druckwelle ist schneller (0,72 m/s u. 0,44 m/s) und erzeugt einen kleineren Druckwert (0,32 u. 1,5 mWS) als bei der Rejektion.

Bei ad libitum Fütterung von Heu und einer täglichen Futter-trockensubstanzaufnahme von 2,1% des Körpergewichtes konnte eine Gesamtkauzeit von 13,9 h pro Tag ermittelt werden (5,6 h Fressen, 8,3 h Wiederkauen). Die tägliche Wiederkauaktivität zeigt einen zweigipfligen Verlauf mit den Hauptzeiten vormittags (6.<sup>00</sup>-13.<sup>00</sup>) und nachts (22.<sup>00</sup>-5.<sup>00</sup> Uhr) und einem Maximum in den frühen Morgenstunden gegen 3.<sup>00</sup> Uhr. Die zwei Hauptfreßphasen am Vor- und Nachmittag (6.<sup>00</sup>-13.<sup>00</sup> u. 13.<sup>00</sup>-21.<sup>00</sup> Uhr) beginnen jeweils am Ende der Wiederkauphasen. Die intensive Partikelzerkleinerung durch Wiederkauen unmittelbar vor der erneuten Futteraufnahme führt zu einer effizienten Nutzung des verfügbaren Vormagenvolumens. Durch das Kauen wird neben der Zerkleinerung der Partikel ein Aufschluß der Zellwände und somit eine bessere mikrobielle Fermentation erreicht, wodurch es mit zunehmender Verweilzeit im Vormagen zu einer Erhöhung der Dichte und damit der Passagewahrscheinlichkeit der Partikel aus dem Vormagen kommt. Die Freß- und Wiederkauphasen werden regelmäßig durch Ruhephasen unterbrochen, in denen weder gefressen noch wiedergekaut wird.

Atropin führt zu einer vorübergehenden, vollständigen Hemmung der Vormagenmotorik im C1 und C2. Das läßt darauf schließen, daß die Vormagenmotilität insbesondere durch die vagale Nervenversorgung reguliert wird. Die Infusion von Adrenalin hatte keinen meßbaren Effekt auf die Motilität im Vormagen.

Während einer Dehydratation ist die motorische Aktivität im Vormagen nur wenig beeinflusst. Ablauf und Abfolge der A- und B-Sequenzen, der in Zyklen ablaufenden Vormagenmotorik, zeigen keine Änderung. Die Frequenz der Motilität in der Ruhephase ist etwas niedriger als unter Normalbedingungen (1,3/min und 1,45/min). Die Gesamtzahl der Sequenzen pro Tag ändert sich

nicht, so daß die Zahl der C2-Kontraktionen und damit die Anzahl der möglichen Flußereignisse aus dem C2 durch den Kanal gleich bleiben.

Während der Dehydration reduziert sich die tägliche Futter-trockensubstanzaufnahme auf 0,12% des Körpergewichtes. Die Gesamtkauzeit verringert sich auf 11 h / Tag, wobei die Futteraufnahmezeit pro kg Heu-TS-Aufnahme verdoppelt und die Wiederkauzeit fast verdreifacht war.

Es wurde kein Einfluß der Dehydration auf die circadiane Rhythmik der Aktivitätsphasen gefunden.

Das Vormagenflüssigkeitsvolumen nimmt im Verlauf der Dehydration ab auf 52,5 % (33,31), wodurch der Ingestafluß und die mikrobielle Fermentation erschwert wird. Die Flußrate sinkt auf 31 % des Ausgangswertes ab, während die Verweilzeit der Vormagenflüssigkeit sich fast verdoppelt. Um eine Ingestapassage aufrecht zu erhalten, wird, bezogen auf die Nahrungsaufnahme, vermehrt zerkleinert. Dies führt zu einer Reduzierung der Partikelgröße und einer Zunahme der Partikeldichte (bedingt durch die mikrobielle Fermentation im Vormagen), so daß sich die Passagewahrscheinlichkeit für die Partikel erhöht. Der Zusammenhang wird gestützt durch die Beobachtung, daß die Motorik während der Dehydration wenig verändert ist, die Anzahl der C2-Kontraktionen pro Tag gleich bleibt, aber pro Flußereignis weniger durch den Kanal fließt (16,0 ml/Sequenz gegenüber 48,1 ml/Sequenz unter Normalbedingungen).

Die Vermutung, daß die Vormagenmotorik im C1 und C2 während der Dehydration maßgeblich an dem Mechanismus der selektiven Retention, insbesondere an der Abnahme der Flußrate, beteiligt ist, hat sich bei den Untersuchungen nicht bestätigt.

## 6. Summary

Petra Haarmeyer:

### **Oesophagus and forestomach motility, rumination and jaw movements in camels with special reference to circadian rhythm and dehydration**

Five camels (3 *Camelus bactrianus* and 2 crossbreeds) were fitted with cannulae in forestomach compartment 1 (C1). Motility of oesophagus and forestomach, rumination and jaw movements were studied with particular reference to circadian rhythm and dehydration. Pressure events in oesophagus and trachea and in the forestomach compartments were recorded using open tip catheters and pressure transducers. Temperature at both ends of the canal between compartments 2 and 3 (C2 and C3) was measured during cold infusion to detect the time of digesta flow through the canal.

To describe circadian rhythm of eating, rumination, rest and forestomach motility, jaw movements and forestomach contractions were recorded continuously for several days using magnets and magneto-resistive sensors. The effect of dehydration on forestomach volume, retention time and flow rate were studied with Cr-EDTA as a fluid marker. Thereby, forestomach motility was measured simultaneously in two animals.

Two different contraction sequences can be distinguished. The A-Sequence starts with a canal relaxation followed by a contraction of C2, C1 caudal and the canal. The B-Sequence is characterised by a contraction of C1 cranial, followed by the canal, C2 and C1 caudal. It is terminated by a second contraction of the canal. Forestomach motility is organised in cycles consisting of several A- and B-Sequences, followed by a pause. Within a cycle A- and B-Sequences follow each other in an irregular pattern. During resting and eating, the relation between A and B is 1:1. Cycles begin in 91 % with an A-Sequence. During rumination B-Sequences dominate and rumination cycles always begin with a B-Sequence (A:B is like 1:1.5). The frequency of forestomach motility depends on the animal's activity. During rest, the frequency is lowest (1.45 min<sup>-1</sup>), feeding is intermediate with 1.85 min<sup>-1</sup> and rumination shows the highest frequency (2.85 min<sup>-1</sup>).

Digesta passage through the canal between C2 and C3 occurs when the canal is relaxed and C2 contracts at the same time. This can be the case during both A- and B-Sequences, but not every contraction of C2 is associated with a flow event. The rejection of a bolus for rumination occurs after the contraction of C1 cranial during an ordinary B-Sequence. A deep inspiration movement (contraction of the diaphragm) with the epiglottis remaining closed created a negative pressure amplitude in both the trachea and the chest part of the

oesophagus. The bolus is sucked into the oesophagus. An antiperistaltic wave of 4.2 s duration transports the bolus into the moth cavity. Pressure in the oesophagus reaches 1.5  $\text{mH}_2\text{O}$ . Swallowing of fluid during rumination is faster and pressure of the peristaltic is lower (2.0 s; 0.4  $\text{mH}_2\text{O}$ ) compared to the bolus (3.6 s; 1.0  $\text{mH}_2\text{O}$ ).

Eructation of gas occurs at the end of a B-sequence after the contraction of caudal C1 had its maximum and cranial C1 is relaxed. The antiperistaltic pressure wave in the oesophagus is faster (0.72 m/s compared to 0.44 m/s) and pressure amplitude is lower (0.32  $\text{mH}_2\text{O}$  and 1.5  $\text{mH}_2\text{O}$ ) compared to the rejection for rumination.

When fed ad lib., daily dry matter intake of hay was 2.1 % of body weight and total chewing time was 13.9 h (5.6 h feeding and 8.3 h ruminating). Rumination showed two major activity periods between 6° - 13° and 21°-5° with the peak at about 3°. The major feeding periods are observed in the morning and afternoon soon after the rumination activity ends. Particle breakdown during rumination immediately prior to the next feeding helps to make use of the available forestomach volume effectively. The process of chewing leads not only to a reduction in size of particles but also to a desintegration of cell wall and thus to an improved microbial fermentation. This in turn leads to an increase in particle density with time of fermentation so that the probability for passage out of the forestomach increases.

Atropin abolished the motility of C1 and C2 demonstrating the importance of the vagal nerve supply. The infusion of adrenalin had no effect on forestomach motility.

Dehydration had little effect on forestomach motility. A- and B-Sequences and the cycles were not different from normally watered animals. Frequency of contractions during rest was slightly lower (1.3  $\text{min}^{-1}$  compared to 1.45  $\text{min}^{-1}$ ). The total number of contractions per day and thus the number of possible flow events through the canal are not different.

During dehydration, daily dry matter intake was reduced to 0.12 % of body weight. Total chewing time was 11 h per day. Feeding time per dry matter intake was doubled and rumination time tripled. There was no change in circadian rhythm of the activities measured.

The forestomach fluid volume declines during dehydration to 52.5 % (33.3 l). Flow rate of fluid is reduced to 31 % while mean retention time is doubled. Per unit of dry matter intake, particle breakdown is intensified to maintain digesta passage. This results in a reduction of particle size and an increase in density due to longer fermentation time. Both of which are positively related with the probability for passage. This mechanism is further supported by the fact that forestomach motility is little changed during dehydration. The number of C2 contractions remains constant, but the amount of ingesta passing the canal per sequence is reduced from 48.1 ml/Sequence in the normally watered animal to 16.0

ml/Sequence during dehydration.

The hypothesis that forestomach motility in C1 and C2 plays a key role during dehydration, in the mechanism of selective retention and regulation of flow was not confirmed in the present study.