

Aus dem Institut für Tierernährung  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

---

**Effekte verschiedener Futtermittel und  
–bearbeitungsformen auf die Futteraufnahmedauer, die  
Kaufrequenz und die Kauintensität beim Pferd**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Grades einer  
Doktorin der Veterinärmedizin  
(Dr. med. vet.)

durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von  
Nathalie Anja Sarah Brüssow  
aus Werne

Hannover 2006

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. Manfred Coenen

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Manfred Coenen
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Hansjoachim Hackbarth

Tag der mündlichen Prüfung: 15.05.2006

## **Meiner Familie**



# Inhaltsverzeichnis

---

<b>I.</b>	<b><i>EINLEITUNG</i></b> .....	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b><i>SCHRIFTTUM</i></b> .....	<b>2</b>
1	Nahrungsaufnahmeverhalten .....	2
1.1	Futteraufnahme und Dauer .....	2
1.2	Beeinflussung der Futteraufnahme .....	4
2	Kauaktivität.....	5
2.1	Kaubewegung .....	6
2.2	Futteraufnahmedauer.....	7
2.3	Futteraufnahmemenge.....	8
2.4	Kaufrequenz.....	10
3	Speichelproduktion .....	11
3.1	Funktionen des Speichels .....	12
3.2	Beeinflussung der Speichelproduktion .....	13
3.3	Auswirkungen verminderter Speichelsekretion auf den Magen.....	14
4	Elektromyografie (EMG) .....	15
4.1	Anatomische und physiologische Grundlagen .....	16
4.2	Physiologische elektrische Spontanaktivität.....	18
4.3	EMG bei Willküraktivität .....	19
5	Zusammenfassung .....	20
<b>III.</b>	<b><i>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</i></b> .....	<b>21</b>
1	Ziel der Untersuchungen .....	21
2	Material und Methoden.....	21
2.1	Versuchsplan und Versuchsdesign .....	21
2.2	Pferde.....	21
2.3	Haltung der Versuchspferde.....	22
2.4	Rationsgestaltung .....	22
2.4.1	Getreide .....	22
2.4.2	Mischfutter .....	24
2.4.3	Raufutter.....	24
2.4.4	Hafer in Kombination mit Luzerne.....	25

## Inhaltsverzeichnis

---

2.4.5	Trockenschnitzel .....	28
2.5	Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte der Futtermittel .....	29
2.6	Versuchsablauf/Methoden.....	31
2.6.1	Versuchstag und Datenerhebung .....	31
2.7	Untersuchungsmethoden .....	31
2.7.1	Gewicht.....	31
2.7.2	Bestimmung der Dauer der Futteraufnahme und der Kauaktivität ....	32
2.7.3	Kaufrequenzbestimmung mittels mechanischem Handzähler .....	32
2.7.4	Kaufrequenzbestimmung mittels Halfter .....	32
2.7.5	Bestimmung der Kaufrequenz, der Länge und der Dauer eines Muskelaktionspotentials mittels Myografie.....	34
2.7.6	Bestimmung der Rohnährstoffgehalte.....	37
2.7.7	Bestimmung der Zucker und Mineralstoffe .....	38
2.7.8	Trockene Siebanalyse .....	40
2.8	Verwendete Techniken der mechanischen Futtermittelbehandlung.....	40
2.8.1	Schroten .....	40
2.8.2	Verwendete Techniken der thermischen Futtermittelbehandlung ....	40
2.8.3	Verwendete Techniken der enzymatischen Futtermittelbehandlung.	41
2.9	Statistische Methoden und Darstellung der Ergebnisse.....	41
3	Zusammenarbeit.....	42
<b>IV.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>43</b>
1	Gewichtsentwicklung der Pferde .....	43
2	Gesundheitszustand der Pferde .....	44
3	Futteraufnahmeverhalten und Akzeptanz der Futtermittel.....	45
4	Futteraufnahmezeiten und Kaufrequenzen .....	46
4.1	Getreide .....	46
4.1.1	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	46
4.1.2	Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min).....	47
4.1.3	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	48
4.2	Mischfutter.....	49
4.2.1	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	49

## Inhaltsverzeichnis

---

4.2.2	Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min) .....	49
4.2.3	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	50
4.3	Raufutter .....	51
4.3.1	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	51
4.3.2	Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min) .....	52
4.3.3	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	53
4.3.4	Futteraufnahme (kg TS) während des Versuchszeitraums .....	53
4.3.5	Futteraufnahme (min/h und kg TS/h) über 12 und 24 h .....	54
4.4	Hafer in Kombination mit Luzerne .....	57
4.4.1	Vergleich der blockweisen und der randomisiert gefütterten Varianten .....	57
4.4.2	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	59
4.4.3	Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min) .....	62
4.4.4	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	65
4.5	Trockenschnitzel .....	66
4.5.1	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	66
4.5.2	Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min) .....	66
4.5.3	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	67
5	Vergleich der Futtermittel .....	68
5.1	Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min) .....	68
5.1.1	Kaufrequenz mittels Handzähler (KF/kg TS und KF/min) .....	71
5.1.2	Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials .....	74
6	Korrelation der Messwerte des mechanischem Handzähler, der Myografie und des Halfters .....	78
7	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse .....	80
<b>V.</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>82</b>
1	Kritik der Methoden .....	82
1.1	Versuchspferde .....	82
1.2	Zuteilung der Futtermittel .....	82
1.3	Versuchsdesign .....	83
1.3.1	Versuchsdauer und Messzeitpunkte .....	83

## Inhaltsverzeichnis

---

1.3.2	Fütterungstechnik .....	83
1.4	Auswahl der Untersuchungsparameter .....	84
1.5	Bewertung der angewendeten Messmethoden .....	84
1.5.1	Mechanischer Handzähler .....	84
1.5.2	Myografie .....	84
1.5.3	Halfter .....	85
2	Erörterung der eigenen Ergebnisse .....	86
2.1	Futteraufnahmemengen bei ad libitum Fütterung .....	86
2.2	Futteraufnahmerhythmik bei ad libitum Fütterung .....	87
2.3	Futteraufnahmedauer und Kauaktivität .....	89
2.4	Kaufrequenz (KF/min und KF/kg) .....	95
2.5	Kauintensität .....	97
2.6	Abschlussbetrachtung .....	100
<b>VI. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>		<b>102</b>
<b>VII. SUMMARY .....</b>		<b>104</b>
<b>VIII. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>		<b>106</b>
<b>IX. TABELLENANHANG .....</b>		<b>113</b>



## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

### Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AZ	Aufnahmezeit
BCS	Body Condition Score
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Ca	Calcium
Cl	Chlor
Cu	Kupfer
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
E	Enzym
et al.	et alii
extr.	extrudiert
Fa.	Firma
Fe	Eisen
g	Gramm
h	Stunde
H	Hafer
Hrsg.	Herausgeber
J	Jahre
K	Kalium
k.A.	keine Analyse durchgeführt
KF	Kaufrequenz
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
KS	Kauschläge
l	Liter
L	Luzerne
MAP	Muskelaktionspotential
MAX	Maximalwert
MF	Mischfuttermittel
Mg	Magnesium

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

mikr.	mikronisiert
min	Minuten
MIN	Minimalwert
Mn	Mangan
MW	Mittelwert
N	Anzahl
Na	Natrium
NfE	Stickstoff-freie Extraktionsstoffe
n.n.	nicht nachweisbar
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
oS	organische Substanz
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Phosphor
r	Korrelationskoeffizient
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
RW	Rückwaage
S	Stute
s.	siehe
sec	Sekunde
SLH	Stroh-Luzerne-Häcksel
SD	Standardabweichung
Std.	Stunde
TrS	Trockenschnitzel
TS	Trockensubstanz
u.a.	unter anderem
uS	ursprüngliche Substanz
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalt

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

vRp	verdauliches Rohprotein
W	Wallach
z.B.	zum Beispiel
zit.	zitiert
Zn	Zink



## I. Einleitung

---

### I. Einleitung

Das Pferd war ursprünglich ein Steppentier, welches sich mehrere Stunden täglich bei langsamer Fortbewegung mit der Nahrungsaufnahme beschäftigte. Die Nutzung des Pferdes und seine Fütterung änderten sich besonders in den letzten Jahrhunderten stetig. Früher wurde das Pferd vornehmlich ganztätig als Arbeitstier genutzt, heute dagegen wird es überwiegend nur wenige Stunden am Tag als Sport- und Freizeitpferd eingesetzt. Die tägliche Nutzungsdauer der Pferde hat sich gewandelt, die Tiere möchten jedoch weiterhin ihr Verhalten (Bewegung, Fütterung und Sozialkontakt) realisieren .

Die Haltung von Sport- und Freizeitpferden findet überwiegend in Boxenhaltung mit wenig Beschäftigungsmöglichkeiten für das Pferd statt. Die Futtervorlage erfolgt in der Regel bei Boxenhaltung bis zu drei mal täglich, überwiegend jedoch zwei mal täglich (MEYER, 1991). Futtermittel wie Heu und Heulage, aber auch Stroh, haben im Gegensatz zu Getreiden und Mischfuttermitteln einen hohen Anteil an strukturierter Rohfaser (KAMPHUES et al., 2004). Die Speichelproduktion ist beim Pferd an den Kauvorgang gebunden. Der Speichel wirkt sich einerseits neutralisierend auf den pH-Wert im Magen aus und fördert darüber hinaus die Durchmischung des Mageninhalts mit Magensäure (COENEN, 2002). Um die Speichelproduktion und optimale Verdauungsvorgänge zu gewährleisten wird empfohlen, eine Mindestmenge von 1 kg Rohfaser pro 100 kg Körpermasse zu füttern, wobei die Zuteilung des Raufutters vor der Kraftfutterzulage erfolgen sollte (MEYER et al., 2002, KAMPHUES et al., 2004).

Die Futteraufnahmezeit und die Kaufrequenz sind die meistverwendeten Parameter zur Beurteilung eines Futtermittels hinsichtlich seiner Eigenschaften auf die Futteraufnahme und die Höhe der Speichelproduktion.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Überprüfung der Effekte unterschiedlicher Futtermittel sowie ihre Kombination auf die Futteraufnahmedauer, Kaufrequenz und Kauintensität beim gesunden Pferd.

### II. Schrifttum

#### 1 Nahrungsaufnahmeverhalten

##### 1.1 Futteraufnahme und Dauer

Bei der Futteraufnahme bewegen sich die frei lebenden Equiden langsam vorwärts, indem sie für jeden Bissen mit dem einen Vorderbein einen weiten Schritt nach vorn oder vorwärts-seitwärts machen (BOGNER et al., 1984). Weiterhin beschreiben BOGNER et al. (1984), dass Pferde ihren Kopf und Hals zum Boden herab senken. Je nach Futterstruktur werden die Futtermittel mit den beim Pferd sehr beweglichen Lippen erfasst und den Schneidezähnen zugeführt; Gräser und feste Pflanzenbestandteile werden dabei nicht abgebissen, sondern durch kräftige Kopfbewegungen abgerissen. Lippen und Zunge sammeln lose Pflanzenteile, Häcksel und Körner, wobei die gewünschten Bestandteile (Konzentrat, Getreide) durch diese „Sammelbewegung“ vorrangig herausortiert werden können, aber vor allem unerwünschte, z.B. schädliche Pflanzen bzw. Fremdkörper entfernt werden. Die Sortierung findet im Wesentlichen auf der Grundlage der Geruchsorientierung statt. Staub und sonstige lose Futterbestandteile werden durch Schnauben aus den Nüstern entfernt. Beim Verzehr von Körnerfutter (Getreide, Pellets) lassen Pferde ganz geringe Mengen wieder herausfallen. Sie nehmen auch während des Kauens Futter auf; dazu müssen sie die Maulspalte öffnen (BOGNER et al., 1984).

Frei lebende Pferde weiden zirka zwölf Stunden täglich (SAMBRAUS, 1978), wobei die Fresszeit in einzelne Fressperioden aufgeteilt ist. Die längste dieser Perioden beginnt am späten Nachmittag und endet in der Zeit um Mitternacht. SAMBRAUS (1978) fasst die Beobachtungen von SCHÄFER (1974) zusammen, nachdem eine weitere Fressphase in den frühen Morgenstunden beginnt und am frühen Vormittag endet. Kurze Perioden der Futteraufnahme sind am späten Vormittag und frühen Nachmittag zu beobachten. MCDONELL et al. (1999) beobachteten dagegen, dass die Futteraufnahme bei auf der Weide gehaltenen Pferden vier bis zwölf Stunden am Tag beträgt mit je zehn bis 30 Futteraufnahmeperioden. Die Dauer einer einzelnen Futteraufnahme wurden von MCDONELL et al. (1999) mit fünf bis 120 Minuten angegeben. Ähnliche Ergebnisse lieferte die Studien von KOWNAKI (1978) an frei

## II. Schrifttum

---

lebenden polnischen Koniks und von KUHNE (2003) am Verhalten von ganzjährig auf der Weide gehaltenen Araberpferden. Die Stuten, der frei lebenden polnischen Koniks, fressen während 70% des Tages (KOWNACKI et al., 1978). Die Araberpferde verbrachten innerhalb von 24-Stunden 57-72% der Zeit mit der Nahrungsaufnahme (s. Tabelle 1). Die individuellen Unterschiede wurden von KUHNE (2003) im Mittel über das Jahr in der Grasefrequenz mit 7-11 mal und in der mittleren Grasedauer von 17-34 Minuten an einem 24-Stunden-Tag angegeben. Bei der Aufnahme von Heu zeigten die Pferde eine Frequenz von 16-24 mal mit einer mittleren Dauer von 21-37 Minuten je Aktion (KUHNE, 2003). STEINHARDT (1936) ermittelte bei zweijährigen Kaltblutpferden eine Futteraufnahme von etwa 18 Stunden. KRULL (1984) dagegen kam bei Untersuchungen an auf der Weide gehaltenen Fohlen zu einer Grasungsdauer von 10-15 Stunden, abhängig von der Besatzdichte der Weide. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen zuvor DOREAU et al. (1980) bei 15 Monate alten Warmblutpferden.

Auch bei im Stall gehaltenen Pferden und Ponys mit freiem Zugang zum Futter zeigen sich Futteraufnahmerhythmen, die denen von frei lebenden Pferden gleichen. Ponys widmen neun Stunden (38%) eines Tages der Futteraufnahme, wobei im Durchschnitt zehn Fressperioden mit einer mittleren Dauer von 44 Minuten gesehen werden (RALSTON und BAILE, 1983). Übereinstimmend berichten nach RALSTON und BAILE (1983) verschiedene Autoren von einem diurnalen Rhythmus der Futteraufnahmeaktivität. Dabei werden mehr und länger andauernde Mahlzeiten in der Zeit von 8.00 Uhr bis 17.00 Uhr beobachtet. Im Allgemeinen wird die Zeitspanne von drei bis fünf Stunden zwischen zwei Mahlzeiten nicht überschritten. Die geringste Futteraufnahmeaktivität fällt in die Stunden zwischen 1.00 Uhr und 6.00 Uhr.

MCDONELL et al. (1999) beschrieben, dass die meisten Pferde sofort nach der Futtervorlage fressen, wenn ihnen Heu in kleinen Portionen zwei- bis dreimal täglich angeboten wird.

## II. Schrifttum

*Tabelle 1: Übersicht Futteraufnahme (h pro Tag) bei Pferden verschiedener Rassen und Ponies in verschiedenen Haltungsformen*

Autor	Jahr	Rasse	Dauer (h)	Futteraufnahme	Haltung
ARNOLD	1984	Pferde	Vollblüter	4 - 16	Weide
KILEY-WORTHINGTON	1990	Pferde	Camarque	14,5	frei lebend
KRULL	1984	Pferde	Warmblut	10 - 15	Weide
KUHNE	2003	Pferde	Araber	14 -17	Weide
MARTEN	1996	Pferde	*	bis zu 16	Weide
MCDONELL et al.	1999	Pferde	*	4 - 12	Weide
RALSTON u. BAILE	1983	Ponies	*	9	Stall
SAMBRAUS	1978	Pferde	*	12	frei lebend

\* Rasse in der Literatur nicht angegeben

### 1.2 Beeinflussung der Futteraufnahme

Vergleicht man die täglichen Zeitabschnitte von Tieren in den häufigsten **Stallhaltungsformen** mit denen von frei lebenden Pferden in der französischen Camarque wird deutlich, wie sich der Zeitbedarf für die Nahrungsaufnahme in Stallhaltung verringert. Freilebende Camarquepferde fressen 60 % des Tages, während bei Boxenhaltung auf Späne nur noch 16 % der Zeit für das Fressen genutzt werden. Der Anteil der reinen Stehzeit erhöht sich von 20 % bei frei lebenden Pferden auf 68 % bei restriktiver Futterzuteilung von Raufutter mit Boxenhaltung (KILEY-WORTHINGTON, 1990).

Hierbei besteht kein Unterschied zwischen der Boxenhaltung und der Gruppenhaltung in Auslaufhaltung. Auch bei Auslaufhaltung in der Gruppe mit der Möglichkeit für die Pferde, sich mehr zu bewegen, entspricht die prozentuale Verteilung von Fressen und Dösen (Stehen) eher der von Pferden in Boxenhaltung (RISCHBIETER, 2001).



## II. Schrifttum

---

Ein Einfluss von **Artgenossen** auf das Futteraufnahmeverhalten ist bei Ponystuten von SWEETING et al. (1985) beschrieben worden. Während sich die Futteraufnahme am Morgen nach der Vorlage von frischem Heu für Tiere mit und ohne Sichtkontakt zu einem Artgenossen nicht unterschied, verbrachten die Ponys, die Sichtkontakt zu einem anderen Pony hatten, mit  $73 \pm 4\%$  am Nachmittag mehr Zeit mit der Aufnahme von Heu als Ponys ohne Sichtkontakt, die nur  $60 \pm 7\%$  der Beobachtungszeit zwischen 14.00 Uhr und 16.00 Uhr der Futteraufnahme widmeten. Die Futteraufnahme steht demnach beim Pony unter einem sozialen Einfluss, wobei insbesondere der Sichtkontakt zu Artgenossen eine entscheidende Rolle spielt (SWEETING et al., 1985). Dieser Einfluss kann auch beim Pferd angenommen werden.

Ein weiterer Einfluss auf die Futteraufnahme konnte durch MCDONELL et al. (1999) bei der **Frequenz der Fütterung** festgestellt werden. Sowohl die zwei- bis dreimal täglich erfolgende Fütterung von frischem Heu hat auch bei ad libitum angebotenen Heu zur Folge, dass die Pferde unmittelbar nach der Futtevorlage längere Fressperioden zeigen.

Der Grundrhythmus der Futteraufnahme und die Verteilung der Fressperioden über den Tag wird außer von Klimafaktoren, wie extreme Witterungsbedingungen, auch vom Futterangebot bestimmt, wie die Beobachtungen an frei lebenden Mustangs (BERGER, 1977), Connemaras (COLLERY, 1974) und Dülmener Ponies (KOLTER, 1977) zeigen. Bei dem Vergleich der Gesamtfresszeit auf der Weide mit der Fresszeit von rationiertem Weidegras im Stall ermittelt KRULL (1984) eine etwa doppelt so lange Futteraufnahmezeit bei Weidepferden gegenüber aufgestallten Pferden.

### 2 Kauaktivität

Unter heute vorherrschenden Haltungsbedingungen wird ein Großteil der Ration durch Kraftfuttermittel (Getreide, Pellets) ersetzt. Damit ist eine Reduzierung der Fresszeit und Kauaktivität verbunden und das führt zu einer Nichtbefriedigung des Fress-, Kau- und Beschäftigungsbedürfnisses (ZEITLER-FEICHT, 2001).

## II. Schrifttum

---

Die Verdauung beginnt mit dem Vorgang der Nahrungsaufnahme durch Lippen, Schneidezähne und Zunge. Die Hauptfunktion der Zähne besteht beim Kauvorgang in der Zerkleinerung des Futters. Nach MURPHY und KENNEDY (1990) sind die Oberflächenmorphologie, die Gestalt der Zahnkrone und der Kontakt der Kauflächen wichtige Faktoren in der mechanischen Futterzerkleinerung. Für eine effiziente Nutzung des Futters ist ein effektiver Kauvorgang zwingend erforderlich (ELLIS, 2005). Die Zahnarchitektur des Pferdes unterscheidet sich zwischen Stuten und Hengsten bzw. Wallachen geringfügig. Die Zahnformel für die permanenten Zähne des Pferdes lautet:

Hengste bzw. Wallache =  $2 (I^{3/3} C^{1/1} P^{3 \text{ oder } 4/3} M^{3/3}) = 40 \text{ oder } 42$

Stuten =  $2 (I^{3/3} C^{0/0} P^{3 \text{ oder } 4/3} M^{3/3}) = 36 \text{ oder } 38$

(modifiziert nach ELLIS, 2005)

Für die Messung des Futteraufnahmeverhaltens bzw. der Kauaktivität stehen verschiedene Parameter zur Verfügung. Die bisher von MEYER et al. (1975), DULPHY et al. (1997) und ELLIS (2003) bevorzugt verwendeten Parameter sind Kauschläge pro kg TS, Kauschläge pro Minute, Futteraufnahme pro Stunde und Dauer der Futteraufnahme pro kg TS. ELLIS (2005) verwendete zusätzlich die Angaben bezogen auf die ursprüngliche Substanz.

### 2.1 Kaubewegung

Die weitere Zerkleinerung des Futters nach Aufnahme in die Maulhöhle wird erzielt durch die Seitwärtsbewegung beim Ab- und Anführen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer, durch welche die Futterpartikel zwischen den Backenzahnreihen auf den Kauflächen zerquetscht und zermalen werden (BOGNER et al., 1984). Die Schneidezähne spielen dabei keine oder nur eine geringe Rolle. Das Pferd kaut periodisch jeweils auf einer Seite (links/rechts), wobei maximal alle 40 min gewechselt wird. Zumindest scheint jeweils ein Bissen auf der aktiven Seite vollständig zerkaut zu werden; erst danach wird gewechselt.

## II. Schrifttum

---

Nach COLLINSON (1994) und TREMAINE (1997) lässt sich die Kaubewegung des Kiefers in drei Phasen unterteilen:

1. Öffnungshub
2. Schließhub (initiale Occlusion der Backenzähne)
3. Arbeitshub (laterolaterale Mahlbewegung)

STASZYK et al. (2005) untersuchten die Kaubelastung beim Pferd mittels eines Quarzdrucksensors und zeichneten zwei unterschiedliche Perioden der Druckerzeugung pro Kauzyklus auf. Sie ordneten den niedrigeren Peak dem Schließhub und den höheren Peak dem Arbeitshub zu.

### 2.2 Futteraufnahmezeitdauer

Die Futteraufnahme wurde von verschiedenen Autoren untersucht. DULPHY et al. (1997) maßen für die Aufnahme von Heu beim Pferd 74-80 min/kg TS und für Stroh 131-134 min/kg TS (s. Tabelle 2). Die durchschnittliche Aufnahmezeitdauer für Heu wurde von BOGNER et al. (1984) und ELLIS (2003) mit 30-34 min/kg TS angegeben (s. Tabelle 2). MEYER et al. (1975) untersuchten die Futteraufnahmezeit bei Pferden und Ponies. Die Aufnahmezeit von Heu betrug bei Pferden 44 Minuten und bei Ponies 91 Minuten pro kg TS. Für die Aufnahme von 1 kg Heu benötigten die Ponies die doppelte Zeit der Pferde. Von MEYER et al. (1975) wurden bei der Aufnahme von heilem Hafer bei Pferden 10 min/kg TS und bei Ponies 58 min/kg TS gemessen, dagegen fraßen die Pferde bei pelletiertem Mischfuttermittel 11-15 min/kg TS und die Ponies 49 min/kg TS. Somit ist die von MEYER et al. (1975) gemessene Aufnahmezeit für heilen Hafer und pelletierte Mineralfutter beim Pony 3- bis 5-fach länger. BOGNER et al. (1984) maßen für heilen Hafer beim Pferd die gleiche Aufnahmezeit von 10 min/kg TS. ELLIS (2003) fand für pelletierte Mischfuttermittel, abhängig von der Pelletgröße, eine ähnliche Aufnahmezeit wie MEYER et al. (1975) mit 8-9 min/kg TS.

MEYER et al. (1975) folgerten, dass die längere Futteraufnahmezeit der kleineren Kauflächen der Ponies zuzuordnen ist. Die Breite der Backenzähne bei Ponies wurde von MEYER et al. (1975) mit 14 mm und bei Großpferden mit 22 bis 24 mm

## II. Schrifttum

---

angegeben. Die verringerte Breite erschwert es den Ponies körnerartige Komponenten im Mahlmechanismus zu halten. Dafür sprachen ihrer Meinung nach auch, dass geschrotete Mischfutter wesentlich schneller als gekörnte Futtermittel aufgenommen werden und die Fressdauer, ähnlich wie bei den Raufuttermitteln, im Vergleich zu den Großpferden in der Relation 2 : 1 stand. ELLIS (2005) vermutete, dass große Haken an den Backenzähnen einen vergleichbaren Effekt beim Pferd haben, wenn das Pferd die Futteraufnahme und die Kaufrequenz über einen langen Zeitraum diesem Tatbestand angepasst hat.

*Tabelle 2: Futteraufnahmedauer bei verschiedenen Futtermitteln (min/kg TS)*

Autor	Jahr	Rasse	Heu	Stroh	heiler Hafer	pellet. MF
Aufnahmedauer (min/kg TS)						
BOGNER et al.	1984	Pferd	34		10	
CUDDEFORD	1994	Pony	44			
DULPHY et al.	1997	Pferd	74-80	131-134		
ELLIS <sup>1</sup>	2003	Pferd	30			8-9
MEYER et.al.	1975	Pferd	44	48	10	11-15
MEYER et.al.	1975	Pony	91		58	49
NOERGAARD et al.	2003	Pferd		60		

<sup>1</sup>zitiert nach ELLIS (2005)

### 2.3 Futteraufnahmemenge

Die Futteraufnahme von Pferden und Ponies wurde bei verschiedenen Raufuttermitteln untersucht (s. Tabelle 3).

DULPHY et al. (1997) beobachteten für Heu die niedrigsten Werte mit 850 g TS/h und MEYER et al. (1975) die höchsten Werte mit 1350 g TS/h. Für Ponies ergaben die Messungen von CUDDEFORD (1994) 1360 g TS/h. Für gehäckseltes Heu fand CUDDEFORD (1994) eine Aufnahme von 820 g TS/h für Ponies, wohingegen für Pferde von MEYER et al. (1975) 1000 g TS/h und von ELLIS (2003) eine Aufnahme von 1200 g TS/h gemessen wurde. Bei der Futteraufnahmemenge von Stroh fanden sich die größten Unterschiede. DULPHY et al. (1997) gaben die Aufnahme von Stroh

## II. Schrifttum

---

mit 474 g TS/h, NOERGAARD et al. (2003) mit 600 g TS/h und MEYER et al. (1975) mit 1170 g TS/h an. Die von den zitierten Autoren ermittelten Werte zeigen eine breite Streuung. Tendenziell wurden für Stroh geringere Aufnahmemengen als für Heu ermittelt. Somit kann ein Einfluss der Struktur der Rohfaser, u.a. durch den Lignifizierungsgrad, auf die Aufnahme angenommen werden.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Zugabe von gehäckseltem Stroh in zwei verschiedenen Partikellängen zu pelletiertem Mischfutter auf die Futteraufnahme, wurden von ELLIS et al. (2005a) festgestellt, dass die Aufnahme mit zunehmendem Anteil der Strohhäcksel, unabhängig von der Partikellänge, sinkt.

Es wurden von ELLIS (2005) Hinweise gefunden, dass Pferde ihre Aufnahmerate in Abhängigkeit von der Futterbeschaffenheit ändern, z.B. Reduktion bei staubigen Futtermitteln, dass sie jedoch Kaurhythmus und Kaufrequenz pro Minute beibehalten.

*Tabelle 3: Futteraufnahmemenge bei verschiedenen Raufuttermitteln von Großpferden und Ponies (g TS/h)*

Autor	Jahr	Rasse	Heu	gehäckseltes Heu	Stroh
				Aufnahme (g TS/h)	
CUDDEFORD	1996	Pony	1360	820	
DULPHY	1997	Pferd	850		474
ELLIS <sup>1</sup>	2003	Pferd	1200	1200	
HARRIS	2005	Pferd	1680		
MEYER et. al.	1975	Pferd	1350	1000	1170
MEYER et. al.	1975	Pony	647		
NOERGAARD et al.	2003	Pferd			600

<sup>1</sup>zitiert nach ELLIS (2005)

## II. Schrifttum

---

### 2.4 Kaufrequenz

Die Kaufrequenz bei unterschiedlichen Futtermitteln kann durch die Beobachtung des Vorganges und Zählung mittels mechanischem Handzähler, durch automatische Zählung mittels eines modifizierten Halfters oder mittels Myografie des Musculus masseter gemessen werden.

Mechanische Aufzeichnungsgeräte, welche die Kaubewegung sichtbar machen, wurden erstmals von LEUE (1938) für Pferde und Schafe entwickelt. Automatische Aufzeichnungsgeräte, welche die Kaufrequenz messen, wurden entwickelt um das Aufnahme- und Wiederkäuerverhalten von Rindern zu messen (MEYER et al., 1975; RUTTER, 2000), jedoch waren sie nicht direkt auf Pferde übertragbar.

MEYER et al. (1975) bestimmten mittels telemetrischer Messungen für Heu Werte im Bereich von 3000 - 3500 Kauschläge/kg TS, für Stroh (lang) 4095 Kauschläge/kg TS und für Krafffutter Werte zwischen 945 Kauschläge/kg TS (heiler Hafer) und 1571 Kauschläge/kg TS (Mischfuttermittel) (s. Tabelle 4) .

ELLIS (2005) bestätigte die Beobachtungen von MEYER et al. (1975), dass feiner Haferschrot zu einer Erhöhung der Kauschläge/kg TS und somit der Futteraufnahme-dauer führt und das Pelletieren dagegen scheinbar keinen Einfluss auf die Kauschläge und die Fressdauer hat.

*Tabelle 4: Zahl der Kauschläge bei der Aufnahme verschiedener Futtermittel beim Pferd (je kg TS)*

Autor	Jahr	Heu	kurzes Heu	Getreide*	loses MF	pellet. MF
Kauschläge / kg TS						
CUDDEFORD <sup>1</sup>	1997	3351	5326			
ELLIS <sup>1</sup>	2003		2199			
ELLIS <sup>1</sup>	2003	3900	3900	1050		
ELLIS et al.	2005a				640	536
MEYER et. al.	1975	3700	3400 - 4000	945	1571	954

<sup>1</sup>zitiert nach ELLIS (2005); \*ganzes Korn

## II. Schrifttum

---

Ein Einfluss der Struktur (Faserlänge, Rohfaseranteil) eines Futtermittels auf die Kauffrequenz pro Minute, welche mit zunehmender Faserlänge abnahm, wurde von COLLINSON (1994) nachgewiesen. Im Gegensatz zu COLLINSON (1994) konnte ELLIS (2005) in ihren Untersuchungen keinen Unterschied in der Kauffrequenz bei Futtermitteln wie Pellets mit Luzernehäckseln in verschiedenen Zubereitungen (Häcksellänge, Anteil an Portion) nachweisen. Die Kauffrequenz für verschiedene Futtermittel betrug demnach 60-75 pro Minute (ELLIS, 2003).

Von MEYER et al. (1975) konnten für Ponies eine im Vergleich zu Pferden etwa 50% erhöhte Kauffrequenz bei Raufutter und eine um etwa 150% erhöhte Kauffrequenz bei Mischfuttern nachgewiesen werden. Den signifikanten Unterschied in der Zahl der Kauschläge zwischen Pferden und Ponies erklärten MEYER et al. (1975), ebenso wie die verlängerte Aufnahmedauer, durch die kleinere Kaufläche der Backenzähne.

*Tabelle 5: Zahl der Kauschläge je Minute bei der Aufnahme von verschiedenen Futtermitteln beim Pferd*

Autor	Jahr	Heu	Pellets+Häcksel	heiler Hafer	pellet. MF
Kauschläge/min					
BOGNER et al.	1984	70-80		70-80	
COLLINSON	1994	69			
ELLIS <sup>1</sup>	2003	71	71		69
MEYER et.al. <sup>1</sup>	1975	83	94	84	86

<sup>1</sup>zitiert nach ELLIS (2005)

### 3 Speichelproduktion

Die Speichelproduktion findet beim Pferd hauptsächlich durch die Ohrspeicheldrüse (Glandula parotis) statt. Die Ohrspeicheldrüse liegt zwischen Kaudalrand des Unterkieferastes und Atlasflügel vom Ohrgrund und reicht bis zur V. linguofacialis. Das Sekretionsprodukt fließt über zahlreiche Ausführungsgänge ab, die sich zum Ductus parotideus vereinigen. Er mündet in Höhe des oberen vierten prämolaren Backenzahnes in die Mundhöhle ein (BUDRAS, 1997). Durch die Bewegungen des M. masseter im Rahmen des Kauakts, wird die Sekretion der ihm benachbart liegenden Ohrspeicheldrüse durch Ausmassieren gefördert. Über die

## II. Schrifttum

---

Sekretionsleistung der Ohrspeicheldrüse liegen beim Pferd ausführliche Untersuchungen vor. Nach MEYER (1980) werden von Pferden (500 kg KM) bei gemischten Rationen (5 kg Heu, 3 kg Mischfutter) etwa 20 kg Speichel/Tag gebildet, das sind rund 4 % des Körpergewichts. Art und Menge des Speichels werden über sympathische oder parasympathische Fasern gesteuert (PFEFFER, 1987).

Die Zellen der Speicheldrüsen produzieren, abhängig von den Zelltypen, serösen und mukösen Speichel. Die Ohrspeicheldrüse besitzt ausschließlich den serösen Typ. Der seröse Speichel wird aus Wasser und Proteinen gebildet, der muköse enthält zusätzlich Schleimstoffe. Der pH-Wert des Speichels liegt beim Pferd bei 7,56 und ist hypotonisch.

Chemische, mechanische oder thermische Reizungen von Rezeptoren der Maulschleimhaut führen über die Medulla oblongata zum Auslösen einer unbedingten, reflektorischen Speichelsekretion. Trockene Nahrung löst die Sekretion von Gleitspeichel, ätzende oder reizende Stoffe lösen die von Spülspeichel aus (PENZLIN, 1996).

### 3.1 Funktionen des Speichels

Der Speichel erfüllt mehrere wichtige Funktionen. Der Speichel dient dem Lösen von Geschmacksstoffen, denn während des Kauvorganges werden Futterinhaltsstoffe (Reineiweiß, NfE) freigesetzt, die in den Speichel übergehen. Durch den Kauakt werden von der aufgenommen organischen Substanz 21-26 % in die flüssige Phase überführt (MEYER et al., 1986). Eine ausreichende Einspeichelung erleichtert dem Pferd den Kauvorgang, erhöht die Gleitfähigkeit der Nahrung und ist für die ungestörte Ösophaguspassage, aber auch für die rasche Durchmischung des Mageninhalts mit saurem Magensaft zur Verhütung von Fehlgärungen wichtig (MEYER et al., 1986). Die Durchmischung mit saurem Magensaft führt zu einem Absinken des pH-Wertes im Chymus. MEYER et al. (1986) konnten eine Beziehung zwischen dem Trockensubstanzgehalt des Mageninhaltes und der Abflussmenge aus dem Magen feststellen. Je höher der Verflüssigungsgrad durch den Speichel war, um so geringer war der prozentuale Anteil des nach einer Stunde im Magen zurückbleibenden Futters. Lag ein hoher Trockensubstanzgehalt vor, war die



## II. Schrifttum

---

Durchtränkung mit Magensaft unzureichend und es konnten unmittelbar nach der Schlachtung erhohnte Temperaturen im Magenbrei gemessen werden und es kam zu erhohnten bakteriellen Umsetzungen (Streptokokken, Staphylokokken, Klebsiellen oder *Pseudomonas aeruginosa*). Mikrobielle Umsetzungen besonders in der Pars proventricularis im Magen und der Abbau von Kohlenhydraten wurden bereits von ELLENBERGER und HOFMEISTER (1886) sowie HOPFFE (1913) bei unzureichender Durchdringung mit Magensaft nachgewiesen.

### 3.2 Beeinflussung der Speichelproduktion

Die Speichelproduktion ist abhängig vom Trockensubstanzgehalt des Futtermittels (MEYER et al., 1985). Die pro 100 g Trockensubstanz produzierte Speichelmenge unterscheidet sich bei den Futtermitteln aufgrund ihrer Struktur (Zerkleinerungsgrad) und ihres Rohfasergehaltes, so dass während der Aufnahme von 100 g TS Gras deutlich weniger Speichel gebildet wird als bei 100 g TS Anwelksilage, bei dieser wiederum weniger als bei Stroh, Heu und Laub (s. Tabelle 6).

*Tabelle 6: Speichelproduktion bei Aufnahme verschiedener Futtermittel (g/100g TS, modifiziert nach MEYER et al., 1985)*

Futter	Gropferde	Kleinpferde
Gras	295±100	398±150
Gras- und Luzernesilage	449±45,0	
Laub	707±443	
Heu	653±17,0	
Stroh	587±100	
pellet. Mischfutter	190±51,0	157±34,0

Die im Mittel geringere Speichelproduktion pro 100 g TS bei Aufnahme von Mischfutter im Vergleich zu den rohfaserreichen, unzerkleinerten Futtermitteln ist im Wesentlichen durch die unterschiedliche Dauer der Futteraufnahme zu erklären. Werden die mittleren Speichelmengen pro 100 g TS Futteraufnahme der durchschnittlichen Futteraufnahmedauer gegenübergestellt, so ergibt sich eine sehr

## II. Schrifttum

---

straffe Beziehung. Danach wurde bei Großpferden ein Speichelfluss von durchschnittlich 50 ml/min gemessen (MEYER et al., 1985). Die Analyse der Beziehung zwischen Futteraufnahmedauer und Speichelproduktion für pelletierte Mischfutter und Raufutter bei Großpferden ergab, dass die Speichelproduktion/min mit steigender Futteraufnahmemenge/min deutlich zu nimmt, insbesondere gilt dies für Mischfutter. Die erhöhte Speichelproduktion/min bei erhöhter Futteraufnahmemenge führte aber insgesamt zu einer niedrigeren Gesamtspeichelproduktion/kg TS. So entfielen z.B. auf 100 g Mischfutter bei einer Futteraufnahmedauer von 1 bzw. 4 Minuten 90 bzw. 240 ml Speichel (MEYER et al., 1986). Die Dauer der Futteraufnahme (min/100g TS) betrug nach MEYER et al. (1985) für Stroh 25,3 Minuten, für Gras- und Luzernesilage 4,6 Minuten und für pelletierte Mischfutter 2,5 Minuten. MEYER et al. (1986) kamen zu dem Schluss, dass langsam fressende Pferde trotz geringerer Speichelbildung/min pro kg Futter mehr Speichel produzieren als schnell fressende Pferde.

Weitere Einflüsse auf die Speichelsekretion konnten von LICHT (2000) und HACKBARTH et al. (persönliche Mitteilung, 2006) nachgewiesen werden. Nach LICHT (2000) nimmt mit steigender physischer Belastung (Transport, Turnier) die Speichelsekretion beim Pferd ab. Nach HACKBARTH et al. (persönliche Mitteilung, 2006) hat die Reihenfolge sowie der zeitliche Abstand der Fütterung der Pferde in der gleichen Stallgasse einen Einfluss auf die Speichelbildung. Wenn Pferde, im Gegensatz zu ihrem Boxennachbarn, noch kein Futter vorliegen haben, ist trotzdem eine Salivation zu beobachten.

### 3.3 Auswirkungen verminderter Speichelsekretion auf den Magen

COENEN (1992) untersuchte das Vorkommen von Magenzulzera beim Pony unter zwei verschiedenen Fütterungsregimen. Bei Magenzulzera handelt es sich um häufig vorkommende Epitheldefekte. Eine typische Region für die Ausbildung von Magengeschwüren ist die dem Margo plicatus nahe Region der kutanen, drüsenlosen Schleimhaut der Pars proventricularis. Insbesondere während intensiver Belastungen mit erhöhtem abdominalen Druck und Kompression des Magens kommt

## II. Schrifttum

---

die Pars nonglandularis verstärkt mit saurem Magensekret in Berührung. Der begünstigende Einfluss von exklusiver Fütterung von Mischfuttermitteln im Gegensatz zu exklusiver Raufutterfütterung auf die Entwicklung von Magenulzera konnte von COENEN (1992) nachgewiesen werden. Die Gründe dafür liegen maßgeblich in dem Unvermögen, unter solchen Bedingungen ein den Schleimhautregionen zugeordnetes Milieu zu gestalten, da die Speichelsekretion vermindert ist. Bei Mischfuttern wurden im Vergleich zur Heufütterung höhere TS-Gehalte im Chymus gemessen und der Cl-Konzentrationsgradient war nach dem Verzehr von Mischfutter nicht deutlich ausgeprägt. Die pH-Werte wiesen nach Heufütterung deutliche Unterschiede auf und korrespondierten mit der morphologischen Einteilung des Magens (Pars glandularis pH 2,4 bis 4,3 in der Pars proventricularis). Bei Mischfutterfütterung waren die pH-Werte im gesamten Magen annähernd konstant um 4,2. Als regulatives Element der Magensaftsekretion führt COENEN (1992) die nach dem Verzehr von Mischfutter erhöhte Gastrinkonzentration an. Untersuchungen zu pH-Werten im Magen von Pferden von MURRAY und SCHUSSER (1993) führten zu dem Ergebnis, dass der pH-Wert im Magen nach 12 stündiger Nüchternung signifikant niedriger war ( $<2$ ) als bei Pferden, die freien Zugang zu Gras hatten. Die niedrigen pH-Werte, die in Abwesenheit von Futter aus der kontinuierlichen Basalsekretion resultierten, dürften zur Pathophysiologie des Magenulkus beitragen, denn die Abpufferung des pH im Magen durch den Speichel findet nur statt, wenn Speichel aufgrund von Kaubewegungen sekretiert wird. MURRAY et al. (1993) vermuteten, dass kontinuierliches Grasens die Magensäure ausreichend zu neutralisieren vermag und die Ausbildung von Magengeschwüren verhindert, da auf der Weide gehaltene Pferde wenige oder gar keine Magengeschwüre ausbilden.

### 4 Elektromyografie (EMG)

Die Elektromyografie ist die Ableitung und Untersuchung der spontanen oder der willkürlichen elektrischen Aktivität von Muskeln (KIMURA, 1989). Ruhende Muskulatur weist in der Regel keine Spannungsänderungen auf. Ist dies dennoch der Fall, so spricht man von elektrischer Spontanaktivität.

## II. Schrifttum

---

In der Tiermedizin häufig verwendete Elektroden sind konzentrische Nadelelektroden und monopolare Nadelelektroden (CUDDON, 2002). Die Ableitung erfolgt extrazellulär nach Volumenleitung im Gewebe. Abgeleitete Potentiale werden durch das Untersuchungsgerät verstärkt und auf einem Bildschirm visuell wiedergegeben und abgespeichert. Definitionsgemäß bezeichnet man einen nach oben gerichteten Abgang am Bildschirm als negative Auslenkung (CONRAD und BISCHOFF, 1998). Elektromyografische Untersuchungen bei willkürlicher Muskelkontraktion scheitern in der Tiermedizin meist an der fehlenden Kooperationsbereitschaft der Patienten. WIJNBERG et al. (2003) führten jedoch elektromyografische Untersuchungen am stehenden und nicht sedierten Pferd mit guten Erfolgen durch. MEYER et al. (1975) untersuchten die Kaufrequenz von Reitpferden in zwei Studien mittels einer telemetrischen Einrichtung. Sie bestand aus einem Sender, einem Empfänger und zwei Klebeelektroden, die erste wurde am Oberkiefer unterhalb des medialen Augenwinkels angebracht und die zweite am seitlichen Unterkieferrand in Höhe der Incisura vasorum. Der Empfänger zeichnete das Myogramm auf.

### 4.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Muskeln bestehen aus mehrkernigen Muskelzellen, auch Muskelfasern genannt. Eine Muskelfaser enthält die eigentlichen kontraktile Elemente, die Myofibrillen. Durch Ineinanderschieben der Myofibrillen kommt es zur Muskelverkürzung, der Kontraktion. Die Myofibrillen weisen einen Durchmesser von etwa 1  $\mu\text{m}$  auf und bestehen längs aus sich wiederholenden Einheiten, den Sarkomeren. Jedes Sarkomer wiederum besteht u.a. aus Titin-, Aktin- und Myosinfilamenten. Sarkomere sind mikroskopisch durch schmale, optisch dichte Scheiben verbunden, die Z-Bänder (Z = zwischen). Im inaktiven Säuger-Skelettmuskel ist ein Sarkomer ungefähr 2  $\mu\text{m}$  lang. Beidseits eines Z-Bandes finden sich optisch weniger dichte Zonen, die I-Bänder (I = isotrop). Ein I-Band liegt somit je zur Hälfte in zwei benachbarten Sarkomeren. In der Mitte des Sarkomers beobachtet man eine optisch dichte, stark doppelbrechende Zone, das A-Band (A = anisotrop). Die längs angeordneten Proteinfilamente des A-Bandes, auch als dicke Filamente bezeichnet, sind etwa 1,6  $\mu\text{m}$  lang. Die dünnen Filamente sind ungefähr 1  $\mu\text{m}$  lang und sind an den Z-Bändern

## II. Schrifttum

befestigt. Sie ragen vom Z-Band aus ins Sarkomer hinein, wo sie mit einer Hälfte der dicken Filamente im A-Band überlappen. Die Region in der Mitte des A-Bandes, wo dicke und dünne Filamente nicht überlappen, wird als H-Band bezeichnet (H = hell). In der Mitte jeden A-Bandes findet sich eine M-Linie (M = Mitte) (HECKMANN, 1989). Bedingt durch die Innervationsverhältnisse bilden Muskelfasern motorische Einheiten. Als motorische Einheit bezeichnet man ein Motoneuron (eine motorische Nervenfasern) und alle von diesem Motoneuron innervierten Muskelfasern. Die zu einer motorischen Einheit gehörigen Fasern liegen nicht in einem anatomischen Bündel. Sie verteilen sich über einen größeren Teil im Muskelquerschnitt, getrennt durch Fasern anderer Einheiten (MAYER und DOYLE 1970).

Die motorische Endplatte ist die Synapse zwischen Nerv und Muskel. Die Erregungsübertragung erfolgt durch Ausschüttung eines Neurotransmitters, dem Acetylcholin, das in Vesikeln der Nervenendigungen gespeichert wird. Das Acetylcholin besetzt Rezeptoren der Muskelmembran und führt dort einen Natriumeinstrom herbei, der zur Depolarisation der Muskelzelle und schließlich zur Muskelkontraktion führt. Die Übertragung eines Nervenimpulses auf den Muskel entspricht somit einer elektrochemo-mechanischen Kopplung (SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 1991).

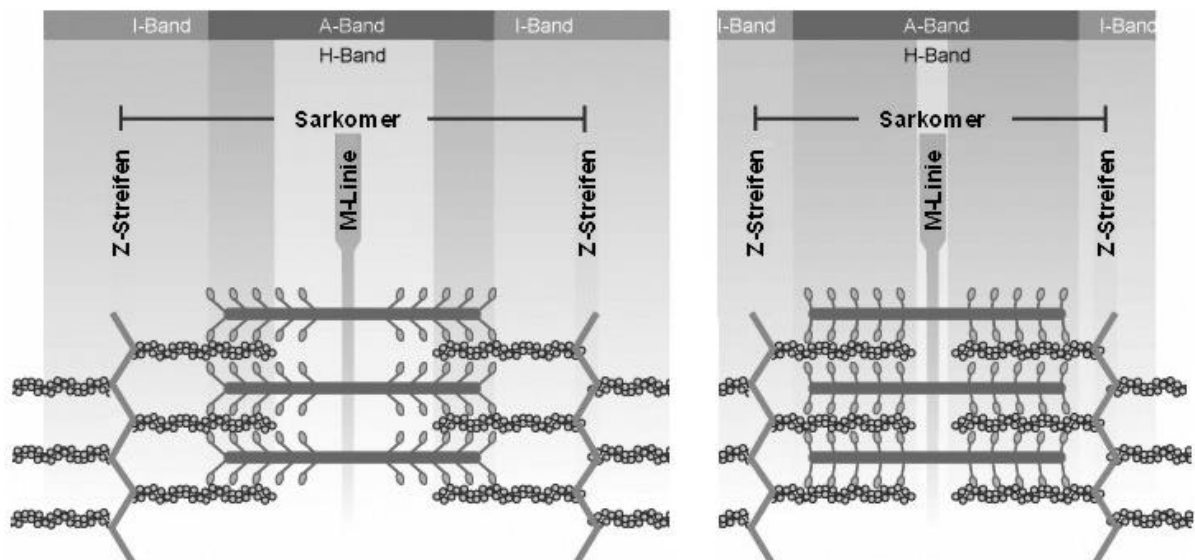


Abbildung 1: Aufbau des Sarkomers, links unkontrahiert und rechts kontrahiert (modifiziert nach SCHÖNI-AFFOLTER, 2004)

## II. Schrifttum

---

Der M. masseter ist ein Skelettmuskel, der zusammen mit dem M. temporalis zur äußeren Kaumuskulatur gehört. Er ist kräftiger ausgebildet als der M. temporalis und damit der stärkste Kaumuskel. Besonders die einseitige Kontraktion bewirkt die typisch ausladenden Kaubewegungen, die durch die erhebliche Bewegungsfreiheit des Kiefergelenks begünstigt werden (BUDRAS et al., 1997).

Der M. masseter ist beim Pferd ein stark gefiederter Muskel, der makroskopisch unterschiedliche Muskelfaserverlaufsrichtungen aufweist. Sein Ursprung liegt weit lateral seiner Insertionsstelle. Die oberflächlichen Schichten entspringen entlang der ganzen Crista facialis und strahlen mit ihren kaudoventral gerichteten, divergierenden Fasern zum kaudalen Unterkieferrand, an dem sie von der Incisura vasorum facialium bis unterhalb des Kiefergelenkes inserieren. Die Fasern der tiefen Schichten kommen vom Jochbogen und ziehen nahezu vertikal gegen den Kehlrand, Jedoch inserieren sie zuvor schon - vermischt mit Fasern der oberflächlichen Schichten - an der Außenfläche des Unterkieferastes. Die Innervation des M. masseter erfolgt durch den N. massetericus, welcher aus dem N. mandibularis hervorgeht (NICKEL et al., 2003). Der M. masseter ist zusammen mit dem M. temporalis und dem M. pterygoideus medialis für das Schließen des Kiefers verantwortlich.

### 4.2 Physiologische elektrische Spontanaktivität

Nach CUDDON (2002) existieren vier verschiedene Formen der elektrischen Aktivität, die auch am gesunden ruhenden Muskel beobachtet werden können.

1. *Insertionsaktivität*: Durch den Einstich der Nadel bzw. durch Bewegung der Nadelspitze werden Membranen verletzt und es folgt eine kurze Episode elektrischer Entladung, die höchstens 2 ms anhält (CONRAD und BISCHOFF, 1998).
2. *Endplattenpotentialien*: Sie sind synchrone Entladungen einer größeren Zahl von Miniaturendplattenpotentialien. Sie sind von höherer Amplitude als diese, aber ebenfalls negativ (CONRAD und BISCHOFF, 1998).
3. *Endplattenrauschen*: Befindet sich die Nadel über der Region der motorischen Endplatte des Muskels, so können niedrigamplitudige negative

## II. Schrifttum

---

Potentiale (Miniaturendplattenpotentiale) abgeleitet werden, die durch ständige Freisetzung kleiner Quanten an Acetylcholin entstehen (KIMURA, 1989).

4. *Muskelaktionspotentiale* (MAPs) werden von CUDDON (2002) ebenfalls zur physiologischen elektrischen Spontanaktivität gezählt.

### 4.3 EMG bei Willküraktivität

Die Untersuchung am willkürlich kontrahierten Muskel hat sich in der Tiermedizin aus Gründen der mangelnden Kooperationsbereitschaft der Patienten bisher nicht durchgesetzt.

In der Humanmedizin ist dies jedoch eine Standardmethode, gerade im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen Myopathien und Neuropathien. Die Potentiale motorischer Einheiten, die bei geringer Willküraktivität entstehen, werden auf Amplitude, Peakzahl und Dauer beurteilt. Das sogenannte Interferenzmuster der Aktionspotentiale, das sich bei der maximalen Kontraktion ableiten lässt, gibt bei Abnahme in der Dichte des Interferenzmusters Hinweise auf eine neurogene Erkrankung, bei Abnahme der Amplituden jedoch auf eine myogene Erkrankung (KIMURA, 1989, CONRAD und BISCHOFF, 1998).

In einer neueren Arbeit wurden Potentiale motorischer Einheiten an wachen, stehenden gesunden Pferden und an Pferden mit Myopathien abgeleitet und die Ergebnisse der elektrodiagnostischen Untersuchung mit den Ergebnissen von Muskelbiopsien in Bezug auf den vorliegenden Befund korreliert (WIJNBERG et al., 2003).

Durch die Weiterentwicklung der Myografie am Tier kann diese mittlerweile nicht nur zu Zwecken der Diagnostik bei der Abklärung, ob eine Myopathie oder Neuropathie vorliegt, herangezogen werden, sondern auch zur Bestimmung des Einflusses verschiedener Belastungsgrößen auf die Erregungsintensität am gesunden Muskel, z.B. des M. masseter, um Aussagen über die Amplitude, Peakzahl und Dauer der Kontraktion bei verschiedenen Futtermitteln zu treffen.

### 5 Zusammenfassung

Die Futteraufnahmedauer von Pferden variiert bei ad libitum-Fütterung in der Literatur von 4–17h je nach Haltungsform. Ebenfalls sind bei Pferden für die verschiedenen Futtermittel unterschiedliche Kauffrequenzen angegeben, abhängig von der Zubereitungsform des Futtermittels und dem Anteil an strukturierter Rohfaser. Demnach kann für die Kauffrequenz/kg TS und die Aufnahmedauer/kg TS folgende Rangierung ermittelt werden: ganzer Hafer < < Raufutter; konkrete Zahlen für behandelte Gerste, Trockenschnitzel und Heulage liegen bisher nicht vor.

Anhand der Kauffrequenz und der Aufnahmedauer pro kg TS kann indirekt auf die Menge der Speichelproduktion geschlossen werden. Eine verminderte Speichelproduktion begünstigt das Vorkommen von Magenulzera, da eine Abpufferung des pH im Magen nur durch den Speichel stattfindet. In diesem Zusammenhang ist es bedeutend, welche Futtermittel eine lange Aufnahmezeit und eine hohe Kauffrequenz/kg TS aufweisen. Die experimentellen Ergebnisse reichen für ein vollständiges Bild nicht aus, da bisher zu wenige Futtermittel, ihre Zubereitungen oder Kombinationen aus Futtermitteln untersucht worden sind.



### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

#### III. Eigene Untersuchungen

##### 1 Ziel der Untersuchungen

In der vorliegenden Studie sollen die Effekte der verschiedenen Futtermittel und deren Bearbeitungsformen auf die Futteraufnahmedauer und die Kaufrequenz beim Pferd untersucht werden. Es soll überprüft werden, welche Einzelfuttermittel oder welche Kombination der verschiedenen Futtermittel dazu geeignet sind, die Pferde durch eine längere Futteraufnahmezeit zu beschäftigen. Untersucht werden sowohl mechanisch, thermisch und unbehandelte Getreide (Hafer und Gerste), zwei verschiedene Mischfuttermittel und Raufuttermittel (Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel) sowie Hafer in Kombination mit Luzerne.

##### 2 Material und Methoden

###### 2.1 Versuchsplan und Versuchsdesign

Der experimentelle Teil der Studie wurde im Zeitraum von Juni 2004 bis August 2005 durchgeführt. In insgesamt 19 Durchgängen wurden vier Pferde verschiedene Getreide, Misch- und Raufuttermittel blockweise gefüttert.

###### 2.2 Pferde

Für die Versuche standen vier Pferde, davon drei Traber und ein Mecklenburger Warmblut, zur Verfügung. Es handelte sich um drei Wallache und eine Stute im Alter von 10 bis 11 Jahren. Die Versuchspferde waren klinisch gesund und wurden regelmäßig entwurmt. Vor Versuchsbeginn wurde bei jedem Pferd eine Zahnkontrolle und gegebenenfalls eine Zahnraspelung durchgeführt.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

*Tabelle 7: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergewicht (KM in kg) und Body Condition Score (BCS) der Versuchspferde*

Pferd	Geschlecht*	Geburtsjahr	Beginn der Versuchsphase		Ende der Versuchsphase	
			KM (kg)	BCS	KM (kg)	BCS
1	W	1994	600	6,0	597	6,5
2	W	1995	607	5,5	615	6,0
3	W	1994	525	5,0	560	6,5
4	S	1994	520	6	520	6,5

\*W= Wallach; S=Stute

#### 2.3 Haltung der Versuchspferde

Die Haltung erfolgte in mit Spänen eingestreuten Einzelboxen mit Sichtkontakt zueinander. In den Boxen hatten die Pferde über eine Selbsttränke jederzeit Zugang zu frischem Wasser. Die Pferde erhielten regelmäßig ein bis zwei Stunden Auslauf in einem Sandpaddock.

#### 2.4 Rationsgestaltung

Die Menge des Versuchsfutters wurde für jede rationierte Variante anhand des Körpergewichtes der Pferde zu Beginn der jeweiligen Futtervariante (Tag 1) berechnet und für den gesamten Durchgang beibehalten. Außer bei den raufaserreichen Futtermitteln erhielten die Pferde zusätzlich zum Versuchsfuttermittel täglich 4-8 kg Heu auf drei Mahlzeiten verteilt (10, 13 und 18 Uhr). Zusätzlich bekamen alle Pferde, außer bei den zwei Mischfuttermitteln, zusätzlich 70 g eines vitaminisierten Mineralergänzungsfutters.

##### 2.4.1 Getreide

In sechs Durchgängen standen die Getreide Hafer und Gerste zur Verfügung. Der Hafer wurde als heiles Korn verfüttert. Die Gerste wurde in unterschiedlichen Formulierungen (gewalzt, als mikronisierte Flocken, extrudiert mit und ohne Enzymbehandlung) angeboten. Die Getreidezubereitungen wurden definiert einmal täglich gegen 8 Uhr gefüttert. Die Fütterungsperioden betragen durchschnittlich 13 bzw. 14 Tage. Die Erfassung der Futteraufnahmemenge und der Aufnahmedauer erfolgte an

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

allen Versuchstagen. Die Zeitpunkte für die Messung der Kaufrequenz mittels Halfter und Durchführung der Myografiemessung sind Tabelle 8 zu entnehmen. Die Myografiemessungen wurden zweimal während der Fütterungsperiode durchgeführt und erfolgten jeweils mit der Tageszuteilung des zu untersuchenden Getreides.

Gerste und Hafer wurden nach der in Tabelle 9 angegebenen Dosierung gefüttert. Für alle Getreidezubereitungen wurden 2 g Stärke/kg KM gewählt. Hafer wurde in einem zusätzlichen Durchgang mit 4 g Stärke/kg KM gefüttert.

*Tabelle 8: Versuchsdauer (d) und Messzeitpunkte für Getreide*

Versuchsfutter	Versuchsdauer (d)	Messungen		
		Aufnahmezeit	Kaufrequenz (d)	Myografie
gerollte Gerste	14	1-14	1-13	5+8
mikr Gersteflocken	13	1-13	1-8, 10-13	5+7/13
extr. Gerste <sup>1</sup>	14	1-14	1-8, 10-13	5+7
extr. Gerste + E	14	1-13	1-12	5/7
Hafer 2g Stärke /kg KM	13	1,3-12	1,3-12	*
Hafer 4g Stärke /kg KM	6	1-4,6	1-4,6	*

<sup>1</sup>Pferd 4 hat eine 4-tägige Unterbrechung aufgrund eines Hufgeschwürs

\* keine Myografie durchgeführt

*Tabelle 9: Gereichte Futtermengen (kg TS) der Versuchspferde pro Testmahlzeit und Tag*

Versuchsfutter	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4
	Futtermenge (kg TS)			
gerollte Gerste	2,11	2,21	1,99	1,94
mikr. Gersteflocken	2,03	2,14	1,93	1,89
extrudierte Gerste	2,04	2,18	1,95	1,88
extrudierte Gerste + E	2,75	2,94	2,61	2,50
Hafer 2g	2,54	2,54	2,22	2,21
Hafer 4g	3,93	5,03	4,86	4,44

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

#### 2.4.2 Mischfutter

Es wurden zwei Mischfutter, A und B, randomisiert gefüttert. Beide Mischfutter zeichneten sich durch einen ähnlichen Stärkegehalt, aber einen unterschiedlichen Rohfaser und Rohproteingehalt aus (s. Tabelle 18). Die Mischfutter wurden definiert einmal täglich gegen 8 Uhr gefüttert. Die Fütterungsdauer betrug jeweils 11 Tage. Die Stärkeaufnahme und die Futtermittelaufnahmemengen sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

*Tabelle 10: Futtermittelaufnahmemengen (kg TS) der Mischfuttermittel pro Testmahlzeit*

Versuchsfutter	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4
	Futtermittelaufnahme (kg TS)			
Mischfutter A	3,16	3,39	2,99	2,87
Mischfutter B	3,26	3,46	3,18	3,03

Die Myografiemessungen fanden bei allen Pferden in beiden Durchgängen jeweils an den Tagen 5 und 7 statt. Die Versuchsdauer und die Messzeitpunkte sind Tabelle 11 zu entnehmen.

*Tabelle 11: Versuchsdauer (d) und Messzeitpunkte für die Mischfuttermittel*

Versuchsfutter	Versuchsdauer (d)	Messungen			
		Futtermittelaufnahme	Aufnahmedauer (d)	Kaufrequenz	Myografie
Mischfutter A	11	11	1-11	1-10	5+7
Mischfutter B	11	11	1-11	1-10	5+7

#### 2.4.3 Raufutter

Es wurden drei verschiedene rohfaserreiche Futtermittel (Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel) gefüttert. Die Pferde erhielten blockweise die Raufutter ad libitum über einen durchschnittlichen Zeitraum von 21 Tagen. Die Messung der Futtermittelaufnahme und der Kaufrequenz mittels Messhalfter erfolgte an allen Versuchstagen.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Myografiemessungen wurden nach dem Schema der Tabelle 12 jeweils mit 1 kg Trockensubstanz des zu untersuchenden Raufuttermittels durchgeführt. Zur Bestimmung der Kaufrequenz und der Futteraufnahmezeit wurde jeweils ein Tag zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Versuchszeitraums ausgewertet. Diese drei Messtage über 24h pro Pferd wurden gemittelt. Die Versuchsdauer und die Messzeitpunkte sind Tabelle 12 zu entnehmen.

*Tabelle 12: Versuchsdauer (d) und Messzeitpunkte für die Raufuttermittel Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel (SLH)*

Versuchsfutter	Versuchsdauer (d)	Messungen			
		Futteraufnahme	Aufnahmedauer (d)	Kaufrequenz	Myografie
Heu	21	21	3	3	*
Heulage	19	19	3	3	7+9
SLH	21	21	3	3	*

\*die Myografiemessungen wurden zu einem späteren Zeitpunkt nach zehntägiger Adaptationszeit durchgeführt

Die Futtermittel wurden zweimal täglich gegen 11 Uhr und 18 Uhr eingewogen. Die Futterrückwaagen wurde am Folgetag um 8 Uhr ermittelt. Die Einwaagen lagen 1 bis 1,5 kg TS über der erwarteten Futteraufnahme und variierten zwischen 8 und 20 kg TS. Zwischen 8 und 11 Uhr erhielten die Pferde Auslauf auf Sandpaddocks und 70 g eines vitaminisierten Mineralfutters.

#### 2.4.4 Hafer in Kombination mit Luzerne

In zwei zeitlich versetzten Durchgängen erhielten die Pferde jeweils 3 verschiedene Kombinationen aus Hafer und Luzerne. Bei den Varianten Hafer/Luzerne und Luzerne/Hafer erfolgte die Fütterung des zweiten Futtermittels unmittelbar nach vollständiger Leerung des Trogs.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Kombinationen von Getreide mit Raufutter waren:

1. Hafer, anschließend Luzerne (H / L)
2. Luzerne, anschließend Hafer (L / H)
3. Hafer gemischt mit Luzerne (H + L)

Im ersten Durchgang erfolgte die Fütterung der genannten Kombinationen blockweise, d.h. erst erfolgte eine 14-tägige Verfütterung der Kombination bestehend aus Hafer und die sich daran anschließende Luzernefütterung. Darauf folgte eine 14-tägige Verfütterung der Kombination bestehend aus Luzerne mit sich daran anschließender Haferfütterung und zuletzt folgte eine 14-tägige Fütterung von Hafer gemischt mit Luzerne. Im zweiten Durchgang erhielten die Pferde die Futtermittel randomisiert zugeteilt. Die randomisierte Abfolge gilt als Wiederholungsversuch der blockweise verfütterten Varianten. Die Versuchsdauer und die Messzeitpunkte sind Tabelle 13 zu entnehmen.

*Tabelle 13: Versuchsdauer (d) und Messzeitpunkte der blockweise und randomisiert durchgeführten Durchgänge von Hafer gefolgt von Luzerne (H /L), Luzerne gefolgt von Hafer (L / H) und Hafer gemischt mit Luzerne (H + L)*

Versuchsfutter	Versuchsdauer	Messungen		
		Aufnahmezeit	Kaufrequenz	Myografie
<i>blockweise:</i>	(d)		(d)	
H / L	14	1-14	1-13	5+7
L / H	14	1-14	1-13	5+7
H + L	14	1-14	1-13	5+7
<i>randomisiert:</i>				
H / L	13	1-12	1-11	5+6/7+11
L / H	13	1-12	1-11	5+6/7+11
H + L	13	1-12	1-11	5+6/7+11

\*Myografie wurde entweder an den Tagen 5 und 6 oder den Tagen 7 und 11 durchgeführt

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die zu untersuchenden Parameter Kaufrequenz, Myografie und Futteraufnahme wurden für die Kombinationen aus Hafer mit Luzerne nach dem Schema der Tabelle 14 erhoben. Die Futteraufnahmezeiten wurden im ersten Durchgang aus den Aufnahmezeiten von drei Pferden und im zweiten Durchgang aus den Aufnahmezeiten von vier Pferden gemittelt.

*Tabelle 14: Versuchsablauf der blockweise und randomisiert durchgeführten Durchgänge von Hafer gefolgt von Luzerne (H /L), Luzerne gefolgt von Hafer (L / H) und Hafer gemischt mit Luzerne (H + L)*

Durchgang	Pferd			
	1	2	3	4
<i>blockweise:</i>				
21.09.-04.10.04	L / H	<sup>1)</sup>	L / H	L / H
05.10.-18.10.04	H / L	<sup>1)</sup>	H / L	H / L
19.10.-10.11.04	H + L	H + L	H + L	H + L
<i>randomisiert:</i>				
11.12.-23.12.04	H / L	L / H	H + L	H + L
03.01.-14.01.05	H + L	H / L	L / H	H / L
15.01.-26.01.05	L / H	<sup>1)</sup>	H / L	L / H

<sup>1)</sup> nicht durchgeführt

Bei den Kombinationen aus Hafer und Luzerne wurde folgende Dosierung gewählt:

- Luzerne: 0,5 g Rohfaser / kg KM
- Hafer: 2 g Stärke / kg KM

In Tabelle 15 sind die Futteraufnahmemengen für beide Durchgänge (blockweise und randomisiert) der drei Varianten für jedes Pferd separat dargestellt.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Tabelle 15: Futteraufnahmemengen (kg TS) je Testmahlzeit und Tag der blockweise und randomisiert durchgeführten Durchgänge von Hafer gefolgt von Luzerne (H / L), Luzerne gefolgt von Hafer (L / H) und Hafer gemischt mit Luzerne (H + L)

Versuchsfutter	Pferd 1		Pferd 2		Pferd 3		Pferd 4	
	Futter (kg TS)							
<i>blockweise:</i>	Hafer	Luzerne	Hafer	Luzerne	Hafer	Luzerne	Hafer	Luzerne
H / L	2,45	0,86	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	2,24	0,78	2,23	0,78
L / H	2,46	0,86	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	2,30	0,81	2,28	0,80
H + L	2,46	0,86	2,57	0,90	2,27	0,79	2,24	0,79
<i>randomisiert:</i>								
H / L	2,43	0,86	2,51	0,88	2,27	0,80	2,23	0,78
L / H	2,44	0,86	2,57	0,91	2,27	0,80	2,22	0,78
H + L	2,45	0,85	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	2,30	0,80	2,22	0,78

<sup>1)</sup> nicht durchgeführt

#### 2.4.5 Trockenschnitzel

Die Trockenschnitzel wurden nach dem Cross-over-Prinzip verfüttert. Vor dem Durchgang fand eine 11-tägige Adaptationsphase aufgrund mangelnder Akzeptanz statt. Es lagen zwei unterschiedliche Zubereitungen vor. In der ersten Zubereitung wurden die Trockenschnitzel vor der Fütterung 12 Stunden in einem Liter Wasser eingeweicht und in der zweiten Zubereitung wurden die Trockenschnitzel trocken verfüttert.

Die Versuchsdauer variierte bei beiden Zubereitungen, so dass Trockenschnitzel feucht an Pferd 1+2 und Trockenschnitzel trocken an Pferd 3+4 16 Tage gefüttert wurden. Im Anschluss daran betrug die Versuchsdauer für Trockenschnitzel trocken für Pferd 1+2 und Trockenschnitzel feucht für Pferd 3+4 nur 12 Tage. Die Aufnahmezeit wurde an allen Versuchstagen gemessen. Im ersten Durchgang wurde die Kaufrequenz an den Tagen 1 bis 12 und den Tagen 14 bis 16 bestimmt. Im zweiten Durchgang wurde sie an den Tagen 1 bis 7 und den Tagen 9 bis 12 gemessen. Die Myografiemessung erfolgte für alle Pferde im ersten Durchgang an den Tagen 15 und 16 und im zweiten Durchgang an den Tagen 9 und 12. Die



### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Versuchsdauer und die Messzeitpunkte sind Tabelle 16 zu entnehmen. Die Dosierung der Trockenschnitzel betrug 1 kg TS pro Pferd (s. Tabelle 17).

*Tabelle 16: Versuchsdauer (d) und Messzeitpunkte für die Varianten Trockenschnitzel (TrS) feucht und trocken*

Versuchsfutter	Versuchsdauer (d)	Messungen			
		Futteraufnahme	Aufnahmedauer (d)	Kaufrequenz	Myografie
TrS feucht <sup>A</sup>	16	16	1-16	1-12, 14-16	15+16
TrS feucht <sup>B</sup>	12	12	1-12	1-7, 9-12	9+12
TrS trocken <sup>A</sup>	12	12	1-12	1-7, 9-12	9+12
TrS trocken <sup>B</sup>	16	16	1-16	1-12, 14-16	15+16

<sup>A</sup> Pferd 1+2; <sup>B</sup> Pferd 3+4

*Tabelle 17: Futteraufnahme (kg TS) je Testmahlzeit für Trockenschnitzel (TrS)*

Versuchsfutter	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4
	Futteraufnahme (kg TS)			
TrS feucht	1,00	1,00	1,00	1,00
TrS trocken	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 2.5 Rohrnährstoff- und Mineralstoffgehalte der Futtermittel

Die Rohrnährstoff- und Mineralstoffgehalte der Futtermittel sind in Tabelle 18 und Tabelle 19 aufgeführt.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Tabelle 18: Rohrnährstoffgehalte der Futtermittel (g/kg TS)

Futtermittel	TS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE <sup>1</sup>	Stärke	Zucker
	(g/kg TS)							
Heu	891	42,3	86,5	16,4	345	400	60,9	29,3
Heulage	890	42,3	86,5	16,4	345	400	60,9	29,3
Luzerne	881	104	159	15,7	335	265	102	22,2
SLH	878	96,9	139	56,9	257	327	8,05	111
Trockenschnitzel	908	58,7	94,9	22,2	197	535	n.n.	34,8
gerollte Gerste	868	19,0	146	27,8	49,8	624	555	23,2
extrudierte Gerste	941	27,0	134	39,9	48,8	691	559	23,3
extrudierte Gerste <sup>2</sup>	947	23,1	138	39,6	48,8	697	420	36,5
mikr. Gersteflocken	899	18,6	129	26,9	55,8	668	566	29,9
Hafer	896	25,1	110	69,3	105	586	454	10,6
Mischfutter A	891	72,8	156	61,8	74,3	525	358	67,5
Mischfutter B	890	58,7	109	44,8	136,5	540	338	77,0

Tabelle 19: Mengen- (g/kg TS) und Spurenelementgehalte (mg/kg TS) der Futtermittel

Futtermittel	Ca	Mg	P	Na	K	Cl	Cu	Zn	Fe	Mn	Se
	(g/kg TS)						(mg/kg TS)				
Heu	5,56	1,59	2,72	1,27	10,1	8,26	5,17	20,9	78,1	173	<0,010
Heulage	2,64	1,75	2,02	k.A.	k.A.	k.A.	3,30	27,8	k.A.	k.A.	<0,010
Luzerne	14,9	2,05	2,86	1,28	32,1	9,01	6,34	20,3	337	25,2	0,250
SLH	14,1	2,02	2,46	1,83	3,02	8,76	8,11	28,4	270	25,6	0,114
Trockenschnitzel	12,9	1,77	1,13	0,720	4,31	0,253	11,1	40,7	480	54,6	0,011
gewalzte Gerste	1,39	1,13	2,90	<0,11	4,34	1,17	4,58	32,2	48,3	11,0	0,058
extrudierte Gerste	2,87	1,23	3,76	0,650	7,84	1,57	10,8	88,9	142	31,5	0,106
extrudierte Gerste <sup>2</sup>	1,65	0,971	3,27	0,290	4,86	1,47	10,1	52,8	123	31,5	0,063
mikr. Gersteflocken	1,67	0,811	2,89	<0,11	4,66	1,29	3,59	19,3	38,6	11,6	<0,010
Hafer	2,10	1,04	3,22	0,510	3,74	0,853	2,31	22,0	88,1	30,4	0,022
Mischfutter A	12,4	1,45	6,10	4,75	7,86	8,05	36,7	178	349	130	0,393
Mischfutter B	8,80	1,34	4,04	3,40	8,72	5,85	39,5	139	221	78,1	0,247

n.n.: nicht nachweisbar; k.A.: keine Analyse des entsprechenden Parameters

<sup>1</sup>NfE berechnet nach der Formel  $NfE = TS - (Ra + Rfe + Rfa + Rp)$ ; <sup>2</sup>mit Enzym behandelt

SLH = Stroh-Luzerne-Häcksel; mikr. = mikronisierte

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

#### 2.6 Versuchsablauf/Methoden

##### 2.6.1 Versuchstag und Datenerhebung

Die Messung der Kaufrequenz erfolgte jeweils in der Box und die Durchführung der Myografie fand in einem Untersuchungsstand statt. Die Pferde durchliefen bei den Varianten Hafer, Gerste, Mischfutter und Trockenschnitzel vor der morgendlichen Fütterung eine 12-stündige Nüchterungsphase. Bei den definiert zugeteilten Varianten wurde das Halfter anhand des Programms Gemini Logger Manager (Version 2.2, Gemini Data Loggers, UK) auf ein Messintervall von einer Sekunde eingestellt. Aufgrund der längeren Messzeit (bis zu 21 h) bei den ad libitum-Varianten (Heu, Heulage, SLH) wurde bei diesen ein Messintervall von 5 Sekunden gewählt.

Nach dem Beginn der Aufzeichnung des Halfters wurde das Pferd mit dem zu untersuchenden Futter gefüttert. Zu Beginn einer neuen Variante oder zeitgleich zur Myografie wurde die Kaufrequenz parallel mit einem mechanischen Handzähler ermittelt.

Nach Beendigung der Messung wurde das Halfter abgenommen und am Computer mittels des Programms Gemini Data Manager ausgelesen.

#### 2.7 Untersuchungsmethoden

##### 2.7.1 Gewicht

Alle Pferde wurden zu Beginn und am Ende eines jeden Versuchsdurchganges auf einer geeichten Viehwaage gewogen (Viehwaage; Fa. Blitzer GmbH, Messbereich von 25 – 570 kg, Messgenauigkeit 0,2 kg) und der Ernährungszustand wurde mittels *Body Condition Score* nach HENNEKE et al. (1983) auf einer Skala von 1 bis 9 Punkten beurteilt. Aufgrund der Überschreitung von 570 kg Körpergewicht bei Pferd 1 und 2 wurden diese auf der Waage (BIZERBA WERKE Wilhelm Kraut KG Balingen, Nr.733 689-74 Wägebereich 100-1000 kg, Messgenauigkeit 5 kg) gewogen.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

#### 2.7.2 Bestimmung der Dauer der Futteraufnahme und der Kauaktivität

Die Futteraufnahmedauer wurde in den restriktiven Varianten mittels einer Stoppuhr ermittelt. In den ad libitum Varianten erfolgte die Feststellung der Dauer der Kauaktivität anhand der Auswertung der Daten, die mittels Halfter gemessen wurden.

#### 2.7.3 Kaufrequenzbestimmung mittels mechanischem Handzähler

Es kamen zwei mechanische Handzähler (Firma Voltcraft, Zählkapazität 0 - 9999) zur Ermittlung der Kaufrequenz zum Einsatz. Pro Versuchsdurchgang wurde mindestens eine Futteraufnahme parallel zum Halfter mit dem Handzähler mitgezählt.

#### 2.7.4 Kaufrequenzbestimmung mittels Halfter

Die Kaufrequenz wurde bei allen vier Pferden mittels eines modifizierten Halfters durchgeführt. Das Halfter kann sowohl am Genick als auch am Nasenriemen mittels Klettverschluss in der Größe variiert werden. Am Genickstück des Halfters wurde der Datenlogger (Tinytag Plus TGPR-1201, Firma Gemini Data Loggers) angebracht, welcher über ein einpoliges Kabel mit einem am Backenstück befestigten Sensor (MPL Pressure Sensor 503, Firma Micro Pneumatic Logic Inc.) verbunden ist. Ein Silikonschlauch verläuft innen liegend auf dem Kinnriemen des Halfters und ist ebenfalls an dem Halfter befestigt. Der Silikonschlauch ist zur besseren Druckaufnahme mit zwei Kunststoffplatten unterlegt, die in Breite und Länge dem Kinnriemen des Halfters entsprechen.

Das Auslesen des Datenloggers erfolgte über den COM-Port mit Hilfe eines Computer durch das Programm Gemini Logger Manager Version 2.2.

Die Funktionsweise des Halfters beruht darauf, dass jede Kaubewegung einen Druckanstieg im Silikonschlauch, der unterhalb des Kinns gelegen ist, verursacht. Dadurch erhält der Sensor, wenn das Signal eine Stärke von 2 mV überschreitet, einen Impuls und wandelt diesen in ein elektrisches Signal um, welches im Datenlogger zusammen mit dem Zeitpunkt des Auftretens abgespeichert wird. Der Sensor konnte über eine Stellschraube in der Sensitivität verändert werden. Bei Abweichungen des Halfters gegenüber dem Handzähler größer 10 auf 100

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

Kauschläge erfolgte eine Korrektur der Sensoreinstellungen oder eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Halfters am Nasenriemen.

In dieser Studie wurden die mittels Halfter in den ad libitum gefütterten Varianten gemessenen Aktivitäten ab einer Stärke von 4 Kauschlägen/5 sec Intervall als Kaufrequenz gewertet und in die Auswertung einbezogen. Die Futteraufnahme galt ab einer Unterbrechung >30 Sekunden als unterbrochen und die Fortführung der Futteraufnahme wurde als neue Sequenz gezählt.



*Abbildung 2: Messung der Kaufrequenz beim Pferd*

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

#### 2.7.5 Bestimmung der Kaufrequenz, der Länge und der Dauer eines Muskelaktionspotentials mittels Myografie

Zur Durchführung einer Myografiemessung am Pferd ist für die Platzierung der drei Elektroden die Rasur der Haut erforderlich. Für die Nullelektrode wird unterhalb des Widerrists ein 5x5 cm großes Feld rasiert und für die zwei Ableitungselektroden jeweils ein 5x5 cm großes Feld im Bereich des Unterkiefers. Für die blaue Ableitungselektrode wird hinter der Incisura vasorum facialis und für die rote Ableitungselektrode oberhalb des Angulus mandibulae rasiert. Nach der Rasur erfolgt an den drei Stellen eine Hautdesinfektion mit 70%igem Alkohol. Anschließend wird jeweils eine Hautfalte aufgezo-gen und mit einer sterilen Einwegnadel Sterican 20G (Fa. B. Braun Melsungen Ag, Melsungen) durchsto-chen und ein ca. 5 cm langer chirurgischer, monofiler Stahldraht (Fa. B. Braun-Dexon GmbH, Spangenberg) durchgefädelt. Das Nahtmaterial kommt über eine Länge von einem Zentimeter unter der Haut zu liegen und wird außerhalb mit einem chirurgischen Knoten versehen. Die drei Messleitungen (Fa. Schnepf), abgehend von einem Vorverstärker (Fa. IED, Hamburg), werden mittels Krokodilklemmen (Fa. Schnepf) mit den Stahldrähten verbunden. Mit Hilfe eines Schlauchverbandes (Fa. Lohmann+Rauscher) werden beide Vorverstärker an der Mähne des Pferdes befestigt.

Die Signale werden einmal durch den Vorverstärker und ein weiteres Mal durch den EMG Signalverstärker (Typ 2k-EXX Fa. IED, Hamburg) verstärkt an die Aufzeichnungs- und Auswertungssoftware DasyLab (Fa. National Instruments, Ireland) zur Aufzeichnung weiter gegeben.

Die Aufzeichnungen und Auswertungen erfolgten mittels vordefinierten Schaltbildern. Die Einstellungen für den Vorverstärker des Halfters war x100. Die Einstellungen des EMG-Signalverstärkers sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Tabelle 20: Einstellung des EMG-Signalverstärker

<b>Kanal 0:</b>	Vorverstärker	50		
	Hochpass	0,2		
	Notch-Filter	aus		
	Tiefpass	200x1		
<b>Kanal 1:</b>	<b>Trockenschnitzel</b>		<b>Andere Varianten</b>	
	Vorverstärker	100	Vorverstärker	20
	Hochpass	0,2	Hochpass	0,2
	Notch-Filter	aus	Notch-Filter	aus
	Tiefpass	200x1	Tiefpass	200x1

Die Auswertung der Versuchsergebnisse der Myografie erfolgte mittels DasyLab® nach folgenden Parametern:

1. Pulsdauer (Dauer des MAP = Intervall)
2. Pulsfrequenz (Amplitude des MAP= Intensität)
3. Kaufrequenz (K0 n Überschreitung, K1 n Überschreitungen)

Im Folgenden wird die Dauer des Muskelaktionspotentials als Intervall bezeichnet und die Amplitude des Muskelaktionspotentials als Intensität.

Die Dauer des MAP wird vom Grundlinienabgang bis zum Ende des Potentials gemessen (s. Abbildung 3). Sie ist ein Maß für die Synchronizität der Muskelfasererregung und damit für die Unterschiedlichkeit der Leitgeschwindigkeit der einzelnen Nervenfasern. Das heißt, wenn die Muskelfasern synchron erregt werden, hat das Potential eine kurze Dauer.

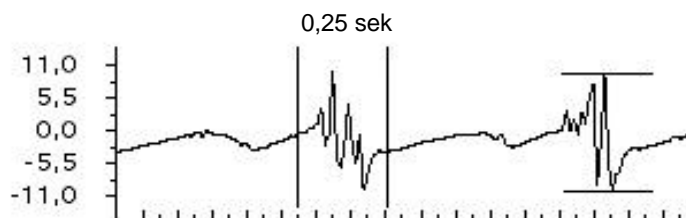
Die Amplitude des MAP ist der Spannungsunterschied zwischen der Grundlinie und zwischen dem maximalen positiven und dem maximalen negativen Peak (s. Abbildung 3). Die Amplitude des negativen Teils ist proportional zu der Zahl und Größe von Muskelfasern, die depolarisiert sind. Deswegen bestimmt dieser Parameter eine Einschätzung der Gewebemenge, die elektrisch aktiv ist (LOBO-ROTH, 2005).

Die Auswertung aller Messungen erfolgte mittels der im Anhang angegebenen Schwellenwerte. Intervalle mit Kaufrequenzen außerhalb des Messbereiches wurden geschätzt und zur Summe der ermittelten Kaufrequenzen addiert. Je Pferd wurde eine Myografiemessung je Variante weiteren Auswertungen unterzogen. In 10-

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

minütigen Abständen wurde jeweils die Dauer eines MAPs und die Höhe der dazugehörigen Amplitude ermittelt. Anschließend wurden erst die Ergebnisse jedes Pferdes für eine Variante gemittelt und dann aus den Mittelwerten ein gemeinsamer Mittelwert gebildet (s. Tabellenanhang).



*Abbildung 3: Darstellung zweier Kauzyklen gemessen mittels Myografie (Balken zeigen Dauer des ersten Muskelaktionspotentials und Höhe der Amplitude des zweiten Muskelaktionspotentials)*



*Abbildung 4: Darstellung der Elektrodenplatzierung zur Myografiemessung beim Pferd*



### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

#### 2.7.6 Bestimmung der Rohnährstoffgehalte

Mittels Weender Futtermittelanalyse (VDLUFA 1997) wurden bei den einzelnen Futtermitteln die Parameter **Trockensubstanz**, **Rohasche**, **Rohprotein**, **Rohfett** und **Rohfaser** bestimmt:

Zur Bestimmung der **Trockensubstanz** (TS) wurden die Proben in einen Porzellantiegel eingewogen und im Trockenschrank bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Auswaagen erfolgten jeweils nach Abkühlung im Exsikkator. Die Trockensubstanz besteht aus sämtliche nach Trocknung nicht flüchtigen Bestandteile der Probe.

Zur Bestimmung der **Rohasche** (Ra) wurden die im Porzellantiegel eingewogenen Proben mindestens sechs Stunden im Muffelofen bei 500° C verascht und nach Abkühlung im Exsikkator ausgewogen. Die Rohasche enthält Mineralstoffe und anorganische Verbindungen.

Aus der Differenz von Trockensubstanz und Rohasche errechnet sich die **organische Substanz** (oS) mit folgender Formel:

$$oS = TS - Ra$$

Die organische Substanz setzt sich aus Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und NfE zusammen.

Die Bestimmung des **Rohproteins** erfolgte nach dem Kjeldahlverfahren. Durch Oxidation des Futtermittels mit konz. Schwefelsäure wird der Stickstoff der Aminosäure in die Ammoniumform überführt. Nach Zusatz von 30%iger Natronlauge wird Ammoniak freigesetzt und mit Hilfe von 3%iger Borsäure aufgefangen. Durch Titration mit 0,03 molarer Salzsäure lässt sich daraufhin der Ammoniumgehalt ermitteln und auf Stickstoff umrechnen. Die Menge an Rohprotein wurde durch Multiplikation des Stickstoffgehaltes mit dem Faktor 6,25 errechnet. Das Rohprotein besteht aus Reineiweiß und stickstoffhaltigen Verbindungen nicht eiweißartiger Natur, wie Säureamide, Ammoniak, Alkaloide, N-haltige Glycoside und Harnstoff.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

Das Prinzip der Bestimmung des **Reinproteins** basiert zunächst auf der Fällung der Proteine mit Kupfersulfat und Natriumlauge. Anschließend erfolgt eine Kjehldahlbestimmung.

Zur Analyse des **Rohfettes** (Rfe) fand nach dem Säureaufschluss mit konz. Salzsäure eine achtstündige Extraktion der Probe mit Petroläther im Soxhletapparat statt.

Zur Bestimmung des **Rohfasergehaltes** (Rfa) wurden die Proben dreißig Minuten mit 1,25 %iger Schwefelsäure gekocht. Anschließend wurden die Proben mit heißem Wasser gewaschen. Daran schloss sich ein dreißig minütiger Kochvorgang mit 1,25 %iger Natronlauge an. Der beim Kochen entstandene Rückstand wurde getrocknet, gewogen und bei 500° C im Muffelofen verascht. Aus der Subtraktion des Rohaschewertes vom Rohfasertrockengewicht errechnete sich der Rohfasergehalt des untersuchten Futtermittels. Die Rohfaser ist der in verdünnten Säuren und Laugen unlösliche fett- und aschefreie Rückstand. Die Fraktion enthält unlösliche Anteile von Zellulose, Hemizellulosen, Lignin und eine Anzahl anderer Zellwandstoffe, wie z.B. Cutin und Suberin.

Zuletzt wurden die **N-freien Extraktstoffe** (NfE) rechnerisch bestimmt nach der Formel:

$$\text{NfE} = \text{TS} - (\text{Ra} + \text{Rfe} + \text{Rfa} + \text{Rp})$$

Die N-freien Extraktstoffe enthalten  $\alpha$ -glucosidisch gebundene Polysaccharide, lösliche Zucker sowie lösliche Teile von Zellulose, Hemizellulosen, Lignin und Pektinen.

#### 2.7.7 Bestimmung der Zucker und Mineralstoffe

Der Gehalt an **Stärke** und **Zucker** der Futtermittel wurde ebenfalls mittels des von der VDLUFA (1997) beschriebenen Untersuchungsverfahrens polarimetrisch bestimmt.

**Natrium** und **Kalium** wurden mit dem Flammenemissions-Spektrometer (M8D-Acetylen, Fa. Dr. Lange) bestimmt. Vor der Messung erfolgte eine Verdünnung der

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

zu analysierenden Aschelösung mit Nullasche-Lösung (Cäsiumchlorid-Aluminiumnitrat-Lösung, CsCL<sub>2</sub>-Al(NO<sub>3</sub>)-Lösung) bis die Konzentration im Bereich der Eichreihe lag (0-10 µg/ml).

Für die **Chlorid**bestimmung wurden 5 g gemahlene Probenmaterial in einen Kolben eingewogen, zur Hälfte mit destilliertem Wasser aufgefüllt und für 30 Minuten auf einem Rüttler geschüttelt. Der Kolben wurde anschließend bis zur Eichmarke mit destilliertem Wasser aufgefüllt und ein Teil der Suspension in ein Plastikröhrchen überführt. Darauf wurden die Röhrchen bei 700 g 10 Minuten zentrifugiert (Kleinzentrifuge Z 200 A, Fa. Heraeus). Die Chloridbestimmung erfolgte aus dem Überstand mit dem Chlorid-Analyzer 925 (Fa. Corning) nach dem Prinzip der Fällungstitration.

Die Messung von **Phosphor** erfolgte photometrisch nach der Vanadat-Molybdat-Methode. Dabei wird ein Reaktionsgemisch aus Ammoniumvanadat und Ammoniummolybdat verwendet, welches mit Phosphor einen gelben Komplex, Ammonium-12-molybdophosphat, bildet. Dieser Farbkomplex wurde mit einem Spektralphotometer (Durchflussphotometer CADAS 100, Fa. Dr. Lange) bei einer Wellenlänge von 365 nm gemessen.

Zur Bestimmung von **Kalzium, Magnesium, Kupfer, Zink, Eisen** und **Mangan** wurde die Methode der Atomabsorptionsspektroskopie nach SLAVIN (1968) angewendet, wobei das Gerät Unicam SOLAAR 969 (Fa. Unicam) mit elementspezifischen Hohlkathodenlampen benutzt wurde. Zur Bestimmung der Kalzium- und Magnesiumgehalte wurde die Aschelösung mit einer 0,5%igen Lanthanchloridlösung im Verhältnis 1:10 für die Calciumbestimmung und 1:100 für die Magnesiumbestimmung verdünnt.

Für die Bestimmung von Kupfer, Zink und Mangan wurde die Aschelösung unverdünnt und zur Bestimmung der Eisengehalte verdünnt mit dreifach destilliertem Wasser im Verhältnis 1:10 verwendet.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Das **Selen** wurde in einem Hybridsystem (Unicam VP 90 vapour system, Fa. Unicam) atomabsorptionsspektrometrisch analysiert.

#### 2.7.8 Trockene Siebanalyse

Eine eingewogene Probe des jeweiligen Futtermittels wurde durch sieben im Drahtdurchmesser unterschiedliche Siebe manuell geschüttelt, bis es in seine Fraktionen aufgeteilt war. Die mit Hilfe der trockenen Siebanalyse ermittelte prozentuale Verteilung der Partikelgrößen in den Futtermitteln Stroh-Luzerne-Häcksel und Luzerne ist in Tabelle 21 angegeben.

*Tabelle 21: Massenmäßige Verteilung der Trockensubstanz auf Fraktionen unterschiedlicher Partikelgrößen (%)*

Futtermittel	Anteil in % der Partikelgröße					
	>3,15 cm	>2,0 cm	>1,4 cm	>1,0 cm	>0,56 cm	<0,56 cm
SLH	42,3	20,6	10,3	9,0	11,0	6,8
Luzerne	28,0	19,5	6,5	13,0	15,5	17,5

#### 2.8 Verwendete Techniken der mechanischen Futtermittelbehandlung

##### 2.8.1 Schroten

In diesem Versuch wurde Gerste als geschrotetes Getreide verwendet. Durch Walzen des Kornes entsteht gequetschtes oder geschrotetes Getreide. Beim Walzen der Gerste kommt es aufgrund der festeren Getreidestruktur nicht zu einer Quetschung des Mehlkörpers, statt dessen zerspringt das Korn in Bruchstücke von drei bis sechs Millimeter. Der Mehlkörper liegt an den Bruchstücken frei.

##### 2.8.2 Verwendete Techniken der thermischen Futtermittelbehandlung

###### 2.8.2.1 Mikronisieren

Die Mikronisierung ist ein schneller Kochprozess (Hochtemperaturverfahren) bei 150 °C, indem Infrarotwärme eingesetzt wird. Durch die Mikronisierung kommt es zur Lockerung der Stärkegranula durch die plötzliche Verdampfung des Wassers im

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

Getreidekorn und somit zu einer Vergrößerung der Stärkemoleküloberfläche. Eine Variante wurde mit mikronisierten Gersteflocken durchgeführt.

#### 2.8.2.2 Flocken

Die mikronisierte Gerste wurde der Dampfflockung unterzogen. Dabei wird das Getreide zuerst gedämpft und anschließend gewalzt. Das Walzen führt zur typischen Flockenform.

#### 2.8.2.3 Extrudieren

Beim Extrudieren werden unter Anwendung von Druck und Temperatur sowie Zusatz von Wasserdampf die Getreide aufgeschlossen und durch eine bestimmte Düse in entsprechende Form gepresst. Dadurch entsteht ein Extrudat, das in seiner Form sehr variabel gestaltet werden kann. Bei der Extrusionstechnik kommen Temperaturen von 110-160 °C zur Anwendung.

#### 2.8.3 Verwendete Techniken der enzymatischen Futtermittelbehandlung

Die in einer Variante verwendete Gerste wurde zuerst thermisch behandelt (extrudiert) und anschließend enzymatisch behandelt. Die extrudierte Gerste wurde enzymatisch mit einem flüssigen  $\alpha$ -Amylase-Präparat (Extruzyme<sup>TM</sup> Plus, Fa. DSM Nutritional Products) im Sprühverfahren behandelt. Dieses Präparat enthält 1,4-  $\alpha$ -D-Glucan-Glucanohydrolase, produziert durch mikrobielle Fermentation von *Bacillus amyloliquefaciens*.

#### 2.9 Statistische Methoden und Darstellung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit Hilfe der Programme Statistica® und Excel 2000®.

Folgende statistische Methoden wurden eingesetzt:

- Berechnung des arithmetischen Mittelwertes (MW) bei der Zusammenfassung von Einzelwerten
- Bestimmung der Standardabweichung (SD) als Maß der Streuung
- t-Test für gepaarte Stichproben zum Mittelwertvergleich bei paariger Zuordnung der Einzelwerte

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

---

- Bestimmung des Korrelationsfaktors als Maß für die Ähnlichkeit zweier Signale (Regressionsgleichung, Bestimmtheitsmaß  $R^2$ )

Nach Überprüfung der Werte auf Normalverteilung wurden, wenn sich die erhobenen Werte einer Variante bezüglich Tag 1 und Tag 2 nicht signifikant unterschieden, die Messtage eines Pferdes für den t-Test gemittelt. In den Tabellen wurde der  $MW \pm SD$  angegeben, welcher aus allen Pferden ( $N=4$ , wenn nicht anders angegeben) für diese Variante ermittelt worden ist. Für alle statistischen Tests galt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5 % als signifikant ( $p < 0,05$ ). Signifikanzen innerhalb einer Spalte werden in den Tabellen in Form von Kleinbuchstaben angegeben. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede. Um die Tabellen und Abbildungen in Kapitel 5 der eigenen Ergebnisse überschaubarer zu gestalten, wurden die Abkürzungen der entsprechenden Futtermittel verwendet.

Bei der Bestimmung des Korrelationsfaktors über alle Varianten wurden fehlende Messwerte (Handzähler, Myografie und Halfter) fallweise ausgeschlossen.

#### **3 Zusammenarbeit**

Der experimentelle Teil der Studie wurde zusammen mit Frau Katrin Voigt durchgeführt, die Untersuchungen zum Thema „Effekte verschiedener Futtermittel und -bearbeitungsformen auf die Wasserstoff- und Methanexhalation sowie auf die postprandiale Glucose- und Insulinreaktion beim Pferd“ durchführte.

## IV. Ergebnisse

### IV. Ergebnisse

#### 1 Gewichtsentwicklung der Pferde

Das Gewicht der Pferde lag zu Beginn der Versuche zwischen 520 und 600 kg. Während des gesamten Versuchszeitraums der definiert gefütterten Futtermittel (Hafer, Gerste, Mischfuttermittel und Trockenschnitzel) blieb das Körpergewicht der Pferde relativ konstant (s. Abbildung 4). Bei allen Pferden war eine Zunahme des Gewichts innerhalb der ad libitum Versuchsvarianten (Raufutter) zu beobachten, wenn auch das Ausmaß der Gewichtsschwankungen individuell unterschiedlich stark ausfiel.

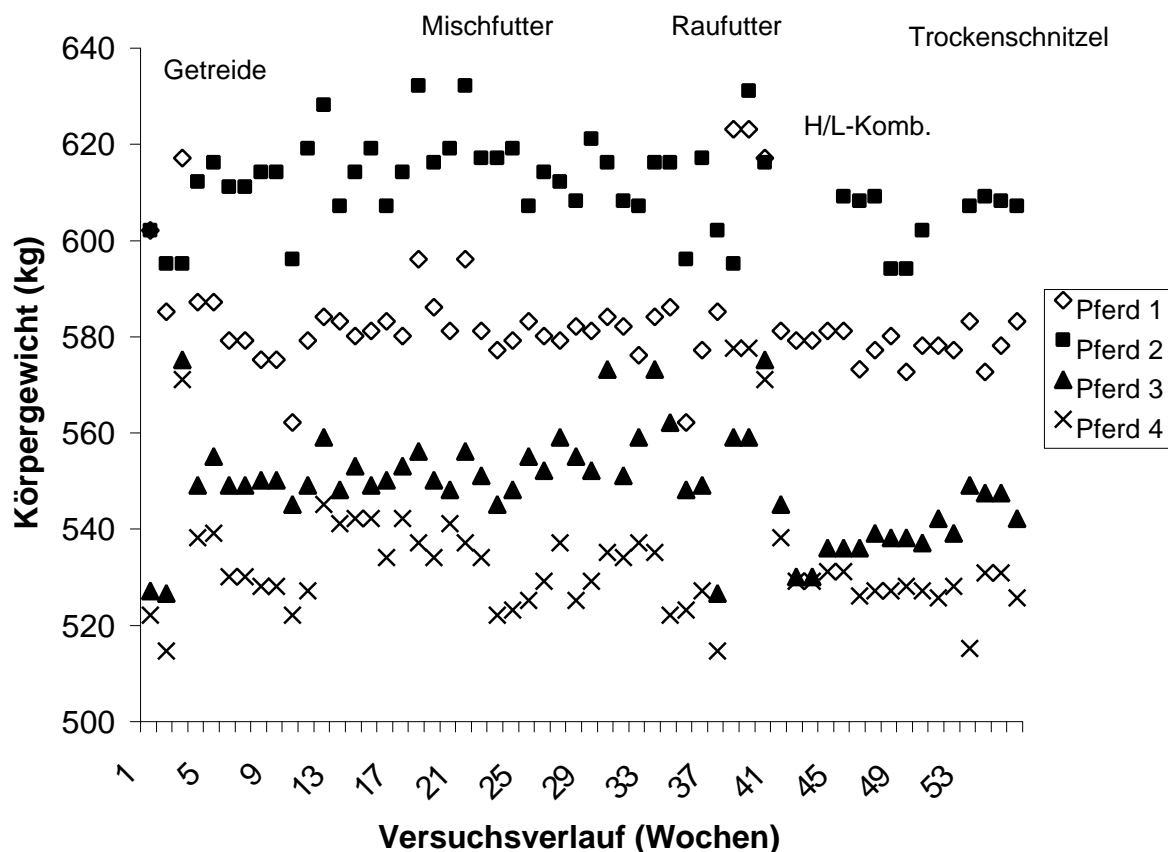


Abbildung 5: Gewichtsentwicklung (kg) der vier Versuchspferde während des Versuchsverlaufs

Während des Versuchszeitraums befanden sich alle vier Pferde in einem guten Ernährungszustand mit einem BCS zwischen 5 und 6 (s. Tabelle 22), wobei die

## IV. Ergebnisse

Pferde 1, 3 und 4 nach den Mischfutter- und den Raufuttervarianten zu Übergewicht neigten (BCS > 6).

*Tabelle 22: Body Condition Score der Pferde zu Versuchsbeginn und Ende der einzelnen Versuchsblöcke*

Pferd	Beginn	Ende	Ende	Ende	Ende	Ende
	Getreide	Getreide	MF	Raufutter	H/L	TrS
1	6,0	6,0	6,5	7,0	6,0	6,0
2	5,0	5,0	6,0	6,0	5,0	5,0
3	5,0	5,5	6,5	6,5	5,5	5,0
4	6,0	6,0	6,5	7,0	6,0	5,5

### 2 Gesundheitszustand der Pferde

Die Pferde waren zu Versuchsbeginn klinisch gesund und wurden während des Versuchszeitraums regelmäßig entwurmt. Nach der Zahnbehandlung vor Versuchbeginn, lagen während des Versuchszeitraums keine Hinweise auf Zahnprobleme vor. Im Verlauf der Versuchszeit traten bei einigen Pferden Störungen im Allgemeinbefinden auf, ein Fall von Kolik, ein Hufgeschwür und bei allen vier Pferden angelaufene Beine und eine Änderung der Kotbeschaffenheit während einer Raufuttervariante.

Kolik: Pferd 3 zeigte während der Versuchsreihe von enzymbehandelter, extrudierter Geste Koliksymptome über 2 Tage. Die Therapie erfolgte medikamentell durch die Applikation von Butylscopolamin und Metamizol, leichter Bewegung im Schritt und die Unterbindung der Futteraufnahme durch Anlegen eines Maulkorbes mit freiem Zugang zu Wasser über eine Eimertränke.

Hufgeschwür: Pferd 4 erkrankte an einem Hufgeschwür des linken Vorderhufs während der Gabe von extrudierter Gerste. Das Hufgeschwür wurde eröffnet und mittels Jodoformäther und Verband über 3 Wochen behandelt.



## IV. Ergebnisse

Bei allen Pferden traten vorübergehend während der ad libitum Fütterung von gehäckseltem Stroh und Luzerne Schwellungen an allen vier Extremitäten. Die Pferde zeigten im weiteren Versuchszeitraum ein ungestörtes Allgemeinbefinden, mit in Form, Farbe und Konsistenz unverändertem Kot.

### 3 Futteraufnahmeverhalten und Akzeptanz der Futtermittel

Die Versuchsfuttermittel wurden bis auf wenige Ausnahmen von den Pferden gut akzeptiert und zügig gefressen. Die verschiedenen Getreidezubereitungen (ganzer Hafer, gerollte Gerste, mikronisierte und geflockte Gerste, extrudierte Gerste) wurden innerhalb von 30 Minuten aufgenommen. Eine Ausnahme bildete Hafer in der Dosierung 4g Stärke/kg KM, welcher aufgrund der großen Futtermenge mit einer durchschnittlichen Aufnahmezeit von 75 Minuten nur von 2 Pferden (Pferd 2 und 3) vollständig gefressen wurde. Pferd 2 zeigte Akzeptanzschwierigkeiten bei den trocken verfütterten Trockenschnitzeln. Die Trockenschnitzel wurden von Pferd 2, trotz einer vor dem Versuch durchgeführten zehntägigen Adaptationsphase, nur in den letzten fünf Tagen der Variante (Tag 12 bis 15) vollständig aufgenommen. Zum anderen wurde die enzymbehandelte extrudierte Gerste von Pferd 1 nur teilweise aufgenommen.

Die Ergebnisse dieser Akzeptanzversuche sind in Tabelle 23 aufgeführt.

*Tabelle 23: Abweichende durchschnittliche Futteraufnahmezeit in min pro Testmahlzeit im Vergleich zu den übrigen Tieren und Rückwaagen in kg TS bzw. % der Ration bei schlechter Akzeptanz der Futtermittel*

Pferd	Variante	Aufnahmezeit (min/Mahlzeit)		RW	RW
		Abweichung Einzeltier <sup>2)</sup>	übrige Tiere	(kg TS)	(% der Ration)
1	Hafer <sup>1)</sup>	85	70	1,99	38,2
1	extrudierte Gerste+Enzym	43	28,8	0,28	10,2
2	Trockenschnitzel trocken	37,6	26	0,06	6
4	Hafer <sup>1)</sup>	83,6	70	1,81	37,5

<sup>1)</sup> in 4 g Stärke/kg KM gereicht

<sup>2)</sup> Abbruch der Mahlzeit nach angegebener Zeit

## IV. Ergebnisse

---

### 4 Futteraufnahmezeiten und Kaufrequenzen

#### 4.1 Getreide

##### 4.1.1 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

Für die Getreide variierte die mittlere Futteraufnahmezeit zwischen  $8,83 \pm 1,07$  min/kg TS für die Verfütterung von gerollter Gerste und  $22,6 \pm 6,27$  min/kg TS für die Aufnahme von Hafer in einer Dosierung von 4 g Stärke/kg KM ( $p < 0,05$ ). Mit Ausnahme zu enzymbehandelter extrudierter Gerste ( $p = 0,055$ ) war die Aufnahmezeit von Hafer 4g Stärke/kg KM gegenüber den anderen Getreiden deutlich erhöht. Bei der Haferfütterung (4g Stärke/kg TS) resultierte die hohe Futteraufnahmezeit im Wesentlichen auf der diskontinuierlichen Futteraufnahme der Tiere. Bei Reduzierung der Stärkeaufnahme auf 2 g Stärke/kg KM betrug die mittlere Aufnahmezeit  $11,5 \pm 2,21$  min/kg TS, ähnliche Geschwindigkeiten werden auch für die extrudierte Gerste mit und ohne Enzymzulage beobachtet (s. *Tabelle 24*). Die mikronisierten Gersteflocken liegen mit einer knapp zehnmütigen Aufnahmezeit/kg TS unterhalb der Aufnahmezeit der extrudierten Gerste mit und ohne Enzymzulage sowie der moderaten Haferzufuhr (2g Stärke/kg KM, Behandlung nicht signifikant).

Bei der Betrachtung der TS-Aufnahme, die pro Minute aufgenommen wurde, konnten die höchsten Futteraufnahmen für die gerollte Gerste ( $115 \pm 20,7$  g TS/min) und die mikronisierten Gersteflocken ( $102 \pm 11,8$  g TS/min) ermittelt werden (s. *Tabelle 24*). Deutlich niedriger liegen die TS Aufnahme/min bei der extrudierten Gerste mit und ohne Enzym sowie bei der moderaten Haferaufnahme (2 g Stärke/kg KM). Diese Differenzen ließen sich teilweise mit  $p < 5 \%$  absichern. Bei der hohen Stärkeaufnahme (4 g Stärke/kg KM) lag die TS Aufnahme mit  $53,8 \pm 18,0$  g TS/min deutlich unterhalb der anderen Futtermittelvarianten.

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 24: Futteraufnahmezeit (MW±SD, min/kg TS) und Aufnahmemenge (MW±SD, g TS/min) bei den Getreidevarianten*

Futtermittel	AZ (min/kg TS)	Aufnahmemenge (g TS/min)
Hafer 2g	11,5±2,21 <sup>a</sup>	90,3±16,6 <sup>ad</sup>
Hafer 4g <sup>1)</sup>	22,6±6,27 <sup>b</sup>	53,8±18,0 <sup>b</sup>
gerollte Gerste	8,83±1,07 <sup>c</sup>	115±20,7 <sup>c</sup>
mikr Gersteflocken	9,85±0,875 <sup>a</sup>	102±11,8 <sup>ac</sup>
extrudierte Gerste	10,6±1,65 <sup>a</sup>	96,8±18,0 <sup>a</sup>
extrudierte Gerste + Enzym	13,3±4,01 <sup>abc</sup>	87,3±25,0 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.  
<sup>1)</sup> gereichte Stärkemenge, Aufnahme variierte zwischen 2,3 bis 4 g Stärke/kg KM

### 4.1.2 Kauffrequenz (KF/kg TS und KF/min)

Die mittels Handzähler erhobenen mittleren Kauffrequenzen bewegten sich zwischen 773 ± 94,0 Kauschläge/kg TS für die gerollte Gerste und 1222 ± 254 Kauschläge/kg TS für Hafer (4 g Stärke/kg KM). Unterschiede zwischen den Futtermitteln ließen sich zum Teil, jedoch nicht zwischen Hafer 4g Stärke/kg KM und gerollter Gerste (p=0,051) sowie extrudierter Gerste (p=0,059), statistisch absichern. Die manuelle Zählmethode wies zur Myografie mit R<sup>2</sup>=0,985 eine gute Korrelation auf (s. *Tabelle 53*).

*Tabelle 25: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/kg TS (MW±SD) bei verschiedenen Getreidevarianten*

Futtermittel	Handzähler (KF/kg TS)	Myografie (KF/kg TS)	Halfter (KF/kg TS)
Hafer 2g	886±88 <sup>a</sup>	926±169 <sup>a</sup>	903±78,5 <sup>a</sup>
Hafer 4g <sup>1)</sup>	1222±254 <sup>abd</sup>		1408±258 <sup>b</sup>
gerollte Gerste	773±94,0 <sup>b</sup>	787±131 <sup>b</sup>	772±147 <sup>c</sup>
mikr. Gersteflocken <sup>2)</sup>	893±72,9 <sup>a</sup>	883±75,9 <sup>a</sup>	891±106 <sup>ac</sup>
extrudierte Gerste	876±94,3 <sup>ab</sup>	876±123 <sup>ab</sup>	901±137 <sup>ac</sup>
extrudierte Gerste + Enzym	846±206 <sup>abc</sup>		1095±295 <sup>abc</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

<sup>1)</sup> gereichte Stärkemenge, Aufnahme variierte zwischen 2,3 bis 4 g Stärke/kg KM

<sup>2)</sup> mikr. = mikronisierte

## IV. Ergebnisse

Die mittlere Kaufrequenz/min bewegte sich zwischen  $67,7 \pm 24,0$  für Hafer 4g Stärke/kg KM und  $91,4 \pm 8,85$  für mikronisierte Gersteflocken. Diese waren nur signifikant zu der extrudierten Gerste mit  $83,5 \pm 7,26$  Kauschläge/min. Aufgrund der großen Standardabweichung bei Hafer 4g Stärke/kg KM ( $n=3$ ) konnten die Unterschiede nicht mit  $p < 0,05$  abgesichert werden. Mit  $82,5 \pm 8,83$  Kauschlägen/min wies die moderate Haferfütterung (2g Stärke/kg KM) eine geringere Kauschlagfrequenz im Vergleich zu den Gerstevarianten auf. Dies ließ sich statistisch jedoch nicht mit  $p < 0,05$  absichern (s. *Tabelle 26*).

*Tabelle 26: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kaufrequenz/min (MW $\pm$ SD) bei verschiedenen Getreidevarianten*

Futtermittel	Handzähler (KF/min)	Myografie (KF/min)	Halfter (KF/min)
Hafer 2g	$82,5 \pm 8,83^{ab}$	$81,5 \pm 9,01^a$	$84,1 \pm 5,01^a$
Hafer 4g <sup>1)</sup>	$67,7 \pm 24,0^{ab}$		$75,0 \pm 9,97^b$
gerollte Gerste	$87,7 \pm 6,50^{ab}$	$89,4 \pm 6,65^{ab}$	$87,9 \pm 11,3^{ab}$
mikr. Gersteflocken <sup>2)</sup>	$91,4 \pm 8,85^a$	$90,2 \pm 7,12^b$	$91,2 \pm 12,5^a$
extrudierte Gerste	$83,5 \pm 7,26^b$	$83,3 \pm 7,00^{ab}$	$85,6 \pm 10,4^{ab}$
extrudierte Gerste + Enzym	$89,3 \pm 6,42^{ab}$		$85,1 \pm 5,22^a$

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

<sup>1)</sup> gereichte Stärkemenge, Aufnahme variierte zwischen 2,3 bis 4 g Stärke/kg KM

<sup>2)</sup> mikr. = mikronisierte

### 4.1.3 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Für die Getreide variierte die mittlere Dauer eines MAP zwischen  $0,177 \pm 0,027$  sec für die Verfütterung von gerollter Gerste und  $0,254 \pm 0,005$  sec für die Aufnahme von Hafer (2g Stärke/kg KM,  $p < 0,05$ ). Die Dauer der Amplituden der mikronisierten Gersteflocke und der extrudierten Gerste variierten von  $0,215 \pm 0,004$  bis  $0,253 \pm 0,006$  sec.

Die Höhe der Amplitude variierte zwischen  $4,30 \pm 1,55$  V bei extrudierter Gerste und  $7,83 \pm 2,07$  V bei Hafer mit 2 g Stärke/kg KM ( $p < 0,05$ ). Gerollte Gerste und mikronisierte Gersteflocken lagen mit ihrer Amplitude zwischen Hafer und extrudierter Gerste (s. *Tabelle 27*).

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 27: Dauer (MW±SD, sec) und Amplituden (MW±SD, V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei verschiedenen Getreidevarianten*

Futtermittel	Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
Hafer	0,254±0,005 <sup>a</sup>	7,83±2,07 <sup>a</sup>
gerollte Gerste	0,177±0,027 <sup>b</sup>	7,00±4,11 <sup>ab</sup>
mikr. Gersteflocken <sup>2)</sup>	0,215±0,004 <sup>b</sup>	5,23±1,10 <sup>ab</sup>
extrudierte Gerste	0,253±0,006 <sup>a</sup>	4,30±1,55 <sup>b</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

<sup>2)</sup> mikr. = mikronisierte

### 4.2 Mischfutter

#### 4.2.1 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

Für Mischfutter A betrug die mittlere Futteraufnahmezeit  $6,30 \pm 0,750$  min/kg TS. Betrachtet man die Aufnahmemenge, so betrug sie für Mischfutter A  $160 \pm 19,8$  g TS/min. Für Mischfutter B konnten in beiden Fällen ähnliche Werte ermittelt werden (Behandlung nicht signifikant, s. *Tabelle 28*).

*Tabelle 28: Futteraufnahmezeit (MW±SD, min/kg TS) und Aufnahmemenge (MW±SD, g TS/min) bei den Mischfuttervarianten*

Futtermittel	Aufnahmezeit (min/kg TS)	Aufnahmemenge (g TS/min)
Mischfutter A	6,30±0,750 <sup>a</sup>	160±19,8 <sup>a</sup>
Mischfutter B	6,70±0,840 <sup>a</sup>	151±18,3 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

#### 4.2.2 Kauffrequenz (KF/kg TS und KF/min)

Die mittels Handzähler erhobenen Kauffrequenzen betragen für Mischfutter A  $582 \pm 91,6$  Kauschläge/kg TS und für Mischfutter B  $600 \pm 74,0$  Kauschläge/kg TS. Die mittels Myografie und Halfter ermittelten Kauffrequenzen bewegten sich in ähnlichen Bereichen (s. *Tabelle 29*).

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 29: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/kg TS (MW±SD) bei den Mischfuttervarianten*

Futtermittel	Handzähler (KF/kg TS)	Myografie (KF/kg TS)	Halfter (KF/kg TS)
Mischfutter A	582±91,6 <sup>a</sup>	582±84,1 <sup>a</sup>	599±85,6 <sup>a</sup>
Mischfutter B	600±74,0 <sup>a</sup>	601±55,9 <sup>a</sup>	579±74,9 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

Die Messung der mittleren Kauffrequenz/min mittels Handzähler ergab für Mischfutter A  $92,1 \pm 6,06$  Kauschläge/min und für Mischfutter B  $89,8 \pm 7,71$  Kauschläge/min. Wiederum zeigten die Myografie und das Halfter eine sehr gute Übereinstimmung (s. *Tabelle 30*). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Futtervarianten in der Kauffrequenz (KF/kg und KF/min) ließen sich statistisch nicht absichern.

*Tabelle 30: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/min (MW±SD) bei den Mischfuttervarianten*

Futtermittel	Handzähler (KF/min)	Myografie (KF/min)	Halfter (KF/min)
Mischfutter A	92,1±6,06 <sup>a</sup>	92,2±5,71 <sup>a</sup>	95,0±6,23 <sup>a</sup>
Mischfutter B	89,8±7,71 <sup>a</sup>	90,6±6,66 <sup>a</sup>	87,6±18,9 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 4.2.3 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Die Dauer des MAP betrug für Mischfutter A  $0,232 \pm 0,016$  sec und für Mischfutter B  $0,239 \pm 0,012$  sec.

Für Mischfutter A betrug die Amplitude  $4,48 \pm 2,00$  V und für Mischfutter B  $3,95 \pm 0,628$  V. Die Unterschiede ließen sich in beiden Fällen statistisch nicht mit  $p < 0,05$  absichern.

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 31: Dauer (MW±SD, sec) und Amplituden (MW±SD, V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei den Mischfuttermitteln*

Futtermittel	Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
Mischfutter A	0,232±0,016 <sup>a</sup>	4,84±2,00 <sup>a</sup>
Mischfutter B	0,239±0,012 <sup>a</sup>	3,95±0,628 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 4.3 Raufutter

#### 4.3.1 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

Bei Raufutter variierte die mittlere Futteraufnahmezeit zwischen 23,5 ± 4,18 min/kg TS für Stroh-Luzerne-Häcksel und 52,0 ± 10,4 min/kg TS für Heulage (p<0,05). Mit einer knapp 40-minütigen Aufnahmezeit lag Heu zwischen den Stroh-Luzerne-Häckseln und der Heulage, was sich jedoch zu Stroh-Luzerne-Häckseln nicht statistisch absichern ließ (p=0,056).

Die mittlere Aufnahmemenge variierte von 20,2 ± 4,97 g TS/min für die Heulage und 44,2 ± 7,10 g TS/min für die Stroh-Luzerne-Häcksel. Mit 27,6 ± 5,98 g TS/min zeigte sich für die Heulage eine mittlere Aufnahmemenge. Dies ließ sich mit p kleiner 5% absichern (s. Tabelle 32).

*Tabelle 32: Futteraufnahmezeit (MW±SD, min/kg TS) und der Aufnahmemenge (MW±SD, g TS/min) bei den Raufuttermitteln*

Futtermittel	Aufnahmezeit (min/kg TS)	Aufnahmemenge (g TS/min)
Heu	39,3±9,84 <sup>a</sup>	27,6±5,98 <sup>a</sup>
Heulage	52,0±10,4 <sup>a</sup>	20,2±4,97 <sup>b</sup>
Stroh-Luzerne-Häcksel	23,5±4,18 <sup>b</sup>	44,2±7,10 <sup>c</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

## IV. Ergebnisse

### 4.3.2 Kauffrequenz (KF/kg TS und KF/min)

Die mittels Handzähler erhobenen mittleren Kauffrequenzen bewegten sich zwischen  $2038 \pm 325$  Kauschläge/kg TS (Stroh-Luzerne-Häcksel) und  $3378 \pm 572$  Kauschläge/kg TS (Heulage). Signifikante Unterschiede ließen sich nur zu den Stroh-Luzerne-Häckseln absichern.

*Tabelle 33: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/kg TS (MW $\pm$ SD) bei den Raufuttermitteln*

Futtermittel	Handzähler (KF/kg TS)	Myografie (KF/kg TS)	Halfter (KF/kg TS)
Heu	2661 $\pm$ 600 <sup>a</sup>	2716 $\pm$ 674 <sup>ab</sup>	2203 $\pm$ 486 <sup>a</sup>
Heulage	3378 $\pm$ 572 <sup>a</sup>	3377 $\pm$ 560 <sup>a</sup>	3630 $\pm$ 1203 <sup>a</sup>
Stroh-Luzerne-Häcksel	2038 $\pm$ 325 <sup>b</sup>	2141 $\pm$ 435 <sup>b</sup>	1905 $\pm$ 440 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

Bei dem Vergleich der mittleren Kauffrequenz/min rangierten die mittels Handzähler gemessenen Werte zwischen  $66,1 \pm 12,2$  für Heulage und  $88,0 \pm 15,8$  für Stroh-Luzerne-Häcksel ( $p < 0,05$ ). Heu nahm mit  $70,0 \pm 14,0$  Kauschläge/min eine mittlere Position zwischen der Heulage und den Stroh-Luzerne-Häckseln ein (s.

*Tabelle 34*). Für die mittels Myografie und Halfter erhobenen Werte konnte ebenfalls eine gute Korrelation ermittelt werden.

*Tabelle 34: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/min (MW $\pm$ SD) bei den Raufuttermitteln*

Futtermittel	Handzähler (KF/min)	Myografie (KF/min)	Halfter (KF/min)
Heu	70,0 $\pm$ 14,0 <sup>ab</sup>	71,3 $\pm$ 15,2 <sup>a</sup>	61,5 $\pm$ 23,4 <sup>a</sup>
Heulage	66,1 $\pm$ 12,2 <sup>a</sup>	66,2 $\pm$ 12,3 <sup>a</sup>	71,1 $\pm$ 23,1 <sup>a</sup>
Stroh-Luzerne-Häcksel	88,0 $\pm$ 15,8 <sup>b</sup>	92,4 $\pm$ 20,8 <sup>a</sup>	84,9 $\pm$ 30,1 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.



## IV. Ergebnisse

### 4.3.3 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Die Dauer variierte zwischen  $0,219 \pm 0,027$  sec bei Stroh-Luzerne-Häckseln und  $0,306 \pm 0,038$  sec bei Heu ( $p < 0,05$ ). Heulage lag mit  $0,300 \pm 0,035$  sec gering gradig unterhalb der Dauer für Heu.

Bei Raufutter variierte die Höhe der Amplitude zwischen  $9,82 \pm 1,74$  V (Heu) und  $12,6 \pm 3,82$  V (SLH). Die Heulage nahm in der Intensität eine mittlere Stellung ein, jedoch konnten Unterschiede nicht mit  $p < 0,05$  abgesichert werden.

*Tabelle 35: Dauer (MW $\pm$ SD, sec) und Amplituden (MW $\pm$ SD, V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei den Raufuttermitteln*

Futtermittel	Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
Heu	$0,306 \pm 0,038^a$	$9,82 \pm 1,74^a$
Heulage	$0,300 \pm 0,035^a$	$11,4 \pm 3,26^a$
Stroh-Luzerne-Häcksel	$0,219 \pm 0,027^b$	$12,6 \pm 3,82^a$

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 4.3.4 Futteraufnahme (kg TS) während des Versuchszeitraums

Während der 21-tägigen Versuchsdauer konnte für die Stroh-Luzerne-Häcksel ein kontinuierlicher Anstieg in der täglichen Futteraufnahme verzeichnet werden. Die höchsten Futteraufnahmen wurden am Ende der Versuchsdauer mit  $16,3 \pm 1,86$  kg TS erzielt. Bei Heu- und Heulagefütterung kam es während der Versuchsdauer zu moderaten Schwankungen. Bei Heulage und Heu kam es zu einem moderater Anstieg der Futteraufnahme. Beide Futtermittel zeigten schon zu Beginn der Fütterung an Tag 1 ein hohes Aufnahmeniveau. Die höchste Futteraufnahme wurde für die Heulagefütterung an den Tagen 10 und 16 mit  $17,2$  kg TS und für die Heufütterung an den Tagen 6 und 18 mit  $13,3$  kg TS ermittelt (s. Abbildung 5). Durch die Fütterung von Heu als Raufutter vor Versuchsbeginn kann eine vorhergegangene Adaptation nicht ausgeschlossen werden.

## IV. Ergebnisse

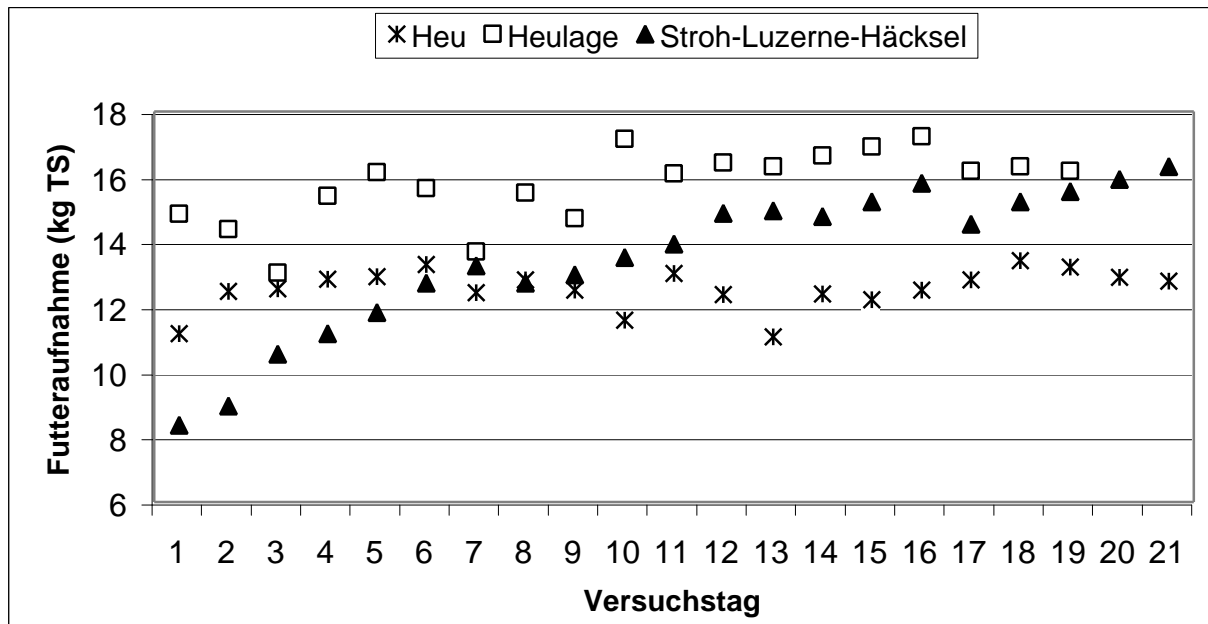


Abbildung 6: Mittlere Futteraufnahme (kg TS) von Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel pro Tag (N=4)

### 4.3.5 Futteraufnahme (min/h und kg TS/h) über 12 und 24 h

Bei der Messung der Futteraufnahmedauer und der Kaufrequenz über 24 h konnten große Übereinstimmungen in den Futteraufnahmerhythmen von Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel ermittelt werden (s. Abbildung 7 und Abbildung 8). Nach Futtervorlage um 11 Uhr zeigte sich jeweils eine längere Fressperiode bis in die Mittagsstunden mit einer mittleren Aufnahmedauer von bis zu 52 min/h (SLH) und 3400 Kauschlägen/h (Heulage). Diese Periode wurde von einem zweiten mehrstündigen Futteraufnahmeintervall am späten Nachmittag abgelöst, in dem auch die zweite Futtereinwaage gegen 17 bzw. 18 Uhr erfolgte. In der Nacht war die Futteraufnahme durch längere Ruhephasen unterbrochen und erreichte erst in den frühen Morgenstunden gegen 6 Uhr einen weiteren Anstieg, der mit dem Beginn der Beleuchtung im Stall einherging.

## IV. Ergebnisse

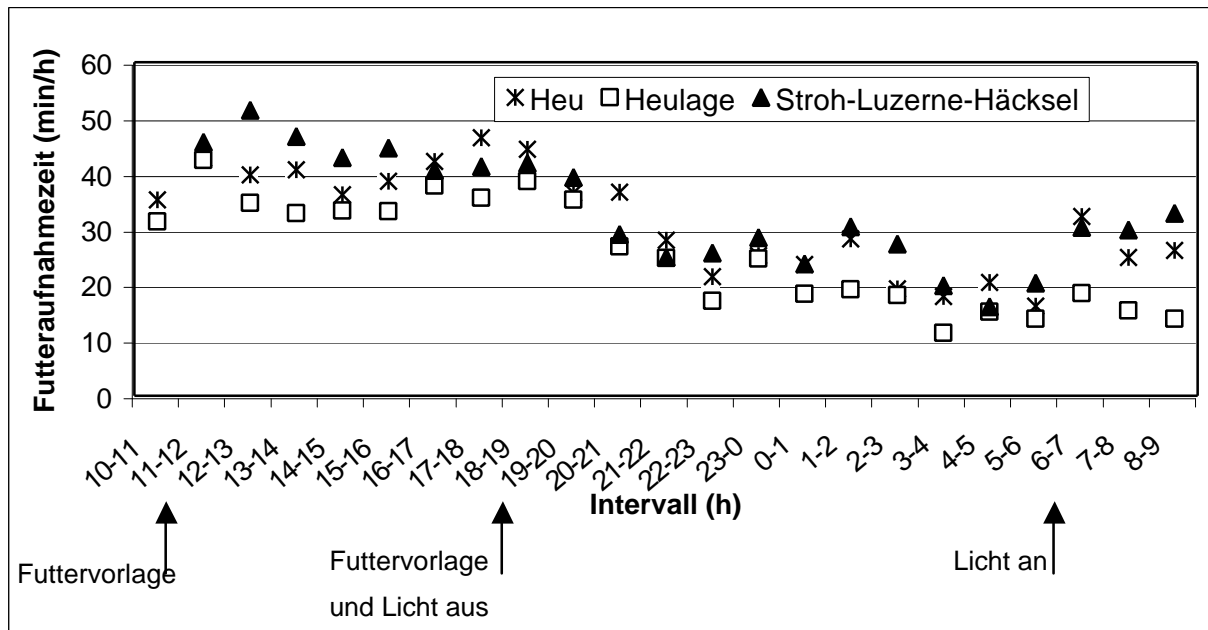


Abbildung 7: Mittlere Zeiten, die durch Kauaktivitäten ausgefüllt sind, (min/h) über 24 h der Varianten Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel (N=3)

Daraus ergaben sich für 24 h die in Tabelle 36 dargestellten Gesamtaufnahmezeiten.

Tabelle 36: Gesamtzeit, die durch Kauaktivität ausgefüllt wurde, (h, MIN, MAX) von Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häckseln (SLH) bei ad libitum Fütterung

Futtermittel	Aufnahmezeit		
	(h)	MIN	MAX
Heu	10,7±1,71 <sup>a</sup>	7,86	14,0
Heulage	6,03±0,847 <sup>b</sup>	5,01	7,99
Stroh-Luzerne-Häcksel	10,8±1,85 <sup>a</sup>	8,12	13,5

## IV. Ergebnisse

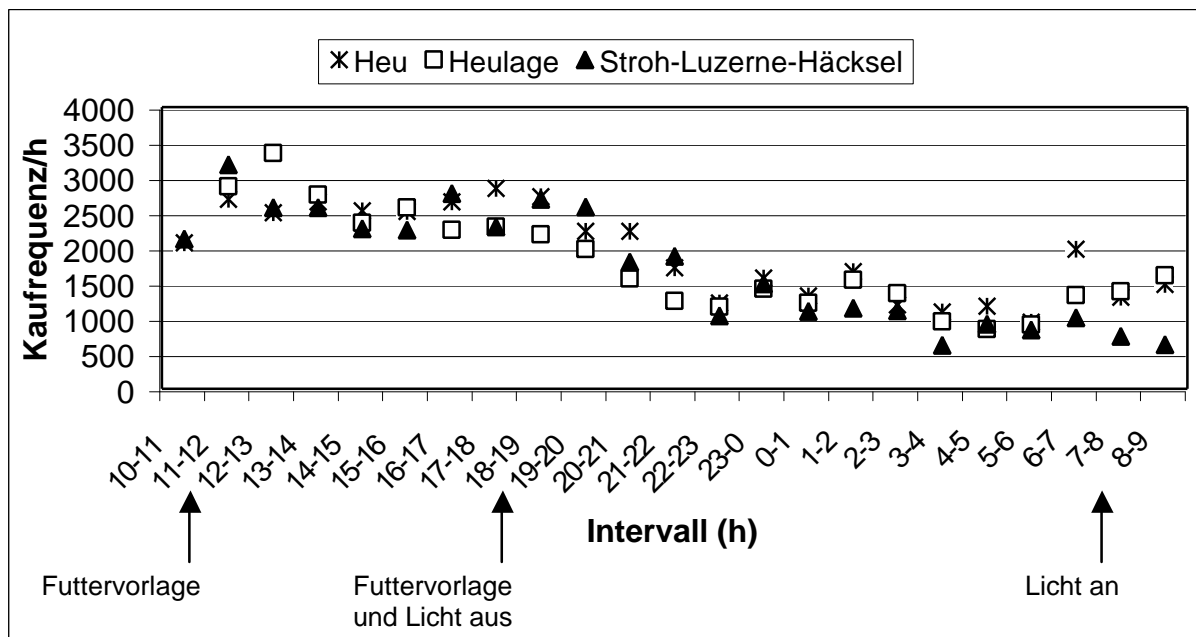


Abbildung 8: Mittlere Kaufrequenz (KF/h) aus je drei Beobachtungen über 24 h von Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel

Die Ergebnisse der Untersuchung der Futteraufnahme pro Stunde über 12 h, die mittels stündlicher Rückwaage und Zuwaage für Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel ermittelt wurden, sind in Abbildung 9 dargestellt. Direkt nach Futtermvorlage zeigten die Pferde insbesondere bei Stroh-Luzerne-Häckseln eine hohe Futteraufnahme. Diese korrespondierte mit den hohen Kaufrequenzen, die in den Morgenstunden nach Futtermvorlage bei 24-stündiger Messung ermittelt wurden (s. Abbildung 7). Die Aufnahme von Heu unterlag geringeren Schwankungen. Jedoch konnte nach 4-5 h eine Verringerung der stündlichen Aufnahme für alle Raufutter ermittelt werden. Nach 9-10 h kam es zu einem erneuten Anstieg der Futteraufnahme, welcher für einige Stunden anhielt. Dieser Anstieg begann zur Zeit der sonst üblichen Abendfütterung, die aufgrund der stündlichen Rück- und Einwaagen an diesen Abenden nicht erfolgte.

## IV. Ergebnisse

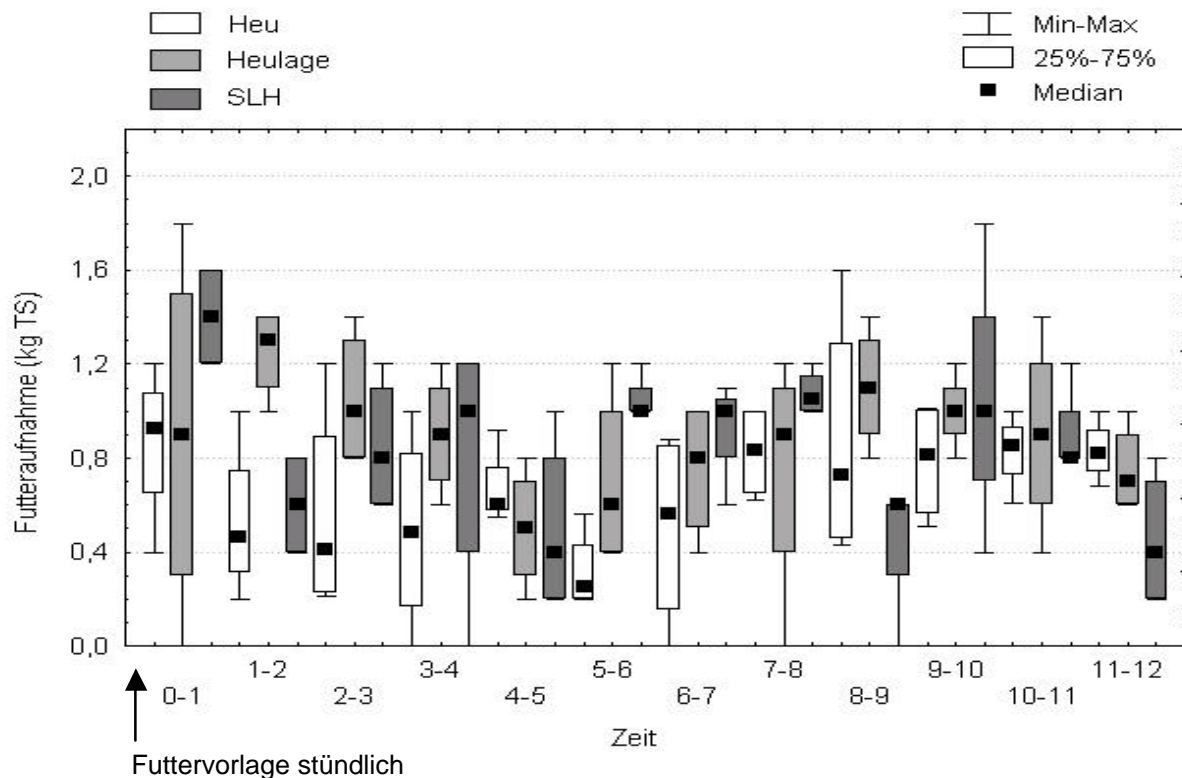


Abbildung 9: Mittlere Futteraufnahme (Min-Max, 25%-75% Quantile, Median, kg TS/h) über 12h der Varianten Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel (SLH) (N=4)

### 4.4 Hafer in Kombination mit Luzerne

#### 4.4.1 Vergleich der blockweisen und der randomisiert gefütterten Varianten

Bei dem Vergleich der Aufnahmezeit der drei Varianten von Hafer in Kombination mit Luzerne (H/L, L/H und H+L) konnte bei der Fütterung von Hafer gefolgt von Luzerne und bei der Fütterung von Luzerne gefolgt von Hafer jeweils an Tag 8 ein signifikanter Unterschied zwischen der blockweisen und der randomisierten Fütterung ermittelt werden (s. *Abbildung 10* und *Abbildung 11*). An den weiteren Tagen lagen keine Unterschiede zwischen der blockweisen und der randomisierten Versuchsdurchführung vor. In den *Abbildungen 10 bis 12* ist der Vergleich der absoluten Futteraufnahmezeit zwischen den blockweise und randomisiert gefütterten Varianten von Hafer in Kombination mit Luzerne dargestellt.

## IV. Ergebnisse

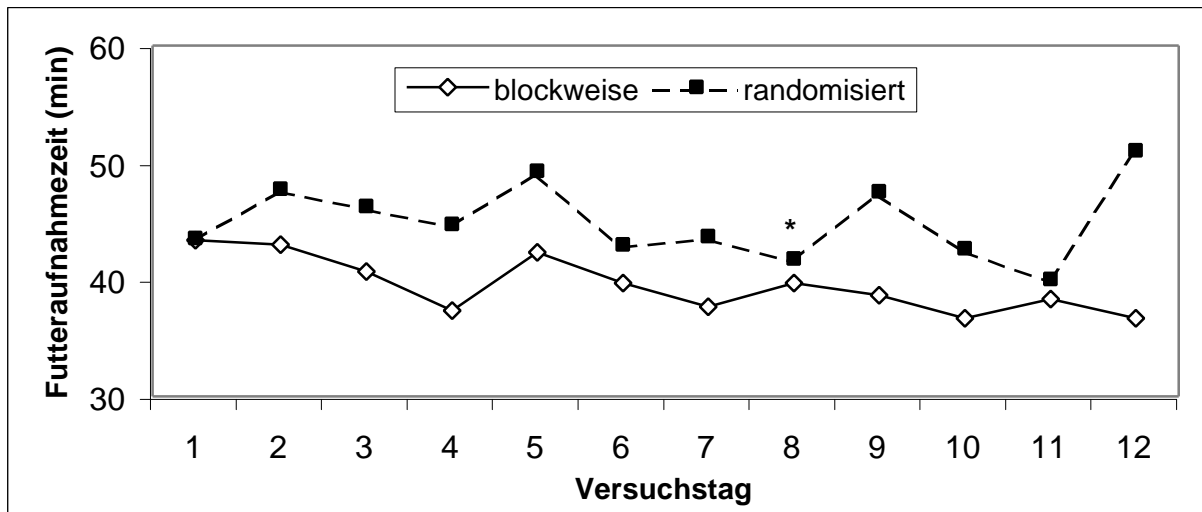


Abbildung 10: Vergleich der Futteraufnahmezeit (min) pro Fütterung der blockweise bzw. randomisiert durchgeführten Variante Hafer gefolgt von Luzerne

\*signifikanter Unterschied an Tag 8

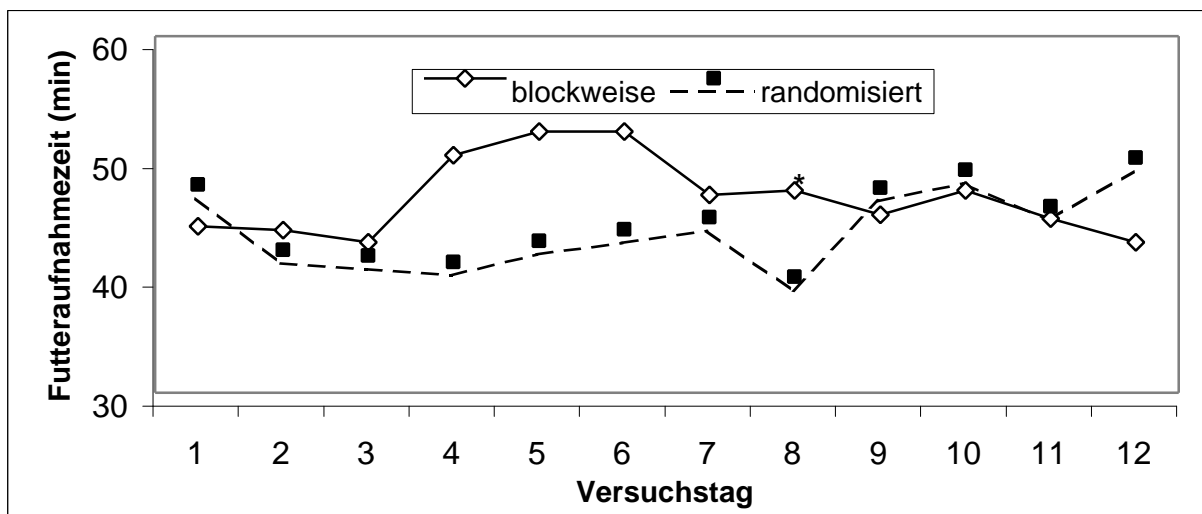


Abbildung 11: Vergleich der Futteraufnahmezeit (min) pro Fütterung der blockweise bzw. randomisiert durchgeführten Variante Luzerne gefolgt von Hafer;

\*signifikanter Unterschied an Tag 8

## IV. Ergebnisse

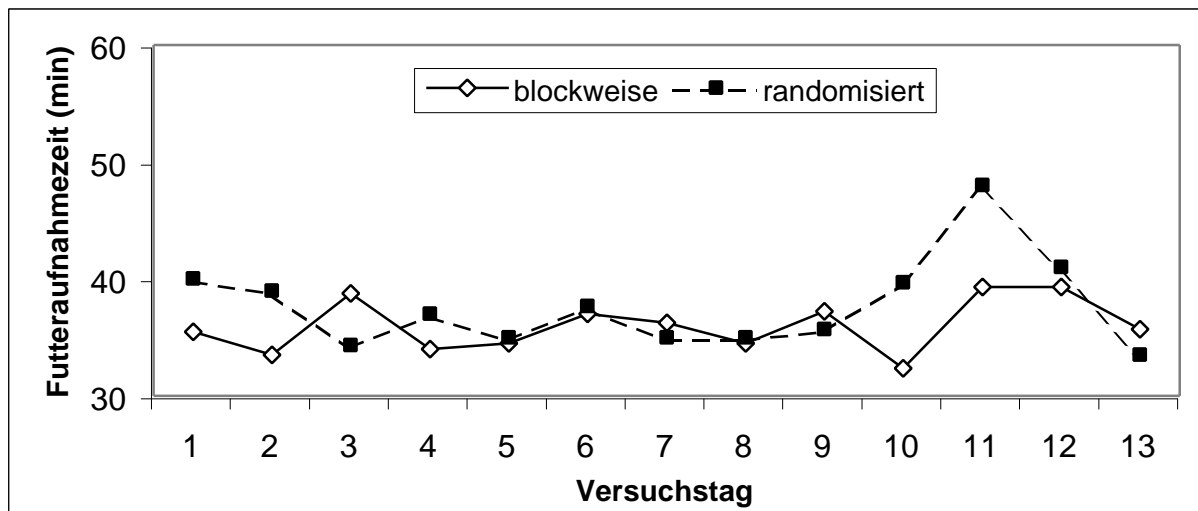


Abbildung 12: Vergleich der Futteraufnahmezeit (min) pro Fütterung der blockweise bzw. randomisiert durchgeführten Variante Hafer gemischt mit Luzerne

### 4.4.2 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

In der *Tabelle 37* sind die Futteraufnahmezeiten und –mengen für die blockweise und die randomisiert durchgeführten Varianten von Hafer in Kombination mit Luzerne dargestellt.

#### 4.4.2.1 Blockweise Zufuhr

Bei der Variante **Hafer gefolgt von Luzerne** betrug für Hafer die Futteraufnahmezeit  $9,94 \pm 1,55$  min/kg TS und die Aufnahmemenge  $104 \pm 15,5$  g TS/min. Für die Luzerne betrug die Aufnahmezeit  $19,2 \pm 4,35$  min/kg TS und die Aufnahmemenge  $54,8 \pm 12,1$  g TS/min. Somit ergab sich eine Gesamtaufnahmezeit von  $14,7 \pm 5,87$  min/kg TS. Die mittlere Futteraufnahme betrug  $79,4 \pm 13,8$  g TS/min.

Bei der Variante **Luzerne gefolgt von Hafer** konnte für Luzerne eine Futteraufnahmezeit von  $18,2 \pm 3,55$  min/kg TS und eine mittlere Aufnahmemenge von  $57,0 \pm 10,1$  g TS/min ermittelt werden. Bei Hafer betrug die Aufnahmezeit  $13,1 \pm 1,97$  min/kg TS und die Aufnahmemenge  $79,3 \pm 11,4$  g TS/min. Daraus resultiert eine Gesamtaufnahmezeit von  $13,2 \pm 2,41$  min/kg TS und eine Gesamtaufnahmemenge von  $68,2 \pm 10,8$  g TS/min.

## IV. Ergebnisse

---

In der Variante **Hafer gemischt mit Luzerne** betrug die Aufnahmezeit für die Mischung aus Hafer und Luzerne  $11,4 \pm 2,13$  min/kg TS. Für die Mischung konnte eine Futteraufnahmemenge von  $91,9 \pm 18,6$  g TS/min ermittelt werden.

Bei der blockweisen Fütterung konnte für die Aufnahme von Hafer vor oder nach Luzerne eine tendenziell langsamere Aufnahme nach der vorangegangenen Zufuhr von Luzerne beobachtet werden. Dies konnte jedoch nicht mit  $p < 0,5$  abgesichert werden. Für die Mischung von Hafer mit Luzerne konnte jedoch eine schnellere Aufnahme im Vergleich zu der Gesamtaufnahmezeit der nach einander gefütterten Kombinationen aus Hafer und Luzerne ermittelt werden ( $p < 0,05$ ).

### 4.4.2.2 Randomisierte Zufuhr

Bei der Variante **Hafer gefolgt von Luzerne** betrug die Futteraufnahmezeit bei der randomisierten Fütterung  $11,5 \pm 2,15$  min/kg TS für Hafer und  $17,8 \pm 6,72$  min/kg TS für Luzerne. Für Hafer konnte eine Aufnahmemenge von  $90,6 \pm 16,2$  g TS/min ermittelt werden. Für Luzerne betrug die Aufnahmemenge  $61,4 \pm 16,7$  g TS/min. Somit ergab sich eine Gesamtaufnahmezeit von  $14,7 \pm 4,59$  min/kg TS. Die mittlere Futteraufnahmemenge betrug  $76,0 \pm 16,5$  g TS/min.

Bei der Variante **Luzerne gefolgt von Hafer** konnte eine Futteraufnahmezeit von  $14,8 \pm 2,22$  min/kg TS für Luzerne und  $11,5 \pm 1,40$  min/kg TS für Hafer ermittelt werden. Die mittlere Aufnahmemenge betrug für Luzerne  $68,6 \pm 8,77$  g TS/min und für Hafer  $88,1 \pm 10,1$  g TS/min. Daraus resultiert eine Gesamtaufnahmezeit von  $16,1 \pm 4,49$  min/kg TS und eine Gesamtaufnahmemenge von  $78,4 \pm 9,44$  g TS/min.

In der Variante **Hafer gemischt mit Luzerne** betrug die Aufnahmezeit für die Mischung aus Hafer und Luzerne  $10,9 \pm 2,51$  min/kg TS. Für die Mischung konnte eine Futteraufnahmemenge von  $95,3 \pm 21,4$  g TS/min ermittelt werden.

Bei der randomisierten Zulage konnte kein Einfluss der Fütterung von Hafer vor, nach oder in Kombination mit Luzerne auf die Aufnahmezeit und Aufnahmemenge ermittelt werden (s. *Tabelle 37*).



## IV. Ergebnisse

### 4.4.2.3 Vergleich der blockweise und der randomisiert gefütterten Varianten

Die Futteraufnahmezeiten sowohl für Hafer als auch für Luzerne bewegten sich in den blockweise und in den randomisiert gefütterten Varianten (H/L und L/H) in ähnlichen Bereichen (s. *Tabelle 37*).

Bei der aus Hafer und Luzerne gemittelten TS-Aufnahme der Variante **Luzerne gefolgt von Hafer**, lag die TS-Aufnahme der blockweisen Fütterung signifikant über der TS-Aufnahme der randomisierten Variante .

*Tabelle 37: Futteraufnahmezeit (MW±SD, min/kg TS) und Aufnahmemenge (MW±SD, g TS/min) bei Hafer (H) in Kombination mit Luzerne (L)*

Futtermittel		Aufnahmezeit (min/kg TS)		Aufnahmemenge (g TS/min)	
<i>blockweise:</i>					
H / L	Hafer	9,94±1,55 <sup>a</sup>	} 14,7±5,87 <sup>b*</sup>	104±15,5 <sup>a</sup>	} 79,3±13,8 <sup>a#*</sup>
	Luzerne	19,2±4,35 <sup>b</sup>		54,8±12,1 <sup>b</sup>	
L / H	Luzerne	18,2±3,55 <sup>b</sup>	} 15,6±2,14 <sup>b+</sup>	57,0±10,1 <sup>b</sup>	} 68,2±8,08 <sup>a#</sup>
	Hafer	13,1±1,97 <sup>ab</sup>		79,3±11,4 <sup>ab</sup>	
H + L		11,4±2,13 <sup>a*+#</sup>		91,9±18,6 <sup>a#*</sup>	
<i>randomisiert:</i>					
H / L	Hafer	11,5±2,15 <sup>a</sup>	} 14,7±4,59 <sup>a*</sup>	90,6±16,2 <sup>a</sup>	} 76,0±15,4 <sup>a#*</sup>
	Luzerne	17,8±6,72 <sup>ab</sup>		61,4±16,7 <sup>b</sup>	
L / H	Luzerne	14,8±2,22 <sup>b</sup>	} 13,2±1,34 <sup>a+</sup>	68,6±8,77 <sup>bc</sup>	} 78,4±6,58 <sup>a*</sup>
	Hafer	11,5±1,40 <sup>ab</sup>		88,1±10,1 <sup>ab</sup>	
H + L		10,9±2,53 <sup>a#</sup>		95,3±21,9 <sup>a#*</sup>	

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Variante. Unterschiedliche Symbole kennzeichnen signifikante Effekte zwischen der blockweisen und randomisierten Fütterung.

## IV. Ergebnisse

---

### 4.4.3 Kauffrequenz (KF/kg TS und KF/min)

#### 4.4.3.1 Blockweise Zufuhr

Die mittels Handzähler erhobenen mittleren Kauffrequenzen in der Variante **Hafer gefolgt von Luzerne** betragen  $846 \pm 225$  Kauschläge/kg TS für Hafer und  $1504 \pm 504$  Kauschläge/kg TS für Luzerne (s. *Tabelle 38*). Daraus resultierte für Hafer eine Kauffrequenz/min von  $86,9 \pm 13,2$  und für Luzerne  $85,6 \pm 5,34$  KF/min. Daraus resultierte eine Gesamtkauffrequenz von  $1174 \pm 352$  Kauschläge/kg TS und  $86,3 \pm 9,27$  Kauschlägen/min.

In der Variante **Luzerne gefolgt von Hafer** betrug für Luzerne die mittels Handzähler gemessene Kauffrequenz/kg TS  $1498 \pm 383$  und die Kauffrequenz/min  $82,0 \pm 6,46$ . Für Hafer konnten  $983 \pm 176$  Kauschläge/kg TS ermittelt werden. Die Kauffrequenz/min betrug für Hafer  $80,2 \pm 21,4$ . Die Gesamtkauffrequenz betrug somit  $1240 \pm 271$  Kauschläge/kg TS und  $81,1 \pm 13,9$  Kauschläge/min.

Für die Variante **Hafer gemischt mit Luzerne** konnten mittels Handzähler  $933 \pm 194$  Kauschläge/kg TS und  $88,1 \pm 5,51$  Kauschläge/min ermittelt werden.

Die höchsten Kauffrequenzen/kg TS wurden bei der Verfütterung von Luzerne gefolgt von Hafer beobachtet, wohin gegen die Mischung aus Luzerne und Hafer die niedrigsten Kauffrequenzen aufwies ( $p < 0,05$ ).

Für die Kauffrequenz/min konnten keine signifikanten Unterschiede innerhalb der blockweisen Fütterung nachgewiesen werden.

#### 4.4.3.2 Randomisierte Zufuhr

Bei der Variante **Hafer gefolgt von Luzerne** konnten mittels Handzähler für Hafer  $886 \pm 102$  Kauschläge/kg TS und für Luzerne  $1356 \pm 264$  Kauschläge/kg TS ermittelt werden. Die Kauffrequenz betrug für Hafer  $82,5 \pm 8,83$  Kauschläge/min und für Luzerne  $80,9 \pm 7,29$  Kauschläge/min. Daraus resultierten als Gesamtkauffrequenz  $1149 \pm 233$  Kauschläge/kg TS und  $81,7 \pm 8,06$  Kauschläge/min.

## IV. Ergebnisse

---

Die Messung der mittleren Kaufrequenz in der Variante **Luzerne gefolgt von Hafer** ergab für Luzerne  $1207 \pm 174$  Kauschläge/kg TS bzw.  $81,7 \pm 5,72$  Kauschläge/min. Für Hafer konnten  $939 \pm 67,9$  Kauschläge/kg TS und  $82,4 \pm 8,49$  Kauschläge/min ermittelt werden. Daraus ergab sich die Gesamtkaufrequenzen von  $1087 \pm 98,3$  Kauschläge/kg TS und  $82,1 \pm 7,11$  Kauschlägen/min.

Für den randomisierten Durchgang der Variante **Hafer gemischt mit Luzerne** konnten mittels Handzähler  $859 \pm 168$  Kauschläge/kg TS und  $86,1 \pm 9,05$  Kauschläge/min ermittelt werden.

Deutlich niedrigere Kaufrequenzen wurden auch bei der randomisierten Fütterung für die Mischung aus Luzerne und Hafer beobachtet. Dagegen konnten die bei der blockweise gefütterten Variante Luzerne gefolgt von Hafer beobachteten höheren Kaufrequenzen bei der randomisierte Gabe nicht bestätigt werden.

Sowohl in den blockweise als auch in den randomisiert gefütterten Varianten konnten keine Unterschiede zwischen der Kaufrequenz/min von Hafer zu Luzerne oder seiner Mischung festgestellt werden. Jedoch zeigte sich die höchste Gesamtkaufrequenz mit  $88,1 \pm 5,51$  Kauschlägen/min bei der blockweise gefütterten Mischung aus Hafer und Luzerne, welche sich signifikant zu der randomisiert gefütterten Variante erst Hafer, dann Luzerne mit  $81,7 \pm 8,06$  Kauschlägen/min unterschied.

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 38: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kaufrequenz/kg TS (MW±SD) bei Hafer in Kombination mit Luzerne*

Futtermittel	Handzähler (KF/kg TS)	Myografie (KF/kg TS)	Halfter (KF/kg TS)
<i>blockweise:</i>			
H / L Hafer	846 ± 225 <sup>a</sup>	1) 926 ± 139 <sup>a</sup>	882 ± 135 <sup>ab</sup>
Luzerne	1504 ± 504 <sup>ab</sup>	1189 ± 327 <sup>a</sup>	1592 ± 485 <sup>a</sup>
	} 1174 ± 352 <sup>ab*#</sup>		} 1237 ± 306 <sup>a*</sup>
L / H Luzerne	1498 ± 383 <sup>b</sup>	1184 ± 168 <sup>b</sup>	1359 ± 440 <sup>b</sup>
Hafer	983 ± 176 <sup>b</sup>	946 ± 43,5 <sup>ab</sup>	1093 ± 24,5 <sup>ab</sup>
	} 1240 ± 271 <sup>b#</sup>		} 1226 ± 231 <sup>c*</sup>
H + L	933 ± 194 <sup>a*#</sup>	907 ± 165 <sup>a</sup>	964 ± 164 <sup>ab*</sup>
<i>randomisiert:</i>			
H / L Hafer	886 ± 102 <sup>a</sup>	926 ± 139 <sup>a</sup>	903 ± 78,5 <sup>a</sup>
Luzerne	1356 ± 264 <sup>ab</sup>	1451 ± 552 <sup>ab</sup>	1358 ± 201 <sup>b</sup>
	} 1149 ± 352 <sup>a*#</sup>		} 1131 ± 140 <sup>b*+</sup>
L / H Luzerne	1207 ± 174 <sup>b</sup>	1184 ± 168 <sup>b</sup>	1040 ± 149 <sup>abc</sup>
Hafer	939 ± 67,9 <sup>ab</sup>	946 ± 43,5 <sup>ab</sup>	684 ± 253 <sup>abd</sup>
	} 1087 ± 98,3 <sup>a*#</sup>		} 862 ± 191 <sup>ab*</sup>
H + L	859 ± 168 <sup>a*</sup>	907 ± 165 <sup>a</sup>	703 ± 204 <sup>a*+</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte. Unterschiedliche Symbole kennzeichnen signifikante Effekte zwischen der blockweisen und randomisierten Fütterung.

<sup>1)</sup> Myografiemessung nicht in der blockweisen Variante durchgeführt

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 39: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kaufrequenz/min (MW±SD) bei Hafer in Kombination mit Luzerne*

Futtermittel	Handzähler (KF/min)	Myografie (KF/min)	Halfter (KF/min)
<i>blockweise:</i>			
H / L Hafer	86,9±13,2 <sup>a</sup>	1)	88,2±6,12 <sup>a</sup>
Luzerne	85,6±5,34 <sup>a</sup>		88,4±4,90 <sup>a</sup>
	} 86,3±9,27 <sup>a*#</sup>		} 88,3±5,46 <sup>a*</sup>
L / H Luzerne	82,0±6,46 <sup>a</sup>		88,4±6,41 <sup>a</sup>
Hafer	80,2±21,4 <sup>a</sup>		85,1±14,3 <sup>a</sup>
	} 81,1±13,9 <sup>a*#</sup>		} 86,8±10,4 <sup>a*</sup>
H+ L	88,1 ±5,51 <sup>a#</sup>		86,5±1,76 <sup>a*</sup>
<i>randomisiert:</i>			
H / L Hafer	82,5±8,83 <sup>a</sup>	81,5±10,5 <sup>a</sup>	84,1±5,01 <sup>a</sup>
Luzerne	80,9±7,29 <sup>a</sup>	82,0±7,83 <sup>a</sup>	82,0±8,99 <sup>a</sup>
	} 81,7±8,06 <sup>a*</sup>	} 81,8±9,17 <sup>a</sup>	} 83,1±7,00 <sup>a*</sup>
L / H Luzerne	81,7±5,72 <sup>a</sup>	80,1±5,16 <sup>a</sup>	71,9±15,9 <sup>a</sup>
Hafer	82,4±8,49 <sup>a</sup>	82,9±8,40 <sup>a</sup>	59,0±18,5 <sup>a</sup>
	} 82,1±7,11 <sup>ab*#</sup>	} 81,5±6,78 <sup>a</sup>	} 65,5±17,2 <sup>a*</sup>
H+ L	86,1 ±9,05 <sup>b*#</sup>	83,9±11,1 <sup>a</sup>	68,5±18,8 <sup>a*</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte. Unterschiedliche Symbole kennzeichnen signifikante Effekte zwischen der blockweisen und randomisierten Fütterung.

<sup>1)</sup> Myografiemessung nicht in der blockweisen Variante durchgeführt

### 4.4.4 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Die Myografie wurde ausschließlich bei den randomisiert gefütterten Varianten durchgeführt. Die Dauer des MAP variierte zwischen 0,252 ± 0,018 sec bei der Fütterung von Hafer nach Luzerne und 0,280 ± 0,028 sec bei Hafer in der Variante Hafer gefolgt von Luzerne.

Die Amplitude variierte zwischen 6,24 ± 1,72 sec bei Fütterung von Hafer vor Luzerne und 6,72 ± 2,07 sec bei gemischter Fütterung von Hafer und Luzerne (Fütterungsreihenfolge nicht signifikant, s. Tabelle 40).

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 40: Dauer (MW±SD, sec) und Amplituden (MW±SD, V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei Hafer in Kombination mit Luzerne*

Futtermittel		Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
H / L	Hafer	0,280±0,028 <sup>a</sup>	6,24±1,72 <sup>a</sup>
	Luzerne	0,259±0,031 <sup>a</sup>	6,66±2,49 <sup>a</sup>
L / H	Luzerne	0,253±0,012 <sup>a</sup>	6,72±2,07 <sup>a</sup>
	Hafer	0,252±0,018 <sup>a</sup>	6,93±1,50 <sup>a</sup>
H + L		0,282±0,029 <sup>a</sup>	6,45±0,538 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 4.5 Trockenschnitzel

#### 4.5.1 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

Bei der Verfütterung von Trockenschnitzeln waren die Aufnahmezeiten für trockene und feuchte Trockenschnitzel mit  $22,1 \pm 3,61$  min/kg TS für trockene und  $24,0 \pm 5,32$  min/kg TS für feuchte Trockenschnitzel sehr ähnlich. Das gleiche gilt für die Aufnahmemenge mit  $43,1 \pm 9,25$  g TS/min für feuchte und  $46,4 \pm 7,19$  g TS/min für trockene Trockenschnitzel (Behandlung nicht signifikant).

*Tabelle 41: Futteraufnahmezeit (MW±SD, min/kg TS) und der Aufnahmemenge (MW±SD, g TS/min) bei Trockenschnitzeln (TrS)*

Futtermittel	Aufnahmezeit (min/kg TS)	Aufnahmemenge (g TS/min)
TrS trocken	22,1±3,61 <sup>a</sup>	46,4±7,19 <sup>a</sup>
TrS feucht	24,0±5,32 <sup>a</sup>	43,1±9,25 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

#### 4.5.2 Kaufrequenz (KF/kg TS und KF/min)

Die mittels Handzähler erhobenen Kaufrequenzen  $1900 \pm 232$  Kauschläge/kg TS für feuchte und  $1778 \pm 333$  Kauschläge/kg TS für trockene Trockenschnitzel. Die mittels Myografie und Halfter erhobenen Kaufrequenzen entsprachen diesen, lagen jedoch

## IV. Ergebnisse

beim Halfter moderat unter den mittels Handzähler ermittelten Kaufrequenzen (s. Tabelle 42).

*Tabelle 42: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/kg TS (MW±SD) bei Trockenschnitzeln (TrS)*

Futtermittel	Handzähler (KF/kg TS)	Myografie (KF/kg TS)	Halfter (KF/kg TS)
TrS trocken	1778±333 <sup>a</sup>	1763±309 <sup>a</sup>	1680±234 <sup>a</sup>
TrS feucht	1900±232 <sup>a</sup>	1994±212 <sup>a</sup>	1766±746 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

Die mittlere Kauffrequenz/min betrug für trockene Trockenschnitzel  $80,4 \pm 9,14$  Kauschläge/min und für feuchte Trockenschnitzel  $82,7 \pm 12,4$  Kauschläge/min. Die mittels Halfter ermittelten Werte lagen wiederum unter den Kauffrequenzen, die mittels Handzähler erhoben worden waren. Zwischen den beiden Futtermitteln waren weder für die Kauffrequenz/kg TS noch für die Kauffrequenz/min signifikante Unterschiede feststellbar.

*Tabelle 43: Vergleich der von Halfter, Myografie und Handzähler gemessenen Kauffrequenz/min (MW±SD) bei Trockenschnitzeln (TrS)*

Futtermittel	Handzähler (KF/min)	Myografie (KF/min)	Halfter (KF/min)
TrS trocken	80,4±9,14 <sup>a</sup>	79,9±9,55 <sup>a</sup>	63,5±35,4 <sup>a</sup>
TrS feucht	82,7±12,4 <sup>a</sup>	84,6±11,5 <sup>a</sup>	73,2±26,2 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 4.5.3 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Die Dauer eines MAP betrug  $0,276 \pm 0,008$  sec für trockene Trockenschnitzel und  $0,262 \pm 0,028$  sec für feuchte Trockenschnitzel.

Bei feuchten Trockenschnitzeln konnte eine mittlere Amplitudenhöhe von  $4,16 \pm 1,71$  V ermittelt werden. Bei trockenen Trockenschnitzeln betrug die Höhe der Amplitude  $7,41 \pm 2,81$  V. Diese Unterschiede konnten mit  $p$  kleiner 5 % abgesichert werden.

## IV. Ergebnisse

Tabelle 44: Dauer ( $MW \pm SD$ , sec) und Amplitude ( $MW \pm SD$ , V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei den Trockenschnitzelzubereitungen (TrS)

Futtermittel	Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
TrS trocken	0,276 $\pm$ 0,008 <sup>a</sup>	7,41 $\pm$ 2,81 <sup>a</sup>
TrS feucht	0,262 $\pm$ 0,028 <sup>a</sup>	4,16 $\pm$ 1,71 <sup>b</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

### 5 Vergleich der Futtermittel

#### 5.1 Futteraufnahmezeit (min/kg TS und g TS/min)

Die mittlere Futteraufnahmezeit variierte zwischen 6,30  $\pm$  0,669 min/kg TS (Mischfutter A) und 52,0  $\pm$  10,4 min/kg TS (Heulage). Die Mischfutter benötigten die kürzesten Aufnahmezeiten. Die Gerstezubereitungen und die Haferzufuhr mit 2 g Stärke/kg KM wurden mit 8,83 bis 13,3 min/kg TS ebenfalls zügig gefressen (s. *Abbildung 13*) und lagen mit ihrer Aufnahmezeit knapp über denen der Mischfuttermittel. Die Luzerne, die Trockenschnitzel und die Stroh-Luzerne-Häcksel nahmen eine mittlere Rangfolge in der Aufnahmezeit ein. Für die Raufutter Heu und Heulage wurde die längste Aufnahmezeit benötigt (s. *Abbildung 13* und *Tabelle 45*).

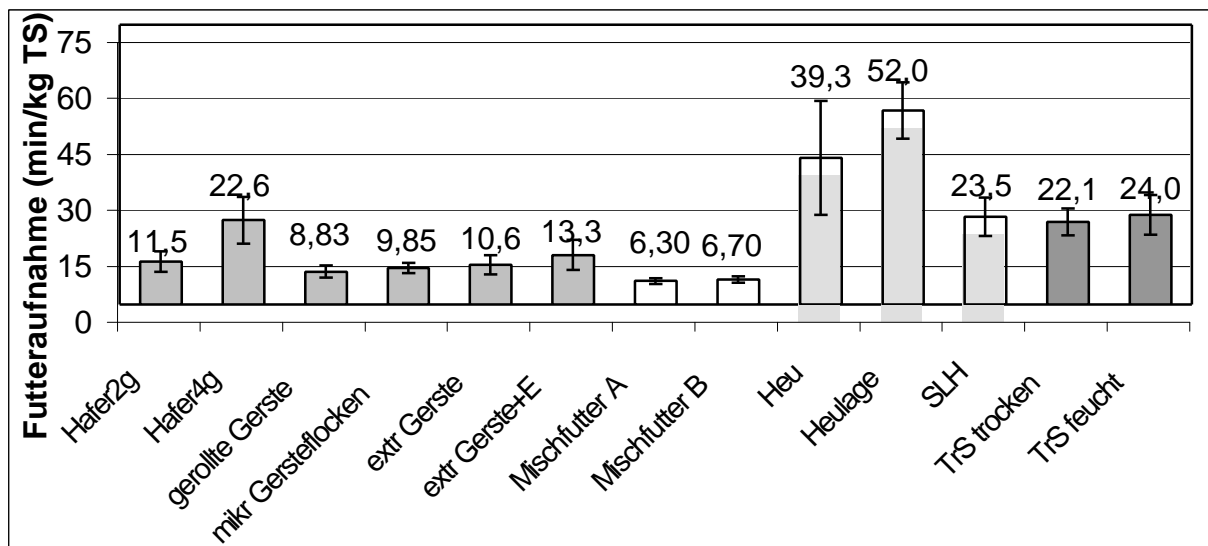


Abbildung 13: Futteraufnahmezeit (min/kg TS) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzeln



## IV. Ergebnisse

*Tabelle 45: Signifikanzen der Futteraufnahmezeit (min/kg TS) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel*

	Hafer 2g	Hafer 4g	gerollte Gerste mikr	Gersteflocken	extr Gerste	extr Gerste+E	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g		p<0,05	p<0,05	n. sign.			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Hafer 4g	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05		p<0,05	p<0,05		
gerollte Gerste	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
mikr Gersteflocken		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr Gerste		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr Gerste+E							p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		
Heu	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	
Heulage	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
SLH	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05
Mischfutter A	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05
Mischfutter B	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05
TrS trocken	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		
TrS feucht	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		

Betrachtet man die TS Aufnahme, die pro Minute aufgenommen werden konnte, so resultierte die höchste Futteraufnahme für die Mischfutter (Mischfutter A  $160 \pm 19,8$  g TS/min). Deutlich geringer viel die Futteraufnahme für die Getreide aus, besonders für Hafer 4g Stärke/kg KM, gefolgt von den Trockenschnitzeln (s. *Abbildung 14*). Die geringste Futteraufnahmemenge/min resultierte für die Raufuttermittel mit  $20,2 \pm 2,24$  g TS/min bei Heulage. Auch hier konnten die Unterschiede z.T. mit  $p < 0,05$  abgesichert werden (s. *Tabelle 46*).

## IV. Ergebnisse

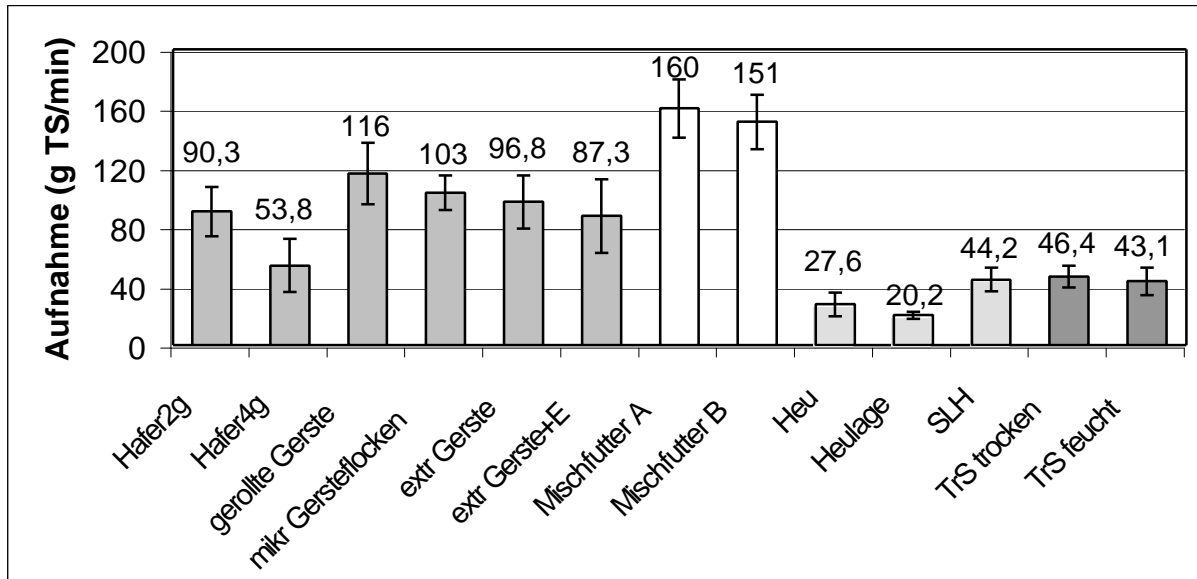


Abbildung 14: Futteraufnahmemenge (g TS/min) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

Tabelle 46: Signifikanzen der Futteraufnahmemenge (g TS/min) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

	Hafer 2g	Hafer 4g	gerollte Gerste	mikr. Gersteflocken	extr. Gerste	extr. Gerste + E	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g		p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Hafer 4g	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05		p<0,05	p<0,05		
gerollte Gerste	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
mikr. Gersteflocken	p<0,05	p<0,05					p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr Gerste		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr Gerste + E		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		
Heu	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	
Heulage	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
SLH	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05		
Mischfutter A	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05
Mischfutter B	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05
TrS trocken	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05			p<0,05	p<0,05		
TrS feucht	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05		

Bei dem Vergleich der Hafer-Luzerne-Kombinationen mit Hafer konnten ähnliche Aufnahmezeiten beobachtet werden. Bei dem Vergleich von Luzerne und Heu,

## IV. Ergebnisse

konnte für Heu eine signifikant längere Aufnahmezeit ermittelt werden. Für die Aufnahmemenge gilt entsprechendes (s. *Tabelle 49*).

### 5.1.1 Kauffrequenz mittels Handzähler (KF/kg TS und KF/min)

Bei dem Vergleich der mittels Handzähler erhobenen Kauffrequenzen/kg TS konnten die niedrigsten mittleren Kauffrequenzen für die Mischfutter mit  $582 \pm 91,6$  Kauschlägen/kg TS (Mischfutter A) ermittelt werden ( $p < 0,05$ , s. *Abbildung 15*). Die höchsten mittleren Kauffrequenzen ließen sich für Heulage erheben mit  $3378 \pm 572$  Kauschlägen/kg TS ( $p < 0,05$ ). Die Kauffrequenzen der Getreidezubereitungen lagen, bis auf die mit Enzym behandelte extrudierte Gerste, signifikant über denen der Mischfutter (s. *Tabelle 47*). Die Kauffrequenzen für Luzerne und Trockenschnitzel (beide Zubereitungen) lagen deutlich oberhalb der Kauffrequenzen von Getreide, aber unterhalb der Kauffrequenzen, die für die Raufuttermittel gemessen wurden. Diese Differenzen ließen sich z.T. mit  $p < 0,05$  absichern (s. *Tabelle 47*).

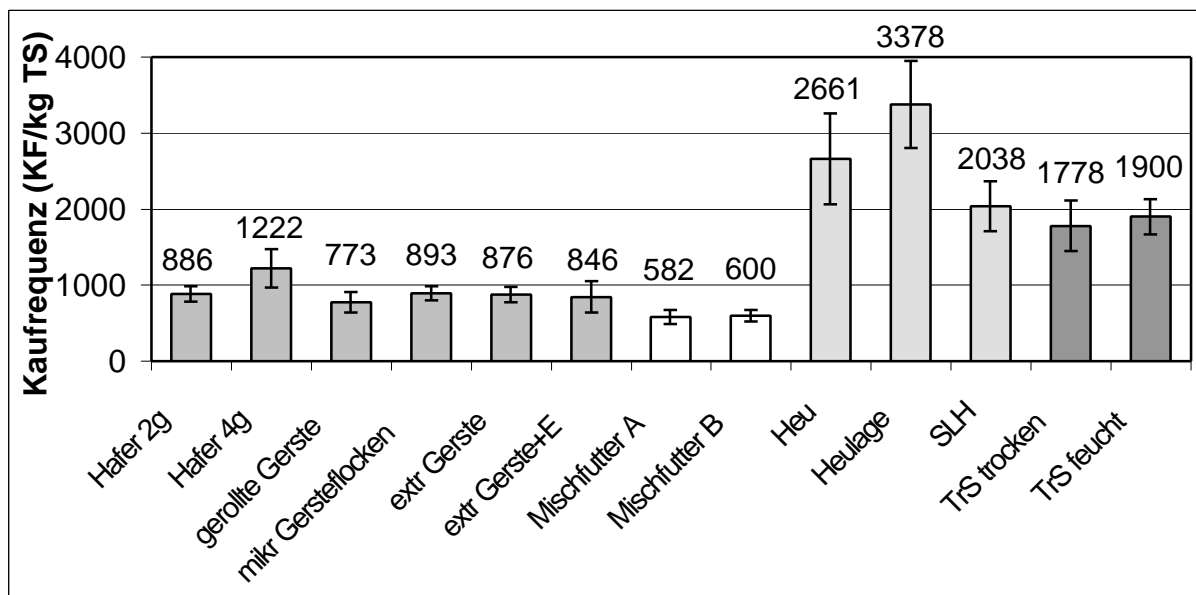


Abbildung 15: Vergleich der Kauffrequenz (KF/kg TS) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

## IV. Ergebnisse

**Tabelle 47: Signifikanzen der Kauffrequenz (KF/kg TS) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel**

	Hafer 2g	Hafer 4g	gerollte Gerste	mikr Gersteflocken	extr. Gerste	extr. Gerste + E	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g			p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	
Hafer 4g						p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05		
gerollte Gerste	p<0,05			p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
mikr Gersteflocken				p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr. Gerste							p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
extr. Gerste + E		p<0,05					p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05
Heu	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05		
Heulage	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
SLH	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05		
Mischfutter A	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05
Mischfutter B	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05
TrS trocken	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05		
TrS feucht	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05		

Die geringsten Unterschiede zwischen den Futtermitteln zeigten sich bei der Kauffrequenz pro Minute. Diese bewegte sich zwischen  $66,1 \pm 12,2$  Kauschläge/min für Heulage und  $92,1 \pm 6,06$  Kauschläge/min für Mischfutter A (s.

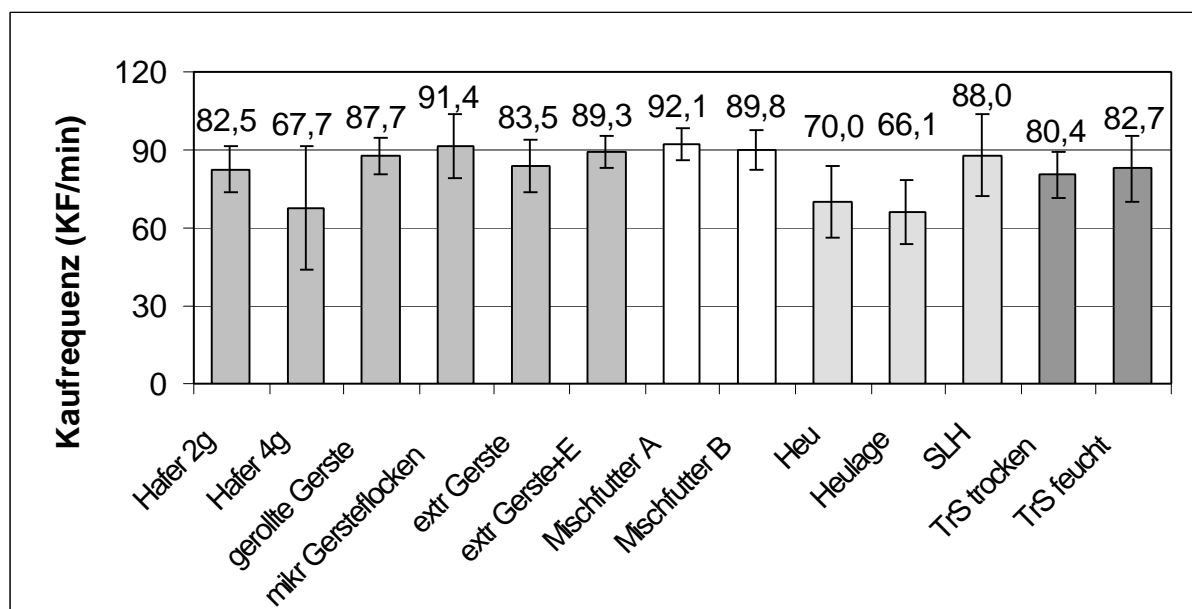


Abbildung 16). Signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln sind der Tabelle 48 zu entnehmen.

## IV. Ergebnisse

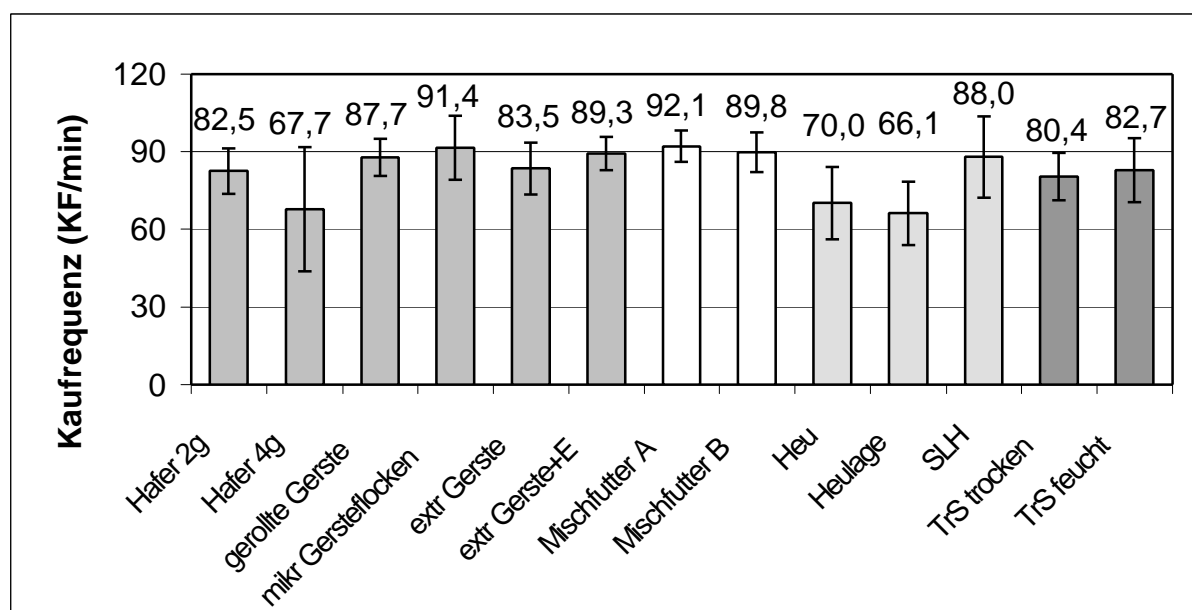


Abbildung 16: Vergleich der Kauffrequenz (KF/min) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

Tabelle 48: Signifikanzen der Kauffrequenz (KF/min) von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

	Hafer 2g	Hafer 4g	gerollte Gerste	mikr Gersteflocken	extr. Gerste	extr. Gerste + E	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g								p<0,05		p<0,05	p<0,05		
Hafer 4g													
gerollte Gerste							p<0,05	p<0,05		p<0,05			
mikr Gersteflocken					p<0,05		p<0,05	p<0,05					
extr Gerste				p<0,05				p<0,05					
extr Gerste + E						p<0,05	p<0,05						
Heu			p<0,05	p<0,05		p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Heulage	p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05
SLH								p<0,05					
Mischfutter A	p<0,05		p<0,05				p<0,05	p<0,05					p<0,05
Mischfutter B	p<0,05						p<0,05	p<0,05					p<0,05
TrS trocken							p<0,05	p<0,05		p<0,05	p<0,05		
TrS feucht							p<0,05	p<0,05					

Bei dem Vergleich der mittels Handzähler erhobenen Kauffrequenzen für Hafer in den Kombinationen von Hafer mit Luzerne variierten diese zwischen  $869 \pm 146$

## IV. Ergebnisse

Kauschläge/kg TS (Variante H / L) und  $958 \pm 107$  Kauschläge/kg TS (Variante L / H,  $p < 0,05$ ). Für Heu wurden für 1 kg Trockensubstanz mit  $2661 \pm 600$  Kauschlägen/kg TS im Gegensatz zu Luzerne mit  $1384 \pm 394$  Kauschlägen/kg TS fast doppelt so viele Kauschläge benötigt (s. *Tabelle 49*). Dies ließ sich mit  $p < 5 \%$  absichern. Die mittels Handzähler ermittelten Kauffrequenzen für die Mischung von Hafer mit Luzerne bewegten sich ebenfalls in ähnlichen Bereichen wie die Kauffrequenzen bei reiner Haferfütterung. Somit wird die Aufnahmezeit und -menge von Luzerne bei der Mischung aus Hafer mit Luzerne erhöhte.

*Tabelle 49: Futteraufnahmezeiten (MW $\pm$ SD, min/kg TS und kg TS/min) und Kauffrequenzen (MW $\pm$ SD, KF/kg TS und KF/min) bei verschiedenen Futtermitteln*

Futtermittel	Aufnahmezeit (min/kg TS)	Aufnahmemenge (g TS/min)	Handzähler (KF/kg TS)	Handzähler (KF/min)
Hafer 2g	11,5 $\pm$ 2,96 <sup>a</sup>	90,3 $\pm$ 16,8 <sup>a</sup>	886 $\pm$ 79,3 <sup>a</sup>	82,5 $\pm$ 9,48 <sup>a</sup>
Heu	39,3 $\pm$ 15,3 <sup>b</sup>	27,6 $\pm$ 8,12 <sup>b</sup>	2661 $\pm$ 600 <sup>d</sup>	70 $\pm$ 14,0 <sup>a</sup>
H / L* Hafer	10,8 $\pm$ 1,98 <sup>a</sup>	96,2 $\pm$ 15,3 <sup>c</sup>	869 $\pm$ 146 <sup>a</sup>	84,4 $\pm$ 9,95 <sup>a</sup>
Luzerne	18,4 $\pm$ 5,58 <sup>c</sup>	58,6 $\pm$ 14,8 <sup>d</sup>	1384 $\pm$ 394 <sup>ab</sup>	82,9 $\pm$ 6,69 <sup>a</sup>
L / H* Luzerne	16,3 $\pm$ 3,14 <sup>c</sup>	63,7 $\pm$ 10,6 <sup>d</sup>	1332 $\pm$ 300 <sup>b</sup>	81,8 $\pm$ 5,32 <sup>ab</sup>
Hafer	12,2 $\pm$ 1,62 <sup>ac</sup>	84,3 $\pm$ 9,91 <sup>ac</sup>	958 $\pm$ 107 <sup>abc</sup>	81,4 $\pm$ 14,0 <sup>ab</sup>
H + L*	11,2 $\pm$ 2,17 <sup>a</sup>	93,6 $\pm$ 18,9 <sup>ac</sup>	898 $\pm$ 170 <sup>ac</sup>	87,3 $\pm$ 6,59 <sup>b</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.  
\* Mittelwert aus der randomisierten und der blockweise gefütterten Variante

### 5.1.2 Dauer und Amplitude des Muskelaktionspotentials

Bei dem Vergleich der Dauer der Muskelaktionspotentiale der verschiedenen Futtermittel konnten Werte zwischen  $0,177 \pm 0,027$  sec bei gerollter Gerste und  $0,300 \pm 0,035$  sec bei Heu erhoben werden (s. *Abbildung 17*). Die gemessenen Intervalle bei Heu und Heulage lagen oberhalb der Werte für die Getreidevarianten. Sowohl für die Getreidevarianten, die Trockenschnitzel als auch für die Mischfuttermittel konnten ähnliche Zeitspannen ermittelt werden (s. *Tabelle 52*). Die Signifikanzen sind in *Tabelle 50* angegeben.

## IV. Ergebnisse

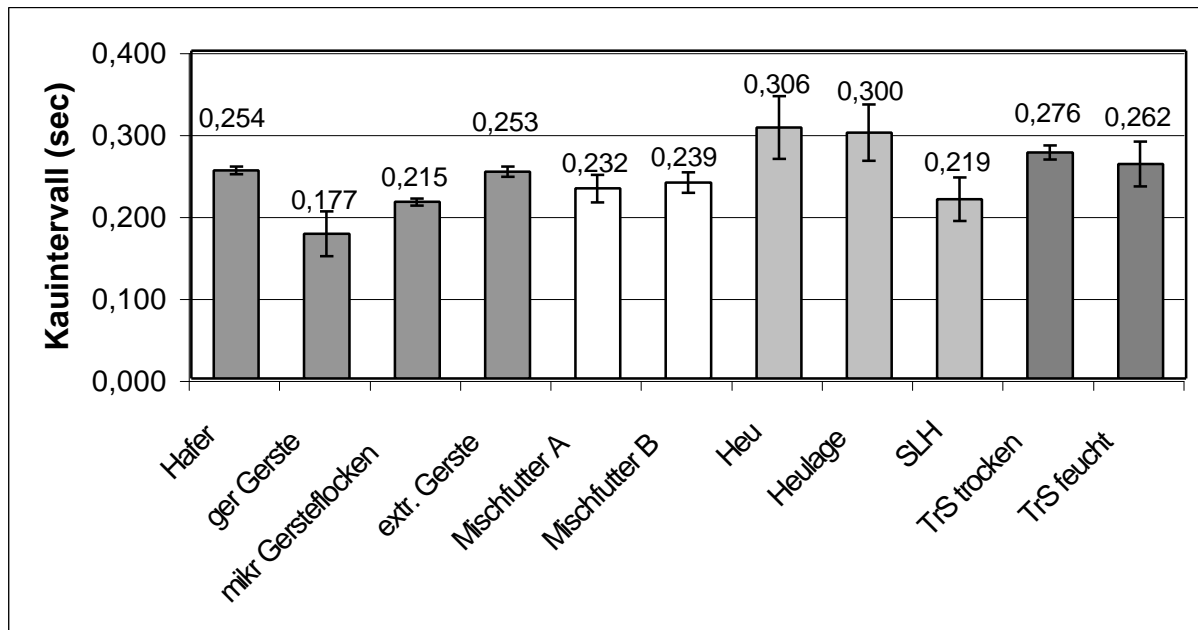


Abbildung 17: mittlere Dauer (MW±SD, sec) der Muskelaktionspotentiale bei verschiedenen Futtermitteln

Tabelle 50: Signifikanzen der Dauer (sec) der Muskelaktionspotentiale von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

	Hafer 2g	gerollte Gerste	mikr Gersteflocken	extrudierte Gerste	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g		p<0,05	p<0,05								p<0,05
gerollte Gerste	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05
mikr Gersteflocken	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05	
extrudierte Gerste		p<0,05	p<0,05								
Heu		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05		
Heulage		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05			
SLH					p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05
Mischfutter A					p<0,05	p<0,05				p<0,05	
Mischfutter B		p<0,05	p<0,05		p<0,05					p<0,05	
TrS trocken		p<0,05	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05		
TrS feucht	p<0,05	p<0,05					p<0,05				

## IV. Ergebnisse

Die Amplitude des MAP zeigte eine Variationsbreite von  $3,95 \pm 0,628$  V bei Mischfutter B bis  $12,6 \pm 3,82$  V bei Stroh-Luzerne-Häckseln ( $p < 0,05$ ). Signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln sind in Tabelle 51 angegeben. So zeigten die Raufuttermittel die höchsten Amplituden, gefolgt von denen der moderaten Haferfütterung. Die Kombinationen aus Hafer und Luzerne lagen mit durchschnittlich 6 - 7 V im mittleren Bereich (s. *Tabelle 52*), ebenso wie die trockenen Trockenschnitzel. Niedrigere Intensitäten konnten bei mikronisierten Gersteflocken, extrudierter Gerste und feuchten Trockenschnitzeln sowie bei den Mischfuttermitteln gemessen werden (s. *Abbildung 18*).

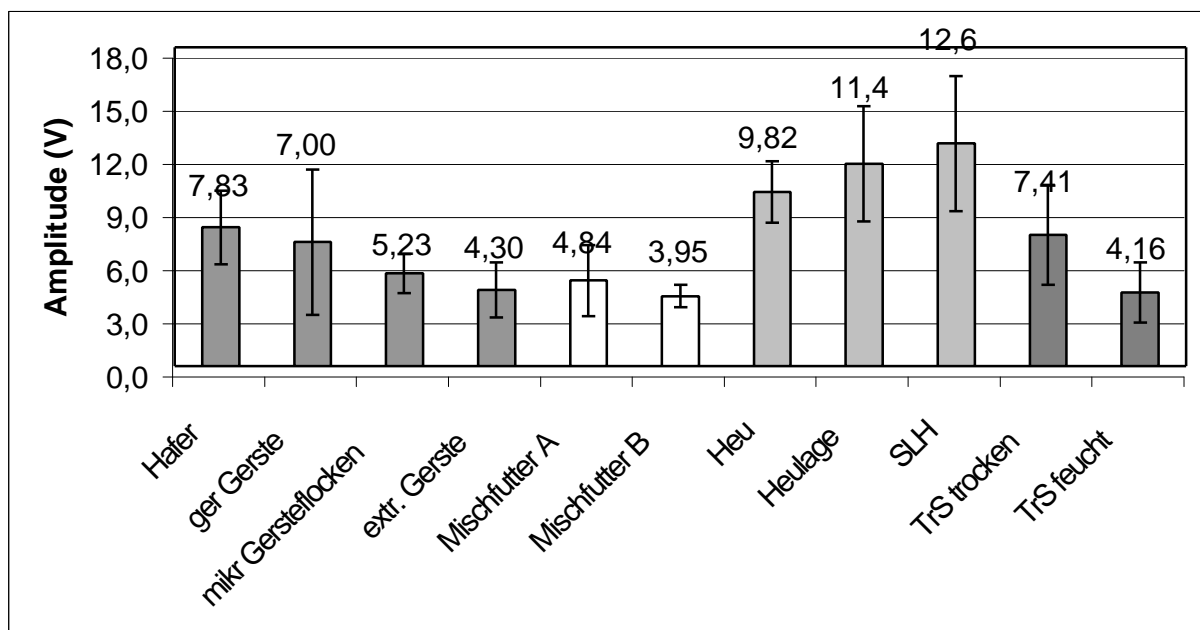


Abbildung 18: Amplituden ( $MW \pm SD$ , V) der Muskelaktionspotentiale bei verschiedenen Futtermitteln



#### IV. Ergebnisse

Tabelle 51: Signifikanzen der Amplituden (V) der Muskelaktionspotentiale von Getreide, Mischfutter, Raufutter und Trockenschnitzel

	Hafer 2g	gerollte Gerste	mikr. Gersteflocken extr. Gerste	Heu	Heulage	SLH	Mischfutter A	Mischfutter B	TrS trocken	TrS feucht
Hafer 2g			p<0,05		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05		p<0,05
gerollte Gerste					p<0,05					
mikr. Gersteflocken				p<0,05	p<0,05	p<0,05				
extr. Gerste	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05				
Heu			p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05		p<0,05
Heulage	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05		p<0,05
SLH	p<0,05		p<0,05	p<0,05			p<0,05	p<0,05		p<0,05
Mischfutter A	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05				
Mischfutter B	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05				
TrS trocken										p<0,05
TrS feucht	p<0,05			p<0,05	p<0,05	p<0,05			p<0,05	

Tabelle 52: Dauer (MW±SD, sec) und Amplituden (MW±SD, V) der Muskelaktionspotentiale (MAP) bei verschiedenen Futtermitteln

Futtermittel		Dauer des MAP (sec)	Amplitude des MAP (V)
Hafer 2g		0,254±0,005 <sup>a</sup>	7,83±2,07 <sup>ab</sup>
Heu		0,306±0,038 <sup>a</sup>	9,82±1,74 <sup>b</sup>
H / L	Hafer	0,280±0,028 <sup>a</sup>	6,24±1,72 <sup>ab</sup>
	Luzerne	0,259±0,031 <sup>a</sup>	6,66±2,49 <sup>a</sup>
L / H	Luzerne	0,253±0,012 <sup>a</sup>	6,72±2,07 <sup>ab</sup>
	Hafer	0,252±0,018 <sup>a</sup>	6,93±1,50 <sup>a</sup>
H + L		0,282±0,029 <sup>a</sup>	6,45±0,538 <sup>a</sup>

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Effekte innerhalb einer Spalte.

## IV. Ergebnisse

### 6 Korrelation der Messwerte des mechanischem Handzähler, der Myografie und des Halfters

Die jeweils zeitgleich erfassten Messwerte des mechanischen Handzählers, der Myografie und des Halfters wurden zueinander in Korrelation gesetzt. Es bestand eine hohe Korrelation bei Einbeziehung aller Futtermittelvarianten zwischen der Kauffrequenz, die mittels Handzähler und denen die mittels Myografie gemessen wurden (s. Abbildung 5). Eine straffe Korrelation bestand außerdem zwischen den Halfterwerten sowie den Myografiewerten und den mittels Handzähler erfassten Werten. Die Werte des Bestimmtheitsmaßes lagen zwischen 0,489 (Myografie vs. Halfter) und 0,985 (Handzähler vs. Myografie). Die Regressionsgleichung und das Bestimmtheitsmaß sind für die drei Messverfahren in *Tabelle 53* aufgeführt. In Abbildung 13 ist die Korrelation zwischen den Kauffrequenzen, welche mittels Handzähler und denen, die mittels Myografie gemessen wurden dargestellt.

*Tabelle 53: Korrelation zwischen Kauffrequenzen gemessen mittels Handzähler, Halfter und Myografie (alle Varianten)*

Korrelation ( x vs. y)	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	n	p
Handzähler vs. Halfter	$y=0,868x+152$	0,494	98	<0,05
Handzähler vs. Myografie	$y=1,01x-5,04$	0,985	98	>0,05
Myografie vs. Halfter	$y=0,853x+154$	0,489	90	<0,05

## IV. Ergebnisse

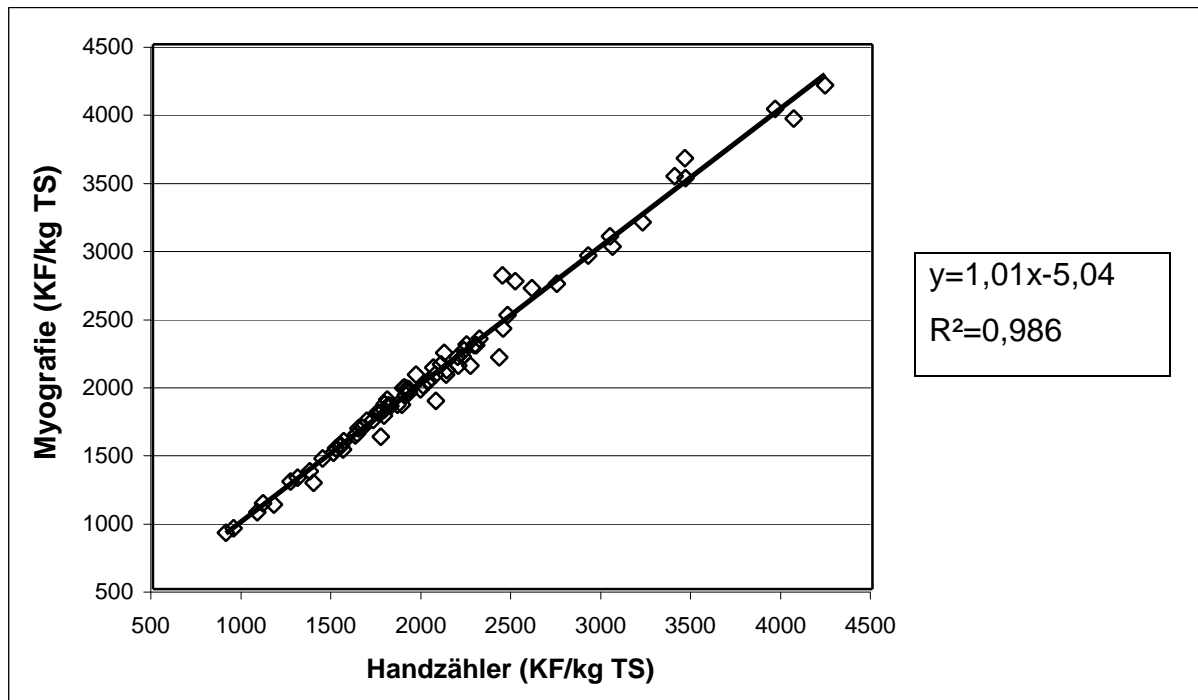


Abbildung 19: Korrelation zwischen der Kauffrequenz des mechanischen Handzählers und der Myografie (KF/kg TS)

Bei der Betrachtung der einzelnen Futtermittelblöcke ergaben sich abweichende Werte für die Regressionsgleichung und das Bestimmtheitsmaß (s. *Tabelle 54 bis Tabelle 56*). Die höchste Korrelation konnte zwischen Handzähler und Myografie bei den Raufuttermitteln mit  $R^2=0,981$  ermittelt werden. Die niedrigste Korrelation zeigte sich zwischen Myografie und Halfter bei den Trockenschnitzeln mit  $R^2=0,030$  (s. *Tabelle 56*).

Tabelle 54: Korrelation zwischen den Kauffrequenzen/kg TS gemessen mittels Handzähler (x) und mittels Myografie (y)

Korrelation	Regressionsgleichung	$R^2$	n	p
Getreide	$y=0,934x+57,4$	0,920	24	>0,05
Mischfutter	$y=0,869x+77,7$	0,967	13	>0,05
Raufutter	$y=0,983x+91,5$	0,981	23	>0,05
Hafer kombiniert mit Luzerne	$y=0,987x+14,0$	0,963	34	>0,05
Trockenschnitzel	$y=0,918x+169$	0,901	15	>0,05

## IV. Ergebnisse

*Tabelle 55: Korrelation zwischen den Kauffrequenzen/kg TS gemessen mittels Handzähler (x) und mittels Halfter (y)*

Korrelation	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	n	p
Getreide	$y=0,850x+135$	0,609	24	<0,05
Mischfutter	$y=0,465x+314$	0,193	16	<0,05
Raufutter	$y=1,04x-135$	0,585	23	<0,05
Hafer kombiniert mit Luzerne	$y=0,779x+98,5$	0,397	34	<0,05
Trockenschnitzel	$y=-0,652x+2720$	0,094	15	<0,05

*Tabelle 56: Korrelation zwischen den Kauffrequenzen/kg TS gemessen mittels Myografie (x) und mittels Halfter (y)*

Korrelation	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	n	p
Getreide	$y=0,847x+135$	0,571	24	<0,05
Mischfutter	$y=0,616x+210$	0,269	13	<0,05
Raufutter	$y=0,979x-26,3$	0,514	23	<0,05
Hafer kombiniert mit Luzerne	$y=0,771x+124$	0,391	36	<0,05
Trockenschnitzel	$y=-0,389x+2281$	0,030	16	<0,05

### 7 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Für die im Versuch eingesetzten Futtermittel konnte bezüglich der Aufnahmedauer (min/kg TS) und der Kauffrequenz/kg TS folgende Rangierung ermittelt werden:

*Raufutter > Trockenschnitzel > Luzerne > Getreide incl. Hafer gemischt mit Luzerne > Mischfutter*

Bezüglich der Aufnahmemenge (g TS/min) ergab sich folgende Rangierung:

*Mischfutter > Getreide incl. Hafer gemischt mit Luzerne > Luzerne > Trockenschnitzel > Raufutter*

Die Kauffrequenz/min zeigte die geringsten Unterschiede zwischen den Futtermitteln und war annähernd konstant zwischen 80 und 90 Kauschlägen pro Minute.

## IV. Ergebnisse

---

Bei der Dauer des MAP ergab sich folgende Rangierung:

*gerollte Gerste < mikronisierte Gerste < Stroh-Luzerne-Häcksel < Mischfutter < extrudierte Gerste < Hafer < Trockenschnitzel < Heu und Heulage*

Bezüglich der Amplitudenhöhe konnte folgende Rangierung ermittelt werden:

*Mischfutter B < Trockenschnitzel feucht < extrudierte Gerste < Mischfutter A < mikronisierte und extrudierte Gerste < Trockenschnitzel trocken < Hafer < Raufutter*

Tendenziell führte die Fütterung von Getreide nach der Fütterung von Luzerne zu einer langsameren Aufnahme des Getreides. Die Kombination von Hafer gemischt mit Luzerne zeigte keinen Einfluss auf die Kaufrequenz/min im Vergleich zu den anderen Hafer-Luzerne-Kombinationen. Die Aufnahmezeit/kg TS verkürzte sich jedoch signifikant und die Aufnahmemenge/min war bei Hafer gemischt mit Luzerne erhöht.

### V. Diskussion

#### 1 Kritik der Methoden

##### 1.1 Versuchspferde

Für die Versuchsdurchführung standen vier gesunde Pferde im Alter zwischen 10 und 11 Jahren zur Verfügung. Damit wurde die Mindestgröße für die Statistik knapp erfüllt. Jedoch war für zahlreiche Testverfahren die Gruppengröße nicht ausreichend und ein weiteres Pferd hätte in die Versuche mit einbezogen werden müssen. Die Standardisierung des Versuches erlaubt jedoch auch eine Aussage bei der geringen Tierzahl von vier Pferden.

##### 1.2 Zuteilung der Futtermittel

Die Untersuchungen waren in die fünf Versuchsblöcke Getreide, Mischfutter, Raufutter, Hafer in Kombination mit Luzerne und Trockenschnitzel unterteilt. Innerhalb der Varianten Getreide, Mischfutter und Trockenschnitzel, sowie bei einem Durchgang Hafer in Kombination mit Luzerne wurden die Futtermittel randomisiert zugeteilt. Bei einem weiteren Durchgang Hafer in Kombination mit Luzerne erfolgte die Futtervorlage blockweise, um im Anschluss die Ergebnisse der randomisierten denen der blockweisen Fütterung gegenüber stellen zu können. Bei den Raufuttern wurden die Testfuttermittel blockweise zugeteilt. Als optimal gilt ein Versuchsdesign, bei dem die Zuteilung der Testfuttermittel über die gesamte Versuchsdauer randomisiert wird. Die große Anzahl unterschiedlicher Zubereitungen - insgesamt 19 Varianten – hatte eine mit 13 Monaten sehr lange Versuchsphase zur Folge, was eine komplett randomisierte Fütterung nicht möglich machte. Zusätzlich wurde durch die Behandlung der Getreide (mechanischer/thermischer Aufschluss und Enzymbehandlung) als auch durch die Öffnung der Heulageballen, die Haltbarkeit der Futtermittel stark eingeschränkt und führte innerhalb weniger Wochen bis Monate zu einer verringerten Qualität der Futtermittel. Besonders die mechanischen Zubereitungen, sowie die enzymatische Behandlung der Gerste sind sehr anfällig für den Verderb durch abiotische Faktoren (Oxidation bzw. Polymerisation ungesättigter

## V. Diskussion

---

Fettsäuren und Inaktivierung von Aminosäuren) sowie durch Vorratschädlinge (KAMPHUES et al., 2004).

### 1.3 Versuchsdesign

#### 1.3.1 Versuchsdauer und Messzeitpunkte

Die Dauer der einzelnen Versuchsdurchgänge betrug 13 bzw. 21 Tage. Die Messungen der Kaufrequenz mittels Myografie als auch mittels Handzähler wurden erst ab Tag fünf des jeweiligen Versuchsdurchganges durchgeführt und somit kann davon ausgegangen werden, dass eine gewisse Adaptation an die Futtermittel gewährleistet ist. ELLIS (2003) geht davon aus, dass die Adaptation des Kauvorganges an ein neues Futtermittel bis zu drei Wochen in Anspruch nehmen kann und ebenfalls eine mehrwöchige Adaptationsphase nach einer Zahnkorrektur erfolgen muss. Für Pferd 1, 3 und 4 betrug die Zeit zwischen Zahnkorrektur und Versuchsbeginn 20 Tage. Für Pferd 2 betrug die Zeit zwischen Zahnkorrektur und Versuchsbeginn aufgrund des späteren Versuchseinstiegs 10 Tage.

#### 1.3.2 Fütterungstechnik

Die hier etablierte Technik der Myografie hat sich nach Adaptation der Versuchstiere an den Untersuchungsstand und die technischen Geräte als einfach durchführbar und zuverlässig erwiesen.

Die Ermittlung der Kaufrequenz und der Intensität erfolgte über die gesamte Zeitspanne der morgendlichen Futteraufnahme. Dies führte gegen Ende der Futteraufnahme zu Ungenauigkeiten in der Bestimmung, da die Versuchstiere vermehrtes Lecken im Trog aufgrund von Futterresten zeigten, welche zum Teil sehr fein waren (Luzerne und Stroh-Luzerne-Häcksel). Optimal wäre hierbei ein Versuchsdesign mit einer höheren Einwaage, so dass am Ende jeder Messung eine Rückwaage ermittelt werden kann und die Pferde über die gesamte Messdauer ausreichend Futter zur Verfügung haben (ELLIS, 2003).

## V. Diskussion

---

### 1.4 Auswahl der Untersuchungsparameter

In dieser Studie wurden verschiedene Untersuchungsparameter für die Kaufrequenz und Intensität berücksichtigt. Ermittelt wurden die Aufnahmezeit/kg TS, die Aufnahmemenge/min sowie die Kaufrequenz/kg TS und die Kauffrequenz/min. Für die Kauintensität wurde die Amplitudenhöhe und die Dauer eines Kauzyklus ermittelt. Zahlreiche im Schrifttum belegte Arbeiten (MEYER et al., 1975; ELLIS, 2005) zur Kauffrequenz bei verschiedenen Futtermitteln beschränken sich auf die Betrachtung der Kauffrequenz/kg TS und der Kauffrequenz/min. Die hier angewandte Myografie erlaubt neben der Bestimmung der Kauffrequenz zudem Aussagen über die Kauintensität durch die Höhe der Amplitude und die Dauer des Muskelaktionspotentials. Zudem wurden bisher nur eine geringe Auswahl an Futtermitteln, wie Heu, Hafer und pelletierte Mischfutter untersucht (MEYER, 1975; BOGNER, 1984; DULPHY, 1997; ELLIS, 2003).

### 1.5 Bewertung der angewendeten Messmethoden

#### 1.5.1 Mechanischer Handzähler

Die in diesem Versuch benutzten Handzähler erwiesen sich als sehr zuverlässig in ihrem Gebrauch. Der Nachteil der mechanischen Handzähler ist darin begründet, dass der Untersucher jederzeit eine gute Sicht auf die Futteraufnahme des Versuchstieres haben muss, um die Kaubewegungen korrekt ermitteln zu können. Die Zählung der Kaufrequenz mittels mechanischem Handzähler wird von einigen Autoren bevorzugt (persönliche Mitteilung, ELLIS, 2005). Einschränkend für den Einsatz des mechanischen Handzähler ist seine Einsatzdauer. Für eine Zählung der Kauffrequenz über 24 Stunden ist er nicht geeignet.

#### 1.5.2 Myografie

Die Elektroden werden üblicherweise über dem Motorpunkt eines Muskels oder einer Gruppe von Muskeln, die von dem Nerv innerviert werden, platziert, um das Muskelsummenaktionspotential aufzuzeichnen (DAUBE, 1999). Weil die ableitenden



## V. Diskussion

---

Nadelelektroden sich bei der Muskelkontraktion häufig bewegen (KIMURA, 1989), wurden in manchen Studien für die Ableitung des MSAP Oberflächenelektroden (CUDDON, 2002a) bevorzugt. In der vorliegenden Studie wurden anfangs verschiedene Elektroden (selbstklebende Einmal-Oberflächenelektroden, monopolare Nadelelektroden und Klemmelektroden) zur Ableitung getestet. Durch die kurze Haftungsdauer der selbstklebenden Oberflächenelektroden und die mangelnde Compliance der Versuchstiere bei den Klemmelektroden, erwiesen sich die subkutanen Drahtelektroden als am praktikabelsten. Der geeignete Ort für die aktiven ableitenden Elektroden wurde bislang weder beim Menschen noch beim Pferd standardisiert. Jedoch erbrachten die Ableitungstorte am M. masseter gut reproduzierbare Messergebnisse. Nur in wenigen Ausnahmefällen musste eine Elektrode neu platziert werden, bis ein stabiles mono- oder biphasisches MAP mit dominierender negativer Phase und negativem Grundlinienabgang gefunden wurde. Die Ableitung der MAPs erfolgte während des Versuchs mit 2 unterschiedlichen Verstärkungen, um die eingehenden Signale optimal auswerten zu können.

Ein Nachteil ist allerdings die verminderte Compliance der Versuchstiere, da diese Form der Myografie an nicht sedierten Pferden durchgeführt wird. Bei einem Versuchspferd kam es bei der Elektrodenplatzierung am Widdersrist zu starken Abwehrbewegungen, so dass ein Setzen der Drahtelektroden nur mit Hilfe einer Nasenbremse durchführbar war. Mit dem in diesem Versuch verwendeten Messsystem sind nach Modifikation auch Messungen über 24 Stunden in einem Versuchsstand möglich. Für Langzeitmessungen bei freier Bewegungsmöglichkeit der Pferde empfiehlt sich ein portables Messgerät, wie es von MEYER et al. (1975) verwendet wurde.

### 1.5.3 Halfter

Die in diesem Versuch eingesetzten Halfter wurden vor Beginn der Messungen individuell auf das jeweilige Pferd angepasst.

Die Funktionalität der Halfter und ihre Genauigkeit wird von einigen Autoren angezweifelt (persönliche Mitteilung, ELLIS, 2005). So kann z.B. bei den 24-stündigen Messungen anhand der Kaufrequenz nur schwer zwischen

## V. Diskussion

---

Futteraufnahme und sonstiger Beschäftigung, wie z.B. Körperpflege unterschieden werden. Die Wasseraufnahme verursacht dagegen keine nachweisbaren Impulse im Sensor. Das einzige Unterscheidungskriterium zwischen Futteraufnahme und anderen Beschäftigungen ist die Kaufrequenz pro Intervall. Bei welcher eine Mindesthöhe von 5-7 Kauschläge/ 5 sec veranschlagt werden kann. Aufgrund dieser Tatsache liefern die in diesem Versuch durchgeführten Messungen über 24 Stunden bei den Raufuttermitteln möglicherweise ungenaue Ergebnisse zur Kaufrequenz. Bei definierten Zulagen dagegen, die kontinuierlich über einen kurzen Zeitraum aufgenommen wurden, konnten für die Kaufrequenz gute Ergebnisse erzielt werden.

Die etablierte Technik der Myografie hat sich als sehr einfach durchführbar erwiesen. Sie zeigt darüber hinaus auch eine hohe Zuverlässigkeit bei kooperativen Versuchstieren. In Kombination mit einer Videoüberwachung, welche das Pferdeverhalten sicher dokumentieren kann, liefert das Halfter möglicherweise auch über 24h gute Ergebnisse zur Kaufrequenz.

## 2 Erörterung der eigenen Ergebnisse

### 2.1 Futteraufnahmemengen bei ad libitum Fütterung

Nach MEYER und COENEN (2004) kann unter üblichen Bedingungen beim Pferd mit einer TS-Aufnahmekapazität von 2,5 - 3,5 % der KM pro Tag gerechnet werden. In der Literatur variieren die Aufnahmemengen bei ad libitum Fütterung je nach Autor und Futtermittel. So wurden für unterschiedliche Heusorten (Luzerneheu, früher Schnitt, später Schnitt, u.a.) Aufnahmemengen von 9,4 – 12,0 kg TS/Tier und Tag ermittelt (DULPHY et al., 1997; ORDAKOWSKI-BURK et al., 2005). Das entsprach einer Aufnahme von 17,6 – 24,3 g TS/kg KM. In diesem Versuch konnten für Heu ebenfalls ähnliche Werte ermittelt werden (16,1 – 26,6 g TS/kg KM) und somit konnten die Ergebnisse von DULPHY et al. (1997) und ORDAKOWSKI et al. (2005) bestätigt werden, wobei die absolute Aufnahmemenge jedoch zwischen 9,27 und 16,5 kg TS/Tier und Tag variierte. Dies entsprach einer TS-Aufnahme von 1,5 - 2,7 % der KM pro Tag. Bei Heu und Heulage kam es nur zu einem moderaten Anstieg

## V. Diskussion

---

der Futteraufnahme während der Versuchsdauer. Die absolute Aufnahme von Heulage variierte zwischen 10,7 und 20,3 kg TS/Tier und Tag. Dies entsprach einer Aufnahmemenge von 1,8 – 3,2 % der KM pro Tag. Heu und Heulage zeigten somit bereits zu Beginn der Fütterung an Tag 1 ein hohes Aufnahmeniveau.

Dagegen kam es bei der Fütterung der Stroh-Luzerne-Häcksel von einem niedrigeren Ausgangsniveau zu einem stetigen Anstieg der täglichen Aufnahmemenge. Es wurde daher nach 21 Tagen Fütterung noch kein Plateau in der Futteraufnahmemenge erreicht. Die Versuchsdauer sollte bei weiteren Untersuchungen verlängert werden, bis ein Plateau in der Futteraufnahme erreicht worden ist. Eine Ursache für die langsamere Adaptation an die maximale Aufnahmemenge könnte die möglicherweise geringere Schmackhaftigkeit durch die Strohkomponente sein.

### 2.2 Futteraufnahmerhythmik bei ad libitum Fütterung

Bei der ad libitum-Aufnahme von Weidegras konnten für eine einzelne Futteraufnahme fünf bis 120 Minuten ermittelt werden (MCDONELL et al., 1999). Ähnliche Ergebnisse lieferte die Studien von KOWNAKI (1978) an frei lebenden polnischen Koniks und von KUHNE (2003) am Verhalten von ganzjährig auf der Weide gehaltenen Araberpferden. Dagegen ermittelten DULPHY et al. (1997) als längste Aufnahmedauer sogar 196 Minuten bei Heufütterung.

Bei der ad-libitum-Fütterung von Raufuttermitteln während dieses Versuches konnten bis zu 70 Perioden, die eine Kauaktivität zeigten, mit einer Dauer von einer bis 120 Minuten während der 24-stündigen Messung ermittelt werden. Somit konnte eine Übereinstimmung bezüglich der Futteraufnahmedauer mit den Daten von MCDONNELL et al. (1999) gefunden werden. Die aufgenommene Futtermenge verteilte sich bei DULPHY et al. (1997) auf neun bis zwölf Mahlzeiten und bei MCDONNELL et al. (1999) auf bis zu 30 Mahlzeiten am Tag. Die mit 60 Mahlzeiten dagegen doppelt so hohe Anzahl in diesem Versuch im Vergleich zu MCDONNELL et al. (1999) könnte zum einen durch die Messkriterien begründet sein, da in dieser Studie ab einer Unterbrechung von mindestens 30 Sekunden die Kauaktivität, von welcher auf die Futteraufnahme geschlossen wurde, als unterbrochen galt und die

## V. Diskussion

---

Fortführung der Kauaktivität als neue Sequenz gezählt wurde. Zum anderen unterbrachen die Versuchspferde die Aufnahme während der Verrichtung der Stallarbeiten oder anderweitiger Unruhe (Geräusche, Personen, etc.). Diese stalltypischen Gegebenheiten sind auf der Weide oder in freier Wildbahn nicht in dieser Form anzutreffen. Zudem wurde die Aufnahme stark von der Futtervorlage beeinflusst, denn die Pferde zeigten nach jeder Zuteilung eine bis zu zwei Stunden dauernde Futteraufnahme. Das die mehrmalige Futtervorlage auch bei ad libitum Fütterung einen Einfluss auf die Futteraufnahme hat, wurde schon von MCDONNELL et al. (1999) beschrieben und konnte in diesem Versuch bestätigt werden. Dagegen konnte von HARRIS et al. (2005) bei restriktiver Zuteilung von 2 kg Heu eine kontinuierliche Heuaufnahme beobachtet werden.

Der von verschiedenen Autoren (z.B. RALSTON und BAILE, 1983) beschriebene diurnale Rhythmus bei der Futteraufnahme mit mehr und länger andauernde Mahlzeiten in der Zeit von 8.00 Uhr bis 17.00 Uhr und mit der geringsten Futteraufnahmeaktivität zwischen 1.00 Uhr und 6.00 Uhr konnte ebenfalls bestätigt werden (s. Abbildung 20). Einflüsse ergaben sich ebenfalls aus dem Beleuchtungsintervall (RIESCHBIETER, 2001). Mit Beginn der Beleuchtung konnten steigende Aufnahmezeiten beobachtet werden.

## V. Diskussion

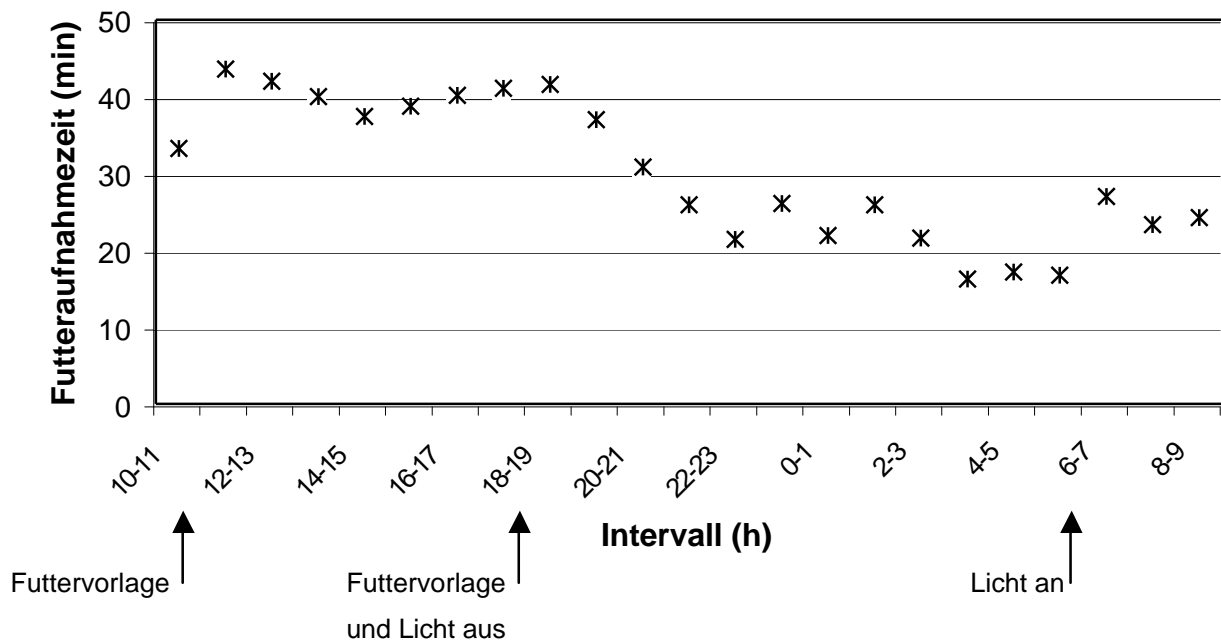


Abbildung 20: Mittlere Kauaktivität (min/h) mittels Halfter über 24 h gemessen aus den Varianten Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel gemittelt (N=3)

### 2.3 Futteraufnahmezeit und Kauaktivität

Pferde, die unter Freilandbedingungen gehalten werden, verbringen 14,4 - 21,4 h eines Tages mit der Nahrungsaufnahme (DUNCAN, 1980 und KRULL, 1984). Für im Stall gehaltene Pferde konnten bei ad libitum Zuteilung ähnliche Zeiten ermittelt werden (RALSTON und BAILE, 1983). Für die ad libitum-Varianten wurden Aufnahmezeiten von minimal 5 bis maximal 14 h ermittelt (s. *Tabelle 36*). Dies entspricht den Beobachtungen von ARNOLD (1984) und MCDONELL et al. (1999), welche nach unterschiedlichen Beobachtungen bei auf der Weide gehaltenen Pferden 4 - 12 h bzw. 4 - 16 h für die Futteraufnahme ermittelten.

Im Gegensatz dazu steht die heutige Pferdehaltung, in der üblicherweise Raufutter restriktiv und Getreide zum Teil forciert gefüttert werden. Nach KILEY-WORHTINGTON (1989) beträgt der Anteil der zum Fressen aufgewendeten Zeit bei rationierter Heuzuteilung von 3 kg/Tier und Tag und strohloser Haltung etwa noch 3,6 h des 24-Stunden-Tags. In dieser Studie konnten die von KILEY-WORHTINGTON (1989) ermittelten Futteraufnahmezeiten mit rund 4 h für durchschnittlich 2,5 kg Hafer

## V. Diskussion

---

und 6,0 kg Heu pro Tier und Tag bei rationierter Fütterung bestätigt werden. Somit kommt es bei rationierter Zuteilung von Raufutter zu einer mangelnden Beschäftigung der Tiere und längeren Stehzeiten (KILEY-WORTHINGTON, 1989). Dies kann zu stereotypem Verhalten führen. Ebenso wird eine geringere Futteraufnahmezeit mit einer geringeren Speichelbildung in Verbindung gebracht, so dass es zu einer schlechteren Durchmischung des Mageninhalts kommt. Nach MEYER et al. (1985) wird die Speichelbildung vor allem durch die Dauer der Futteraufnahme pro Futtermenge und nur in geringem Umfang durch den Wassergehalt des Ausgangsmaterials beeinflusst. Schnellfressende größere Pferde bildeten bei Mischfutterzuteilungen bis zu 90 ml und bei Raufutter bis zu 80 ml Speichel/min. Jedoch war die Aufnahmedauer/kg bei Raufutter signifikant länger. Diese verkürzte Aufnahmezeit bei Mischfutter führt letztlich zu Störungen der Verdauungsprozesse und begünstigt die Bildung von Magengeschwüren beim Pferd.

Innerhalb dieser Studie konnten bei den **Getreidevarianten** Aufnahmezeiten zwischen  $8,83 \pm 1,07$  min/kg TS (gerollte Gerste) und  $13,3 \pm 4,01$  min/kg TS (extrudierte Gerste mit Enzym) ermittelt werden. Diese Aufnahmezeiten entsprechen denen bisher in der Literatur angegebenen für Hafer mit rund 10 min/kg TS (MEYER et al., 1975; BOGNER et al., 1984; ZEITLER-FEICHT, 2001). Die gemessene Aufnahmemenge bei moderat angebotenen Hafer (2 g Stärke/kg KM) betrug  $90,3 \pm 16,6$  g/min. Dies bestätigt das Ergebnis von MEYER et al. (1975), die für Hafer eine Aufnahme von 91,8 g TS/min ermittelten. HARRIS et al. (2005) konnten dagegen für heilen Hafer bei Fütterungsversuchen an 8 australischen Wallachen (KM  $564 \pm 26$  kg) eine deutlich niedrigere Aufnahme von  $57,8 \pm 8,14$  g/min ermitteln. Ob dieser Unterschied rassebedingt ist, auf Zahnveränderungen zurückzuführen ist oder andere Ursachen hat, konnte nicht geklärt werden.

Einen Einfluss der Bearbeitung von Getreide auf die Aufnahmedauer konnten MEYER et al. (1975) bei dem Vergleich von heilem, gequetschtem und fein sowie grob geschrotetem Hafer belegen. Der fein geschrotete Hafer wies mit 24,9 min/kg TS eine doppelt so lange Aufnahmedauer im Vergleich zu heilem Hafer mit 10,9

## V. Diskussion

---

min/kg TS auf. MEYER et al. (1975) führten die verzögerte Futteraufnahme bei feingemahlten Getreiden auf die vermehrt notwendige Lippenarbeit sowie auf eine größere Aversion gegenüber staubigem Material evtl. auch auf eine gewisse Verklebung des feinen Schrotens in der Maulhöhle zurück. Somit kann ein Einfluss auf die Futteraufnahmedauer durch feines Schrotens von Getreide bestätigt werden. In diesem Versuch wurde die gerollte Gerste signifikant schneller aufgenommen als heiler Hafer oder thermische Gerstezubereitungen. Für die thermische Zubereitung von Gerste konnte somit kein Einfluss der Behandlung auf die Aufnahmezeit nachgewiesen werden. Das Brechen von Getreide scheint dem Pferd im Gegensatz zum feinen Schrotens die Aufnahme ins Maul und Einbringung zwischen die Backenzähne zu erleichtern.

Zu der Aufnahmezeit von **Mischfuttermitteln** liegen verschiedene Studien vor. Besonders intensiv wurden die Aufnahmezeiten pelletierter Mischfutter oder Mischfutter mit mechanisch oder thermisch behandeltem Getreide untersucht. In dieser Studie konnten für die Mischfutter Aufnahmezeiten von  $6,3 \pm 0,750$  min/kg TS ermittelt werden. Die Mischfutter wurden signifikant schneller aufgenommen als die Getreidezubereitungen. Diese Beobachtungen werden von ELLIS et al. (2005a) gestützt. ELLIS et al. (2005a) ermittelten für Mischfutter bestehend aus Pellets, Stroh-Luzerne-Häcksel und Trockenschnitzel eine Aufnahmezeit von 6,36 min/kg TS und bei ausschließlicher Pelletgabe eine Aufnahmezeit von 6,45 min/kg TS.

Dagegen ermittelten MEYER et al. (1975) für Mischfutter ähnliche Aufnahmezeiten (14,1 min bei loseem MF) wie beim Haferschrot. Dieses Ergebnis wurde durch HARRIS et al. (2005) bestätigt. Durch Pelletieren wurde in der Studie von MEYER et al. (1975) die Aufnahme abhängig von der Pelletgröße moderat beeinflusst (12,6 min/kg TS bei 4 mm Pellets, 11,1 min/kg TS bei 8 mm Pellets und 15,2 min/kg TS bei 10 mm Pellets). Die niedrigeren Aufnahmezeiten von Mischfuttermitteln könnten unter anderem in der unterschiedlichen Zusammensetzung und Pelletgröße der Mischfuttermittel sowie in der Auswahl der Versuchtiere begründet liegen. Im eigenen Versuch betrug das Gewicht der Pferde 520 bis 600 kg. MEYER et al. (1975) führten die Bestimmung der Fressdauer an etwa 450 bis 550 kg schweren

## V. Diskussion

---

Pferden durch und ermittelten für Ponies (200 bis 280 kg KM) Aufnahmezeiten von 48,5 min/kg TS für pelletierte Mischfutter mit 4 und 8 mm Durchmesser. Somit kann ein Einfluss des Körpergewichts bzw. der Körpergröße auf die Aufnahmedauer nicht ausgeschlossen werden.

In diesem Versuch konnten bei der diskontinuierlichen Aufnahme von **Hafer mit 4 g Stärke/kg KM** Aufnahmemengen von  $53,8 \pm 18,0$  g/min ermittelt werden. Dies entspricht der von HARRIS et al. (2005) an australischen Wallachen ermittelten Aufnahmemenge. Jedoch wurden von HARRIS et al. (2005) niedrige Stärkegehalte von 1,2 g/kg KM gefüttert und keine diskontinuierliche Futteraufnahme beobachtet, wie sie in diesem Versuch bei der Fütterung von Hafer mit 4 g Stärke/kg KM vorhanden war.

In dieser Studie konnten für **Heu** die von MEYER et al. (1975) sowie die von ZEITLER-FEICHT et al. (2000) beschriebenen Aufnahmezeiten von 34,7 bzw. 35,1 Minuten/kg TS in dieser Studie mit 39,3 min/kg TS bestätigt werden. Scheinbar differieren die verschiedenen Heusorten in der Aufnahmezeit nur wenig voneinander. Pferde zeigten bei Fütterungsversuchen keine Präferenzen bezüglich Heuqualität und Sorte (CASSILL et al., 2005). Für die Aufnahme von Heu konnten in dieser Studie  $27,6 \pm 5,98$  g TS/min ermittelt werden. Ähnliche Werte konnten von HARRIS et al. (2005) erhoben werden. Die Ergebnisse bestätigen die erheblichen Unterschiede in der Futteraufnahmezeit zwischen Kraft- und Raufutter. Die Empfehlung an Pferde 1 kg kaufähiges Raufutter pro 100 kg KM zu reichen, gewährleistet die verdauungsphysiologischen Vorgänge. Ein 500 kg schweres Pferd wird durch die Vorlage von 5 kg Heu aber maximal vier Stunden mit der Futteraufnahme beschäftigt sein.

Bei den **Kombinationen von Hafer mit Luzerne** konnte in dieser Studie für die Mischung aus Hafer mit Luzerne die kürzesten Aufnahmezeiten mit  $11,4 \pm 2,13$  min/kg TS (blockweise Fütterung) und  $10,9 \pm 2,53$  min/kg TS (randomisierte Fütterung) ermittelt werden, welche der Aufnahmezeit bei Fütterung von ganzem



## V. Diskussion

---

Hafer entsprachen. Das Verhältnis von Hafer zu Luzerne entsprach bei allen Pferden ca. 2,9:1. Dies ergab sich aus der Dosierung von 0,5 g Rohfaser/kg KM. Die Fütterung von Hafer vor, nach oder mit Luzerne führte zu keinen signifikanten Änderungen an der Aufnahmezeit und Menge für Hafer. Jedoch zeigte sich in der blockweisen Fütterung die Tendenz, dass Hafer nach erfolgter Luzernegabe langsamer aufgenommen wird. Somit konnte im Gegensatz zu ELLIS et al. (2005a), HARRIS et al. (2005) und MEYER et al. (1975) kein Einfluss von Häckselzulage auf die Aufnahme von Hafer bewiesen werden. Es lässt jedoch die Vermutung zu, dass die Gabe von Luzernehäckseln vor der Fütterung von Hafer einen Sättigungseffekt hervorruft. Warum dies nur in der blockweisen Fütterung beobachtet werden konnte, ließ sich nicht abschließend klären. Jedoch wäre eine Wiederholung mit einer größeren Tierzahl und einem Rohfasergehalt von 1 – 2 g/kg KM sinnvoll.

MEYER et al. (1975) ermittelten für die Mischung aus Hafer mit Heuhäcksel bei einem Mischungsverhältnis von 3,3:1 signifikant höhere Aufnahmezeiten als bei reiner Haferfütterung. Je höher die Häckselzulage, desto länger benötigten die Pferde für die Aufnahme (MEYER et al., 1975). In den Untersuchungen von ELLIS et al. (2005a) zur Auswirkung der Zulage von 10, 20 oder 30 % gehäckseltem Stroh bei Mischfutter, bestehend aus 80 % Pellets, 10 % Melasse und 10 % Luzernehäcksel, konnte ab einer Zulage von 20 % Strohhäcksel ebenfalls eine signifikant längere Aufnahmezeit verzeichnet werden. Ebenso konnten von HARRIS et al. (2005) eine Steigerung der Aufnahmezeit und eine signifikante Reduktion der Aufnahmemenge nach Zulage von 35 % Luzernehäckseln zu Mischfutter im Vergleich zu reiner Mischfuttergabe nachgewiesen werden. Bei der Zulage von 35% Luzernehäcksel zu Hafer dagegen konnte keine signifikante Abnahme der Aufnahmemenge des Luzernehäcksel-Hafergemisches festgestellt werden. Somit besteht ein Unterschied der Zulage von Luzernehäckseln zu Mischfutter und Hafer. Dies konnte ebenfalls durch die eigene Studie bestätigt werden. Eine Ursache für die Diskrepanz der Ergebnisse dieser Studie und der Studie von HARRIS et al. (2005) bezüglich der Futteraufnahmezeit könnte neben der geringen Tierzahl die Häcksellänge sein. Bei einer Häcksellänge von 11 cm für Ponies und 4 cm bei Pferden konnten die

## V. Diskussion

niedrigsten Aufnahmezeiten und somit die längsten Futteraufnahmezeiten beobachtet werden (CUDDEFORD, 1996). Die hier verwendeten Luzernehäcksel enthielten einen großen Anteil an kurzen Partikeln (s. Tabelle 57). Ebenso hatten die von HARRIS et al. (2005) verwendeten Häcksel eine Länge unter 2 cm. Jedoch erklärt dieses nicht die von HARRIS et al. (2005) beobachteten Unterschiede zwischen der Mischung aus Luzernehäckseln und Mischfutter zu Luzernehäckseln und Hafer. Schon MEYER et al. (1975) stellten fest, dass die Mischung von mehligem Futtermitteln mit heilen Körnern die Griffbarkeit erhöht und es somit zu einer schnelleren Aufnahme der feinen Partikel kommen kann. Somit muss bei der Mischung von Getreide mit Raufutter auf eine genügende Strukturierung und ausreichende Häcksellänge der Rohfaser geachtet werden, ansonsten kann die Futteraufnahmemenge durch die verbesserte Griffbarkeit erhöht werden.

*Tabelle 57: Massenmäßige Verteilung der Trockensubstanz auf Fraktionen unterschiedlicher Partikelgrößen (%) der in der vorliegenden Variante verwendeten Luzernehäcksel*

Futtermittel	Anteil in % der Partikelgröße					
	>3,15 cm	>2,0 cm	>1,4 cm	>1,0 cm	>0,56 cm	<0,56 cm
Luzernehäcksel	28,0	19,5	6,5	13,0	15,5	17,5

Die Trockenschnitzel lagen mit ihrer Aufnahmezeit im gleichen Bereich wie die Stroh-Luzerne-Häcksel, also unterhalb von Heu und Heulage, aber über den Getreiden. Zwischen den feuchten und den trocken verfütterten Trockenschnitzeln bestand kein Unterschied in der Aufnahmegeschwindigkeit in g TS/min. Durch die moderate Aufnahmegeschwindigkeit wäre die Zulage von Trockenschnitzeln bei Sportpferden eine Alternative. Trockenschnitzel verfügen über eine hohe Energiedichte und zeigten keinen negativen Effekt auf die Leistung von Pferden beim Laufbandtraining (MÖHRER, 2003). In wie weit Mischungen mit Trockenschnitzeln sinnvoll sind und welcher Anteil an Trockenschnitzeln sinnvoll ist, sollte in weiteren Studien geklärt werden.

## V. Diskussion

---

### 2.4 Kauffrequenz (KF/min und KF/kg)

Die Kauffrequenz des Pferdes wird sowohl durch die Art des Futtermittels, seine Struktur und Bearbeitung als auch durch die Menge und Darreichungsform des Futtermittels stark beeinflusst (COLLINSON, 1994; ELLIS et al., 2005; HARRIS et al., 2005; MEYER et al., 1975 und NOERGAARD, 2003). Es konnten in dieser Studie für Mischfutter und Getreide die niedrigsten Kauffrequenzen/kg TS ermittelt werden. Dagegen wurden für Heu und Heulage die höchsten Kauffrequenzen gemessen. Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von MEYER et al. (1975), ELLIS et al. (2003 und 2005a) und NOERGAARD et al. (2003).

Die mittlere Kauffrequenz für **Hafer** ergab  $886 \pm 88$  Kauschläge/min und lag somit unter denen von ELLIS et al. (2005a) und MEYER et al. (1975) ermittelten Kauffrequenzen für Hafer mit 1050 bzw. 945 Schlägen/kg TS. Bei Fütterung großer Hafermengen (4g Stärke/kg KM) zeigte sich jedoch auch in dieser Studie für Hafer eine höhere Kauffrequenz mit  $1222 \pm 254$  Kauschläge/kg TS. Somit ist davon auszugehen, dass die ermittelte Kauffrequenz abhängig von der Gesamtmenge der gereichten Portion ist.

Bei den **Mischfuttern** zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Getreiden. Die wenigen in der Literatur angegebenen Kauffrequenzen variieren von 536 Kauschlägen/kg TS für pelletiertes Mischfutter (ELLIS et al., 2005a) bis 1571 Kauschläge/kg TS für loses Mischfutter (MEYER et al., 1975). Für pelletierte Mischfutter wurden niedrigere Kauffrequenzen ermittelt als für lose Mischfutter (MEYER et al., 1975; ELLIS et al., 2005).

Die in der Literatur angegebenen Kauffrequenzen für **Heu** variieren von 2199 Kauschlägen/kg TS (ELLIS et al., 2003) bis 3700 Kauschlägen/kg TS (MEYER et al., 1975). Für gehäckseltes Heu konnten generell höhere Kauffrequenzen ermittelt werden (CUDDEFORD, 1997; ELLIS et al., 2003). In dieser Studie betrug die Kauffrequenz für Heu  $2661 \pm 600$  Kauschläge/kg TS. Die gemessenen Kauffrequenzen liegen somit im mittleren Bereich.

## V. Diskussion

---

Für die Unterschiede in der Kaufrequenz der verschiedenen Futtermittel ist demnach zum einen der unterschiedliche Anteil an strukturierter Rohfaser verantwortlich. Die Rohfaser der Raufutter liegt im Wesentlichen strukturiert vor, wohingegen die Rohfaser in den Getreiden nicht strukturiert vorliegt. Der Anteil an Rohfaser an den Futtermitteln betrug für Heu, Heulage und Luzerne 335 – 345 g /kg TS, für die Stroh-Luzerne-Häcksel 257 g/kg TS und für die Trockenschnitzel immerhin noch 197 g/kg TS. Die strukturierte Rohfaser führte in der Studie von MEYER et al. (1975) zu einer Intensivierung der Kauarbeit. Des Weiteren führte die Bearbeitung, vor allem die Zerkleinerung (häckseln, brechen, u.a.), zu einer Verringerung der Kaufrequenz, da eines der primären Ziele der Kautätigkeit die Zerkleinerung des Futters durch die Backenzähne darstellt (TREMAINE, 1997), welches demzufolge nicht mehr in dem Umfang erforderlich ist. Für die unterschiedlichen Zubereitungen konnten in diesem Versuch nur für die gerollte Gerste signifikant niedrigere Kaufrequenzen ermittelt werden. Die thermischen Behandlungen der Getreide hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Kaufrequenz.

Da eine geringe Kautätigkeit bei ausschließlicher Verwendung von Krippenfuttermitteln für das Pferd keinen physiologischen Zustand darstellt (MEYER et al., 1975), wurde ebenfalls überprüft, ob die Kauaktivität durch die Zulage von Luzernehäckseln zu Hafer intensiviert oder verlängert werden kann. MEYER et al. (1975) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass die Kaufrequenz durch Zulage von Heu- oder Strohhäckseln zu pelletierten Mischfuttern oder zu losem Mischfutter proportional zur Verlängerung der Fresszeit führte. Entsprechend den Ergebnissen zur Aufnahmezeit und -menge konnte in diesem Versuch keine signifikante Steigerung der Kaufrequenz für die Fütterung von Hafer vor oder nach der Luzernezuteilung ermittelt werden. Jedoch zeigte sich die Tendenz, dass die Kaufrequenz für Hafer nach vorangegangener Luzernegabe bei blockweiser Zuteilung höher ausfiel. Die Mischung von Hafer mit Luzerne rief dagegen ähnliche Kaufrequenzen, wie bei der Haferfütterung hervor. Die Zulage von Luzernehäckseln zu Mischfuttern kann demnach nicht empfohlen werden. Dagegen scheint die Gabe von Luzernehäckseln vor der Haferzuteilung sinnvoll.

## V. Diskussion

---

Dagegen zeigte die Kaufrequenz pro Minute weniger Unterschiede zwischen den Futtermitteln. Die Beobachtungen von ELLIS et al. (2005a), dass Pferde mit einer Frequenz von 60 - 75 Kauschlägen/min kauen, konnte bestätigt werden. Demnach steigt die Kaufrequenz pro Minute mit abnehmender Faserlänge und sinkt mit einem zunehmenden Anteil an strukturierter Rohfaser. Es konnten somit signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Raufuttermitteln (Heu und Heulage zu Stroh-Luzerne-Häckseln) erhoben werden. Diese bestätigen die Ergebnisse von COLLINSON (1994), welcher einen Einfluss der Struktur (Faserlänge, Rohfaseranteil) eines Futtermittels auf die Kaufrequenz pro Minute nachweisen konnte. Dagegen konnte durch Zulage von Raufutterhäckseln zu Hafer oder Pellets die Zahl der Kauschläge/min nicht erhöht werden. Ein einfaches Beimischen von Häckseln reicht demnach für eine Erhöhung der Kaufrequenz pro Minute nicht aus. Diese Beobachtungen werden auch von MEYER et al. (1975) bestätigt.

### 2.5 Kauintensität

In dieser Studie konnten für die Futtermittel mit einem hohen Anteil an strukturierter Rohfaser hohe Amplituden der Muskelaktionspotentiale ermittelt werden. Die Mischfutter wiederum zeigten die niedrigsten Amplituden. Scheinbar können die Mischfutter aufgrund ihrer Bearbeitung, ebenso wie die behandelten Getreide, mit weniger Kraftaufwand als das ganze Korn oder gar die Raufuttermittel zermahlen werden. Dies könnte darin begründet liegen, dass im Bearbeitungsprozess Energie, z.B. in Form von Brechkraft, auf die Getreide einwirkte und daher dem Pferd die Kauarbeit erleichtert wird. Darüber hinaus konnte im Gegensatz zur Kaufrequenz ein Effekt auf die Kauintensität durch das Einweichen eines Futtermittels ermittelt werden. Die trocken verfütterten Trockenschnitzel führten bei gleicher Kaufrequenz/kg TS zu signifikant höheren Kauintensitäten als die über 12 h eingeweichten Trockenschnitzel.

## V. Diskussion

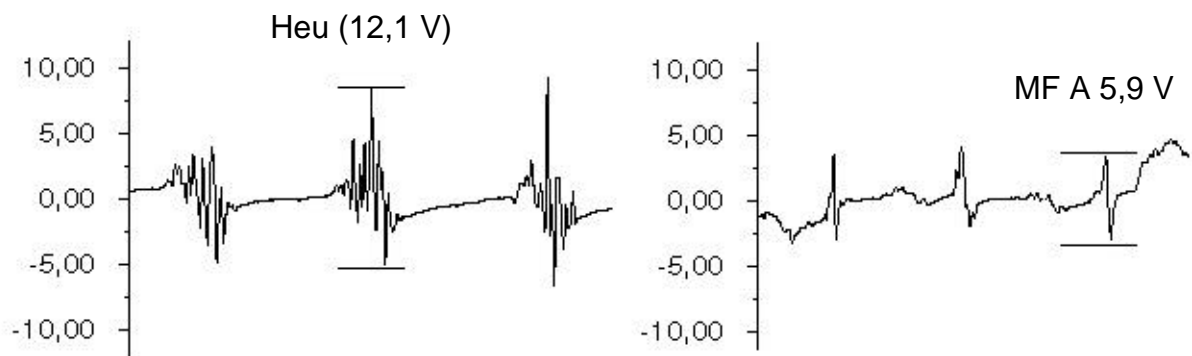


Abbildung 21: Darstellung der Amplitude von Heu und Mischfutter A

Ein Kauzyklus ist nach COLLINSON (1994) und TREMAINE (1997) in drei einzelne Kauphasen unterteilt. Es konnten mittels Myografieuntersuchung zwei Peaks innerhalb eines Kauzykluses aufgezeichnet werden. Der sehr kleine erste Peak beschreibt den Kieferschluss. Der zweite Peak entspricht der Phase der Mahlbewegung. STASZYK et al. (2005) untersuchten mittels eines in einer Nylonkapsel eingebetteten Quarzkristall-Kraftsensors, der auf dem zweiten oder dritten Prämolaren des Unterkiefers platziert wurde, die bei einem Kauvorgang auftretenden Kräfte in Newton und die Dauer eines Kauzykluses. Es wurden jedoch keine Testfuttermittel eingesetzt, sondern die aufgrund der im Maul befindlichen Nylonkapsel gezeigten regelmäßigen Kaubewegungen aufgezeichnet. Die aufgezeichneten Kraft-Zeit-Kurven wiesen eine wiederkehrende Sequenz auf, wobei ein Kurvenabschnitt ohne Kraftentwicklung Peak 1 vorausging.

In der Untersuchung von STASZYK et al. (2005) betrug die mittlere Dauer vom zweiten Peak  $0,59 \pm 0,13$  sec bei  $64 \pm 4$  Kauschlägen/min. Dieses Intervall des Arbeitshubs ist doppelt so lang, wie das Intervall, welches in diesem Versuch bei verschiedenen Futtermitteln gemessen wurde (0,177 bis 0,306 sec). Es scheint ein Zusammenhang zu bestehen zwischen der Kaufrequenz/min und der Dauer eines Muskelaktionspotentials des Arbeitshubs ( $R=0,844$ ). In diesem Versuch konnte die Tendenz ermittelt werden, dass je niedriger die Kaufrequenz/min, desto länger ist die Dauer eines Intervalls. Jedoch konnte kein Einfluss der Höhe der Amplitude eines MAP auf die Kaufrequenz/min ermittelt werden ( $R=0,530$ ). Demnach ergab sich, wie in der Studie von STASZYK et al. (2005), ein langes Intervall bei niedrigen

## V. Diskussion

Kauffrequenzen/min. Dargestellt ist dieses in Abbildung 21. In der Abbildung wurde der Hafer, da er sowohl eine mittlere Amplitude als auch eine mittlere Kauffrequenz zeigte, gleich 100 Prozent gesetzt.

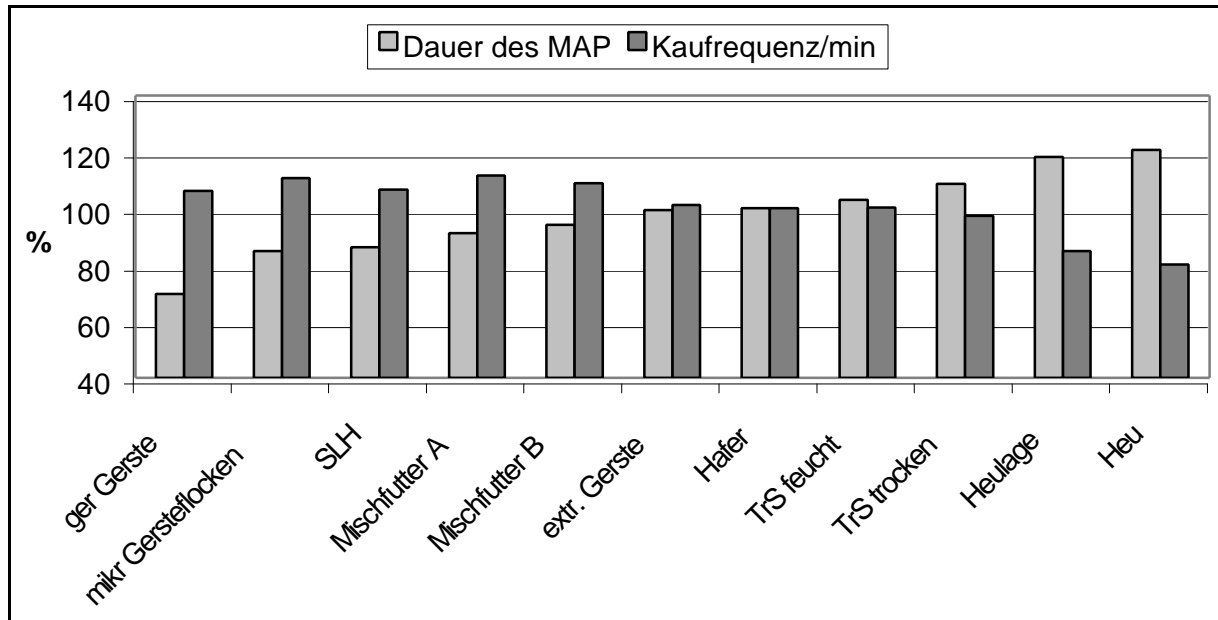


Abbildung 22: Vergleich der mittleren Dauer eines Muskelaktionspotentials des Arbeitshubs und der mittleren Kauffrequenz/min (Angaben in %, Hafer = 100%)

Die Zeit, die für die reine Muskelaktivität des Arbeitshubs benötigt wird, ermittelt sich aus der Dauer des MAP multipliziert mit der Kauffrequenz/min. Mit Ausnahme der Raufutter Heu und Heulage verlängerte sich bei steigender Dauer des MAP der Zeitraum in dem Muskelkraft für den Arbeitshub aufgewendet wurde (Arbeitshub: gerollte Gerste 15,9 sec/min, Mischfutter B 21,48 sec/min und trockene Trockenschnitzel 22,18 sec/min,  $R=0,684$ ).

Die gemessenen Kaukräfte bewegten sich in der Untersuchung von STASZYK et al. (2005) zwischen 397 N und 1758 N, mit einer mittlerer Kraft von  $875 \pm 278$  N. Somit zeigte sich eine große Variabilität zwischen den einzelnen Pferden.

In der eigenen Studie zeigten sich für die Mischfutter die niedrigsten Amplituden um 4 Volt und für die Raufutter die höchsten Amplituden mit 9,8 bis 12,6 Volt. Auffällig war der signifikante Unterschied in der Intensität zwischen den trocken und den

## V. Diskussion

---

feucht verfütterten Trockenschnitzeln bei gleicher Aufnahmegeschwindigkeit. Durch das Aufquellen der Trockenschnitzel wurde die zur Zerkleinerung nötige Kauarbeit reduziert. Somit ist die Konsistenz eines Futters entscheidend für die Kauintensität. Demnach empfiehlt es sich, abgesehen von der potenziellen Gefahr der Schlundverstopfung, Trockenschnitzel an zahngesunde Pferde zur Steigerung der Kauintensität trocken zu verfüttern und an ältere oder an zahnkranke Pferde nur eingeweicht zu reichen.

Bei den Getreiden zeigten sich für die bearbeitenden Getreide, wenn zum Teil auch nicht signifikant, niedrigere Intensitäten als beim ganzen Hafer. Die Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass eine Bearbeitung in Form von mikronisieren, extrudieren oder pelletieren den nötigen Kraftaufwand beim Kauen für das Tier reduziert. Nicht zu erklären ist allerdings, dass das Häckseln von Raufutter (Variante SLH) im Gegensatz zum langfaserigen Heu eine höhere Amplitude hervorrief. Dieser Effekt konnte aber beispielsweise für die gehäckselte Luzerne nicht beobachtet werden. Die Stroh-Luzerne-Häcksel enthielten allerdings auch einen Strohanteil, so dass möglicherweise der Lignifizierungsgrad der Rohfaser einen erheblichen Einfluss auf die Kauintensität besitzt. Dieser Einfluss wäre für weitere Untersuchungen von Interesse. So könnten beispielsweise Strohhäcksel gemischt mit Getreide einen anderen Effekt auf die Futteraufnahmeparameter ausüben als beispielsweise die nur sehr gering lignifizierten und sehr schmackhaften Luzernehäcksel.

### 2.6 Abschlussbetrachtung

In der Pferdehaltung werden üblicherweise Raufutter rationiert den Pferden vorgelegt. Dies kann zu einer Verkürzung der artspezifischen Fresszeit führen und Pferde wären bei Haltung auf Spänen mehrere Stunden täglich ohne Futter, was aufgrund einer verminderten Speichelproduktion zu einem Absinken des pH-Wertes im Magen führt. Dieses kann neben Stress und anderen Faktoren die Entstehung von Magenulzera beim Pferd begünstigen.



## V. Diskussion

---

Generell werden in der vorliegenden Studie die bekannten Unterschiede in den Futteraufnahmezeiten zwischen Rau- und Krafffutter auch durch die mittels Myografie erhobenen Unterschiede in den Amplituden der Muskelaktionspotentiale bestätigt. Die Empfehlung Luzernehäcksel mit Hafer zu vermischen führte nicht zu der erwünschten Verlängerung der Futteraufnahmezeit und zu einer Reduzierung der Futteraufnahmemengen pro Zeiteinheit. Aber generell sollte aufgrund von Sättigungseffekten erst Raufutter und anschließend das Krafffutter zugeteilt werden. Neben der Struktur scheint auch der Lignifizierungsgrad der Rohfaser einen Einfluss auf die Kauintensität zu besitzen, so dass beispielsweise die Effekte von Strohhäckseln auf die Futtermehrparameter in weiteren Studien überprüft werden sollten.

### VI. Zusammenfassung

#### **Nathalie Anja Sarah Brüssow: Effekte verschiedener Futtermittel und – bearbeitungsformen auf die Futteraufnahmedauer, die Kaufrequenz und die Kauintensität beim Pferd**

In der vorliegenden Studie wurden die Effekte verschiedener Futtermittel und deren Bearbeitungsformen auf die Futteraufnahmedauer, Kaufrequenz und Kauintensität beim Pferd untersucht und welche Einzelfuttermittel oder welche Kombinationen der vorliegenden Futtermittel dazu geeignet sind, die Pferde durch eine längere Futteraufnahmezeit zu beschäftigen. Untersucht wurden sowohl mechanisch, thermisch und unbehandelte Getreide (Hafer und Gerste) als auch verschiedene Mischfuttermittel und Raufuttermittel (Heu, Heulage und Stroh-Luzerne-Häcksel) sowie Kombinationen aus Hafer und Luzernehäckseln.

**Material und Methoden:** Für die Studie standen 4 klinisch gesunde Pferde, davon drei Traber und ein Mecklenburger Warmblut im Alter von 10 bis 11 Jahren, zur Verfügung, die teils blockweise, teils randomisiert die Testfuttermittel erhielten. Die Getreidezubereitungen und Mischfutter wurden in einer Dosierung von 2 g Stärke/kg KM, die Trockenschnitzel jeweils in der Menge von 1 kg TS/Tier über 13 Tage gereicht. Die Raufutter wurden restriktiv (1 kg TS) und über 21 Tage ad libitum gefüttert. In drei Kombinationen aus Hafer und Luzerne (Gabe von Hafer vor, nach und gemischt mit Luzerne) wurde Hafer mit 2 g Stärke/kg TS und Luzerne mit 0,5 g RF/kg TS restriktiv gefüttert. In den restriktiven Varianten erhielten die Pferde zusätzlich zu der einmal täglich morgens verabreichten Testfütterration dreimal täglich Heu. Die Messungen der Kaufrequenz erfolgten mittels eines mechanischen Handzählers, vier modifizierter Halfter und eines Myografen. Im Myogramm entspricht die Kauintensität der Höhe der Amplitude und das Kauintervall der Dauer der Amplitude. Die Myografiemessung wurde zweimal während des jeweiligen Versuchsdurchganges, frühestens jedoch ab Tag 5, durchgeführt. Zeitgleich liefen Messungen mittels Handzähler und Halfter. Es wurden die Aufnahmedauer, die Kaufrequenz sowie die Dauer eines Kauzyklus und die Kauintensität gemessen.

## VI. Zusammenfassung

---

**Ergebnisse:** Die Verfütterung von Raufutter war mit den längsten Futteraufnahmezeiten, den niedrigsten Futteraufnahmemengen, den höchsten Kauffrequenzen und den höchsten Intensitäten verbunden. Umgekehrt wurden die Mischfutterzubereitungen sowie die Getreidevarianten signifikant schneller, mit einer höheren Futteraufnahmemenge, einer deutlich geringeren Kauffrequenz und mit einer geringeren Intensität als die Raufutter aufgenommen. Die Trockenschnitzelzubereitungen wiesen mittlere Futteraufnahmezeiten und Intensitäten auf. Die vorherige Zulage von Luzernehäckseln vor der Haferfütterung erniedrigte die Futteraufnahmegeschwindigkeit, die Futteraufnahmemenge und steigerte die Kauffrequenz bei gleich bleibender Intensität von Hafer allerdings nicht signifikant. Das Vermischen von Luzernehäckseln mit Hafer erhöhte hingegen signifikant die mittlere Futteraufnahmegeschwindigkeit, jedoch nicht die Futteraufnahmemenge, Frequenz und Intensität ( $p > 0,05$ ). Die Dauer der Muskelaktionspotentiale hingegen wiesen kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen Futtermittelgruppen auf ( $p > 0,05$ , Ausnahme mikronisierte und gerollte Gerste).

**Schlussfolgerungen:** Die Verfütterung von Raufutter intensiviert den Kauvorgang, welches mit einer erhöhten Speichelproduktion, aber auch mit einer längeren Beschäftigung mit der Futteraufnahme im Zusammenhang steht. Auch führt die vorherige Zulage von Luzernehäckseln vor der Haferfütterung zu einem gewissen Sättigungseffekt und somit zu einer Verlangsamung der nachfolgenden Haferaufnahme. Das Vermischen von gehäckselter Luzerne zu Hafer besitzt aber eher nachteilige Effekte, da die Futteraufnahme insgesamt beschleunigt wird.

## VII. Summary

---

### VII. Summary

**Nathalie Anja Sarah Brüssow: Effects of different feedstuff and their processing on the duration of food intake, chewing frequency and chewing intensity by equines.**

The present study examined the effects of different feeds and their varied preparation methods on the duration of food intake, chewing frequency and chewing intensity by equines. Single foods as well as different combinations of these foods were observed in order to find the appropriate foods that lengthen the duration of chewing by equines, in order to increase their occupation time. These included mechanical and thermal processed cereals, unprocessed cereals (oats and barley), different compound feeds and forage (hay, haylage and straw-alfalfa-chaff) as well as combinations of oats and alfalfa chaff.

**Material and methods:** The horses in this study, aged from 10 to 11 years, were clinically healthy. These were three trotters and one mecklenburger warm blood. The diets were given partly block by block or at random. The restricted diets were formulated to provide 2 g starch/kg BW per day, the sugar beet pulp provided 1 kg DM/Animal. These feedings covered a period of 13 days.

The forage was feed restrictively (1 kg DM) for myography and ad libitum for 21 days. In three different restrictive combinations of oats and alfalfa (oats at first, oats at second and oats mixed with alfalfa), oats provided 2 g starch/kg BW and alfalfa provided 0.5 g crude fibre/kg BW.

In addition to the restrictive feeding in the morning the horses were fed hay three times a day. The chewing frequency was measured with a mechanical counter, modified halters and a myograph. In the myogram the chewing intensity corresponds to the amplitude's height and the chewing interval to the amplitude's duration. The myographic measurement was made twice, not before the 5<sup>th</sup> day of the investigation. The measurements with the counter and the halter were made simultaneously to the myography. The duration of intake, the chewing frequency as well as the duration of the chewing action and the chewing intensity were measured.

## VII. Summary

---

**Results:** The feeding of forage showed the following results: the longest duration of intake, the lowest intake amount, the highest chewing frequency and the highest chewing intensity. Contrary to the forage, the intake of the compound feeds as well as the cereals was significantly faster. The intake amount was higher, the chewing frequency was lower and the chewing intensity was lower.

The sugar beet pulp showed moderate intake velocities and intensities. The previous feeding with alfalfa chaff had no significant influence on oats; but the feed intake velocity and the intake amount were lowered and the chewing frequency was increased while the intensity remained constant. The mixture of alfalfa chaff with oats increased significantly the average intake velocity, but did not influence the intake amount, frequency and intensity ( $p>0.05$ ).

The chewing intervals for the examined feeding combinations showed fewer differences ( $p>0.05$ , exception: micronised and rolled barley).

**Conclusions:** The feeding of forage intensified the chewing process which is associated with an increased saliva production and leads to a longer preoccupation with feed intake. The feeding of alfalfa chaff prior to oats lead to a certain saturation effect which consequently slowed down the following intake of oats. The mixing of alfalfa chaff with oats showed rather adverse effects as the intake was accelerated on the whole.

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

### VIII. LITERATURVERZEICHNIS

ARNOLD, G.W. (1984):

Comparison of the time budgets and circadian patterns of maintenance activities in sheep, cattle and horses grouped together.

Appl. Anim. Behav. Sci. 13, 19-30

DAUBE, J.R. (1999):

Nerve conduction studies.

In: Aminoff, M.J. (eds): Electrodiagnosis in clinical neurology.

4. Aufl., Verlag Churchill Livingstone, Philadelphia, S. 253-289

zit. nach LOBO-ROTH (2005)

BOGNER, H., und A. GRAUVOGEL (1984):

Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere.

7. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

BUDRAS, K.-D. (1997):

Atlas der Anatomie des Pferdes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende.

3. Aufl., Verlag Schlütersche, Hannover

CASSILL, B., L. LAWRENCE and M. COLLINS (2005):

Acceptability of red clover hays to horses.

19<sup>th</sup> Symp. Proc. Equine Sci. Soc., Tucson, Arizona, p. 360-361

COLLINSON, M. (1994):

Food processing and digestibility in horses (*Equus caballus*).

Clayton, Monash Univ., Diss.

CONRAD, B., und C. BISCHOFF (1998):

Das EMG-Buch.

1. Aufl., Verlag Thieme, Stuttgart

CUDDEFORD, D. (1994):

Artificially dehydrated lucerne for horses.

Vet. Rec.

zit. nach ELLIS (2005)

CUDDEFORD, D. (1996):

Digestion in Equine Nutrition.

The Crowood Press, Marlborough, UK, 21

CUDDEFORD, D. (1997):

Mouthy matters.

Dodson and Horrell, 2<sup>nd</sup> Internat. Conf. on Feed

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

CUDDEFORD, D., R.A. PARSON, R.F. ARCHIBALD and R.H. MUIRHEAD (1995):  
Digestibility and gastro-intestinal transit time of diets containing different proportions  
of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies  
and donkeys.

Anim. Sci. 61, 407-417  
zit. nach ELLIS (2005)

CUDDON, P. A. (2002):

Acquired canine peripheral neuropathies.  
Vet. Clin. North. Am. Small. Anim. Pract. 32, 207-49

CUDDON, P. A. (2002a):

Electrophysiology in neuromuscular disease.  
Vet. Clin. North. Am. Small. Anim. Pract. 32, 31-62

ELLENBERGER, W., und V. HOFMEISTER (1886):

Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes.  
Arch. Tierheilkd. 12, 332-364

ELLIS, A. D. (2003) :

Ingestive and digestive processes in equines.  
PhD thesis, Writtle College, Essex University, UK

ELLIS, A. D., and J. HILL (2005):

Nutritional Physiology of the Horse.  
1. Aufl., Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 10-29

ELLIS, A.D., S. THOMAS, K. ARKELL and P. HARRIS, (2005a):

Adding chopped straw to concentrate feed: The effect of inclusion rate and particle  
length on intake behaviour of horses.

Proc. Equine Nutr. Conf. Hannover 2005, Pferdeheilkunde 21( 21), 35-37

FRENTZEN, F. (1994):

Bewegungsaktivitäten und –verhalten von Pferden in Abhängigkeit von  
Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung  
unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

HARRIS, P., M. SILLENCE, R. INGLIS, C. SIEVER-KELLY, M. FRIEND, K. MUNN  
and H. DAVIDSON (2005):

Effect of short lucerne chaff on the rate of intake and glycaemic response to an oat  
meal.

19<sup>th</sup> Symp. Proc. Equine Sci. Soc., Tucson, Arizona, p. 151-152

HECKMANN, R. (1989):

Grundlagen und Methodik zu klinisch-neurophysiologischen Untersuchungen beim  
Hund.

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

1. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart

HENNEKE, D. R., G. D. POTTER, J. L. KREIDER and B. F. YEATES (1983):  
Relationship between condition score, physical measurements and body fat  
percentage in mares.  
Equine vet. J. 15, 371-372

HOPFFE, A. (1913):  
Beitrag zur Kenntnis der normalen Magen-Darm-Flora des Pferdes unter besonderer  
Berücksichtigung der anaeroben Proteolyten.  
Z. Inf. Krankh. Hast. 14, 307-315

KAMPHUES, J., M. COENEN, E. KIENZLE, J. PALLAUF, O. SIMON und J. ZENTEK  
(2004):  
Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.  
10. Aufl., Verlag M.&H. Schaper, Alfeld

KILEY-WORTHINGTON, M. (1990):  
The behaviour of horses in relation to management and training – towards  
ethologically sound environments.  
Equine Vet. Sci., 10(1), 62-72

KIMURA, J. (1989):  
Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle.  
1. Edition, FA Davis , Philadelphia

KOWNACKI, M., E. SASIMOWSKI, M. BUDZYNSKI, T. JEZIEWSKI, M. KAPRON, B.  
JELEN, JAWORSKA, R. DZIEDZIC, A. SEWERYN and Z. SLOMKA (1978):  
Observations of the twenty-four hours rhythm of natural behaviour of polish primitive  
horse bred for conservation of genetic resources in a forest reserve.  
Genet. Pol. 19 (1), 61-77

KRULL, H.-D. (1984):  
Untersuchungen über Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfutter beim Pferd.  
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

KUHNE, F. (2003):  
Tages- und Jahresrhythmus ausgewählter Verhaltensweisen von Araberpferden in  
ganzjähriger Weidehaltung.  
Berlin, Freie Univ., Diss.

LICHT, A. (2000):  
Nicht-invasive Stressparameter beim Trabrennpferd.  
München, LMU, Diss.



## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

LOBO-ROTH, S. (2005):

Methodische Untersuchungen zur Fazialisneurographie bei Hunden und Katzen.  
München, LMU, Diss.

MAYER, R.F., and A.M. DOYLE (1970):

Studies of the motor unit in the cat. Histochemistry and topology of anterior tibial and extensor digitorum longus muscles.

In: WALTON, J.N., CANAL, N. and SCARLOTO, G. (eds): Muscle Diseases, Excerpta Medica, Amsterdam, p.159-163

MCDONELL, S. M., D. A. FREEMAN, N. F. CYMBALUK, H. C. SCHOTT, K. HINCHCLIFF and B. KYLE (1999):

Behavior of stabled horses provided continuous or intermittent access to drinking water.

Am. J. Vet. Res. 60 (11), 1451-1456

MEYER, H. (1991):

Einfluss der Ernährung auf die Entstehung von Koliken (Verdauungsstörungen) beim Pferd.

Tierärztl. Prax. 19, 515-20

MEYER, H., L. AHLWEDE und M. PFERDEKAMP (1980):

Untersuchungen über Magenentleerung und Zusammensetzung des Mageninhaltes beim Pferd.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 87, 54-58

MEYER, H., L. AHLWEDE und H.J. REINHARDT (1975):

Untersuchungen über Fressdauer, Kaufrequenz und Futterzerkleinerung beim Pferd.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 82, 43-47

MEYER, H., und M. COENEN (2002):

Pferdefütterung.

4. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin

MEYER, H., M. COENEN und D. PROBST (1986):

Futtereinspeichelung und -passage im Kopfdarm des Pferdes.

Beiträge zur Verdauungsphysiologie des Pferdes, 14. Mitteilung,

J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 56, 171-183

MÖHRER, J. (2003):

Kurz- und langfristige Effekte der Fütterung von Trockenschnitzelexpandat auf die metabolischen Reaktionen und die Leistungsfähigkeit beim arbeitenden Pferd.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

MURPHY, M. R., and KENNEDY, P. M. (1990):

Particle dynamics.

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

In: J.M. Forbes and J. France (eds): Quantative aspects of ruminant digestion and metabolism, 92, 105, CAB Internat., UK

NAUMANN, C., und R. BASSLER (1997):  
"Die chemische Untersuchung von Futtermitteln."  
Methodenbuch Band III  
Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten  
VDLUFA Verlag, Darmstadt

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE (2003):  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I: Bewegungsapparat.  
Verlag Parey, Berlin

NOERGAARD, P., L. RAFF, U. POULSGAARD, L. ERIKSEN and T.M. SOELAND  
(2003):  
Mean chewing time in horses fed different forages supplemented with concentrates.  
6<sup>th</sup> Int. Symp. Nutr. Herbivores, Merida, Yucatan, Mexico

ORDAKOWSKI-BURK, A.L., R. WEAVER-QUINN, T. SHELLEM and L. VOUGH  
(2005):  
Voluntary intake and apparent digestibility of reed canarygrass and timothy hay fed to  
horses.  
19<sup>th</sup> Symp. Proc. Equine Sci. Soc., Tucson, Arizona, p. 150

PENZLIN, H. (1996):  
Lehrbuch der Tierphysiologie.  
6. Aufl., Verlag G. Fischer, Jena, Stuttgart

PFEFFER, E. (1987):  
Verdauung  
in: SCHEUNERT A. u. A.TRAUTMAN (eds): Lehrbuch der Veterinär Physiologie  
7. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 30-31

RALSTON, S. L., and C.A. BAILE (1983):  
Factors in the control of feed intake of horses and ponies.  
Neurosci. Biobehav. Rev. 7, 465-470

RISCHBIETER, A. (2001):  
Der Einfluss von Klimafaktoren auf das Verhalten von Pferden in Gruppenhaltung.  
Hannover, Univ., Staatsexamen

SAMBRAUS, H.H. (1978):  
Nutztierethologie.  
1. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

SCHLEISNER, C., P. NOERGARD and H.H. HANSEN (1999):  
Discriminant Analysis of Patterns of Jaw Movement During Rumination and Eating in Cow.

Acta Agric. Scand. Sect. A, Anim. Sci. No. 4, Vol. 49, 251-259

SCHOENI-AFFOLTER, F., S. CELIO and B. GOTZOS (2004):

A sustainable and affordable e-learning arrangement for medical students: A blended course in histology with true interactivity.

Proc. 6<sup>th</sup> Int. Conf. New Educat. Envir., Neuchatel 2004

SCHUHKNECHT, A., und H. SCHINKEL (1963):

Universalvorschriften für die Bestimmung von Kalium, Natrium und Lithium nebeneinander.

Z. Anal. Chem. 194, 176-183,

SILBERNAGEL, S., und A. DESPOPOULUS ( 1991):

Taschenatlas der Physiologie.

4. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart, New York

SLAVIN, W. (1968):

Atomic absorption spectroscopy.

Chem. Anal., Vol. 25

Wiley, New York

STASZYK, C., F. LEHMANN, A. BIENERT, K. LUDWIG and H. GASSE (2005):

Measurement of masticatory forces in the horse

Proc. Equi. Nutr. Conf. Hannover 2005, Pferdeheilkunde 21( 21), 33-34

STICHNOTH, J. (2002):

Stresserscheinungen beim praxisähnlichen Einsatz von elektrischen Erziehungshalsbändern beim Hund.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

SWEETING, M. P., C.E. HOUPPT and K.A. HOUPPT (1985):

Social facilitation of feeding and time budgets in stabled ponies.

J. Anim. Sci. 60 (2), 369-374

TREMAINE, H. (1997):

Dental care in horses.

In. Practice 19, 186-199

WIJNBERG, I. D., H. FRANSEN, G.H. JANSEN, W. BACK and J.H. VAN DER KOLK (2003):

Quantitative electromyographic examination in myogenic disorders of 6 horses.

J. Vet. Intern. Med. 17, 185-93.

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

ZEITLER-FEICHT, M. (2001):  
Handbuch Pferdeverhalten.  
1. Aufl., Ulmer Verlag, Münster

ZEITLER-FEICHT, M.H. und S. WALKER (2005):  
Zum Einsatz eines speziellen Heunetzes in der Pferdefütterung aus ethologischer  
Sicht.  
Pferdeheilkunde 21 (3), 229-233

ZETNER, K. (1999):  
Krankheiten der Maulhöhle, der Zähne, der Zunge und der Kiefer.  
2. Aufl., In: Dietz, O., Huskamp, B. (Hrsg): Handbuch Pferdepraxis. Enke Verlag,  
Stuttgart, 363-386

ZEYNER, A. (1995):  
Diätetik beim Pferd. VET special.  
1. Aufl., Verlag G. Fischer, Jena, Stuttgart

## IX. TABELLENANHANG

### IX. TABELLENANHANG

*Anhang 1: Futteraufnahmemengen (kg TS) pro Tag der Pferde 1 - 4 während der ad libitum Varianten*

Tag	Heu Pferd				Heulage Pferd				Stroh-Luzerne-Häcksel Pferd			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	10,3	12,1	11,1	11,1	11,0	18,3	15,9	14,2	6,32	10,4	4,65	12,1
2	9,27	16,0	12,3	12,3	10,7	15,5	16,6	14,8	9,13	12,3	3,16	11,2
3	10,3	15,1	12,4	12,4	10,7	14,2	14,4	12,8	10,9	12,1	6,32	12,8
4	10,6	15,1	12,8	12,8	11,7	17,8	17,0	15,1	11,6	12,1	7,38	13,7
5	10,9	16,5	12,2	12,2	12,0	18,5	18,0	16,0	11,2	12,7	8,78	14,6
6	12,1	14,9	13,1	13,1	12,6	18,2	16,8	15,0	12,5	13,7	10,9	13,9
7	11,9	13,7	12,0	12,0	11,4	16,5	14,2	12,6	13,0	15,1	11,2	13,7
8	11,0	15,7	12,3	12,3	11,9	18,5	16,7	14,9	12,5	13,2	11,2	14,0
9	11,7		12,9	12,9	13,1	17,4	15,0	13,4	12,1	14,5	11,1	14,2
10	10,9		11,9	11,9	12,1	19,5	19,6	17,4	13,5		11,9	15,1
11	12,1		13,5	13,5	10,9	18,0	18,8	16,7	13,3		12,8	15,6
12	10,9		13,1	13,1	13,0	17,7	18,5	16,5	14,6		13,6	16,4
13	10,9		11,2	11,2	11,4	18,7	18,6	16,6	14,2		13,4	17,2
14	11,0		13,1	13,1	11,0	19,2	19,2	17,1	14,1		13,0	17,2
15	10,9		12,9	12,9	11,2	19,0	19,8	17,6	14,8		13,5	17,4
16	11,7		12,9	12,9	11,7	18,9	20,3	18,1	15,1		14,0	18,3
17	11,8		13,3	13,3	11,6	18,7	18,2	16,2	14,0		14,2	15,4
18	11,6		14,3	14,3	12,1	18,3	18,4	16,4	14,4		14,6	16,7
19	12,0		13,8	13,8	11,2	18,3	18,6	16,6	14,4		15,0	17,2
20	11,5		13,6	13,6					14,8		15,1	17,9
21	11,9		13,2	13,2					15,1		15,4	18,4

*Anhang 2: Futteraufnahmemengen (kg TS) der Pferde 1 - 4 pro Mahlzeit und Tag während der Fütterung von Hafer 4g Stärke/kg KM*

Pferd	Versuchstag							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,21	3,03	3,93	2,50			3,48	3,19
2	3,57	5,03	4,18	5,00	5,03			
3	2,69	4,82	4,80	4,86			4,71	4,59
4	1,04	4,44	3,49	3,17			2,63	1,38

## IX. TABELLENANHANG

Anhang 3: Kauffrequenzen (KF/h) und Gesamtaufnahmemenge (kg TS pro Tag) der Pferde 1-4 von den Raufuttermitteln gemessen über 24 h

Futter Pferd	Tag	kg	Kauffrequenz/h																							
			10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	
Heu	1	A	9,39	589	2385	1015	2790	1057	2283	1751	1762	1543	1099	1306	2345	846	1596	59	2129	80	815	1371	1438			
Heu	1	B	11,17	4215	2151	3767	2256	1226	3386	3466	1631	2380	3404	1981	0	2593	130	2634	0	2097	342	1701	1255	1969		
Heu	1	C	12,08	2442	4149	2368	3279	4197	3806	1657	3455	1714	2333	1034	2604	0	3761	776	2064	1266	290	2712	1262			
Heu	2	A	15,35	2679	719	1997	1812	226	3148	2671	2040	580	1007	206	1929	68	1697	483	1559	407	1278	1630	870	2514	1467	
Heu	2	B	16,70	2075	2160	2444	3038	597	3050	3439	2623	3650	1709	1861	941	416	694	1159	711	397	0	587	919	1885	163	
Heu	2	C		2966	3125	2430	1223	1411	2751	2904	3663	2138	1978	729	2489	91	1883	1855	0	1563	1538	633	2349	924	1635	
Heu	3	A	12,11	3308	4251	3618	3830	322	1878	3095	2875	3874	1998	1910	0	2597	3484	0	2124	2154	0	3394	2619	1169		
Heu	3	B	12,95	2670	3612	4294	4322	2876	1300	3348	4136	3610	2250	1675	3214	323	4134	213	1421	2128	317	2095	728	1347		
Heu	3	C	14,21	2916	4047	2075	3569	3702	4203	2891	0	2698	2924	368	3946	1397	1320	2614	1268	2958	127	2232	1090			
Heu	4	A	11,28	651	195	4350	3978	3067	2830	3960	1959	4067	2559	919	2046	633	2545	1782	141	314	46	2723	2579	1607		
Heu	4	B	13,00	1215	3984	2618	2099	3310	1970	3115	1121	2497	2642	613	1913	517	369	1524	682	1558	443	1585	1682	969	1925	
Heu	4	C	12,31	3817	1940	1665	2933	1724	2500	1968	2353	3068	1367	1702	622	706	1430	1854	1497	420	1367	1211	1513	1545	419	
<b>MW</b>			<b>12,8</b>	<b>1481</b>	<b>2691</b>	<b>2496</b>	<b>2659</b>	<b>2530</b>	<b>2520</b>	<b>2651</b>	<b>2849</b>	<b>2731</b>	<b>2234</b>	<b>2239</b>	<b>1723</b>	<b>1221</b>	<b>1569</b>	<b>1318</b>	<b>1659</b>	<b>1195</b>	<b>1094</b>	<b>1171</b>	<b>942</b>	<b>1979</b>	<b>1303</b>	<b>1481</b>
<b>SD</b>			<b>2,04</b>	<b>520</b>	<b>915</b>	<b>1327</b>	<b>1128</b>	<b>1296</b>	1350	<b>965</b>	<b>783</b>	<b>930</b>	<b>1252</b>	<b>901</b>	<b>1008</b>	<b>782</b>	<b>1376</b>	<b>1007</b>	<b>1311</b>	<b>966</b>	<b>849</b>	<b>921</b>	<b>940</b>	<b>580</b>	<b>683</b>	<b>520</b>
SLH	1	A		1094	2638	1547	2595	1986	1946	939	1104	902	195	1569	664	158	369	0	945	0	1330	76	75	1072		
SLH	1	B	14,49	2766	2335	1924	3661	1362	1597	3959	0	3068	3090	1812	2027	0	0	78	0	0	0	866	0	0	0	
SLH	2	A	12,01	1607	3208	2351	0	1465	3896	2507	2439	0	0	1533	3602	0	1349	0	1694	1122	534	994	1534	608		
SLH	2	B	13,64	1072	3380	2027	697	2857	3973	852	3817	3033	263	2916	0	69	2448	1568	1177	264	0	773	1583			
SLH	2	C	13,11	3925	1680	493	3120	1668	3723	2439	1667	1965	1716	507	1124	877	1124	1467	0	303	73	1713	1048	449		
SLH	3	A	12,76	2718	1369	564	3311	2170	2209	3113	2018	2936	2966	1639	2432	2166	462	1698	1673	1206	1058	0	835	425		
SLH	3	B	13,38	3090	5178	2736	3508	2813	3836	3155	1646	4671	2145	2427	1932	2900	0	2299	3474	0	1333	234	1086	0		
SLH	3	C	13,38	3858	4938	2336	1241	3539	1846	4517	3486	3051	2057	3195	1174	2239	2231	818	1732	0	2620	0	572	1070	1270	
SLH	4	A	11,19	4343	3139	3420	4485	2561	2285	3975	2174	3223	2819	1190	1695	2145	0	3037	612	1710	1890	1758	1233			
SLH	4	B	15,04	1636	4255	3175	3047	2342	1990	2425	2494	2856	3006	2875	2473	897	2673	1539	1300	1573	502	1960	483	1778		
SLH	4	C	17,84	2351	3397	3308	2487	1344	2145	2986	4235	3473	2739	2640	1755	2148	2801	1900	1856	1106	1019	2032	2215	1282	1678	
<b>MW</b>			<b>13,5</b>	<b>2283</b>	<b>3139</b>	<b>2595</b>	<b>2519</b>	<b>2284</b>	<b>2295</b>	<b>2802</b>	<b>2454</b>	<b>2758</b>	<b>2666</b>	<b>1813</b>	<b>1929</b>	<b>1120</b>	<b>1608</b>	<b>1197</b>	<b>1207</b>	<b>1210</b>	<b>617</b>	<b>993</b>	<b>874</b>	<b>1054</b>	<b>852</b>	<b>626</b>
<b>SD</b>			<b>1,89</b>	<b>1153</b>	<b>904</b>	<b>1521</b>	<b>1029</b>	<b>845</b>	<b>1154</b>	<b>1055</b>	<b>1436</b>	<b>986</b>	<b>1076</b>	<b>988</b>	<b>1075</b>	<b>805</b>	<b>1302</b>	<b>998</b>	<b>721</b>	<b>1214</b>	<b>583</b>	<b>998</b>	<b>750</b>	<b>556</b>	<b>702</b>	<b>635</b>

IX. TABELLENANHANG

Fortsetzung Anhang 3

FutterPferd	Tag	Menge	TS	Kauffrequenz/h																					
				11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
HL	1	A	8,65	1769	2282	2527	2115	930	2216	684	661	1508	435	1091	813	393	1424	86	492	916	739	1142	1906		
HL	1	B	9,06	4048	3781	3615	1438	3635	2726	1233	900	2029	687	1531	1205	1431	1307	1835	988	694	1448	692	2463		
HL	1	C	8,95	2685	3873	2927	2274	2844	1928	2961	1924	2514	773	1648	166	2604	0	1886	1697	1039	1185	738	2333		
HL	2	A	12,45	2630	1787	2220	3125	2262	1289	2278	1170	1845	128	814	914	391	530	1783	0	212	1181	1326	2140	421	
HL	2	B	14,08	3629	3130	1853	2073	1365	3274	2754	2546	1235	1555	1542	0	1730	1933	182	1179	762	1420	2051			
HL	2	C	14,63	2408	3015	2101	1578	1091	3238	2385	1276	2248	1370	1161	837	596	0	1426	2443	606	0	883	1435	1205	
HL	3	A	11,88	3435	4401	4252	4235	3830	3468	3349	1450	3581	1249	1956	3240	2408	2211	1280	0	3165	1084	1482	2213	2150	
HL	3	B	13,11	4321	3932	1854	2711	2395	3313	2163	2088	1507	1114	1896	1541	1261	3278	1660	1803	917	636	2208			
HL	3	C	13,06	3630	3095	2118	1925	2281	2346	1469	3080	2689	1908	117	2341	1739	2011	2157	1093	1452	2455	736	1126	2512	1753
HL	4	A	19,59	2303	2545	3015	1641	2160	1858	2353	1770	1872	363	2829	1331	997	1931	1282	953	0	1096	139	428	1869	
HL	4	B	11,78	2577	1736	1498	614	2221	2089	1385	1285	1508	1047	2020	450	838	1662	939	1115	931	0	1023			
HL	4	C	11,36	2995	4308	2789	2653	2532	1861	1584	941	3863	2040	2025	0	1644	2093	413	955	1561	0	549	1063	697	
<b>MW</b>			<b>12,4</b>	<b>2859</b>	<b>3235</b>	<b>2754</b>	<b>2358</b>	<b>2575</b>	<b>2252</b>	<b>2296</b>	<b>2195</b>	<b>1980</b>	<b>1562</b>	<b>1243</b>	<b>1163</b>	<b>1422</b>	<b>1214</b>	<b>1544</b>	<b>1352</b>	<b>954</b>	<b>848</b>	<b>913</b>	<b>1395</b>	<b>1379</b>	<b>1760</b>
<b>SD</b>			<b>3,00</b>	<b>481</b>	<b>849</b>	<b>968</b>	<b>977</b>	<b>841</b>	<b>691</b>	<b>986</b>	<b>742</b>	<b>862</b>	<b>791</b>	<b>705</b>	<b>920</b>	<b>869</b>	<b>805</b>	<b>867</b>	<b>544</b>	<b>665</b>	<b>1023</b>	<b>257</b>	<b>646</b>	<b>801</b>	<b>703</b>

## IX. TABELLENANHANG

Anhang 4: Zur Kaufrequenz zugehörige Kauaktivität (min/h) der Pferde 1-4 der Raufuttermittel gemessen über 24 h

Futter Pferd	Kauaktivität (min/h)																							
	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	
Heu 1 A	36,6	41,1	17,8	46,8	20,9	50,3	31,7	32,7	33,2	26,3	18,2	39,7	16,2	30,7	0,83	37,9	1,67	15,3	26,6	40,8				
Heu 1 B	55,8	30,5	52,7	33,2	19,0	49,3	54,3	26,3	35,3	49,0	29,5	0,00	39,0	2,3	38,4	0,00	30,5	5,66	25,8	20,8	30,6			
Heu 1 C	32,3	57,0	14,1	48,3	58,1	57,6	27,9	55,8	28,5	39,4	16,4	42,8	0,00	56,8	12,6	30,3	18,8	4,58	39,9	19,6				
Heu 2 A	49,8	17,4	39,4	37,9	4,4	57,1	55,3	41,4	14,7	21,3	4,7	38,3	1,25	43,8	13,3	30,3	9,01	26,6	28,3	18,2	51,1	32,0		
Heu 2 B	35,3	38,7	44,5	55,0	10,8	56,7	59,5	45,0	59,5	29,8	35,4	22,5	10,9	14,3	21,2	16,3	10,7	0,00	12,5	21,4	35,7	2,75		
Heu 2 C	47,9	58,1	43,1	22,6	27,8	45,8	52,2	60,0	39,3	38,1	16,5	49,3	1,75	35,0	40,8	0,00	31,3	30,2	11,0	40,8	19,7	34,6		
Heu 3 A	43,1	57,9	48,5	53,8	5,3	26,2	42,3	41,9	56,6	28,5	25,5	0,00	36,5	49,8	0,0	32,7	30,6	0,00	48,8	39,5	19,9			
Heu 3 B	32,0	48,8	57,2	57,3	40,8	22,1	48,5	57,8	52,8	31,9	24,0	48,0	4,37	57,7	3,08	20,4	31,5	4,83	30,3	15,0	21,0			
Heu 3 C	37,3	56,6	29,2	49,8	57,2	57,8	39,8	0,00	43,8	44,4	5,42	57,0	29,7	19,8	35,9	17,8	44,2	2,50	29,1	15,5				
Heu 4 A	15,3	2,8	60,0	55,0	44,1	41,2	57,3	32,0	57,2	37,8	14,8	30,3	11,2	37,9	28,4	3,00	7,50	1,42	42,6	44,2	27,3			
Heu 4 B	18,6	58,7	39,5	32,7	49,8	33,8	48,8	24,8	40,0	35,3	12,5	37,8	15,3	10,8	27,2	11,3	26,1	10,3	28,8	31,9	20,6	33,3		
Heu 4 C	58,0	31,6	25,6	44,8	28,8	43,0	34,6	44,3	53,7	29,6	25,4	12,0	15,8	22,5	36,0	26,2	7,42	30,3	20,9	26,8	28,4	4,50		
<b>MW</b>	<b>35,3</b>	<b>42,7</b>	<b>39,8</b>	<b>40,7</b>	<b>36,1</b>	<b>38,6</b>	<b>42,1</b>	<b>46,4</b>	<b>44,3</b>	<b>36,5</b>	<b>28,0</b>	<b>21,4</b>	<b>25,2</b>	<b>23,6</b>	<b>28,2</b>	<b>19,2</b>	<b>17,8</b>	<b>20,3</b>	<b>16,1</b>	<b>32,3</b>	<b>24,8</b>	<b>26,2</b>		
<b>SD</b>	<b>13,5</b>	<b>15,4</b>	<b>15,5</b>	<b>17,6</b>	<b>18,8</b>	<b>14,6</b>	<b>10,3</b>	<b>12,1</b>	<b>17,9</b>	<b>10,3</b>	<b>13,2</b>	<b>14,7</b>	<b>19,7</b>	<b>16,0</b>	<b>18,8</b>	<b>14,2</b>	<b>13,5</b>	<b>13,9</b>	<b>14,2</b>	<b>7,5</b>	<b>13,9</b>	<b>10,6</b>		
SLH 1 A	12,7	34,2	23,2	41,8	31,9	41,4	23,2	21,3	22,9	3,92	39,9	14,3	4,67	11,0	0,00	22,7	0,00	26,9	1,42	1,00	21,5			
SLH 1 B	34,3	0,55	23,1	48,6	22,7	22,6	42,2	0,00	47,3	49,8	25,8	33,5	0,00	0,00	2,42	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	0,00	0,00		
SLH 2 A	25,1	48,4	37,0	0,00	21,3	58,5	39,8	36,8	0,00	0,00	24,0	56,5	0,00	20,8	0,00	27,7	18,1	11,4	16,8	25,2	10,0			
SLH 2 B	22,8	58,1	33,1	11,8	39,7	57,8	15,3	55,0	45,3	6,5	44,7	0,00	1,08	37,2	21,7	29,3	4,50	0,00	15,8	25,4				
SLH 2 C	58,4	25,6	8,58	55,1	25,0	54,0	39,3	31,8	32,8	29,5	8,08	21,8	13,8	21,8	24,8	0,00	6,58	1,42	28,0	15,8	8,34			
SLH 3 A	31,6	17,1	7,50	40,0	26,2	25,8	36,4	25,0	34,8	34,4	17,8	27,8	25,7	6,17	19,9	20,2	14,9	14,0	0,00	11,5	7,25			
SLH 3 B	31,7	58,8	33,6	39,3	30,6	45,8	36,1	20,0	53,2	27,3	26,0	19,9	33,8	0,00	26,5	37,0	0,00	16,5	3,00	14,3	0,00			
SLH 3 C	40,6	53,9	27,8	15,4	40,8	23,8	35,6	38,4	36,1	23,1	31,8	14,5	26,8	28,9	10,8	21,5	0,00	30,5	0,00	8,08	13,7	17,6		
SLH 4 A	57,7		39,3	44,5	59,3	37,0	32,8	55,7	30,9	44,7	38,8	17,2	22,7	28,8	0,00	39,8	11,1	27,1	29,3	27,5	19,8			
SLH 4 B	33,8	54,8	36,8	40,5	32,3	37,6	34,2	34,5	39,0	41,6	41,2	32,5	14,0	37,7	21,0	19,9	23,3	6,92	27,9	7,33	30,4			
SLH 4 C	29,6	44,4	48,4	36,3	18,1	31,4	43,9	57,9	48,8	37,9	38,5	24,3	29,2	37,2	25,2	23,5	15,3	14,8	28,0	30,5	17,3	24,8		
<b>MW</b>	<b>32,2</b>	<b>36,0</b>	<b>32,6</b>	<b>33,3</b>	<b>31,3</b>	<b>31,6</b>	<b>36,6</b>	<b>31,8</b>	<b>37,7</b>	<b>35,2</b>	<b>26,2</b>	<b>24,8</b>	<b>15,9</b>	<b>22,4</b>	<b>17,3</b>	<b>18,3</b>	<b>16,5</b>	<b>11,1</b>	<b>14,2</b>	<b>13,3</b>	<b>17,2</b>	<b>14,5</b>	<b>12,9</b>	
<b>SD</b>	13,7	19,9	16,2	13,8	12,5	14,7	13,5	17,5	13,7	13,5	14,5	13,2	9,66	17,0	13,1	9,0	14,4	9,53	12,6	11,0	9,20	10,0	7,23	



IX. TABELLENANHANG

Fortsetzung Anhang 4

FutterPferd Tag	Kauaktivität (min/h)																						
	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	
HL 1 A	23,8	53,1	51,4	40,3	22,7	42,0	21,1	13,2	36,1	9,83	29,5	22,3	10,7	32,8	2,8	9,5	19,8	16,1	23,1	37,5			
HL 1 B	58,5	56,9	58,3	25,8	59,0	55,5	27,8	17,1	44,3	15,8	28,8	25,6	30,8	22,9	38,3	18,8	14,6	31,1	15,2	47,9			
HL 1 C	39,6	56,9	48,3	43,9	44,9	32,3	53,4	32,4	46,3	17,1	35,9	2,92	48,5	0,00	37,9	28,4	17,1	23,4	16,6	44,0			
HL 2 A	47,8	41,5	52,4	59,8	50,8	26,3	50,9	21,6	35,8	2,92	24,6	23,2	11,9	12,8	43,6	0,00	5,50	24,9	27,8	50,1	9,75		
HL 2 B	60,0	59,0	34,2	37,6	26,8	59,2	49,8	55,3	24,0	35,0	41,7	0,00	46,6	51,3	4,92	21,9	16,8	39,0	41,3				
HL 2 C	40,4	60,0	46,2	31,8	20,8	60,0	48,8	29,3	52,8	36,3	27,4	22,9	13,8	0,00	29,8	55,4	13,4	0,00	25,4	43,9	29,3		
HL 3 A	48,3	60,0	60,0	58,8	58,7	55,4	52,1	26,3	57,6	20,1	31,8	54,3	41,1	40,6	21,9	0,00	56,4	19,8	29,7	38,3	33,7		
HL 3 B	58,6	57,0	34,1	49,0	36,9	58,5	43,1	48,8	29,9	22,1	45,9	41,1	20,7	56,3	30,3	45,8	21,7	12,8	43,1				
HL 3 C	60,0	55,4	36,5	33,8	44,4	50,3	26,1	54,3	47,0	33,2	2,25	49,9	37,7	35,1	38,0	17,7	34,7	40,8	14,2	31,1	52,8	33,4	
HL 4 A	37,5	50,7	58,3	31,8	39,2	34,2	45,8	33,3	33,6	5,67	54,9	22,9	16,6	28,3	24,7	15,3	0,00	23,1	3,67	13,3	34,9		
HL 4 B	48,3	30,9	31,5	14,2	40,8	34,7	26,2	29,1	36,9	20,6	36,3	8,00	15,7	31,9	18,6	24,8	17,9	0,00	20,3				
HL 4 C	39,9	58,5	46,4	40,9	37,9	31,4	25,8	16,8	54,0	30,3	30,5	0,00	25,3	33,5	9,83	20,7	29,8	0,00	12,8	21,4	16,4		
<b>MW</b>	<b>45,6</b>	<b>51,4</b>	<b>46,6</b>	<b>42,8</b>	<b>44,6</b>	<b>41,3</b>	<b>41,7</b>	<b>39,3</b>	<b>29,0</b>	<b>24,9</b>	<b>25,7</b>	<b>28,4</b>	<b>23,8</b>	<b>30,4</b>	<b>27,3</b>	<b>19,8</b>	<b>16,1</b>	<b>20,3</b>	<b>30,3</b>	<b>29,8</b>	<b>32,9</b>		
<b>SD</b>	<b>8,8</b>	<b>10,2</b>	<b>11,6</b>	<b>13,8</b>	<b>11,8</b>	<b>11,7</b>	<b>15,5</b>	<b>12,2</b>	<b>12,9</b>	<b>12,0</b>	<b>14,4</b>	<b>19,05</b>	<b>15,3</b>	<b>14,9</b>	<b>15,4</b>	<b>12,8</b>	<b>15,04</b>	<b>17,9</b>	<b>7,4</b>	<b>12,87</b>	<b>15,7</b>	<b>12,55</b>	

## IX. TABELLENANHANG

*Anhang 5: Futteraufnahme (kg TS) je Stunde der Pferde 1-4 der ad libitum-Varianten über 12h*

Futter	Pferd	Stunden											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Heu	1	0,95	0,42	0,24	0,64	0,55	0,30	0,83	0,67	0,48	0,62	0,86	0,84
Heu	2	1,20	1,00	1,20	1,00	0,60	0,20	0,00	1,00	1,60	1,00	1,00	1,00
Heu	3	0,90	0,20	0,21	0,33	0,60	0,20	0,30	1,00	0,98	0,51	0,61	0,68
Heu	4	0,40	0,50	0,58	0,00	0,92	0,56	0,88	0,62	0,43	1,01	0,84	0,80
	MW	<b>0,86</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,49</b>	<b>0,67</b>	<b>0,32</b>	<b>0,50</b>	<b>0,82</b>	<b>0,87</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>	<b>0,83</b>
	SD	<b>0,34</b>	<b>0,34</b>	<b>0,46</b>	<b>0,43</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,43</b>	<b>0,21</b>	<b>0,54</b>	<b>0,26</b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>
Heulage	1	0,60	1,00	0,80	0,80	0,20	0,40	1,00	1,20	1,00	0,80	0,40	0,60
Heulage	2	1,20	1,20	1,40	1,20	0,60	0,80	0,60	1,00	0,80	1,20	1,40	1,00
Heulage	3	1,80	1,40	0,80	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	1,20	1,00	1,00	0,60
Heulage	4	0,00	1,40	1,20	1,00	0,80	1,20	1,00	0,80	1,40	1,00	0,80	0,80
	MW	<b>0,90</b>	<b>1,25</b>	<b>1,05</b>	<b>0,90</b>	<b>0,50</b>	<b>0,70</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,75</b>
	SD	<b>0,77</b>	<b>0,19</b>	<b>0,30</b>	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,38</b>	<b>0,30</b>	<b>0,53</b>	<b>0,26</b>	<b>0,16</b>	<b>0,42</b>	<b>0,19</b>
SLH	1	1,20	0,40	0,60	1,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,80	0,20
SLH	2	1,60	0,80	1,00	0,00	0,60	1,20	1,10	1,10	0,60	0,40	0,80	0,60
SLH	3	1,60	1,00	0,80	0,60	0,00	1,00	0,60	0,60	0,80	0,80	0,80	1,40
SLH	4	0,40	0,50	0,58	0,00	0,92	0,56	0,88	0,62	0,43	1,01	0,84	0,80
	MW	<b>1,20</b>	<b>0,68</b>	<b>0,75</b>	<b>0,45</b>	<b>0,43</b>	<b>0,94</b>	<b>0,90</b>	<b>0,83</b>	<b>0,61</b>	<b>0,80</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>
	SD	<b>0,57</b>	<b>0,28</b>	<b>0,20</b>	<b>0,57</b>	<b>0,41</b>	<b>0,27</b>	<b>0,22</b>	<b>0,26</b>	<b>0,15</b>	<b>0,29</b>	<b>0,02</b>	<b>0,50</b>

## IX. TABELLENANHANG

*Anhang 6: Messung der Aufnahmezeit (AZ in min), der Aufnahme (kg TS) und der Kaufrequenz, gemessen mittels Halfter, Clicker und Myografie, je Testmahlzeit der Pferde 1-4 bei verschiedenen Futtermitteln; sowie Angabe des zur Auswertung der Myografie eingestellten Schwellenwertes*

Variante	Pferd	AZ (min)	Aufnahme (kg TS)	Kaufrequenz			Schwellen- wert
				Halfter	Clicker	Myografie	
Heu	1	48	1,00	1604	3458	3661	1,5
Heu	2	30	1,00	1965	1884	1854	3,0
Heu	2	65	1,00	2613	3056	3013	3,0
Heu	3	30	1,00	2458	2445	2414	3,0
Heu	3	33	1,00	2777	2605	2709	3,5
Heu	4	31	1,00	2410	2315	2339	3,0
Heu	4	29	1,00	2194	2070	2075	3,0
Heulage	1	55	1,00	6168	4063	3953	3,0
Heulage	1	63	1,00	3252	3462	3519	3,0
Heulage	2	49	1,00	2849	2747	2743	3,0
Heulage	2	63	1,00	3237	3224	3195	3,0
Heulage	3	48	1,00	3686	3958	4023	3,0
Heulage	3	65	1,00	4186	4236	4200	3,0
Heulage	4	33	1,00	2458	2288	2289	3,0
Heulage	4	40	1,00	3206	3042	3091	3,0
SLH	1	33	1,00	1270	2515	2763	1,0
SLH	1	26	1,00	1683	2199	2141	1,0
SLH	2	21	1,00	2586	2442	2802	1,5
SLH	2	25	1,00	1907	1803	1891	1,0
SLH	3	21	1,00	2125	1961	2076	1,0
SLH	3	19	1,00	1870	1750	1795	1,5
SLH	4	26	1,00	2310	2193	2205	1,0
SLH	4	17	1,00	1492	1442	1458	1,0

## IX. TABELLENANHANG

### Fortsetzung Anhang 6

Variante	Pferd	AZ (min)	Aufnahme (kg TS)	Halfter	Kauffrequenz*		Schwellenwert*
					Clicker	Myografie	
ger. Gerste	1	18	2,11	1566	1535	1551	1,2
ger. Gerste	1	24	2,06	2093	1898	1982	1,2
ger. Gerste	2	17	2,54	1577	1437	1562	1,2
ger. Gerste	2	21	2,54	1983	1907	1924	1,2
ger. Gerste	3	18	1,91	1224	1765	1791	0,5
ger. Gerste	3	17	1,99	1718	1624	1630	0,5
ger. Gerste	4	18	1,94	1531	1556	1526	0,5
ger. Gerste	4	16	1,94	1402	1305	1320	0,8
mikr. Gersteflocken	1	19	2,03	1655	1634	1642	0,5
mikr. Gersteflocken	1	26	2,03	1946	1923	1968	0,8
mikr. Gersteflocken	2	21	2,14	2008	1785	1776	0,5
mikr. Gersteflocken	2	19	2,14	1855	1899	1853	0,5
mikr. Gersteflocken	3	19	1,93	1470	1787	1857	0,5
mikr. Gersteflocken	3	19	1,93	2033	2073	1883	0,3
mikr. Gersteflocken	4	17	1,86	1619	1581	1541	0,5
mikr. Gersteflocken	4	17	1,86	1612	1532	1535	0,3
extr Gerste	1	20	2,04	1762	1688	1738	0,8
extr Gerste	1	32	2,04	2215	2059	2127	1,5
extr Gerste	2	21	2,18	1697	1766	1618	0,5
extr Gerste	2	19	2,18	1494	1504	1502	0,5
extr Gerste	3	18	1,95	1720	1647	1639	0,5
extr Gerste	3	19	1,95	1821	1729	1720	0,5
extr Gerste	4	22	1,88	1930	1924	1944	0,5
extr Gerste	4	20	1,88	1783	1725	1741	0,5
Mix L/H Luzerne	1	16	0,97	895	1392	1278	1,0
Mix L/H Hafer	1	33	2,44	1214	2473	2512	1,5
Mix L/H Luzerne	1	19	0,97	813	1463	1506	1,0
Mix L/H Hafer	1	25	2,44	1357	1971	2037	1,0
Mix L/H Luzerne	2	15	1,03	1208	1172	1119	1,0
Mix L/H Hafer	2	27	2,51	1787	2223	2204	1,0
Mix L/H Luzerne	2	15	1,03	1228	1195	1125	1,0
Mix L/H Hafer	2	28	2,51	2189	2372	2264	0,8
Mix L/H Luzerne	3	12	0,91	768	1081	1063	1,0
Mix L/H Hafer	3	23	2,28	955	2230	2252	1,0
Mix L/H Luzerne	3	12	0,91	1010	1056	986	1,0
Mix L/H Hafer	3	24	2,28	921	2212	2236	1,0
Mix L/H Luzerne	4	12	0,89	952	907	913	1,0
Mix L/H Hafer	4	27	2,22	2107	2031	2025	1,0
Mix L/H Luzerne	4	12	0,89	1041	935	1018	0,8
Mix L/H Hafer	4	30	2,22	2355	2217	2308	1,0
Mix H+L	1	42	3,35	2974	3399	3534	1,0
Mix H+L	1	49	3,35	2796		3819	1,0
Mix H+L	2	44	3,49			3266	1,0
Mix H+L	3	30	3,49	1091	2920	2948	1,0
Mix H+L	3	30	3,09	2371	2873	2929	1,5
Mix H+L	4	26	3,09	2257	2103	2148	1,0
Mix H+L	4	26	3,06	2103		2135	1,0

## IX. TABELLENANHANG

### Fortsetzung *Anhang 6*

Variante	Pferd	AZ (min)	Aufnahme (kg TS)	Halfter	Kauffrequenz*		Schwellenwert*
					Clicker	Myografie	
TrS trocken	1	19	1,00	1689	1586	1535	0,5
TrS trocken	1	19	1,00	1595	1566	1537	0,5
TrS trocken	2	26	1,00	2085	1946	1932	0,5
TrS trocken	2	26	1,00	1591	1764	1789	0,5
TrS trocken	3	23	1,00	338	2120	2236	0,5
TrS trocken	3	27	1,00	281	2424	2201	0,5
TrS trocken	4	18	1,00	1571	1448	1506	0,5
TrS trocken	4	19	1,00	1549	1373	1364	0,5
TrS feucht	1	20	1,00	1659	1800	1820	0,5
TrS feucht	1	19	1,00	1632	1722	1784	0,5
TrS feucht	2	29	1,00	2389	1940	2188	0,3
TrS feucht	2	30	1,00	2464	2151	2154	0,3
TrS feucht	3	20	1,00	391	1987	2019	0,5
TrS feucht	3	29	1,00	1621	2356	2317	0,5
TrS feucht	4	20	1,00	1824	1620	1686	0,3
TrS feucht	4	25	1,00	2148		1980	0,3
MF A	1	21	3,16	1879	1858	1853	0,3
MF A	1	23	3,16	2120	2130	2075	0,1
MF A	2	19	3,39	1775	1644	1681	0,3
MF A	2	18	3,39	1721	1662	1683	0,7
MF A	3	20	2,99	2084	2001	1994	0,5
MF A	3	20	2,99	2080	2031	2026	0,5
MF A	4	17	2,87	1562	1548	1552	0,5
MF A	4	18	2,87	1606	1517	1533	1,2
MF B	1	25	3,26	1453	2266	2141	1,0
MF B	1	25	3,26	1708	2133	2106	1,5
MF B	2	20	3,46	1843	1821	1846	0,3
MF B	2	22	3,46	1883	1730		
MF B	3	19	3,18	1988	1922		
MF B	3	20	3,18	2076	1891	1974	0,3
MF B	4	21	3,03	1958	1785	1818	0,3
MF B	4	21	3,03	1999	1929		

\*Leerzellen: aufgrund technischer Gegebenheiten (z.B. Ausfall des Halfters, Kabelbruch beim Myografen) keine Auswertung möglich

## IX. TABELLENANHANG

*Anhang 7: Auswertung der Myografiedaten von Pferd 1-4 bei verschiedenen Futtermitteln nach x Minuten. Angabe der Cursorpositionen, Dauer (dt in s und f in Hz) und Höhe (Diff aus IMin+Max) der Amplitude, der Differenz (dY), der Steigung (dY/dt), dem Integral (Int) sowie dem Effektivwert zwischen den Cursors(RMS)*

Futter Pferd			Cursor 1		Cursor 2		dt (s)	f (Hz)	dY	dY/dt	Min	Max	Diff	Int	RMS
			Y in V	t1	Y in V	t2									
Heu	1	n. 10 min	0,05	9:08:30,75	-0,60	09:08:31,00	0,25	4,00	-0,65	-2,62	-3,33	5,07	8,40	0,15	2,43
		n. 20 min	-0,16	9:18:35,20	-0,71	09:18:35,45	0,25	4,00	-0,55	-2,21	-2,47	3,67	6,14	0,14	1,87
Heu	2	n. 10 min	0,21	11:01:06,19	-1,20	11:01:06,53	0,34	2,94	-1,40	-4,12	-5,49	4,02	9,51	-0,15	2,14
		n. 20 min	-0,41	11:11:38,21	-2,13	11:11:38,54	0,33	3,01	-1,72	-5,18	-6,82	4,86	11,68	-0,38	2,44
Heu	3	n. 10 min	0,35	11:41:45,37	-0,72	11:41:45,67	0,30	3,33	-1,07	-3,58	-3,03	7,22	10,25	0,28	2,50
		n. 20 min	-0,34	11:51:48,36	-1,48	11:51:48,69	0,33	3,03	-1,14	-3,46	-4,40	7,66	12,06	-0,24	2,38
Heu	4	n. 10 min	-0,28	10:19:41,45	-0,42	10:19:41,79	0,34	2,94	-0,13	-0,39	-3,48	6,41	9,89	-0,13	1,80
		n. 20 min	-0,96	10:29:28,13	-0,71	10:29:28,44	0,31	3,23	0,24	0,79	-4,97	5,65	10,3	-0,05	2,28
HL	1	n. 10 min	0,09	12:10:52,05	-1,03	12:10:52,35	0,30	3,33	-1,12	-3,73	-4,79	5,81	10,6	-0,06	2,39
		n. 20 min	0,25	12:12:12,17	-1,08	12:20:12,42	0,25	4,00	-1,33	-5,31	-4,14	4,69	8,83	0,00	2,09
		n. 30 min	0,38	12:31:21,54	-0,67	12:31:21,85	0,31	3,23	-1,04	-3,37	-5,56	3,95	9,51	-0,03	2,20
HL	2	n. 10 min	0,43	11:55:04,73	-0,36	11:55:05,04	0,31	3,23	-0,79	-2,55	-4,17	2,43	6,60	-0,12	1,45
		n. 20 min	0,36	12:05:05,99	-1,24	12:05:06,31	0,32	3,13	-1,60	-4,99	-6,06	4,12	10,2	-0,11	2,08
		n. 30 min	1,32	12:15:12,25	-0,31	12:15:12,50	0,25	4,00	-1,63	-6,25	-2,43	5,35	7,78	0,22	1,93
HL	3	n. 10 min	-0,46	09:54:34,87	-1,30	09:54:35,12	0,25	4,00	-0,84	-3,36	-8,81	9,10	17,9	-0,07	3,09
		n. 20 min	0,00	10:04:38,20	-0,52	10:04:38,50	0,30	3,33	-0,51	-1,71	-4,27	7,78	12,1	0,33	3,13
		n. 30 min	-0,06	10:14:49,19	-0,58	10:04:49,45	0,26	3,85	-0,52	-1,99	-7,45	9,45	16,9	-0,15	3,38
HL	4	n. 10 min	-0,34	10:02:04,84	-0,24	10:02:05,29	0,45	2,22	0,09	0,21	-3,71	10,0	13,7	0,04	1,96
		n. 20 min	-0,43	10:12:36,85	-0,84	10:12:37,17	0,32	3,13	-0,42	-1,30	-4,32	3,73	8,05	-0,08	1,63
		n. 30 min	-1,49	10:22:39,08	-2,98	10:22:39,60	0,28	3,57	-1,39	-4,97	-10,0	5,01	15,0	-0,66	4,50
SHL	1	n. 10 min	0,40	11:23:25,54	-0,74	11:23:25,75	0,21	4,76	-1,14	-5,42	-6,08	4,88	11,0	-0,02	2,28
		n. 20 min	0,88	11:32:03,50	-0,60	11:32:03,70	0,20	5,00	-1,48	-7,40	-2,78	4,36	7,14	0,05	1,75
		n. 30 min	0,13	11:42:02,88	-0,83	11:42:03,16	0,28	3,57	-0,96	-3,44	-4,07	3,69	7,76	-0,12	1,74
SHL	2	n. 10 min	0,13	09:33:32,20	-0,65	09:33:32,50	0,30	3,33	-0,78	-2,59	-3,86	6,88	10,7	-0,11	2,36
		n. 20 min	0,24	09:43:51,59	-0,82	09:43:51,79	0,20	5,00	-1,06	-5,30	-5,87	4,02	9,89	-0,01	2,31
		n. 30 min	-0,82	09:53:07,70	-1,25	09:53:07,95	0,25	4,00	-0,43	-1,74	-5,36	3,98	9,34	-0,12	1,95
SHL	3	n. 10 min	-0,09	09:38:14,00	-0,81	09:38:14,18	0,18	5,43	-0,72	-3,90	-5,16	8,53	13,7	0,03	3,38
		n. 20 min	0,98	09:48:36,18	0,04	09:48:36,38	0,20	5,00	-0,94	-4,71	-9,47	7,64	17,1	0,04	4,00
SHL	4	n. 10 min	0,81	12:38:19,84	-0,86	12:38:20,03	0,19	5,26	-1,67	-8,76	-10,0	10,0	20,0	0,04	5,04
		n. 20 min	-0,76	12:48:34,28	-1,22	12:48:34,50	0,22	4,55	-0,46	-2,11	-7,20	5,27	12,5	-0,10	2,95

## IX. TABELLENANHANG

### Fortsetzung Anhang 7

Futter	Pferd		Cursor 1		Cursor 2		dt (s)	f (Hz)	dY	dY/dt	Min	Max	Diff	Int	RMS
			Y in V	t1	Y in V	t2									
Hafer	1	n. 5 min	-0,61	9:36:24,52	-1,73	9:36:24,77	0,25	4,00	-1,12	-4,47	-4,98	2,38	7,36	-0,22	1,81
		n. 10 min	0,29	9:46:26,79	-1,28	9:46:27,04	0,25	4,00	-1,57	-6,29	-2,95	3,24	6,19	-0,01	1,42
Hafer	2	n. 5 min	0,15	10:01:39,54	-0,65	10:01:39,79	0,25	4,00	-0,81	-3,22	-4,22	1,62	5,84	-0,12	1,30
		n. 10 min	-0,48	10:11:13,93	-1,33	10:11:14,18	0,25	4,00	-0,85	-3,42	-3,79	1,25	5,04	-0,26	1,49
Hafer	3	n. 5 min	0,45	9:51:06,34	0,70	9:51:06,60	0,26	3,85	0,25	0,96	-3,10	5,25	8,35	0,20	1,85
		n. 10 min	-2,24	10:00:19,95	-1,68	10:00:20,20	0,25	4,00	0,36	1,43	-4,90	6,41	11,31	-0,17	2,41
Hafer	4	n. 5 min	-0,69	8:21:29,00	-0,21	8:21:29,27	0,27	3,70	0,48	1,77	-3,97	5,85	9,82	0,02	2,06
		n. 10 min	0,08	8:30:39,85	-0,60	8:30:40,10	0,25	4,00	-0,67	-2,70	-3,43	5,29	8,72	-0,08	1,66
ger. Gerste	1	n. 5 min	1,07	10:01:22,45	-0,23	10:01:22,62	0,17	5,88	-1,31	-7,70	-4,05	3,18	7,23	0,08	1,90
		n. 10 min	0,53	10:07:34,28	-0,32	10:07:34,45	0,17	5,88	-0,85	-5,03	-3,45	3,35	6,80	0,01	1,53
		n. 15 min	0,02	10:12:33,78	-0,79	10:12:33,95	0,17	5,88	-0,81	-4,77	-2,18	1,74	3,92	-0,03	1,00
ger. Gerste	2	n. 5 min	-0,11	09:22:54,43	-0,77	09:22:54,61	0,18	5,56	-0,65	-3,63	-1,55	0,93	2,48	-0,05	0,76
		n. 10 min	0,15	09:27:27,78	-0,41	09:27:27,92	0,14	7,14	-0,56	-3,98	-1,96	1,90	3,86	0,00	0,85
		n. 15 min	-0,22	09:32:43,46	-0,75	09:32:43,61	0,15	6,67	-0,53	-3,55	-1,70	1,15	2,85	-0,05	0,76
ger. Gerste	3	n. 5 min	1,02	08:14:15,36	-0,39	08:14:15,51	0,15	6,67	-1,41	-9,38	-6,45	6,12	12,57	0,14	3,00
		n. 10 min	-0,38	08:19:30,01	-1,44	08:19:30,18	0,17	5,88	-1,06	-6,23	-6,63	5,26	11,89	-0,18	2,58
		n. 15 min	0,35	08:24:19,45	-0,84	08:24:19,62	0,17	5,88	-1,19	-7,01	-7,05	6,86	13,91	-0,03	2,69
ger. Gerste	4	n. 5 min	-0,38	08:26:19,37	-0,73	08:26:19,59	0,22	4,55	-0,35	-1,60	-3,70	3,23	6,93	-0,02	1,68
		n. 10 min	0,19	08:31:32,83	-0,36	08:31:33,03	0,20	5,00	-0,55	-2,73	-1,92	2,10	4,02	-0,05	0,97
		n. 15 min	0,61	08:36:23,36	-0,32	08:36:23,59	0,23	4,35	-0,93	-4,05	-2,81	4,70	7,51	0,07	1,78
mikr. Gersteflocken	1	n. 5 min	0,15	08:55:25,7	-0,88	08:55:25,94	0,24	4,17	-1,03	-4,29	-2,87	1,67	4,54	-0,06	1,14
		n. 10 min	0,74	09:00:22,87	-0,49	09:00:23,08	0,21	4,76	-1,24	-5,88	-2,18	2,46	4,64	-0,01	1,12
		n. 15 min	0,08	09:05:11,09	-0,73	09:05:11,27	0,18	5,56	-0,82	-4,53	-1,98	3,46	5,44	-0,01	1,43
mikr. Gersteflocken	2	n. 5 min	-0,20	08:11:26,29	-0,27	08:11:26,53	0,24	4,17	-0,07	-0,28	-2,13	2,39	4,52	0,05	0,88
		n. 10 min	-0,44	08:16:11,42	-1,04	08:16:11,61	0,19	5,26	-0,59	-3,11	-3,05	3,26	6,31	-0,12	1,39
		n. 15 min	-0,16	08:21:29,20	-0,65	08:21:29,42	0,22	4,55	-0,49	-2,24	-2,04	3,40	5,44	0,03	1,18
mikr. Gersteflocken	3	n. 5 min	-0,83	11:08:43,12	-1,00	11:08:43,36	0,24	4,17	-0,16	-0,67	-4,24	3,09	7,33	-0,18	1,44
		n. 10 min	0,09	11:13:29,95	-1,31	11:13:23,17	0,22	4,55	-1,41	-6,39	-4,69	2,57	7,26	0,16	1,59
		n. 15 min	0,59	11:18:30,59	0,07	11:18:30,79	0,20	5,00	-0,52	-2,61	-1,37	3,95	5,32	0,09	1,14
mikr. Gersteflocken	4	n. 5 min	-0,31	10:22:22,12	-0,47	10:22:22,33	0,21	4,76	-0,16	-0,74	-1,79	2,90	4,69	-0,02	0,99
		n. 10 min	-1,25	10:26:49,54	-1,25	10:26:49,76	0,22	4,55	0,00	-0,02	-2,98	0,34	3,32	-0,26	1,40
		n. 15 min	-1,08	9:45:24,95	-0,50	9:45:25,20	0,25	4,00	0,59	2,34	-1,17	2,04	3,21	-0,03	0,76
extr. Gerste	1	n. 5 min	-1,95	9:55:29,36	0,66	9:55:29,63	0,27	3,70	2,62	9,69	-2,30	2,25	4,55	-0,04	1,17
		n. 10 min	-1,65	10:57:51,44	-1,32	10:57:51,69	0,25	4,00	0,33	1,33	-1,71	1,68	3,39	-0,18	1,12
extr. Gerste	2	n. 5 min	-1,15	11:07:52,17	-0,78	11:07:52,43	0,26	3,85	0,38	1,45	-1,15	1,50	2,65	-0,04	0,72
		n. 10 min	-2,88	8:20:53,02	-2,29	8:20:53,27	0,25	4,00	0,59	2,34	-4,50	2,29	6,79	-0,35	2,05
extr. Gerste	3	n. 5 min	-0,46	8:30:44,71	-0,31	8:30:44,96	0,25	4,00	0,15	0,59	-2,55	3,76	6,31	0,10	1,33
		n. 10 min	-0,24	8:14:30,94	-0,05	8:14:31,17	0,23	4,35	0,19	0,81	-1,40	2,32	3,72	0,03	0,71
extr. Gerste	4	n. 5 min	-1,10	8:24:51,78	-0,44	8:24:52,04	0,26	3,85	0,66	2,54	-1,32	2,48	3,80	-0,05	0,83
		n. 10 min	0,07	09:24:31,00	-0,74	09:24:31,20	0,20	5,00	-0,81	-4,03	-1,88	2,83	4,71	0,01	1,01
MF A	1	n. 5 min	0,83	09:28:52,04	0,10	09:28:52,25	0,21	4,76	-0,73	3,49	-1,19	1,79	2,98	0,07	0,79
		n. 10 min	-0,73	09:33:52,04	-0,92	09:33:52,27	0,23	4,35	-0,19	-0,81	-1,82	1,19	3,01	-0,04	0,72
		n. 15 min	-0,27	08:16:24,02	0,57	08:16:24,28	0,26	3,85	0,83	3,21	-0,87	2,47	3,34	0,10	0,78
MF A	2	n. 5 min	-0,98	08:21:23,70	-0,49	08:21:23,95	0,25	4,00	0,49	1,95	-1,78	2,31	4,09	-0,04	0,92
		n. 10 min	-1,04	08:26:23,29	-0,46	08:26:23,54	0,25	4,00	0,58	2,30	-2,49	2,12	4,61	-0,05	0,95
		n. 15 min	0,10	09:21:07,76	-0,09	09:21:08,00	0,24	4,17	-0,19	-0,79	-3,71	8,91	12,62	0,12	2,39
MF A	3	n. 5 min	-1,94	09:26:08,12	0,61	09:26:08,33	0,21	4,76	2,55	12,16	-2,43	2,98	5,41	-0,14	1,40
		n. 10 min	0,00	09:31:50,62	0,15	09:31:50,86	0,24	4,17	0,15	0,61	-2,73	2,71	5,44	0,02	0,98
		n. 15 min													

## IX. TABELLENANHANG

### Fortsetzung *Anhang 7*

Futter	Pferd		Cursor 1		Cursor 2		dt (s)	f	dY	dY/dt	Min	Max	Diff	Int	RMS
			Y in V	t1	Y in V	t2									
MF A	4	n. 5 min	-0,32	10:42:39,43	-0,63	10:42:39,67	0,24	4,17	-0,31	-1,28	-2,97	1,67	4,64	-0,05	0,92
		n. 10 min	0,08	10:47:39,70	-0,01	10:47:39,93	0,23	4,35	-0,09	-0,40	-1,30	2,25	3,55	0,09	0,85
		n. 15 min	-0,18	10:52:12,95	-0,05	10:52:13,17	0,22	4,55	0,13	0,58	-0,58	3,07	3,65	0,14	1,01
MF B	1	n. 5 min	-0,20	08:25:30,21	-0,04	08:25:30,46	0,25	4,00	0,16	0,63	-1,82	2,42	4,24	0,07	1,00
		n. 10 min	-0,86	08:30:32,01	-0,47	08:30:32,26	0,25	4,00	0,39	1,56	-1,85	3,07	4,92	-0,06	0,92
		n. 15 min	-0,80	08:35:31,27	-1,92	08:35:31,59	0,22	4,55	-1,12	-5,08	-2,93	2,01	4,94	-0,17	1,48
MF B	2	n. 5 min	-0,65	08:23:38,60	0,10	08:23:38,84	0,24	4,17	0,75	3,13	-0,90	3,23	4,13	0,09	0,94
		n. 10 min	0,00	08:28:12,87	0,00	08:28:13,11	0,24	4,17	0,00	0,00	-0,72	0,49	1,21	-0,06	0,34
		n. 15 min	-1,82	08:31:37,51	-1,16	08:31:37,79	0,28	3,57	0,65	2,34	-1,82	2,63	4,45	-0,15	1,13
MF B	3	n. 5 min	-0,53	11:11:25,18	-0,32	11:11:25,43	0,25	4,00	0,21	0,86	-2,15	3,70	5,85	-0,01	1,11
		n. 10 min	-0,17	11:16:26,84	-0,11	11:16:27,08	0,24	4,17	0,06	0,24	-1,93	2,29	4,22	-0,02	0,79
		n. 15 min	-0,30	11:21:27,19	0,48	11:21:28,02	0,23	4,35	0,78	3,40	-1,08	1,39	2,47	0,03	0,47
MF B	4	n. 5 min	-1,84	08:34:43,04	-1,19	08:34:43,29	0,20	4,00	0,65	2,62	-3,49	1,17	4,66	-0,29	1,51
		n. 10 min	-1,18	08:39:32,68	-0,35	08:39:32,92	0,24	4,17	0,83	3,44	-1,41	1,49	2,90	-0,07	0,72
		n. 15 min	-1,35	08:44:23,21	0,41	08:44:23,44	0,23	4,35	1,76	7,66	-1,39	1,97	3,36	-0,06	0,79
TrS tr	1	n. 5 min	-1,56	11:10:30,50	-0,26	11:10:30,76	0,26	3,85	1,30	5,01	-2,52	5,45	7,97	0,19	1,87
		n. 10 min	0,05	11:15:46,17	0,04	11:15:46,42	0,25	4,00	0,00	-0,02	-4,86	7,70	12,56	0,38	2,82
		n. 15 min	1,86	11:20:32,96	2,62	11:20:33,25	0,29	3,45	0,76	2,63	0,14	8,12	7,98	1,05	3,94
TrS tr	2	n. 5 min	1,69	09:40:50,96	0,30	09:40:51,29	0,33	3,03	-1,39	-4,20	-1,53	5,03	6,56	0,59	2,29
		n. 10 min	-0,68	09:45:36,43	-0,47	09:45:36,68	0,25	4,00	0,21	0,84	-0,69	1,05	1,74	-0,01	0,47
		n. 15 min	0,19	09:51:05,87	0,47	09:51:06,11	0,24	4,17	0,28	1,18	-0,59	2,45	3,04	0,14	0,85
TrS tr	3	n. 5 min	-2,92	09:26:56,10	-1,48	09:26:56,37	0,27	3,70	1,45	5,35	-7,88	7,04	14,92	-0,23	2,87
		n. 10 min	-0,07	09:31:34,63	-1,92	09:31:34,88	0,25	4,00	-1,85	-7,40	-4,11	2,96	7,07	0,00	1,76
		n. 15 min	0,76	09:36:47,04	-0,48	09:36:47,35	0,31	3,23	-1,25	-4,02	-3,60	3,66	7,26	-0,03	1,53
TrS tr	4	n. 5 min	-3,20	08:45:27,70	-2,05	08:45:28,04	0,34	2,94	1,15	3,37	-3,66	4,10	7,76	-0,52	2,21
		n. 10 min	-0,71	08:50:56,69	-1,72	08:50:56,95	0,26	3,85	-1,02	-3,91	-3,53	2,17	5,70	-0,19	1,35
		n. 15 min	-1,98	08:55:18,09	0,72	08:55:18,35	0,26	3,85	2,70	10,39	-1,98	4,38	6,36	0,05	1,50
TrS feucht	1	n. 5 min	0,07	11:55:19,21	1,94	11:55:19,54	0,33	3,03	1,87	5,67	-0,25	6,51	6,76	0,75	2,84
		n. 10 min	-2,27	12:00:33,46	-2,28	12:00:33,78	0,32	3,13	-0,01	-0,03	-4,26	0,96	5,22	-0,51	1,96
		n. 15 min	-0,35	12:05:48,17	-0,58	12:05:48,42	0,25	4,00	-0,23	-0,92	-2,78	0,73	3,51	-0,12	0,98
TrS feucht	2	n. 5 min	-2,94	11:02:08,71	-3,17	11:02:08,96	0,25	4,00	-0,23	-0,94	-3,57	-0,72	2,85	-0,62	2,64
		n. 10 min	1,24	11:07:40,29	1,28	11:07:40,54	0,25	4,00	0,04	0,18	0,13	2,30	2,17	0,35	1,50
		n. 15 min	-0,28	11:12:56,46	-0,49	11:12:56,75	0,29	3,45	-0,21	-0,72	-1,04	1,56	2,60	-0,06	0,55
TrS feucht	3	n. 5 min	-1,50	08:39:05,85	0,52	08:39:06,10	0,25	4,00	2,02	8,09	-3,90	4,08	7,98	0,06	1,52
		n. 10 min	-0,04	08:44:34,51	0,37	08:44:34,76	0,25	4,00	0,41	1,62	-1,26	1,80	3,06	0,01	0,63
		n. 15 min	-1,17	08:49:05,86	-0,65	08:49:06,08	0,22	4,55	0,52	2,37	-4,18	2,88	7,06	-0,17	1,64
TrS feucht	4	n. 5 min	0,72	11:18:56,44	1,11	11:18:56,67	0,23	4,35	0,39	1,68	-0,27	4,16	4,43	0,35	1,75
		n. 10 min	-0,22	11:23:45,59	0,47	11:23:45,84	0,25	4,00	0,70	2,79	-0,77	1,28	2,05	0,12	0,66
		n. 15 min	0,72	11:29:20,95	1,22	11:29:21,20	0,25	4,00	0,50	1,99	-0,37	1,80	2,17	0,18	0,84



## IX. TABELLENANHANG

### Fortsetzung Anhang 7

Futter	Pferd	Cursor 1		Cursor 2		dt (s)	f (Hz)	dY	dY/dt	Min	Max	Diff	Int	RMS	
		Y in V	t1	Y in V	t2										
H/L Hafer	1 n.	10 min	0,21	09:40:36,6	-0,70	09:40:36,84	0,24	4,17	-0,91	-3,80	-3,76	5,00	8,76	0,06	2,09
		20 min	-0,57	09:50:50,32	-0,91	09:50:50,64	0,32	3,13	-0,34	-1,05	-3,11	5,27	8,38	0,04	1,73
H/L Luzerne	n.	5 min	0,12	10:05:13,65	-0,82	10:05:13,91	0,26	3,85	-0,94	-3,61	-3,03	2,80	5,83	-0,09	1,47
		15 min	-0,92	10:20:01,71	-0,45	10:20:01,97	0,26	3,85	0,46	1,78	-2,21	1,89	4,10	-0,04	0,81
H/L Hafer	2 n.	10 min	-0,29	09:48:23,04	-0,83	09:48:23,36	0,32	3,13	-0,54	-1,68	-3,01	2,02	5,03	-0,20	1,07
		20 min	-0,03	09:58:11,10	-0,99	09:58:11,38	0,28	3,57	-0,96	-3,42	-2,06	1,88	3,94	-0,04	0,91
H/L Luzerne	n.	5 min	-0,12	10:10:16,36	-0,95	10:10:16,68	0,32	3,13	-0,83	-2,59	-2,70	3,58	6,28	-0,02	1,35
		15 min	-0,38	10:15:16,17	-0,94	10:15:16,45	0,28	3,57	-0,56	-2,01	-4,09	1,46	5,55	-0,17	1,27
H/L Hafer	3 n.	10 min	0,59	09:56:25,13	0,56	09:56:25,37	0,24	4,17	-0,02	-0,10	-2,04	2,60	4,64	0,10	1,18
		20 min	0,50	10:05:47,76	0,32	10:05:48,00	0,24	4,17	-0,19	-0,77	-2,89	5,00	7,89	-0,02	1,66
H/L Luzerne	n.	5 min	-0,24	10:15:34,00	-0,32	10:15:34,25	0,25	4,00	-0,08	-0,33	-4,90	6,22	11,12	0,02	2,17
		15 min	-1,00	10:20:35,25	-0,70	10:20:35,45	0,20	5,00	0,30	1,49	-5,20	4,38	9,58	-0,12	2,09
H/L Hafer	4 n.	10 min	0,15	08:38:13,5	0,12	08:38:13,79	0,29	3,45	-0,03	-0,12	-3,22	3,67	6,89	-0,08	1,45
		20 min	0,42	08:48:01,04	0,21	08:48:01,35	0,31	3,32	-0,21	-0,66	-1,60	2,80	4,40	0,11	1,00
H/L Luzerne	n.	5 min	-0,04	9:00:06,00	-0,36	9:00:06,29	0,25	4,00	-0,32	-1,29	-4,50	3,83	8,33	0,00	1,72
		15 min	-0,61	09:05:23,91	-0,36	09:05:24,16	0,25	4,00	0,25	1,00	-1,14	1,33	2,47	-0,90	0,61
L/H Luzerne	1 n.	5 min	-0,94	10:28:50,47	-1,57	10:28:50,71	0,24	4,17	-0,63	-2,60	-2,83	1,80	4,63	-0,23	1,61
		15 min	-0,25	10:33:11,13	-0,70	10:33:11,38	0,25	4,00	-0,44	-1,78	-5,27	4,62	9,89	-0,01	2,10
L/H Hafer	n.	10 min	-0,01	10:50:30,25	-1,05	10:50:30,54	0,29	3,45	-1,04	-3,59	-2,42	3,14	5,56	0,02	1,35
		20 min	0,14	11:00:45,50	-1,22	11:00:45,75	0,25	4,00	-1,36	-5,45	-3,33	3,62	6,95	-0,03	1,58
L/H Luzerne	2 n.	5 min	-0,83	10:24:47,30	-1,56	10:24:47,56	0,26	3,85	-0,73	-2,82	-5,08	3,53	8,61	-0,24	1,86
		15 min	-0,78	10:29:08,80	-1,37	10:29:09,04	0,24	4,17	-0,59	-2,46	-2,44	2,00	4,44	-0,14	1,16
L/H Hafer	n.	10 min	-0,56	10:44:54,92	-0,72	10:44:52,17	0,25	4,00	-0,16	-0,63	-3,17	1,06	4,23	-0,17	1,22
		20 min	0,22	10:54:11,23	-0,05	10:54:11,51	0,28	3,57	-0,27	-0,96	-2,92	4,61	7,53	0,15	1,50
L/H Luzerne	3 n.	5 min	0,74	08:09:07,20	0,13	08:09:07,50	0,30	3,33	-0,61	-2,02	-3,36	7,19	10,55	0,22	2,50
		15 min	-0,50	08:15:01,12	-0,95	08:15:01,38	0,24	4,17	-0,45	-1,87	-2,14	5,39	7,53	-0,06	1,63
L/H Hafer	n.	10 min	1,14	08:36:46,00	-0,20	08:36:46,20	0,20	5,00	-1,34	-6,71	-4,83	5,76	10,59	0,18	2,89
		20 min	0,35	08:46:03,24	-0,23	08:46:03,51	0,27	3,70	-0,58	-2,13	-4,57	3,15	7,72	-0,02	1,55
L/H Luzerne	4 n.	5 min	0,67	08:31:17,09	-0,11	08:31:17,34	0,25	4,00	-0,78	-3,13	-3,78	2,73	6,51	0,03	1,25
		15 min	-0,26	08:36:18,87	-0,09	08:36:19,11	0,24	4,17	0,17	0,69	-0,85	0,72	1,57	-0,02	0,40
L/H Hafer	n.	10 min	-0,53	08:48:50,70	-0,45	08:48:50,95	0,26	4,00	0,08	0,33	-2,61	3,75	6,36	-0,02	1,54
		20 min	-1,27	08:58:38,16	-1,34	08:58:38,38	0,22	4,55	-0,07	-0,33	-3,60	2,89	6,49	-0,15	1,40
L+H	1 n.	10 min	-0,25	10:12:46,72	-0,40	10:12:46,98	0,26	3,85	-0,15	-0,58	-1,82	1,67	3,49	-0,06	0,81
		20 min	-1,07	10:22:21,05	-0,77	10:22:21,4	0,35	2,86	0,30	0,85	-3,54	5,57	9,11	-0,09	1,39
		30 min	-0,60	10:32:28,54	-0,13	10:32:28,90	0,36	2,78	0,47	1,30	-6,27	4,02	10,29	0,04	1,52
		40 min	-0,45	10:42:38,05	0,06	10:42:38,37	0,32	3,13	0,51	1,60	-1,77	2,77	4,54	0,11	0,91
L+H	2 n.	10 min	-1,18	15:19:32,74	0,88	15:19:32,99	0,25	4,00	2,06	8,24	-1,52	3,26	4,78	0,17	1,44
		20 min	-2,46	15:29:48,13	-0,95	15:29:48,40	0,27	3,70	1,51	5,59	-2,51	1,69	4,20	-0,28	1,44
		30 min	-0,17	15:39:14,64	0,42	15:39:14,90	0,26	3,85	0,60	2,29	-2,57	2,84	5,41	0,11	1,18
		40 min	-1,04	15:49:50,85	-0,39	15:49:51,12	0,27	3,70	0,66	2,44	-3,01	4,03	7,04	-0,07	1,20
L+H	3 n.	10 min	-1,18	11:44:53,42	-1,31	11:44:53,68	0,26	3,85	-0,14	-0,53	-3,79	1,79	5,58	-0,23	1,43
		20 min	0,03	11:54:40,51	-0,65	11:54:40,76	0,25	4,00	-0,69	-2,75	-3,12	5,09	8,21	-0,01	1,56
		30 min	-0,21	12:04:00,03	0,50	12:04:00,28	0,25	4,00	-0,30	-1,19	-2,91	5,01	7,92	-0,05	1,53
L+H	4 n.	10 min	-0,63	08:43:37,43	-0,42	08:43:37,70	0,27	3,70	0,21	0,78	-2,53	2,74	5,27	0,04	1,30
		20 min	-0,19	08:53:40,67	-0,38	08:53:40,95	0,28	3,57	-0,19	-0,68	-3,10	3,18	6,28	-0,07	1,26

## IX. TABELLENANHANG

Anhang 8: Kaufrequenz (KF/Testmahlzeit) und Aufnahmedauer (AZ min/Testmahlzeit) der blockweise und randomisiert gefütterten Variante Hafer, gefolgt von Luzerne von Pferd 1-4 an den Versuchstagen

Tag	Pferd	blockweise						randomisiert					
		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)	
		H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
1	1	2296	1649			27	19	1942	1582			26	23
2	1	2927	1985			35	22	2133	1959			31	29
3	1	2779	1690			31	18	2238	2038			36	31
4	1	2566	1612			30	18	2557	1480			42	23
5	1	2407	2031			28	24	2023	1043			69	19
6	1	2476	1825			37	20	2043	1524			35	22
7	1	2343	1882			26	22	2294	1677	2297	1809	29	24
8	1	2281	2129			26	25	1833	514			31	23
9	1	2421	1752	2404	1743	27	20	1945	801	4106		32	35
10	1	2281	1687			26	20	2142	1426			32	21
11	1	2329	1813			27	21					43	18
12	1	2200	1723			26	20						
13	1	2362	1827			27	21	2797	1724			37	26
<b>MW</b>		<b>2436</b>	<b>1816</b>	<b>2404</b>	<b>1743</b>	<b>28,7</b>	<b>20,8</b>	<b>2177</b>	<b>1433</b>	<b>3202</b>	<b>1809</b>	<b>36,9</b>	<b>24,5</b>
1	2*							1383	711			24	11
2	2*							2159	1384			27	18
3	2*							2144	1986			25	16
4	2*							2410	1308			26	16
5	2*							2419	1318			28	16
6	2*							2575	1012			28	12
7	2*							1999	1243			25	16
8	2*							2021	1204			25	15
9	2*							2272	1365			29	18
10	2*							2265	1380	2197	1212	28	16
11	2*							2174	1324			27	18
<b>MW</b>								<b>2166</b>	<b>1294</b>	<b>2197</b>	<b>1212</b>	<b>26,5</b>	<b>15,6</b>
1	3	2264	1217			23	13	2226	1238			25	14
2	3	1948	1032			20	11	2634	1380			30	15
3	3	2239	1305	2175	1259	22	14	2562	1307			29	14
4	3	2343	1384			23	14	2205	1143	2243	1112	25	12
5	3	2152	1289			21	14	2066	1092	2204	1100	22	12
6	3	2157	1364			22	15	2275	1286			25	14
7	3	2147	1267			22	14	2107	1339			24	15
8	3	2197	1264			21	13	2100	1332			23	14
9	3	1295	177			19	17	2152	1319			22	15
10	3	1806				24	12	2198	1455			23	15
11	3	2077	1252			21	14	2222	1269			24	14
12	3	2061	1452			21	15					23	15
<b>MW</b>		<b>2057</b>	<b>1182</b>	<b>2175</b>	<b>1259</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>2250</b>	<b>1287</b>	<b>2224</b>	<b>1106</b>	<b>25</b>	<b>14</b>

\*Pferd 2 nahm nicht an der blockweisen Fütterung teil

## IX. TABELLENANHANG

Fortsetzung *Anhang 8*

Tag	Pferd	blockweise						randomisiert					
		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)	
1	4	2564				31	13	1808	968			21	11
2	4	2120	912			26	10	1990	1197			24	14
3	4	1670	1269			20	16	1660	1017	1561	947	20	12
4	4	1498	871	1308	796	18	10	2262	1055			27	13
5	4	1693	1091			23	13	1731	1214			20	15
6	4	1770	1126			21	14	1748	1044			21	14
7	4	1262	1125			15	13	1844	1234			22	15
8	4	1694	1005			19	12	1823	1150			21	14
9	4	1738	1034			19	12	2539	1437			31	18
10	4	1379	358			16	12	2152	1111	1964	1023	26	13
11	4	1773	160			21	10	2009	1118			24	14
12	4	1507	873			18	11					23	14
13	4	1507	943			18	11						
<b>MW</b>		<b>1706</b>	<b>897</b>	<b>1308</b>	<b>796</b>	<b>20,4</b>	<b>12,1</b>	<b>1961</b>	<b>1140</b>	<b>1763</b>	<b>985</b>	<b>23,3</b>	<b>13,9</b>

*Anhang 9: Kaufrequenz (KF/Testmahlzeit) und Aufnahmedauer (AZ min/Testmahlzeit) der blockweise und randomisiert gefütterten Variante Luzerne gefolgt von Hafer von Pferd 1-4 an den Versuchstagen*

Tag	Pferd	blockweise						randomisiert					
		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)	
		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
1	1	1910	2172			22	26	1480	1750			21	37
2	1	1757	2557			20	30	1405	1459			18	31
3	1	2259	2478			26	29	1619	2465			20	37
4	1	1767	3120			19	45	1741	2107			21	31
5	1	1408	3456			17	44	1091	1720			13	41
6	1	1458	2690			17	32	1420	1910			18	35
7	1	1863	2696			21	33	813	1357	1463	1971	19	25
8	1	1857	2915			21	36	1455	1772			19	33
9	1	1598	2461	1620	2670	19	32	1490	2236			18	36
10	1	1596	2793			17	38	1739	2018			34	46
11	1					19	34	895	1214	1392	2473	16	33
12	1	1586	2484			18	31						
13	1	1385	2863			14	36						
<b>MW</b>		<b>1704</b>	<b>2724</b>	<b>1620</b>	<b>2670</b>	<b>19,2</b>	<b>34,3</b>	<b>1377</b>	<b>1819</b>	<b>1428</b>	<b>2222</b>	<b>19,7</b>	<b>35,0</b>
1	2*							1472	1868			18	26
2	2*							1216	1856			16	23
3	2*							1132	1850			15	23
4	2*							1107	2171			14	27
5	2*							1208	1172	1172	2223	15	27
6	2*							1228	2189	1195	2372	15	28
7	2*							1148	2678			15	41
8	2*							1093	2102			13	18
9	2*							1356	2042			14	26
10	2*							903	1270			12	24
<b>MW</b>								<b>1186</b>	<b>1920</b>	<b>1184</b>	<b>2298</b>	<b>15</b>	<b>26</b>

\*Pferd 2 nahm nicht an der blockweisen Fütterung teil

## IX. TABELLENANHANG

Fortsetzung *Anhang 9*

Tag	Pferd	blockweise						randomisiert					
		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)		KF Halfter		KF Clicker		AZ (min)	
		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
1	3	1483	2462			17	26	1127	2124			13	24
2	3	1372	2412			14	23	1117	2286			12	25
3	3	1276	2711			13	24	976	2174			12	24
4	3	1287	2450	1207	2495	14	25	768	955	1081	2230	12	23
5	3	1375	2508			14	26	1010	921	1056	2212	12	24
6	3	1307	2748			14	27	998	2579			12	30
7	3	1427	2429			16	24	1156	2193			14	25
8	3	1308	2346			14	24	769	2215			12	25
9	3	1422	2635			15	24	924	1895			17	35
10	3	1189	2356			12	24	531	2208			13	28
11	3					14	25	877	1644			19	25
12	3	1277	2825			13	28						
13	3	1145	2380			12	24						
<b>MW</b>		<b>1322</b>	<b>2522</b>	<b>1207</b>	<b>2495</b>	<b>14,0</b>	<b>24,9</b>	<b>932</b>	<b>1927</b>	<b>1069</b>	<b>2221</b>	<b>13,5</b>	<b>26,2</b>
1	4	1082	2183			13	28	1206	2643			14	35
2	4	1068	2427			14	30	1086	2174			14	27
3	4	889	1074			12	23	1039	1736			13	21
4	4	1010	2528	895	1777	12	31	945	1847			12	23
5	4	1046	2994			13	42	956	1824			12	22
6	4	1000	2563			12	53	1010	1941			12	24
7	4	1073	2732			13	34	952	2107	907	2031	12	27
8	4	1045	2674			12	33	955	1876			12	23
9	4	917	2759			11	34	1062	1963			13	25
10	4	920	2932			11	38	1142	1829			14	23
11	4					11	29	1041	2355	935	2217	12	30
12	4	1082	2029			13	24						
13	4	901	2282			11	29						
<b>MW</b>		<b>1003</b>	<b>2431</b>	<b>895</b>	<b>1777</b>	<b>12,2</b>	<b>32,9</b>	<b>1036</b>	<b>2027</b>	<b>921</b>	<b>2124</b>	<b>12,7</b>	<b>25,5</b>

*Anhang 10: Kaufrequenz (KF/Testmahlzeit) und Aufnahmedauer (AZ min/Testmahlzeit) der blockweise und randomisiert gefütterten Variante Hafer gemischt mit Luzerne von Pferd 1-4 an den Versuchstagen*

Tag	Pferd	blockweise			randomisiert		
		KF Halfter	KF Clicker	AZ (min)	KF Halfter	KF Clicker	AZ (min)
		H+L	H+L	H+L	H+L	H+L	H+L
1	1	3655		40	2670		57
2	1	3391		37	3007		56
3	1	2826		38	3408		42
4	1	3596		40	2974	3399	46
5	1	3402		37	2793	3632	49
6	1	3536		40	4021		55
7	1	4024		45	2592		45
8	1	3737	3597	41	3245		43
9	1	3608		40	2965		39
10	1	3547		41	3750		59
11	1			61	3141		48
12	1	3178		52			60
13	1	3900		47			
<b>MW</b>		<b>3533</b>	<b>3597</b>	<b>43</b>	<b>3142</b>	<b>3516</b>	<b>49,9</b>

## IX. TABELLENANHANG

Fortsetzung *Anhang 10*

Tag	Pferd	blockweise			randomisiert		
		KF Halfter	KF Clicker	KF Halfter	KF Clicker	KF Halfter	KF Clicker
		H+L	H+L	H+L	H+L	H+L	H+L
1	2*	3743	3634	43			
2	2*	3706	3464	43			
3	2*	3956		45			
4	2*						
5	2*	3325		40			
6	2*	3357	3336	40			
7	2*	3416		41			
8	2*	3926		39			
9	2*			49			
<b>MW</b>		<b>3633</b>	<b>3478</b>	<b>42,5</b>			
1	3	3704		35	2777		34
2	3	3054		31	2937		34
3	3	1142		47	2897		34
4	3	3199		32	3049		36
5	3	3457		35	1091	2920	30
6	3	3900		41	2371	2873	30
7	3	3181		33	2980		34
8	3	2979	3065	32	2862		34
9	3	2818		34	3115		35
10	3	2786		33	2634		33
11	3	3073		34			35
12	3	2938		32	3601		40
13	3	3132		35			
<b>MW</b>		<b>3028</b>	<b>3065</b>	<b>34,9</b>	<b>2756</b>	<b>2897</b>	<b>34,1</b>
1	4	2068		24	2422		29
2	4	1979		23	2316		27
3	4	697		25	2318		27
4	4	2543		30	2447		29
5	4	1705		26	2257	2103	26
6	4	2210		27	2283		28
7	4	2282		26	2103		26
8	4	2220		26	2311		28
9	4	2270		26	2511		33
10	4	2099	1980	23	2297		27
11	4			23			
12	4	2768		32			28
13	4	2411		28	2259		27
<b>MW</b>		<b>2104</b>	<b>1980</b>	<b>26,1</b>	<b>2320</b>	<b>2103</b>	<b>27,9</b>

\*Pferd 2 nahm nicht an der randomisierten Fütterung teil

## IX. TABELLENANHANG

Anhang 11: Futteraufnahmemengen (kg TS) je Testmahlzeit an den Versuchstagen der blockweise und randomisiert gefütterten Varianten Hafer gefolgt von Luzerne (H / L), Luzerne gefolgt von Hafer (L / H) und Hafer gemischt mit Luzerne (H + L) der Pferde 1-4

Tag	Pferd	blockweise					randomisiert				
		H / L		L / H		H + L	H / L		L / H		H + L
		H	L	L	H		H	L	L	H	
1	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,43	0,86	0,85	2,08	3,01
2	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,43	0,86	0,85	1,71	2,56
3	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,43	0,86	0,85	2,28	3,33
4	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,25	0,68	0,85	1,81	3,01
5	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,25	0,68	0,85	2,11	2,77
6	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,3	0,59	0,77	1,96	2,95
7	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,17	0,76	0,85	1,94	2,99
8	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,41	0,79	0,85	2,38	2,65
9	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,32	0,7	0,81	2,44	2,79
10	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,17	0,72	0,79	2,08	2,95
11	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,23	0,5	0,85	2,26	2,48
12	1	2,45	0,86	0,86	2,46	2,26	2,17	0,78	0,85	2,17	3,01
13	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35	2,41	0,7			
14	1	2,45	0,86	0,86	2,46	3,35					
<b>MW</b>		2,45	0,86	0,86	2,46	3,27	2,31	0,73	0,84	2,1	2,87
<b>SD</b>		0	0	0	0	0,29	0,11	0,11	0,03	0,22	0,24
1-9	2*					3,49	2,51	0,88	0,91	2,57	
10-12	2*						2,51	0,88	0,91	2,57	
<b>MW</b>						3,49	2,51	0,88	0,91	2,57	
<b>SD</b>						0	0	0	0	0	
1-12	3	2,24	0,78	0,81	2,3	3,09	2,27	0,8	0,8	2,27	3,12
13	3			0,81	2,3	3,09					3,12
<b>MW</b>		2,24	0,78	0,81	2,3	3,09	2,27	0,8	0,8	2,27	3,12
<b>SD</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-6	4	2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,22	3,03
7	4	2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,06	3,03
8-10	4	2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,22	3,03
11	4	2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,06	3,03
12	4	2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,22	3,03
13	4			0,8	2,28	3,06					3,03
<b>MW</b>		2,23	0,78	0,8	2,28	3,06	2,23	0,78	0,78	2,19	3,03
<b>SD</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0

\*Pferd 2 nahm an der blockweisen Fütterung von H + L und der randomisierten Fütterung von H / L und L / H teil

## IX. TABELLENANHANG

---

### Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Coenen für die Überlassung des Themas und die stets freundliche und hilfsbereite Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit sowie für sein handwerkliches Geschick.

Mein Dank gilt Frau Dr. Vervuert für ihre große Hilfsbereitschaft bei der Lösung unserer kleineren und größeren Probleme. Danke für die Unterstützung im Stall, am PC und für die hervorragende Betreuung auch an den Wochenenden!

Bei Dir, meiner Mitdotorandin Katrin Voigt, bedanke ich mich ganz herzlich für die gute Zusammenarbeit während unserer gemeinsamen Zeit. Ohne Dich wäre dies alles nicht möglich gewesen. Danke auch für den telefonischen Beistand.

Herrn Rust gilt mein Dank, da er jederzeit etwaige Probleme mit den Halftern oder dem Myografen zu beheben wusste und dadurch den nahezu reibungslosen Ablauf der Messungen erst ermöglichte.

Ebenso bedanke ich mich bei dem Laborpersonal für die zahlreichen Futtermittelanalysen.

Auch bei den Tierpfleger/-innen möchte ich mich bedanken. Sie waren stets hilfsbereit, versorgten die Pferde vorbildlich und verschafften uns so das ein oder andere „freie“ Wochenende. Mein ganz besonderer Dank gilt der Hilfe von Frau Ulrike Liedtke und Herrn Mike Patzer, diese war oft unersetzlich.

Gedankt sei auch der Firma Dodson & Horrell für die Bereitstellung der Futtermittel und zudem James Rundell für das sehr interessante Seminarwochenende in Essen.

Last but not least danke ich meinen Eltern, meinem Lebensgefährten und meinen Freunden, die mich während dieser Zeit unermüdlich unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für mich hatten.