

Departement für Nutztiere  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich  
Direktor: Prof. Dr. H. Bollwein  
Arbeit unter der Leitung von Prof. em. Dr. Dr. h. c. U. Braun

---

**Untersuchungen über den Einfluss von Flunixin meglumin auf das Fressen  
und Wiederkauen von Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung  
nach Omentopexie**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Miriam Schwellinger**

Tierärztin

aus Biberach an der Riss, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. em. Dr. Dr. h. c. U. Braun, Referent

Prof. Dr. A. Liesegang, Korreferentin

Zürich, 2017



# **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. SUMMARY</b>	<b>6</b>
<b>3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</b>	<b>7</b>
<b>4. LITERATURÜBERSICHT</b>	<b>9</b>
4.1. Schmerz	9
4.1.1. Schmerzdefinition	9
4.1.2. Physiologie des Schmerzes	10
4.1.3. Schmerzklassifizierung	11
4.1.4. Sensibilisierung der Nozizeption	12
4.1.5. Antinozizeptives System	14
4.2. Auswirkungen von Schmerzen	14
4.3. Beurteilung von Schmerzen	16
4.4. Schmerzmanagement und Analgetika	18
4.4.1. Nichtsteroidale Entzündungshemmer	20
4.5. Zusammenfassung und Resultate der bisherigen Dissertationen und der Masterarbeit über das Fressen und Wiederkauen	22
4.5.1. Erfassen der Fress- und Wiederkauleistung	22
4.5.2. Untersuchungsgruppen	22
4.5.3. Fütterung	23
4.5.4. Wichtige Ergebnisse	23
4.5.5. Vergleich der Fress- und Wiederkauparameter	24
<b>5. MATERIAL UND METHODIK</b>	<b>26</b>
5.1. Kühe	26
5.1.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	26
5.1.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	26

5.1.3. Gruppe C: Fressen und Wiederkauen bei 507 Kühen mit verschiedenen Erkrankungen	27
5.2. Klinische Untersuchung	27
5.2.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	27
5.2.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	27
5.2.2.1. Definitionen der Begleiterkrankungen	28
5.3. Behandlung der Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)	28
5.3.1. Medikamentöse Therapie (ohne Schmerztherapie)	28
5.3.2. Schmerztherapie und Aufteilung der Kühe in 3 Untergruppen anhand der Schmerztherapie	30
5.4. Haltung und Fütterung der Kühe der Gruppen A und B	30
5.5. Methodik der Untersuchung	31
5.5.1. Untersuchungshalter	31
5.5.2. Videoaufnahmen	31
5.5.3. Eigentliche Untersuchungen	32
5.5.3.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	32
5.5.3.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	32
5.5.4. Auswertung	33
5.5.4.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	33
5.5.4.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	34
5.6. Statistik	35
5.7. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich	35
5.8. Tierversuchsbewilligung	36
<b>6. ERGEBNISSE</b>	<b>37</b>
6.1. Klinische und labordiagnostische Befunde	37

6.1.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	37
6.1.1.1. Harnbefunde bei den Kühen der Gruppe A	37
6.1.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	37
6.1.2.1. Harnbefunde bei den Kühen der Gruppe B	38
6.1.2.2. Blutbefunde bei den Kühen der Gruppe B	39
6.1.2.3. Pansensaftbefunde bei den Kühen der Gruppe B	39
6.1.2.4. Verlauf der Ketonkörper-, der BHB- und der NEFA- Konzentrationen bei den Kühen der Gruppe B	40
6.1.2.5. Verlauf des Nachweises von Blut im Kot bei den Kühen der Gruppe B	42
6.2. Fressen und Wiederkauen	43
6.2.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	43
6.2.1.1. Fressen bei 9 gesunden Kühen	43
6.2.1.2. Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	44
6.2.1.3. Trockensubstanzaufnahme bei 9 gesunden Kühen	45
6.2.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	45
6.2.2.1. Fressen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagen- verlagerung	45
6.2.2.2. Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagen- verlagerung	48
6.2.2.3. Trockensubstanzaufnahme bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	53
6.3. Vergleich zwischen den gesunden Kühen (Gruppe A) und den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)	56
6.3.1. Fressen	56
6.3.2. Wiederkauen	58
6.3.3. Trockensubstanzaufnahme	62

<b>7. DISKUSSION</b>	<b>65</b>
7.1. Beurteilung der Fütterung und der Wägung des Futters bei den Kühen der Gruppen A und B	65
7.2. Beurteilung des Untersuchungshalters und des Auswertungsprogramms bei den Kühen der Gruppen A und B	66
7.3. Beurteilung der Videokamera bei den Kühen der Gruppen A und B	67
7.4. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	67
7.4.1. Fressen bei 9 gesunden Kühen	67
7.4.2. Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen	68
7.4.3. Trockensubstanzaufnahme bei 9 gesunden Kühen	69
7.5. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	69
7.5.1. Labordiagnostische Befunde bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	69
7.5.2. Fressen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	71
7.5.3. Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung	72
7.6. Vergleich zwischen den gesunden Kühen (Gruppe A) und den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)	73
7.6.1. Fressen	73
7.6.2. Wiederkauen	74
7.7. Schlussbemerkung	75
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>76</b>
<b>9. LEBENSLAUF</b>	
<b>10. DANKSAGUNG</b>	
<b>11. ANHANG</b>	<b>83</b>

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die Fress- und Wiederkauleistung von Kühen mit Hilfe eines Halfers mit integriertem Drucksensor erfasst. Im ersten Versuch wurden 9 gesunde Kühe (Gruppe A) während 5 Tagen zur Ermittlung von Normalbereichen untersucht. Im zweiten Versuch wurden die Fress- und Wiederkauparameter von 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B) ab dem Tag 1 vor bis zum Tag 30 nach der Operation mit unterschiedlicher postoperativer Schmerztherapie erhoben. Die Kühe der Gruppe B wurden postoperativ entweder über 3 Tage täglich intravenös mit 10 ml physiologischer NaCl-Lösung (Gruppe 1, Kontrollgruppe), mit 1.1 mg/kg KG Flunixin meglumin (Gruppe 2) oder mit 2.2 mg/kg KG Flunixin meglumin (Gruppe 3) behandelt. Am Tag des Klinikeintritts und der Operation wurden Blutproben zur Bestimmung des Betahydroxybutyrats (BHB) und der freien Fettsäuren entnommen und an den 3 darauffolgenden Tagen wurde diese Untersuchung wiederholt. Täglich wurden eine Kotprobe auf okkultes Blut untersucht und die Ketonkörper im Harn bestimmt. Ausserdem wurde der Futterverzehr ermittelt.

Die Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B) wiesen vor der Operation eine reduzierte Fress- und Wiederkauleistung auf. Die meisten Fress- und Wiederkauparameter stiegen vom Tag des Klinikeintritts und der Operation bis zum Tag nach der Operation signifikant an und lagen spätestens am Tag 2 nach der Operation im Normalbereich der gesunden Kühe (Gruppe A). Die Fress- und Wiederkauparameter der 3 Gruppen unterschieden sich während der gesamten Untersuchungsphase nicht signifikant. Allerdings zeigten die Kühe, die hochdosiert mit Flunixin meglumin behandelt wurden (Gruppe 3), am Tag nach der Operation die höchsten Werte aller Fress- und Wiederkauparameter und ihre BHB-Werte waren am Tag 3 nach der Operation signifikant tiefer als in der Kontrollgruppe (Gruppe 1). Es wurden keine negativen Auswirkungen der Flunixin-meglumin-Behandlung auf den Gastrointestinaltrakt festgestellt.

## **2. SUMMARY**

Eating and rumination variables were assessed in nine healthy dairy cows for five days (group A) and in 60 cows undergoing omentopexy because of left displacement of the abomasum (group B). The variables were recorded from one day before until 30 days after surgery using a pressure sensor that was integrated into a halter. Immediately after surgery, cows of group B received one of the following three intravenous treatments for three days postoperatively: 10 ml isotonic saline solution (group 1, control group); 1.1 mg/kg body weight flunixin meglumine (group 2); and 2.2 mg/kg body weight flunixin meglumine (group 3). On the day of admission and surgery and for three days thereafter, blood samples were collected for determination of the concentration of beta hydroxybutyric acid and non-esterified fatty acids, a fecal sample was tested for occult blood and acetoacetic acid was measured in a urine sample. Feed intake was also recorded.

Before surgery, cows of group B had reduced eating and rumination variables. Most variables increased significantly from the day of admission and surgery to the day after surgery, and on day two after surgery were within the reference intervals determined for cows of group A. Throughout the study period, eating and rumination variables did not differ significantly among the three treatment groups. Cows of group 3 had the best eating and rumination characteristics on the day after surgery, and three days after surgery had significantly lower serum concentrations of beta hydroxybutyric acid than cows of group 1. Treatment with flunixin meglumine had no apparent adverse effects on the gastrointestinal tract.



### **3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG**

Wiederkauen ist für die Milchkuh sehr wichtig und erlaubt eine Aussage über das Wohlbefinden und den Gesundheitszustand eines Tieres. Schmerzen hemmen die Wiederkauaktivität (KASKE, 2015) und die Futteraufnahme (HENKE und ERHARDT, 2001). Die Labmagenverlagerung ist eine häufig vorkommende Erkrankung der Milchkuh (UNDERWOOD, 2002), welche Unbehagen und Schmerz verursacht und somit die Futteraufnahme beeinträchtigt (DIRKSEN, 2006b). Daher ist die Beurteilung und Linderung von Schmerzen essenziell für das Tierwohl (RUTHERFORD, 2002). Allerdings wurde dem Thema Schmerz beim Nutztier verglichen mit Schmerz beim Heimtier bis vor einigen Jahren deutlich weniger Beachtung geschenkt (HUDSON et al., 2008). Insbesondere über das Schmerzmanagement im Rahmen von Operationen beim Nutztier wurde, mit Ausnahme von zootechnischen Eingriffen, noch wenig geforscht. Operationen können durch Korrektur eines schmerzhaften Zustands sowohl Schmerzen beheben als auch durch die Gewebeschädigung bei einer Operation Schmerzen verursachen (WALKER et al., 2011). Unter den gängigen Eingriffen und Krankheiten beim Rind werden Laparotomien von Tierärzten als sehr schmerzhaft eingestuft (FAJT et al., 2011). In weiteren Umfragen wurde der operativen Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung auf einer Skala von 1 bis 10 der Wert 9 zugeordnet (HUXLEY und WHAY, 2006; LAVEN et al., 2009).

Als besonders effektiv gilt das multimodale Schmerzmanagement (HUDSON et al., 2008; RIALLAND et al., 2014), bei dem die nichtsteroidalen Entzündungshemmer (NSAIDs, non-steroidal anti-inflammatory drugs) mit ihrer analgetischen, antipyretischen und antiphlogistischen Wirkung (NOLAN, 2000; RICHTER und UNGEMACH, 2014) einen wichtigen Bestandteil darstellen (ANDERSON und MUIR, 2005).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Fress- und Wiederkauparameter von 9 gesunden Kühen während 5 Tagen zu erfassen, um Normalbereiche für den Vergleich mit 60 an linksseitiger Labmagenverlagerung erkrankten Kühen zu

ermitteln. Die Kühe wurden vor und nach der Operation untersucht, um eine Aussage über den Effekt der Operation zu ermöglichen. Ausserdem wurde anhand einer unterschiedlichen postoperativen Schmerztherapie der Effekt von Flunixin meglumin in Abhängigkeit von der Dosierung überprüft.

## **4. LITERATURÜBERSICHT**

In den Dissertationen von TRÖSCH (2013), TSCHONER (2013) und ZÜRCHER (2014) sowie der Masterarbeit von STORNI (2013) wurden die Physiologie und die Pathologie von Fressen und Wiederkauen, die unterschiedlichen Einflussfaktoren auf das Fress- und Wiederkauverhalten sowie die verschiedenen Messmethoden zur Erfassung der Fress- und Wiederkauaktivität bereits ausführlich beschrieben. Diese Ausführungen sollen deshalb nicht wiederholt werden.

### **4.1. Schmerz**

#### **4.1.1. Schmerzdefinition**

Ein Grundsatz im TIERSCHUTZGESETZ (2005) besagt, dass einem Tier nicht ungerechtfertigt Schmerzen, Leiden oder Schäden zugefügt werden dürfen. Daher ist eine Schmerzdefinition wichtig. Schmerz bei Tieren ist eine aversive sensorische Erfahrung, die durch aktuelle oder potenzielle Verletzungen verursacht wird, protektive motorische oder vegetative Reaktionen auslöst, zur erlernten Vermeidung solcher Reize führt und somit das Verhalten modifiziert (SANN, 2015). Beim Menschen wird Schmerz als eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung definiert, die mit einem aktuellen oder potentiellen Gewebeschaden einhergeht oder im Zusammenhang mit einem solchen Schaden beschrieben wird (IASP, 1979). Bei Schmerz handelt es sich um die sensorische und emotionale Antwort auf schmerzhaft Reize, die einzigartig für jedes Individuum sind, da sie von zahlreichen Faktoren beeinflusst werden (ACVA, 1998).

Schmerz ist subjektiv (HENKE und ERHARDT, 2001), er ist eine Empfindung und keine physikalische Grösse (KITCHELL, 1987). Dies könnte ein möglicher Grund dafür sein, dass noch eine Vielzahl weiterer Schmerzdefinitionen für Mensch und Tier existieren (VON MICKWITZ, 1983; KITCHELL, 1987; BROOM, 2001; WOOLF, 2004).

#### 4.1.2. Physiologie des Schmerzes

Das Schmerzsystem umfasst Rezeptoren, Nervenbahnen und analytische Zentren im Gehirn (BROOM, 2001). Noxische Reize werden im Rahmen der Nozizeption umgewandelt, weitergeleitet, moduliert, vermittelt und wahrgenommen. Die noxischen Reize können mechanischer, chemischer oder thermischer Natur sein. Die Umwandlung dieser Reize in Aktionspotentiale übernehmen Rezeptoren mit hohem Schwellenwert, die sogenannten Nozizeptoren (ANDERSON und MUIR, 2005), durch Öffnen verschiedener Ionenkanäle (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Nozizeptoren sind freie Nervenendigungen, die mit afferenten Nervenfasern assoziiert sind (PADDLEFORD, 1999). Ihre Zellkörper liegen in den Spinalganglien (SANN, 2015). Sie befinden sich vor allem in der Haut, aber auch in fast allen anderen Geweben des Körpers (HENKE und ERHARDT, 2001). Man unterscheidet Mechanonozizeptoren mit myelinisierten, schnell leitenden A $\delta$ -Fasern, die für den scharfen, gut lokalisierbaren, mechanisch bedingten Erstschmerz verantwortlich sind, und polymodale Nozizeptoren, die auf alle Reizqualitäten reagieren, mit unmyelinisierten, langsam leitenden C-Fasern, die mit dem dumpfen, brennenden, schlecht lokalisierbaren und länger andauernden Zweitschmerz assoziiert sind (PADDLEFORD, 1999; SANN, 2015). Im Weiteren existieren „schlafende“ Nozizeptoren, die erst im Rahmen der Sensibilisierung von Bedeutung sind (SANN, 2015). Abzugrenzen sind weiter die niederschweligen Mechanorezeptoren mit myelinisierten, schnell leitenden A $\beta$ -Fasern, welche zumindest in der Haut nicht auf noxische, sondern auf taktile Reize reagieren (PADDLEFORD, 1999; HENKE und ERHARDT, 2001; SANN, 2015).

Über die A $\delta$ - und C-Fasern werden die Aktionspotentiale an das Rückenmark weitergeleitet. Im Dorsalhorn des Rückenmarks erfolgt die Reizübertragung an der ersten Synapse mit Beteiligung verschiedener Neurotransmitter (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Neben dem klassischen Neurotransmitter Glutamat enthalten viele Nozizeptoren auch Neuropeptide, wie z. B. Substanz P oder Calcitonin Gene-Related Peptide. Die Neuropeptide sind nicht nur an der zentralen Synapse beteiligt,

sondern können auch in der Peripherie freigesetzt werden. Die Vermittlung des Signals an das Gehirn erfolgt auf der kontralateralen Seite über den Tractus spinothalamicus an den Thalamus, über den Tractus spinoreticularis an die Formatio reticularis im Hirnstamm und über den Tractus spinomesencephalicus an das Mittelhirn. Die spinalen Neurone wirken aber auch auf motorische Systeme des Ventralhorns, wodurch die Schutzreflexe, wie z. B. der Wegziehreflex, ermöglicht werden, sowie auf die präganglionären, sympathischen Neurone im Seitenhorn, wodurch die sympathischen Reflexe, wie z. B. Durchblutungsänderungen, ausgelöst werden (SANN, 2015).

Im Gehirn existieren ebenfalls Synapsen auf verschiedenen Ebenen. Der Thalamus wird als die wichtigste angesehen (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Dieser aktiviert bestimmte Bereiche der Hirnrinde, was zur bewussten Schmerzwahrnehmung führt (HUDSON et al., 2008).

#### **4.1.3. Schmerzklassifizierung**

Schmerz wird in die Kategorien physiologischer und pathologischer Schmerz eingeteilt. Physiologischer Schmerz entsteht durch die Wahrnehmung von noxischen Reizen, wobei die Wahrnehmung und die Intensität des Reizes proportional sind (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Dieser Schmerztyp übernimmt eine Warn- und Schutzfunktion, um den Körper vor Schäden zu bewahren, weshalb er auch nicht bekämpft werden darf. Pathologischer Schmerz entsteht durch entzündliche oder neuropathische Prozesse und wird entsprechend eingeteilt (HENKE und ERHARDT, 2001). Die Schmerzwahrnehmung ist grösser als der tatsächliche noxische Reiz (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Der pathologische Schmerz hat die Warnfunktion verloren und muss deshalb bekämpft werden. Entzündlicher Schmerz entsteht durch Gewebeschädigung und neuropathischer Schmerz durch Schädigung des peripheren oder zentralen Nervensystems. Letzterer entsteht nicht durch Beteiligung von Nozizeptoren (HENKE und ERHARDT, 2001), sondern durch abnormale Verarbeitungsmechanismen (SANN, 2015). In

beiden Fällen kann es zu den Phänomenen der Sensibilisierung kommen, welche beim entzündlichen Schmerz reversibel sind, während der neuropathische Schmerz noch lange über die Heilung hinaus persistiert (WOOLF und SALTER, 2000).

Eine zweite Klassifizierung stellt die Unterteilung in akuten und chronischen Schmerz dar. Akuter Schmerz wird durch Traumata, Operationen oder Krankheiten ausgelöst. Er dauert über Tage bis Wochen. Die Schmerzintensität ist innerhalb der ersten 24 bis 72 Stunden nach der Gewebeschädigung am grössten. Akuter Schmerz spricht in der Regel gut auf eine Schmerztherapie an. Chronischer Schmerz dauert Monate bis Jahre und ist schwierig zu behandeln (ACVA, 1998). Dieser Schmerz ist immer pathologisch (HENKE und ERHARDT, 2001).

Bei einer dritten Klassifizierung wird der Schmerz in somatischen und viszeralem Schmerz unterteilt. Somatischer Schmerz kann aus der Haut kommen, dann wird er als Oberflächenschmerz bezeichnet; wenn er aus Muskeln, Knochen, Gelenken und dem Bindegewebe kommt, wird er Tiefenschmerz genannt. Viszeraler Schmerz kommt aus den Eingeweiden und entsteht durch starke Dehnung von Hohlorganen, Spasmen oder starke Kontraktionen, vor allem in Kombination mit Ischämien (SCHAIBLE und SCHMIDT, 2000). Somatischer Schmerz wird sowohl von A $\delta$ - als auch von C-Fasern geleitet, der viszerale Schmerz dagegen nur von C-Fasern (PADDLEFORD, 1999).

#### **4.1.4. Sensibilisierung der Nozizeption**

Zur Sensibilisierung der Nozizeption kommt es unter pathophysiologischen Bedingungen, wie z. B. einer Entzündung. Die Sensibilisierung dient einer verstärkten Schonung, einer schnelleren Beseitigung der Noxe und einer begünstigten Heilung. Es wird zwischen peripherer und zentraler Sensibilisierung unterschieden. Bei der peripheren Sensibilisierung handelt es sich um die Sensibilisierung der peripheren Nozizeptoren durch Entzündungsmediatoren (SANN, 2015). Entzündungsmediatoren werden bei Gewebeschädigung freigesetzt, wie z. B. Bradykinin und Serotonin, oder vermehrt gebildet, wie z. B. Prostaglandine und Leukotriene

(SCHAIBLE und SCHMIDT, 2000). Sie aktivieren „schlafende“ Nozizeptoren (ANDERSON und MUIR, 2005) und führen zu einer primären Hyperalgesie (HENKE und ERHARDT, 2001) und Allodynie (SANN, 2015). Hyperalgesie ist definiert als gesteigerte Sensibilität auf noxische Reize (IASP, 1979), bei welcher die Schmerzschwelle durch hohe Konzentrationen an Entzündungsmediatoren und anhaltende Aktivierung des Schmerzleitungssystems herabgesetzt wird. Dies bewirkt, dass Reize als schmerzhafter empfunden werden. Bei dem Phänomen der Allodynie lösen ähnliche Mechanismen eine Schmerz Wahrnehmung auf einen nicht noxischen und normal nicht schmerzhaften Reiz aus (HUDSON et al., 2008). An den Gefäßen bewirken die Entzündungsmediatoren zusammen mit den aus den aktivierten Nozizeptoren freigesetzten Neuropeptiden eine Vasodilatation und erhöhte Permeabilität, welche für die typischen entzündlichen Symptome verantwortlich sind (SCHAIBLE und SCHMIDT, 2000) und die sekundäre Hyperalgesie im unverletzten umgebenden Gewebe auslösen (HENKE und ERHARDT, 2001). Bei der zentralen Sensibilisierung handelt es sich um die Übererregbarkeit zentraler Neuronen (SCHAIBLE und SCHMIDT, 2000; SANN, 2015). Sie spielt sich sowohl im Rückenmark als auch im Gehirn ab (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Diese Übererregbarkeit ist auf eine synaptische Erregung durch Nozizeptoren, aber auch auf neuronale Mechanismen des zentralen Nervensystems zurückzuführen (SCHAIBLE und SCHMIDT, 2000). Eine wichtige Rolle spielt die Aktivierung des NMDA-Rezeptors (N-Methyl-D-Aspartat), bei welchem es sich um einen Subtyp der Glutamatrezeptoren handelt (SANN, 2015). Dieser ist aber durch ein Magnesiumion blockiert, welches bei der Depolarisation des Neurons durch die Wirkung von Glutamat am AMPA-Rezeptor (Amino-Methylisoxazol-Propionsäure) entfernt wird. Ein weiteres Glutamat-Molekül kann nun beide Rezeptoren aktivieren und die Zelle wird dadurch reaktiver (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000). Auch bei der zentralen Sensibilisierung kann es zu Hyperalgesie und Allodynie kommen (SANN, 2015).

#### **4.1.5. Antinozizeptives System**

Der Körper verfügt über ein komplexes System der Schmerzwahrnehmung, über ein System zur Sensibilisierung dieses Schmerzwahrnehmungssystems und schliesslich über ein System zu dessen Hemmung (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000), das sogenannte antinozizeptive System. Deszendierende Bahnen wirken hemmend auf die spinalen Neuronen und reduzieren so deren Schmerzantwort auf noxische Reize. Die Antinozizeption kann unter anderem vom periaquäduktalen Grau des Mittelhirns, vom Nucleus raphe magnus und vom Locus coeruleus in der Medulla oblongata sowie von Teilen der Formatio reticularis ausgehen. Wichtige Neurotransmitter sind Serotonin und Noradrenalin. Neben den deszendierenden Bahnen existieren auch lokale Hemmmechanismen im Rückenmark, wobei körpereigene Opioide und  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA) wichtig sind (SANN, 2015), und segmentale Hemmmechanismen, bei denen Impulse aus den A $\beta$ -Fasern hemmende Interneuronen aktivieren und so die Schmerzweiterleitung der A $\delta$ - und C-Fasern behindern (PADDLEFORD, 1999; HENKE und ERHARDT, 2001). Das antinozizeptive System ist vorteilhaft, um dem Tier in entsprechenden Situationen die Flucht aus der Gefahrenzone zu ermöglichen (LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000).

#### **4.2. Auswirkungen von Schmerzen**

Schmerz bewirkt im Körper eine Vielzahl von pathophysiologischen Veränderungen, die vor allem auf die Katecholaminfreisetzung und die Aktivierung des sympathischen Nervensystems zurückzuführen sind (PADDLEFORD, 1999). Dies führt im kardiorespiratorischen System zu einer Erhöhung der Herzkontraktilität, zu einem Anstieg der Herzfrequenz und zu einer Vasokonstriktion in der Peripherie, was den arteriellen Blutdruck ansteigen lässt. Durch die Zentralisierung des Kreislaufs steigt der Sauerstoffverbrauch der parenchymatösen Organe an. In der Peripherie dagegen kann der Sauerstoffbedarf durch die Vasokonstriktion nicht gedeckt werden und es kann eine lokale Azidose entstehen, die bei längerem



Bestehen einen Schock auslösen kann (HENKE und ERHARDT, 2001). Ausserdem kommt es zu einem Anstieg der Atemfrequenz bei gleichzeitig sehr oberflächlicher Atemtätigkeit (PADDLEFORD, 1999). Insgesamt wird das Sauerstoffangebot vermindert, was eine Hypoxie und eine beginnende respiratorische und metabolische Azidose zur Folge haben kann (HENKE und ERHARDT, 2001).

Ein wichtiger Hinweis auf Schmerzen stellt die Inappetenz dar. Sie ist auf das Unwohlsein und die reduzierte Darmmotilität als Folge der Stimulation des sympathischen Nervensystems zurückzuführen (HENKE und ERHARDT, 2001). Schmerzen hemmen auch die Hauben-Pansen-Motorik (KASKE, 2015) und die Wiederkauaktivität (ANDERSON und MUIR, 2005; KASKE, 2015). Ausserdem kann es schmerzbedingt zu vermehrtem Speicheln kommen (PADDLEFORD, 1999; HENKE und ERHARDT, 2001).

Schmerz verursacht neben der bereits genannten Katecholaminfreisetzung, die zur Kreislaufstimulation führt, auch die Ausschüttung von  $\beta$ -Endorphin, das schmerzlindernd wirkt und ein guter Schmerz- und Stressparameter darstellt. Bei anhaltendem Schmerz steigt auch der Spiegel an Antidiuretischem Hormon an, was zur vermehrten Wasserrückresorption in den Nieren führt. Ausserdem fördert Schmerz die Kortisolfreisetzung aus der Nebennierenrinde. Der Anstieg des Kortisol- und Katecholaminspiegels verursacht zusammen mit der Stimulation des autonomen Nervensystems eine Immunsuppression (HENKE und ERHARDT, 2001), was die Infektionsanfälligkeit erhöht und die Wundheilung verlangsamt (HENKE und ERHARDT, 2001; ANDERSON und EDMONDSON, 2013).

Metabolische Parameter, wie Glukose, Laktat und freie Fettsäuren (NEFAs) steigen operativ bedingt signifikant an (MUDRON et al., 1994; LIST, 2009). Die Hyperglykämie ist eine typische schmerzbedingte Reaktion des Körpers (PADDLEFORD, 1999), welche durch die Stimulierung der Glukoneogenese, der Glykogenolyse, der Glukagonfreisetzung sowie durch die Hemmung der Insulinfreisetzung durch Glukokortikoide und Katecholamine entsteht. Glukokortikoide und Katecholamine bewirken im Fettgewebe auch eine gesteigerte Lipolyse, welche für den Anstieg der

NEFAs im Blut verantwortlich ist (GRECO und STABENFELDT, 2013). Hohe NEFA- und Betahydroxybutyrat- (BHB-) Konzentrationen sind auch auf ein Energiedefizit zurückzuführen (MUDRON et al., 1994), welches seinerseits die Folge einer schmerzbedingten, reduzierten Futteraufnahme sein kann (STÖBER, 2006). Die BHB-Konzentration im Blut wird kaum von kurzfristigen Ereignissen, wie z. B. einer Operation, beeinflusst (MUDRON et al., 1994). Vielmehr kann sie durch einen operativen Eingriff, z. B. die Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung, sogar signifikant absinken (MUDRON et al., 1994; NEWBY et al., 2013). Schmerz kann darüber hinaus Verhaltensänderungen hervorrufen, welche sehr variabel sind und individuell beurteilt werden müssen (PADDLEFORD, 1999). Das typische Schmerzverhalten umfasst beim Rind Lautäusserungen, wie z. B. Stöhnen, im Weiteren Zähneknirschen, Bewegungsunlust, veränderten Gesichtsausdruck und Leistungsrückgang (UNDERWOOD, 2002). Dazu kommen weniger Sozialkontakte mit Artgenossen, schmerzbezogenes Verhalten wie Lahmheit oder Kolik, Apathie, eine veränderte Körperhaltung wie Seitenlage und verminderte Körperpflege (HUDSON et al., 2008).

### **4.3. Beurteilung von Schmerzen**

Da Rinder von Natur aus stoische Tiere sind und ihren Schmerz als Beutetiere evolutionsbedingt maskieren, ist die Beurteilung von Schmerzen bei dieser Tierart nicht einfach. Es existieren dazu objektive und subjektive Methoden (HUDSON et al., 2008). Als objektive Messparameter werden unter anderem klinische Befunde, wie z. B. Herz- und Atemfrequenz (GIESELER et al., 2008; LIST, 2009; NEWBY et al., 2013; NEWBY et al., 2014), Produktionsparameter wie Futteraufnahme und Milchleistung (LIST, 2009; NEWBY et al., 2014), endokrin-metabolische Parameter wie Konzentrationen von Kortisol (MUDRON et al., 1994; HUDSON et al., 2008; LIST, 2009; RIALLAND et al., 2014), Glukose, Laktat, BHB und NEFAs (MUDRON et al., 1994; LIST, 2009) sowie verschiedene Biomarker wie Akut-

Phase-Proteine (HUDSON et al., 2008; NEWBY et al., 2014) und Biomarker im Liquor (RIALLAND et al., 2014) verwendet.

Die Beobachtung von Verhaltensänderungen durch den Menschen zählt zu den subjektiven Methoden (HUDSON et al., 2008). Sie wird für die Beurteilung von Schmerzen beim Tier als besonders wichtig und hilfreich eingestuft (ACVA, 1998; LIVINGSTON und CHAMBERS, 2000; LIST, 2009; SANN, 2015). Es werden dabei verschiedene Schmerzskalen, wie die visuelle Analogskala, numerische Skalen, deskriptive Skalen sowie mehrdimensionale Skalen eingesetzt (DOBROMYLSKYJ et al., 2000; SANN, 2015). Bei der visuellen Analogskala handelt es sich um eine 10 cm lange Linie, bei der die beiden Enden die Extremsituationen darstellen. Die Linie reicht von keinem Schmerz bis zum maximal vorstellbaren Schmerz. Entsprechend der Schmerzeinschätzung wird eine Markierung gesetzt. Der Schmerz-Score wird durch Messen der Distanz zwischen 0 und der Markierung ermittelt (REVILL et al., 1976). Bei den numerischen Skalen ordnet der Beobachter der Schmerzintensität eine Zahl, normalerweise zwischen 0 und 10, zu. Die beschreibenden Skalen bestehen aus 4 bis 5 Beschreibungen der Schmerzintensität, wie z. B. kein Schmerz, leichter Schmerz, mässiger Schmerz und starker Schmerz (DOBROMYLSKYJ et al., 2000). Die mehrdimensionalen Skalen erfassen verschiedene Kategorien, denen entsprechende Werte zugeordnet und die anschliessend addiert werden (SANN, 2015). Unterstützend werden teilweise die Videoüberwachung und die Akzelerometrie hinzugezogen (NEWBY et al., 2014; RIALLAND et al., 2014).

Eine weitere Möglichkeit der Schmerzbeurteilung ist das Prinzip der Analogie zwischen Mensch und Tier (HELLEBREKERS, 2001). Es wird angenommen, dass Eingriffe und Zustände, die bei Menschen schmerzhaft sind, auch bei Tieren so einzustufen sind (ACVA, 1998; HELLEBREKERS, 2001; SANN, 2015), da Tiere Schmerzen aufgrund ähnlicher Schmerzleitungsbahnen auch in ähnlicher Weise wie Menschen empfinden (HUDSON et al., 2008).

Die Schmerzbeurteilung sollte Bestandteil jeder klinischen Untersuchung sein, um den Schmerz entsprechend zu behandeln (HUDSON et al., 2008). Ausserdem stellt

Schmerz ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel, insbesondere zur Lokalisation bestimmter Erkrankungen, dar (WINTZER, 1983).

#### **4.4. Schmerzmanagement und Analgetika**

Schmerzmanagement ist wichtig, da Schmerzen die Lebensqualität eines Tieres beeinträchtigen (ACVA, 1998). Analgetika sind Stoffe, welche die Schmerzwahrnehmung unterdrücken (LÖSCHER, 2014). Die Schmerzbehandlung kann in Form einer präemptiven, reaktiven oder multimodalen Analgesie erfolgen (HUDSON et al., 2008). Bei der präemptiven Analgesie handelt es sich um die Verabreichung von Analgetika, bevor der Schmerz einsetzt, z. B. vor einer Operation. Dadurch kann der postoperative Schmerz besser kontrolliert werden (ACVA, 1998), da Phänomene wie Hyperalgesie oder Allodynie reduziert oder verhindert werden (HUDSON et al., 2008). Die präemptive Analgesie wird im Vergleich zur reaktiven Analgesie als effektiver angesehen. Am wirksamsten ist jedoch die multimodale Analgesie, bei der Analgetika aus unterschiedlichen Wirkstoffgruppen kombiniert werden (HUDSON et al., 2008; RIALLAND et al., 2014). Neben dem gesteigerten analgetischen Effekt treten auch weniger Nebenwirkungen auf, da die Dosis reduziert werden kann (ACVA, 1998).

Die medikamentelle Schmerztherapie kann systemisch oder lokal durchgeführt werden. Für die systemische Therapie werden NSAIDs,  $\alpha_2$ -Agonisten und Opiode eingesetzt. Allerdings ist für Rinder in der Schweiz kein Opioid zugelassen. NSAIDs hemmen die Bildung von Entzündungsmediatoren und üben zusätzlich die Funktion als Toxinfänger aus.  $\alpha_2$ -Agonisten aktivieren die  $\alpha_2$ -Adrenorezeptoren im autonomen Nervensystem, was einen hemmenden Effekt auf den Sympathikus und die Freisetzung von Noradrenalin hat und zu Sedation und Analgesie führt (HUDSON et al., 2008). Die analgetische Wirkung von Medikamenten mit sedativen Eigenschaften ist meist geringer ausgeprägt (ACVA, 1998). Die Lokalanästhesie kann in Form einer Epiduralanästhesie, einer intravenösen Regio-

nalanästhesie oder einer lokalen Nervenblockade, wie z. B. einer Paravertebralanästhesie erfolgen. Für die Lokalanästhesie werden vor allem Lokalanästhetika eingesetzt (HUDSON et al., 2008). Neben der medikamentellen Schmerztherapie sind auch andere Faktoren, wie z. B. eine optimale Haltung und Fütterung, hilfreich zur Schmerzlinderung (ACVA, 1998).

Da Laparotomien schmerzhaft sind, sollte Schmerzlinderung Bestandteil jeder Laparotomie sein (NEWBY et al., 2014). Die Allgemeinanästhesie wird häufig als Goldstandard für schmerzfreie Operationen angesehen, obwohl sie mit viel Stress für das Tier verbunden ist (ANDERSON und MUIR, 2005; HUDSON et al., 2008). Bei Rinderoperationen haben sich allerdings aus verschiedenen Gründen Sedation, Lokalanästhesie und Epiduralanästhesie gegenüber der Allgemeinanästhesie durchgesetzt (ANDERSON und MUIR, 2005). HUDSON et al. (2008) empfahlen zum Schmerzmanagement bei einer Laparotomie am stehenden Rind, bereits vor der Operation einen nichtsteroidalen Entzündungshemmer zu verabreichen und die Operation nach Anlegen einer Paravertebralanästhesie durchzuführen. Bei abwehrbereiten Rindern kann zusätzlich ein  $\alpha_2$ -Agonist verabreicht werden und bei einem Kaiserschnitt kann eine Epiduralanästhesie hilfreich sein. Bei Kälbern wird heute unter Klinikbedingungen oft eine Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Einleitung kann mit einem  $\alpha_2$ -Agonisten in Kombination mit einem N-Methyl-D-Aspartat- (NMDA-) Antagonisten erfolgen (HUDSON et al., 2008). Vorteil des NMDA-Antagonisten ist die Verhinderung der zentralen Sensibilisierung (SANN, 2015). Die Erhaltung der Anästhesie ist ebenfalls mit dem NMDA-Antagonisten oder mit einem Inhalationsanästhetikum möglich (HUDSON et al., 2008).

Ziel der Schmerztherapie ist die Wiederherstellung der physiologischen Schmerzantwort und die Beseitigung des pathologischen Schmerzes (HENKE und ERHARDT, 2001; ANDERSON und MUIR, 2005). Eine Schmerztherapie ist erfolgreich, wenn normale Verhaltensweisen wie Fressen, Ruhen, Gehen, Körperpflege, Sozialkontakte (ACVA, 1998), Kot- und Harnabsatz und Milchproduktion wieder möglich sind (ANDERSON und EDMONDSON, 2013).

#### **4.4.1. Nichtsteroidale Entzündungshemmer**

Nichtsteroidale Entzündungshemmer (NSAIDs) sind organische Säuren mit analgetischer, antipyretischer und antiphlogistischer Wirkung (NOLAN, 2000; RICHTER und UNGEMACH, 2014). Es wird zwischen NSAIDs mit überwiegend zentraler und solchen mit überwiegend peripherer Wirkung unterschieden. Bei Ersteren dominiert der analgetische und antipyretische, bei Letzteren der antiphlogistische Effekt, welcher auf die gute Penetrationsfähigkeit in entzündeten Gewebe und die hohe Proteinbindung zurückzuführen ist (RICHTER und UNGEMACH, 2014). Die zusätzliche Wirkung auf den noxischen Reiz, wie z. B. eine Entzündung selbst, macht NSAIDs zu einem wichtigen Bestandteil des multimodalen Schmerzmanagements (ANDERSON und MUIR, 2005). Im perioperativen Einsatz lindern sie Schmerzen, vermindern Schwellung und Entzündung und beschleunigen die Erholung von der Operation (ANDERSON und EDMONDSON, 2013).

NSAIDs wirken durch Hemmung der Cyclooxygenase (COX). Dies verhindert die Bildung von Prostaglandinen und anderen Entzündungsmediatoren aus Arachidonsäure (ANDERSON und MUIR, 2005). Wichtig sind Prostaglandin E<sub>2</sub>, Prostazyklin und Thromboxan A<sub>2</sub> (RICHTER und UNGEMACH, 2014). Arachidonsäure wird aus Phospholipiden geschädigter Zellen mit Hilfe der Phospholipase A freigesetzt (HENKE und ERHARDT, 2001). Bei der COX werden 2 Isoenzyme unterschieden. Die COX-1 ist ein grundlegendes Enzym, welches für viele physiologische Vorgänge von Bedeutung ist. Die COX-2 wird durch Entzündungsmediatoren induziert, sie kommt aber in manchen Geweben ebenfalls grundlegend vor. Aufgrund der körpererhaltenden Funktion der COX-1 wird vor allem ihre Hemmung für die Nebenwirkungen verantwortlich gemacht: Lokale Ischämie, erhöhte Sekretion von Magensäure bei gleichzeitig verringerter Schleimsekretion und Anreicherung des Wirkstoffs in den Mukosazellen können zu Ulzera im Magen-Darm-Trakt führen. Durch Hemmung der Thrombozytenaggregation entsteht die Gefahr von Blutungen. Die vermehrte Bildung von Leukotrienen durch die Lipoxygenase aus Arachidonsäure

anstelle von Prostaglandinen kann einen Bronchospasmus verursachen. Eine beeinträchtigte Nierendurchblutung kann zu Nierenschäden führen (LÖSCHER, 2014). Aufgrund der meist kurzen Anwendungsdauer beim Tier sind diese Nebenwirkungen allerdings sehr selten (HUDSON et al., 2008; LÖSCHER, 2014). Auch LIST (2009) stellte nach der prä- und postoperativen Applikation des NSAID Carprofen keine unerwünschten Wirkungen auf den Gastrointestinaltrakt fest.

Es werden nicht selektive COX-Hemmer und selektive COX-2-Hemmer unterschieden. Letztere zeigen weniger Nebenwirkungen (ANDERSON und MUIR, 2005; LÖSCHER, 2014), allerdings ist ihre analgetische Wirkung auch geringer (ANDERSON und MUIR, 2005).

Die folgenden NSAIDs sind laut CLINIPHARM (2017) für Rinder zugelassen: Carprofen, Flunixin meglumin, Ketoprofen, Meloxicam, Metamizol und Tolfenaminsäure. Bei der operativen Behebung der linksseitigen Labmagenverlagerung werden verschiedene dieser NSAIDs zusammen mit einer Lokalanästhesie eingesetzt (GIESELER et al., 2008; WITTEK et al., 2008; LIST, 2009; NEWBY et al., 2013). Nach LIST (2009) verbesserte der prä- und postoperative Einsatz von Carprofen das Wohlbefinden der Kühe nach der Operation. Auch nach der präoperativen Behandlung mit Flunixin meglumin wurden bei den operierten Kühen eine bessere klinische Rekonvaleszenz, insbesondere eine bessere Futteraufnahme und Wiederkauaktivität (GIESELER et al., 2008), sowie signifikant mehr Pansenkontraktionen als bei den unbehandelten Kontrollkühen nachgewiesen (WITTEK et al., 2008). NEWBY et al. (2013) stellten fest, dass Kühe, die postoperativ zwei Mal mit Ketoprofen behandelt wurden, tendenziell eine bessere Fresslust zeigten als die Kühe der Kontrollgruppe. Allerdings linderte Ketoprofen nur einen Teil der postoperativen Schmerzerscheinungen nach einer Laparotomie, was mit der kurzen Halbwertszeit erklärt wurde (NEWBY et al., 2013; NEWBY et al., 2014).

## **4.5. Zusammenfassung und Resultate der bisherigen Dissertationen und der Masterarbeit über das Fressen und Wiederkauen**

Am Departement für Nutztiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich wurden von 2013 bis 2016 insgesamt 4 Dissertationen (TRÖSCH, 2013; TSCHONER, 2013; ZÜRCHER, 2014; BUCHLI, 2016) und 1 Masterarbeit (STORNI, 2013) über das Fressen und Wiederkauen verfasst. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammengefasst.

### **4.5.1. Erfassen der Fress- und Wiederkauleistung**

In allen Arbeiten wurden die Fress- und Wiederkauleistung mit Hilfe des von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART, Ettenhausen) und der Firma MSR Electronics GmbH (Seuzach) entwickelten Halfters erfasst. TRÖSCH (2013) erfasste die Parameter zusätzlich durch direkte Beobachtung einiger Kühe. Die anderen Kühe wurden während der gesamten Untersuchungsphase mit einer Videokamera gefilmt. Die Art der Auswertung wurde im Verlauf vereinfacht und verfeinert. Sie entwickelte sich von manuellem Zählen (TRÖSCH, 2013) zu einer Auswertungssoftware (STORNI, 2013; TSCHONER, 2013; ZÜRCHER, 2014) mit der Möglichkeit der manuellen Korrektur der ausgewerteten Kurven (BUCHLI, 2016).

### **4.5.2. Untersuchungsgruppen**

TRÖSCH (2013) untersuchte 10 gesunde Kühe der Schweizer Braunviehrasse während 24 Stunden, um die vom Halfter aufgezeichneten Daten mit den durch direkte Beobachtung erhobenen zu vergleichen. Im Weiteren untersuchte sie über 5 Tage 10 gesunde Kühe der Holstein Friesian- und der Schweizer Fleckviehrasse. Die Kühe dienten als Kontrolltiere zum Vergleich mit 10 Kühen derselben Rassen nach linksseitiger Labmagenverlagerung, die sie ebenfalls über 5 Tage untersuchte.



TSCHONER (2013) untersuchte 123 Kühe mit verschiedenen Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts. Im Weiteren untersuchte sie die Fress- und Wiederkauparameter von 10 Kühen im peripartalen Zeitraum von 10 Tage ante bis 10 Tage post partum.

ZÜRCHER (2014) untersuchte je 100 Kühe der Rassen Schweizer Braunvieh, Holstein Friesian und Schweizer Fleckvieh während 24 Stunden, um Referenzwerte für diese 3 Rassen zu erhalten. Im Weiteren berechnete sie bei 10 Kühen, die sie über 10 Tage untersuchte, die Variationskoeffizienten für die Fress- und Wiederkauparameter.

BUCHLI (2016) charakterisierte das Fress- und Wiederkauverhalten sowie die intraruminale Temperatur von 24 gesunden Kühen und von 76 Kühen mit verschiedenen Erkrankungen im peripartalen Zeitraum von 14 Tage ante bis 30 Tage post partum.

STORNI (2013) untersuchte 20 Kühe der Schottischen Hochlandrasse während je 13 Tagen auf der Weide bzw. im Offenstall, um den Einfluss der Haltung auf die Fress- und Wiederkauparameter zu überprüfen.

### **4.5.3. Fütterung**

Die meisten Kühe wurden ad libitum mit Heu gefüttert und erhielten teilweise zusätzlich Kraftfutter. Die kranken Kühe von TSCHONER (2013) bekamen teilweise zusätzlich Grassilage und die Kühe im peripartalen Zeitraum wurden nach der Kalbung zusätzlich mit Emd, Maissilage und Zuckerrübenschnitzeln gefüttert. In den Dissertationen von ZÜRCHER (2014) und BUCHLI (2016) basierte die Fütterung aller Kühe auf Gras- und Maissilage, Heu/Emd und Kraftfutter.

### **4.5.4. Wichtige Ergebnisse**

TRÖSCH (2013) stellte fest, dass die Ergebnisse der Halfteraufzeichnung und der Direktbeobachtung sehr gut übereinstimmten und zeigte somit, dass das Halfter sehr

gut für die Erfassung der Fress- und Wiederkauleistung geeignet ist. Die Wiederkaudauer, die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus der Kühe nach linksseitiger Labmagenverlagerung stieg vom Tag 1 bis zum Tag 5 nach der Operation signifikant an. Allerdings waren die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus signifikant geringer als bei den gesunden Kühen.

Bereits 10 Tage vor der Geburt zeigten die Kühe in der Dissertation von TSCHONER (2013) eine stark reduzierte Fress- und Wiederkaudauer. Die niedrigsten Werte wurden am Tag der Geburt erreicht. Bis zum Tag 10 nach der Geburt stiegen diese signifikant an. Die kranken Kühe wiesen eine deutlich reduzierte Fress- und Wiederkaudauer auf, die sich aber in allen Krankheitsgruppen innerhalb von 30 Tagen nach der Einlieferung ins Tierspital normalisierten.

In der Dissertation von ZÜRCHER (2014) frassen die Braunviehkühe signifikant länger und kauten signifikant kürzer wieder. Die Variationskoeffizienten für die Wiederkauparameter waren kleiner (Wiederkaudauer 3.2 – 16.3 %, Anzahl Wiederkauboli 5.2 – 13.2 %, Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus 1.5 – 12.8 %) als diejenigen für das Fressen (Fressdauer 4.7 – 18.1 %, Anzahl Kauschläge beim Fressen 4.4 – 16.8 %).

BUCHLI (2016) stellte fest, dass die Fressparameter und die intraruminale Temperatur geeignete Parameter für die Früherkennung verschiedener Erkrankungen darstellen und auch die Erkennung des Geburtszeitpunkts ermöglichen.

Bei Schottischen Hochlandrindern waren die Fress- und Wiederkaudauer bei Weidehaltung signifikant länger als bei Offenstallhaltung (STORNI, 2013).

#### **4.5.5. Vergleich der Fress- und Wiederkauparameter**

In den Tabellen 1 und 2 sind die durchschnittlichen Werte von gesunden Kühen, die über mindestens 5 Tage untersucht wurden, aufgeführt.

Tab. 1: Fressparameter bei gesunden Kühen in den bisherigen Arbeiten über das Fressen und Wiederkauen

Autoren	Fressdauer pro Tag (Stunden)	Anzahl Fressphasen pro Tag	Dauer der Fressphasen (Minuten)	Anzahl Kauschläge beim Fressen pro Tag
TRÖSCH (2013)	7.1 – 7.8	11 – 14	36.8 – 39.3	-
TSCHONER (2013)	4.6 – 5.3	16 – 18	-	18'236 – 20'800
ZÜRCHER (2014)	4.9 – 5.7	-	-	17'844 – 21'980
STORNI (2013)	2.7 – 7.4	-	-	10'708 – 30'104
Weide bzw. Offenstall	3.4 – 4.7			13'511 – 19'392

25

Tab. 2: Wiederkauparameter bei gesunden Kühen in den bisherigen Arbeiten über das Fressen und Wiederkauen

Autoren	Wiederkau- dauer pro Tag (Stunden)	Anzahl Wieder- kauphasen pro Tag	Dauer der Wie- derkauphasen (Minuten)	Anzahl Kauschlä- ge beim Wieder- kauen pro Tag	Anzahl Wiederkau- boli pro Tag	Anzahl Kauschläge pro Bolus
TRÖSCH (2013)	7.4 – 8.0	13 – 14	32.8 – 38.0	27'351 – 32'003	475 – 533	57.9 – 60.3
TSCHONER (2013)	6.5 – 6.8	13 – 14	-	-	481 – 508	54.0 – 56.0
ZÜRCHER (2014)	5.8 – 6.3	-	-	-	476 – 527	47.3 – 50.4
STORNI (2013)	4.3 – 7.9	-	-	15'239 – 29'984	304 – 520	51.5 – 57.9
Weide bzw. Offenstall	4.8 – 6.9			16'479 – 25'411	344 – 476	48.0 – 53.0

## **5. MATERIAL UND METHODIK**

### **5.1. Kühe**

Die Untersuchungen wurden in 3 Gruppen, der Gruppe A (gesunde Kühe), der Gruppe B (Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung) und der Gruppe C (verschiedene Krankheiten), durchgeführt. Die Gruppe A bestand aus 9 gesunden Kühen, die Gruppe B aus 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung und die Gruppe C aus 507 Kühen mit verschiedenen Erkrankungen. Die Untersuchungen erfolgten zwischen dem 4. Juli 2014 und dem 13. Juni 2016.

#### **5.1.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Die Gruppe A bestand aus 9 klinisch gesunden Kühen der Schweizer Fleckvieh- ( $n = 5$ ) und der Schweizer Braunviehrasse ( $n = 4$ ) im Alter von 3.2 bis 7.1 Jahren ( $4.6 \pm 1.19$  Jahre) und einem Gewicht von 570 bis 750 kg ( $643.3 \pm 65.53$  kg). Die Milchleistung der Kühe lag zwischen 13 und 24 kg ( $20.6 \pm 3.20$  kg) pro Tag und die Kühe waren 16 bis 103 Tage (Median = 69 Tage) post partum. Die Kühe waren zum Zeitpunkt der Untersuchung seit mindestens 30 Tagen klinisch gesund und nicht mit Medikamenten behandelt worden.

#### **5.1.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Die Gruppe B bestand aus 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung. Die Kühe gehörten zu den Rassen Holstein Friesian ( $n = 32$ ), Schweizer Fleckvieh ( $n = 26$ ) und Schweizer Braunvieh ( $n = 2$ ), waren 1.9 bis 9.3 Jahre alt ( $5.1 \pm 1.77$  Jahre) und wiesen ein Gewicht von 440 bis 790 kg ( $607.9 \pm 80.11$  kg) auf. Die Rassenverteilung unterschied sich signifikant von derjenigen der Gruppe A ( $P < 0.01$ ). Die Kühe waren 2 bis 108 Tage post partum (Median = 13 Tage), was signifikant kürzer als bei den Kühen der Gruppe A war ( $P < 0.01$ ). Die Kühe waren wegen ihrer Erkrankung zur Untersuchung und Behandlung an das Tierspital der Universität

Zürich überwiesen worden. Vor der Überweisung waren die Kühe 0 bis 30 Tage (Median = 10 Tage, n = 53) krank gewesen.

### **5.1.3. Gruppe C: Fressen und Wiederkauen bei 507 Kühen mit verschiedenen Erkrankungen**

Die Gruppe C bestand aus 507 Kühen verschiedener Rassen mit unterschiedlichen Erkrankungen, die zur Untersuchung und Behandlung an das Tierspital der Universität Zürich überwiesen wurden (Anhang 1). Während des Aufenthalts am Tierspital wurden die Fress- und Wiederkauparameter mit Hilfe des Kauhalfters erfasst. Die erfassten Daten wurden für spätere Auswertungen gespeichert und archiviert.

## **5.2. Klinische Untersuchung**

### **5.2.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Die Kühe wurden vor Versuchsbeginn klinisch untersucht, um sicherzustellen, dass sie gesund waren. Das Euter wurde durch Palpation und mittels Schalmtests untersucht. Von jeder Kuh wurde eine Harnprobe gewonnen und untersucht. Die Untersuchung erfolgte wie in der Dissertation von TRÖSCH (2013).

### **5.2.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Die Kühe der Gruppe B wurden wie die Kühe der Gruppe A klinisch untersucht. Ausser einer Harnprobe wurden von 59 Kühen Blutproben für die hämatologische (4 ml EDTA-Blut) und blutchemische Untersuchung (10 ml Heparinblut) sowie für eine venöse Blutgasanalyse (1 ml Frischblut) und einen Glutaraldehydtest (Glutaltest<sup>®</sup>, Graeub AG, Bern, 4 ml Frischblut) entnommen. Von 53 Kühen wurde zudem Pansensaft gewonnen. Die Untersuchungen wurden wie von TRÖSCH (2013) beschrieben durchgeführt. Zusätzlich wurden von jeder Kuh 10 ml Blut (Serum) für die Bestimmung des Betahydroxybutyrats (BHB) und der freien Fettsäuren (NEFAs) und eine Kotprobe für den Nachweis von okkultem Blut (hemoFEC<sup>®</sup>,

Roche Diagnostics AG, Rotkreuz) entnommen. Schliesslich wurde eine Ultraschalluntersuchung der linken Bauchwand (BRAUN, 1997) durchgeführt, um die klinische Verdachtsdiagnose der linksseitigen Labmagenverlagerung sonographisch zu bestätigen. In 31 Fällen wurden zusätzlich die Haube (BRAUN, 1997) und in 28 Fällen das rechtsseitige Abdomen (BRAUN, 1997) sonographisch untersucht. Während ihres Klinikaufenthalts wurden die Kühe täglich klinisch untersucht und es wurden Blutproben für die Bestimmung des BHB und der NEFAs (erste 3 Tage) entnommen. Der Kot und der Harn wurden täglich auf okkultes Blut bzw. Ketonkörper (Keto-Diastix<sup>®</sup>-Teststreifen, Bayer Consumer Care AG, Basel) untersucht.

#### **5.2.2.1. Definitionen der Begleiterkrankungen**

Bei Kühen, die bei der vaginalen Untersuchung ein übelriechendes oder eitriges Vaginalsekret zeigten, wurde als Begleiterkrankung eine Metritis/Endometritis festgehalten. Bei grobsinnlich veränderter Milch an einem oder mehreren Eutervierteln, positivem Schalmtest und Behandlung der betroffenen Euterviertel wurde zusätzlich zur Labmagenverlagerung eine Mastitis diagnostiziert. Eine Ketose lag dann vor, wenn die BHB-Werte an mindestens 2 der 4 untersuchten Tage über dem Referenzwert von 900  $\mu\text{mol/l}$  lagen. Hohe Leberwerte wiesen die Kühe definitionsgemäss dann auf, wenn mindestens 2 der folgenden Kriterien erfüllt waren: Enzymaktivitäten der  $\gamma$ -Glutamyltransferase ( $\gamma$ -GT) mindestens zweifach erhöht ( $> 60.0$  U/l), der Glutamatdehydrogenase (GLDH) mindestens zweifach erhöht ( $> 50.0$  U/l), der Sorbitdehydrogenase (SDH) mindestens dreifach erhöht ( $> 22.8$  U/l). Bei Kühen, die beim Vorführen hinkten, wurde als Begleiterkrankung eine Lahmheit festgehalten.

### **5.3. Behandlung der Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)**

#### **5.3.1. Medikamentöse Therapie (ohne Schmerztherapie)**

Die Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung wurden unter proximaler Paravertebralanästhesie mit Lidocain (Lidocain 2%, Streuli Pharma AG, Uznach) in der

rechten Flanke operiert und der Labmagen wurde mittels Omentopexie an der rechten Bauchwand fixiert. Die Operation erfolgte 9 bis 24 Stunden (Median = 20.5 Stunden) nach der Einlieferung ins Tierspital, damit die Fress- und Wiederkauparameter auch vor der Operation erfasst werden konnten. Die Kühe wurden über 3 Tage täglich mit 10 bis 20 l NaCl-Glukose-Lösung (50 g Glukose und 9 g Natriumchlorid/l) und perioperativ mit weiteren 10 l NaCl-Glukose-Lösung intravenös im Dauertropf behandelt. 12 Kühe erhielten die Dauertropfinfusion über alle Untersuchungstage. Kühe mit erniedrigten Elektrolytkonzentrationen im Blutserum (Kalzium < 2.3 mmol/l, anorganisches Phosphat < 1.0 mmol/l, Magnesium < 0.7 mmol/l, Kalium < 4.0 mmol/l) wurden in Abhängigkeit von ihrem klinischen Zustand bei Hypokalzämie mit 500 ml einer 40 %-igen Kalziumborogluconatlösung (Calcamyl 40-MP<sup>®</sup>, 3.13 g Kalziumgluconat und -borogluconat und 1.97 g Magnesiumhypophosphit/100 ml, Graeb AG, Bern) intravenös und mit 200 bis 400 g eines kalziumhaltigen Pulvers (Calcivet<sup>®</sup>, Monocalciumphosphat, Magnesiumoxid, Vitamin D3, Provet AG, Lyssach) per os, bei Hypophosphatämie mit 350 g Natriumdihydrogenphosphat (Hänseler AG, Herisau) per os und bei Hypokaliämie mit 100 bis 200 ml Kaliumchlorid (149 mg Kaliumchlorid/ml, Kantonsapotheke Zürich) als Infusionszusatz und mit 100 g Kaliumchlorid (Hänseler AG, Herisau) per os behandelt. Postoperativ wurden die Kühe über 3 Tage dreimal täglich mit 15'000 U.I./kg KG Procain-Penicillin (Procacillin<sup>®</sup>, MSD Animal Health GmbH, Luzern) intramuskulär behandelt. 3 Kühe wurden anstelle von Procain-Penicillin über die gesamte postoperative Untersuchungsphase täglich mit 1.25 mg/kg KG Danofloxacin (Advocid<sup>®</sup>, Zoetis Schweiz GmbH, Zürich) intravenös behandelt und 2 Kühe täglich mit 7 mg/kg KG Amoxicillin (Clamoxy<sup>®</sup>, Zoetis Schweiz GmbH, Zürich) intramuskulär. 2 Kühe erhielten schon vor der Operation Danofloxacin bzw. 30'000 U.I./kg KG Benzylpenicillin (Penicillin Natrium, Streuli Pharma AG, Uznach). Auftretende Begleiterkrankungen wurden nach den am Tierspital der Universität Zürich üblichen Methoden behandelt.

### **5.3.2. Schmerztherapie und Aufteilung der Kühe in 3 Untergruppen anhand der Schmerztherapie**

Die 60 Kühe wurden aufgrund der postoperativen Schmerztherapie in 3 Gruppen à 20 Tiere eingeteilt. Die Einteilung erfolgte randomisiert und im Doppelblindversuch. Die Gruppe 1 (Kontrollgruppe) erhielt postoperativ über 3 Tage je 10 ml physiologische NaCl-Lösung. Die Gruppe 2 (niedrige Flunixin-Dosis) wurde über die gleiche Zeitspanne mit täglich 1.1 mg/kg KG Flunixin meglumin (Flunixine<sup>®</sup>, Biokema SA, Crissier) und die Gruppe 3 (hohe Flunixin-Dosis) mit 2.2 mg/kg KG Flunixin meglumin behandelt.

### **5.4. Haltung und Fütterung der Kühe der Gruppen A und B**

Alle Kühe wurden in Anbindehaltung mit Stroheinstreu gehalten und zweimal täglich gemolken. Das Selbsttränkebecken war frei zugänglich. Die Kühe wurden fünfmal täglich um 7, 10, 14, 17 und 20 Uhr mit einer Totalmischration (TMR) und zweimal täglich um 10 und 17 Uhr in einer separaten Krippe mit Kraftfutter gefüttert. Ausserdem erhielten die Kühe der Gruppe B zweimal täglich 125 ml Propylenglycol (Stricker AG, Zollikofen). Das jeder Kuh vorgelegte Futter wurde davor gewogen. Die vorgelegte Futtermenge an TMR wurde an die Fresslust der Kühe angepasst, sodass die TMR ad libitum zur Verfügung stand. Die TMR bestand aus 42 % TS (Prozent der Trockensubstanz) Heu, 37 % TS Grassilage, 18 % TS Vollmaispflanzenwürfeln (Landi, Schneisingen), 3 % TS Zuckerrübenschnitzeln (Landi, Maur) und 1 % TS Zuckerrübenmelasse (Landi, Maur). Zum Einweichen der Zuckerrübenschnitzel wurden aus herstellungstechnischen Gründen und zur Erhöhung der Schmackhaftigkeit 11 Liter Wasser zugefügt. Das Kraftfutter setzte sich aus 1.5 kg Milchleistungsfutter (UFA 142 F 17 % RP, UFA AG, Lenzburg), 0.6 kg Proteinkonzentrat (UFA 149 39 % RP), 0.06 kg Mineralfutter (UFA 195) und 0.06 kg Viehsalz (Landi, Maur) zusammen. Die Zusammensetzung der Ration wurde mit der Software Fuplan Grossvieh Version 7.6 (AGRIDEA, Lindau) ermittelt. Der Rationsberechnung wurden Weender-Analysen des Heus und der



Grassilage zugrunde gelegt. Aufgrund der wechselnden Futterqualität wurden diese dreimal im Abstand von 6 Monaten wiederholt. Im Anhang 2 ist die Ration mit den Durchschnittswerten aller Weender-Analysen des Heus und der Grassilage tabellarisch dargestellt. Das in den Krippen liegende Futter wurde zweimal täglich entfernt und gewogen, um den täglichen Futterverzehr an TMR und Kraftfutter zu berechnen.

## **5.5. Methodik der Untersuchung**

### **5.5.1. Untersuchungshalfter**

Die Fress- und Wiederkauparameter wurden mit Hilfe einer automatisierten Methode erfasst, die von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART, Ettenhausen) und der Firma MSR Electronics GmbH (Seuzach) entwickelt und bereits in einer früheren Studie evaluiert wurde (BRAUN et al., 2013; TRÖSCH, 2013). Den Kühen wurde ein Pferdehalfter angelegt, das mit einem Drucksensor ausgestattet war. Dieser befand sich in einem mit Öl gefüllten Schlauch im Nasenband des Halfters und registrierte den Druck im Inneren des Schlauchs, der sich durch Kieferbewegungen der Kühe veränderte. Der Drucksensor gab die registrierten Druckunterschiede an einen Datenlogger weiter, der sich in einer Ledertasche an der linken Halfterseite befand. Die Datenübertragung auf den Computer erfolgte über eine USB-Schnittstelle bzw. eine SD-Karte.

### **5.5.2. Videoaufnahmen**

Die Kühe der Gruppen A und B wurden während den Untersuchungstagen am Tierspital permanent mit einer Videokamera gefilmt, um allfällige unklare Halfteraufzeichnungen nachträglich verifizieren zu können. Es wurden Infrarotstrahler eingesetzt, damit die Aufnahmen auch bei Dunkelheit möglich waren.

### **5.5.3. Eigentliche Untersuchungen**

#### **5.5.3.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Das Ziel der Untersuchung war es, die Fress- und Wiederkauparameter von 9 gesunden Kühen während 5 Tagen zu erfassen. Die Kühe der Gruppe A dienten zur Ermittlung von Normalbereichen. Die Kühe wurden spätestens 3 Stunden vor dem Untersuchungsbeginn mit dem Untersuchungshalter versehen, um sie daran zu gewöhnen. Der Versuch startete am ersten Untersuchungstag um 17 Uhr und endete 5 Tage später zur gleichen Zeit. Danach wurde das Halfter entfernt und die Aufzeichnungen wurden auf den Computer übertragen, gespeichert und ausgewertet.

#### **5.5.3.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Das Ziel der Untersuchung war es, die Fress- und Wiederkauparameter von 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung in Abhängigkeit von der postoperativen Schmerztherapie zu erfassen. Der Versuch startete bei der Einnistung der Kühe und die Operation erfolgte 9 bis 24 Stunden später. Der Tag des Klinikeintritts und der Operation wurde als Tag 0 definiert. Er schloss die präoperative Untersuchungsphase mit ein und endete mit der Operation. Die Kühe wurden in die Gruppen 1 bis 3 eingeteilt. Die Kühe der Gruppe 1 erhielten am Ende der Operation 10 ml physiologische NaCl-Lösung, die Kühe der Gruppe 2 1.1 mg/kg KG Flunixin meglumin und diejenigen der Gruppe 3 2.2 mg/kg KG Flunixin meglumin intravenös. Die Verabreichung von NaCl-Lösung bzw. Flunixin meglumin wurde insgesamt 3 Mal im Abstand von 24 Stunden durchgeführt. Der Zeitpunkt der ersten Applikation wurde als Zeitpunkt 0 und Beginn von Tag 1 definiert. Der Versuch endete 4 Tage später zur gleichen Zeit. Wenn es der Heilungsverlauf zuließ, wurden die Kühe am Tag 5 nach der Operation nach Hause entlassen. Das Halfter wurde entfernt und die Aufzeichnungen wurden auf den Computer übertragen, gespeichert und ausgewertet. 15 Kühe mussten zur Weiterbehandlung weitere 1 bis 11 Tage am Tierspital verbleiben. Zwei davon wurden wegen einer Doppelsohle mit Osteolyse

des Klauenbeins bzw. wegen eines hochgradigen Lipomobilisationssyndroms noch am Tierspital geschlachtet. Eine Kuh wurde 5 Tage nach ihrer Entlassung wegen eines Rezidivs erneut an das Tierspital überwiesen. Am 14. und 30. Tag nach der Operation wurden Verlaufsuntersuchungen durchgeführt und das Halfter noch einmal für 24 Stunden angelegt. Die Untersuchung erfolgte bei 57 Kühen, die zu diesen Zeitpunkten schon wieder zu Hause waren, durch den Landwirt mit Hilfe eines vorprogrammierten Halfters.

#### **5.5.4. Auswertung**

##### **5.5.4.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Bei den vom Datenlogger des Halfters aufgezeichneten Druckverläufen wurden für jede Kuh pro Untersuchungstag die folgenden Parameter ausgewertet:

- Fress- und Wiederkaudauer
- Anzahl Kauschläge beim Fressen und beim Wiederkauen
- Anzahl Wiederkauboli
- Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus.

Alle Parameter wurden mit Hilfe der MSR-Auswertungssoftware (MSR Electronics GmbH, Seuzach) berechnet. Die Funktionsweise der Software wurde bereits in der Dissertation von TSCHONER (2013) beschrieben. Für die graphische Darstellung wurde der MSR-Viewer (MSR Electronics GmbH, Seuzach) verwendet. Zusätzlich wurde eine rsv-Datei erstellt, die mit dem Editor (MSR Electronics GmbH, Seuzach) geöffnet werden konnte, um die Zuordnung der Kauschläge zu den Aktivitäten Fressen und Wiederkauen manuell anzupassen. Die Halfteraufzeichnungen von einigen Kühen wurden mit dem Videoüberwachungsmaterial verglichen und es wurden charakteristische Druckverläufe für andere Aktivitäten, wie z. B. Trinken identifiziert. Soweit dies möglich war, wurden diese anderen Aktivitäten auch bei den übrigen Kühen mit Hilfe des Editors aus der Zuordnung Fressen entfernt. Ausserdem wurden fehlerhafte oder ungenaue Zuordnungen korrigiert.

Bei den durch Futterwiegen ermittelten Daten wurden für jede Kuh pro Untersuchungstag die folgenden Parameter ausgewertet:

- Trockensubstanzaufnahme aus der TMR
- Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter
- Gesamttrockensubstanzaufnahme.

Für die Auswertung wurde von der aufgenommenen Frischsubstanz auf die Trockensubstanz zurückgerechnet. Für die Berechnung wurde die durchschnittliche Trockensubstanz aller Weender-Analysen des Heus und der Grassilage verwendet (Heu: TS = 91 %, Grassilage: TS = 48 %).

Für den deskriptiven Vergleich der gesunden Kühe und derjenigen mit linksseitiger Labmagenverlagerung wurden anhand der Werte der gesunden Kühe (Gruppe A) Normalbereiche ermittelt. Dazu wurden für jeden Parameter von den während 5 Tagen erhobenen Werten der Medianwert und das 90%-Vertrauensintervall bestimmt. Der Normalbereich wurde als 90%-Vertrauensintervall definiert.

#### **5.5.4.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Die Auswertung erfolgte gleich wie bei den Kühen der Gruppe A. Für die Auswertung der Trockensubstanzaufnahme wurde anhand der in 24 Stunden aufgenommenen Frischsubstanz (17 bis 17 Uhr) die aufgenommene Frischsubstanz pro Stunde ermittelt, da die Zeitpunkte des Futterwiegens nicht mit dem Zeitpunkt 0 der Untersuchungen übereinstimmte, um so durch Interpolation die aufgenommene Frischsubstanz an den jeweiligen Untersuchungstagen zu bestimmen. Schliesslich wurde von dieser Menge wie bei den Kühen der Gruppe A auf die aufgenommene Trockensubstanz zurückgerechnet. War die präoperative Untersuchungsphase kürzer als 24 Stunden oder fehlte infolge technischer Mängel oder vorzeitiger Beendigung des Versuchs aus verschiedenen Gründen ein einzelner Abschnitt eines Untersuchungstags, wurden die Fress- und Wiederkauparameter auf 24 Stunden hochgerechnet.

## **5.6. Statistik**

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit dem Programm STATA 12.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA). Kontinuierliche Daten wurden mittels Wilk-Shapiro-Tests auf Normalverteilung geprüft. Normalverteilte Daten wurden als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen und nicht normalverteilte Daten als Medianwerte mit Schwankungsbreiten angegeben. Die Signifikanz der normalverteilten Daten wurde mittels Varianzanalyse und wenn nötig mittels Bonferroni-Tests und die Signifikanz der nicht normalverteilten Daten mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft. Die Signifikanz der kategorischen Daten wurde bei  $n \geq 5/\text{Zelle}$  mit dem Chi-Quadrat-Test und bei  $n < 5/\text{Zelle}$  mit dem Fisher's Exakt-Test geprüft. Ausserdem wurde ein generalisiertes lineares Modell angewendet, um die im Verlauf bestimmten Parameter auf signifikante Veränderungen im Untersuchungsverlauf zu prüfen. Unterschiede mit einem P-Wert von  $< 0.05$  wurden als signifikant angesehen.

## **5.7. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich**

Neben der Klinik für Wiederkäuer (Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun) waren an der vorliegenden Arbeit die folgenden Institutionen der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich beteiligt:

- Veterinärmedizinisches Labor (Frau Prof. Dr. R. Hofmann-Lehmann): Hämatologische und blutchemische Untersuchungen und Pansensaftuntersuchungen
- Abteilung Ambulanz und Bestandesmedizin (Prof. Dr. M. Hässig): Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse und Analyse der Blutproben zur Bestimmung der BHB und NEFA's
- Institut für Tierernährung (Frau Prof. Dr. A. Liesegang): Hilfe bei der Rationsberechnung und Durchführung der Weender-Analysen.

## **5.8. Tierversuchsbewilligung**

Für die Untersuchungen der Gruppen A und B lag eine Tierversuchsbewilligung des Kantonalen Veterinäramts Zürich vor. Die Bewilligung Nr. 258/2014 war vom 10.12.2014 bis 09.01.2017 gültig.

## **6. ERGEBNISSE**

### **6.1. Klinische und labordiagnostische Befunde**

#### **6.1.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Die Kühe der Gruppe A waren klinisch gesund. Die rektale Temperatur lag zwischen 38.3 und 39.2 °C ( $38.7 \pm 0.30$  °C), die Herzfrequenz zwischen 64 und 80 Schlägen pro Minute ( $71.1 \pm 6.57$  Schläge pro Minute) und die Atemfrequenz zwischen 20 und 40 Atemzügen pro Minute (Median = 24 Atemzüge pro Minute).

##### **6.1.1.1. Harnbefunde bei den Kühen der Gruppe A**

Der Harn war bei 8 Kühen gelb und klar, bei 1 Kuh war er durch Kontamination mit Kot oder Vaginalausfluss verändert. Der Harn aller Kühe wies einen pH-Wert von 9 auf. Das spezifische Gewicht lag zwischen 1'010 und 1'032 g/ml ( $1'023 \pm 6.86$  g/ml). Eine Kuh wies Ketonkörper (10 mg/dl) im Harn auf. Bei 7 Kühen konnten kontaminationsbedingte Eiweiss- und bei 1 Kuh Blutspuren nachgewiesen werden.

#### **6.1.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Das Allgemeinbefinden war bei allen Kühen gestört. 10 Kühe zeigten Zähneknirschen. Die rektale Temperatur lag zwischen 36.8 und 40.3 °C ( $38.7 \pm 0.53$  °C). 16 Kühe wiesen eine kühle Peripherie, 49 Kühe einen reduzierten Hautturgor und 35 Kühe eingesunkene Bulbi auf. Das Flotzmaul war bei 10 Kühen vermindert feucht bis trocken oder verschmutzt. Die Herzfrequenz lag zwischen 52 und 108 Schlägen pro Minute ( $78.5 \pm 11.67$  Schläge pro Minute). Die Schleimhäute waren bei 54 Kühen blassrosa und bei 5 Kühen gerötet. Die kapilläre Füllungszeit war bei 12 Kühen verlängert und 36 Kühe zeigten injizierte Skleralgefäße. Die Atemfrequenz lag zwischen 12 und 64 Atemzügen pro Minute (Median = 24 Atemzüge pro Minute). 4 Kühe zeigten einen abdominal betonten Atemtyp. Bei 5 Kühen war eine oberflächliche Atemtätigkeit auskultierbar und bei 12 Kühen war ein verschärftes Vesikuläratmen zu hören. Bei 53 Kühen war die Pansenmotorik reduziert und bei 2

Kühen war keine Pansenmotorik auskultierbar. Bei 48 Kühen war die Pansenfüllung reduziert und 1 Kuh war tympanisch. Die Pansenschichtung war bei 34 Kühen reduziert und bei 14 Kühen aufgehoben. Die Schwing- und Perkussionsauskultation links waren bei 41 Kühen positiv, bei 1 Kuh war nur die Schwingauskultation und bei 16 Kühen nur die Perkussionsauskultation positiv, bei 2 Kühen waren beide Proben negativ. Die Schwing- oder Perkussionsauskultation oder beide Proben waren auch rechts bei 18 Kühen positiv. Die Bauchdecke war bei 12 Kühen gespannt. Der Rückengriff war bei 3 Kühen positiv und die Stabprobe bei 2 Kühen. Der Kot war bei einer Kuh dunkel, bei 20 Kühen in der Konsistenz verändert (dünnbreiig bei 11 Kühen, dickbreiig bei 7 Kühen, biphasisch bei 2 Kühen) und bei 25 Kühen in der Menge reduziert, wovon das Rektum bei 2 Kühen leer war. Die Ergebnisse des hemoFec<sup>®</sup>-Tests und deren Verlauf werden separat beschrieben (Kapitel 6.1.2.5.). 21 Kühe zeigten eine Metritis/Endometritis, 3 Kühe eine Mastitis, 8 Kühe eine Lahmheit und je eine Kuh Leberabszesse, eine Zitzenverletzung, eine intrahepatische Cholestase, einen Abszess an der Kruppe, einen Abszess am Knie, eine Fremdkörpererkrankung und Räude. Der Atemtyp unterschied sich zwischen den 3 Behandlungsgruppen signifikant ( $P < 0.01$ ): Die Kühe der Gruppe 1 wiesen häufiger einen abdominal betonten Atemtyp auf als die Kühe der Gruppen 2 und 3; ansonsten wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

#### **6.1.2.1. Harnbefunde bei den Kühen der Gruppe B**

Der Harn war bei 53 Kühen gelb und klar, bei 7 Kühen war er durch Kontamination mit Kot oder Vaginalausfluss verändert. Der pH-Wert lag zwischen 5.0 und 9.0 ( $7.3 \pm 1.43$ ) und das spezifische Gewicht zwischen 1'004 und 1'048 g/ml ( $1'023 \pm 11.82$  g/ml). Der Ketonkörpergehalt im Harn lag zwischen 0 und 150 mg/dl (Median = 10 mg/dl). Bei 23 Kühen wurden kontaminationsbedingte Eiweiss- und bei 21 Kühen Blutspuren nachgewiesen. Glukose wurde bei 8 Kühen und Nitrit bei 1 Kuh nachgewiesen. Der Nachweis von Blutspuren unterschied sich zwischen den 3 Behandlungsgruppen signifikant ( $P < 0.05$ ): Die Kühe der Gruppe 3 wiesen häufiger



Blutspuren im Harn auf als die Kühe der Gruppen 1 und 2; ansonsten wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

#### **6.1.2.2. Blutbefunde bei den Kühen der Gruppe B**

Die Ergebnisse der hämatologischen und blutchemischen Untersuchung sowie der Blutgasanalyse sind in den Anhängen 3 bis 5 dargestellt. Zusammenfassend zeigten 24 Kühe eine Hämokonzentration (Hämatokrit > 35 %), 11 Kühe eine Leukozytose (Leukozyten >  $10.0 \times 10^3/\mu\text{l}$ ), 11 Kühe eine Leukopenie (Leukozyten <  $5.0 \times 10^3/\mu\text{l}$ ), 8 Kühe eine Hyperproteinämie (Plasmaprotein > 80 g/l) und 1 Kuh eine Hypoproteinämie (Plasmaprotein < 60 g/l). 44 Kühe wiesen mit einer Pansenchloridkonzentration > 25 mmol/l ein abomasales Refluxsyndrom auf. Damit einhergehend wurden eine Hypochlorämie (Chlorid < 95 mmol/l, n = 28), eine Hypokaliämie (Kalium < 4.0 mmol/l, n = 54) und eine metabolische Alkalose (pH > 7.45, n = 35) festgestellt. Bei 32 Kühen waren die Leberwerte entsprechend der Definition im Kapitel 5.2.2.1. erhöht. Der Glutaraldehydtest war bei 3 Kühen auf 3.0, 5.5 bzw. 7.5 Minuten verkürzt (normal 10 bis 15 Minuten). Die BHB- und NEFA-Konzentrationen sowie deren Verlauf werden separat beschrieben (Kapitel 6.1.2.4.). Die Blutparameter der 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

#### **6.1.2.3. Pansensaftbefunde bei den Kühen der Gruppe B**

Der pH-Wert des Pansensafts lag zwischen 5.5 und 9.0 ( $7.1 \pm 0.83$ ). Die Farbe war bei allen Kühen oliv. Der Geruch war bei 43 Kühen aromatisch, bei 9 Kühen fade und bei einer Kuh muffig. Die Viskosität war bei 34 Kühen wässrig und bei 19 Kühen viskös. Das Pansenchlorid lag zwischen 12 und 80 mmol/l ( $44.0 \pm 17.52$  mmol/l). Die Pansensaftparameter der 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.1.2.4. Verlauf der Ketonkörper-, der BHB- und der NEFA-Konzentrationen bei den Kühen der Gruppe B

##### Verlauf der Ketonkörperkonzentration im Harn

Bei Klinikeintritt wiesen die Kühe der 3 Behandlungsgruppen eine Ketonkörperkonzentration von durchschnittlich 10 mg Ketonkörper/dl Harn auf (Medianwert) (Tab. 3). Die Konzentration fiel in allen 3 Behandlungsgruppen bis zum Tag 4 auf einen Medianwert von 0 mg/dl ab. Am Tag 1 war der Ketonkörpergehalt im Harn in der Gruppe 3 signifikant tiefer als in der Gruppe 2 ( $P < 0.05$ ).

Tab. 3: Ketonkörper im Harn bei Klinikeintritt und an den 4 darauffolgenden Tagen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Ketonkörper im Harn (mg/dl)		
	Gruppe 1 (n = 20) Kontrolle	Gruppe 2 (n = 20) 1.1 mg Flunixin	Gruppe 3 (n = 20) 2.2 mg Flunixin
0	10 (0 – 150)	10 (0 – 150)	10 (0 – 150)
1	15 <sup>1</sup> (0 – 160)	15 <sup>1,*</sup> (0 – 80)	0 <sup>**,a</sup> (0 – 80)
2	3 <sup>**</sup> (0 – 40)	0 <sup>**</sup> (0 – 40)	0 <sup>1,**</sup> (0 – 40)
3	0 <sup>1,**</sup> (0 – 40)	0 <sup>**</sup> (0 – 40)	0 <sup>1,**</sup> (0 – 5)
4	0 <sup>1,**</sup> (0 – 40)	0 <sup>**</sup> (0 – 40)	0 <sup>**</sup> (0 – 0)

<sup>1</sup> n = 19

\* Differenz zum Tag 0:  $P < 0.05$ , \*\* Differenz zum Tag 0:  $P < 0.01$

<sup>a</sup> Differenz zur Gruppe 2:  $P < 0.05$

## Verlauf der BHB-Konzentration

Die BHB-Konzentration (Medianwert) lag bei Klinikeintritt bei den Kühen der Gruppe 1 bei 2'327, der Gruppe 2 bei 2'492 und der Gruppe 3 bei 1'543  $\mu\text{mol/l}$  (Tab. 4). Sie fiel in allen 3 Behandlungsgruppen bis zum Tag 3 signifikant ab ( $P < 0.01$ ) und erreichte Medianwerte von 602, 418 und 365  $\mu\text{mol/l}$ . Am Tag 3 war die BHB-Konzentration in der Gruppe 3 signifikant tiefer als in der Gruppe 1 ( $P < 0.01$ ).

Tab. 4: BHB-Konzentration bei Klinikeintritt und an den 3 darauffolgenden Tagen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	BHB-Konzentration ( $\mu\text{mol/l}$ )		
	Gruppe 1 (n = 20) Kontrolle	Gruppe 2 (n = 20) 1.1 mg Flunixin	Gruppe 3 (n = 20) 2.2 mg Flunixin
0	2'327 (373 – 8'713)	2'492 (788 – 6'698)	1'543 (363 – 6'296)
1	988** (155 – 5'939)	1'173** (173 – 2'682)	576** (187 – 6'358)
2	679** (262 – 1'622)	570** (267 – 1'477)	400** (218 – 2'109)
3	602** (195 – 1'415)	418** (236 – 1'453)	365** <sup>a</sup> (234 – 1'223)

\*\* Differenz zum Tag 0:  $P < 0.01$

<sup>a</sup> Differenz zur Gruppe 1:  $P < 0.01$

Bei 32 Kühen war die BHB-Konzentration an mindestens 2 der 4 untersuchten Tage erhöht (BHB-Konzentration  $> 900 \mu\text{mol/l}$ ), was nach Definition im Kapitel 5.2.2.1. für eine Ketose sprach. Die Kühe der Gruppe 2 wiesen signifikant häufiger ( $P < 0.01$ ;  $n = 16$ ) eine Ketose auf als diejenigen der Gruppe 3 ( $n = 5$ ). Bei den Kühen

der Gruppe 1 unterschied sich die Häufigkeit (n = 11) nicht signifikant von den anderen beiden Gruppen.

### Verlauf der NEFA-Konzentration

Die NEFA-Konzentration (Medianwert) lag bei Klinikeintritt bei den Kühen der Gruppe 1 bei 1.7, der Gruppe 2 bei 1.9 und der Gruppe 3 bei 1.4 mmol/l (Tab. 5). Bis zum Tag 3 fiel sie in allen 3 Behandlungsgruppen auf Medianwerte von 0.8, 0.6 und 0.5 mmol/l ab. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

Tab. 5: NEFA-Konzentration bei Klinikeintritt und an den 3 darauffolgenden Tagen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	NEFA-Konzentration (mmol/l)		
	Gruppe 1 (n = 20) Kontrolle	Gruppe 2 (n = 20) 1.1 mg Flunixin	Gruppe 3 (n = 20) 2.2 mg Flunixin
0	1.7 (0.6 – 3.4)	1.9 (0.5 – 3.0)	1.4 (0.5 – 2.8)
1	0.8** (0.2 – 2.7)	1.1** (0.2 – 2.3)	0.8** (0.3 – 2.2)
2	0.9** (0.2 – 2.7)	0.8** (0.2 – 2.4)	0.7** (0.1 – 2.1)
3	0.8** (0.2 – 2.6)	0.6** (0.1 – 1.9)	0.5** (0.1 – 2.2)

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

### 6.1.2.5. Verlauf des Nachweises von Blut im Kot bei den Kühen der Gruppe B

Die Untersuchung der Kotproben auf okkultes Blut mittels hemoFec<sup>®</sup>-Tests ergab bei 52 Kühen ein negatives und bei 3 Kühen ein positives Ergebnis. Bei 5 Kühen

war der Test auf okkultes Blut nicht durchführbar, da das Rektum zu wenig Kot enthielt. Bei den initial negativen Kühen war der hemoFec<sup>®</sup> immer negativ. Zwei der positiv getesteten Kühe zeigten im Verlauf wieder ein negatives Ergebnis. Bei einer Kuh aus der Behandlungsgruppe 3 war der hemoFec<sup>®</sup> an allen 5 Tagen positiv. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich in Bezug auf den hemoFec<sup>®</sup> nicht signifikant.

## 6.2. Fressen und Wiederkauen

### 6.2.1. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen

#### 6.2.1.1. Fressen bei 9 gesunden Kühen

Die Fressdauer (Medianwert) lag an den 5 untersuchten Tagen zwischen 281 (Tag 2) und 327 Minuten (Tag 3) (Tab. 6).

Tab. 6: Fressdauer und Anzahl Kauschläge beim Fressen bei 9 Kühen der Gruppe A über 5 Tage (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Fressdauer (Minuten)	Anzahl Kauschläge beim Fressen
1 (n = 9)	289 (210 – 381)	19'006 (12'470 – 24'225)
2 (n = 9)	281 (242 – 324)	18'376 (15'382 – 22'384)
3 (n = 9)	327 (264 – 358)	19'336 (16'732 – 22'949)
4 (n = 9)	316* (281 – 382)	19'963 (16'427 – 24'392)
5 (n = 9)	313* (255 – 425)	19'463 (14'919 – 27'064)

\* Differenz zum Tag 1: P < 0.05

An den Tagen 4 und 5 war sie signifikant länger als am Tag 1 ( $P < 0.05$ ). Die Anzahl Kauschläge beim Fressen schwankte zwischen 18'376 (Tag 2) und 19'963 (Tag 4) (Tab. 6). Die einzelnen Tage unterschieden sich nicht signifikant.

### 6.2.1.2. Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen

Die Wiederkaudauer (Medianwert) lag an den 5 Tagen zwischen 441 (Tag 1) und 490 Minuten (Tag 4) (Tab. 7). Die Anzahl Wiederkauboli schwankte zwischen 529 (Tag 2) und 580 (Tag 3), die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen zwischen 32'456 (Tag 1) und 36'425 (Tag 4) und die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus zwischen 55.0 (Tag 5) und 58.5 (Tag 1) (Tab. 7). Die Wiederkauparameter unterschieden sich an den 5 Tagen nicht signifikant.

Tab. 7: Wiederkaudauer, Anzahl Wiederkauboli, Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus bei 9 Kühen der Gruppe A über 5 Tage (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Wiederkaudauer (Minuten)	Anzahl Wiederkauboli	Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen	Anzahl Kauschläge pro Bolus
1 (n = 9)	441 (377 – 586)	558 (483 – 742)	32'456 (27'693 – 43'402)	58.5 (49.2 – 70.9)
2 (n = 9)	460 (331 – 553)	529 (383 – 723)	34'576 (24'504 – 37'854)	58.3 (52.4 – 70.1)
3 (n = 9)	486 (368 – 520)	580 (473 – 682)	33'621 (23'729 – 39'014)	57.9 (48.8 – 68.6)
4 (n = 9)	490 (391 – 551)	571 (497 – 705)	36'425 (26'055 – 38'635)	57.3 (47.5 – 67.8)
5 (n = 9)	463 (362 – 514)	557 (518 – 705)	34'246 (25'446 – 38'463)	55.0 (49.1 – 66.5)

### 6.2.1.3. Trockensubstanzaufnahme bei 9 gesunden Kühen

Die Trockensubstanzaufnahme aus der TMR (Medianwert) variierte zwischen 14.8 (Tag 1) und 17.8 kg (Tag 5) und die Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter lag stets bei 2.0 kg (Tab. 8). Die gesamte Trockensubstanzaufnahme lag zwischen 16.8 (Tag 1) und 19.4 kg (Tag 3). Die Trockensubstanzaufnahme unterschied sich an den einzelnen Tagen nicht signifikant.

Tab. 8: Trockensubstanzaufnahme bei 9 Kühen der Gruppe A über 5 Tage (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	TS-Aufnahme aus TMR (kg)	TS-Aufnahme aus Kraftfutter (kg)	TS-Aufnahme gesamt (kg)
1 (n = 9)	14.8 (12.1 – 19.7)	2.0 (1.3 – 2.0)	16.8 (13.8 – 21.4)
2 (n = 9)	15.8 (12.1 – 19.2)	2.0 (0.2 – 2.0)	17.0 (14.1 – 20.8)
3 (n = 9)	17.5 (14.0 – 18.5)	2.0 (1.3 – 2.0)	19.4 (16.0 – 20.5)
4 (n = 9)	16.3 (12.0 – 18.5)	2.0 (0.8 – 2.0)	18.3 (14.0 – 20.5)
5 (n = 9)	17.8 (11.6 – 20.0)	2.0 (0.3 – 2.0)	19.0 (13.5 – 22.0)

### 6.2.2. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung

#### 6.2.2.1. Fressen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung

##### Fressdauer

Die Fressdauer (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Behandlungsgruppe 1 (Kontrolle) 93, der Behandlungs-

gruppe 2 (1.1 mg Flunixin) 80 und der Behandlungsgruppe 3 (2.2 mg Flunixin) 114 Minuten (Tab. 9). Bereits am Tag 1 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant länger als am Tag 0. Bis zum Tag 30 stieg sie in allen 3 Behandlungsgruppen weiter an und erreichte Werte von 305, 310 und 313 Minuten. Die Werte der 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich an den einzelnen Tagen nicht signifikant.

Tab. 9: Fressdauer vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Fressdauer (Minuten)		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	93 (6 – 196)	80 (5 – 296)	114 (4 – 199)
1	201 <sup>1,**</sup> (29 – 306)	172 <sup>**</sup> (10 – 401)	216 <sup>**</sup> (85 – 341)
2	260 <sup>**</sup> (201 – 347)	267 <sup>**</sup> (93 – 396)	286 <sup>2,**</sup> (135 – 402)
3	268 <sup>1,**</sup> (164 – 307)	258 <sup>1,**</sup> (177 – 379)	263 <sup>1,**</sup> (151 – 363)
4	267 <sup>1,**</sup> (204 – 322)	255 <sup>1,**</sup> (128 – 369)	247 <sup>**</sup> (123 – 350)
14	280 <sup>1,**</sup> (180 – 380)	280 <sup>**</sup> (138 – 414)	276 <sup>2,**</sup> (152 – 432)
30	305 <sup>3,**</sup> (225 – 501)	310 <sup>4,**</sup> (144 – 453)	313 <sup>3,**</sup> (231 – 416)

<sup>1</sup> n = 19, <sup>2</sup> n = 18, <sup>3</sup> n = 16, <sup>4</sup> n = 17

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01



## Anzahl Kauschläge beim Fressen

Die Anzahl Kauschläge beim Fressen (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Gruppe 1 5'666, der Gruppe 2 4'855 und der Gruppe 3 6'641 (Tab. 10).

Tab. 10: Anzahl Kauschläge beim Fressen vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Anzahl Kauschläge beim Fressen		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	5'666 (361 – 13'009)	4'855 (308 – 19'689)	6'641 (224 – 12'325)
1	11'960 <sup>1,**</sup> (1'574 – 18'524)	10'701 <sup>**</sup> (568 – 25'582)	12'770 <sup>**</sup> (4'782 – 19'781)
2	15'706 <sup>**</sup> (11'872 – 23'085)	16'144 <sup>**</sup> (5'309 – 23'423)	17'094 <sup>2,**</sup> (7'843 – 24'420)
3	16'657 <sup>1,**</sup> (9'298 – 19'581)	16'118 <sup>1,**</sup> (11'190 – 24'493)	16'304 <sup>1,**</sup> (8'753 – 21'549)
4	17'217 <sup>1,**</sup> (13'301 – 20'873)	15'091 <sup>1,**</sup> (6'996 – 23'473)	15'933 <sup>**</sup> (7'005 – 22'054)
14	18'504 <sup>1,**</sup> (12'095 – 25'621)	17'627 <sup>**</sup> (7'996 – 26'399)	17'451 <sup>2,**</sup> (9'478 – 31'665)
30	20'119 <sup>3,**</sup> (13'801 – 35'349)	20'931 <sup>4,**</sup> (8'625 – 32'002)	20'627 <sup>3,**</sup> (14'184 – 29'758)

<sup>1</sup> n = 19, <sup>2</sup> n = 18, <sup>3</sup> n = 16, <sup>4</sup> n = 17

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

Bereits am Tag 1 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant grösser als am Tag 0. Bis zum Tag 30 stieg sie in allen 3 Behandlungsgruppen weiter an und erreichte Werte von 20'119, 20'931 und 20'627. Die Werte der 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich an den einzelnen Tagen nicht signifikant.

#### 6.2.2.2. Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung Wiederkaudauer

Die Wiederkaudauer (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Gruppe 1 126, der Gruppe 2 28 und der Gruppe 3 97 Minuten (Tab. 11). Bereits am Tag 1 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant länger als am Tag 0. Sie stieg bei den Gruppen 1 und 2 bis zum Tag 4 und bei der Gruppe 3 bis zum Tag 3 weiter an und erreichte Werte von 537, 551 und 543 Minuten. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant.

Tab. 11: Wiederkaudauer vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Wiederkaudauer (Minuten)		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	126 (0 – 413)	28 (0 – 377)	97 (0 – 448)
1	344 <sup>1,**</sup> (5 – 580)	366 <sup>**</sup> (36 – 487)	424 <sup>**</sup> (134 – 589)
2	477 <sup>**</sup> (72 – 724)	460 <sup>**</sup> (121 – 587)	478 <sup>2,**</sup> (222 – 604)
3	499 <sup>1,**</sup> (248 – 695)	539 <sup>1,**</sup> (231 – 690)	543 <sup>1,**</sup> (239 – 657)

Fortsetzung Tab. 11

Tag	Wiederkaudauer (Minuten)		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
4	537 <sup>1,**</sup> (362 – 633)	551 <sup>1,**</sup> (59 – 657)	497 <sup>**</sup> (371 – 654)
14	511 <sup>1,**</sup> (375 – 628)	546 <sup>**</sup> (209 – 635)	489 <sup>2,**</sup> (165 – 729)
30	518 <sup>3,**</sup> (348 – 687)	485 <sup>4,**</sup> (376 – 585)	496 <sup>3,**</sup> (376 – 645)

<sup>1</sup> n = 19, <sup>2</sup> n = 18, <sup>3</sup> n = 16, <sup>4</sup> n = 17

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

### Anzahl Wiederkauboli

Die Anzahl Wiederkauboli (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Gruppe 1 156, der Gruppe 2 44 und der Gruppe 3 161 (Tab. 12). Bereits am Tag 1 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant grösser als am Tag 0. Bei den Gruppen 1 und 2 stieg sie bis zum Tag 4 und bei der Gruppe 3 bis zum Tag 3 weiter an und erreichte Werte von 601, 636 und 643. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant.

Tab. 12: Anzahl Wiederkauboli vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Anzahl Wiederkauboli		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	156 (0 – 546)	44 (0 – 527)	161 (0 – 723)
1	426 <sup>1,**</sup> (7 – 603)	450 <sup>**</sup> (60 – 620)	496 <sup>**</sup> (180 – 769)
2	522 <sup>**</sup> (92 – 764)	541 <sup>**</sup> (157 – 651)	573 <sup>2,**</sup> (197 – 676)
3	526 <sup>1,**</sup> (319 – 751)	633 <sup>1,**</sup> (282 – 784)	643 <sup>1,**</sup> (208 – 787)
4	601 <sup>1,**</sup> (410 – 738)	636 <sup>1,**</sup> (61 – 729)	604 <sup>**</sup> (346 – 728)
14	566 <sup>1,**</sup> (489 – 766)	595 <sup>**</sup> (320 – 780)	560 <sup>2,**</sup> (339 – 873)
30	577 <sup>3,**</sup> (466 – 781)	553 <sup>4,**</sup> (447 – 741)	629 <sup>3,**</sup> (456 – 729)

<sup>1</sup> n = 19, <sup>2</sup> n = 18, <sup>3</sup> n = 16, <sup>4</sup> n = 17

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

### Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen

Die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Gruppe 1 7'657, der Gruppe 2 1'685 und der Gruppe 3 6'304 (Tab. 13). Bereits am Tag 1 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant grösser als am Tag 0. Bei den Gruppen 1 und 3 stieg sie bis zum Tag 30 auf 37'438 und 36'259 und bei der Gruppe

2 bis zum Tag 4 auf 37'064 an. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant.

Tab. 13: Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	7'657 (0 – 27'253)	1'685 (0 – 29'474)	6'304 (0 – 31'533)
1	20'767 <sup>1,**</sup> (275 – 34'887)	22'812 <sup>**</sup> (2'159 – 35'433)	26'676 <sup>**</sup> (7'960 – 41'098)
2	30'006 <sup>**</sup> (3'786 – 46'173)	29'120 <sup>**</sup> (6'809 – 44'024)	30'504 <sup>2,**</sup> (13'934 – 39'216)
3	32'353 <sup>1,**</sup> (13'500 – 46'347)	35'272 <sup>1,**</sup> (13'180 – 46'991)	34'823 <sup>1,**</sup> (15'174 – 47'417)
4	35'573 <sup>1,**</sup> (21'142 – 43'355)	37'064 <sup>1,**</sup> (3'615 – 44'844)	32'818 <sup>**</sup> (23'265 – 44'738)
14	35'170 <sup>1,**</sup> (26'417 – 45'342)	36'714 <sup>**</sup> (13'240 – 43'418)	32'739 <sup>2,**</sup> (10'348 – 54'451)
30	37'438 <sup>3,**</sup> (23'868 – 47'111)	34'988 <sup>4,**</sup> (24'799 – 42'374)	36'259 <sup>3,**</sup> (25'679 – 49'808)

<sup>1</sup> n = 19, <sup>2</sup> n = 18, <sup>3</sup> n = 16, <sup>4</sup> n = 17

\*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

### Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus

Die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der Gruppe 1 49.6, der Gruppe 2 48.6 und der Gruppe 3 48.6 (Tab. 14).

Tab. 14: Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	49.6 <sup>1</sup> (29.2 – 70.8)	48.6 <sup>2</sup> (30.3 – 57.8)	48.6 <sup>3</sup> (34.0 – 66.6)
1	49.9 <sup>4</sup> (26.4 – 68.7)	49.6 (36.0 – 65.2)	51.7 (35.1 – 73.5)
2	55.8* (41.2 – 65.4)	53.9* (39.3 – 69.0)	55.4 <sup>5,*</sup> (44.3 – 70.7)
3	57.7 <sup>4,**</sup> (42.3 – 72.6)	56.9 <sup>4,**</sup> (43.1 – 73.9)	58.8 <sup>4,**</sup> (46.3 – 73.0)
4	57.7 <sup>4,**</sup> (50.2 – 69.3)	59.3 <sup>4,**</sup> (45.7 – 70.8)	55.0* (43.9 – 76.1)
14	60.7 <sup>4,**</sup> (49.0 – 81.0)	59.2** (41.4 – 73.8)	59.8 <sup>5,**</sup> (30.5 – 86.4)
30	61.9 <sup>6,**</sup> (50.1 – 81.0)	61.0 <sup>1,**</sup> (49.1 – 69.1)	57.5 <sup>6,**</sup> (43.5 – 82.1)

<sup>1</sup> n = 17, <sup>2</sup> n = 12, <sup>3</sup> n = 14, <sup>4</sup> n = 19, <sup>5</sup> n = 18, <sup>6</sup> n = 16

\* Differenz zum Tag 0: P < 0.05, \*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01

Am Tag 2 nach der Operation war sie in allen 3 Gruppen signifikant grösser als am Tag 0. Sie stieg bei den Gruppen 1 und 2 bis zum Tag 30 und bei der Gruppe 3 bis zum Tag 14 weiter an und erreichte Werte von 61.9, 61.0 und 59.8. Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant.

### **6.2.2.3. Trockensubstanzaufnahme bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

#### **Trockensubstanzaufnahme aus der TMR**

Die Trockensubstanzaufnahme aus der TMR (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der 3 Gruppen 1.6, 1.9 und 2.7 kg (Tab. 15). Sie stieg bis zum Tag 4 auf 10.3, 8.7 und 9.5 kg an (Differenzen zum Tag 0:  $P < 0.01$ ). Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

#### **Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter**

Die Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der 3 Gruppen 0.4, 0.6 und 0.8 kg (Tab. 15). Sie stieg bis zum Tag 4 auf 1.9, 2.0 und 1.9 kg an (Differenzen zum Tag 0:  $P < 0.01$ ). Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

Tab. 15: Trockensubstanzaufnahme aus der TMR und aus dem separat angebotenen Kraftfutter vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 4 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

54

Tag	TS-Aufnahme aus TMR (kg)			TS-Aufnahme aus Kraftfutter (kg)		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	1.6 (0.0 – 9.1)	1.9 (0.0 – 6.4)	2.7 (0.4 – 8.9)	0.4 <sup>1</sup> (0.1 – 3.4)	0.6 (0.0 – 1.9)	0.8 <sup>1</sup> (0.0 – 3.4)
1	5.0* (0.3 – 12.7)	3.7* (0.5 – 11.0)	5.5** (1.1 – 13.1)	0.7 (0.2 – 2.0)	0.9 (0.1 – 2.0)	1.4 (0.1 – 2.1)
2	8.0** (2.8 – 13.6)	7.4** (0.4 – 15.1)	8.7** (1.2 – 12.3)	1.5** (0.1 – 2.0)	1.8** (0.1 – 2.0)	1.7* (0.1 – 2.0)
3	9.3** (2.4 – 15.3)	8.5** (2.5 – 14.5)	8.1** (2.7 – 12.8)	1.8** (0.2 – 2.0)	2.0** (0.1 – 2.0)	1.9** ( $< 0.1 - 2.0$ )
4	10.3** (4.5 – 14.4)	8.7** (0.8 – 14.6)	9.5** (3.8 – 13.7)	1.9** (0.8 – 2.0)	2.0** (0.1 – 2.0)	1.9** (0.2 – 2.0)

<sup>1</sup> n = 17

\* Differenz zum Tag 0: P < 0.05, \*\* Differenz zum Tag 0: P < 0.01



## Gesamtrockensubstanzaufnahme

Die gesamte Trockensubstanzaufnahme (Medianwert) betrug am Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bei den Kühen der 3 Gruppen 1.8, 2.5 und 3.8 kg (Tab. 16). Sie stieg bis zum Tag 4 auf 12.2, 10.7 und 11.1 kg an (Differenzen zum Tag 0:  $P < 0.01$ ). Die 3 Behandlungsgruppen unterschieden sich nicht signifikant.

Tab. 16: Gesamtrockensubstanzaufnahme vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 4 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte, Schwankungsbreiten in Klammern)

Tag	TS-Aufnahme gesamt (kg)		
	Gruppe 1 (n = 20)	Gruppe 2 (n = 20)	Gruppe 3 (n = 20)
0	1.8 (0.4 – 9.8)	2.5 (0.0 – 7.4)	3.8 (0.4 – 10.6)
1	5.4* (0.5 – 14.1)	5.1* (1.0 – 12.7)	6.7** (1.3 – 14.7)
2	9.0** (3.2 – 15.4)	8.7** (1.2 – 17.0)	10.1** (1.8 – 14.0)
3	11.2** (3.1 – 17.1)	10.5** (2.6 – 16.5)	9.9** (3.0 – 14.7)
4	12.2** (6.4 – 16.1)	10.7** (1.0 – 16.5)	11.1** (4.0 – 15.7)

\* Differenz zum Tag 0:  $P < 0.05$ , \*\* Differenz zum Tag 0:  $P < 0.01$

### 6.3. Vergleich zwischen den gesunden Kühen (Gruppe A) und den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)

#### 6.3.1. Fressen

##### Fressdauer

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Fressdauer zwischen 245.7 und 381.2 Minuten (Median = 295.6 Minuten) (Abb. 1). In allen 3 Behandlungsgruppen lag die Fressdauer an den Tagen 0 und 1 unterhalb und ab dem Tag 2 innerhalb des Normalbereichs.

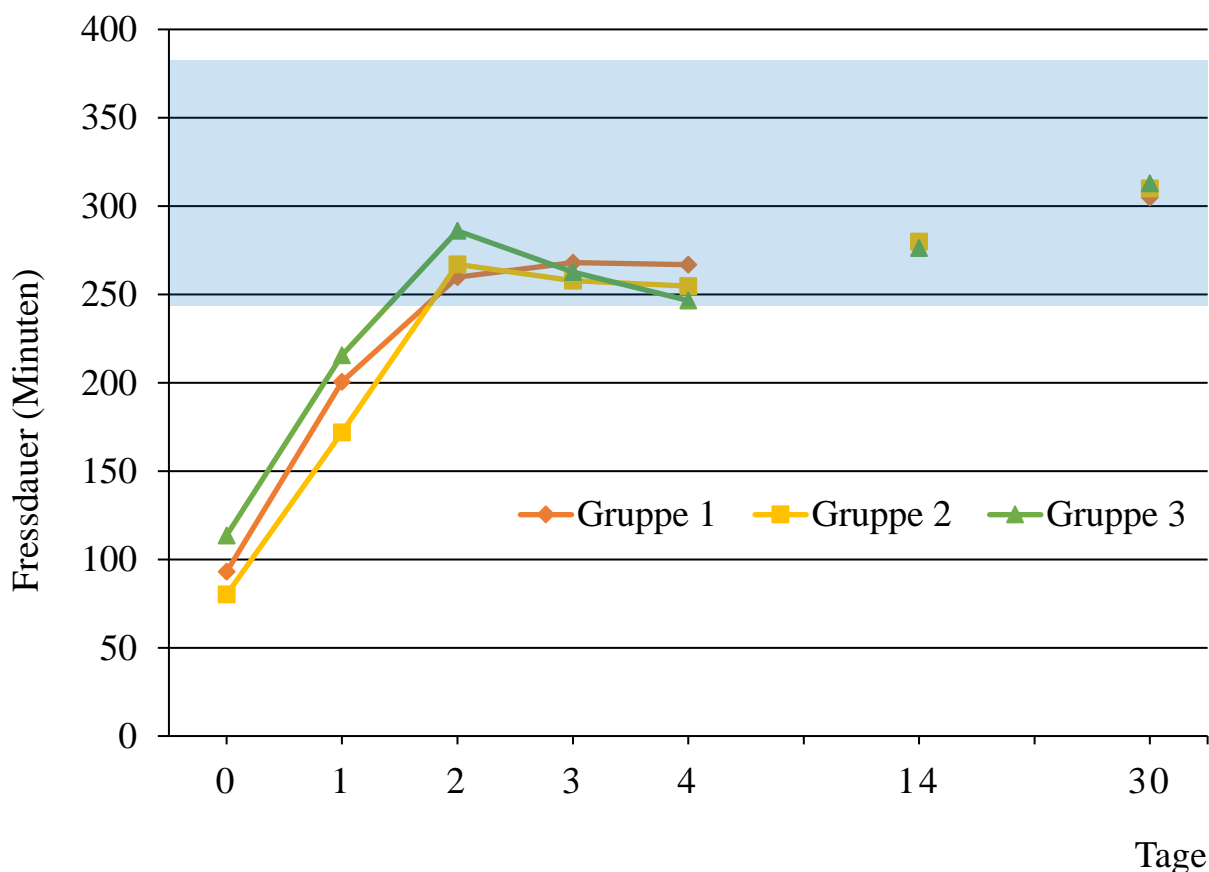


Abb. 1: Fressdauer vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (245.7 – 381.2 Minuten), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## Anzahl Kauschläge beim Fressen

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Anzahl Kauschläge beim Fressen zwischen 14'919 und 24'225 (Median = 19'336) (Abb. 2). In allen 3 Behandlungsgruppen lag die Anzahl Kauschläge beim Fressen an den Tagen 0 und 1 unterhalb und ab dem Tag 2 innerhalb des Normalbereichs.

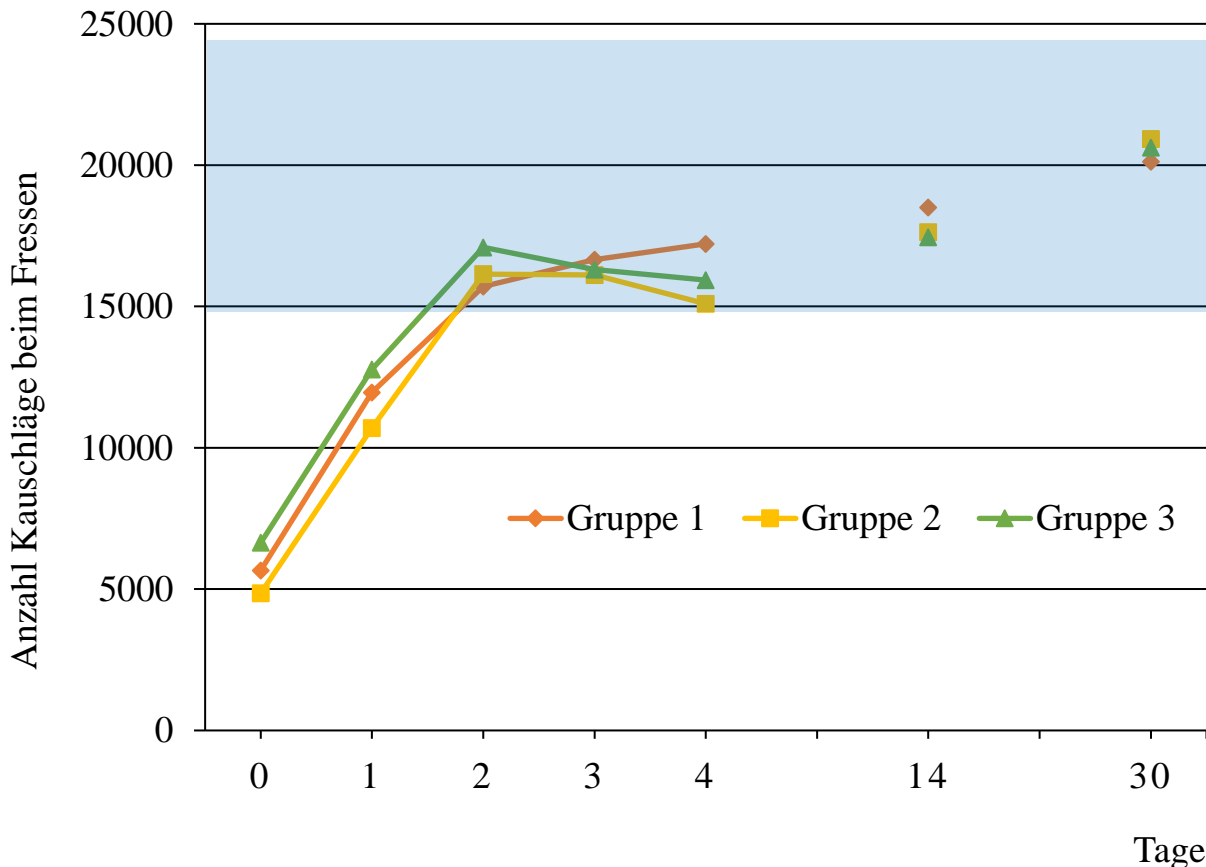


Abb. 2: Anzahl Kauschläge beim Fressen vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (14'919 – 24'225), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

### 6.3.2. Wiederkaugen

#### Wiederkaudauer

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Wiederkaudauer zwischen 361.9 und 550.5 Minuten (Median = 460.0 Minuten) (Abb. 3). In den Gruppen 2 und 3 lag die Wiederkaudauer ab dem Tag 1 und in der Gruppe 1 ab dem Tag 2 innerhalb des Normalbereichs.

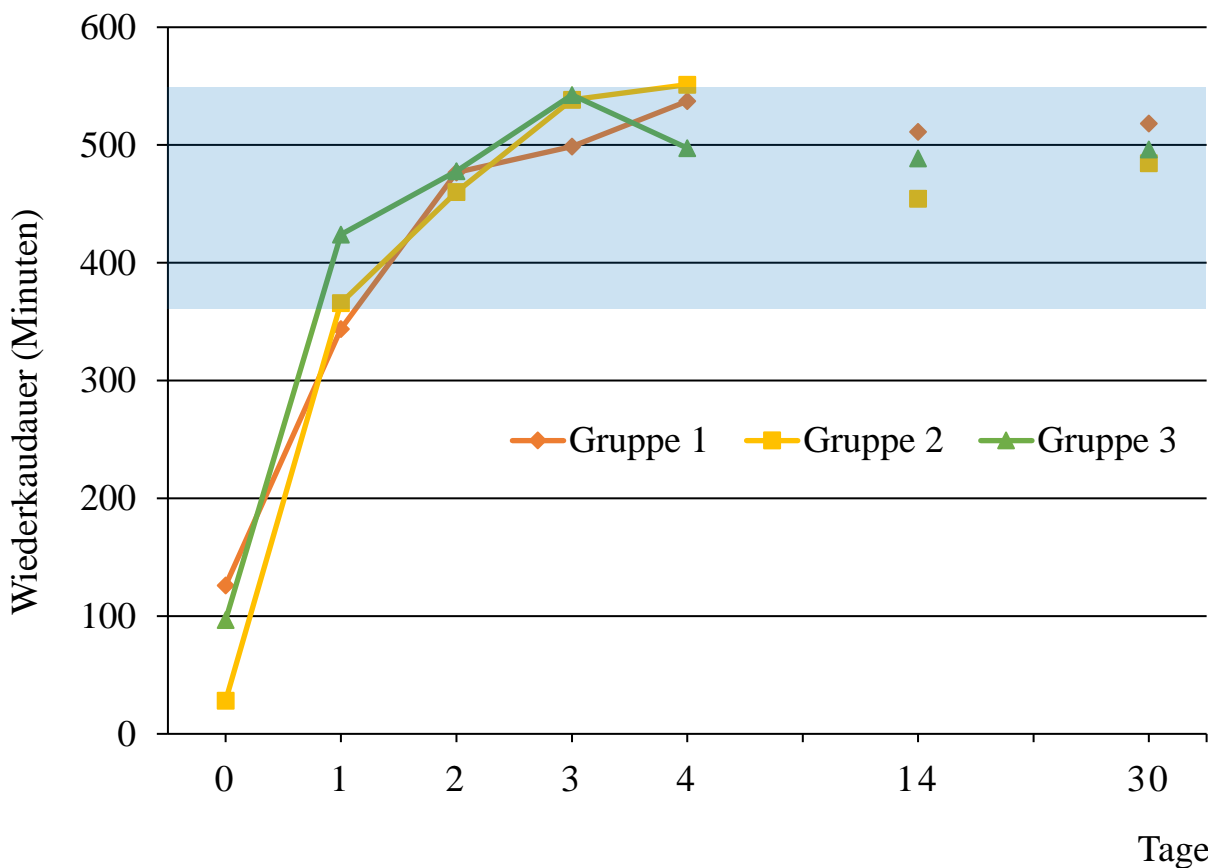


Abb. 3: Wiederkaudauer vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (361.9 – 550.5 Minuten), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## Anzahl Wiederkauboli

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Anzahl Wiederkauboli zwischen 473 und 705 (Median = 559) (Abb. 4). In der Gruppe 3 lag die Anzahl Wiederkauboli ab dem Tag 1 und in den Gruppen 1 und 2 ab dem Tag 2 innerhalb des Normalbereichs.

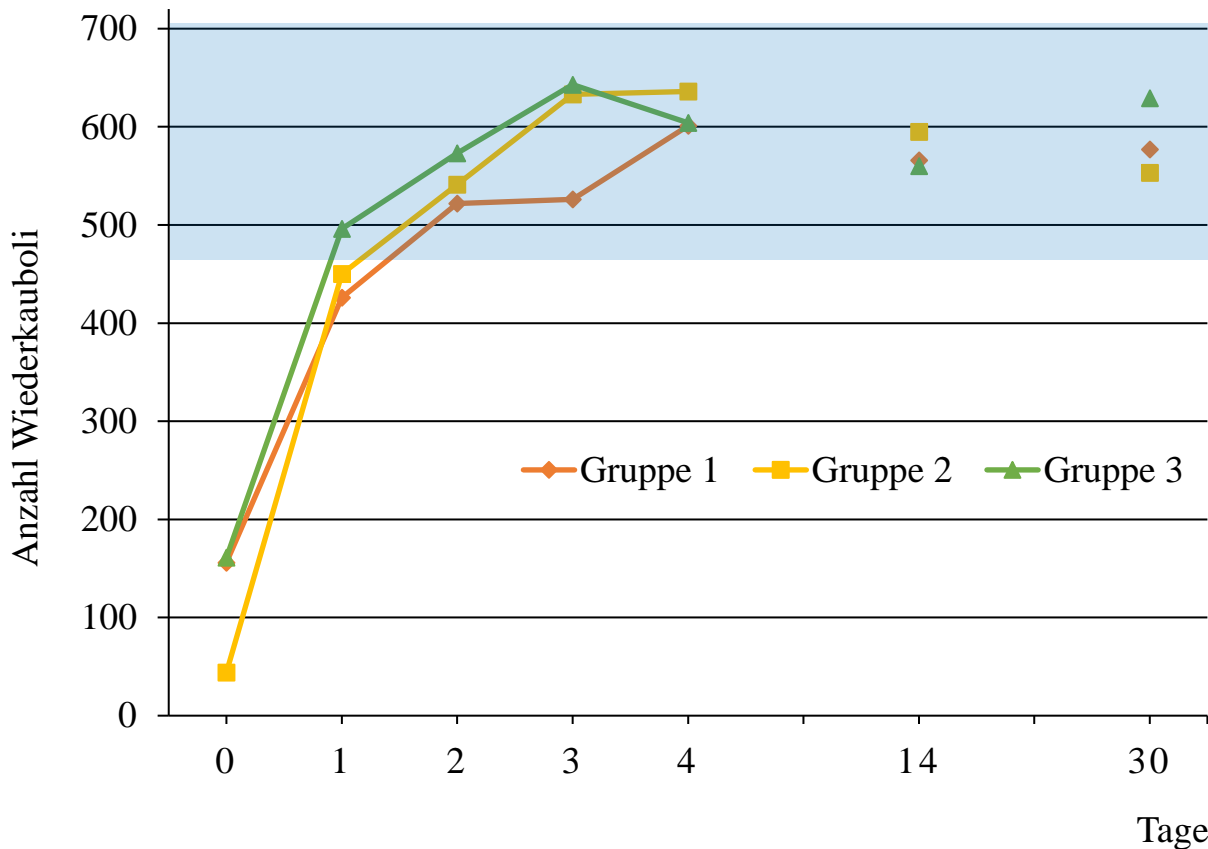


Abb. 4: Anzahl Wiederkauboli vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (473 – 705), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen zwischen 24'521 und 39'362 (Median = 34'246) (Abb. 5). In der Gruppe 3 lag die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen ab dem Tag 1 und in den Gruppen 1 und 2 ab dem Tag 2 innerhalb des Normalbereichs.

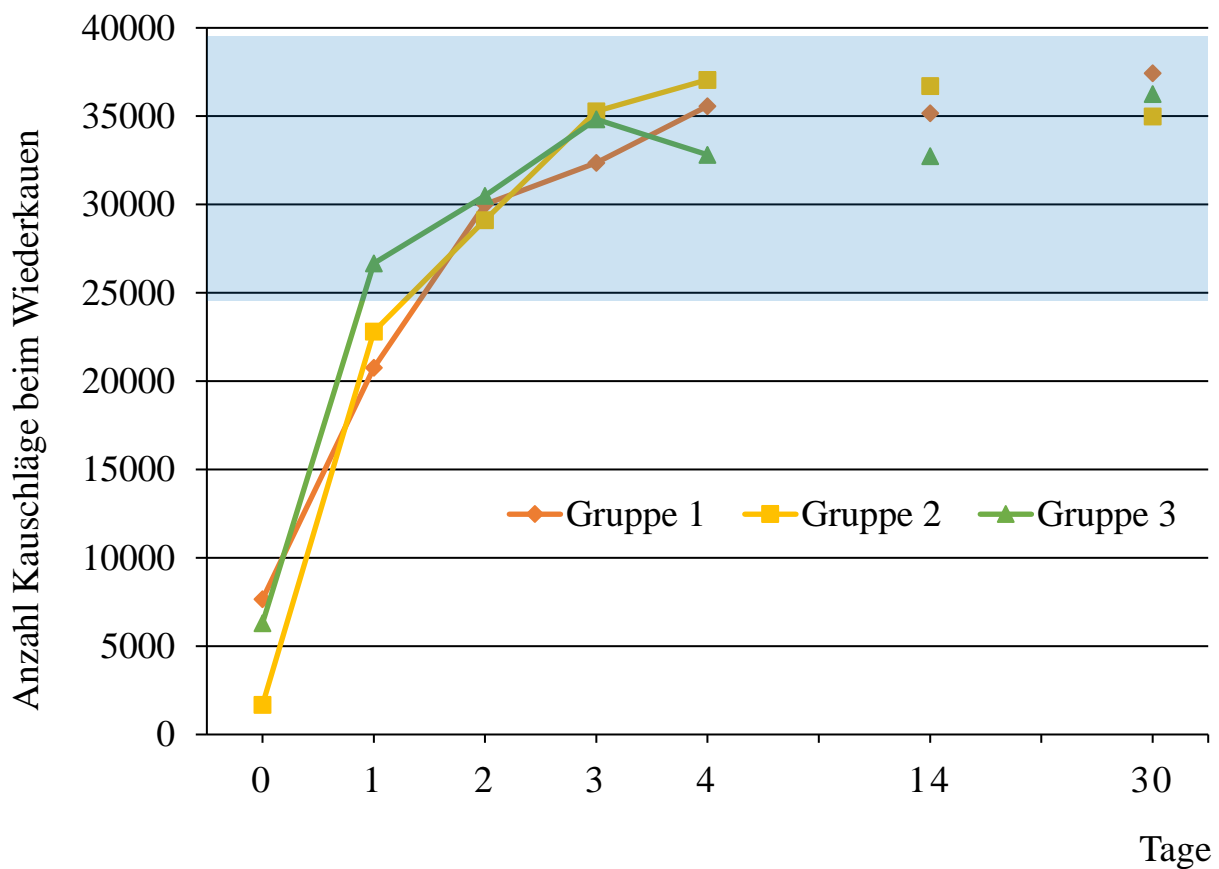


Abb. 5: Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (24'521 – 39'362), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus zwischen 48.8 und 68.6 (Median = 57.3) (Abb. 6). In der Gruppe 1 lag die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus während allen Untersuchungstagen und in den Gruppen 2 und 3 ab dem Tag 1 innerhalb des Normalbereichs.

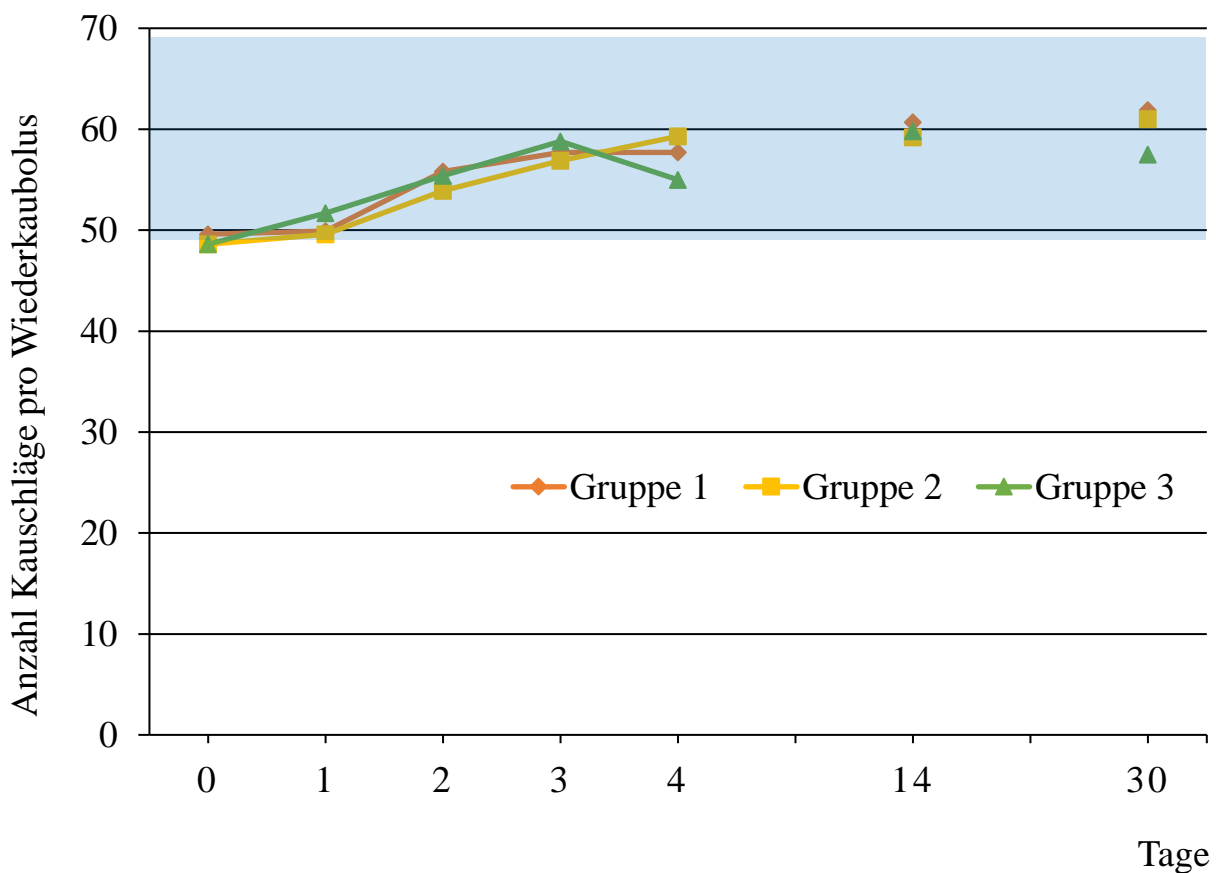


Abb. 6: Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 30 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (48.8 – 68.6), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

### 6.3.3. Trockensubstanzaufnahme

#### Trockensubstanzaufnahme aus der TMR

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Trockensubstanzaufnahme aus der TMR zwischen 12.1 und 19.2 kg (Median = 16.6 kg) (Abb. 7). In allen 3 Behandlungsgruppen erreichte die Trockensubstanzaufnahme aus der TMR den Normalbereich bis zum Tag 4 nicht.

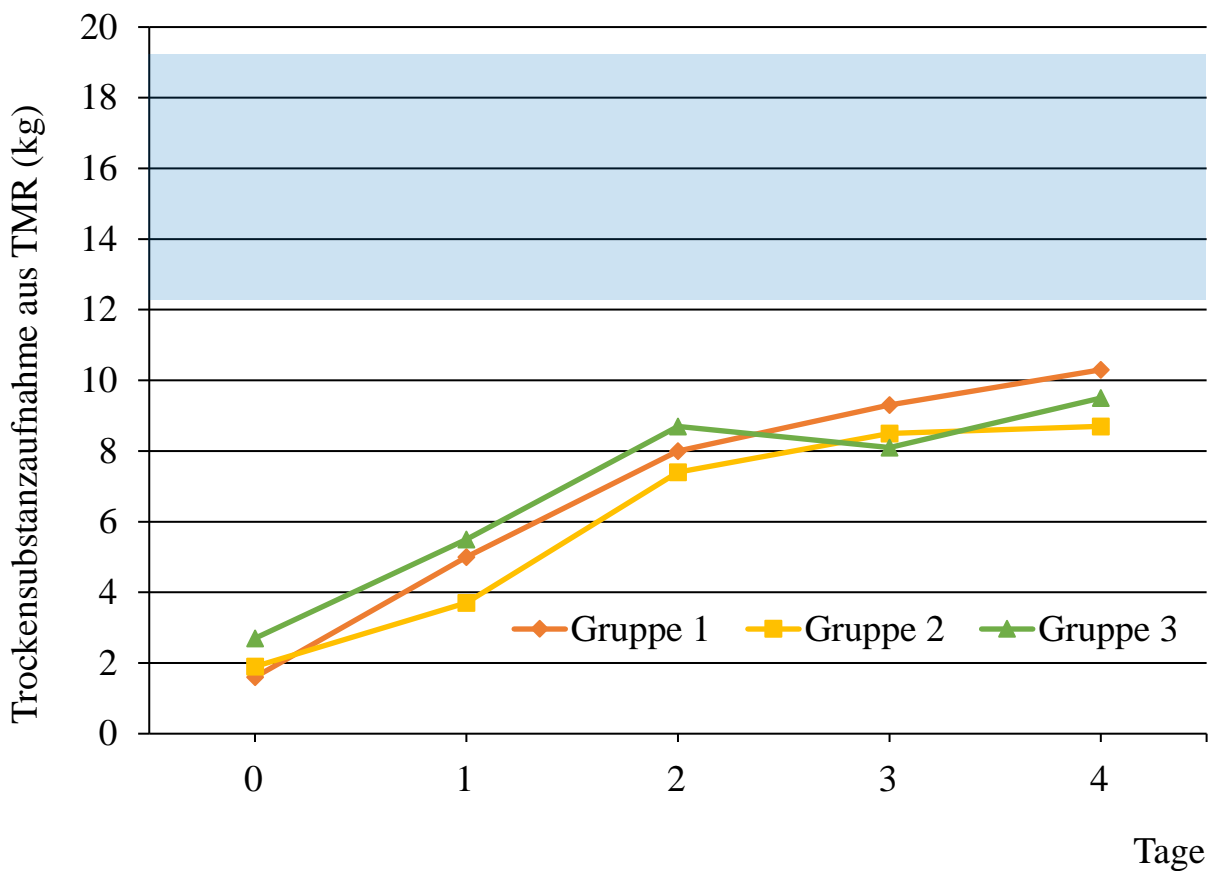


Abb. 7: Trockensubstanzaufnahme aus der TMR vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 4 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (12.1 – 19.2 kg), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)



## Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter zwischen 0.8 und 2.0 kg (Median = 2.0 kg) (Abb. 8). In der Gruppe 3 lag die Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter während allen Untersuchungstagen innerhalb des Normalbereichs, in der Gruppe 2 ab dem Tag 1 und in der Gruppe 1 ab dem Tag 2.

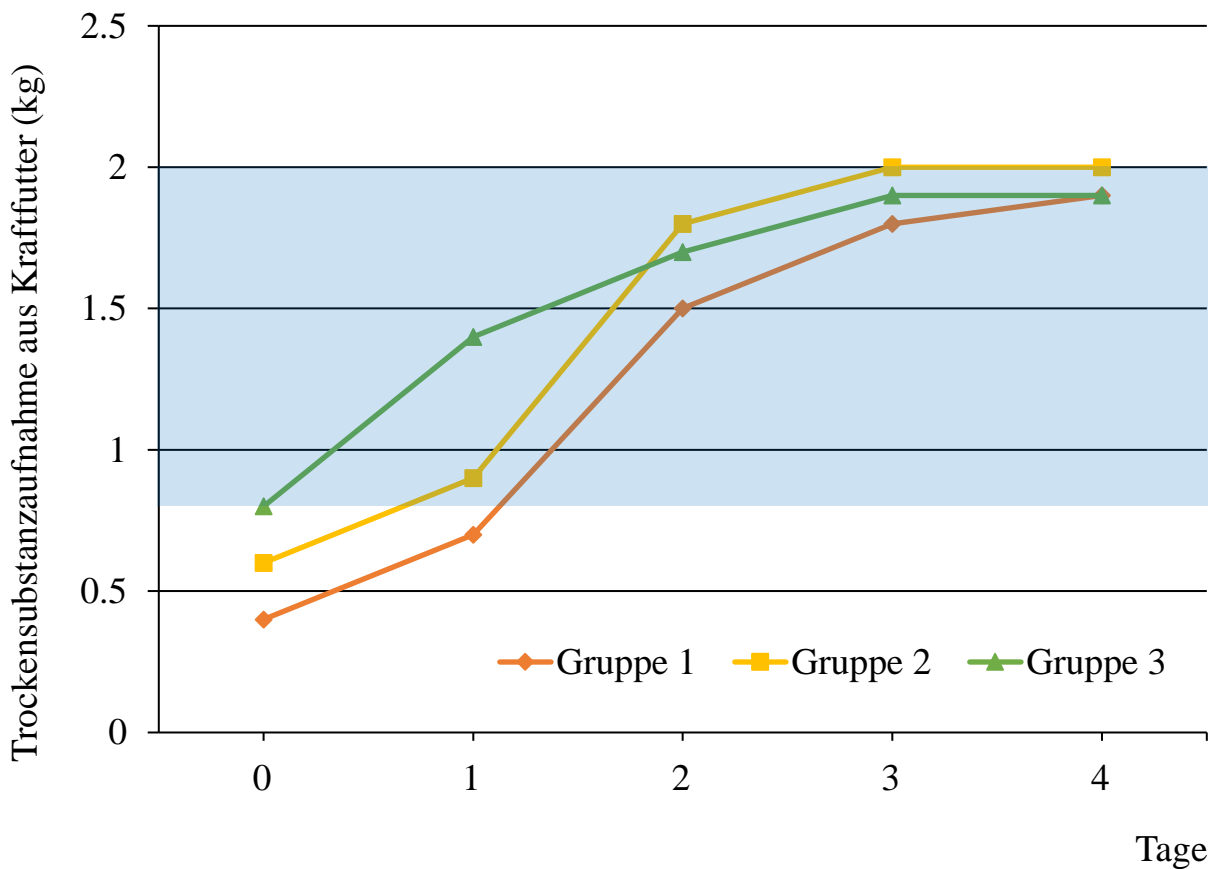


Abb. 8: Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 4 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (0.8 – 2.0 kg), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## Gesamtrockensubstanzaufnahme

Der anhand der gesunden Kühe (Gruppe A) errechnete Normalbereich lag für die Gesamtrockensubstanzaufnahme zwischen 13.9 und 20.9 kg (Median = 18.4 kg) (Abb. 9). In allen 3 Behandlungsgruppen erreichte die Gesamtrockensubstanzaufnahme den Normalbereich bis zum Tag 4 nicht.

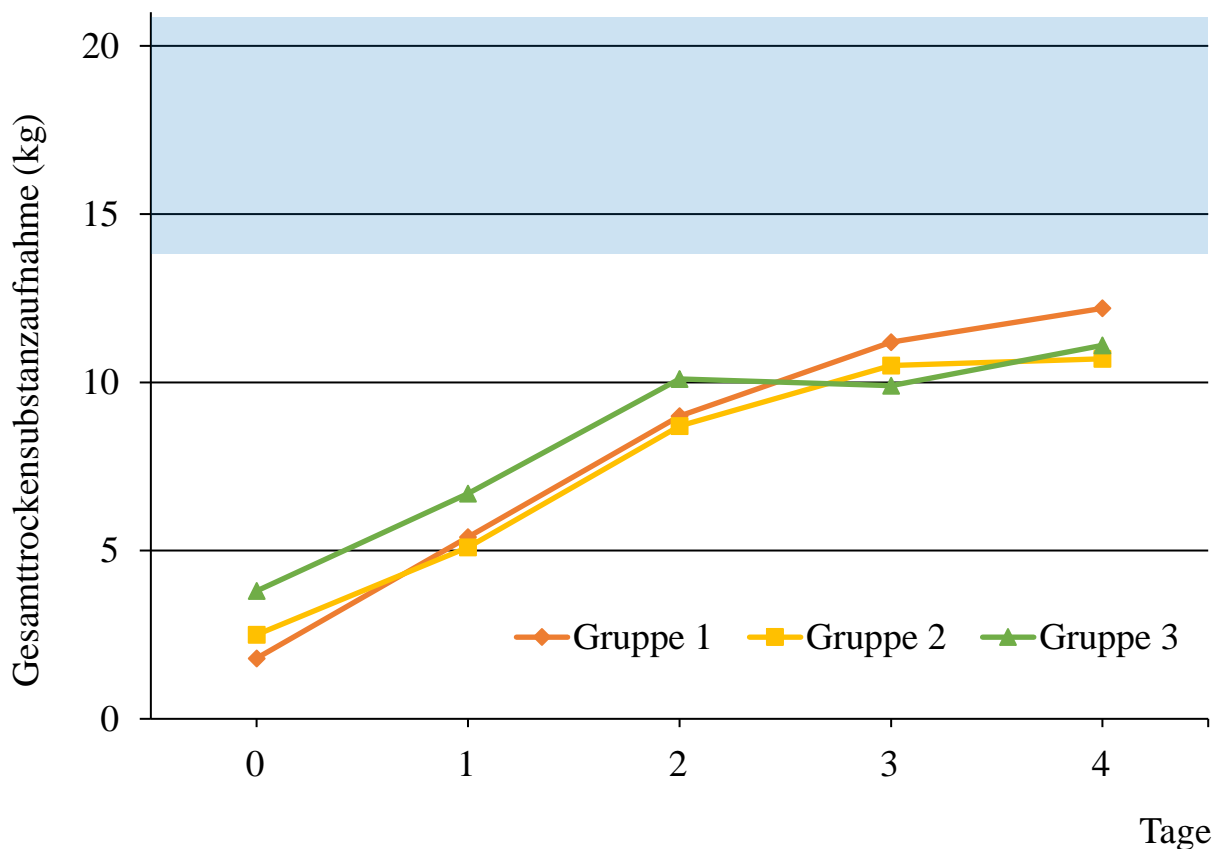


Abb. 9: Gesamtrockensubstanzaufnahme vom Tag des Klinikeintritts und der Operation (Tag 0) bis zum Tag 4 nach der Operation bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Medianwerte). Blau markierte Fläche = Normalbereich (13.9 – 20.9 kg), errechnet aus dem Medianwert und dem 90%-Vertrauensintervall der gesunden Kühe (Gruppe A)

## **7. DISKUSSION**

### **7.1. Beurteilung der Fütterung und der Wägung des Futters bei den Kühen der Gruppen A und B**

Die Fütterung in Form einer TMR war durchaus geeignet, um den Kühen verschiedene Futtermittel anzubieten und dennoch die Wägung des Futters zu ermöglichen. Dennoch war die Akzeptanz des Futters bei einigen Kühen vermindert, was sich dadurch äusserte, dass die Kühe Einstreu frassen oder versuchten, sich am Heu der Nachbarkühe zu bedienen. Die Wägung des Futters war machbar, allerdings wiesen die zurückgewogenen Futterreste insbesondere bei den kranken Kühen teilweise einen recht hohen Feuchtigkeitsgehalt auf, was die Trockensubstanzaufnahme fälschlicherweise erniedrigen konnte. Es konnte beobachtet werden, dass die kranken Kühe mehr speichelten und das Futter auch mit mehr Wasser aus dem Tränkebecken kontaminierten, was durch die längere Verweildauer im Futtertrog zusätzlich begünstigt wurde.

Ein Problem bei der Auswertung der Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter bei den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung trat dann auf, wenn die Zeitspanne, in welcher das Kraftfutter vorgelegt war, nicht 24 bzw. 12 Stunden betrug, da das Kraftfutter ungleichmässiger aufgenommen wurde als die TMR und nicht ad libitum zur Verfügung stand. Das war zum Beispiel dann der Fall, wenn die erste Kraftfuttergabe bei einigen Kühen, bedingt durch die unregelmässige Gabe um 10 und 17 Uhr, in Abhängigkeit von der Einstellungszeit erst um 10 Uhr des Folgetags stattfand. Kühe, die das Kraftfutter besonders gern aufnahmen, frassen dann pro Stunde mehr, als ihnen in den 24 Stunden-Abschnitten pro Stunde zur Verfügung gestanden wäre. Das konnte dazu führen, dass die rechnerisch ermittelte Kraftfutteraufnahme an den Tagen 0 und 1 die tatsächlich pro 24 Stunden angebotene Menge überschritt. Ausserdem erhielten 6 Kühe wegen den unterschiedlichen Operationszeiten vor der Operation kein Kraftfutter. Es wurde angenommen, dass diese Kühe aus diesem Grund mehr Trockensubstanz aus der TMR aufnahmen, wie dies auch von LEIBER et al. (2015a) festgestellt worden war. Besser wäre es

gewesen, das Kraftfutter im Abstand von 12 Stunden vorzulegen. Ideal wäre gewesen, die Operation erst 24 Stunden nach der Einstellung durchzuführen und den Zeitpunkt des Futterwiegens anhand des Zeitpunkts 0 festzulegen, sodass keine rechnerische Auswertung nötig gewesen wäre. Vorteile gegenüber der Teil-TMR hätte auch die Herstellung einer echten TMR durch Einmischen des Kraftfutters in die TMR geboten, da die TMR im vorliegenden Versuch gleichmässiger aufgenommen wurde.

## **7.2. Beurteilung des Untersuchungshalfters und des Auswertungsprogramms bei den Kühen der Gruppen A und B**

Das Halfter war einfach anzulegen und wurde von allen Kühen gut toleriert. Die Passform konnte mit Hilfe von 2 Schnallen verändert werden. Dennoch war das Halfter, insbesondere bei besonders zierlichen erstlaktierenden Kühen, sehr gross. Es lieferte trotzdem auswertbare Ergebnisse. Nur eine Kuh konnte das Halfter am Tag 30 über das Flotzmaul streifen, sodass wenige Stunden der Aufnahme fehlten. Das Halfter und der Logger waren in den meisten Fällen sehr zuverlässig und robust. Bei einer Kuh rutschte der ölgefüllte Schlauch aus dem Nasenband des Halfters, bei einer Kuh löste sich aufgrund ihrer Wehrhaftigkeit beim Handling die SD-Karte aus der Halterung und konnte nicht mehr speichern und bei einer weiteren stoppte der Logger aus unerklärlichen Gründen vorzeitig die Aufnahme. Dadurch fehlten in allen drei Fällen die Aufnahmen von 2 Untersuchungstagen. Zwischen den einzelnen Kühen mussten die Schläuche regelmässig mit Öl aufgefüllt werden und die Halftern immer wieder für kleinere Wartungsarbeiten, wie z. B. Befestigen loser Nähte und Ersetzen rostiger Nieten und Schnallen, zur Reparatur geschickt werden. Auch das Auswertungsprogramm funktionierte sehr zuverlässig. Ausschliesslich bei 2 Kühen war jeweils 1 Untersuchungstag aus unerklärlichen Gründen nicht auswertbar. Der Editor war sehr hilfreich, um andere Aktivitäten aus der Zuordnung Fressen zu entfernen, dennoch war dies nicht immer mit absoluter Sicherheit möglich. Ausserdem konnten fehlerhafte oder ungenaue Zuordnungen korrigiert

werden. Immer wieder wurden die Wiederkauboli nicht als einzeln erkannt, was ohne die manuelle Korrektur zu gravierenden Fehlern der Anzahl Wiederkauboli und der Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus geführt hätte. Insgesamt war die Auswertung sehr zeitaufwendig.

Gründe für fehlende Daten bei den Verlaufsuntersuchungen an den Tagen 14 und 30 waren Vergessen des Halfteranlegens durch die Landwirte oder unerwarteter Exitus bzw. Schlachtung.

### **7.3. Beurteilung der Videokamera bei den Kühen der Gruppen A und B**

Die Videokamera stellte sich als sehr hilfreich beim Verifizieren von unklaren Halfteraufzeichnungen heraus. Durch den Vergleich der Halfteraufzeichnungen mit dem Videoüberwachungsmaterial war das Identifizieren von charakteristischen Druckverläufen für andere Aktivitäten möglich. Ausserdem erlaubte das Videoüberwachungsmaterial teilweise, den Grund für ein plötzliches Beenden der Halfteraufzeichnungen zu eruieren.

### **7.4. Gruppe A: Fressen und Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

#### **7.4.1. Fressen bei 9 gesunden Kühen**

Die Fressdauer lag an den 5 Untersuchungstagen zwischen 4.7 und 5.5 Stunden und entsprach somit den Angaben in der Literatur (BEAUCHEMIN, 1991; DADO und ALLEN, 1994; SENN et al., 1995; BEAUCHEMIN et al., 1997; TSCHONER, 2013; ZÜRCHER, 2014). TRÖSCH (2013) zeichnete bei reiner Heufütterung mit 7.1 bis 7.8 Stunden eine deutlich längere Fressdauer auf. Möglicherweise fressen die Kühe die kraftfutter- und silagehaltige Ration im vorliegenden Versuch verglichen mit reiner Heufütterung schneller, wie dies auch schon von GÜRTLER (1989) beschrieben wurde. An den Tagen 4 und 5 bestand ein signifikanter Unterschied zum Tag 1. Vermutlich mussten sich die Kühe zuerst an das neue Futter und die neue Umgebung gewöhnen. Diese Eingewöhnungsphase wurde für die Wiederkaudauer auch schon von TRÖSCH (2013) beobachtet.

Die Anzahl Kauschläge beim Fressen lag an den 5 Untersuchungstagen zwischen 18'376 und 19'963, was die Angaben in der Literatur bestätigt (DADO und ALLEN, 1994; TSCHONER, 2013; ZÜRCHER, 2014).

#### **7.4.2. Wiederkauen bei 9 gesunden Kühen**

Die Wiederkaudauer lag an den 5 Untersuchungstagen zwischen 7.4 und 8.2 Stunden und entsprach somit ebenfalls den Angaben in der Literatur (DULPHY et al., 1980; GÜRTLER, 1989; PIATKOWSKI et al., 1990; BEAUCHEMIN, 1991; DADO und ALLEN, 1994; TRÖSCH, 2013). Die Werte lagen unter denen von LEIBER et al. (2015b) bei Fleckvieh- und über denen von TSCHONER (2013) bei Braunviehkühen. Schon früher wurde beim Rassenvergleich festgestellt, dass Fleckviehkühe länger wiederkauen als Braunviehkühe (ZÜRCHER, 2014; BRAUN et al., 2015b). In der vorliegenden Arbeit waren bei den gesunden Kühen beide Rassen vertreten, was die mittleren Werte erklärt. Neben der Rasse hat auch die Futterpartikelgrösse einen Einfluss auf die Wiederkaudauer, welche bei kürzeren Partikeln abnimmt (KRAUSE et al., 2002). Entsprechend wird für eine strukturreiche Raufuttermischung eine hohe Wiederkaudauer von 8 bis 11 Stunden angegeben (KASKE, 2015).

Die Anzahl Wiederkauboli variierte an den 5 Untersuchungstagen zwischen 529 und 580 und bestätigte somit die Angaben von GÜRTLER (1989) und LEIBER et al. (2015b). Im Vergleich zu anderen Studien war die Anzahl allerdings recht hoch (PIATKOWSKI et al., 1990; BEAUCHEMIN et al., 1997; TRÖSCH, 2013; TSCHONER, 2013).

Die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen lag an den 5 Untersuchungstagen zwischen 32'456 und 36'425 und somit ebenfalls über den Angaben in der Literatur (DADO und ALLEN, 1994; BEAUCHEMIN et al., 1997; TRÖSCH, 2013).

Die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus betrug 55.0 bis 58.5 und befand sich damit in dem von GÜRTLER (1989) angegebenen Bereich. Der Fasergehalt des Futters beeinflusst die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus (McLEOD und

SMITH, 1989). Eventuell blieben die ermittelten Werte deshalb etwas unter denen von BEAUCHEMIN et al. (1997) und TRÖSCH (2013) bei Heufütterung.

#### **7.4.3. Trockensubstanzaufnahme bei 9 gesunden Kühen**

KAMPHUES et al. (2009) gaben den täglichen Trockensubstanzbedarf einer Milchkuh mit einer täglichen Milchleistung von 20 Litern mit 16 kg an. Im vorliegenden Versuch an den 5 Untersuchungstagen war dieser Bedarf mit Werten zwischen 16.8 und 19.4 kg bei einer Milchleistung von durchschnittlich 20.6 Litern gut gedeckt und entsprach der Angabe von BEAUCHEMIN (1991) von 3 % des Körpergewichts, was bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 643.3 kg 19.3 kg ergibt. Auch MAEKAWA et al. (2002) ermittelten ähnliche Werte. In weiteren Studien war die Trockensubstanzaufnahme, aber auch die tägliche Milchleistung deutlich höher (DADO und ALLEN, 1994; KONONOFF et al., 2003; AZIZI et al., 2010). Mit zunehmender Milchleistung steigt die Futteraufnahme an. Pro Liter Milch ist mit einem Anstieg der Trockensubstanzaufnahme von 0.16 kg zu rechnen (GRUBER et al., 2006).

### **7.5. Gruppe B: Fressen und Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

#### **7.5.1. Labordiagnostische Befunde bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

In allen 3 Behandlungsgruppen waren die Ketonkörper im Harn, die BHB-Werte und die NEFAs bei Klinikeintritt erhöht, was auf das krankheitsbedingte Energiedefizit der Kühe infolge verminderter Futteraufnahme hinwies (MUDRON et al., 1994; STÖBER, 2006). Durch die Behandlung mit NaCl-Glukose-Dauertropfinfusion und Propylenglykol und die Behandlung der verschiedenen Begleiterkrankungen konnten die BHB-Konzentration und die NEFAs bei allen 3 Behandlungsgruppen bereits bis zum nächsten Morgen signifikant gesenkt werden. Der signifikante Unterschied der Ketonkörper im Harn am Tag 1 zwischen den Gruppen,

die nach der Operation hoch- bzw. niedrigdosiert mit Flunixin meglumin behandelt wurden, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht auf den Effekt des NSAID zurückgeführt werden, da die Blutprobenentnahme ausser bei 2 Kühen noch vor der Operation und der NSAID-Verabreichung durchgeführt wurde. Der weitere Abfall aller metabolischen Parameter (Ketonkörper im Harn, BHB, NEFAs) an den folgenden Tagen bei den mit Flunixin meglumin behandelten beiden Gruppen erlaubt zusätzlich zum Effekt der NaCl-Glukose-Dauertropfinfusion und des Propylenglykols eine Aussage über die positive Wirkung der Operation. Durch die Behebung des Problems konnten die Futteraufnahme gesteigert und somit die metabolischen Parameter gesenkt werden. Auch bei der Kontrollgruppe fielen diese Parameter weiter ab. Dieser Abfall ist ebenfalls auf die Wirkung der NaCl-Glukose-Dauertropfinfusion und des Propylenglykols sowie die Wirkung der Operation zurückzuführen. Allerdings wurden nicht die gleich tiefen Werte wie bei den mit Flunixin meglumin behandelten beiden Gruppen erreicht und es blieb ein signifikanter Unterschied der BHB-Konzentration am Tag 3 zur hochdosiert mit Flunixin meglumin behandelten Gruppe bestehen, was die positive Wirkung dieses Medikaments zeigt.

Durch die Überdehnung und die Zirkulationsstörung der Labmagenwand bei einer Labmagenverlagerung können Abomasitiden entstehen, die sich unter anderem durch die Beimengung von okkultem Blut im Kot zeigen (DIRKSEN, 2006a). Im vorliegenden Versuch konnten wie bei LIST (2009) bei den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung nur wenige positive Ergebnisse im hemoFec<sup>®</sup>-Test gefunden werden. Da sich der hemoFec<sup>®</sup>-Befund in keinem Fall durch die Behandlung mit dem NSAID von negativ zu positiv entwickelte, werden die positiven Befunde weniger auf die Wirkung des Flunixin meglumins, sondern vielmehr auf eine bereits vorhandene Veränderung der Labmagenwand zurückgeführt.



### **7.5.2. Fressen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Der signifikante Anstieg der Fressdauer, der Kauschläge beim Fressen und der Trockensubstanzaufnahme vom Tag des Klinikeintritts und der Operation auf den Tag nach der Operation in allen 3 Behandlungsgruppen zeigt den positiven Einfluss der Operation. Auch LIST (2009) konnte eine signifikante Steigerung der Trockensubstanzaufnahme nach operativer Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung feststellen. Der stetige Anstieg aller Fressparameter bis zum Tag 30 spricht für die Erholung von der Erkrankung und der Operation. Dennoch war ein, allerdings nicht signifikanter, Abfall der Fressdauer und der Anzahl Kauschläge beim Fressen an den Tagen 3 und 4 nach der Operation in den Gruppen, die mit Flunixin meglumin behandelt wurden, zu verzeichnen. Der Abfall am Tag 4 könnte im Zusammenhang mit dem Absetzen des Flunixin meglumins stehen. In einer früheren Studie konnte zwar nach Absetzen des Ketoprofens bei Kühen nach Klauenoperationen keine vermehrte Schmerzempfindlichkeit festgestellt werden, aber der signifikante positive Effekt bestand nur während den Tagen der Behandlung (FEIST et al., 2008). Obwohl die Fressparameter mit Ausnahme der Trockensubstanzaufnahme aus dem Kraftfutter in der Gruppe, die hochdosiert mit Flunixin meglumin behandelt wurde, an den ersten beiden Tagen nach der Operation die höchsten Werte aufwiesen, fehlt ein signifikanter Unterschied zwischen den 3 Behandlungsgruppen während der gesamten Untersuchungsphase. Ein möglicher Grund dafür könnten die Begleiterkrankungen sein, die teilweise einen grossen Einfluss ausüben. Metritiden (HUZZEY et al., 2007), Mastitiden (FOGSGAARD et al., 2012), Ketosen und Lahmheiten (GONZÁLEZ et al., 2008) beeinflussen die Fressparameter negativ. In zukünftigen Untersuchungen sollten Kühe mit hochgradigen Begleiterkrankungen vom Versuch ausgeschlossen werden. In einer früheren Studie über den Einsatz von Ketoprofen nach operativer Behebung einer linksseitigen Labmagenverlagerung wurde für den fehlenden Effekt des Ketoprofens unter anderem seine kurze Halbwertszeit verantwortlich gemacht (NEWBY et al., 2013). Flunixin meglumin verfügt mit 3 bis 8 Stunden über eine

längere Halbwertszeit als Ketoprofen mit 1.5 bis 2 Stunden (RICHTER und UNGEMACH, 2014). Die Wirkungsdauer von Flunixin meglumin ist aufgrund der Kumulation und der langsamen Freisetzung aus dem entzündeten Gewebe noch deutlich länger (NOLAN, 2000), dennoch zeigte sich in der vorliegenden Studie kein signifikanter Effekt.

### **7.5.3. Wiederkauen bei 60 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung**

Auch bei der Wiederkaudauer, der Anzahl Wiederkauboli und der Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen zeigte sich der positive Einfluss der Operation durch den signifikanten Anstieg vom Tag des Klinikeintritts und der Operation auf den Tag nach der Operation bei allen 3 Behandlungsgruppen. Bei der Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus erfolgte der signifikante Anstieg erst am Tag 2, allerdings lagen die Werte bereits am Tag des Klinikeintritts und der Operation in dem in der Literatur für gesunde Kühe angegebenen Bereich von 40 bis 60 Kauschlägen pro Bolus (GÜRTLER, 1989). Grund dafür könnte unter anderem sein, dass am Tag des Klinikeintritts und der Operation 17 Kühe gar nicht wiederkauten und somit für die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus an diesem Tag nicht berücksichtigt werden konnten. Wie die Fressparameter stiegen auch die Wiederkauparameter im Untersuchungsverlauf weiter an, was auf die Induktion der Wiederkautätigkeit durch Stimulation der Rezeptoren in Haube und Pansenvorhof durch Berührungsreize grober Futterpartikel und zunehmende Pansenfüllung zurückzuführen war (BEAUCHEMIN, 1991; KASKE, 2015). Allerdings erreichten die Wiederkauparameter ihre Maximalwerte grösstenteils nicht erst am Tag 30 nach der Operation. Da die Wiederkauparameter die konstanteren Parameter darstellen (ZÜRCHER, 2014; BRAUN et al., 2015c), scheint es möglich, dass sich diese auch schneller normalisieren. Auch bei den Wiederkauparametern war zwischen den 3 Behandlungsgruppen kein signifikanter Unterschied festzustellen. Allerdings zeigten sich auch hier die höchsten Werte mit einzelnen Ausnahmen sogar an den ersten 3 Tagen nach der Operation in der Gruppe, die hochdosiert mit Flunixin meglumin

behandelt wurde. Bei LIST (2009) zeigten die Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung im 24-stündigen postoperativen Untersuchungszeitraum nach einer präoperativen Carprofen-Applikation eine signifikant ausgeprägtere Wiederkauaktivität als die Kontrollkühe. Auch GIESELER et al. (2008) empfahlen den Einsatz von Flunixin meglumin vor der chirurgischen Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung. Möglicherweise hätten auch im vorliegenden Versuch durch die präoperative Applikation des Flunixin meglumins und somit durch eine stärkere Reduktion der Sensibilisierungsphänomene (HUDSON et al., 2008) signifikante Ergebnisse erzielt werden können.

## **7.6. Vergleich zwischen den gesunden Kühen (Gruppe A) und den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung (Gruppe B)**

### **7.6.1. Fressen**

Bei den Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung lagen die Fressdauer und die Anzahl Kauschläge beim Fressen ab dem Tag 2 wieder im Normalbereich. Allerdings überschritten die Werte erst am Tag 30 den Medianwert der gesunden Kühe. Die Trockensubstanzaufnahme erreichte den Normalbereich bis zum Tag 4 nicht. Auch TSCHONER (2013) beobachtete die langsame Normalisierung der Fressdauer bei Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung. Das lässt sich dadurch erklären, dass diese Kühe häufig an Begleiterkrankungen leiden, welche die Futteraufnahme ebenfalls beeinträchtigen (DIRKSEN, 2006b) und häufig auch nach Klinikentlassung weiter therapiert werden müssen. Ein möglicher Grund für das Nichterreichen des Normalbereichs bei der Trockensubstanzaufnahme und die Diskrepanz zwischen Fressdauer und Trockensubstanzaufnahme könnte der bereits erwähnte, teilweise recht hohe Feuchtigkeitsgehalt der zurückgewogenen Futterreste überwiegend bei den kranken Kühen sein. Auch muss das Fressen der Einstreu berücksichtigt werden. Im Weiteren ist bei der Beurteilung der Fressdauer kranker Kühe zu beachten, dass diese vermutlich langsamer fressen und deshalb weniger Futter aufnehmen. Dies führt dazu, dass die Fressdauer stärker ansteigt als die

Trockensubstanzaufnahme. SIIVONEN et al. (2011) konnten ein langsames Fressen bei Kühen beobachten, die an einer Mastitis litten, und auch im vorliegenden Versuch war auffällig, dass die Kühe, insbesondere bei Versuchsbeginn, zaghafter frassen, nur kleine Bissen aufnahmen und mehr im Futter herumwühlten, was evtl. fälschlicherweise als Fressen interpretiert wurde. Um solche Probleme zu vermeiden, müsste in zukünftigen Untersuchungen die Fressleistung, d. h. die Futtermenge pro Zeiteinheit, erfasst werden.

### **7.6.2. Wiederkauen**

Die Wiederkaudauer der mit Flunixin meglumin behandelten Kühe lag ab dem Tag 1 wieder im Normalbereich. Schon TRÖSCH (2013) konnte keinen signifikanten Unterschied der Wiederkaudauer zwischen Kühen nach operativer Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung und gesunden Kühen ermitteln. In der Gruppe, die hochdosiert mit Flunixin meglumin behandelt wurde, lagen zusätzlich auch die Anzahl Wiederkauboli und die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen bereits ab dem Tag 1 wieder im Normalbereich, was einen gewissen Vorteil dieser Gruppe gegenüber den anderen beiden Behandlungsgruppen darstellt. Wie bereits angesprochen, konnte allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den 3 Behandlungsgruppen beobachtet werden und die Wiederkauparameter der Kontrollgruppe und der mit niedrigdosiertem Flunixin meglumin behandelten Gruppe lagen spätestens am Tag 2 ebenfalls im Normalbereich. Die Anzahl Kauschläge pro Wiederkaubolus lag bei allen 3 Behandlungsgruppen spätestens am Tag 1 wieder im Normalbereich, was sich grundlegend vom Ergebnis einer früheren Studie unterschied, bei der bis 5 Tage nach der Operation ein signifikanter Unterschied zwischen den kranken und gesunden Kühen nachweisbar war (TRÖSCH, 2013; BRAUN et al., 2015a).

## **7.7. Schlussbemerkung**

Die Ergebnisse zeigen, dass Kühe mit linksseitiger Labmagenverlagerung eine reduzierte Fress- und Wiederkauleistung aufweisen. Der signifikante Anstieg der meisten Fress- und Wiederkauparameter vom Tag des Klinikeintritts und der Operation bis zum Tag nach der Operation erlaubt eine Aussage über den positiven Einfluss der Operation. Fast alle Fress- und Wiederkauparameter normalisierten sich, verglichen mit gesunden Kühen, innerhalb von 2 Tagen nach der Operation. Die postoperative Behandlung mit Flunixin meglumin bewirkte keinen signifikanten Effekt auf die Fress- und Wiederkauleistung, dennoch frassen und wiederkauten die Kühe, die hochdosiert mit Flunixin meglumin behandelt wurden, am Tag nach der Operation am besten. Ausserdem waren ihre BHB-Werte am Tag 3 signifikant tiefer als diejenigen der Kontrollgruppe. Durch die Behandlung mit Flunixin meglumin konnten keine negativen Auswirkungen auf den Gastrointestinaltrakt festgestellt werden. Daher scheint es sinnvoll, Kühe nach operativer Korrektur einer linksseitigen Labmagenverlagerung im Rahmen eines multimodalen Schmerzmanagements postoperativ mit 2.2 mg/kg KG Flunixin meglumin zu behandeln.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

ACVA (1998): American College of Veterinary Anesthesiologists' position paper on the treatment of pain in animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 213, 628-630.

ANDERSON, D. E. and W. W. MUIR (2005): Pain management in ruminants. *Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.)* 21, 19-31.

ANDERSON, D. E. and M. A. EDMONDSON (2013): Prevention and management of surgical pain in cattle. *Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.)* 29, 157-184.

AZIZI, O., L. HASSELMANN and O. KAUFMANN (2010): Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation. *Arch. Tierz.* 53, 130-140.

BEAUCHEMIN, K. A. (1991): Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.)* 7, 439-463.

BEAUCHEMIN, K. A., L. M. RODE and M. V. ELIASON (1997): Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of hay or silage. *J. Dairy Sci.* 80, 324-333.

BRAUN, U. (1997): Atlas und Lehrbuch der Ultraschall Diagnostik beim Rind. 1. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin.

BRAUN, U., L. TRÖSCH, F. NYDEGGER and M. HÄSSIG (2013): Evaluation of eating and rumination behaviour in cows using a noseband pressure sensor. *BMC Vet. Res.* 9, 164.

BRAUN, U., L. TRÖSCH and K. NUSS (2015a): Evaluation of eating and rumination behaviour using a noseband pressure sensor in cows after right-flank laparotomy for correction of left displaced abomasum. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 157, 345-347.

BRAUN, U., S. ZÜRCHER and M. HÄSSIG (2015b): Evaluation of eating and rumination behaviour in 300 cows of three different breeds using a noseband pressure sensor. *BMC Vet. Res.* 11, 231.

BRAUN, U., S. ZÜRCHER and M. HÄSSIG (2015c): Eating and rumination activity in 10 cows over 10 days. *Res. Vet. Sci.* 101, 196-198.

BROOM, D. M. (2001): The evolution of pain. *Vlaams Diergeneeskd. Tijdschr.* 70, 17-21.

BUCHLI, H. (2016): Untersuchungen über das Fressen und Wiederkauen bei gesunden und kranken Kühen im peripartalen Zeitraum. Dissertation, Universität Zürich.

CLINIPHARM (2017): Tierarzneimittelkompendium des Instituts für Veterinärpharmakologie und -toxikologie Zürich ([www.vetpharm.uzh.ch/perldocs/index\\_t.htm](http://www.vetpharm.uzh.ch/perldocs/index_t.htm)).

DADO, R. G. and M. S. ALLEN (1994): Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 132-144.

DIRKSEN, G. (2006a): Labmagenentzündung. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Hrsg. G. Dirksen, H.-D. Gründer und M. Stöber, 5. Aufl., Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, Stuttgart, 498-500.

DIRKSEN, G. (2006b): Linksseitige Labmagenverlagerung. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Hrsg. G. Dirksen, H.-D. Gründer und M. Stöber, 5. Aufl., Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, Stuttgart, 473-487.

DOBROMYLSKYJ, P., P. A. FLECKNELL, B. D. LASCELLES, A. LIVINGSTON, P. TAYLOR and A. WATERMAN-PEARSON (2000): Pain assessment. In: Pain Management in Animals. Eds. P. A. Flecknell and A. Waterman-Pearson, 1st edn., W. B. Saunders, London, 53-79.

DULPHY, J. P., B. REMOND and M. THERIEZ (1980): Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Eds. Y. Ruckebusch and P. Thivend, 1st edn., MTP, Lancaster, 103-122.

FAJT, V. R., S. A. WAGNER and B. NORBY (2011): Analgesic drug administration and attitudes about analgesia in cattle among bovine practitioners in the United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 238, 755-767.

FEIST, M., R. KÖSTLIN und K. NUSS (2008): Klauenoperationen beim Rind: Vorteile der perioperativen Analgesie. *Tierärztl. Prax. (G)* 36, 367-376.

FOGSGAARD, K. K., C. M. RØNTVED, P. SØRENSEN and M. S. HERSKIN (2012): Sickness behavior in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis. *J. Dairy Sci.* 95, 630-638.

GIESELER, T., T. WITTEK und M. FÜRLI (2008): Effekte von Flunixin-Meglumin bei Kühen nach chirurgischer Korrektur der linksseitigen Labmagenverlagerung. Tierärztl. Prax. (G) 36, 15-19.

GONZÁLEZ, L. A., B. J. TOLKAMP, M. P. COFFEY, A. FERRET and I. KYRIAZAKIS (2008): Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. J. Dairy Sci. 91, 1017-1028.

GRECO, D. S. and G. H. STABENFELDT (2013): Endocrine glands and their function. In: Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. Ed. B. G. Klein, 5th edn., Elsevier, St. Louis, 374-407.

GRUBER, L., M. PRIES, F.-J. SCHWARZ, H. SPIEKERS und W. STAUDACHER (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006, 1-29.

GÜRTLER, H. (1989): Die Physiologie der Verdauung und Resorption. In: Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. Hrsg. E. Kolb, 5. Aufl., Gustav Fischer, Stuttgart, 196-369.

HELLEBREKERS, L. J. (2001): Schmerz bei Tieren - Eine Einführung. In: Schmerz und Schmerztherapie beim Tier. Hrsg. L. J. Hellebrekers, 1. Aufl., Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 11-14.

HENKE, J. und W. ERHARDT (2001): Schmerzmanagement bei Klein- und Heimtieren. 1. Aufl., Enke, Stuttgart.

HUDSON, C., H. WHAY and J. HUXLEY (2008): Recognition and management of pain in cattle. In Pract. 30, 126-134.

HUXLEY, J. N. and H. R. WHAY (2006): Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle. Vet. Rec. 159, 662-668.

HUZZEY, J. M., D. M. VEIRA, D. M. WEARY and M. A. G. VON KEYSERLINGK (2007): Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. J. Dairy Sci. 90, 3220-3233.

IASP SUBCOMMITTEE OF TAXONOMY (1979): Pain terms: a list with definitions and notes on usage. Pain 6, 249-252.



KAMPHUES, J., M. COENEN, C. IBEN, E. KIENZLE, J. PALLAUF, O. SIMON, M. WANNER und J. ZENTEK (2009): Ernährung verschiedener Spezies: Rinder. In: Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. Hrsg. J. Kamphues, M. Coenen, C. Iben, E. Kienzle, J. Pallauf, O. Simon, M. Wanner und J. Zentek, 11. Aufl., M. & H. Schaper, Hannover, 192-224.

KASKE, M. (2015): Vormagenmotorik und Ingestapassage. In: Physiologie der Haustiere. Hrsg. W. von Engelhardt, G. Breves, M. Diener und G. Gäbel, 5. Aufl., Enke, Stuttgart, 361-372.

KITCHELL, R. L. (1987): Problems in defining pain and peripheral mechanisms of pain. J. Am. Vet. Med. Assoc. 191, 1195-1199.

KONONOFF, P. J., A. J. HEINRICHS and H. A. LEHMAN (2003): The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 3343-3353.

KRAUSE, K. M., D. K. COMBS and K. A. BEAUCHEMIN (2002): Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. J. Dairy Sci. 85, 1947-1957.

LAVEN, R. A., J. N. HUXLEY, H. R. WHAY and K. J. STAFFORD (2009): Results of a survey of attitudes of dairy veterinarians in New Zealand regarding painful procedures and conditions in cattle. N Z Vet. J. 57, 215-220.

LEIBER, F., K. DORN, J. K. PROBST, A. ISENSEE, N. ACKERMANN, A. KUHN and A. SPENGLER NEFF (2015a): Concentrate reduction and sequential roughage offer to dairy cows: effects on milk protein yield, protein efficiency and milk quality. J. Dairy Res. 82, 272-278.

LEIBER, F., J. K. PROBST, N. ZEHNER und A. SPENGLER NEFF (2015b): Fress- und Wiederkäuerverhalten von Milchkühen bei verschiedenen Fütterungsregimes. Agrarforschung Schweiz 10, 462-469.

LIST, A.-K. (2009): Einsatz von nichtsteroidalen Antiphlogistika im Rahmen des multimodalen Schmerzmanagements beim Rind, unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von Carprofen in Kombination mit einer Lokalanästhesie der Flanke. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

LIVINGSTON, A. and P. CHAMBERS (2000): The physiology of pain. In: Pain Management in Animals. Eds. P. A. Flecknell and A. Waterman-Pearson, 1st edn., W. B. Saunders, London, 9-19.

LÖSCHER, W. (2014): Analgetika. In: Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. Hrsg. W. Löscher, A. Richter und H. Potschka, 9. Aufl., Enke, Stuttgart, 123-146.

MAEKAWA, M., K. A. BEAUCHEMIN and D. A. CHRISTENSEN (2002): Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 1176-1182.

McLEOD, M. N. and B. R. SMITH (1989): Eating and ruminating behaviour in cattle given forages differing in fibre content. *Anim. Prod.* 48, 503-511.

MUDRON, P., H. P. SALLMANN, J. REHAGE, M. HÖLTERSHINKEN, G. KOVAC, P. BARTKO und H. SCHOLZ (1994): Auswirkungen einer operativen Reposition der linksseitigen Labmagenverlagerung auf Parameter des Energiestoffwechsels bei Milchkühen. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 101, 376-378.

NEWBY, N. C., D. L. PEARL, S. J. LEBLANC, K. E. LESLIE, M. A. G. VON KEYSERLINGK and T. F. DUFFIELD (2013): The effect of administering ketoprofen on the physiology and behavior of dairy cows following surgery to correct a left displaced abomasum. *J. Dairy Sci.* 96, 1511-1520.

NEWBY, N. C., C. B. TUCKER, D. L. PEARL, S. J. LEBLANC, K. E. LESLIE, M. A. G. VON KEYSERLINGK and T. F. DUFFIELD (2014): An investigation of the effects of ketoprofen following rumen fistulation surgery in lactating dairy cows. *Can. Vet. J.* 55, 442-448.

NOLAN, A. M. (2000): Pharmacology of analgesic drugs. In: Pain Management in Animals. Eds. P. A. Flecknell and A. Waterman-Pearson, 1st edn., W. B. Saunders, London, 21-52.

PADDLEFORD, R. R. (1999): Analgesia and pain management. In: Manual of Small Animal Anesthesia. Ed. R. R. Paddleford, 2nd edn., W. B. Saunders, Philadelphia, 227-246.

PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT (1990): Futteraufnahme beim Wiederkäuer. In: Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. Hrsg. B. Piatkowski, H. Gürtler und J. Voigt, 1. Aufl., Gustav Fischer, Jena, 133-154.

REVILL, S. I., J. O. ROBINSON, M. ROSEN and M. I. J. HOGG (1976): The reliability of a linear analogue for evaluating pain. *Anaesthesia* 31, 1191-1198.

RIALLAND, P., C. OTIS, M.-L. DE COURVAL, P.-Y. MULON, D. HARVEY, S. BICHOT, D. GAUVIN, A. LIVINGSTON, F. BEAUDRY, P. HÉLIE, D. FRANK, J. R. E. DEL CASTILLO and E. TRONCY (2014): Assessing experimental visceral pain in dairy cattle: A pilot, prospective, blinded, randomized, and controlled study focusing on spinal pain proteomics. *J. Dairy Sci.* 97, 2118-2134.

RICHTER, A. und F. R. UNGEMACH (2014): Pharmaka zur Beeinflussung von Entzündungen. In: *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. Hrsg. W. Löscher, A. Richter und H. Potschka, 9. Aufl., Enke, Stuttgart, 446-486.

RUTHERFORD, K. M. D. (2002): Assessing pain in animals. *Anim. Welfare* 11, 31-53.

SANN, H. (2015): Nozizeption und Schmerz. In: *Physiologie der Haustiere*. Hrsg. W. von Engelhardt, G. Breves, M. Diener und G. Gäbel, 5. Aufl., Enke, Stuttgart, 78-85.

SCHAIBLE, H.-G. und R. F. SCHMIDT (2000): Nozizeption und Schmerz. In: *Physiologie des Menschen*. Hrsg. R. F. Schmidt, G. Thews und F. Lang, 28. Aufl., Springer, Berlin, 236-250.

SENN, M., B. DÜRST, A. KAUFMANN and W. LANGHANS (1995): Feeding patterns of lactating cows of three different breeds fed hay, corn silage, and grass silage. *Physiol. Behav.* 58, 229-236.

SIIVONEN, J., S. TAPONEN, M. HOVINEN, M. PASTELL, B. J. LENSINK, S. PYÖRÄLÄ and L. HÄNNINEN (2011): Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 132, 101-106.

STÖBER, M. (2006): Fütterungs- und stoffwechselbedingte Krankheiten der Leber. In: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Hrsg. G. Dirksen, H.-D. Gründer und M. Stöber, 5. Aufl., Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH und Co. KG, Stuttgart, 648-664.

STORNI, E. (2013): Fressen und Wiederkauen bei Freiland- und Offenstallhaltung von Schottischen Hochlandrindern. Masterthesis, Universität Zürich.

TIERSCHUTZGESETZ (2005): Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20022103/index.html>).

TRÖSCH, L. M. (2013): Untersuchungen über das Fressen und Wiederkauen von Kühen mit Hilfe eines Drucksensors im Halfter. Dissertation, Universität Zürich.

TSCHONER, T. (2013): Untersuchungen über das Fressen und Wiederkauen bei kranken Kühen und bei Kühen um den Zeitpunkt der Geburt. Dissertation, Universität Zürich.

UNDERWOOD, W. J. (2002): Pain and distress in agricultural animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 221, 208-211.

VON MICKWITZ, G. (1983): Schmerz und Schmerzreaktionen beim Tier. *Prakt. Tierarzt* 64, 26-36.

WALKER, K. A., T. F. DUFFIELD and D. M. WEARY (2011): Identifying and preventing pain during and after surgery in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 135, 259-265.

WINTZER, H.-J. (1983): Schmerz und Schmerzbekämpfung in der Veterinärmedizin. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 96, 73-75.

WITTEK, T., K. TISCHER, T. GIESELER, M. FÜRLI and P. D. CONSTABLE (2008): Effect of preoperative administration of erythromycin or flunixin meglumine on postoperative abomasal emptying rate in dairy cows undergoing surgical correction of left displacement of the abomasum. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 232, 418-423.

WOOLF, C. J. and M. W. SALTER (2000): Neuronal plasticity: Increasing the gain in pain. *Science* 288, 1765-1768.

WOOLF, C. J. (2004): Pain: Moving from symptom control toward mechanism-specific pharmacologic management. *Ann. Intern. Med.* 140, 441-451.

ZÜRCHER, S. A. S. (2014): Untersuchungen über das Fressen und Wiederkauen von Kühen verschiedener Rassen mit Hilfe eines Drucksensors im Halfter. Dissertation, Universität Zürich.

## 9. LEBENSLAUF

Name:	Miriam Schwellinger
Geburtsdatum:	2. September 1988
Geburtsort:	Biberach an der Riss, Deutschland
Nationalität:	Deutsch
1995 – 1999	Grund- und Hauptschule Warthausen, Deutschland
1999 – 2008	Pestalozzi-Gymnasium Biberach an der Riss, Deutschland
Juni 2008	Abitur am Pestalozzi-Gymnasium Biberach an der Riss, Deutschland
2008 – 2014	Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland
März 2014	Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland
April 2014	Approbation als Tierärztin
2014 – 2016	Assistentztierärztin am Departement für Nutztiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
2014 – 2017	Doktorandin unter Leitung von Prof. em. Dr. Dr. h. c. U. Braun am Departement für Nutztiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich.

## **10. DANKSAGUNG**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen, die mich bei der Entstehung dieser Dissertation unterstützt haben, herzlich bedanken, insbesondere:

Herrn Prof. em. Dr. Dr. h. c. U. Braun für die Überlassung des Themas, die Übernahme des Referats und die stets gewährte freundliche Unterstützung und Betreuung.

Frau Prof. Dr. A. Liesegang für die Übernahme des Korreferats.

Herrn Prof. Dr. M. Hässig für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Frau B. König für die Analyse der Blutproben zur Bestimmung der BHB- und NEFA-Konzentrationen im Blut.

Herrn W. Egli und Herrn U. Seifert für das Weiterentwickeln der Auswertungssoftware.

Frau Dr. K. Gerstner und Frau I. Mittner für die Hilfe bei der Rationsberechnung und für die Durchführung der Weender-Analysen.

Dem Team der Nutztiermedizin und -chirurgie für die Unterstützung während der gesamten Arbeit, insbesondere Stephanie Schramm und Helena Buchli für das Erklären der Funktionsweise der Halftern.

Vinzenz Burger und seinem Tierpflegerteam für die Haltung und Fütterung der Kühe sowie die Herstellung der TMR.

Allen Landwirten, die mir ihre Kühe zur Verfügung gestellt haben und die Halftern für die Verlaufsuntersuchungen angelegt haben.

Den Studentinnen Susanne Kretschmar, Carole Burgener und Isabelle Specker für die Hilfe bei der Probenentnahme und der Fütterung der Kühe.

Meinem Freund Johannes für seine Liebe, Geduld und Unterstützung in allen Lebenslagen.

Und nicht zuletzt meinen Eltern und meiner Schwester Laura, die mich stets unterstützt und ermutigt haben.

## 11. ANHANG

Anhang 1: Übersicht über 507 Patienten, die für die vorliegende Dissertation untersucht, aber nicht ausgewertet wurden

Diagnose	Anzahl Kühe	Anzahl untersuchte Tage
Abszess, Abdomen	3	1 – 12
Abszess, Vagina	1	3
Anschoppung der Colonscheibe	2	3
Aszites	1	1
Beckenphlegmone	2	8 – 12
Bewegungsapparat, diverse Erkrankungen	12	1 – 13
Blinddarmdilatation, medikamentös behandelt	3	6 – 14
Blinddarmdilatation, -torsion oder -retroflexion, operativ behandelt	25	3 – 22
Blinddarmdilatation, spontan geheilt	1	4
Blut, Hypoalbuminämie	1	7
Blut, Eosinophilie	3	2 – 9
Cholestase	2	7 – 16
Elektrolytstoffwechselstörung	6	3 – 11
Enteritis	5	2 – 7
Epiglottis, Läsion	1	10
Euter, Hämatom	1	7
Festliegen, Gebärpause	3	1 – 11
Festliegen, toxische Mastitis	6	1 – 11
Festliegen, traumatisch bedingt	8	1 – 15
Festliegen, unbekannte/andere Genese	4	5 – 17
Funktionelle Stenose (Hoflund Syndrom)	19	1 – 17



Fortsetzung Anhang 1

Diagnose	Anzahl Kühe	Anzahl unter- suchte Tage
Harnapparat, Pyelonephritis	1	28
Harnapparat, Ruptur Urachus persistens	1	9
Harnapparat, Ureterruptur	1	11
Harnapparat, Urolithiasis	3	3 – 11
Herz, Endokarditis	3	2 – 8
Herz, Myokardnekrose	1	1
Ileus, mechanisch bedingt	37	1 – 10
Ileus, paralytisch	5	3 – 14
Ileus, spontan geheilt	6	2 – 4
Jugularvene, Thrombophlebitis	1	1
Kappzähne	1	1
Ketose	8	4 – 16
Kolik	3	2 – 15
Krampfbarkeit	1	4
Labmagen, Abomasitis	1	4
Labmagen, pendelnd	3	4 – 7
Labmagen, Pylorusobstruktion	5	1 – 14
Labmagen, Ulkus Typ 1	2	1 – 3
Labmagen, Ulkus Typ 2	5	7 – 11
Labmagen, Ulkus Typ 3	1	1
Labmagen, Ulkus Typ 4	3	1 – 5
Labmagen, Ulzera, mehrere Typen	2	2 – 11
Labmagenverlagerung, linksseitige	69	1 – 15
Labmagenverlagerung, rechtsseitige mit Torsion	26	2 – 15

Fortsetzung Anhang 1

Diagnose	Anzahl Kühe	Anzahl untersuchte Tage
Labmagenverlagerung, rechtsseitige ohne Torsion	39	2 – 17
Lunge, Bronchopneumonie	41	1 – 31
Lunge, Emphysem	3	4 – 11
Lunge, Ödem	1	7
Lunge, Pleuropneumonie	1	8
Lunge, Tumor, Adenokarzinom Pleura, Zwerchfell und Perikard	1	7
Lunge, Tumor, Karzinom	1	5
Mastitis/Metritis/Endometritis	23	1 – 21
Mehrere Diagnosen	23	1 – 19
Nase, Umfangsvermehrung	1	8
Pansenazidose	3	7 – 9
Pansen, schaumige Gärung	1	2
Pansen, Tympanie	1	5
Parasitose	6	4 – 11
Peritonitis, Reticuloperitonitis traumatica, mit Magnet behandelt	28	4 – 12
Peritonitis, Reticuloperitonitis traumatica, mittels Ruminotomie behandelt	17	3 – 14
Peritonitis, Ursache unbekannt	7	1 – 10
Tenesmus	1	4
Toxämie mit Abort, Ursache unbekannt	1	10
Trachea, Tracheitis	1	10
Unbekannte Diagnose	2	2

Fortsetzung Anhang 1

Diagnose	Anzahl Kühe	Anzahl unter- suchte Tage
Uterus, Hämatom	1	10
Vitamin E-/Selenmangel	1	5
ZNS, CCN	1	7
ZNS, Leptomeningitis	1	3
ZNS, Listeriose	2	3 – 11
Zunge, Verletzung	1	8

Anhang 2: Zusammensetzung der Ration mit Durchschnittswerten aller Weender-Analysen des Heus und der Grassilage und Tabellenwerten der übrigen Futtermittel (Fuplan Grossvieh Version 7.6, AGRIDEA, Lindau)

Futtermittel	TS (%)	Gehalt je kg TS			FS (kg)	TS (kg)	NEL (MJ)	APDE (g)	APDN (g)
		NEL (MJ/kg)	APDE (g/kg)	APDN (g/kg)					
Heu	91	5.3	86	81	9.0	8.2	43.4	704	663
Grassilage	48	5.5	77	89	15.0	7.2	39.6	554	641
Vollmaispflanzenwürfel	90	6.5	68	47	4.0	3.6	23.4	246	170
Zuckerrübenschnitzel	88	7.3	110	63	0.6	0.5	3.8	58	33
		Gehalt je kg FS							
Zuckerrübenmelasse	80	6.2	61	51	0.3	0.2	1.9	18	15
UFA 142 F Milchleistungsfutter	90	7.0	111	120	1.5	1.4	10.5	167	180
UFA 149 Protein-konzentrat	90	7.4	265	300	0.6	0.5	4.4	159	180
UFA 195 Mineralfutter	90	-	-	-	0.06	0.05	-	-	-
Viehsalz	90	-	-	-	0.06	0.05	-	-	-

TS Trockensubstanz, NEL Netto-Energie-Laktation, APDE/APDN Absorbierbares Protein im Darm, das aufgrund der verfügbaren Energiemenge bzw. des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann, FS Frischsubstanz

Fortsetzung Anhang 2

Futtermittel	TS (%)	Gehalt je kg TS			FS (kg)	TS (kg)	Ca (g)	P (g)	Mg (g)
		Ca (g/kg)	P (g/kg)	Mg (g/kg)					
Heu	91	5.7	3.3	2.0	9.0	8.2	46.7	27.0	16.4
Grassilage	48	9.8	3.5	2.8	15.0	7.2	70.6	25.2	20.2
Vollmaispflanzenwürfel	90	2.0	2.0	1.3	4.0	3.6	7.2	7.2	4.7
Zuckerrübenschnitzel	88	7.8	0.9	2.1	0.6	0.5	4.1	0.5	1.1
		Gehalt je kg FS							
Zuckerrübenmelasse	80	0.7	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	< 0.1	0.1
UFA 142 F Milchleistungsfutter	90	6.5	5.0	3.0	1.5	1.4	9.8	7.5	4.5
UFA 149 Protein-konzentrat	90	8.0	5.5	3.5	0.6	0.5	4.8	3.3	2.1
UFA 195 Mineralfutter	90	140	70	30	0.06	0.05	8.4	4.2	1.8
Viehsalz	90	-	-	-	0.06	0.05	-	-	-

TS Trockensubstanz, FS Frischsubstanz

Anhang 3: Hämatologische Befunde bei 59 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert	Referenzwert
Hämatokrit (%)	35.4 ± 4.22	28 – 46	35	30 – 35
Hämoglobin (g/dl)	11.8 ± 1.29	9.2 – 14.7	11.8	8.7 – 11.8
Erythrozyten (10 <sup>6</sup> /μl)	6.9 ± 0.94	5.0 – 9.0	6.8	4.9 – 6.9
Leukozyten (10 <sup>3</sup> /μl)	7.8 ± 3.14	3.8 – 19.2	7.2	5.0 – 10.0
Plasmaprotein (g/l)	72.3 ± 7.41	59 – 90	71	60 – 80
Fibrinogen (g/l)	4.9 ± 2.35	1 – 12	4	4 – 7

Anhang 4: Blutchemische Befunde bei 59 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert	Referenzwert
Bilirubin (μmol/l)	14.7 ± 7.44	3.2 – 37.0	13.5	1.5 – 6.5
Harnstoff (mmol/l)	4.8 ± 1.73	1.9 – 9.9	4.5	2.4 – 6.5
ASAT (U/l)	190.5 ± 95.98	82 – 598	173	57 – 103
γ-GT (U/l)	59.4 ± 81.41	15 – 584	36	13 – 30
GLDH (U/l) <sup>1</sup>	120.4 ± 137.66	11.4 – 638.8	62.0	4.0 – 25.0
SDH (U/l) <sup>1</sup>	57.9 ± 57.61	12.8 – 364.3	41.5	4.0 – 7.6
CK (U/l)	511.3 ± 583.60	62 – 4093	350	70 – 169
Natrium (mmol/l)	142.8 ± 4.57	132 – 153	143	145 – 155
Kalium (mmol/l)	3.3 ± 0.60	2.2 – 5.5	3.3	4.0 – 5.0
Chlorid (mmol/l)	94.8 ± 6.01	78 – 108	95	95 – 105
Kalzium (mmol/l)	2.1 ± 0.27	1.06 – 2.50	2.16	2.3 – 2.6

Fortsetzung Anhang 4

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungs- breite	Median- wert	Referenz- wert
Magnesium (mmol/l)	$0.8 \pm 0.13$	0.54 – 1.09	0.77	0.8 – 1.0
Phosphat (mmol/l)	$1.2 \pm 0.48$	0.32 – 2.45	1.15	1.3 – 2.3

<sup>1</sup> n = 57

Anhang 5: Venöse Blutgasanalyse bei 59 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungs- breite	Medianwert
pH-Wert	$7.5 \pm 0.07$	7.16 – 7.57	7.46
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	$41.3 \pm 4.93$	29.1 – 53.4	41.5
pO <sub>2</sub> (mmHg)	$38.2 \pm 4.98$	28.7 – 56.5	37.7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/l)	$29.1 \pm 6.56$	11.7 – 41.2	28.2
BE (mmol/l)	$4.7 \pm 6.71$	-15.8 – 16.2	4.1