

Verena Schmid

**Kontrollierte klinische Studie über die
Auswirkungen einer Akupunkturbehandlung
auf die Labmagenmotilität bei Kühen nach
linksseitiger Labmagenverlagerung**



INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.**

beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2013

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2013

© 2013 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen

Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus der Klinik für Wiederkäuer und Schweine
(Innere Medizin und Chirurgie)
der Justus-Liebig Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. Dr. habil. K. Doll

**Kontrollierte klinische Studie
über die Auswirkungen einer Akupunkturbehandlung
auf die Labmagenmotilität bei Kühen
nach linksseitiger Labmagenverlagerung**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Verena Schmid

Tierärztin aus Brackenheim

Gießen 2013

**Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig Universität Gießen**

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. M. Kramer

**Gutachter: Prof. Dr. Dr. habil. K. Doll
Prof. Dr. M. Diener**

Tag der Disputation: 26. März 2013

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	8
1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG DER STUDIE.....	10
2 LITERATURÜBERSICHT	13
2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen.....	13
2.1.1 Glatte Muskulatur.....	13
2.2 Innervation des Magen-Darm-Trakts.....	15
2.2.1 Vegetatives Nervensystem	15
2.2.2 Enterisches Nervensystem	15
2.2.3 Extrinsisches Nervensystem.....	17
2.2.4 Viszerale Afferenzen.....	18
2.3 Motorik des Labmagens.....	19
2.3.1 Magenspeicher	19
2.3.2 Magenpumpe.....	20
2.3.3 Magenentleerung.....	21
2.3.4 Entleerung des Labmagens	22
2.4 Motorik des Dünndarms.....	23
2.5 Elektromyographie	25
2.5.1 Grundlagen	25
2.5.2 Elektromyographische Aufzeichnungen am Magen-Darm-Trakt der Wiederkäuer	25
2.5.3 Elektroden.....	28
2.6 Labmagenverlagerung	31
2.6.1 Vorkommen	31
2.6.2 Ätiologie und Pathogenese	31
2.7 Akupunktur.....	34
2.7.1 Grundlagen der Traditionellen Chinesischen Akupunktur.....	34
2.7.2 Akupunktur bei gastrointestinalen Erkrankungen.....	37

2.7.3	Untersuchungen zur Wirkung der Akupunktur bei gastrointestinalen Störungen	39
2.7.4	Akupunktur bei gastrointestinalen Störungen des Wiederkäuers.....	41
3	MATERIAL UND METHODEN.....	43
3.1	Hauptzielkriterien der Studie	43
3.2	Durchführung der Studie	43
3.2.1	Studientiere.....	43
3.2.2	Implantation der Elektroden	45
3.2.3	Randomisierung.....	47
3.2.4	Verlaufsuntersuchungen	47
3.2.5	Studienablauf.....	48
3.2.6	Akupunkturbehandlung	48
3.3	Datenerfassung.....	54
3.3.1	Technische Ausstattung	54
3.3.2	Messanordnung	56
3.4	Datenanalyse.....	57
3.4.1	Frequenzanalyse des Nutzsignals	57
3.4.2	Analyse des Gesamtintegrals	59
3.4.3	Analyse der Aktionspotentiale.....	61
3.5	Statistische Auswertung.....	63
4	ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN	65
4.1	Gesamtintegral der elektromyographischen Messungen	66
4.1.1	Ergebnisse bezüglich des myoelektrischen Gesamtintegrals	66
4.1.2	Wirkung der Akupunkturbehandlung auf das myoelektrische Gesamtintegral	67
4.1.3	Gruppenvergleich bezüglich des myoelektrischen Gesamtintegrals.....	67
4.1.4	Vergleich der Tagesverläufe des myoelektrischen Gesamtintegrals	74
4.2	Aktionspotentiale der elektromyographischen Messungen	77
4.2.1	Übersicht über die Ergebnisse der myoelektrischen Aktionspotentiale....	77
4.2.2	Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die myoelektrischen Aktionspotentiale	78
4.2.3	Gruppenvergleich der myoelektrischen Aktionspotentiale	79
4.2.4	Vergleich der Tagesverläufe der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	84

4.3	Mittlere Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale	87
4.3.1	Übersicht über die Ergebnisse bezüglich der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	88
4.3.2	Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die mittlere Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	88
4.3.3	Gruppenvergleich der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale	89
4.3.4	Tagesverläufe der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale	95
4.4	Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale	98
4.4.1	Ergebnisse bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	99
4.4.2	Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale	100
4.4.3	Gruppenvergleich bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	100
4.4.4	Tagesvergleich bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale.....	106
5	DISKUSSION	109
5.1	Einleitung	109
5.2	Bewertung der Ergebnisse der elektromyographischen Messungen	110
5.2.1	Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität (Faktor: „Behandlung“).....	110
5.2.2	Bewertung der postoperativen Entwicklung der Labmagenmotilität (Faktor: „Messtag“)	113
5.2.3	Bewertung der Tagesverläufe der Labmagenmotilität (Faktor: „Messstunde“)	119
5.3	Bedeutung der Ergebnisse und Schlussfolgerung	122
6	ZUSAMMENFASSUNG	124
7	SUMMARY	126

8	LITERATURVERZEICHNIS	128
9	ANHANG.....	141
9.1	Patientenübersicht	141
9.2	Aufklärungsbogen	144
9.3	Zustimmungsbogen	145
9.4	Aufnahmedaten	146
9.5	Untersuchungsprotokoll	146
9.6	Hauptzielvariablen	153

Abkürzungsverzeichnis

A	Akupunkturgruppe
AAP	Anzahl Aktionspotentiale
AB	Akupunkturbehandlung
Abb.	Abbildung
ACh	Acetylcholin
A/D	analog/digital
Ag	lat. argentum (Silber)
AG	Ausbreitungsgeschwindigkeit
AM	Amplitudenmodulation
Amp	Amplitude
ANS	Autonomes Nervensystem
a. p.	ante partum
AP	Aktionspotential
ASCII	American code for information interchange
ATF	Akademie für Tierärztliche Fortbildung
ATP	Adenosintriphosphat
Au	lat. aurum (Gold)
bc MMC	Bovine spiral colon MMC
Bl	Blasenmeridian
Bl-20	20. Punkt des Blasenmeridians („Pi Shu“)
Bl-21	21. Punkt des Blasenmeridians („Wei Shu“)
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
chin.	chinesisch
csv	comma-separated-values
CCK	Cholecystokinin
D/A	digital/analog
d. h.	das heißt
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
ECA	Electrical control activity
engl.	englisch

ENS	Enterisches Nervensystem
ERA	Electrical response activity
et al.	et alii (und Mitarbeiter)
Fa.	Firma
FFT	Fast-Fourier-Transformation
FM	Frequenzmodulation
GCP	Good clinical practice
ggf.	gegebenenfalls
Ggl.	Ganglion
ggr.	geringgradig
GI	Gesamtintegral
GIT	Gastrointestinaltrakt
hgr.	hochgradig
Hrsg.	Herausgeber
ICC	Interstitial cells of Cajal
ICR	Intercostalraum
ISA	Irregular spiking activity
i. m.	intramuskulär
IP	Interpolation
i. v.	intravenös
JLU	Justus-Liebig-Universität
K	Kontrollgruppe
lat.	lateinisch
Lg	Lenkergefäß
LMV	Labmagenverlagerung
LWQ	Lendenwirbelquerfortsatz
M.	Musculus
Ma	Magenmeridian
Ma-36	36. Punkt des Magenmeridians („Zu San Li“)
MAP	Muskelaktionspotentiale
MDT	Magen-Darm-Trakt
mgr.	mittelgradig
MMC	Migrating myoelectric complex
MP	Milz-Pankreasmeridian

MP-6	6. Punkt des Milz-Pankreasmeridians („San Yin Jiao“)
MW	Mittelwert
MX	Maximalwert
n	Anzahl
N.	Nervus
NANC	Non adrenerg non cholinerg
Ncl.	Nucleus
NEFA	Non esterified fatty acids
NIH	National Institutes of Health
NO	Stickstoffmonoxid
Nr.	Nummer
o. b. B.	ohne besonderen Befund
o. g.	oben genannte
OP	Operation
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PA	Perkussionsauskultation
Pat. Nr.	Patientennummer
Pc	Perikard, (engl. pericardium)
p. op.	post operationem
p. p.	post partum
RSA	Regular spiking activity
SA	Schwingauskultation
s	Standardabweichung
s. c.	subkutan
SF	Streufaktor
sog.	sogenannt
Sp-6	engl. splen = Milz (siehe MP-6)
SP	Substanz P
St-36	engl. stomach = Magen (siehe Ma-36)
Std.	Stunde
Tab.	Tabelle
TCM	Traditionelle Chinesische Medizin
TMR	Totale Mischration

VIP	Vasoaktives Intestinales Polypeptid
WW	Wechselwirkung
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZRR	Zwischenrippenraum

Einheiten

bit	binary digit
cm	Zentimeter
cm/s	Zentimeter pro Sekunde
d	Tag
g	Gramm
GB	Gigabyte
h	Stunde
Hz	Hertz
I. E.	Internationale Einheit
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
mg	Milligramm
MHz	Megahertz
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mm/s	Millimeter pro Sekunde
ms	Millisekunde
mV	Millivolt
mVs	Millivoltsekunde
μm	Mikrometer
μV	Mikrovolt
\emptyset	Durchmesser
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
\bar{x}_g	geometrischer Mittelwert

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	<i>Das Gesetz der Fünf Wandlungsphasen: Das Werden und Das Vergehen (aus Asshauer 1985).....</i>	<i>35</i>
Abbildung 2:	<i>Die Fünf Elemente (Mikrokosmos) und ihre Entsprechungen in der Natur (Makrokosmos) (aus Asshauer 1985)</i>	<i>35</i>
Abbildung 3:	<i>Studienablauf (schematisch).....</i>	<i>48</i>
Abbildung 4:	<i>Schematische Darstellung der Akupunkturpunkte beim Rind (laterale Ansicht; nach Schoen 2003). Die in der eigenen Arbeit gewählten Punkte sind rot dargestellt.....</i>	<i>50</i>
Abbildung 5:	<i>Darstellung der für diese Studie gewählten Akupunkturpunkte.....</i>	<i>53</i>
Abbildung 6:	<i>Schematische Darstellung der Messanordnung zur Durchführung der elektromyographischen Verlaufsuntersuchungen</i>	<i>56</i>
Abbildung 7:	<i>Frequenzanalyse des Nutzsignals mit MATLAB® 7.4; die Signalleistung (Y-Achse) ist in Relation zum Frequenzband (X-Achse) dargestellt.</i>	<i>58</i>
Abbildung 8:	<i>EMG-Analyser zur Berechnung des Gesamtintegrals</i>	<i>59</i>
Abbildung 9:	<i>Formel zur Berechnung des Gesamtintegrals</i>	<i>60</i>
Abbildung 10:	<i>EMG-Algorithmus zur Detektion der Aktionspotentiale</i>	<i>62</i>
Abbildung 11:	<i>Spike-Analyser_V 1.3 zur Analyse der Aktionspotentiale</i>	<i>62</i>
Abbildung 12:	<i>24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>69</i>
Abbildung 13:	<i>24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>70</i>
Abbildung 14:	<i>24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>71</i>
Abbildung 15:	<i>24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>73</i>

Abbildung 16:	Gruppenunabhängige Darstellung der Tagesverläufe der Gesamtintegral-Maximalwerte pro Stunde innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....	75
Abbildung 17:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}) und der Standardabweichungen (s).....	80
Abbildung 18:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}) und der Standardabweichungen (s).....	81
Abbildung 19:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}) und der Standardabweichungen (s).....	82
Abbildung 20:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}) und der Standardabweichungen (s).....	83
Abbildung 21:	Gruppenunabhängige Darstellung der Tagesverläufe der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtag 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}) und der Standardabweichungen (s).....	85
Abbildung 22:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).	90
Abbildung 23:	24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).	91

<i>Abbildung 24: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 25: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 26: Gruppenunabhängige Darstellung der einzelnen Tagesverläufe der mittleren Amplitude pro Stunde innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 27: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>102</i>
<i>Abbildung 28: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>103</i>
<i>Abbildung 29: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>104</i>
<i>Abbildung 30: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>105</i>
<i>Abbildung 31: Gruppenunabhängige Darstellung der einzelnen Tagesverläufe der mittleren stündlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{X}_g) und der Streufaktoren (SF).....</i>	<i>107</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Übersicht über die p-Werte der Variablen des „myoelektrischen Gesamtintegrals“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“, „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.</i>	<i>66</i>
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Übersicht über die p-Werte der Variablen „Anzahl an Aktionspotentialen“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 3:</i>	<i>Übersicht über die p-Werte der Variablen „mittlere Amplitude der Aktionspotentiale“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“, „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.</i>	<i>88</i>
<i>Tabelle 4:</i>	<i>Übersicht über die p-Werte der Variablen „Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.</i>	<i>99</i>
<i>Tabelle 5:</i>	<i>Übersicht über Rasse, Alter, Erkrankungsdauer und Auftreten der Labmagenverlagerung in zeitlichem Abstand zur Kalbung der Studentiere der Akupunktur- (A) und Kontrollgruppe (K). Die gekennzeichneten Kühe (*) wurden als „drop out“ gewertet.</i>	<i>141</i>

Tabelle 6: *Übersicht über die Ergebnisse der myoelektrischen Gesamtaktivität an der Pars pylorica des Labmagens.*

Aufgeführt sind die Mittel- (MW) und Maximalwerte (MX) des Gesamtintegrals, der Anzahl, der Amplitude und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde über die jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Form der geometrischen (\bar{X}_g) bzw. arithmetischen (\bar{X}) Mittelwerte mit Streufaktoren (SF) bzw. Standardabweichungen (s). 153

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG DER STUDIE

Zeitgleich mit der Entwicklung hochspezialisierter Milchviehbetriebe während der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hat sich die Labmagenverlagerung bei Milchkühen, die erstmals von den Autoren Begg (1950), Dirksen (1961), Müller (1953) und Moore et al. (1954) beschrieben wurde, von einer sporadisch auftretenden Einzeltierkrankung zu einer der bedeutendsten Krankheiten in der intensiven Milchviehhaltung entwickelt. Bis heute hat ihr Auftreten kontinuierlich zugenommen, so dass dieses Erkrankungsbild als eine Art „Berufskrankheit“ der modernen Milchkuh bezeichnet werden kann. Im Jahre 1995 berichtete Geishauser von einer jährlichen Inzidenz in Betrieben mit hoher Leistung von bis zu 4,4 %. Doll legt 2007 eigene Untersuchungen in zwölf hessischen Holstein-Herden vor, bei denen die mittlere Laktationsinzidenz 2,3 % betrug. In norddeutschen Betrieben lag diese bei 1,6 % (Wolf et al. 2001). In den neuen Bundesländern konnte im Jahre 1997 eine mittlere Inzidenz von 1,75 % angegeben werden, mit Höchstwerten in einzelnen Betrieben bis zu 7,5 % (Poike u. Fürll 1998).

Die genaue Ätiologie dieses Krankheitsgeschehens ist trotz intensiver Forschungsarbeit noch nicht vollständig geklärt. Es muss vielmehr von einer plurifaktoriellen Ursache ausgegangen werden (Dirksen 2002). Neben zahlreichen tierspezifischen Risikofaktoren, wie Rassendisposition, Alter und einer individuellen genetischen Prädisposition (Constable 1992, Dirksen 1962, Geishauser 1996, Stöber et al. 1974, Wolf et al. 2001) werden haltungsspezifische Faktoren wie Fütterung und Stress (Constable 1992, Dirksen 1961, Lester u. Bolton 1994, Martens 1998, Neu-Zuber 2005, Stengärde u. Pehrson 2002, Svendsen 1969, Wolf et al. 2001) sowie mögliche Einflüsse von Begleiterkrankungen (Mastitis, Retentio, Ketose) (Rohrbach et al. 1999, Sustronck 1998, Vlamincx et al. 1985) und neuroendokrine Störungen am Magen-Darm-Trakt (MDT) diskutiert (Geishauser et al. 1998, Reiche 2000, Sickinger 2007).

Nach derzeitigem Kenntnisstand wird der Motilitätsstörung am Labmagen eine bedeutende Rolle in der Pathogenese der Labmagenverlagerung zugesprochen (Dirksen 2002). Viele Autoren sind sich einig, dass es infolge einer Hypotonie bzw. Atonie des Labmagens mit entsprechender Entleerungsstörung zu einer vermehrten Gasansammlung im Labmagen kommt, welche schließlich zur Dilatation und zur Verlagerung des Organs führen kann (Constable 1992, Coppock 1974, Dirksen

1961, Geishauser 1995, Geishauser et al. 1998, Roussel et al. 1994, Svendsen 1969). Bei Milchkühen konnte bereits mit Beginn und während des Bestehens einer linksseitigen Labmagenverlagerung eine Verminderung der Labmagenmotilität beobachtet werden (Nelson et al. 1995). Auch nach operativer Reposition soll die Motilität des Labmagens noch bis zu sieben Tagen p. op. beeinträchtigt sein (Hummel 2005). Zur Anregung der Labmagenmotilität potentiell geeignete prokinetische Wirkstoffe wurden beim Wiederkäuer bisher nur in experimentellen Studien untersucht (Buehler et al. 2008, Michel et al. 2003). Allerdings ist die Anwendung von Prokinetika bei lebensmittelliefernden Tieren aufgrund fehlender Zulassung limitiert (Verordnung (EU) Nr. 37/2010, Ungemach 2006).

Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der steigenden Nachfrage nach alternativen Heilverfahren sollte in dieser Studie die Anwendung einer Akupunkturbehandlung als eine therapeutische Interventionsmöglichkeit für Motilitätsstörungen am Labmagen überprüft werden. Bisherigen Studien zufolge sollen sich Akupunkturbehandlungen positiv auf gastrointestinale Motilitätsstörungen sowohl bei Menschen (Chang et al. 2001/2002, Chou et al. 2003), bei Hunden (Kim et al. 2000, Ouyang et al. 2002/2004, Quian et al. 1999), bei Ratten (Imai et al. 2008, Iwa et al. 2006/2007, Liu et al. 2004, Tabosa et al. 2002, Tatewaki et al. 2003) als auch bei Wiederkäuern (Jang et al. 2003, Lee et al. 1998, Nam et al. 1987/1997) ausgewirkt haben.

Sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin erfreut sich die Akupunktur immer größerer Beliebtheit. Die sich verändernde Einstellung vieler Verbraucher und Tierbesitzer fördert insbesondere im Nutztierbereich in den ökologisch, aber auch in den konventionell wirtschaftenden Betrieben ein Umdenken hin zum Einsatz komplementärmedizinischer Therapiemethoden. Nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (EG-Öko-Basisverordnung) müssen die Tiere in solchen ökologisch wirtschaftenden Betrieben jedoch primär mit wirksamen Naturheilverfahren behandelt werden. Die Wirksamkeit vieler dieser Heilverfahren ist allerdings nach wie vor umstritten, da viele Studien erhebliche Mängel aufweisen und daher strengen wissenschaftlichen Kriterien nicht genügen (NIH Consensus Statement 1997, Schoen 2003, Yin et al. 2010). Um diesem Mangel an Studien mit hinreichender Evidenz entgegenzuwirken und um einen Beitrag zur Validierung der Wirksamkeit dieses Akupunkturverfahrens zu leisten, wurde diese Studie klinisch kontrolliert, randomisiert und gemäß den GCP-Richtlinien geplant und durchgeführt.

Die Zielsetzung lag darin zu überprüfen, ob sich unter Anwendung einer Akupunkturstimulation in der Literatur beschriebener und in der Praxis „bewährter“ Punkte die Motilität des Labmagens hinsichtlich objektiv messbarer Kriterien während des Zeitraums der postoperativen Phase einer linksseitigen Labmagenverlagerung positiv beeinflussen lässt und ob diese Behandlung somit möglicherweise zu einer Verkürzung der Rekonvaleszenzphase bei solchen Patienten führt.

Zur Beurteilung der elektromyographischen Gesamtaktivität am Antrum pylori des Labmagens wurden als Hauptzielkriterien das myoelektrische Gesamtintegral, die Anzahl und die Amplitude der Aktionspotentiale sowie deren Ausbreitungsgeschwindigkeit untersucht. Die Ergebnisse der Versuchsgruppe (n = 30) wurden mit denen einer nicht akupunktierten Kontrollgruppe (n = 30) verglichen.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

2.1.1 Glatte Muskulatur

Bei den glatten Muskelzellen der Eingeweideorgane handelt es sich um mikroskopisch kleine spindelförmige Zellen mit einer Länge von 50-500 μm und einem Durchmesser von 5-10 μm . Sie besitzen einen zentral liegenden Zellkern. Da die kontraktilen Elemente Aktin- und Myosin nicht in Sarkomeren angeordnet sind, fehlt ihnen histologisch die Querstreifung. Sie werden daher im Gegensatz zur Skelettmuskelzelle als glatt bezeichnet (Ehrlein 2000). Das vorwiegend in Längsrichtung angeordnete Aktin ist über Anheftungsstellen (dense bodies) im Bereich der gegenüberliegenden Zellpole mit der Zellmembran verbunden, wobei bipolare Verbindungen zu den Myosinfilamenten zusätzliche Stabilität gewähren (Ehrlein 2000). Die Verschiebung der Aktin- und Myosinfilamente gegeneinander führt zu einer Kontraktion der glatten Muskelzelle. Die fehlende Strukturierung der kontraktilen Elemente in Sarkomere ermöglicht eine größere Verschiebbarkeit zwischen diesen Filamenten. Die Fähigkeit zur Formveränderung von der Spindel- in eine Kugelform und umgekehrt verleiht der glatten Muskelzellen eine weitere Möglichkeit zur Längenänderung, wodurch die Dehnbarkeit der glatten Muskulatur im Vergleich zur Skelettmuskulatur wesentlich erhöht ist (Ehrlein 2000).

Die Muskulatur des Magen-Darm-Trakt (MDT) besteht aus glatten Muskelzellen vom Single-Unit-Typ, welche durch kommunizierende Verbindungen (Gap junctions, Nexus) zu einem großen Zellverband zusammengeschlossen sind. Innerhalb dieses Zellverbandes können Muskelzellen mit tonischen und phasischen Eigenschaften differenziert werden. Es handelt sich hierbei nicht um unterschiedliche Spezialzellen, sondern um phasische und tonische Spezialprozesse innerhalb einer Zelle auf Grundlage unterschiedlicher Calcium-Aktivierungssysteme (Golenhofer 1978). Während tonische Muskelzellen mit einem konstanten elektrischen Ruhepotential zwischen -40 mV und -60 mV die Fähigkeit zu lang anhaltenden tonischen Kontraktionen besitzen, sind phasische Muskelzellen durch kurze Kontraktionen mit anschließender Erschlaffung gekennzeichnet. Ihr Membranpotential zeigt langsame rhythmische Schwankungen, weshalb sie auch als langsame Wellen (Slow waves)

(Ehrlein 2000), basaler elektrischer Rhythmus (Golenhofer 1978, Ehrlein 2000) oder „Electrical control activity“ (ECA) (Ehrlein 2000, Kuiper et al. 1988, Sarna 1985) bezeichnet werden. Ursächlich hierfür sind die interstitiellen Zellen nach Cajal (Interstitial cells of Cajal, ICC) zu benennen, die in der Wand von Magen und Dünndarm lokalisiert sind und als myogene Schrittmacher im MDT schnelle unterschwellige Depolarisationen in einem Spannungsbereich zwischen 20-30 mV mit anschließender Plateauphase erzeugen. Die rhythmischen Potentialschwankungen werden über Gap junctions auf benachbarte Muskelzellen übertragen und somit rasch innerhalb des Muskelgewebes fortgeleitet (Ehrlein 2000). Auch untereinander sind die ICC über Gap junctions miteinander verbunden und stehen in engem Kontakt zu glatten Muskelzellen und Neuronen (De Ceulaer 2007). Rolle (2002) differenziert die ICC zum einen in bipolare intramuskulär gelegene Zellen und in eine Gruppe, die mit sternförmigen Ausläufern um den Plexus myentericus angeordnet sind. Aktuellen Untersuchungen zur Folge werden die ICC aufgrund ihrer Funktion und Lokalisation in weitere Subklassen unterteilt (De Ceulaer 2007). Da die Calciumspeicher glatter Muskelzellen begrenzt sind, führt Ehrlein (2000) die Entstehung langsamer Wellen auf die elektromechanische Kopplung infolge eines extrazellulären Calciumeinstroms zurück. Er widerspricht somit Golenhofers (1978) Vermutung eines rhythmischen Natriumeinstroms in die Muskelzelle.

Aktivierete Calciumkanäle öffnen entweder lang anhaltend, was zu einer Erhöhung und Verbreiterung der Plateauphase der Slow waves führt, oder es werden durch kurzzeitiges Öffnen und Schließen der Kanäle während der Plateauphase Salven von Spikes, sog. Spike bursts, erzeugt (Ehrlein 2000). Die am MDT vorhandenen Potentialsalven werden auch als Spitzenpotentiale, Spike potentials (Kuiper u. Breukink 1988, Ooms u. Oyaert 1978) oder als „Electrical response activity“ (ERA) (Kuiper u. Breukink 1988) bezeichnet, welche den Slow waves aufgelagert sind. Golenhofer (1978) beschreibt den „Spike“ in seinen Ausführungen zur glattmuskulären Motorik als schnellstes Ereignis motorischer Äußerung an der glatten Muskelzelle mit impulshafter und explosiver Depolarisation in einer Gesamtdauer von 10-50 ms. Da bei den phasischen glatten Muskelzellen sowohl der extrazelluläre Calciumeinstrom und als auch die intrazelluläre Calciumfreisetzung an die Frequenz der langsamen Wellen gebunden ist, bestimmen die Slow waves somit die maximale Frequenz und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kontraktionen. Weiterhin steht

die Erhöhung der Plateauphase bzw. die Anzahl der Spikes in einem proportionalen Zusammenhang zur Kontraktionsstärke (Ehrlein 2000).

2.2 Innervation des Magen-Darm-Trakts

2.2.1 Vegetatives Nervensystem

Das vegetative Nervensystem umfasst den Teil des Nervensystems, welcher die Tätigkeit der inneren Organe und des Stoffwechsels reguliert. Da es dabei weitgehend der willkürlichen Kontrolle entzogen ist, wird es synonym auch als autonomes oder unwillkürliches Nervensystem (ANS) bezeichnet (Diener 2000). Zur Bewerkstelligung all dieser Aufgaben arbeitet es eng mit dem Hormonsystem und dem somatischen Nervensystem zusammen. Alle vegetativen Nerven sind über Gehirn- und Rückenmarksnerven an das zentrale Nervensystem (ZNS) angeschlossen und unterliegen somit dessen Kontrollfunktion (Diener 2000). Zusätzliche Unterstützung in seiner Funktion erfährt das vegetative Nervensystem durch endokrine Drüsen, die durch Abgabe von Sekreten in die Blutbahn Funktionsprozesse mitregulieren (Böhme 1992). Neben der neuronalen Kontrolle spielen bei der Regulation auch Konzentrationsänderungen von aus der Darmwand ins Blut abgegebenen Peptiden (Hormonen) eine Rolle (Phillips u. Wingate 2002).

Die Innervation des Magen-Darm-Trakts (MDT) erfolgt durch die verschiedenen Funktionssysteme des vegetativen Nervensystems; dabei wird das intrinsische oder intramural gelegene Nervensystem (ENS) von den beiden klassischen Bestandteilen des autonomen, extrinsisch gelegenen Nervensystems (ANS), Parasympathikus und Sympathikus, abgegrenzt (Phillips u. Wingate 2002, Diener 2000). Zusätzlich leiten viszerale Afferenzen dem ZNS Informationen über den Aktivitätszustand der inneren Organe zu (Diener 2000).

2.2.2 Enterisches Nervensystem

Das intrinsische Nervensystem wird auch als enterisches Darmnervensystem (ENS) bezeichnet. Es ist ein eigenständiger Teil des vegetativen Nervensystems und wird als ein vom ZNS weitgehend unabhängiges integratives System betrachtet. Es liegt innerhalb der Wand des MDTs und erstreckt sich vom Ösophagus bis zum Rektum.

Es regelt neben der Motorik die Sekretion, die Durchblutung und die Immunvorgänge am MDT und wird gemäß den Bedürfnissen des Gesamtorganismus, sowohl vom sympathischen als auch vom parasympathischen Anteil des extrinsischen Teils mitgesteuert (Schemann 2000). Sowohl funktionell als auch anatomisch wird es in zwei unterschiedliche Nervengeflechte (Plexus) sensorischer und motorischer Nervenfaserbündeln (Nervenzellfortsätze) und Nervenknotten (Ganglien) eingeteilt. Der Plexus myentericus (Auerbach) liegt zwischen der Längs- und Zirkulärmuskulatur und kontrolliert primär die Muskelaktivität. Zwischen Mucosa und Zirkulärmuskulatur gelegen, befindet sich der Plexus submucosus (Meissner), welcher die Mucosa innerviert und dadurch verschiedenste Sekretions- und Resorptionsvorgänge steuert. Beide Plexus sind bei der Regulation der Durchblutung des Darms beteiligt (Schemann 2000).

Zur Erfüllung seiner Funktionen besitzt das ENS zum einen fest installierte Programme in Form von Reflexschaltkreisen und zum anderen unterschiedliche Zelltypen, die unter Verwendung von bis zu 25 Transmittersubstanzen innerhalb des ENS miteinander kommunizieren (Schemann 2000). Die intrinsischen sensorischen Neuronen codieren mechanische und chemische Reize. Die Wandspannung, Druck- oder Volumenänderungen im MDT werden durch Mechanorezeptoren registriert. In der Mucosa befindliche mechanosensible Nerven werden wiederum durch Scherreize erregt. Chemorezeptoren haben die Aufgabe auf Nährstoffe, den pH-Wert oder die Osmolarität des Chymus zu reagieren (Schemann 2000). Interneurone stellen schließlich die Kommunikation zwischen den enterischen Nervenzellen sicher. Sie verarbeiten Signale und entscheiden über die Aktivierung oder Hemmung der verschiedenen Reflexschaltkreise. Die Motoneurone sind die letzten Glieder der enterischen Schaltkreise und innervieren die Effektorsysteme. Man unterscheidet zwischen Muskel-, Sekreto- und Vasomotoneuronen (Schemann 2000).

Die Materialaufnahme und Materialabgabe (Essen, Trinken, Defäkation) wird durch spezialisierte regionale motorische Aktivitäten koordiniert (ösophageale Peristaltik, Relaxation des internen Analsphinkters) (Phillips u. Wingate 2002). Der bedeutendste Reflex ist der peristaltische Reflex. Er ist für die propulsive Peristaltik und die koordinierte Passage des Darminhaltes verantwortlich. Eine Reizung der Dehnungs- oder Chemorezeptoren durch den Darminhalt stimuliert sensorische Neurone, die ihrerseits einen Reflexschaltkreis in Gang setzen, der oral

des Dehnungsstimulus zu einer Kontraktion und aboral zu einer Erschlaffung der zirkulären Muskulatur führt (Schemann 2000).

2.2.3 Extrinsisches Nervensystem

Die Nerven und Ganglien des sympathischen und parasympathischen Systems verbinden das ENS und das ZNS miteinander und stellen die efferente Verbindung zwischen den vegetativen Zentren und den Erfolgsorganen her (Diener 2000, Phillips u. Wingate 2002). Es handelt sich um funktionell motorische Nervenzellen, die in Form von Zwei-Neuronen-Ketten angeordnet sind. Ihre zentralen Anteile sind im Rückenmark und im Hirnstamm lokalisiert, wobei ihre peripheren Neurone in Ganglien außerhalb des ZNS zu liegen kommen. Viszerale Afferenzen haben die Aufgabe, Informationen der inneren Organe dem ZNS zuzuleiten (Diener 2000). Extrinsische Nervenbahnen haben primär eine Überwachungsfunktion inne, wobei sie gelegentlich regulierend und kontrollierend eingreifen (Schemann 2000).

2.2.3.1 Sympathikus

Das thorakolumale System hat seinen Ursprung in den sympathischen Kernen des Brust- und Lendenmarks (Th1-L2-L3) (Diener 2000). Als präganglionäre Fasern verlassen die Axone das Rückenmark über die Ventralwurzeln und finden Anschluss an den ventro-lateral der Wirbelkörper gelegenen paarigen Grenzstrang, Truncus sympathikus, welcher durch Paravertebraalganglien strickleiterförmig aufgebaut ist. Er unterteilt sich in einen Kopf-, Hals-, Brust-, Bauch-, Becken- und Schwanzteil (Böhme 1992). Als postganglionäre Neurone verlassen dünne unmyelinisierte Nervenfasern die Grenzstrangganglien und stellen organfern eine Verbindung zu den Erfolgsorganen her (Diener 2000).

2.2.3.2 Parasympathikus

Als kranio-sakrales System entspringen die präganglionären Neurone des parasympathischen Systems im Mittelhirn und in der Medulla oblongata (kranialer Teil) sowie in der Substantia intermedia des Sakralmarks (S2-S4; Kreuzteil) (Böhme 1992, Diener 2000). Die Axone schließen sich Hirnnerven mit vegetativen Anteilen an (z. B. Nervus vagus). Die Umschaltung zu den postganglionären Neuronen erfolgt in

Ganglien, die nahe an den zu innervierenden Organen liegen (Diener 2000). Der Nervus vagus ist an der Innervation der meisten Eingeweide beteiligt und besitzt von allen Gehirnnerven das ausgedehnteste Versorgungsgebiet. Beim Rind zieht er mit dem Ganglion cervicale craniale des Grenzstranges Halswärts. Nachdem er den N. laryngeus cranialis abgegeben hat, verbindet er sich mit dem N. sympathikus zum Truncus vagosympathikus und bildet den Halsteil des Vagus. Als Truncus vagalis dorsalis und Truncus vagalis ventralis im Brustbereich tritt der geteilte Vagus zusammen mit der Speiseröhre durch das Zwerchfell in die Bauchhöhle ein. Der aus dem Truncus vagalis dorsalis und ventralis des Brustteils hervorgehende Bauchteil des Vagus, Pars abdominalis, verhält sich bei den Wiederkäuern beträchtlich anders als bei den Tieren mit einhöhligen Magen. Der dorsale und ventrale Vagusstamm entlassen in einem spezifischen Aufzweigungsmuster Nervenäste zur Innervation von Pansenwand, Magenrinne, Haube, Blättermagen, Labmagen und Pylorus (Nickel et al. 1982, Böhme 1992).

Die Erregungsübertragung zwischen präganglionären als auch postganglionären Synapsen erfolgt sowohl bei sympathischen als auch parasympathischen Neuronen über Acetylcholin (ACh). Dagegen findet die Weiterleitung auf das Endorgan nicht über Synapsen statt, sondern über die Freisetzung der in den Vesikeln der Varikositäten der Nervenfasern befindlichen Transmitterstoffe. Der postganglionäre Transmitter des parasympathischen Systems ist ACh, der des sympathischen Systems ist bis auf wenige Ausnahmen Noradrenalin (Diener 2000).

2.2.4 Viszerale Afferenzen

Afferente viszerale Fasern informieren das vegetative Nervensystem über den Aktivitätszustand der inneren Organe. Der N. vagus, ein Hauptnerv des vegetativen Nervensystems, hat einen zum Bauchraum ziehenden afferenten Faseranteil von mehr als 80 % (Diener 2000). Die Nervenzellkörper der viszeralen Afferenzen liegen in den Spinalganglien oder bei den Afferenzen die mit dem N. vagus verlaufen, dem Ganglion jugulare oder dem Ganglion nodosum. Diese Neuronen haben sehr lange verzweigte Ausläufer, die mit verschiedensten Sensoren - z. B. Dehnungs- oder Chemosensoren - der glatten Muskulatur des MDTs in Kontakt stehen. Eine Erregung dieser Sensoren führt zur Auslösung von Aktionspotentialen in den afferenten Fasern, die in Richtung des ZNS über die Nervenzellkörper zum Rückenmark weitergeleitet werden. Dort erfolgt eine Umschaltung zu Neuronen im

Dorsalhorn bzw. zu Neuronen des Nucleus tractus solitarii, wo sensorische Fasern aus dem N. vagus bzw. dem N. glossopharyngeus enden (Diener 2000).

Die Schwierigkeit in der Informationsweiterleitung des ZNS liegt nun darin, dass viszerale Afferenzen zusammen mit Afferenzen aus der Haut an den gleichen Dorsalhornneuronen konvergieren (Diener 2000).

2.3 Motorik des Labmagens

Der Labmagen der Wiederkäuer entspricht dem einhöhligen Magen der Monogastrier und kann funktionell in zwei Bereiche, den Magenspeicher und die Magenpumpe, eingeteilt werden (Ehrlein 2000). Der Magenspeicher umfasst den Fundus und den proximalen Teil des Corpus. Charakteristisch für diesen Magenabschnitt ist das Vorhandensein tonischer Kontraktionen (Magee 1932, Svendsen 1969, Stoffel 1996, Wolffram 1996). Die im Magenfundus vorkommenden Kontraktionen halten über mehrere Minuten an und erzeugen dadurch kontinuierlich Druck auf den Labmageninhalt (Wolffram 1996). Der distale Teil des Corpus und das Antrum pylori bilden die Magenpumpe. Diese Region des Magens ist gekennzeichnet durch spontane Schrittmacheraktivität in Form peristaltischer Kontraktionswellen, die als ringförmige, zirkuläre Einschnürungen von proximal nach distal weitergeleitet werden und dabei an Geschwindigkeit und Kraft zunehmen (Ehrlein 2000, Wolffram 1996). Die Reservoirfunktion der Vormägen führt zu einem stetigen Ingestafluss in den Labmagen, wodurch die digestive Funktion als kontinuierlich und als weitgehend unabhängig vom Fütterungsverhalten betrachtet werden kann (Bueno u. Fioramonti 1980).

2.3.1 Magenspeicher

Während der Futteraufnahme führen drei unterschiedliche Reflexkreise zu einer Relaxation des Magenspeichers (Ehrlein 2000, Wolffram 1996). Während des Kau- und Schluckvorganges werden Mechanorezeptoren in der Mundhöhle und im Pharynx stimuliert. Diese führen über vago-vagale Reflexe zu einer kurzzeitigen Erschlaffung des Magenspeichers und zur Vorbereitung des Magens auf einen Bissen (rezeptive Erschlaffung). Beim Wiederkäuer scheint dieser Reflex infolge des kontinuierlichen Ingestaflusses aus den Vormägen eine untergeordnete Rolle zu spielen. Mit zunehmender Füllung des Magens werden Spannungsrezeptoren in der

Magenwand erregt, die über gastro-gastrische Reflexe eine adaptive Relaxation auslösen. Das Hormon Gastrin, welches zur Stimulation der Magensekretion ausgeschüttet wird, bewirkt eine zusätzliche Erschlaffung. Der Chymus kann solange im Magen gespeichert werden, bis dieser für die Entleerung ausreichend verflüssigt und zerkleinert ist (Ehrlein 2000). Um sowohl die Magenfüllung als auch die Magenentleerung an die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge am Darm anzupassen, erfolgt eine Feedback-Regulation ausgehend von im Darm lokalisierten Chemo- und Osmosensoren. Die Hemmung wird zum einen über entero-gastrische Reflexe und zum anderen über die Freisetzung eines eigens im Darmepithel gebildeten intestinalen Hormons z. B. Cholecystokinin (CCK) vermittelt (Ehrlein 2000). Beim präruminanten Kalb gilt eine aktive Beteiligung des Fundus an der Magenentleerung als gesichert (Bell u. Grivel 1975). Beim erwachsenen Wiederkäuer ist die Füllung des Labmagenspeichers hauptsächlich von der Motilität der Haube und des Blättermagens sowie vom Labmageninnendruck abhängig (Kay 1965). Die rezeptive, die adaptive und die Feedback-Relaxation des Magens erfolgen über nicht-adrenerge, nicht-cholinerge Vagusfasern (NANC-Hemmung), welche die Überträgerstoffe Stickoxid (NO) und das Vasoaktive intestinale Polypeptid (VIP) freisetzen (Ehrlein 2000).

2.3.2 Magenpumpe

Die Region der Magenpumpe wird im Gegensatz zum tonischen Magenspeicher auch als phasischer Bereich des Magens bezeichnet (Ehrlein 2000). Als Charakteristikum der Magenpumpe gelten peristaltische Wellen, denen elektrische Wellen der glatten Muskelzellen in Form von Schrittmacherpotentialen (Slow waves) zugrunde liegen (Ehrlein 2000). Sie beginnen in der Mitte des Magenkörpers im Bereich der Incisura angularis und breiten sich zum Pylorus hin mit steigender Geschwindigkeit und Regelmäßigkeit aus (Kuiper u. Breukink 1988). Golenhofer (1971) beschreibt die peristaltischen Kontraktionen am Magenantrum als basale Potentialwellen mit überlagerten Sekunden-rhythmischen Oszillationen und Spikes. Bis zu 80 % der Slow waves am Antrum pylori des Labmagens adulter Kühe werden von Spikepotentialen (Spike potentials) überlagert (Kuiper u. Breukink 1988).

Der Pylorus wirkt als elektrischer Isolator, so dass die Slow waves am Magen enden und am Duodenum peristaltische Wellen mit höherer Frequenz durch neue Schrittmacherpotentiale ausgelöst werden (Ehrlein 2000). Die Slow waves bewirken

selbst keine Kontraktionen. Sie sind vorhanden, auch wenn am Magen peristaltische Wellen fehlen. Um Kontraktionen auszulösen, bedarf es der Freisetzung von Acetylcholin (ACh) durch anregende cephalische und gastrische Reflexe, wie z. B. der Stimulation von Mechanorezeptoren in der Mundhöhle oder der Dehnung von Rezeptoren in der Magenwand (Ehrlein 2000). Die Bindung von ACh an die Rezeptoren glatter Muskelzellen führt zu einer Öffnung rezeptorabhängiger Calciumkanäle. Der dadurch bewirkte Calciumeinstrom ist mit der Bildung von Spikepotentialen verbunden und löst die für die Kontraktion notwendige elektro-mechanische Kopplung aus (Ehrlein 2000).

Aus der Literatur ist zu entnehmen, dass die Frequenz der Schrittmacherpotentiale sowie die Kontraktionen am Magen für die einzelnen Tierarten sehr unterschiedlich sind. Am Labmagen adulter Kühe variiert die durchschnittliche Frequenz von ca. 2,9 (Nelson 1995) und 3,0-3,1 (Madison 1993) bis hin zu 3,8-4,5 (Ruckebusch u. Kay 1971) Slow waves/Minute. Bei Schafen konnten zwischen 5,2-5,4 (Ehrlein 2000) und bis zu 7 (Ruckebusch 1970) Kontraktionen/Minute beobachtet werden. Ehrlein (2000) beschreibt eine maximale Frequenz der peristaltischen Wellen am Magen von Schweinen in Höhe von 3,3 Kontraktionen, bei Kaninchen von 4,6 Kontraktionen sowie bei Hunden in Höhe von 5,2 Kontraktionen/Minute.

2.3.3 Magenentleerung

Der Magen speichert den Chymus so lange, bis dieser ausreichend zerkleinert und verflüssigt ist. Die Magenentleerung erfolgt in Anpassung an die intestinalen Verdauungs- und Resorptionsvorgänge und wird überwiegend vom Darm ausgehend reguliert (Ehrlein 2000). Der Entleerungsmechanismus kann in drei Phasen unterteilt werden:

1. Phase des Vorschubs
2. Phase der Entleerung und Durchmischung
3. Phase der Rücktreibung und Zerkleinerung

In der Phase des Vorschubs schiebt eine peristaltische Welle den Chymus vom proximalen Antrum in das erschlaffte terminale Antrum. Der Pylorus öffnet sich kurzzeitig und die Kontraktionen am Duodenum werden gehemmt, wodurch eine kleine Menge an vorwiegend flüssigem Chymus in den Darm gespült wird. Der feste, visköse Inhalt und die groben Partikel bleiben im Magen zurück. Das Lumen des

mittleren Antrums wird dabei nicht vollständig verschlossen, wodurch ein Teil des Chymus durch den zentralen Schnürring in das proximale Antrum zurückfließt und somit zeitgleich zur Entleerung eine Durchmischung des Chymus stattfindet. Die Kontraktion des terminalen Antrums und des Pylorus bewirkt einen düsenartigen Rückstrom des Chymus in das erschlaffende mittlere Antrum. Hierdurch erfolgen eine kräftige Durchmischung und die Zerkleinerung von Partikeln (Ehrlein 2000).

Der transpylorische Fluss hängt von mehreren Faktoren ab, wobei die Relaxation des Magenspeichers, die Einschnürungstiefe der peristaltischen Wellen, die Weite des Pylorus, die rezeptive Erschlaffung des Bulbus duodeni und die Art der Kontraktionen am Duodenum zu berücksichtigen sind (Ehrlein 2000). Die Entleerung von Flüssigkeiten erfolgt exponentiell in Abhängigkeit der Zeit. Dagegen entspricht die Ausscheidung von viskösem Chymus einem nahezu linearen Verhältnis (Ehrlein 2000).

2.3.4 Entleerung des Labmagens

Die Labmagenentleerung beim Wiederkäuer erfolgt weitgehend kontinuierlich. Beim adulten Schaf entspricht dies einer kontinuierlichen Labmagenpassage der Ingesta in den Bulbus duodeni in Höhe von ca. 64 Ergüssen/Stunde mit einem durchschnittlichen Volumen zwischen 5-6 ml pro Erguss (Ruckebusch u. Bueno 1977). Mit Beginn der Phase III der sog. wandernden myoelektrischen Komplexe (Migrating myoelectric complex, MMC) am Duodenum werden die Kontraktionen am Antrum jedoch vorübergehend inhibiert (Fioramonti u. Bueno 1988, Plaza et al. 1996, Ruckebusch 1980, Ruckebusch u. Bueno 1977). Nach Ruckebusch (1980) ist der Transit der intestinalen Ingesta bei Wiederkäuern sowohl von der Vormagenaktivität als auch von der Reticulo-omasalen Öffnung abhängig. Die geöffnete Phase beträgt während der Haubenkontraktion 0,8 Sekunden beim Schaf und bis zu 3,4 Sekunden beim Rind (Ruckebusch 1980). Über die tonische Aktivität am Labmagenkörper kann die Entleerung des Labmagens geringfügig reguliert werden (Bueno u. Fioramonti 1980).

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Magenentleerung liegen jedoch in der Motilität des Antrum pylori und in der duodenalen Koordination (Bueno u. Fioramonti 1980). Nach Wyburn (1980) soll bei Wiederkäuern der Ingestafluss in das Duodenum hauptsächlich durch den Pylorus reguliert werden und nicht durch eine Änderung der Peristaltik am Antrum pylori.

2.4 Motorik des Dünndarms

Am ruhenden Dünndarm sind langsame elektrische Wellen in Form eines basalen elektrischen Rhythmus abzuleiten. Beim Hund und Wiederkäuer liegt die Frequenz am Duodenum zwischen 15-18, am Ileum zwischen 10-13 Slow waves/Minute (Ehrlein 2000). Jede Kontraktion, die sich entlang der Darmwand fortpflanzt, besteht aus schnellen Potentialsalven (Spike potentials), die den langsamen Wellen (Slow waves) überlagert sind (Ruckebusch 1977). Die maximale Frequenz der Kontraktionen am Dünndarm entspricht dabei der Frequenz der vorhandenen langsamen Wellen (Slow waves) (Ruckebusch 1977, Fioramonti u. Bueno 1988). Bereits 1969 beschrieb Szurszewski ein zyklisches Grundmuster am Dünndarm des Hundes in Form von wandernden myoelektrischen Komplexen (MMC). Dieses Aktivitätsmuster ist beim Hund nur im Nüchternzustand (Fasted pattern), während der sogenannten interdigestiven Periode zu beobachten (Bueno u. Ruckebusch 1977). Jeder MMC kann in drei aufeinanderfolgende Zeitphasen unterteilt werden (Ehrlein 2000):

1. Phase I: Ruhephase
2. Phase II: unregelmäßige Spiking Aktivität („Irregular spiking activity“, ISA)
3. Phase III: regelmäßige Spiking Aktivität („Regular spiking activity“, RSA)

Ein MMC erscheint am Duodenum alle 90-120 Minuten, so dass innerhalb von 24 Stunden durchschnittlich 18 Komplexe registriert werden können (Ruckebusch 1977). Diese wandern den Dünndarm entlang, wobei bei allen Tierarten für die Gesamtlänge des Dünndarms etwa die gleiche Zeit benötigt wird (Ruckebusch 1977). Die Phase II (ISA) dauert zwischen 30-40 Minuten und bewegt sich schnell (einige cm/Sekunde) über kurze Distanzen fort. Hierbei werden nur 30-70 % der Slow waves von Potentialsalven begleitet. Gefolgt von einer Phase mit regulärer Spiking-Aktivität (Phase III, RSA) sind hier alle Slow waves von Potentialsalven überlagert. Diese Phase hält über die Dauer von ca. 5-7 Minuten an und breitet sich langsam mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern pro Minute über den gesamten Dünndarm aus (Ruckebusch 1977).

Im Gegensatz zum Hund war beim Schaf der Beginn der Aktivitätsfront (RSA, MMC Phase III) in einem Bereich von ca. 15 cm distal des Pylorus zu beobachten (Ruckebusch u. Bueno 1977). Der Beginn der Phase III am Duodenum ist mit einer kurzzeitigen Inhibition der antralen Aktivität verbunden (Ruckebusch u. Bueno 1977).

Bedingt durch den oral-aboralen Druckgradienten, welcher durch die Wanderung der Phase III erzeugt wird, ist der Ingestafluss beim Übergang von der Phase II zur Phase III am größten. Insgesamt zwei Drittel des gesamten Ingestatransits im Duodenum ereigneten sich somit in einer Zeitspanne von fünf Minuten vor Einsetzen der Phase III (Ruckebusch u. Bueno 1977). Während der regelmäßigen Phase III (RSA) und der Ruhephase war dagegen kein Ingestatransport zu verzeichnen (Ruckebusch 1977, Ruckebusch u. Bueno 1977). Mehrere Autoren konnten am Duodenum einen engen Zusammenhang zwischen der elektrischen Aktivität und der mechanischen Aktivität feststellen (Plaza et al. 1996, Romanski 2008, Ruckebusch 1970). Die Ausbreitung der MMC soll beim Wiederkäuer, nicht jedoch beim Monogastrier, mit der Geschwindigkeit des Ingestatransits korrelieren (Bueno et al. 1975). Im Gegensatz dazu stehen die Erkenntnisse von Ruckebusch (1977), welcher zwischen der Intensität der elektrischen Aktivität und des Durchflussvolumens der Ingesta kein Zusammenhang nachweisen konnte.

Die Nahrungsaufnahme führt beim Monogastrier (Hund, Ratte) zur Unterbrechung des zyklischen MMC-Aktivitätsmusters der interdigestiven Phase (Ehrlein 2000, Fioramonti u. Bueno 1988) oder des sog. „Fasted pattern“ (Ruckebusch u. Bueno 1977). Die fütterungsbedingte Unterbrechung besteht in einer Hemmung der Phase I (Ruhephase) und der Phase III (RSA) (Ehrlein 2000, Ruckebusch u. Bueno 1977). Das myoelektrische Muster dieser als „Fed pattern“ bezeichneten Phase ist durch eine unregelmäßige propulsive Aktivität gekennzeichnet, die mit der Phase II (ISA) des MMC-Aktivitätsmusters vergleichbar ist (Ruckebusch u. Bueno 1977). Nach Fioramonti und Bueno (1988) soll die digestive Phase mit dem Energiegehalt des Futters, der Art der Nährstoffe und der Häufigkeit der Fütterung in Zusammenhang stehen und durch neuronale und humorale Faktoren vermittelt werden.

Beim präruminanten Kalb und beim ruminierenden Rind ließ sich nach einer Insulininjektion ein „Fed pattern“, also eine Desorganisation der zyklischen MMC-Grundaktivität, über mehrere Stunden darstellen (Ruckebusch u. Bueno 1977). Nach der Fütterung von Hunden war die MMC-Grundaktivität am Dünndarm über eine Dauer von 8-12 Stunden unterbrochen. Während und nach der Nahrungsaufnahme war die Passagerate der Ingesta hierbei jedoch dreifach höher als nach 18 Stunden Nüchternheit (Ruckebusch 1977). Bueno et al. (1975) konnten solche Unterschiede in ihren Untersuchungen am Schaf nicht aufzeigen. Beim adulten Wiederkäuer und beim abgesetzten Milchkalb sowie beim ad libitum gefütterten Schwein führte die

Aufnahme von Futter zu keiner Änderung der motorischen Vorgänge am Dünndarm, so dass die zyklische MMC-Grundaktivität während der Nahrungsaufnahme erhalten blieb (Ehrlein 2000, Ruckebusch 1977). Ruckebusch u. Bueno (1977) zeigten in ihren Untersuchungen am Dünndarm von Schafen, dass das zyklische Aktivitätsmuster der MMC-Phasen sowohl während der digestiven als auch während der interdigestiven Periode vorhanden war.

2.5 Elektromyographie

2.5.1 Grundlagen

Die Elektrodiagnostik ist in der Humanmedizin seit Jahren ein unersetzliches Medium zur Diagnose myogener und neurogener Erkrankungen. Auch in der Veterinärmedizin fasst diese Form der Diagnostik seit den sechziger Jahren immer mehr Fuß. Ein wichtiger Zweig der Elektrodiagnostik ist die Elektromyographie, die neben der Elektroneurographie und der Ableitung spinal oder zerebral evozierter Potentiale zum Oberbegriff der medizinischen Elektrodiagnostik zählt (Kronberg 1994).

Die Elektromyographie ist eine Methode zur Registrierung der spontan bzw. bei Willkürinnervation auftretenden oder durch elektrische Stimulation provozierbaren Aktionsströme im Muskelgewebe bzw. einzelner Muskelaktionspotentiale (MAP). Die Ableitung erfolgt mit Hilfe von in den Muskel eingestochenen Nadelelektroden oder über dem Muskel platzierten Oberflächenelektroden. Die erfassten Potentiale werden verstärkt, optisch oder akustisch wiedergegeben und aufgezeichnet (Pschyrembel 2002). Durch die Elektromyographie können myogene und neurogene Störungen differenziert werden, wobei auch diagnostische und prognostische Aussagen möglich sind (Kronberg 1994).

2.5.2 Elektromyographische Aufzeichnungen am Magen-Darm-Trakt der Wiederkäuer

Die ersten Methoden zur Messung der gastrointestinalen Motilität bei Tieren waren sehr vielfältig. Bereits 1932 beschrieb Magee radiographische Untersuchungen am Gastrointestinaltrakt (GIT) des Wiederkäuers. Er nutzte röntgendichtes Bariumsulfat,

um den Ingestatransit bei Schafen zu beobachten. Durch Temperaturmessungen im Pansen mittels Thermoelement und Photokymographion konnten Trautmann und Hill (1949) Rückschlüsse auf die Pansenmotorik ziehen. Um die Kontraktionsvorgänge an den Vormägen von Ziegen näher zu beschreiben, befestigte Ehrlein (1970) zum einen Dehnungsmessstreifen („Strain gauge force transducers“) an deren Muskelwand und zeichnete zusätzlich mittels elektronischem Druckwandler (Statham) und flüssigkeitsgefülltem Katheter die Druckverhältnisse im Inneren des Pansens auf.

Die ersten elektromyographischen Studien am GIT des Wiederkäuers wurden in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts durchgeführt (Ooms u. Oyaert 1978, Ruckebusch 1970, Ruckebusch u. Bueno 1977). Die dafür verwendeten Elektroden bestanden aus den freigelegten Enden isolierter Nickelchromdrähte (\varnothing 120 μ m), die in Paaren mit einem Abstand von zwei Millimetern zueinander in die Muskelschicht eingeführt und schließlich mit Ligaturen an der Serosa fixiert wurden (Ruckebusch 1970, Ruckebusch 1977, Ruckebusch u. Bueno 1977). In weiteren Studien ist die Verwendung Nickel-Chrom-legierter Elektroden beschrieben (Gregory et al. 1985, Laplace 1970, Malbert u. Ruckebusch 1988, Ooms u. Oyaert 1978, Ooms et al. 1978, Plaza et al. 1996, Roussel et al. 1994, Vlaminck et al. 1984, Vlaminck et al. 1978). Kuiper und Breukink (1988) nutzten in ihren Untersuchungen ebenfalls Elektroden aus denselben Materialien, die jedoch innerhalb weniger Tage brachen und schließlich durch Stahlelektroden ersetzt wurden. In neueren Elektromyographiestudien ist ebenfalls die Implantation rostfreier Edelstahlelektroden dargestellt (Nelson et al. 1995, Huhn et al. 1998, Hummel 2005, Neu-Zuber 2005). Elektroden aus Silberchlorid wurden von Madison und Troutt (1988), Lester und Bolton (1994), Madison et al. (1993) und Meylan et al. (2004) verwendet, während Szurszewski (1969) und Romanski (2008) Platinelektroden implantierten.

Die Aufzeichnung der über bipolare Elektroden abgeleiteten myoelektrischen Aktivität erfolgt über direkt angeschlossene mehrkanalige Encephalographen (Ooms u. Oyaert 1978, Ooms et al. 1978, Plaza et al. 1996, Ruckebusch u. Bueno 1977, Romanski 2008, Vlaminck et al. 1978), Blattschreiber (Kuiper u. Breukink 1988), Oszillographen (Ruckebusch 1970), Kompensationsschreiber (Ruckebusch u. Bueno 1977) oder Personalcomputer (PC) (Huhn et al. 1998, Meylan et al. 2002, Nelson et al. 1995). Neuere Studien beschreiben die Erfassung der elektromyographischen Aktivität über einen an die Elektroden angeschlossenen Transmitter, welcher die

Signale telemetrisch an einen in ca. fünf Meter Entfernung befindlichen Receiver überträgt (Neu-Zuber 2005, Hummel 2005).

Die myoelektrische Aktivität am GIT des Wiederkäuers (Retikulum, Pansen, Omasum, Abomasum, Dünn- und Dickdarm) konnte in rhythmische und zyklisch wiederkehrende Spannungsschwankungen (Slow waves) sowie in eine mit Muskelkontraktionen einhergehende überlagernde schnelle Aktivität (Burst of spikes, Potentialsalven) differenziert werden (Ruckebusch 1970). Ooms und Oyaert (1978) registrierten die Slow waves am Labmagen adulter Rinder mit einer Frequenz von durchschnittlich 3,33 Slow waves/Minute. Knapp die Hälfte (48,78 %) davon breitete sich bis zum proximalen Duodenum hin aus, wobei insgesamt 72 % der peristaltischen Wellen des Duodenums ihren Ursprung am Antrum pylori des Labmagens nahmen. Die Phase der unregelmäßigen Spiking-Aktivität am Duodenum wurde gefolgt von einer rhythmischen Segmentierungs-Periode (Phase der regelmäßigen Spiking-Aktivität, RSA) mit einer durchschnittlichen Dauer von 2,7 Minuten. Während und unmittelbar nach der Segmentierungsaktivität konnte ein deutlicher Rückgang in der Frequenz wie auch in der Amplitude der Slow waves am Labmagen registriert werden (Ooms u. Oyaert 1978). Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Segmentkontraktionen (Intersegmentärzeit) wurden im Mittel 82 % der Slow waves am Labmagen von Spike potentials begleitet. Die Flexura portalis des Duodenums bildete im Bereich der Einmündungsstelle des Ductus choledochus den Ausgangspunkt retrograder Kontraktionen, die teilweise bis zum Labmagen voranschritten (Ooms u. Oyaert 1978).

In ihrer Studie über die Untersuchung des myoelektrischen Aktivitätsmusters des Labmagens adulter Milchkühe legten Kuiper und Breukink (1988) besonderen Wert auf das Corpus abomasi. Die Amplitude der dort registrierten ECA („Electrical control activity“) lag zwischen 200 und 500 μV und erschien mit einer Frequenz von $5,4 \pm 0,7$ Slow waves/Minute simultan über den Corpus verteilt. Die darauf aufgelagerte ERA („Electrical response activity“) wies eine Amplitude in Höhe von ca. 100 μV auf. Die Regelmäßigkeit der elektrischen Aktivität nahm in aboraler Richtung zu, so dass am Pylorus selbst in einem zeitlichen Abstand von ca. 15-17 Sekunden eine ECA mit einer mittleren Frequenz in Höhe von $3,7 \pm 0,2$ Slow waves/Minute registriert werden konnte. Letztgenannte wurde in diesem Bereich nahezu gesamt von ERA begleitet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit

der elektrischen Aktivität erhöhte sich von $0,7 \pm 0,1$ cm/s im Bereich der Incisura angularis auf $1,1 \pm 0,3$ cm/s in der Nähe des Pylorus.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der Pathogenese der Labmagenverlagerung (LMV) implantierten Nelson et al. (1995) in ihrer Studie mit Teflon beschichtete Edelstahlelektroden (\varnothing 0,584 mm, 28 gauge) in die Serosa des Reticulums, Corpus abomasi, Antrum pylori und des Duodenum von Milchkühen, die an einer linksseitigen LMV erkrankt waren. Neben der Erfassung der myoelektrischen Aktivität an den jeweiligen Lokalisationen konnte zusätzlich mithilfe eines in die große Curvatur des Labmagens fixierten kleinen Radiotransmitters die Position des Organs nach konservativer Therapie durch Wälzen bestimmt werden. Im Zeitraum von sechs Stunden vor Verlagerung des Organs zeigte sich im Duodenum ein signifikanter Anstieg (0,5 bis 48,3 %) der Anzahl an ECA. Während der tatsächlichen Organverlagerung konnte im Corpus und Antrum pylori ein signifikanter Rückgang in der Anzahl an ERA (bis zu 12 %) verzeichnet werden.

Elektromyographische Untersuchungen an der Colonscheibe von Milchkühen wurden erstmals von Meylan et al. im Jahre 2002 beschrieben. Das myoelektrische Aktivitätsmuster am Dickdarm entsprach weitgehend demjenigen des für den Dünndarm bereits bekannten Organisationsmusters. An der Colonscheibe konnten zyklisch wiederkehrende wandernde myoelektrische Komplexe („Bovine spiral colon MMC“, bcMMC) von durchschnittlich $188,6 \pm 30,8$ Minuten beobachtet werden. Die Phase III der regulären Spiking Aktivität war hierbei mit einer Dauer von $5,4 \pm 1,2$ Minuten am häufigsten zu registrieren (73,8 %). Die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit der Phase III lag in einer Höhe von $4,4 \pm 0,5$ cm/min, wobei sich ca. 13,6 % der bcMMC nur unvollständig entlang der Colonscheibe ausbreiteten.

2.5.3 Elektroden

Das Elektrodenmaterial bildet die Schnittstelle zwischen Haut und Sensoreinheit. Bis zu dieser Schnittstelle geschieht der Ladungstransport und somit die Signalübertragung durch Ionen, danach durch Elektronen. Die Elektrode kann daher als eine Art „Umsetzer“ verstanden werden, welcher den Ionenstrom in einen Elektrodenstrom umwandelt (Weitz 2006).

Um elektromyographische Aufzeichnungen durchführen zu können, müssen mindestens drei Elektroden angebracht werden. Eine aktive, positive oder differente Aufzeichnungselektrode (Kathode), eine negative oder indifferente Referenz-

elektrode (Anode) sowie eine Erdungselektrode. Die Erdungselektrode sollte einen guten Kontakt zum Subjekt herstellen und in Verbindung mit relativ inaktivem Gewebe (Sehnen oder Knochen) stehen (Kronberg et al. 1994).

Zur Ableitung der elektrischen Signale an der glatten Muskulatur des MDTs oder der quergestreiften Skelettmuskulatur werden unterschiedliche Elektrodentypen verwendet. Die Oberflächenelektrode ist in der Tiermedizin unüblich, da ihre Befestigung am Tierkörper nicht einfach ist. Meist werden folglich Nadelelektroden verwendet. Unter der Vielzahl an Nadelelektroden ist die in der klinischen Elektromyographie gebräuchlichste Elektrode die "konzentrische" oder "koaxiale Nadelektrode". Es handelt sich hierbei um einen feinen Platin- oder Stahldraht, der mit Ausnahme seiner Spitze im Inneren einer Kanüle liegt, von welcher er durch eine Isolationsschicht getrennt ist. Die Spitze stellt die hierbei die differente, die Kanüle die indifferente Elektrode dar (Hopf u. Struppler 1974).

Bei der "bipolaren Nadelelektrode" befinden sich zwei Platin- bzw. Stahldrähte innerhalb einer Kanüle. Sie sind jeweils untereinander und von der Kanüle isoliert. Mittels dieser Elektrode wird die Potentialdifferenz zwischen den Drahtspitzen gemessen. Da ein konstruktionsbedingtes engeres Einzugsgebiet vorliegt, ist eine stärkere selektive Ableitung als bei der axialen Nadelelektrode möglich (Hopf u. Struppler 1974). Weiterhin ermöglicht die Materialgleichheit beider Elektroden eine bessere Differentialverstärkung der Signale. Ihre Amplituden sind bei einem Elektrodenabstand von weniger als 0,5 mm kleiner, sonst jedoch größer als bei koaxialen Nadelelektroden (Hopf u. Struppler 1974). Die "monokulare Elektrode" besteht aus einer fast bis zur Spitze isolierten Stahlnadel. Als zweite Elektrode dient entweder eine zweite monokulare oder eine Oberflächenelektrode (Hopf u. Struppler 1974).

In den Ausführungen von Kronberg et al. (1994) besteht die Isolationsschicht der monopolaren Nadelelektrode aus Teflon, wobei der Platin- oder Silberdraht der koaxialen Elektrode in Aralit eingebettet ist. Das Elektrodenmaterial sollte über die Dauer der Messung einen konstanten elektrischen Kontakt und eine konstante Eingangsimpedanz zur Verfügung stellen. Zusätzlich sollte das Material stabile chemische Eigenschaften aufweisen, um mögliche Störungen durch variierende Kontaktspannungen zu vermeiden. Edelmetalle wie Gold (Au) und Silber (Ag), aber auch rostfreier Edelstahl, die unanfällig gegenüber Oxidation sind, werden daher bevorzugt verwendet (Weitz 2006).

Die bipolare Elektrodenanordnung ist die am häufigsten verwendete Elektrodenkonfiguration zur Erfassung myoelektrischer Signale. Sie wandelt den monopolaren Verlauf des Aktionspotentials in ein bipolares Signal um. Eine nachgeschaltete differentielle Verstärkung mit hoher Gleichtaktunterdrückung ermöglicht eine wirkungsvolle Unterdrückung von auftretenden Störeinflüssen. Der resultierende Signal-Rausch-Abstand ist folglich im Vergleich zur monopolaren Elektroden höher (Weitz 2006). Mit Nadelelektroden werden die Aktionspotentiale der zu einer motorischen Einheit gehörenden Muskelfasern, die sich nahezu synchron entladen, abgeleitet. Zur Ableitung mehrerer verschiedener motorischer Einheiten wird die Multielektrode eingesetzt, die im Gegensatz zur monopolaren und bipolaren Elektrode aus mehreren Elektroden besteht (Kronberg et al. 1994).

In der praktischen Anwendung sollten Nadelelektroden möglichst in der Nähe der glatten Muskelzellen eingestochen werden, da in einem Abstand von ca. 0,5 mm von der Faseroberfläche der glatten Muskelfaser entfernt die Potentialamplituden bereits auf ein Zehntel ihres Ausgangswertes abgefallen sind (Hopf u. Struppler 1974). Dieser Tiefpass-Filtereffekt des Gewebes entsteht somit in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Muskelfaser und Elektrode. Ein weiterer Filtereffekt muss berücksichtigt werden, welcher durch die Distanz zwischen den Elektroden der biolaren Elektrodenanordnung entsteht (Weitz 2006). Die leitfähige Fläche der Elektrode ist definiert durch die Geometrie und Größe der Elektrode. Je größer die Fläche ist, desto mehr Muskelfasern werden erfasst. Wird die Fläche jedoch zu groß, ist der Einfluss von denjenigen myoelektrischen Signalen, die nicht vom zu messenden Muskel stammen, durch Übersprechen der Signale ebenfalls größer. Es ist daher ein Kompromiss aus räumlicher Auflösung und Amplitudenstärke des Signals zu suchen (Weitz 2006).

2.6 Labmagenverlagerung

2.6.1 Vorkommen

Die linksseitige Labmagenverlagerung (LMV) wurde in Europa erstmals von Begg (1950) in England beschrieben. Müller beobachtete 1953 den ersten Fall in Deutschland. Obwohl das Krankheitsbild der „Dislocatio abomasi“ im Schrifttum bis dahin keine Erwähnung fand, ist davon auszugehen, dass die Erkrankung schon früher, allerdings recht selten, vorgekommen ist. Unzulängliche Diagnostik, Schwierigkeiten in der postmortalen Feststellung und die große Seltenheit sind Gründe für die späte Erkennung dieses Leidens (Dirksen 1961 b).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat sich das Krankheitsbild der LMV von einer sporadisch auftretenden zu einer der wichtigsten Erkrankungen in der modernen Milchviehhaltung entwickelt. Untersuchungen in hessischen Holsteinherden zeigten eine mittlere Laktationsinzidenz von 2,3 % (Doll 2007). In Betrieben in Norddeutschland lag die mittlere Inzidenz bei 1,6 % (Wolf et al. 2001). Poike und Fürll (1998) berichteten im Jahre 1997 in den neuen Bundesländern eine mittlere Inzidenz von 1,75 %, mit Höchstwerten in einzelnen Betrieben von bis zu 7,5 %.

Bereits Dirksen beobachtete 1961 die rechtsseitige LMV ungleich seltener als die Verlagerungen des Labmagens nach links. Auch andere Autoren nach ihm beschrieben das Vorkommen einer linksseitigen LMV mit einer Häufigkeit von 74,8 % (Wolf et al. 2001) und zwischen 85 und 96 % (Constable 1992) wesentlich häufiger, als die Verlagerung des Labmagens nach rechts mit 4-15 % (Constable 1992) bzw. 25,2 % (Wolf et al. 2001).

2.6.2 Ätiologie und Pathogenese

Die eigentliche Ursache für die Entstehung einer Labmagenverlagerung (LMV) ist bis heute nicht vollständig geklärt. Es handelt sich vielmehr um ein Krankheitsgeschehen multifaktorieller Genese. Kennzeichnend für das äußere Erscheinungsbild dieser Erkrankung ist eine subakut bis chronisch verlaufende, bei erwachsenen Milchkühen nicht selten mit geringgradiger bis hochgradiger Azetonurie einhergehende Verdauungsstörung (Dirksen 1961). Viele Autoren sind sich einig darüber, dass an der Entstehung einer LMV zwei wesentliche Grundvoraussetzungen beteiligt sein müssen: Eine Beeinträchtigung der Motilität des Labmagens im Sinne einer Hypo-

oder Atonie und eine vermehrte Gasansammlung (Dirksen 1961, Svendsen 1969, Coppock 1974, Kuiper 1991, Constable 1992, Geishauser 1995, Geishauser et al. 1998, Roussel et al. 1994). Als Folge dieser Motilitätsstörung wird verhindert, dass das mit dem Vormageninhalt in den Labmagen übertretende Gas oder das darin gebildete Gas über den Psalterkanal zurück in die Vormägen entweicht bzw. über den Pylorus in den Dünndarm weitertransportiert wird. Die sich überwiegend im Fundus bildende Gasblase bewirkt, dass der Labmagen mit zunehmender Gasfüllung unter dem Schleudermagen und dem ventralen Pansenblindsack hindurch auf die linke Seite gleitet und wie ein Ballon zwischen Pansen und Bauchwand nach oben zieht (Dirksen 2002). Nach wie vor ist jedoch ungeklärt, ob die Atonie nun als Voraussetzung für die Gasansammlung zu betrachten ist oder ob eine vorhandene Dehnung des Labmagens zur Atonie des Organs führt.

In den letzten Jahren konnten eine Vielzahl hierfür prädisponierender Risikofaktoren benannt werden, die das Auftreten von LMV begünstigen. Es werden einerseits tierspezifische Faktoren (Rasse, Alter, Genetik) und andererseits haltungsspezifische Faktoren (Fütterung, Stallsysteme, Jahreszeiten) benannt. Neben einer Rasse-disposition der klassischen Milchrasen wie Holstein Friesian und Deutsche Holsteins (Geishauser et al. 1996, Wolf et al. 2001) wird der Erkrankung infolge einer familiären Häufung unter den Nachkommen bestimmter Bullen und Kühe auch eine genetische Komponente zugesprochen (Stöber et al. 1974, Constable et al. 1992). Die Zucht auf Großrahmigkeit und Körpertiefe soll das Risiko von LMV begünstigen (Stöber et al. 1974).

Insbesondere die linksseitige LMV steht in einer sehr engen zeitlichen Beziehung zur Kalbung. Stengärde und Pehrson (2002) bezeichneten das Krankheitsbild auch als „peripartale Krankheit“, da die Tiere hauptsächlich in den ersten Laktationswochen betroffen sind. Insgesamt 75-81 % der LMV sollen in einem Zeitraum von drei Wochen a. p. bis zu vier Wochen p. p. auftreten (Constable 1992, Dirksen 1961, Wolf et al. 2001). Die Tiere sind in dieser Phase aufgrund der hormonellen Veränderungen und der Stoffwechselbelastung im Zusammenhang mit der Futterumstellung einer sehr hohen Belastungssituation ausgesetzt. Auch nach Mehrlings- und Schweregeburten ist das Risiko einer LMV signifikant erhöht (Fürl u. Krüger 1999, Poike u. Fürl 1998, Stengärde u. Pehrson 2002). Die Futterumstellung in den ersten Laktationswochen von einer rohfasernarmen zu einer kraftfutterreichen Ration bedingt eine hohe Konzentration kurzkettiger Fettsäuren im Labmagen.

In mehreren Fütterungsversuchen führte diese Umstellung zu einer deutlichen Hemmung der Labmagenmotilität (Svendsen 1969, Constable 1992, Lester u. Bolton 1994, Neu-Zuber 2005). Da das Vormagensystem in den ersten Laktationswochen noch nicht an die energiereiche Ration adaptiert ist, vermutet Martens (1998) als Ursache der Motilitätshemmung eine Überladung des Labmagens mit Wasser und Elektrolyten. Die hohe Konzentration an flüchtigen Fettsäuren und der daraus resultierende Rückgang des pH-Wertes führt zur Erhöhung des osmotischen Drucks und zum vermehrten Einströmen von Wasser, welches zusammen mit den nicht resorbierten Elektrolyten in den Psalter und Labmagen abfließt (Martens 1998). Weitere wichtige Hinweise zur Fütterung gaben Poike und Fürll (1998), die beobachteten, dass sich eine verminderte Struktur infolge einer zu kurzen Häcksellänge in der TMR-Fütterung begünstigend auf eine Verlagerung des Labmagens auswirken kann. Neben der Futterstruktur wird auch der Qualität des Futters ein bedeutender Einfluss zugesprochen (Fürll u. Krüger 1999).

Eine Überkonditionierung während der Trockenstehperiode birgt die Gefahr der Entwicklung eines Fettmobilisationssyndroms. Bereits vor Einsetzen der Laktation geraten solche Kühe aufgrund der Verfettung bei reduzierter Futteraufnahme in eine stark negative Energiebilanz mit Lipolyse und Leberverfettung. Weitere Belastungen wie Stress, Schweregeburten und ungünstige Haltungsbedingungen, bewirken sogar eine Intensivierung des Vorgangs der Lipolyse (Fürll u. Krüger 1999). Störungen in der Glukose-Homöostase scheinen bei Milchkühen mit LMV verbreitet zu sein. Die mit einer Hyperglykämie einhergehenden Insulinresistenz konnte dabei mit einer Atonie des Labmagens in Zusammenhang gebracht werden (Pravettoni et al. 2004). Viele Begleiterkrankungen während der Geburt wirken sich ebenfalls prädisponierend auf die Entstehung einer LMV aus. So soll eine Endotoxämie infolge einer Endometritis, Mastitis oder Retentio puerperalis zur Verminderung der Labmagenmotilität führen (Poike u. Fürll 1998, Fürll u. Krüger 1999). In experimentellen Versuchen mit Endotoxinen konnte gezeigt werden, dass sowohl die Kontraktilität glatter Muskelpräparate des Labmagenantrums gehemmt (Kaze et al. 2004), als auch die Labmagenentleerung im Tierversuch direkt und dosisabhängig reduziert werden konnte (Valmnick et al. 1984, Sustronck 1998). Auch durch Induktion einer Hypokalzämie (Gesamt-Calcium-Wert $< 1, 2$ mmol/l) ließ sich nach Madison und Troutt (1988) eine indirekte Hemmung der Kontraktilität der Labmagenmuskulatur bewirken.

2.7 Akupunktur

2.7.1 Grundlagen der Traditionellen Chinesischen Akupunktur

Die Akupunktur ist eine der ältesten bekannten Therapieformen der Welt und ein wesentlicher Teil chinesischen Kulturgutes. Sie gehört zu den Behandlungsformen der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM), bei welcher die ganzheitliche Betrachtungsweise eines jeden Individuums im Vordergrund steht (Kothbauer u. Meng 1983).

Die chinesische Weltansicht wird durch Zyklen bestimmt, in denen die Natur, die Gesellschaft sowie das Individuum in einem harmonischen Zusammenhang stehen (Asshauer 1985). Alle Bereiche des Lebens werden durch die polaren Kräfte „Yin und Yang“ geordnet, die den Rhythmus angeben, der die Natur ebenso wie das gesellschaftliche Leben regelt (Asshauer 1985). Beide Kräfte stehen sich dabei in einem dynamischen Gleichgewichtsverhältnis gegenüber (Kothbauer u. Meng 1983). Das uralte chinesische Konzept von „Yin und Yang“ ist für die chinesische Medizin und speziell für die Akupunktur von fundamentaler Bedeutung (Schoen 2003). Im „I-Ging“, dem einzig noch erhaltenen Orakel-Handbuch, findet sich der Aphorismus „I-Yin, I-Yang, das ist das Dao“, wobei das Dao als Begriff für die Ganzheit, die Einheit, den Weg, das Sein schlechthin steht (Hempfen 1991). Da alles Seiende der Gesetzmäßigkeit der Natur unterworfen ist, vollzieht sich jedes Werden und Vergehen nach den Fünf Elementen (Holz, Feuer, Erde, Metall und Wasser), den Bausteinen des Kosmos (Asshauer 1985) (siehe Abbildung 1).

Das Meridiansystem vereint alle Teile des Organismus zu einem Ganzen, indem es die inneren Organe mit dem Körperäußeren verbindet und das harmonische Gleichgewicht des Körpers aufrecht erhält (Schoen 2003). „Qi“ ist die Lebens- bzw. Körperenergie, die über diese Meridiane durch den Körper zirkuliert (Asshauer 1985, Hempfen 1991). Nach Hempfen (1991) steht „Qi“ für die aktiven energetischen nicht stofflichen Prozesse, im Gegensatz zur stofflichen Energie in Form von Körpersäften z. B. Blut (chin. Xue). Kocyla (2009) verwendet für „Qi“ die Bezeichnung eines „Funktionsgefühls“, welches sich auch als neurovegetative Arbeitsgemeinschaft eines Gewebes oder Organs beschreiben lässt.

Das Leib-Seelische des Menschen (Mikrokosmos) wird als Abbild der ihn umgebenden Natur (Makrokosmos) aufgefasst und durch feste Regeln mit ihm verbunden. Weiß man die Regeln, so hat man das Wissen um die Ordnung und kann

Gestörtes in den Zustand der Entsprechung oder Harmonie zurückführen (Asshauer 1985).

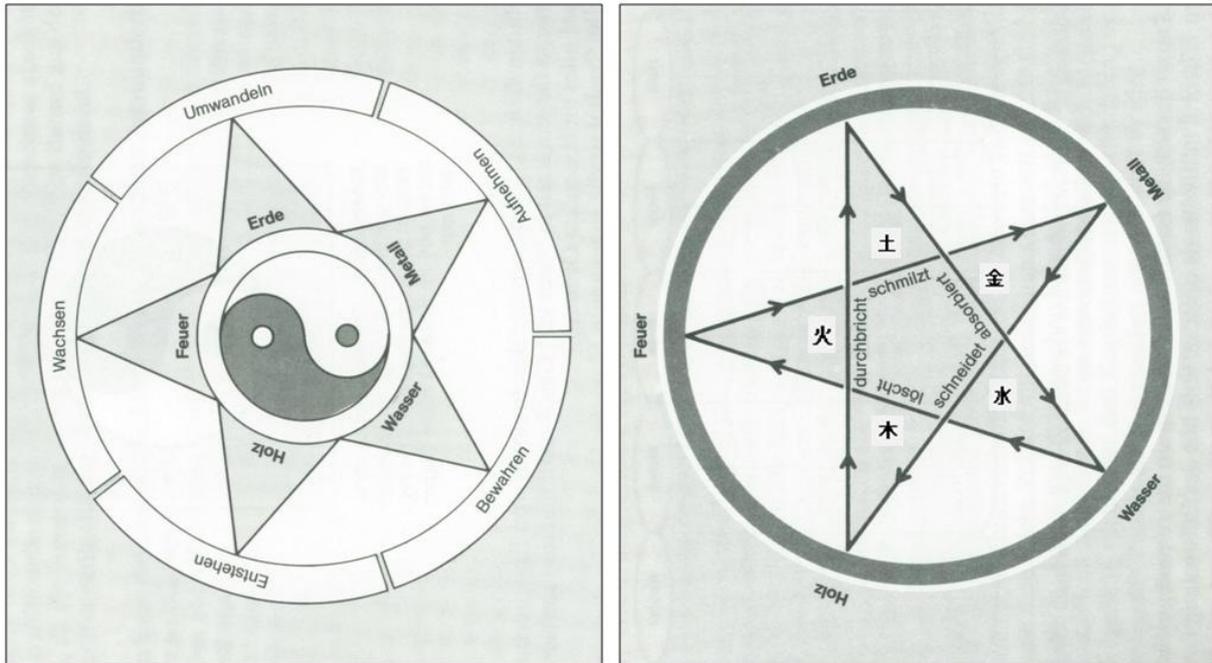


Abbildung 1: Das Gesetz der Fünf Wandlungsphasen: Das Werden und Das Vergehen (aus Asshauer 1985)

Holz		Feuer		Erde		Metall		Wasser	
Jupiter	Leber	Mars	Herz	Saturn	Milz	Venus	Lunge	Merkur	Niere
Osten	blau-grün	Süden	purpur-rot	Süd-westen	gelb	Westen	weiß	Norden	schwarz dunkel-blau
Frühling	sauer	Sommer	bitter	Spät-sommer	süß	Herbst	scharf	Winter	salzig
Morgen	schweißig	Mittag	verbrannt	früher Nachmittag	aroma-tisch	Nach-mittag	fischig	Abend	faulig
Wind	Zorn	Hitze	Freude	Feuch-tigkeit	Sorge	Trocken-heit	Trauer	Kälte	Angst

Abbildung 2: Die Fünf Elemente (Mikrokosmos) und ihre Entsprechungen in der Natur (Makrokosmos) (aus Asshauer 1985)

Die diagnostischen Untersuchungstechniken der chinesischen Medizin stützen sich ausschließlich auf Symptome und Befindlichkeiten. Zur Erfassung der Symptomatik setzt der Therapeut vornehmlich seine Sinne ein, wobei die Befindlichkeiten und Befunde nach einem inneren Plan registriert werden (Kocyla 2009).

Nach chinesischer Praxis wird die Diagnose aufgrund von vier Bestandteilen durchgeführt: Die Konstitution, das Agens, der aktuelle Funktionskreis und die acht Leitkriterien (Kocyla 2009). Kern westlicher Medizin ist es, Krankheiten auf messbare organische Veränderungen zurückzuführen. Da nach chinesischer Sicht der Mensch ein Teil des Kosmos ist, der zwischen Himmel und Erde existiert, finden alle auf das Individuum erkennbaren äußeren Einflussmöglichkeiten in Form einer „induktiven Synthese“ Berücksichtigung. Weiterhin werden alle Reaktionsmöglichkeiten, d. h. alle Lebensäußerungen des Menschen, welche der Arzt mit seinen Sinnesorganen registrieren kann, erfasst (Hempfen 1991). Die Konstitution lässt sich somit am Phänotypus, also an den von außen erkennbaren Körpermerkmalen und der emotionellen Grundausrichtung erkennen (Kocyla 2009). Alle Beobachtungen am Menschen werden einer Entsprechung zugeführt und gemäß den fünf Wandlungsphasen, nach „Yin und Yang“ und anhand der acht Leitkriterien, eindeutig qualifiziert (Hempfen 1991, Kocyla 2009).

Menschliche Funktionen und Lebensäußerungen lassen sich somit nach ihren sinnvollen Entsprechungen den einzelnen Wandlungsphasen zuordnen. Die Gesamtheit aller menschlichen Phänomene, die einer Wandlungsphase zugeordnet werden, nennt man Funktionsbereich (chin. Zang), gleichbedeutend mit dem Begriff „Organ“ (Hempfen 1991). Kocyla (2009) verwendet die Bezeichnung Funktionskreise bzw. „Orbes“, die diese klinisch-diagnostischen Zeichen der Befindlichkeiten in Gruppen oder funktionellen Systemen zusammenfasst. Er bemerkt weiterhin, dass zwischen der körperlichen Grundausstattung und den sich aktuell manifestierenden Beschwerden unterschieden werden muss, da jeder Konstitutionstyp naturgemäß verstärkt zur Ausprägung eines eigenen Funktionskreises tendiert (Kocyla 2009).

Ein Zustand der Geradläufigkeit des „Qi-Flusses“ in allen Funktionsbereichen führt zur Ausgewogenheit und zu einer Harmonie der Funktionen untereinander, was annähernd mit dem Begriff Gesundheit gleichzusetzen ist (Hempfen 1991). Der Begriff der Orthopathie (chin. Zheng) beschreibt die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung eines optimalen Funktionsgleichgewichts. Unterschiedliche Agenzien bzw. Wirkkräfte können zu Beeinträchtigungen führen, so dass einzelne Funktionen abgedrängt,

abgespalten bzw. schrägläufig oder heteropathisch werden. Die Art der Störfaktoren sollen dabei das Wesen und die Modalitäten der Symptomatik bestimmen (Kocyla 2009).

2.7.2 Akupunktur bei gastrointestinalen Erkrankungen

Hinsichtlich der Ätiologie und Pathogenese gastrointestinaler Erkrankungen werden endogene und exogene Krankheitsursachen benannt (Hempfen 1991, Schoen 2003). Die inneren wie die äußeren Faktoren weisen zu einzelnen Funktionsbereichen bestimmte Affinitäten auf (Hempfen 1991), wobei sie jedoch grundsätzlich alle „Orbes“ befallen können (Kocyla 2009). Emotionen gelten als wichtiger und unverzichtbarer Anteil der Funktionen der „Zang-Fu-Organen“ (Schoen 2003). Auch der Ernährung wird ein bedeutender Einfluss bei der Entstehung gastrointestinaler Störungen zugesprochen (Schoen 2003). Externe pathogene Faktoren greifen meist zunächst die Körperoberfläche an, sie können aber auch zu einer direkten Schädigung der „Zang-Fu-Organen“ führen. Ist der Körper geschwächt, da das krankhafte „Qi“ persistiert, können die externen Faktoren vom oberflächlichen Bereich tiefer in den Körper vordringen und weitere Bereiche des Körpers erfassen (Hempfen 1991, Schoen 2003). Die Qualität der Störung im Magen-Darm-Trakt, d. h. die Richtung einer Entgleisung, wird mit Hilfe der acht Leitkriterien, nach ihrer Eindringtiefe (außen und innen), ihrer Dynamik (Hitze und Kälte), ihrem energetischen Potential (Fülle und Leere) bestimmt und letztlich den Oberbegriffen „Yin und Yang“ zugeordnet (Hempfen 1991, Schoen 2003). Diese Einordnung bildet die Grundlage für eine weitere diagnostische Differenzierung (Schoen 2003) und unterstützt in den Vorentscheidungen in Richtung auf eine bestimmte therapeutische Maßnahme (Hempfen 1991).

Da jedes „Zang-Fu-Organ“ einem der fünf Elemente zugeteilt ist (Abbildung 2), kann die Beobachtung der Beziehung zwischen den einzelnen Elementen die Ursache einer Störung aufdecken (Schoen 2003). Die Erde, der als korrespondierende Organe Magen und Milz/Pankreas zugeteilt sind, wird als das zentrale Element betrachtet. Sie ist die Wurzel des nachgeburtlichen „Qi“ und ist für die Ernährung und Unterstützung aller anderen Elemente zuständig. Der Milz-Pankreas-Funktionsbereich ist das zentrale Organ im Verdauungsprozess und spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung von „Qi“ und Blut (Schoen 2003). Auch nach Hempfen (1991) ist es die „Mitte“, die aus chinesischer Sicht bei gastrointestinalen Störungen betroffen

ist. Der Bereich, der für die Assimilation von energetischen Einflüssen zuständig ist, die Instanz, die die Integration von neuen Einflüssen vorzunehmen hat, ist in ihrem freien Leistungsspektrum eingeschränkt, bedrängt oder sogar blockiert. Wenn derartige Entgleisungen des energetischen Gefüges lange anhalten, kommt es zu organischen Veränderungen (Hempfen 1991).

Erkrankungen im Bauchbereich lassen sich nach zwei Entstehungsmustern untergliedern. Sehr häufig ist hierbei eine Dysbalance zwischen den Kräften des Leber-Funktionsbereiches und der „Mitte“ zu finden, wobei die aktiven „Yang-Kräfte“ des Leber-Bereichs die „Mitte“ überwältigen und sozusagen wie einen Flaschenhals zusammenschnüren. Auch eine allgemeine Schwäche im Bereich der „Mitte“ kann dazu führen, dass der „Mitten-Bereich“ seine wesentlichen Funktionen nicht mehr wahrnehmen kann, die Umsetzung und die Klärung nicht mehr stattfinden und dadurch Feuchtigkeit und Versumpfung des Terrains entstehen (Hempfen 1991). Nach den Störungsmustern der vitalen Essenzen gehen gastrointestinale Erkrankungen häufig mit „Qi-Störungen“ in Form einer „Milz/Pankreas-Qi-Leere“, einer „Leber-Qi-Stagnation“ oder einem „rebellischen Magen-Qi“ einher (Schoen 2003). Auch ein nachlassender Appetit kann ein Zeichen für ein „schwaches Milz/Pankreas-Qi“ sein (Schoen 2003). Erst wenn der innere energetische Fluss ungehindert ist, es zu keinen Blockaden und Stauungen kommt, die „integrative Instanz“ und das Selbstbewusstsein stabil sind, dann ist es dem Menschen aus sich heraus möglich, anders mit den äußeren Attacken umzugehen (Hempfen 1991).

Der Vereinigungspunkt auf der Magen-Leitbahn „Dritter Weiler am Fuß“ (Ma-36, St-36, „Zu San Li“), eignet sich besonders für eine Harmonisierung und Kräftigung der „Mitte“ bei gleichzeitiger Besänftigung der störenden „Yang-Energien“. Die therapeutischen Überlegungen bestehen darin, die angespannte und blockierte Energie des Leber-Funktionsbereichs zu dämpfen, abzusenken und geschmeidig zu machen und gleichzeitig die eingeeengten und gestauten Prozesse der „Mitte“ wieder zu lösen und durchgängig zu machen (Hempfen 1991).

2.7.3 Untersuchungen zur Wirkung der Akupunktur bei gastrointestinalen Störungen

Innerhalb der letzten zehn Jahre stieg die Anzahl an Studien, die die Wirksamkeit der Akupunktur bei gastrointestinalen Störungen untersuchten, sprunghaft an. Interessanterweise wird die Elektroakupunktur, die eine Modifikation der konventionellen „manuellen“ Akupunktur durch Stimulation der Akupunkturpunkte mittels elektrischen Stromes darstellt, häufiger angewendet, als die herkömmliche Akupunktur. Li et al. (1992) bemerkten in ihrer Übersichtsarbeit, dass die durch Elektroakupunktur erzielten Ergebnisse in klinischen Studien als auch in anderen Forschungsarbeiten durchweg reproduzierbarer zu sein scheinen, als die durch herkömmliche Akupunktur erzielten Ergebnisse.

Durch den Einsatz von Akupunktur zeigte sich in einer Vielzahl von Untersuchungen bei Mensch und Tier mit unterschiedlichsten gastrointestinalen Störungen eine Verbesserung der klinischen Symptome (Chang et al. 2001, Ouyang et al. 2002/2004, Takahashi 2006). Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen groben Überblick über Akupunkturstudien geben, die als Hauptakupunkturpunkt St-36 stimulieren, um die gastrointestinale Motilität bei Mensch und Tier zu unterstützen. Obwohl vielfach positive Hinweise einer Akupunkturbehandlung aufgezeigt werden, sind dennoch die Ergebnisse mancher Studien nicht beweiskräftig oder widersprüchlich (Yin et al. 2010) und halten infolge methodischer oder statistischer Mängel neuzeitlichen wissenschaftlichen Anforderungen nicht stand.

Unter Messung der Herztätigkeit durch Spektralanalyse führte eine Elektroakupunktur an St-36 und Pc-6 bei Hunden zu einer Steigerung der vagalen Aktivität und zu einer Normalisierung der am Magen vorhandenen Motilitätsstörungen (Chen et al. 2008, Ouyang et al. 2002). Zeitgleich führte die Akupunktur zu einer Verstärkung der Kontraktionen am distalen Magen und zu einer beschleunigten Magenentleerung (Ouyang et al. 2002). Die durch eine experimentell induzierte Dehnung des Rektums unterdrückten Kontraktionen am Antrum pylori ließen sich durch Elektroakupunktur an St-36 signifikant steigern (Chen et al. 2008). In beiden Studien scheint die stimulierende Wirkung der Akupunktur durch eine Beteiligung vagaler Leitungsbahnen und Opioiden vermittelt zu werden.

Chang et al. 2001 konnten in ihren Untersuchungen zur diabetischen Gastroparese beim Menschen nachweisen, dass sich die gastralen Rhythmusstörungen unter elektrischer Stimulation von St-36 kurzzeitig normalisierten. Vorhandene tachy-

gastrische Frequenzen reduzierten sich unter der Behandlung signifikant. Eine manuelle Akupunktur sowie eine kutane elektrische Stimulation von St-36 zeigte im Elektrogastrogramm gesunder Menschen während einer 30-minütigen Stimulation und bis zu einer halben Stunde danach eine deutliche Zunahme in dem für den Magen üblichen Frequenzmuster. Tachygastrische Rhythmen reduzierten sich unter der Behandlung signifikant, wohingegen sich eine Bradygastrie nur durch Elektroakupunktur, nicht jedoch nach kutaner Stimulation beheben ließ. Nach Atropingabe ließ sich die hierdurch ausgelöste gastrale Arrhythmie nicht beeinflussen. Das im Serum bestimmte Gastrin, nicht jedoch Motilin, scheint bei der Beeinflussung der gastralen Aktivität des Magens beteiligt zu sein. Eine Verminderung des Gehaltes an Pankreas-Polypeptid nach Atropingabe deutet darauf hin, dass eine Beteiligung vagaler Nervenfasern möglich ist (Chang et al. 2002).

Bei gesunden Menschen führte die Stimulation der Akupunkturpunkte St-36 und Pc-6 zu gegensätzlichen Effekten. Während die Stimulation von St-36 die myoelektrische Aktivität am Magen verminderte, bewirkte die Stimulation von Pc-6 dagegen eine Steigerung dergleichen. Bei gleichzeitiger Stimulation beider Punkte war ein synergistischer Effekt zu beobachten (Shiotani et al. 2004). Tatewaki et al. (2003) konnten durch manuelle Akupunktur an St-36 eine sowohl anregende als auch hemmende Wirkung auf die Magenmotilität bei Ratten aufzeigen. Bei Tieren mit einer Hypomotilität des Magens, führte die Stimulation zu einer signifikanten Erhöhung der Potentialamplituden bzw. der Anzahl an Magenkontraktionen. Dagegen ließen sich bei solchen Tieren, deren Magen eine Hypermotilität aufwies, die Potentialamplituden signifikant vermindern bzw. die Kontraktionen am Magen reduzieren. Diese gegensätzlichen Effekte erklären die Autoren dadurch, dass bei einer vorherrschenden parasympathischen Dominanz die Akupunktur stimulierend auf den Sympathikus wirkt, die letztlich zur Hemmung der myoelektrischen Aktivität am Magen führt. Überwiegt dagegen der Sympathikus, führt die Akupunktur zu einer Steigerung des Parasympathikus, die sich in einer Erhöhung der myoelektrischen Aktivität äußert. Durch weitere Versuche konnte belegt werden, dass die stimulierenden Effekte der Akupunktur sowohl über cholinerge vagale Nervenfasern als auch durch Opiode vermittelt werden.

Bei der Durchführung elektromyographischer Studien am GIT von Ratten konnten Tabosa et al. (2002) aufzeigen, dass eine Immobilisation dieser Tiere zu einem stetigen Rückgang der myoelektrischen Aktivität am Dünndarm führte. Durch

Elektroakupunktur an St-36 und Sp-6 ließ sich die myoelektrische Aktivität zu der durch Immobilisation verminderten Motilität und zu einer Sham-Akupunktur signifikant erhöhen. Liu et al. (2004) beobachteten einen durch Elektroakupunktur an St-36 bedingten signifikanten Anstieg in der Slow-wave-Frequenz und in der Anzahl der darauf aufgelagerten Potentialsalven am Magen von Ratten. Dieser Effekt dauerte über einen Zeitraum von 90 Minuten an und ließ sich durch bilaterale Vagotomie vollständig aufheben. Nach Durchführung der Akupunkturbehandlung war eine Zunahme der optischen Dichte durch Anstieg der immunreaktiven Fasern im dorsalen vagalen Komplex zu verzeichnen. Der Autor nimmt an, dass die Stimulation der myoelektrischen Aktivität am Magen durch den Vagus reguliert wird, wobei möglicherweise auch dem stimulierenden Neuropeptid, Substanz P, im dorsalen vagalen Komplex eine Rolle zugesprochen werden kann.

2.7.4 Akupunktur bei gastrointestinalen Störungen des Wiederkäuers

In der Literatur gibt es nur eine geringe Anzahl an Akupunkturstudien, die sich mit der Wirkung der Akupunktur auf den GIT des Wiederkäuers befassen. Zugleich weisen viele dieser Studien methodische und statistische Mängel auf, so dass die Mehrzahl dieser Untersuchungen strengen wissenschaftlichen Anforderungen nicht standhält. Weiterhin ist zu beachten, dass einige Originalarbeiten, die vorwiegend aus koreanischen Zeitschriften stammen, nur in Form eines Abstracts vorliegen. Sie sind in Deutschland derzeit nicht erhältlich oder wurden bisher nicht ins Deutsche oder Englische übersetzt. Über die Qualität dieser Studien lässt sich somit nahezu keine Aussage treffen.

Jang et al. (2003) untersuchten die Wirkung der Elektroakupunktur und der Moxibustion bei zwölf Kühen mit linksseitiger und rechtsseitiger LMV. Sechs Kühe wurden mit Elektroakupunktur für 20 Minuten an den Punkten BI-20 („Pi Shu“), BI-21 („Wei Shu“) und BI-26 („Guan Yuan Shu“) sowie sechs Kühe mittels Moxibustion an denselben Punkten über drei aufeinanderfolgenden Tage behandelt. Bei insgesamt zehn Kühen konnte die LMV nach höchstens drei Behandlungen als korrigiert eingestuft werden. Bei jeweils einem Tier aus der Akupunktur- und aus der Moxibustionsgruppe musste nach der dritten wirkungslosen Behandlung einer linksseitigen LMV eine Abomasopexie durchgeführt werden. Aufgrund dieses Untersuchungsergebnisses halten die Autoren beide Verfahren für geeignete alternative Behandlungsmethoden gegenüber der operativen Behebung einer LMV.

Neben dem bedeutsamsten Mangel des Fehlens einer Kontrollgruppe ist die Studie in weiteren Punkten des Studienplans kritisch zu betrachten. Hinsichtlich der Methodik werden von den Autoren weder Angaben zur Diagnostik der LMV gemacht, noch die Kriterien für die Auswahl und Zuteilung der Tiere zu den Gruppen aufgeführt. Es existieren darüberhinaus keine Angaben über die Definition des Therapieerfolges. Weitere Angaben über Langzeitbeobachtungen zum eventuellen Auftreten von Rezidiven wären in diesem Zusammenhang ebenfalls interessant.

Zur Untersuchung der Wirkung einer Elektroakupunktur auf die Motilität des Pansens und des Labmagens von Ziegen stimulierten Nam et al. (1987) die Punkte Lg-5 („Tian Ping“) und Lg-20 („Bai Hui“). Während sich die Kontraktionsfrequenz am Pansen und Labmagen bis zu 30 Minuten nach der Behandlung nur ggr. steigerte, war dagegen ein signifikanter Anstieg in den Kontraktionsamplituden dergleichen zu verzeichnen. Eine induzierte Hypocalcämie führte bei diesen Tieren zu einer Verminderung der Kontraktionsamplitude, wohingegen sowohl ruminale als auch die abomasale Kontraktionsfrequenz unverändert blieben. Eine Steigerung der Motilität von Pansen und Labmagen war unter diesen Bedingungen unter Anwendung einer Elektroakupunktur nicht nachzuweisen (Nam et al. 1987).

Liu et al. 1983 behandelten drei Gruppen von Rindern mit einer Helium-Neon-Laserakupunktur auf Lg-20 („Bai Hui“) und BI-21, Lg-20 und BI-20 sowie Lg-20 und Ma-36 („Zu San Li“). Bei allen Gruppen führte die Behandlung zu einer Verlängerung der Pansenperistaltik, wobei die aktiven Peristaltik-Perioden nach Laserakupunktur der Punkte Lg-20 („Bai Hui“) und Ma-36 am deutlichsten verlängert waren.

Zur Behandlung einer ruminale Atonie und Tympanie stellte sich der Einsatz einer Elektroakupunktur im Vergleich zur konventionellen Medikation mit Neostigmin-Methylsulfat als wirksamer heraus. Die wirkungsvollste Linderung der Symptome zeigte sich jedoch bei der Kombination beider Verfahren (Nam et al. 1997).

Bei Kühen führte die Stimulation der Punkte BI-20 („Pi Shu“), BI-21 („Wei Shu“) und Lg-1 („Hou Hai“) durch traditionelle Akupunktur zu einer Erhöhung der abomasalen Motilität (Lee et al. 1998). Nach den Ausführungen von Nam (1997) hat sich die gleichzeitige Stimulation der Punkte BI-20 („Pi Shu“), BI-21 („Wei Shu“) und BI-26 („Guan Yuan Shu“) sogar als wirksam bei der Behebung einer linksseitigen Labmagenverlagerung erwiesen. Der Akupunkturpunkt BI-20 („Pi Shu“) soll sich hierbei im Vergleich zu den anderen Punkten des GIT als Punkt mit besonders starker Wirkung herausgestellt haben (Nam et al. 1997).

3 MATERIAL UND METHODEN

Das Ziel dieser Studie war es, die Wirksamkeit einer Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität bei Kühen nach operativer Reposition einer linksseitigen Labmagenverlagerung zu untersuchen.

3.1 Hauptzielkriterien der Studie

Die Erfassung der Labmagenmotilität erfolgte durch Aufzeichnung der myoelektrischen Aktivität der glatten Muskulatur an der Pars pylorica des Labmagens. Die elektrischen Signale wurden über die implantierten Elektroden abgeleitet und unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Hauptzielkriterien einer Datenanalyse unterzogen:

- Gesamtintegral der elektromyographischen Messungen
- Anzahl an Aktionspotentialen
- Mittlere Amplitude der Aktionspotentiale
- Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale

3.2 Durchführung der Studie

3.2.1 Studientiere

Der Versuch wurde im Rahmen einer kontrollierten klinischen Studie im Zeitraum von Januar 2005 bis Juli 2007 durchgeführt. Es wurden dabei 60 Kühe der Rasse Deutsche Holsteins aus dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer und Schweine der Justus-Liebig-Universität Gießen einbezogen. Voraussetzung für die Aufnahme in die Studie war das Vorliegen einer linksseitigen Labmagenverlagerung (LMV), unabhängig vom Grad der Dislokation und von der Krankheitsdauer.

Alle Tiere wurden zur chirurgischen Therapie der linksseitigen LMV stationär aufgenommen. Das Durchschnittsalter der Tiere lag zwischen 2 und 8,5 Jahren. Die Patientenbesitzer wurden zuvor über das Studienvorhaben und den Studienablauf informiert und willigten durch Unterzeichnung einer Einverständniserklärung der Aufnahme ihres Tieres in die Studie ein (siehe Anhang „Aufklärungsbogen“ und „Zustimmungsbogen“).

Unter kritischer Berücksichtigung der im Prüfplan festgelegten Ausschlusskriterien wurde jedes Tier vorab einer klinischen Untersuchung unterzogen. Tragende Tiere ab dem 5. Trächtigkeitsmonat wurden aufgrund einer möglichen Abortgefahr infolge der Akupunktur nicht in die Studie aufgenommen. Weitere Ausschlusskriterien waren fieberhafte Endometritiden, Mastitiden und schwerwiegende Klauenerkrankungen. Die Studientiere wurden bei Einlieferung sowie an den darauffolgenden Tagen, unter besonderer Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Organsysteme, eingehend klinisch untersucht:

- Herz-Kreislaufsystem
- Atmungssystem
- Magen-Darm-Trakt
- Geschlechtsapparat
- Bewegungsapparat

Zusätzlich erfolgten hämatologische und klinisch-chemische Untersuchungen (rotes und weißes Blutbild, Base Excess, Elektrolyte, Glukose, Gesamtprotein, Albumin, Leber- und Nierenparameter), sowie Harnuntersuchungen. Die Ergebnisse der klinischen Befunde sowie der Laborergebnisse sind Gegenstand einer weiteren Doktorarbeit (Freudenberg 2010).

Über den gesamten Untersuchungszeitraum wurden die Studientiere in separaten Boxen, innerhalb der Klinikstallungen, in Anbindehaltung auf Stroh aufgestellt. Jeden Morgen unmittelbar nach der Fütterung erfolgte eine allgemeine klinische Untersuchung. Die Fütterungs- und Melkzeiten waren jeweils um 7:30 Uhr und um 14 Uhr. Die Kraftfuttermischung bestand aus Hafer, Zuckerrüben-Trockenschnitzel, Mineralfutter (RWZ-ProfiMineral 15/3; Raiffeisen Waren-Zentrale Rhein-Main e.G.) und Milchleistungsfutter (RWZ-Kraft R 202 Press, Raiffeisen Waren-Zentrale Rhein-Main e.G.). Diese wurden entsprechend der Milchleistung pro Fütterung als einfache oder doppelte Ration angeboten. Die einfache Ration bestand aus 1 kg Hafer, 1,5 kg Trockenschnitzel und 2 kg Milchleistungsfutter. Die doppelte Ration enthielt 1,5 kg Hafer, 2,25 kg Trockenschnitzel und 4 kg Milchleistungsfutter. Jedes Tier wurde pro Tag mit 100 g Mineralfutter versorgt. Zusätzlich stand den Tieren jederzeit Wiesenheu zur Verfügung. Die Wasserversorgung erfolgte über Selbsttränkebecken. Bei Auftreten einer postoperativen Ketose bekamen die Tiere zweimal täglich je 200 ml Propylenglykol per os. Während der ersten drei Tage des postoperativen

Zeitraums erhielten alle Tiere einmal täglich Procain-Penicillin G (30 000 IE pro kg s. c., Fa. aniMedica).

Bei dieser Studie handelte es sich um einen anzeigepflichtigen Tierversuch, welcher gemäß § 8 Abs. 7 i. V. m. § 8a des Tierschutzgesetzes beim Regierungspräsidium Gießen unter dem Aktenzeichen: V 54-19 c 20/15 c GI 18/15 registriert wurde.

3.2.2 Implantation der Elektroden

Die Reposition des linksseitig verlagerten Labmagens erfolgte nach der von Dirksen (1961) beschriebenen Methode am stehenden Tier im Bereich der rechten Flanke. An allen 60 Studientieren wurde die Operation jeweils von demselben Operateur durchgeführt. Nach Rasur, Reinigung und Desinfektion der rechten Bauchwand erfolgte eine Lokalanästhesie als proximale Paravertebralanästhesie mit ca. 180 ml Procainhydrochlorid (Procasel 2 %, Selectavet, Otto Fischer GmbH).

Die Schnittführung zur Laparotomie in der rechten Hungergrube begann ca. eine Handbreit ventral der Lendenwirbelfortsätze und verlief ebenfalls ca. Handbreit kaudal entlang des Rippenbogens. Der Labmagen wurde mittels eines Gummischlauches mit aufgesetzter Kanüle punktiert und weitgehend entgast. Anschließend konnte dieser reponiert werden. Zur Rezidivprophylaxe erfolgte im Anschluss eine Omentopexie nach der Hannoverschen Methode. Der Pylorus und die angrenzenden Anteile des großen Netzes wurden in die Operationswunde vorgelagert. Die Perlon-scheibe zur Durchführung der Omentopexie wurde am großen Netz Handbreit des Pylorus mit nicht-resorbierbarem Nahtmaterial (Suprylon[®], 8 metric, Fa. Vömel, Kronberg) befestigt. Die Fadenenden wurden zunächst mit einer Klemme fixiert, so dass nun drei dünne Nadelelektrodenpaare in die Lamina muscularis der Pars pylorica eingebracht werden konnten.

Die Elektrodenpaare wurden in einem für jeweils alle Versuchstiere einheitlich definierten Abstand nacheinander mit resorbierbaren Einzelheften (Serafit[®], 2 metric, Fa. Serag Wiessner, Naila) und unter Verwendung einer Einmalkanüle in der Lamina muscularis festgenäht. Das erste Elektrodenpaar wurde 8 cm proximal des Pylorus, das zweite und dritte Paar jeweils in einem Abstand von 3 cm bzw. 6 cm proximal davor fixiert. Bei den verwendeten Elektroden (Biopotential Leads, Königsberg Instruments, Inc., Pasadena, CA) handelte es sich um Nadelelektroden aus rostfreiem Stahldraht mit einer Länge von ca. 150 cm. Die Elektrodenstränge wurden über eine Anschlussbuchse aus Titan zum Anschluss eines Transmitters nach außen

geführt. Dieser „Pettinger skin button“ wurde etwa eine Handbreit kaudodorsal der Laparotomiewunde mit resorbierbarem Nahtmaterial subkutan fixiert (Serafit[®], 4 metric, Fa. Serag Wiessner, Naila).

Nach Rückverlagerung des Pylorus mit den daran befindlichen Elektroden in die Bauchhöhle wurde die Omentopexie zu Ende geführt. Nach Anbringen eines Hautschnitts caudoventral der Operationswunde konnten die freien Fadenenden mit einer Nadel nach außen geführt und mit der zweiten Perlonscheibe als Gegenlager verknötet werden. Das große Netz war nun fest an der lateralen Bauchwand fixiert. Zur Peritonitisprophylaxe wurden 60 ml Mastipent[®] (Ampicillin-Cloxacillin, Fa. Merial GmbH, Hallbergmoos) in die Bauchhöhle instilliert.

Der Verschluss der Bauchhöhle erfolgte in drei Schichten. Das Bauchfell und die Faszie wurden mit einer fortlaufenden, ausstülpenden Matratzennaht und einer überbördelnden Kürschnernaht (Suprylon[®], 6 metric, Fa. Vömel, Kronberg) verschlossen. Die Naht der tiefen und oberflächlichen Muskelschichten erfolgte durch eine fortlaufende Kürschnernaht (SyntheSorb[®], 7 metric, Fa. Vömel, Kronberg). Beim Verschluss der Haut mit U-Heften (Suprylon[®], 8 metric, Fa. Vömel, Kronberg) wurde zusätzlich eine Erdungselektrode in den dorsalen Wundwinkel eingenäht (Serafit[®], 4 metric, Fa. Serag Wiessner, Naila). Ein aufgeklebter Gazestreifen (Gazin[®], Fa. Lohmann & Rauscher) diente zur Wundabdeckung.

Am 8. Tag p. op. nach Beendigung der elektromyographischen Messungen wurde der „Pettinger skin button“ mit dem daran befestigten Elektrodenstrang vorsichtig aus der Wunde gelöst. Unter kontinuierlichem sanftem Zug konnten die Elektroden spitzen aus der Labmagenwand gelöst werden. Die Hautwunde wurde anschließend mit einem Sultanschen Diagonalheft aus resorbierbarem Nahtmaterial (SyntheSorb[®], 4 metric, Fa. Vömel, Kronberg) verschlossen. Danach wurden die übrigen Fäden der Hautnaht entfernt und die Wundbereiche mit einem Sprühverband aus Aluspray (Sprühverband für Tiere, Selectavet, Fischer GmbH) abgedeckt.

Bei einem ungestörten Heilungsverlauf konnten die Tiere am Folgetag wieder in den Herkunftsbestand entlassen werden.

3.2.3 Randomisierung

Unter Verwendung des Computerprogramms Rancode[®] (Fa. IDV, Datenanalyse und Versuchsplanung, Gauting) wurden zu Beginn der Studie Zufallslisten erzeugt, welche die Studientiere entsprechend ihrer Probandennummer jeweils der Versuchsgruppe (n = 30) oder der Kontrollgruppe (n = 30) zuordneten. Für jedes Studientier konnte somit unmittelbar nach der Operation ein verschlossenes und mit der Probandennummer gekennzeichnetes Kuvert geöffnet werden, in dem ein darin befindliches Kärtchen die jeweilige Gruppenzuordnung zwies. Weder dem Versuchsleiter noch anderen Projektteilnehmern war die Gruppenzuordnung bis dahin bekannt.

3.2.4 Verlaufsuntersuchungen

Die Aufzeichnung der myoelektrischen Aktivität an der glatten Muskulatur der Pars pylorica des Labmagens erfolgte unmittelbar am 1. Tag nach der Operation. Die elektromyographischen Untersuchungen erstreckten sich somit über die frühe postoperative Phase, wobei die Messungen an den Tagen 1, 3, 5 und 7 p. op. über die Dauer von jeweils 24 Stunden durchgeführt wurden. Der jeweilige Beginn der Messungen war um 8 Uhr und wurde um 7:45 Uhr des Folgetages beendet. Die Zeitspanne von 15 Minuten wurde eingeplant, um die Messapparatur ohne zeitliche Verzögerungen an weitere Studientiere anlegen zu können.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den Studienablauf in einer schematischen Übersicht:

3.2.5 Studienablauf

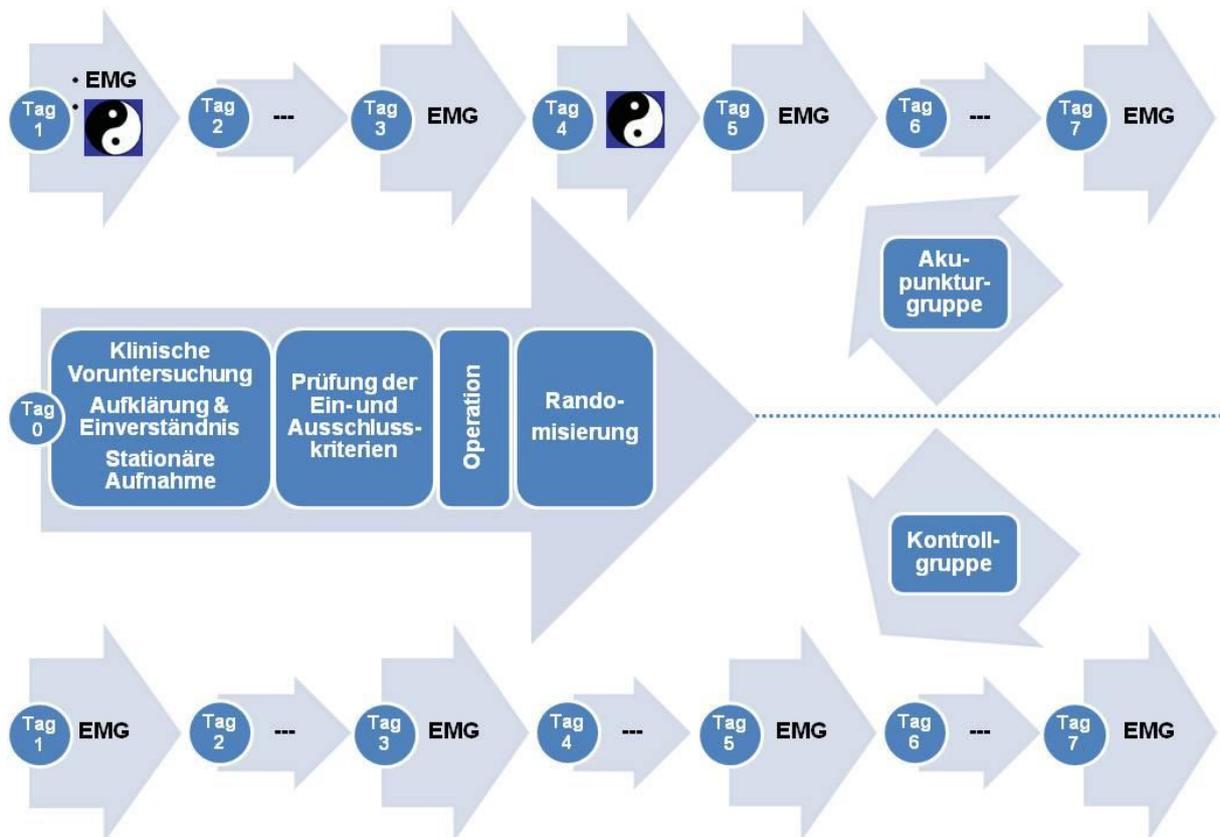


Abbildung 3: Studienablauf (schematisch)

3.2.6 Akupunkturbehandlung

Die Auswahl der in dieser Studie angewandten sog. „bewährten Akupunkturpunkte“ beruhte in Absprache und auf Empfehlung von Frau Dr. Annerose Weiss aus Rot, Tierärztin mit Zusatzbezeichnung und Weiterbildungsermächtigung für Akupunktur der Landestierärztekammer Baden-Württemberg, ATF-Referentin und Kursleiterin des Praxisseminars für Akupunktur beim Rind. Diese verfügt über zwanzigjährige Erfahrung in der Akupunktur beim Rind. Zusätzlich erfolgte eine intensive Literaturrecherche in der human- und veterinärmedizinischen Fachliteratur, um Hinweise auf die Wirkmechanismen der gewählten Akupunkturpunkte zu erlangen.

Die Tiere der Versuchsgruppe wurden gemäß Therapieplan an den postoperativen Tagen 1 und 4 jeweils gegen 10 Uhr einer Akupunkturbehandlung unterzogen. Die Tageszeit für die Akupunktur wurde deshalb gewählt, da nach der chinesischen Organuhr während dieser Zeit der Wechsel des „Qi“ (Energie) vom Magen-Meridian

in den Milz-Pankreas-Meridian stattfindet. Beiden Meridianen wird eine Bedeutung bei der Behandlung zugeschrieben.

Nach chinesischer Ansicht ist das Meridiansystem ein netzartig verzweigtes Kommunikationssystem im tierischen Körper, in dem Blut und Energie (chin. Xue und Qi) zirkulieren. Hierbei steht die Energie „Qi“ als ein Begriff, der mit Funktion, Antrieb, Information und Lebensenergie gleichzusetzen ist. Das Blut „Xue“ stellt einen substantiellen Bestandteil dar und dient der Ernährung des Körpers (Kothbauer u. Meng 1983). Die Meridiane sind die Träger der Akupunkturpunkte. Ihre vorwiegend angegebene Symptomatik weist auf ein bestimmtes Organ hin und trägt auch dessen Namen (Kothbauer u. Meng 1983). Die chinesische Akupunkturlehre unterscheidet gewisse Maximalzeiten im Tagesablauf, an denen auf die Meridiane beim Menschen am stärksten eingewirkt werden kann (Kothbauer u. Meng 1983). Bei den Tieren ist ein ausgeklügeltes Meridiansystem wie das des Menschen nicht beschrieben. Vielmehr sind in chinesischen Tierabbildungen kurze Strecken von aneinandergereihten Punkten mit sehr ähnlichen Indikationen angegeben, die Meridianfragmenten entsprechen könnten (Kothbauer u. Meng 1983).

In der vorliegenden Studie erfolgte das Auffinden der Akupunkturpunkte an den in der Literatur beschriebenen Lokalisationen nach anatomischen Kriterien und nach dem subjektiv erlernten „Ertasten“ der Punkte (Westermayer 1993). Um den subjektiven Einfluss der behandelnden Person zu minimieren, wurden die Art und Weise der Behandlung sowie das Auffinden der Punkte mittels Palpation bei allen Tieren der Versuchsgruppe nach demselben Prinzip durchgeführt. Die Akupunktur erfolgte einseitig ausschließlich an der linken Körperhälfte über eine Dauer von 20 Minuten. Es wurden sterile, filiforme Nadeln der Firma Wandrey verwendet, die eine Stärke von 0,5 x 50 mm bis 0,7 x 50 mm (Ma-36, St-36) aufwiesen.

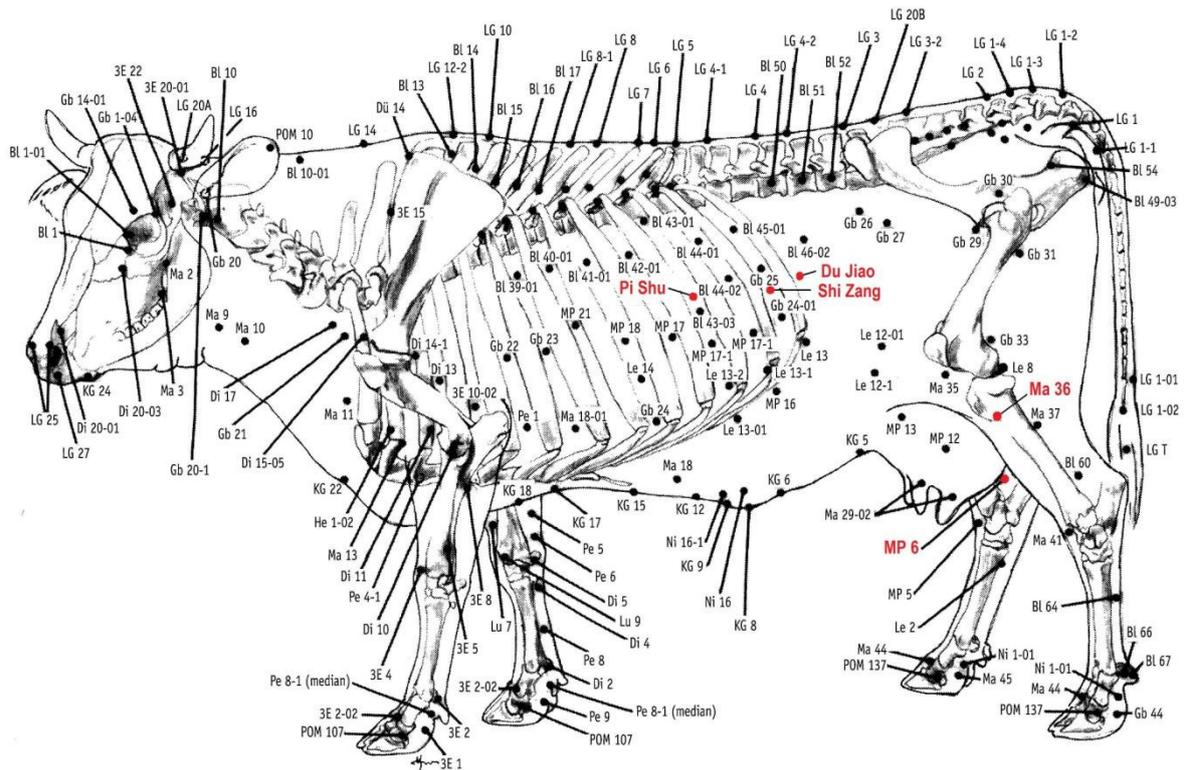


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Akupunkturpunkte beim Rind (laterale Ansicht; nach Schoen 2003). Die in der eigenen Arbeit gewählten Punkte sind rot dargestellt.

Zur Anwendung gelangten insgesamt fünf Akupunkturpunkte, die nachfolgend näher erläutert werden:

- Magen 36 (Ma-36) oder Stomach-36 (St-36)

„Drei Meilen des Fußes“ oder „Punkt der göttlichen Gleichmut“ (Kothbauer u. Meng 1983), nach Hempten (1991) als Einflussort „Dritter Weiler am Fuß“ bezeichnet. Der 36. Punkt des Magenmeridians liegt mit einer Einstichtiefe von ca. 3 cm laterodistal des Kniegelenks in einer Vertiefung zwischen Tuberositas tibiae und dem Ansatz des Musculus fibularis tertius (Kothbauer u. Meng 1983). Westermayer (1993) beschreibt die Lage dieses Punktes eine Handbreit und drei Querfinger unterhalb des Kniegelenkes, am kranial-lateralen Rand des Os tibiae, in einem subkutanen Schrägstich 20-30 mm digitalwärts. Dieser Vereinigungspunkt auf der Magen-Leitbahn eignet sich besonders für eine Harmonisierung und Kräftigung der „Mitte“ bei gleichzeitiger Besänftigung störender „Yang-Energien“ (Hempten 1991).

Nach Kothbauer u. Meng (1983) besteht eine Indikation zur Stimulation dieses Akupunkturpunktes bei Indigestionen, Pansenparesen, Magenüberladung sowie bei Schwächezuständen (Festliegen). Weitere Anwendungsbereiche sieht Westermayer (1993) in Magenunterfunktion, Gastroenteritis, Kolik, Arthritis der Knie- und der Tarsalgelenke sowie Lähmung des N. tibialis und des N. fibularis. Unmittelbar nach Nadelung dieses Akupunkturpunktes kann eine sistierende Pansenmotorik wieder in Gang kommen (Kothbauer u. Meng 1983).

Akupunkturstudien zeigen, dass die myoelektrische Aktivität der Slow waves am Magen durch Nadelung von St-36 bei Menschen (Chang et al. 2001), bei Hunden (Ouyang et al. 2002) und bei Mäusen (Imai et al. 2008) hinsichtlich Rhythmizität (Ouyang et al. 2002), Regelmäßigkeit (Chang et al. 2001) und Frequenz (Imai et al. 2008) beeinflusst werden kann. Auch die myoelektrische Aktivität am Dünndarm (Tabosa et al. 2002) und Dickdarm (Iwa et al. 2006) von Ratten ließ sich durch Akupunktur von St-36 positiv beeinflussen. Der stimulierende Effekt der Akupunktur soll dabei über vagale Bahnen geleitet werden (Imai et al. 2008, Iwa et al. 2006/2007, Ouyang et al. 2002). Tatewaki et al. (2003) beobachteten bei Ratten durch Akupunktur von St-36 sowohl einen stimulierenden als auch einen inhibierenden Einfluss auf die Magenmotilität.

- Milz-Pankreas-6 (MP-6) oder Splen-6 (Sp-6)

Der 6. Punkt des Milz-Pankreas-Meridians ist medial am Unterschenkel am caudalen Rand der Tibia, etwa anderthalb Handbreit proximal des Malleolus medialis lokalisiert. Die Stechrichtung der Nadel erfolgt entlang des Knochens nach distal (Kothbauer u. Meng 1983). MP-6 bildet einen Kreuzungspunkt mit dem Leber- und Nierenmeridian (Kothbauer u. Meng 1983). Indikationen für diesen Akupunkturpunkt bestehen bei Geburtseinleitung, zur Wehenverstärkung, zur Beschleunigung der Uterusinvolution sowie bei Lochialstauung und bei der Nachbehandlung einer Retentio secundinarum (Kothbauer u. Meng 1983). Tabosa (2002) konnte durch gleichzeitige Stimulation von Sp-6 und St-36 die myoelektrische Dünndarmaktivität bei Wistar-Ratten signifikant im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe erhöhen.

- Pi Shu

„Zustimmungspunkt der Milz“ und „Zustimmungspunkt des Pansens“ (Kothbauer u. Meng 1983). Dieser Akupunkturpunkt wird nur links am Thorax angegeben (Kothbauer u. Meng 1983, Westermayer 1993). Er befindet sich im 10. Intercostalraum (ICR) in einer Muskelfurche, die vom ventralen Rand der Pars thoracica des M. trapeceus und dem Ansatz des M. latissimus dorsi an der 11. Rippe gebildet wird (Kothbauer u. Meng 1983). Westermayer (1993) beschreibt den Punkt im drittletzten Zwischenrippenraum (ZRR), drei Handbreiten lateral und ventral der dorsalen Meridianen in Höhe des Hüftgelenks. Die Einstichtiefe beträgt bis zu 4 cm entlang der Rippe (Kothbauer u. Meng 1983). Die Anwendungsbereiche zur Akupunktur dieses Punktes sind Indigestionen, chronische Gastritis, Pansenparese, Enteritis, Diarrhoe und Pansenüberladung. Weiterhin gilt er als oberer Testpunkt für die Pansenmotorik (Kothbauer u. Meng 1983). Für Westermayer 1993 zählen Kolik, Indigestion und funktionelle Nierenstörungen als weitere Indikationen.

- Shi Zang

Nach Kothbauer und Meng (1983) wird dieser Akupunkturpunkt auch „Blähungen durch Futter“ genannt. Dieser ebenfalls nur linksseitig gelegene Punkt befindet sich im 12. ICR, etwa zweieinhalb Handbreiten lateral der dorsalen Medianlinie (Kothbauer u. Meng 1983) bzw. im letzten Zwischenrippenraum (ZRR), drei Handbreiten lateral der dorsalen Medianen in Höhe des Hüftgelenks (Westermayer 1993). Die Nadelung erfolgt bis in die Tiefe von etwa 3-4 cm (Kothbauer u. Meng 1983) bzw. 20-30 mm im Schrägstich nach ventral (Westermayer 1993). Die Indikation umfasst Indigestion, Pansenparese, Tympanitis, Diarrhoe und Enteritis (Kothbauer u. Meng 1983), Magen- und Darmatonie sowie Hepatitis (Westermayer 1993). Sofern auch an der rechten Körperseite eine Druckschmerzhaftigkeit dieses Punktes festgestellt werden kann, sind nach Kothbauer u. Meng (1983) auch Indigestionen mit Labmagen- und Psalterstörungen, toxische Hepatitis und Azetonurie als Anwendungsgebiete indiziert.

- Du Jiao

Dieser Akupunkturpunkt trägt auch die Bezeichnung „Winkel des Bauches“ (Kothbauer u. Meng 1983). Er befindet sich linksseitig am caudalen Rand der letzten Rippe, im Winkel zwischen dieser und dem 1. Lendenwirbelquerfortsatz (LWQ) in einer Tiefe von 3-4 cm (Kothbauer u. Meng 1983). Westermayer (1993) beschreibt ihn drei Handbreiten lateral der dorsalen Medianen und vier Querfinger hinter der letzten Rippe etwa in Höhe des Hüftgelenks. Die Nadel sollte im Schrägstich 20-30 mm nach cranial und ventral geführt werden. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig und umfassen akute und chronische Tympanitis, Diarrhoe, Azetonurie und Stoffwechselstörungen (Kothbauer u. Meng 1983) sowie Tympanie und Gastritis (Westermayer 1993).



Abbildung 5: Darstellung der für diese Studie gewählten Akupunkturpunkte

3.3 Datenerfassung

Die elektromyographischen Aufzeichnungen erfolgten unter Verwendung des Programms CarNetClient 3.0 (Fa. D.I.S.S.; Data Integrated Scientific System, Pinckney, Michigan). Die vom Receiver empfangenen Datensätze wurden auf dem Erfassungsrechner (CA Recorder Systems, D.I.S.S. llc, Michigan) in Form von Binär-Dateien gespeichert. Diese sog. RAW-Files enthielten neben den Nutzdaten einen Header mit Informationen über Messzeit, Messeinheit, Gain (Verstärkung) und Spannungs-Offset. Zeitgleich zur Datenerfassung konnten die aufgezeichneten myoelektrischen Signale visuell auf dem Monitor des Erfassungsrechners dargestellt werden. Die Messungen erfolgten an vier Messtagen und lieferten jeweils 24-stündige Aufzeichnungen. Die Speicherung der Daten eines Messtags erfolgte automatisch in mehreren Binär-Dateien. Die Dateinamen wurden entsprechend gekennzeichnet, so dass aus der Dateistruktur die jeweilige Probandennummer sowie der Messtag und die laufende Messung ersichtlich waren. Die RAW-Files aller Studientiere umfassten ein Datenvolumen in Höhe von 28,4 GB und bildeten die Grundlage der weiterführenden Datenanalyse. Zunächst galt es die Struktur dieser Binärfiles (RAW-Files) zu entschlüsseln, um sie für die Analyseprogramme zugänglich zu machen. Mit Hilfe der ASCII-Konversion konnte in die Binärstruktur des Datenmaterials Einsicht gewonnen werden.

3.3.1 Technische Ausstattung

Zur Erfassung der elektrischen Signale an der glatten Muskulatur der Pars pylorica des Labmagens wurden drei Nadelelektrodenpaare aus rostfreiem Stahldraht in die Lamina muscularis implantiert (Biopotential Leads, Königsberg Instruments, Inc., Pasadena, CA). Die von den Messelektroden abgeleiteten elektrischen Signale der glatten Muskelzellen wurden über einen Elektrodenstrang zu einer in die Bauchwand implantierten Anschlussbuchse aus Titan („Pettinger skin button“) und über diese nach außen geführt. Das hier anzuschließende Modul T47-1 (Multi-Channel Amplifier-Encoder, Königsberg Instruments, Inc., Pasadena, CA) diente zur Übertragung der Signale an die Empfangsstation. Aufgrund seines Taschenformats eignete sich dieses batteriebetriebene Modul dafür, über den Zeitraum der Messungen extrakorporal am Tier über einen Bauchgurt im Bereich der rechten Hungergrube fixiert zu werden. Die Kalibrierungseinrichtung (T47 Configuration

Control Specification CCS 473, Königsberg Instruments, Inc., Pasadena, CA) ermöglichte es, Verstärkung, Spannungs-Offset und Frequenzfilter für das jeweilige Messsignal zu bestimmen. Der A/D Wandler digitalisierte die analogen Messsignale durch Abtastung. Die Abtastrate betrug 500 Hz, so dass das Eingangssignal mit 500 Messwerten pro Sekunde gespeichert wurde. Der Frequenzbereich des analogen Bandpassfilters lag zwischen 10 und 250 Hz. Es wurde somit berücksichtigt, dass es bei der darauffolgenden Abtastung (sampling) nicht zu Aliasing-Effekten kommt. Die Aufgabe des Encoders bestand darin, das Nutzsignal mit den Messdaten auf die Trägerfrequenz von 214 MHz zu modulieren. Die Übertragung der Signale erfolgte frequenzmoduliert (FM).

Die Empfängerstation (T47D Telemetry Receiver/Demodulator; Königsberg Instruments Inc., Pasadena, CA) wurde während der Messungen in einer Reichweite von ca. 5 m zum Transmitter platziert. Sie bestand aus drei Komponenten, dem TR8-2-2 Signal Processor, dem TI-1 Schnittstellen-Controller (Interface-Control-Card) und dem TD14-10 Demodulator. Der TR8-2-2 Signal Processor, ein dualer AM/FM Receiver, decodierte das frequenzmodulierte Signal und stellte die Messwerte aus den drei Kanälen zur weiteren digitalen Verarbeitung zur Verfügung. Weiterhin wurden die Messwerte an einer zusätzlichen D/A-Karte im Signalrechner in analoger Form ausgegeben. Die Übertragungsfrequenz lag bei 214 MHz, entsprechend wurden die Senderfrequenz des Moduls T47-1 und die Empfängerfrequenz des Receivers aufeinander abgestimmt.

Der TD14-10 Multichannel Decoder (Decoder Card) ist ein dualer 8-kanaliger Demodulator, der die FM-Signale des TR8-2-2 empfing und diese in analoge Signale umwandelte. Hierdurch wurde aus dem Trägersignal das Nutzsignal wieder herausgefiltert. Die analogen Signale konnten schließlich mittels Breakout-Box zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt werden. Der Empfangsrechner (TR8-2-2 Signal Processor, Königsberg Instruments Inc., Pasadena, CA) verarbeitete die Signale und zeigte Echtzeitbilder der Messungen zu Einstellungszwecken. Weiterhin stellte dieser dem Erfassungsrechner (CA Recorder Systems, D.I.S.S. Inc, Michigan) die Messsignale zur kontinuierlichen Aufzeichnung zur Verfügung. Jedes Messsignal wurde dabei zu einer digitalen Variablen mit 12 bit Auflösung umgewandelt.

Die Aufrüstung der ursprünglichen Messapparatur mit einem zusätzlichen Erfassungsrechner war notwendig um die umfangreiche Datenmenge im Hinblick auf eine ausreichende Speicherkapazität bewältigen zu können.

3.3.2 Messanordnung

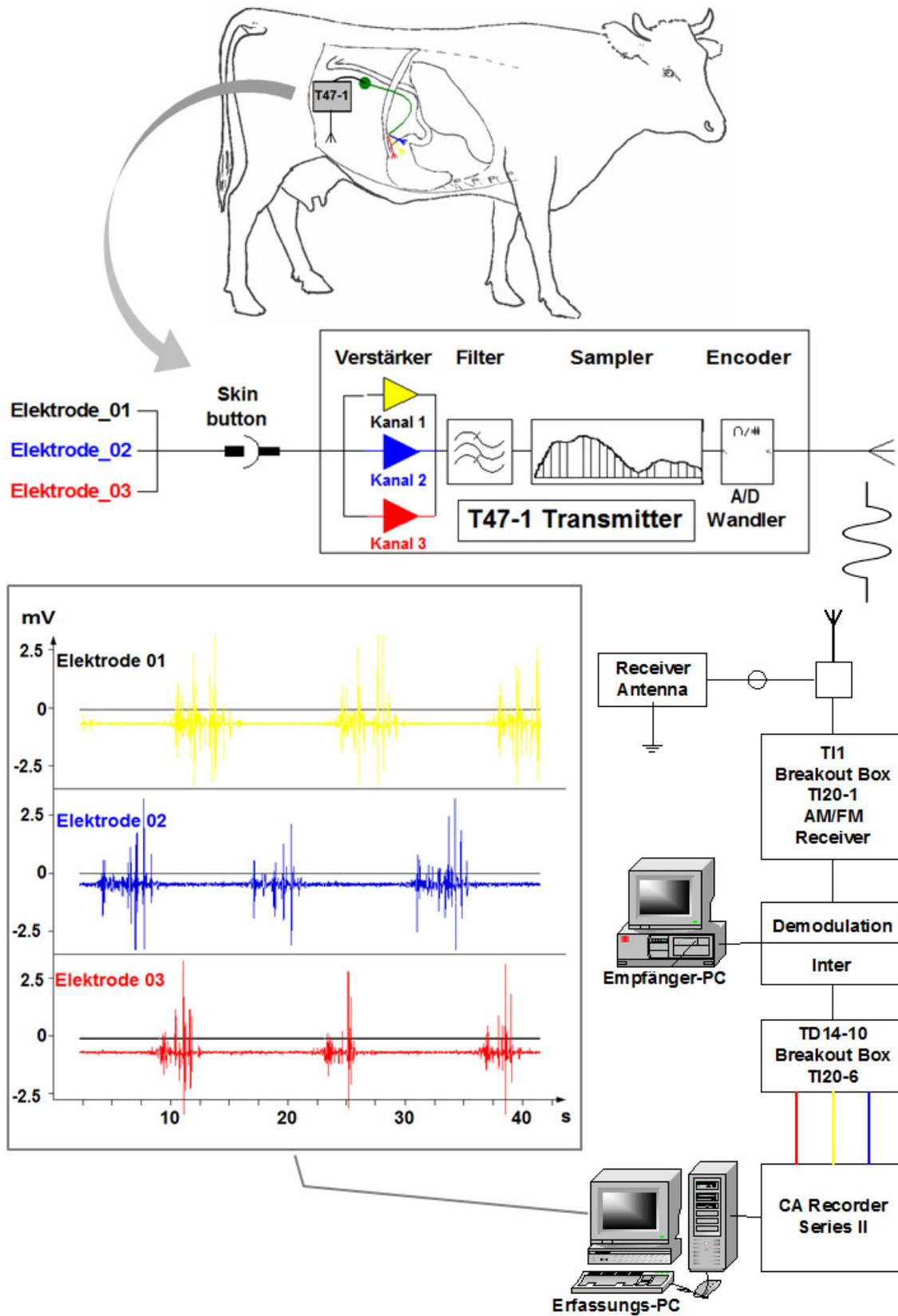


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Messanordnung zur Durchführung der elektromyographischen Verlaufsuntersuchungen

3.4 Datenanalyse

Ziel der Studie war der Gruppenvergleich hinsichtlich der Wirkung einer Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität bei Milchkühen nach operativer Reposition einer linksseitigen Labmagenverlagerung.

Die myoelektrische Aktivität an der Pars pylorica des Labmagens wurde über die nachfolgend aufgeführten Hauptzielparameter bestimmt:

- Gesamtintegral der elektromyographischen Messungen
- Anzahl an Aktionspotentialen
- Mittlere Amplitude der Aktionspotentiale
- Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale

3.4.1 Frequenzanalyse des Nutzsignals

Die Fouriertransformation ermöglicht die Überführung von Zeitsignalen in den Frequenzbereich durch die Zerlegung dieser Zeitfunktionen in die Summe einer unendlichen Anzahl harmonischer Einzelfunktionen mit unendlich fein gestaffelten Frequenzen (Fourier-Integral). Folglich kann mit Hilfe der Fourier-Analyse jedes beliebige periodische Signal in eine Summe von Sinus- und Kosinusfunktionen (Fourier-Reihe) zerlegt werden (Tipler 2000).

Zu Beginn der Datenanalyse wurde das Nutzsignal näher untersucht, indem die ursprünglichen „Rohsignale“ mehrerer Studientiere in das Signalverarbeitungsprogramm MATLAB[®] 7.4 (MathWorks, Inc., Natick, MA) eingelesen und in ihre Frequenzanteile zerlegt wurden. Abbildung 7 zeigt das Frequenzspektrum des Nutzsignals nach Durchführung der „Fast Fourier Transformation“ (FFT). Der Hauptfrequenzanteil innerhalb des Nutzsignals lag zwischen 5 und 15 Hz. Die höchste vorkommende Frequenz betrug ca. 50 Hz. Nach dem Shannon-Nyquist-Abtasttheorem sollte die Abtastrate des Signals mindestens die doppelte Frequenzhöhe der innerhalb des Nutzsignals vorkommenden Höchsthäufigkeit aufweisen (Sicherheitsfaktor Nyquist-Theorie). Um einen Datenverlust durch Unterabtastung zu vermeiden, lag die Mindestabtastfrequenz bei 100 Hz. Da die tatsächliche Datenerfassung mit einer Abtastrate von 500 Samples pro Sekunde erfolgte, lag diese somit fünffach höher als der notwendige Mindestwert. Mithilfe der durchgeführten Frequenzanalyse konnte bestätigt werden, dass die gewählte Abtastrate genügte und die Daten somit

keinem Aliasing-Effekt unterworfen waren. Eine Überabtastung der Signale und die damit verbundene höhere zu bewältigende Datenmenge wurden bewusst akzeptiert.

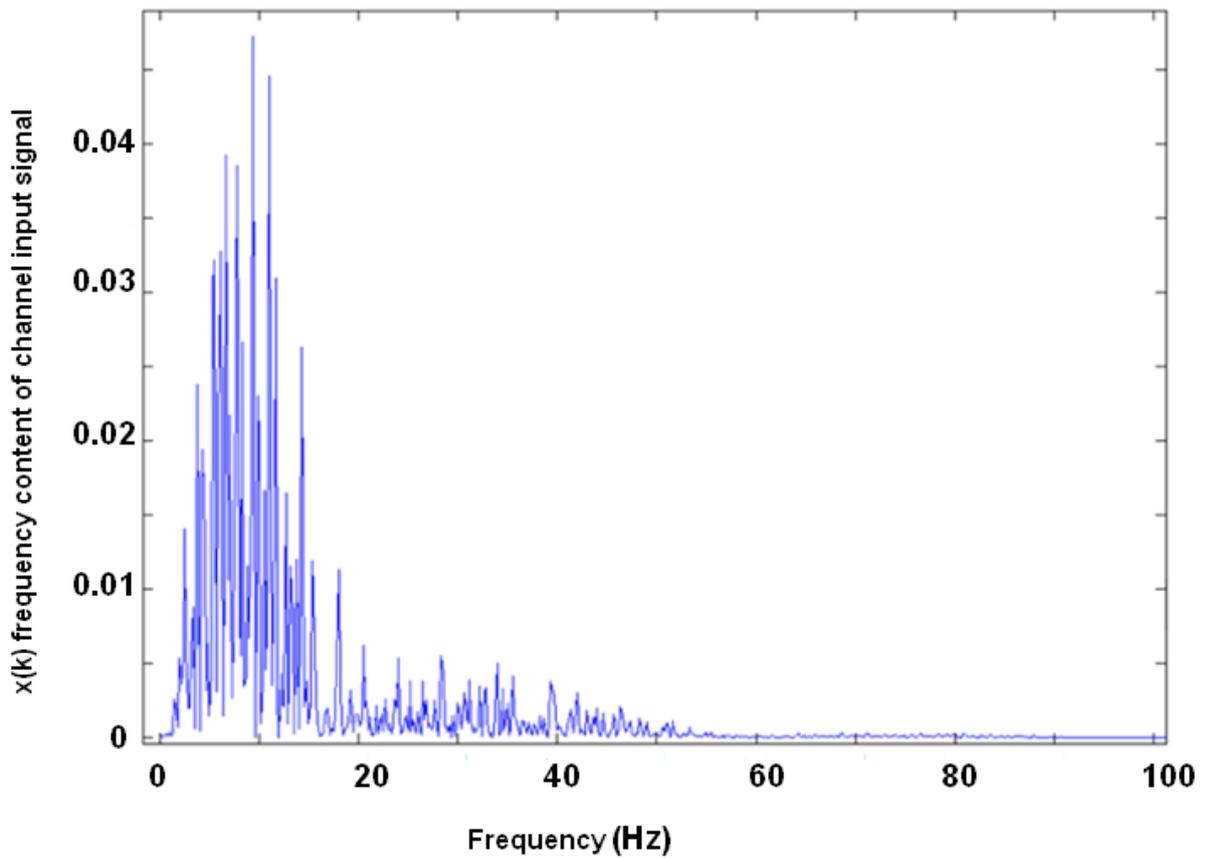


Abbildung 7: Frequenzanalyse des Nutzsignals mit MATLAB[®] 7.4; die Signalleistung (Y-Achse) ist in Relation zum Frequenzband (X-Achse) dargestellt.

3.4.2 Analyse des Gesamtintegrals

Das Gesamtintegral wurde unter Verwendung der Analysesoftware EMG-Analyser (Fa. Keck Engineering) berechnet (Abbildung 8). Das Programm decodierte die Binärstruktur der am Empfangsrechner generierten RAW-Files und integrierte die Fläche unter der Aktivitätskurve des Nutzsignals über ein beliebig wählbares Zeitintervall. In unseren Untersuchungen wurde das 24-stündige myoelektrische Gesamtintegral mit einer Integrationszeit von zwei Sekunden berechnet und pro Messstunde angegeben. Für jedes Studientier konnten somit pro Messtag und für alle drei Kanäle jeweils 24 Stundenwerte, d.h. insgesamt (3x4x24) 288 Datenwerte generiert werden. Die Ergebnisse wurden zur weiteren Bearbeitung in einer csv-Datei ausgegeben.

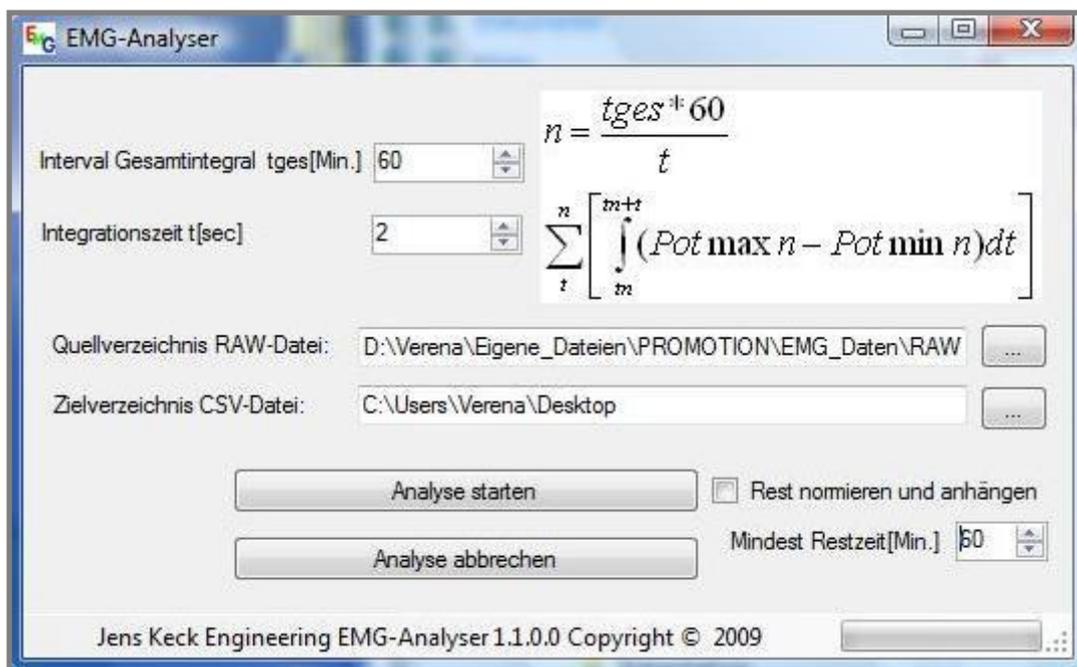


Abbildung 8: EMG-Analyser zur Berechnung des Gesamtintegrals

Die nachfolgend aufgeführte Formel bildete die Grundlage zur Berechnung des Gesamtintegrals:

$$\begin{aligned}
& \sum_t^n \left[\int_{t^*n}^{t^{(n+1)}} (\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) dt \right] = \\
& \sum_t^n \left[(\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t \Big|_{t^*n}^{t^{(n+1)}} \right] = \\
& \sum_t^n \left[(\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t (n + 1) \right. \\
& \quad \left. - (\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t^* n \right] = \\
& \sum_t^n \left[(\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t^* n \right. \\
& \quad \left. + (\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t \right. \\
& \quad \left. - (\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t^* n \right] = \\
& \sum_t^n \left[(\text{PotMAXn} - \text{PotMINn}) t \right] = \\
& \sum_t^n \left[\text{PotMAXn} - \text{PotMINn} \right] t =
\end{aligned}$$

$$\sum_{t=2s}^n [\text{PotentialMAXn} - \text{PotentialMINn}] 2s$$

Abbildung 9: Formel zur Berechnung des Gesamtintegrals

3.4.3 Analyse der Aktionspotentiale

Das Programm CarNetClient 3.0 (Fa. D.I.S.S., Pinckney, Michigan) bot über eine „Replay“-Funktion die Möglichkeit, die RAW-Files einzulesen und zu visualisieren. Abbildung 10 zeigt den diesem Programm hinterlegten und auf die Binär-Dateien abgestimmten Algorithmus zur Detektion der Aktionspotentiale (EMG-Modul, Fa. D.I.S.S., Pinckney, Michigan).

Neben der Mindesthöhe (minimum burst height) wurden die Mindestdauer (minimum burst length) eines Aktionspotentials sowie das Zeitintervall (minimum burst interval) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aktionspotentialen definiert. Weiterhin erfolgte die Bestimmung des Rauschanteils (noise magnitude). Die diesem Algorithmus zugrundeliegenden Werte wurden zu Beginn der Studie anhand von Testmessungen an zwei mit Elektroden implantierten Testkühen festgelegt. Die Ausgabe der detektierten Aktionspotentiale erfolgte in „derived“-Files im Texteditor-Format.

Die Analysesoftware Spike-Analyser_V 1.3 (Fa. Keck Engineering) ermöglichte die weiterführende Analyse der myoelektrischen Aktionspotentiale (Abbildung 11). Neben der Anzahl an Aktionspotentialen konnten deren durchschnittliche Potentialmaxima und Potentialminima pro Zeiteinheit ermittelt werden. Weiterhin war es möglich, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale zwischen den jeweiligen Elektrodenpaaren (1 und 2, 2 und 3, sowie 1 und 3) zu bestimmen. Für jedes Studientier konnten die Ergebnisse der jeweils analysierten Variablen für die drei Messelektroden (Kanäle 1, 2 und 3) separat angezeigt und pro Messtag (1, 3, 5 und 7 p. op.) gemittelt über 24 Stunden dargestellt werden.

Die Analyseprotokolle wurden im csv-Dateiformat erstellt, um zur weiterführenden statistischen Analyse in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel® (2007) übertragen werden zu können.

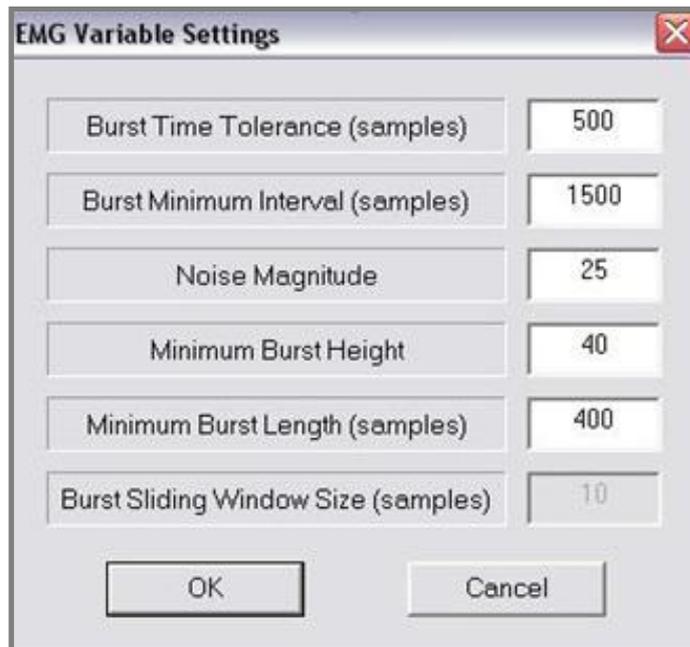


Abbildung 10: EMG-Algorithmus zur Detektion der Aktionspotentiale

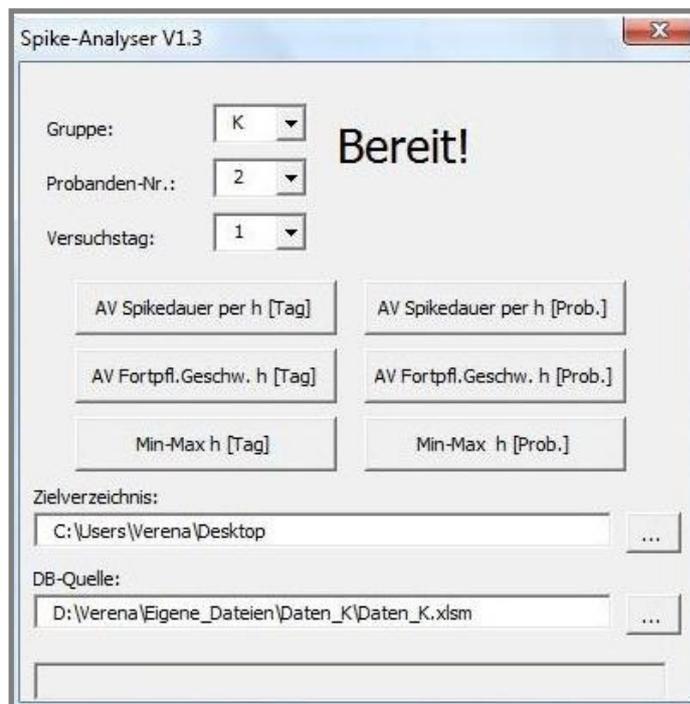


Abbildung 11: Spike-Analyser_V 1.3 zur Analyse der Aktionspotentiale

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen. Hierbei fand das Statistikprogramm BMDP/DYNAMIC, Release 7.0 (Dixon 1993) Anwendung.

In der beschreibenden Statistik erfolgte zunächst die Aufbereitung einzelner Variablenwerte. Unter Bildung der „mittleren Amplitude“ wurden die Werte aller Aktionspotentialminima und Aktionspotentialmaxima zusammengefasst, indem diese voneinander subtrahiert wurden. Um den Einfluss einzelner fehlender Stundenwerte innerhalb der 24-stündigen Aufzeichnungen zu verringern, bestand für die Variablen „mittlere Amplitude“ und „Ausbreitungsgeschwindigkeit“ die Notwendigkeit, diese einer Interpolation (Datenglättung) zu unterziehen. Abschließend erfolgte für alle Variablen unter Erzeugung der arithmetischen Mittelwerte und Maximalwerte pro Messstunde eine Zusammenfassung der Datenwerte aus allen drei Elektrodenpaaren.

Alle Variablenwerte zeigten, mit Ausnahme der „Anzahl an Aktionspotentialen“, eine rechtsschiefe Verteilung. Um eine annähernde Normalverteilung zu erhalten, wurde hier eine logarithmische Transformation durchgeführt und die Variablenwerte in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) mit entsprechenden Streufaktoren (SF) angegeben. Die Darstellung der normalverteilten Variablen erfolgte durch Angabe der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) mit Standardabweichungen (s).

Zur statistischen Überprüfung des Einflusses der Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität beider Gruppen wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Messwiederholung bezüglich „Tag“ und „Stunde“ durchgeführt. Dabei sollte überprüft werden, ob signifikante Gruppenunterschiede in den Variablen insbesondere hinsichtlich des Faktors „Behandlung“ vorlagen.

Es wurden folgende Signifikanzniveaus festgelegt:

- $p < 0,001$ hoch signifikant
- $p < 0,01$ signifikant
- $p \leq 0,05$ schwach signifikant
- $p > 0,05$ nicht signifikant

Der Stichprobenumfang von 30 Tieren der Akupunkturgruppe musste vor der statistischen Analyse um zwei Tiere (Kuh Nr. 6 und Kuh Nr. 19) reduziert werden. Grund hierfür lag in einem unvollständig vorliegenden Datenmaterial, da beide Tiere während des Versuchszeitraumes unerwartet verstarben. Kuh Nr. 6 verendete in der Nacht zum 1. Messtag p. op., Kuh Nr. 19 erlag am 5. Studientag unter Festliegen einer Hepatopathie. Unter korrekter Beachtung der Ausschlusskriterien hätte dieses Tier nicht in die Studie aufgenommen werden dürfen, da in der anschließenden Sektion eine hochgradig fettige Leberdegeneration festgestellt werden konnte. Beide Tiere wurden mit Einverständnis des Statistikers als „drop out“ gewertet. Alle 30 Tiere der Kontrollgruppe konnten am Ende der Studie als geheilt in den Herkunftsbestand entlassen werden.

4 ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

In den nachfolgenden Ausführungen findet sich ein Zwischengruppen- und Innerhalbgruppenvergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe hinsichtlich der myoelektrischen Aktivität an der Pars pylorica des Labmagens über den postoperativen Untersuchungszeitraum (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.).

Die Labmagenmotilität wurde über die nachfolgend aufgeführten elektromyographisch ermittelten Hauptzielvariablen dargestellt:

- Gesamtintegral (Fläche unter der Aktivitätskurve)
- Anzahl an Aktionspotentialen
- Mittlere Amplitude der Aktionspotentiale
- Ausbreitungsgeschwindigkeit zwischen den Aktionspotentialen

Zu Beginn der statistischen Analyse wurde zunächst eine Aufbereitung des umfangreichen Datenmaterials durchgeführt. Um den Einfluss einzelner fehlender Messwerte innerhalb der 24-stündigen Aufzeichnungen zu minimieren, erfolgte für die Variablen der mittleren Amplitude und der Ausbreitungsgeschwindigkeit eine Interpolation (Datenglättung). Hierbei wurden vorhandene Lücken zwischen den einzelnen Messdaten unter Bildung des Mittelwertes aus der davor bzw. danach liegenden Messstunde ergänzt. Die Überprüfung der Anzahl der insgesamt pro Gruppe durchgeführten Interpolationen war für die Variable der Ausbreitungsgeschwindigkeit höher als für die Variable der mittleren Amplitude. Grundlage dieser Überprüfung bildeten die 24-stündigen Aufzeichnungen, d. h. 24 Datenwerte pro Messtag und Gruppe. Für vier Messtage waren folglich insgesamt 96 Datenwerte pro Gruppe vorhanden. In der Akupunkturgruppe wurden bei der Variablen der mittleren Amplitude 20 Datenwerte (19,2 %), in der Kontrollgruppe 6 Datenwerte (5,8 %) interpoliert. Innerhalb der Variablen der Ausbreitungsgeschwindigkeit war in der Akupunkturgruppe bei 58 (55,7 %), in der Kontrollgruppe bei 38 (36,4 %) Datenwerten eine Interpolation notwendig.

In der weiterführenden Datenaufbereitung wurden die aus den drei in die Pars pylorica des Labmagens implantierten Elektrodenpaaren gewonnenen Messdaten für jede Variable unter Bildung der Mittel- und Maximalwerte pro Messstunde zusammengefasst. Die im Rahmen der statistischen Analyse angewendete dreifaktorielle Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“)

mit Messwiederholung bezüglich „Messtag“ und „Messstunde“ ermöglichte die Auswertung der Messergebnisse.

4.1 Gesamtintegral der elektromyographischen Messungen

Das Gesamtintegral der elektromyographischen Messungen beschreibt die Fläche unterhalb der gemessenen Aktivitätskurve der Pars pylorica des Labmagens. Diese Hauptzielvariable stellt für den Zwischengruppenvergleich hinsichtlich des Einflusses der Akupunkturbehandlung auf die zu untersuchende Labmagenmotilität einer der wichtigsten Aktivitätsparameter dar.

4.1.1 Ergebnisse bezüglich des myoelektrischen Gesamtintegrals

Tabelle 1 zeigt die Übersicht der im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“, „Messstunde“) ermittelten p-Werte des myoelektrischen Gesamtintegrals (GI). Aufgeführt sind die Ergebnisse der untersuchten Haupteffekte: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“, sowie die zweifache (Tag*Gruppe, Stunde*Gruppe, Tag*Stunde) und dreifache (Tag*Stunde*Gruppe) Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte des Gesamtintegrals.

Tabelle 1: Übersicht über die p-Werte der Variablen des „myoelektrischen Gesamtintegrals“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“, „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.

Variable	Haupteffekte			Zweifach - Wechselwirkung			Dreifach – Wechselwirkung
	Behandlung	Tag	Stunde	Tag*Gruppe	Stunde* Gruppe	Tag*Stunde	Tag*Stunde* Gruppe
GI-Mittelwert	0,595	0,086	< 0,001 (*)	0,111	0,610	0,002	0,476
GI-Maximalwert	0,898	0,029	< 0,001 (*)	0,188	0,725	0,001	0,358

4.1.2 Wirkung der Akupunkturbehandlung auf das myoelektrische Gesamtintegral

Die Wirkung der an den Patienten der Versuchsgruppe angewandten Akupunkturbehandlung auf die Variable des myoelektrischen Gesamtintegrals wurde im Rahmen der statistischen Überprüfung mittels dreifaktorieller Varianzanalyse untersucht. Hierbei wurde der Einfluss des Hauptfaktors „Behandlung“ auf die Mittel- und Maximalwerte des myoelektrischen Gesamtintegrals beider Gruppen überprüft. Für diesen globalen Zwischengruppenvergleich der Akupunktur- mit der Kontrollgruppe erwiesen sich die Unterschiede in den Mittel- und in den Maximalwerten des Gesamtintegrals als nicht signifikant ($p = 0,59-0,90$).

Eine Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Variable des myoelektrischen Gesamtintegrals innerhalb der Versuchsgruppe konnte somit nicht nachgewiesen werden.

4.1.3 Gruppenvergleich bezüglich des myoelektrischen Gesamtintegrals

Die Wirkung der weiteren, im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse untersuchten Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ auf die Mittel- und Maximalwerte des myoelektrischen Gesamtintegrals wurde für die Versuchs- und für die Kontrollgruppe jeweils im Innerhalbgruppenvergleich überprüft. Der Einfluss des Faktors „Messtag“ stellte sich in der Versuchs- und in der Kontrollgruppe für die ermittelten Maximalwerte des myoelektrischen Gesamtintegrals als signifikant heraus ($p = 0,03$). Für die Mittelwerte des Gesamtintegrals war die Wirkung des Faktors „Messtag“ als nicht signifikant nachzuweisen ($p = 0,09$).

In beiden Gruppen konnte somit aufgezeigt werden, dass sich die einzelnen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums in ihren Maximalwerten des myoelektrischen Gesamtintegrals voneinander unterscheiden. Nach Überprüfung der Wechselwirkung (Tag*Gruppe) war ein Zusammenhang dieser Tagesunterschiede mit der Akupunkturbehandlung als unwahrscheinlich anzusehen ($p = 0,11$).

Bei Betrachtung des Aktivitätsmusters der Variable des Gesamtintegrals im Tagesverlauf der postoperativen Messtage bestätigte sich innerhalb der Akupunktur- wie auch in der Kontrollgruppe die Wirkung des Faktors „Messstunde“. Zur Tageszeit (Lichtphase) waren in beiden Gruppen die höchsten Messwerte in der Variablen des

myoelektrischen Gesamtintegrals pro Stunde zu registrieren, während in den Abend- und Nachtstunden (Dunkelphase) eine deutlich geringere Aktivität und die tiefsten Werte innerhalb des 24-Stunden-Messzeitraums gemessen werden konnten. Diese Unterschiede im Stundenprofil stellten sich nach statistischer Überprüfung sowohl für die Mittel- als auch für die Maximalwerte des Gesamtintegrals als hochsignifikant heraus ($p = 0,001$). Der Nachweis eines zirkadianen Tagesrhythmus für die Variable des myoelektrischen Gesamtintegrals bestätigte sich somit für die Akupunktur- wie auch für die Kontrollgruppe. Nach Überprüfung der Wechselwirkung (Stunde*Gruppe) konnte kein Rückschluss auf die durchgeführte Akupunkturbehandlung gezogen werden ($p = 0,11-0,73$). Auch der Einfluss einer dreifachen Wechselwirkung (Tag*Stunde*Gruppe) auf die Variable des myoelektrischen Gesamtintegrals erwies sich als nicht signifikant ($p = 0,36-0,48$).

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die elektromyographischen Messergebnisse des Gesamtintegrals im Gruppenvergleich der Akupunktur- mit der Kontrollgruppe. Das myoelektrische Gesamtintegral wird pro Stunde als „Stundenintegral“ im Tagesverlauf für die jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums dargestellt. Aufgrund der parallelen Kurvenverläufe der Mittel- und Maximalwerte des Gesamtintegrals sind in den Abbildungen zur besseren Übersicht ausschließlich die aus den drei Elektrodenpaaren ermittelten Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde aufgezeigt. Die Ergebnisse der erzielten Maximalwerte werden im Text erläutert. Da die Messwerte eine rechtsschiefe Verteilung aufwiesen, war eine logarithmische Transformation notwendig, um eine annähernde Normalverteilung zu erreichen. In den nachfolgenden Graphiken sind die Ergebnisse daher in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF) angegeben.

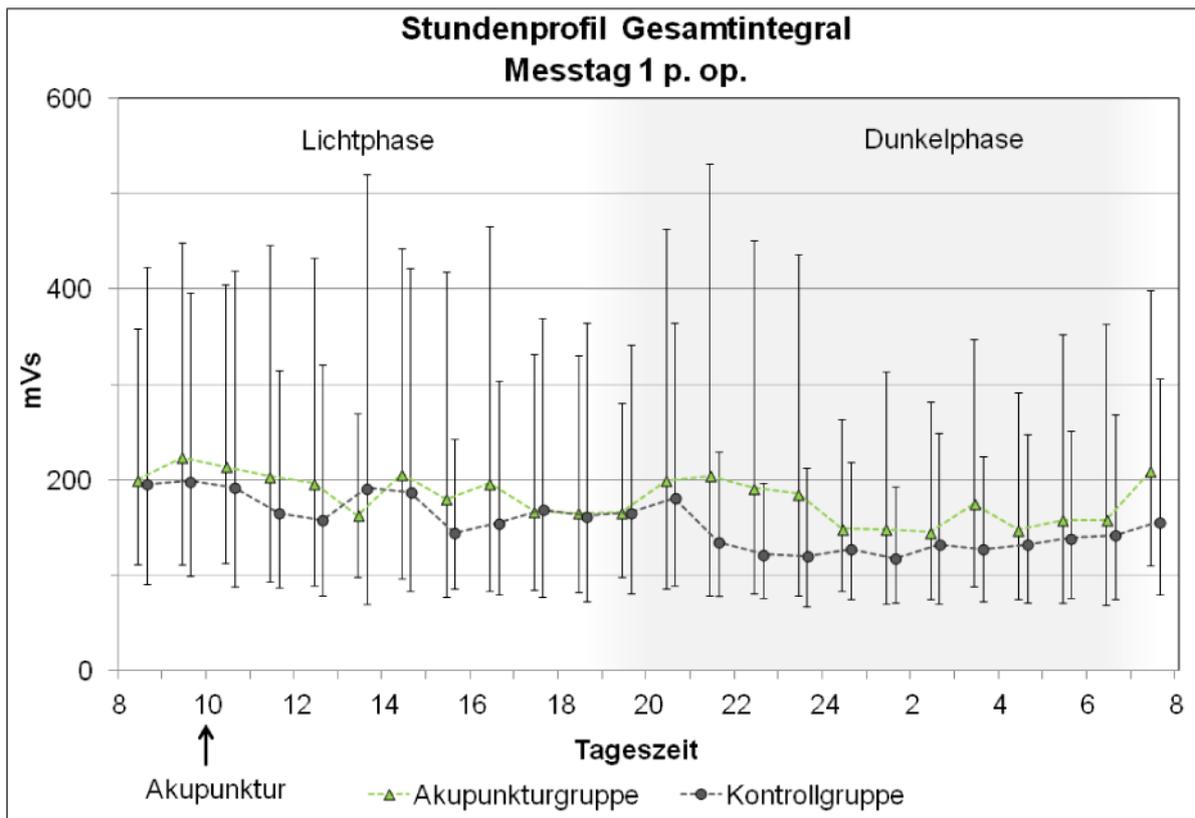


Abbildung 12: 24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die Messungen des 1. Tages p. op. (Abbildung 12) zeigten sowohl in der Akupunktur- als auch in der Kontrollgruppe das insgesamt höchste Messniveau des myoelektrischen Gesamtintegrals an der Pars pylorica des Labmagens innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums. Die Akupunkturgruppe erreichte an diesem Messtag in ihren durchschnittlichen Mittel- und Maximalwerten des Stundenintegrals eine Höhe von $\bar{x}_g \pm SF = 181-235 \pm 2,0-2,1$ mVs und lag somit über den Werten der Kontrollgruppe ($\bar{x}_g \pm SF = 155-214 \pm 2,0-2,1$ mVs). Während der Tagesphase (Lichtphase) konnte eine durchschnittlich höhere Aktivität im myoelektrischen Stundenintegral insbesondere zu den Fütterungszeiten beobachtet werden. Die Abend- und Nachtphase (Dunkelphase) war geprägt durch einen deutlichen Rückgang in den Werten des myoelektrischen Gesamtintegrals. Das mittlere und maximale Stundenintegral der Akupunkturgruppe (A) lag um 14 Uhr bei Werten in Höhe von $\bar{x}_g = 206-274$ mVs im Vergleich zur Kontrollgruppe (K) mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 188-262$ mVs. In den Abendstunden von 19 bis 20 Uhr stieg die myoelektrische Aktivität in beiden Gruppen erneut an (A: $\bar{x}_g = 204-265$ mVs

und K: $\bar{x}_g = 181-246$ mVs), wobei die Kontrollgruppe bereits gegen 22 Uhr Tagestiefstwerte bis zu $\bar{x}_g = 120-167$ mVs pro Stunde erreichte. Die Plateauphase der Akupunkturgruppe hielt über einen vierstündigen Zeitraum an und zeigte ab 24 Uhr die niedrigsten Werte im mittleren und maximalen Stundenintegral ($\bar{x}_g = 149-193$ mVs). In den weiteren Nachtstunden zeigte sich gegen 3 Uhr ein erneuter Anstieg mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 175-229$ mVs pro Stunde. Bis zum nächsten Morgen gegen 7 und 8 Uhr erholte sich die myoelektrische Aktivität in beiden Gruppen und erreichte erneut das Tageshöchstniveau, welches bereits zur Mittags- und Abendfütterungszeit des Vortages gemessen werden konnte.

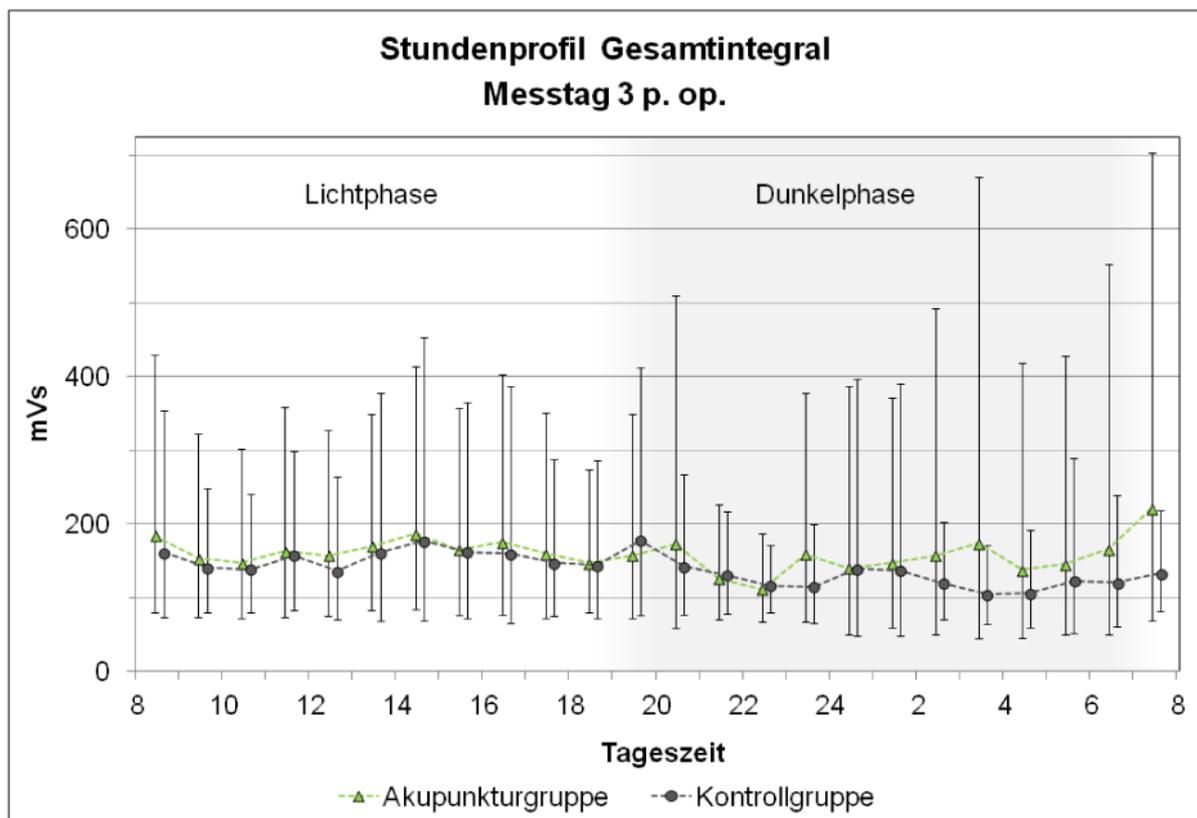


Abbildung 13: 24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Bei Betrachtung der Messwerte des 3. Tages p. op. (Abbildung 13) ist zu erkennen, dass die Mittel- und Maximalwerte des myoelektrischen Stundenintegrals in beiden Gruppen kontinuierlich zurückgegangen sind. Die Kontrollgruppe erreichte an diesem Messtag die insgesamt niedrigsten Werte des gesamten Untersuchungszeitraums, mit durchschnittlichen Werten im mittleren und maximalen Stundenintegral von

$\bar{x}_g \pm SF = 138-173 \pm 2,1$ mVs. Wie bereits in den Messungen des 1. Tages p. op. konnten die Tageshöchstwerte am 3. Tag p. op. in beiden Gruppen ebenfalls zu den Fütterungszeiten beobachtet werden. Die Mittel- und Maximalwerte des Stundenintegrals um 14 Uhr lagen in der Akupunkturgruppe (A) in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g = 187-247$ mVs und in der Kontrollgruppe (K) zwischen $\bar{x}_g = 177-248$ mVs. Zur Abendfütterung zwischen 20 und 21 Uhr nahm die myoelektrische Aktivität erneut zu (A: $\bar{x}_g = 142-222$ mVs, K: $\bar{x}_g = 177-230$ mVs), wobei diesem Anstieg in beiden Gruppen ein abrupter Rückgang im stündlichen Integral bis um 22 Uhr folgte. Während der weiteren Nachtstunden wies die Akupunkturgruppe um 23 und 3 Uhr Werte im Stundenintegral in Höhe von $\bar{x}_g = 159-169$ mVs und $\bar{x}_g = 174-214$ mVs auf. Auch in der Kontrollgruppe stiegen die Werte in den Nachtstunden (24 und 1 Uhr) auf eine Höhe von $\bar{x}_g = 139-183$ mVs an. Bis in die Morgenstunden um 8 Uhr nahm die mittlere und maximale Aktivität des Stundenintegrals in beiden Gruppen stetig zu (A: $\bar{x}_g = 221-272$ mVs und K: $\bar{x}_g = 133-172$ mVs).

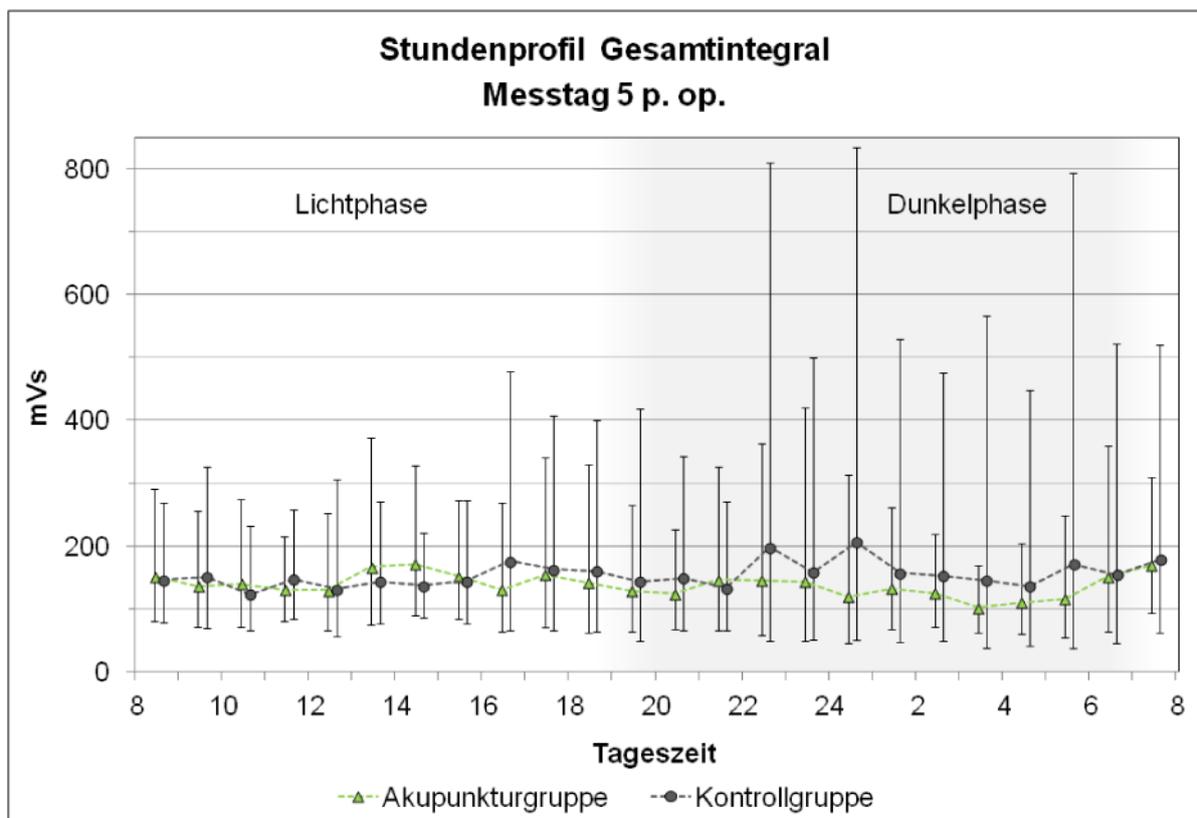


Abbildung 14: 24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die tiefsten Gesamtintegral-Stundenwerte während des postoperativen Untersuchungszeitraums waren in der Akupunkturgruppe am 5. Tag p. op. zu verzeichnen (Abbildung 14). Die durchschnittlichen Mittel- und Maximalwerte des Stundenintegrals erreichten eine Höhe von $\bar{x}_g \pm SF = 138-173 \pm 2,1$ mVs. Im Vergleich dazu lag die Kontrollgruppe etwas höher mit durchschnittlichen Werten zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 155-202 \pm 2,7$ mVs. Die Tageshöchstwerte konnten in beiden Gruppen während der Fütterungszeiten beobachtet werden. Die Akupunkturgruppe zeigte Höchstwerte im stündlichen Integral am Nachmittag um 14 Uhr ($\bar{x}_g = 172-215$ mVs) und in den Abendstunden zwischen 21 und 22 Uhr ($\bar{x}_g = 147-182$ mVs). Die niedrigsten Messwerte im mittleren und maximalen Stundenintegral wurden in der Akupunkturgruppe ab 3 Uhr nachts erreicht ($\bar{x}_g = 102-127$ mVs), gefolgt von einem kontinuierlichen Anstieg der Werte auf eine Höhe von $\bar{x}_g = 170-208$ mVs (8 Uhr). Die Kontrollgruppe zeigte erst gegen 16 Uhr höhere Werte im Stundenintegral ($\bar{x}_g = 176-225$ mVs). Bis um 21 Uhr erfolgte ein stetiger Rückgang der Mittel- und Maximalwerte, wobei der weitere Verlauf bis 24 Uhr geprägt war durch sprunghafte Anstiege im Stundenintegral, mit Maximalwerten bis $\bar{x}_g = 270$ mVs. Ab 1 Uhr ging die myoelektrische Aktivität kontinuierlich zurück und erreichte um 4 Uhr ihre tiefsten Werte zwischen $\bar{x}_g = 137-179$ mVs pro Stunde. Bis zur Fütterungszeit um 8 Uhr stiegen die mittleren und maximalen Werte des Stundenintegrals der Kontrollgruppe erneut an ($\bar{x}_g = 179-233$ mVs).

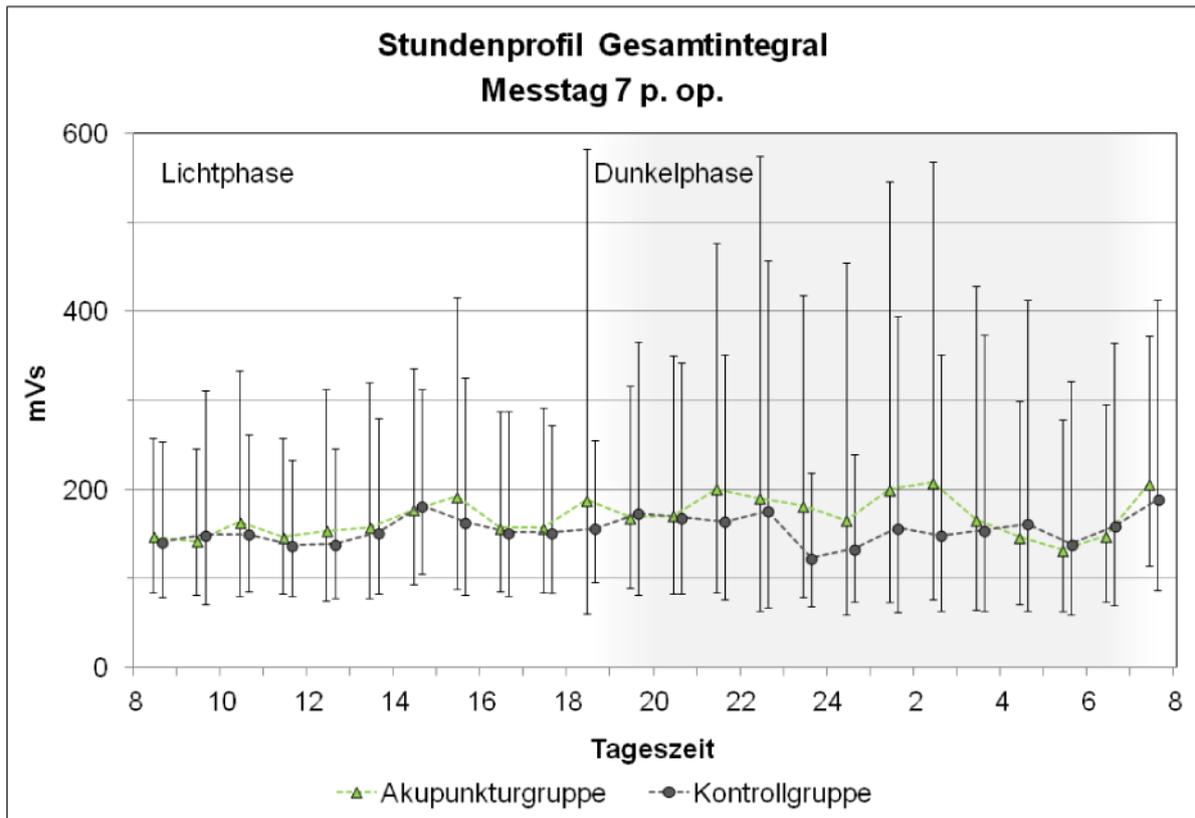


Abbildung 15: 24-Stunden-Verlauf der Gesamtintegral-Mittelwerte pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Bis zum 7. Tag p. op. (Abbildung 15) stieg die durchschnittliche myoelektrische Aktivität des Gesamtintegrals an der Pars pylorica des Labmagens in beiden Gruppen wieder an, wobei das Ausgangsniveau der Messungen des 1. Tages p. op. nicht wieder erreicht wurde. Die durchschnittlichen Mittel- und Maximalwerte des Stundenintegrals der Akupunkturgruppe erreichten an diesem Messtag eine Höhe zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 169-213 \pm 2,2$ mVs und lagen somit erneut über den Werten der Kontrollgruppe ($\bar{x}_g \pm SF = 154-203 \pm 2,0-2,2$ mVs). Auch am letzten Messtag konnten in beiden Gruppen die höchste myoelektrische Aktivität um den Zeitraum der Fütterungen (14, 20 und 7 Uhr) beobachtet werden. Die Kontrollgruppe erreichte die höchsten Nachmittagswerte bezüglich des Stundenintegrals gegen 14 Uhr ($\bar{x}_g = 182-242$ mVs), die Akupunkturgruppe um 15 Uhr ($\bar{x}_g = 192-243$ mVs).

In den nachfolgenden Stunden fielen die Messwerte ab, um in den Abendstunden erneut anzusteigen. Die Akupunkturgruppe zeigte Höchstwerte im Stundenintegral gegen 18 Uhr ($\bar{x}_g = 188-242$ mVs), die Kontrollgruppe um 19 Uhr mit Werten im Bereich zwischen $\bar{x}_g = 173-230$ mVs. Letztgenannte Gruppe hielt dieses Messniveau

bis um 22 Uhr aufrecht, wobei ein abrupter Rückgang um 23 Uhr auf Werte von $\bar{x}_g = 123-162$ mVs zu verzeichnen war. Die Akupunkturgruppe erreichte zwischen 1 und 2 Uhr nachts ein mittleres und maximales Stundenintegral in Höhe von $\bar{x}_g = 190-260$ mVs. Erst gegen 5 Uhr waren Tagestiefstwerte bis $\bar{x}_g = 132-168$ mVs zu beobachten. Innerhalb von zwei Stunden bis zur Morgenfütterung näherten sich die Messwerte einem Niveau zwischen $\bar{x}_g = 206-260$ mVs. In der Kontrollgruppe stiegen die Werte im stündlichen Integral ebenfalls kontinuierlich bis um 8 Uhr auf Werte in Höhe von $\bar{x}_g = 189-252$ mVs an.

4.1.4 Vergleich der Tagesverläufe des myoelektrischen Gesamtintegrals

Für das myoelektrische Gesamtintegral bestätigte sich im Rahmen der statistischen Varianzanalyse eine signifikante paarweise Wechselwirkung zwischen den Einflussfaktoren „Messtag“ und „Messstunde“ ($p = 0,001-0,002$). Dies traf sowohl für die Mittel- als auch für die Maximalwerte beider Gruppen zu (Tabelle 1).

Für die Akupunktur- wie auch für die Kontrollgruppe ließ sich somit zeigen, dass sich die Tagesprofile der Variablen des myoelektrischen Gesamtintegrals von Messtag zu Messtag über den postoperativen Untersuchungszeitraum hinweg ändern und sich die einzelnen Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op. voneinander unterscheiden.

Zur näheren Darstellung des signifikanten Zusammenhangs zwischen Messtag und Messstunde wurde die elektromyographische Aktivität beider Gruppen zusammengefasst und die daraus resultierende Gesamtaktivität für die jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op. vergleichend im Stundenprofil dargestellt (Abbildung 16).

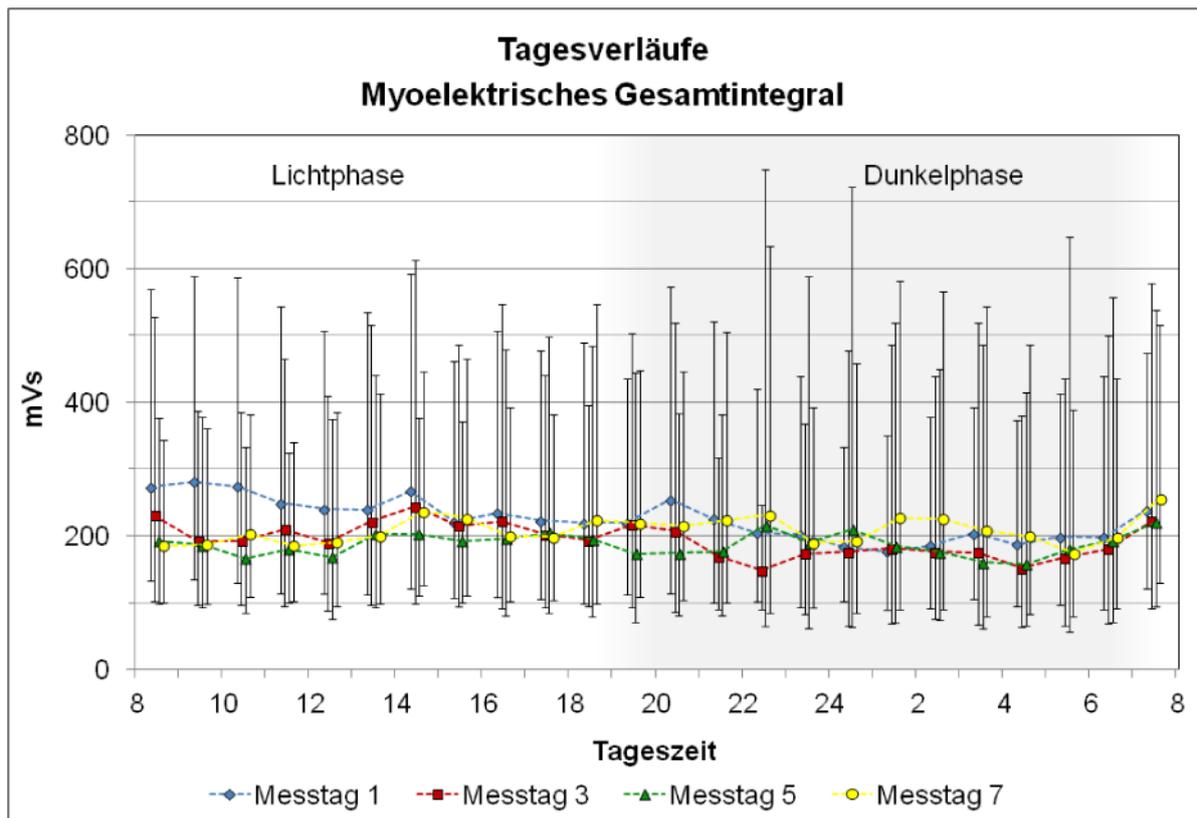


Abbildung 16: Gruppenunabhängige Darstellung der Tagesverläufe der Gesamtintegral-Maximalwerte pro Stunde innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die mittleren und maximalen Tageswerte des Stundenintegrals beider Gruppen lagen am Messtag 1 p. op. in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 168-225 \pm 2,0$ mVs. Die Aktivitätsspitzen dieses Messtages waren jeweils zu den Fütterungszeiten in den Morgenstunden in Höhe von $\bar{x}_g = 211-281$ mVs (8-9 Uhr), am Nachmittag zwischen $\bar{x}_g = 196-268$ mVs (14 Uhr) und in den Abendstunden um 20-21 Uhr mit Werten im Bereich von $\bar{x}_g = 190-254$ mVs zu beobachten. Im weiteren postoperativen Messverlauf verringerten sich die Tageswerte in den Mittel- und Maximalwerten des Stundenintegrals kontinuierlich.

Am 3. Tag p. op. lag das durchschnittliche Messniveau in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 149-194 \pm 2,3$ mVs. Die Tageshöchstwerte dieses Messtages konnten annähernd zu denselben Tageszeiten wie die der Messungen am 1 Tag p. op. registriert werden ($\bar{x}_g = 181-244$ mVs (14 Uhr), $\bar{x}_g = 168-217$ mVs (19 Uhr), $\bar{x}_g = 177-222$ mVs (7-8 Uhr)).

Die Messbefunde des 5. Tages p. op. waren geprägt durch das insgesamt niedrigste Messniveau des postoperativen Untersuchungszeitraums. Die Mittel- und Maximalwerte des Stundenintegrals konnten in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 147-188 \pm 2,4$ mVs registriert werden. Dieser Messtag zeigte im Vergleich zu den Messtagen davor einen nahezu konstanten Tagesverlauf. Im Zeitraum zwischen 13 und 18 Uhr lag das mittlere und maximale Stundenintegral in einer gleichbleibenden Höhe von $\bar{x}_g = 154-199$ mVs. Um 22 und 24 Uhr waren Zunahmen in den Maximalwerten des Stundenintegrals bis auf $\bar{x}_g = 216$ mVs zu beobachten. In der weiteren Nachtphase fielen diese Werte kontinuierlich ab, um in den Morgenstunden zwischen 7-8 Uhr erneut auf $\bar{x}_g = 174-220$ mVs anzusteigen. Bis zum 7. Tag p. op. erholten sich die Mittel- und Maximalwerte des Gesamtintegrals pro Stunde und erreichten eine durchschnittliche Höhe von $\bar{x}_g \pm SF = 162-208 \pm 2,1$ mVs. Das Messniveau des 1. Tages p. op. wurde jedoch nicht wieder erreicht. Die Tageshöchstwerte dieses Messtages konnten ebenfalls zu den Fütterungszeiten beobachtet werden ($\bar{x}_g = 179-237$ mVs (14 Uhr), $\bar{x}_g = 198-256$ mVs (8 Uhr)). Weiterhin war der Tagesverlauf geprägt durch Anstiege in den Mittel- und Maximalwerten des stündlichen Integrals in den Zeiträumen von 21 bis 23 Uhr bzw. von 2 bis 3 Uhr nachts mit Werten in Höhe von $\bar{x}_g = 182-232$ mVs bzw. $\bar{x}_g = 178-227$ mVs.

4.2 Aktionspotentiale der elektromyographischen Messungen

Mittels elektromyographischer Messungen können die an der glatten Muskulatur der Pars pylorica des Labmagens vorhandenen Aktionspotentiale (AP) registriert werden. Diese entsprechen den am Magen vorkommenden, durch Schrittmacherzellen (Cajal-Zellen) bedingten, langsamen Wellen (Slow waves). Sobald diesen während der Plateauphase impulshafte, rasche Depolarisationen (Salven von Spikes) aufgelagert sind, führt dies zu Kontraktionen (Ehrlein 2000).

Die Anzahl der an der Pars pylorica der Studientiere vorhandenen Aktionspotentiale wurde über die drei implantierten Elektrodenpaare registriert. Die Messungen erfolgten an den Tagen 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums über die Dauer von jeweils 24 Stunden. Vor Durchführung der statistischen Analyse wurden die an allen drei Elektrodenpaaren registrierten Aktionspotentiale unter Bildung der Mittel- und Maximalwerte zusammengefasst und die Ergebnisse pro Messstunde angegeben.

4.2.1 Übersicht über die Ergebnisse der myoelektrischen Aktionspotentiale

Tabelle 2 zeigt die im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) ermittelten p-Werte der Variablen „Anzahl an Aktionspotentialen“ (AAP). Aufgeführt sind die Ergebnisse der untersuchten Haupteffekte: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“, sowie die zweifache (Tag*Gruppe, Stunde*Gruppe, Tag*Stunde) und dreifache (Tag*Stunde*Gruppe) Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen.

Tabelle 2: Übersicht über die p-Werte der Variablen „Anzahl an Aktionspotentialen“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.

Variable	Haupteffekte			Zweifach - Wechselwirkung			Dreifach – Wechselwirkung
	Behandlung	Tag	Stunde	Tag* Gruppe	Stunde* Gruppe	Tag* Stunde	Tag*Stunde* Gruppe
AAP-Mittelwert	0,303	< 0,001 (*)	< 0,001 (*)	0,908	0,994	< 0,001 (*)	0,569
AAP-Maximalwert	0,125	< 0,001 (*)	< 0,001 (*)	0,846	0,989	< 0,001 (*)	0,876

4.2.2 Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die myoelektrischen Aktionspotentiale

Um die Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Anzahl der myoelektrischen Aktionspotentiale an der Pars pylorica des Labmagens beurteilen zu können, wurde im Rahmen der Varianzanalyse der Einfluss des Hauptfaktors „Behandlung“ auf diese Variable untersucht. Es handelte sich hierbei um einen globalen Zwischengruppenvergleich der Akupunktur- mit der Kontrollgruppe, dessen Unterschiede sich für die Mittel- als auch für die Maximalwerte nach statistischer Überprüfung als nicht signifikant herausstellten ($p = 0,13-0,30$).

Eine positive Wirkung der Akupunkturbehandlung im Sinne einer Steigerung der Anzahl der myoelektrischen Aktionspotentiale innerhalb der Versuchsgruppe konnte somit nicht nachgewiesen werden.

4.2.3 Gruppenvergleich der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die weiteren im Rahmen der Varianzanalyse untersuchten Wirkungen der Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ auf die Anzahl der myoelektrischen Aktionspotentiale (AP) wurden für die Versuchs- und die Kontrollgruppe jeweils einzeln im Innerhalbgruppenvergleich untersucht. Hinsichtlich des Faktors „Messtag“ war die Wirkung in beiden Gruppen für die mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen hochsignifikant ($p < 0,001$). Es konnte folglich nachgewiesen werden, dass sich in beiden Gruppen die einzelnen Messtage (1, 3, 5 und 7 p. op.) des postoperativen Untersuchungszeitraums sowohl in ihren Mittel- als auch in ihren Maximalwerten der Variablen „Anzahl an Aktionspotentialen“ voneinander unterscheiden.

Zur Tageszeit (Lichtphase) zeigten beide Gruppen die höchsten Messwerte in der stündlichen Anzahl an Aktionspotentialen, während in den Abend- und Nachtstunden (Dunkelphase) deutlich weniger Aktionspotentiale pro Stunde zu verzeichnen waren. Dieser zirkadiane Tagesrhythmus bestätigte sich nach statistischer Überprüfung des Faktors „Messstunde“ für die jeweiligen postoperativen Messtage (1, 3, 5 und 7) in hochsignifikanten Stundenunterschieden ($p < 0,001$).

Nach Überprüfung der zweifachen paarweisen Wechselwirkung (Tag*Gruppe und Stunde*Gruppe) auf die Variable der „Anzahl an Aktionspotentialen“ war ein Zusammenhang dieser Tages- und Stundenunterschiede mit der Akupunkturbehandlung als unwahrscheinlich anzusehen ($p = 0,85-0,99$). Auch die dreifache Wechselwirkung (Tag*Stunde*Gruppe) stellte sich als nicht signifikant heraus ($p = 0,57-0,88$).

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der an der Pars pylorica des Labmagens registrierten myoelektrischen Aktionspotentiale pro Stunde (AP/h) im Tagesverlauf der einzelnen postoperativen Messtage 1, 3, 5 und 7 für die Akupunktur- und die Kontrollgruppe vergleichend gegenübergestellt. Aufgrund der parallelen Kurvenverläufe der Mittel- und Maximalwerte dieser Variablen sind in den Graphiken zur besseren Übersicht ausschließlich die aus den drei Elektrodenpaaren ermittelten Mittelwerte beider Gruppen aufgezeigt. Die Ergebnisse bezüglich der Maximalwerte werden im Text erläutert. Da die Messwerte dieser Variablen normalverteilt waren, erfolgte die Darstellung der Ergebnisse in Form der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

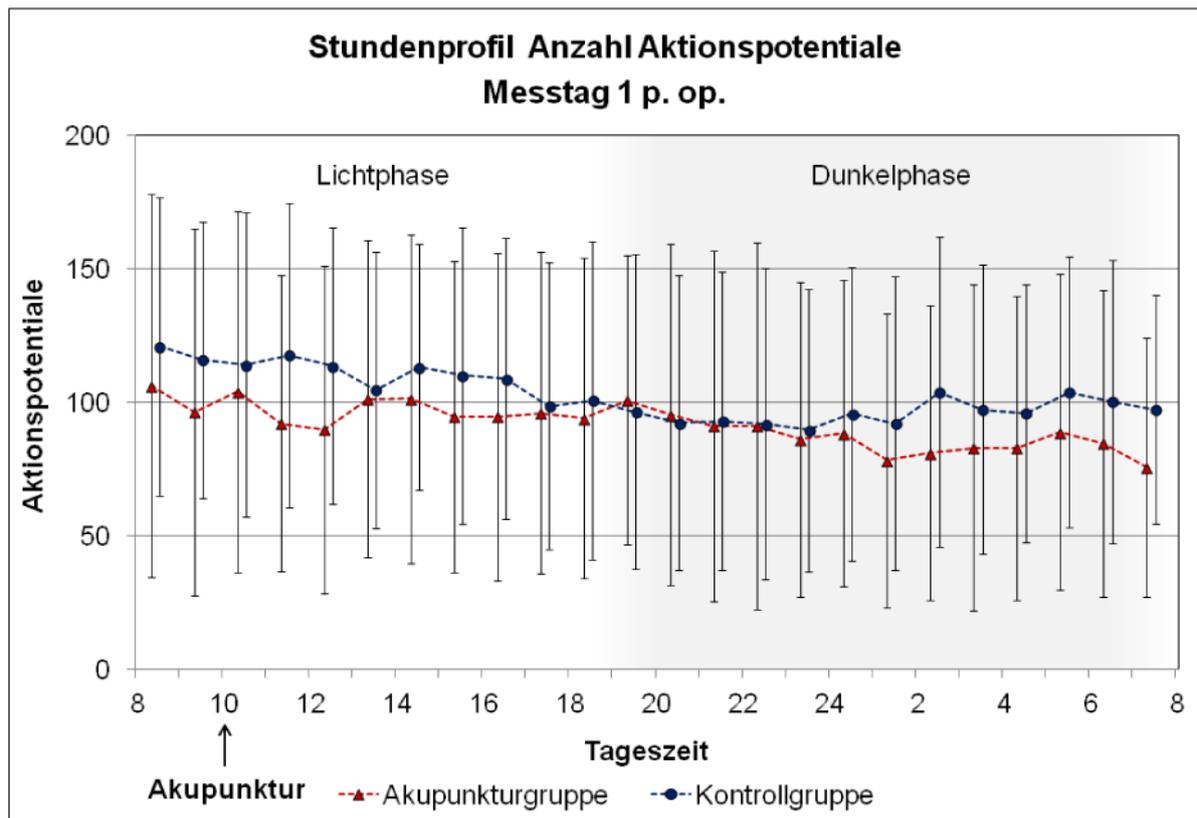


Abbildung 17: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

Der Variablenverlauf der stündlichen Anzahl an Aktionspotentialen (AP/h) des 1. Tages p. op. (Abbildung 17) war gekennzeichnet durch Höchstwerte in beiden Gruppen während der Tagesphase (Lichtphase) bis ca. 18 bzw. 19 Uhr. Die durchschnittliche Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde innerhalb dieses Zeitraums betrug in der Kontrollgruppe $\bar{x} \pm s = 111 \pm 54$ AP/h und lag damit knapp über den Werten der Akupunkturgruppe mit $\bar{x} \pm s = 98 \pm 62$ AP/h. Zur Fütterungszeit am Nachmittag zwischen 13 und 14 Uhr lag die mittlere Anzahl bei $\bar{x} = 101$ AP/h in der Akupunkturgruppe (A) und bei $\bar{x} = 113$ AP/h in der Kontrollgruppe (K). Der weitere Verlauf war geprägt durch einen kontinuierlichen Rückgang in der Anzahl an stündlich registrierten AP. Die Tagestiefstwerte wurden in den Abend- und Nachtstunden (Dunkelphase) gemessen. In der Kontrollgruppe lagen die Messwerte um 20 und 23 Uhr im Bereich zwischen $\bar{x} = 92$ -151 AP/h. Die niedrigsten Werte konnten in der Akupunkturgruppe zwischen 1 und 4 Uhr registriert werden ($\bar{x} = 81$ -127 AP/h). Zackenförmige Anstiege bis $\bar{x} = 100$ -172 AP/h um 2 und 5 Uhr prägten den weiteren nächtlichen Variablenverlauf der Kontrollgruppe.

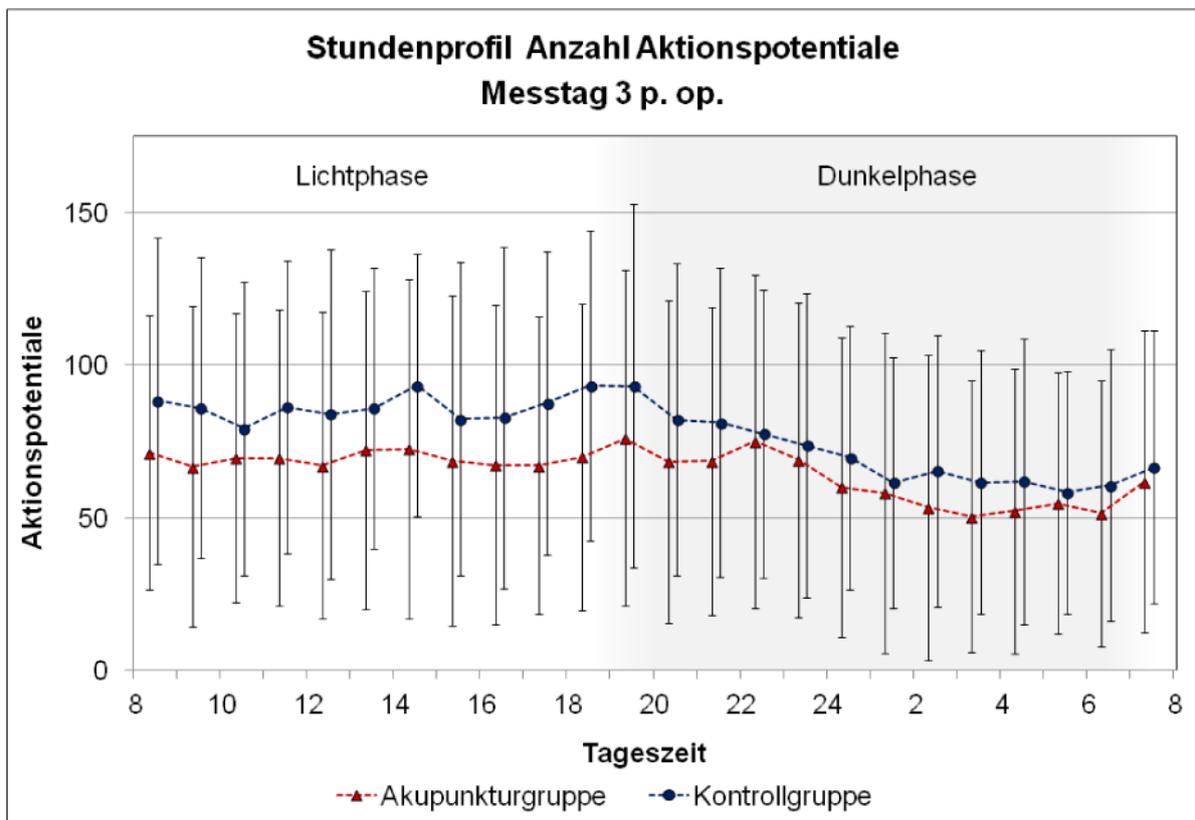


Abbildung 18: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

Das Messniveau der Variablen „Anzahl an Aktionspotentiale“ lag am 3. Tag p. op. (Abbildung 18) deutlich niedriger im Vergleich zu den Befunden des 1. Tages p. op. Die höchsten mittleren und maximalen Tageswerte zeigte die Kontrollgruppe um 14 Uhr und um 18 Uhr ($\bar{x} = 93-144$ AP/h und $\bar{x} = 93-151$ AP/h). Ab 19 Uhr gingen die Werte über die Nacht kontinuierlich bis um 5 Uhr ($\bar{x} = 58$ AP/h) zurück und stiegen bis zur Morgenfütterung um 8 Uhr wieder an. Das Stundenprofil der Akupunkturgruppe bewegte sich während der Lichtphase innerhalb eines konstanten Niveaus zwischen 70-112 AP/h. Die Tageshöchstwerte konnten um 14 Uhr ($\bar{x} = 72-112$ AP/h) und im Zeitraum zwischen 19-22 Uhr ($\bar{x} = 75-123$ AP/h) beobachtet werden. Ab 22 Uhr fielen die Mittel- und Maximalwerte bis auf Tiefstwerte von $\bar{x} = 50$ AP/h (3 Uhr) ab, um ebenfalls zu den Fütterungszeiten des nächsten Tages - zwischen 7 und 8 Uhr - wieder anzusteigen.

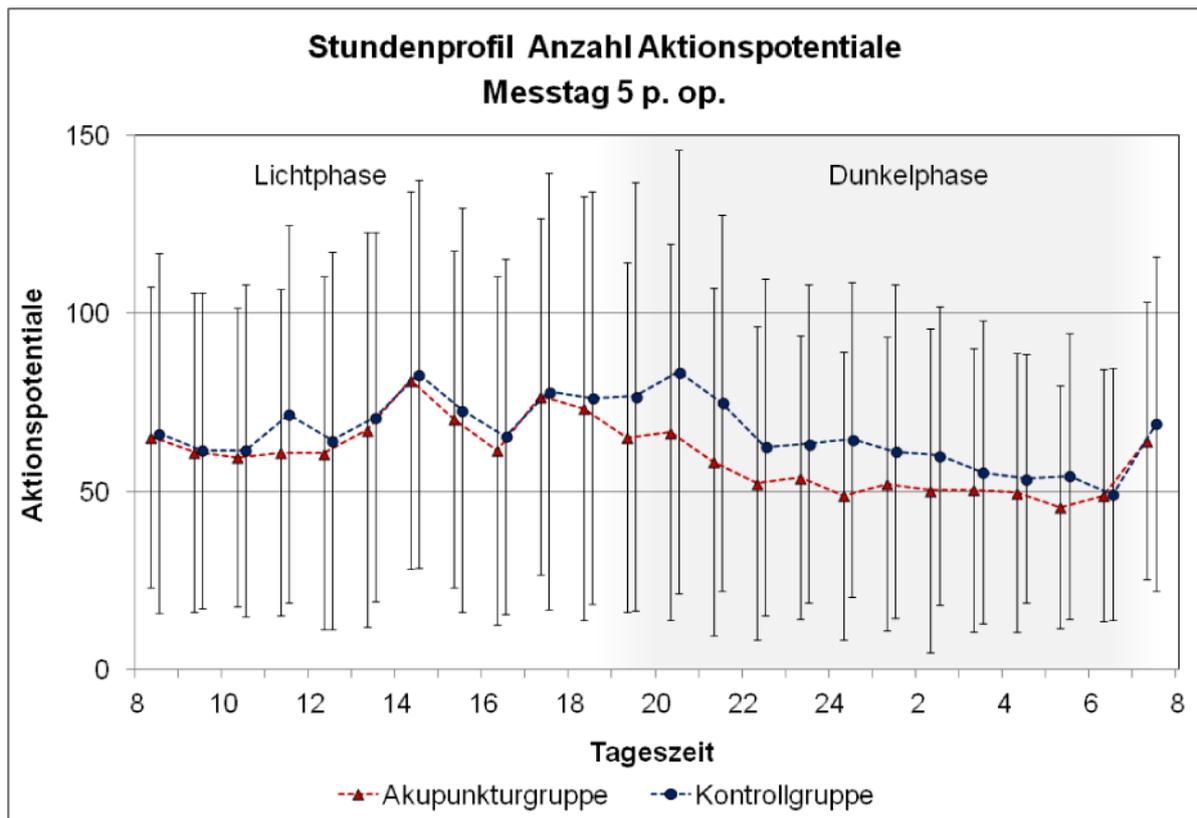


Abbildung 19: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

Die Messtage 5 und 7 p. op. (Abbildung 19 und Abbildung 20) wiesen einen ähnlichen Tagesverlauf auf, weshalb sie in den nachfolgenden Ausführungen zusammen betrachtet werden sollen. In beiden Gruppen konnte ein Anstieg in der Anzahl an Aktionspotentialen um die Fütterungszeiten (14, 19 und 7 Uhr) beobachtet werden. Die Mittel- und Maximalwerte stiegen sprunghaft um 14 Uhr an und erreichten dabei am 5. Tag p. op. eine stündliche mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen von $\bar{x} = 81-119$ AP/h in der Akupunktur- (A) bzw. $\bar{x} = 83-129$ AP/h in der Kontrollgruppe (K). Am 7. Tag p. op. lag der Stundenwert der mittleren und maximalen Anzahl an Aktionspotentialen um 14 Uhr deutlich höher (A: $\bar{x} = 99-141$ AP/h bzw. K: $\bar{x} = 104-147$ AP/h. Innerhalb der Kontrollgruppe waren die Tagesverläufe beider Messtage gekennzeichnet durch einen bogenhaften Verlauf der Mittel- und Maximalwerte über den Zeitraum von 17 bis 22 Uhr. Der höchste Variablenwert wurde dabei zwischen 19 und 20 Uhr erreicht ($\bar{x} = 84-124$ AP/h (Messtag 5 p. op.) und $\bar{x} = 107-161$ AP/h (Messtag 7 p. op.)). In den weiteren Nachtstunden ab 24 Uhr gingen die Werte in der Kontrollgruppe an

beiden Messtagen kontinuierlich bis in die Morgenstunden zurück. In der Akupunkturgruppe kam es während der Messungen des 5. Tages p. op. um 17 und 20 Uhr zu Anstiegen im Variablenverlauf auf Werte von $\bar{x} = 77-116$ AP/h und $\bar{x} = 67-105$ AP/h. Danach erfolgte ein stetiger Rückgang mit Tiefstwerten um 5 Uhr bis $\bar{x} = 46$ AP/h. Zur Fütterungszeit um 7 Uhr stiegen die Mittel- und Maximalwerte auf eine Höhe von $\bar{x} = 64-100$ AP/h an. Am 7. Tag p. op. erreichte die Akupunkturgruppe um 19 Uhr einen Tageshöchstwert von $\bar{x} = 92-134$ AP/h, gefolgt von einem kontinuierlichen Rückgang bis um 5 Uhr. Danach stieg die mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen sprunghaft auf Werte von $\bar{x} = 79-110$ AP/h an.

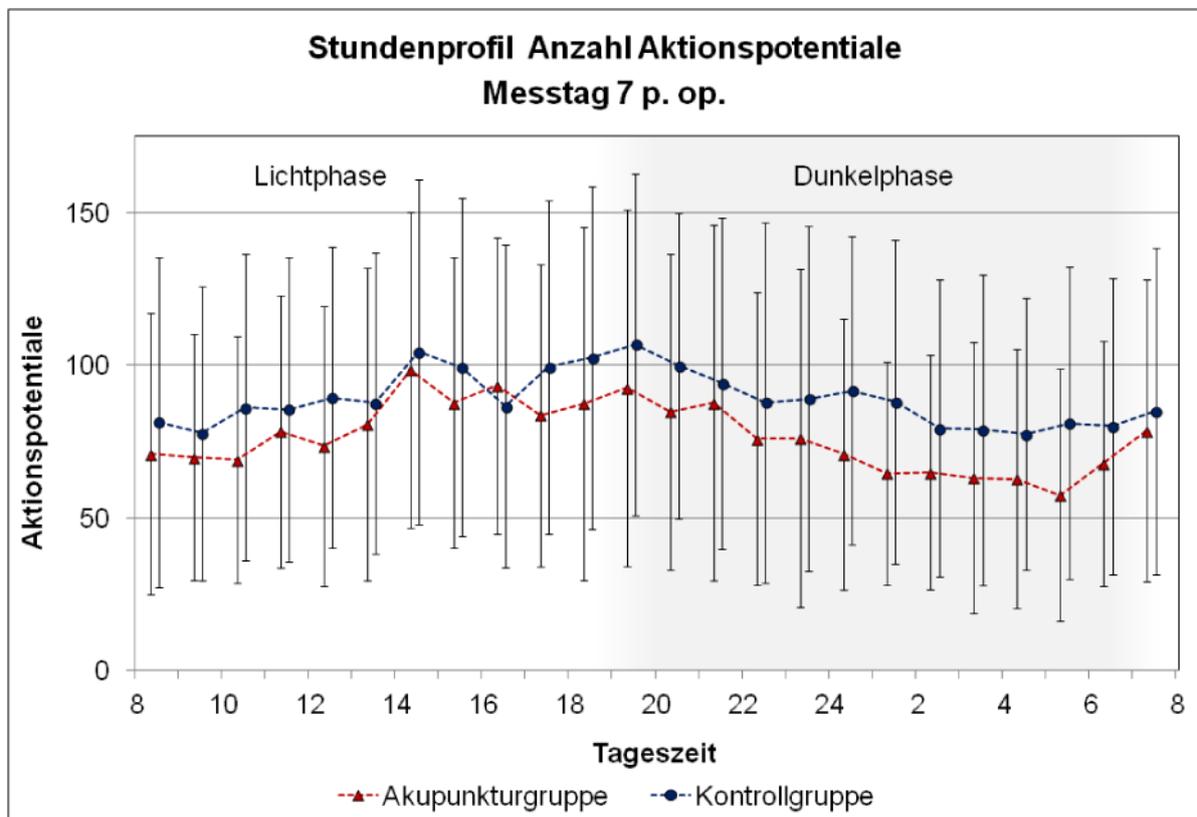


Abbildung 20: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

4.2.4 Vergleich der Tagesverläufe der myoelektrischen Aktionspotentiale

Innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe konnte zwischen den Einflussgrößen „Messtag“ und „Messstunde“ im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse eine hochsignifikante Wechselwirkung ($p < 0,001$) für die an der Pars pylorica des Labmagens registrierte mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen nachgewiesen werden. Dieser Zusammenhang bedeutet, dass sich die Tagesprofile der jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op. hinsichtlich ihrer stündlichen mittleren und maximalen Anzahl an Aktionspotentialen von Messtag zu Messtag über den postoperativen Untersuchungszeitraum hinweg ändern. Abbildung 21 zeigt eine vergleichende Darstellung der Tagesverläufe der jeweiligen Messtage. Da die Untersuchung der Wechselwirkung Messtag*Messstunde gruppenunabhängig erfolgte, wurden die Messergebnisse beider Gruppen pro Messtag zusammengefasst und die durchschnittliche Anzahl an Aktionspotentialen pro Stunde im Tagesverlauf über 24 Stunden ausgegeben. Zur besseren Übersicht wurden ausschließlich die Mittelwerte der Anzahl an Aktionspotentialen aufgeführt und die gemessenen Maximalwerte im Text erläutert.

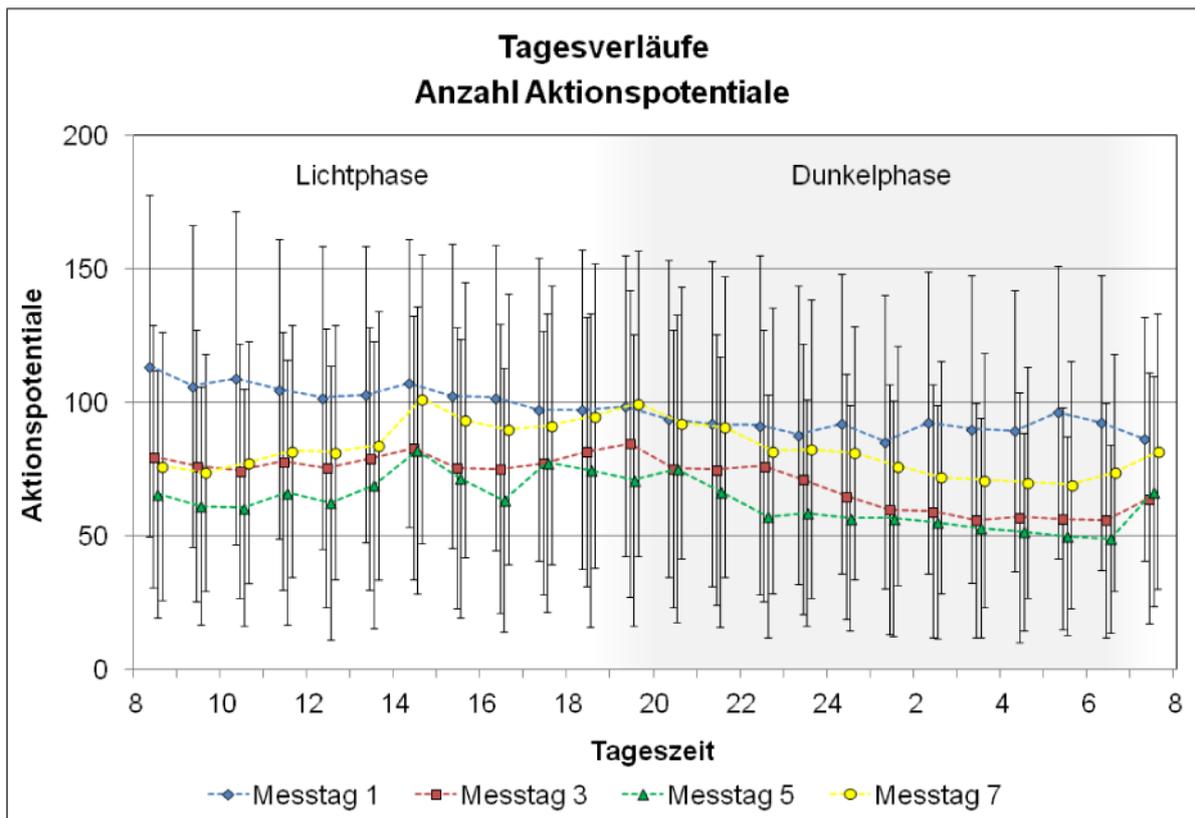


Abbildung 21: Gruppenunabhängige Darstellung der Tagesverläufe der mittleren Anzahl an Aktionspotentialen innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtag 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und der Standardabweichungen (s).

Wie aus Abbildung 21 ersichtlich, unterscheiden sich die Tagesverläufe der Variablen „Anzahl an Aktionspotentialen“ pro Stunde von Messtag zu Messtag innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Dieser Unterschied stellte sich als hochsignifikant heraus ($p = < 0,001$). Weiterhin zeigte sich ein ausgeprägter zirkadianer Tagesrhythmus mit Höchstwerten während der Lichtphase im Vergleich zu Tiefstwerten in der Nachtphase (Dunkelphase).

In beiden Gruppen erwiesen sich die Messbefunde des 1. Tages p. op. als die insgesamt höchsten Variablenwerte des gesamten postoperativen Untersuchungszeitraums. Die durchschnittlichen mittleren und maximalen Werte lagen in einer Höhe zwischen $\bar{x} \pm s = 97-150 \pm 57-66$ Aktionspotentialen pro Stunde (AP/h). An diesem Messtag konnten zu den Fütterungszeiten keine ausgeprägten Tagesspitzenwerte beobachtet werden. Der Tagesverlauf war gekennzeichnet durch einen nahezu geradlinigen Verlauf, mit Höchstwerten in den Morgenstunden zwischen $\bar{x} = 114-167$ AP/h, gefolgt von einem kontinuierlichem Rückgang mit

Tagestiefstwerten um 1 Uhr nachts von $\bar{x} = 85-135$ AP/h. Im weiteren Verlauf erfolgte ein geringfügiger Anstieg der stündlichen Werte auf $\bar{x} = 96-148$ AP/h um 5 Uhr, wobei die Werte bis zur Fütterungszeit wieder zurückgingen.

Ein deutlich niedrigeres Niveau zeigten die Messungen am 3. Tag p. op., mit durchschnittlichen mittleren und maximalen Tageswerten im Bereich von $\bar{x} \pm s = 71-114 \pm 49-65$ AP/h. Zu den Fütterungszeiten um 14 bzw. 19 Uhr konnten an diesem Messtag Höchstwerte in Höhe von $\bar{x} = 83-128$ AP/h bzw. $\bar{x} = 85-132$ AP/h registriert werden. Während der weiteren Abend- und Nachtphase fielen die Werte kontinuierlich bis auf Tagestiefstwerte von $\bar{x} = 56-91$ AP/h ab, um zur Fütterungszeit in den Morgenstunden wieder anzusteigen.

Am 5. Tag p. op. konnte in beiden Gruppen das niedrigste Messniveau in der Anzahl an Aktionspotentialen innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums beobachtet werden. Die durchschnittlichen stündlichen Tageswerte betragen $\bar{x} \pm s = 63-102 \pm 47-66$ AP/h. Während des zackenförmigen Kurvenverlaufs zwischen 14 und 20 Uhr konnten Tageshöchstwerte zwischen $\bar{x} = 82-124$ AP/h (14 Uhr), $\bar{x} = 77-117$ AP/h (17 Uhr) und $\bar{x} = 75-114$ AP/h (20 Uhr) gemessen werden. Die Tiefstwerte dieses Messzeitraums wurden um 6 Uhr registriert ($\bar{x} = 49-83$ AP/h), gefolgt durch einen sprunghaften Anstieg zur Fütterungszeit um 7 Uhr mit Werten in Höhe von $\bar{x} = 66-106$ AP/h.

Die Variablenwerte erholten sich bis zum 7. Tag p. op. und erreichten eine durchschnittliche Anzahl in Höhe von $\bar{x} \pm s = 83-127 \pm 50-63$ AP/h. Um 14 und 19 Uhr wurden Tageshöchstwerte gemessen, die dem Niveau der Messungen am Tag 1 p. op. entsprachen. Die mittleren und maximalen Werte lagen hierbei in einem Bereich zwischen $\bar{x} = 101-144$ AP/h (14 Uhr) bzw. $\bar{x} = 100-147$ AP/h (19 Uhr). Der weitere Verlauf der Abend- und Nachtphase war gekennzeichnet durch einen stetigen Rückgang, wobei die niedrigsten Werte um 5 Uhr mit Werten bis $\bar{x} = 69-111$ AP/h erreicht wurden. Bis zur Fütterungszeit zwischen 7 und 8 Uhr stieg die stündliche Anzahl an Aktionspotentialen auf eine Höhe von $\bar{x} = 82-123$ an und erreichte somit die Höhe des durchschnittlichen Tagesniveaus der Messungen am 7. Tag p. op.

4.3 Mittlere Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die an der Pars pylorica des Labmagens vorhandenen Aktionspotentiale wurden über drei in die Lamina muscularis implantierten Elektrodenpaare registriert. Die Messungen erfolgten an den postoperativen Messtagen 1, 3, 5 und 7 jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden. Die Amplitudenhöchst- und Amplitudentiefstwerte aller während eines Stundenintervalls gemessenen Aktionspotentiale wurden aufgezeichnet, summiert und das jeweilige durchschnittliche Potentialmaximum und Potentialminimum pro Stunde angegeben. Für jedes Studientier wurden somit im Verlauf der postoperativen Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op. pro Elektrodenpaar jeweils 48 Datenwerte erzeugt.

Im Zuge der weiteren Aufbereitung der Messdaten erfolgte die Bildung einer neuen Variablen. Die durchschnittlichen stündlichen Amplituden-Höchstwerte wurden hierbei von den jeweiligen Amplituden-Tiefstwerten subtrahiert und die neu berechneten Datenwerte als „mittlere Amplitude“ pro Messstunde angegeben. Um den Einfluss einzelner fehlender Stundenwerte innerhalb der 24-stündigen Messungen zu minimieren, stellte sich für diese Variable die Durchführung einer Datenglättung (Interpolation) als sinnvoll heraus. Über den gesamten postoperativen Untersuchungszeitraum waren in der Akupunkturgruppe insgesamt 20 Datenwerte (19,2 %), in der Kontrollgruppe weitere 6 Datenwerte (5,8 %) zu interpolieren. Die einzelnen fehlenden Datenwerte wurden unter Bildung des Mittelwertes aus den Messwerten der davor und der danach liegenden Messstunde ergänzt.

Abschließend wurden die aus allen drei Elektrodenpaaren gewonnenen Datenwerte der Variablen „mittleren Amplitude“ unter Bildung der Mittel- und Maximalwerte zusammengefasst und pro Messstunde angegeben. Sowohl für den Zwischen- als auch für den Innerhalbgruppenvergleich stellten sich die Unterschiede in den Ergebnissen der p-Werte vor bzw. nach Durchführung der Dateninterpolation als geringfügig heraus, so dass in den nachfolgenden Ausführungen ausschließlich die Ergebnisse der interpolierten Variablen aufgezeigt werden.

4.3.1 Übersicht über die Ergebnisse bezüglich der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale

Tabelle 3 zeigt die Übersicht der im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) ermittelten p-Werte der Variablen „mittlere Amplitude“. Aufgeführt sind die Ergebnisse der untersuchten Haupteffekte: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“, sowie die zweifache (Tag*Gruppe, Stunde*Gruppe, Tag*Stunde) und dreifache (Tag*Stunde*Gruppe) Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen.

Tabelle 3: Übersicht über die p-Werte der Variablen „mittlere Amplitude der Aktionspotentiale“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“, „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.

Variable	Haupteffekte			Zweifach - Wechselwirkung			Dreifach – Wechselwirkung
	Behandlung	Tag	Stunde	Tag*Gruppe	Stunde* Gruppe	Tag*Stunde	Tag*Stunde* Gruppe
Amplituden-Mittelwert	0,875	0,818	< 0,001 (*)	0,452	0,549	0,116	0,291
Amplituden-Maximalwert	0,765	0,477	0,006	0,583	0,440	0,353	0,289

4.3.2 Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die mittlere Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale

Der Einfluss der an den Studientieren der Versuchsgruppe angewandten Akupunkturbehandlung auf die mittlere Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale wurde im globalen Zwischengruppenvergleich mit den Tieren der Kontrollgruppe überprüft. Die Unterschiede zwischen den Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerten der Variablen „mittlere Amplitude“ erwiesen sich hinsichtlich des im Rahmen der statistischen Varianzanalyse untersuchten Hauptfaktors „Behandlung“ als nicht signifikant ($p = 0,77-0,88$).

Eine positive Wirkung der Akupunkturstimulation auf die Amplitudenhöhe der myoelektrischen Aktionspotentiale konnte somit für die Versuchsgruppe nicht nachgewiesen werden.

4.3.3 Gruppenvergleich der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die Tagesverläufe der Variablen „mittlere Amplitude“ wurden in der Versuchs- und in der Kontrollgruppe für die einzelnen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums im Innerhalbgruppenvergleich untersucht. Die weitere im Rahmen der Varianzanalyse untersuchte Wirkung des Einflussfaktors „Messtag“ erwies sich in beiden Gruppen sowohl für die Gruppenmittel- als auch für die Gruppenmaximalwerte der „mittleren Amplitude“ als nicht signifikant ($p = 0,48-0,84$). Es konnte somit für die Versuchs- und für die Kontrollgruppe aufgezeigt werden, dass sich die einzelnen Messtage des postoperativen Untersuchungszeitraums bezüglich des Verlaufs der Mittel- und Maximalwerte der Variablen „mittleren Amplitude“ nicht voneinander unterscheiden. Die Stundenprofile der Variablen „mittlere Amplitude“ wurden für die Versuchs- und für die Kontrollgruppe ebenfalls im Innerhalbgruppenvergleich untersucht. Die Wirkung des Faktors „Messstunde“ stellte sich in den Tagesverläufen der „mittleren Amplitude“ beider Gruppen für die jeweiligen Messtage des postoperativen Untersuchungszeitraums in Form eines zirkadianen Tagesrhythmus dar. Die Unterschiede in den stündlichen Variablenwerten der „mittleren Amplitude“ waren für die Mittelwerte als hochsignifikant ($p = 0,001$), für die Maximalwerte als signifikant ($p = 0,01$) nachzuweisen.

Zusammenfassend ließ sich für die Variable der „mittleren Amplitude“ sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe zeigen, dass sich die Tagesverläufe der jeweiligen Messtage in Form eines zirkadianen Rhythmus ändern (Faktor: „Messstunde“), sich jedoch die einzelnen Messtage selbst in ihren mittleren und maximalen Amplitudenwerten nicht voneinander unterscheiden (Faktor: „Messtag“).

Nach Überprüfung der Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Stunde“ und „Gruppe“ (Stunde*Gruppe) war ein Zusammenhang zwischen der Akupunkturbehandlung und den Stundenunterschieden auszuschließen ($p = 0,44-0,55$). Weiterhin stellten sich für die Mittel- und für die Maximalwerte der Variablen „mittlere Amplitude“ sowohl die zweifache (Tag*Stunde) als auch die dreifache (Tag*Stunde*Gruppe) Wechselwirkung als nicht signifikant heraus ($p = 0,12-0,35$).

In den nachfolgenden Darstellungen werden die Ergebnisse der Variablen „mittlere Amplitude“ nach Durchführung der Dateninterpolation für beide Gruppen im Stundenprofil für die jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums vergleichend gegenübergestellt. Aufgrund der parallelen Kurvenverläufe der Mittel- und Maximalwerte dieser Variablen wurden in den Graphiken zur besseren Übersicht ausschließlich die aus den drei Elektrodenpaaren gebildeten mittleren Amplitudenwerte beider Gruppen aufgezeigt. Die gemessenen Maximalwerte sind im Text erläutert. Da die Messwerte eine rechtsschiefe Verteilung aufwiesen, wurden diese zuvor logarithmisch transformiert, um eine annähernde Normalverteilung zu erreichen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte daher in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

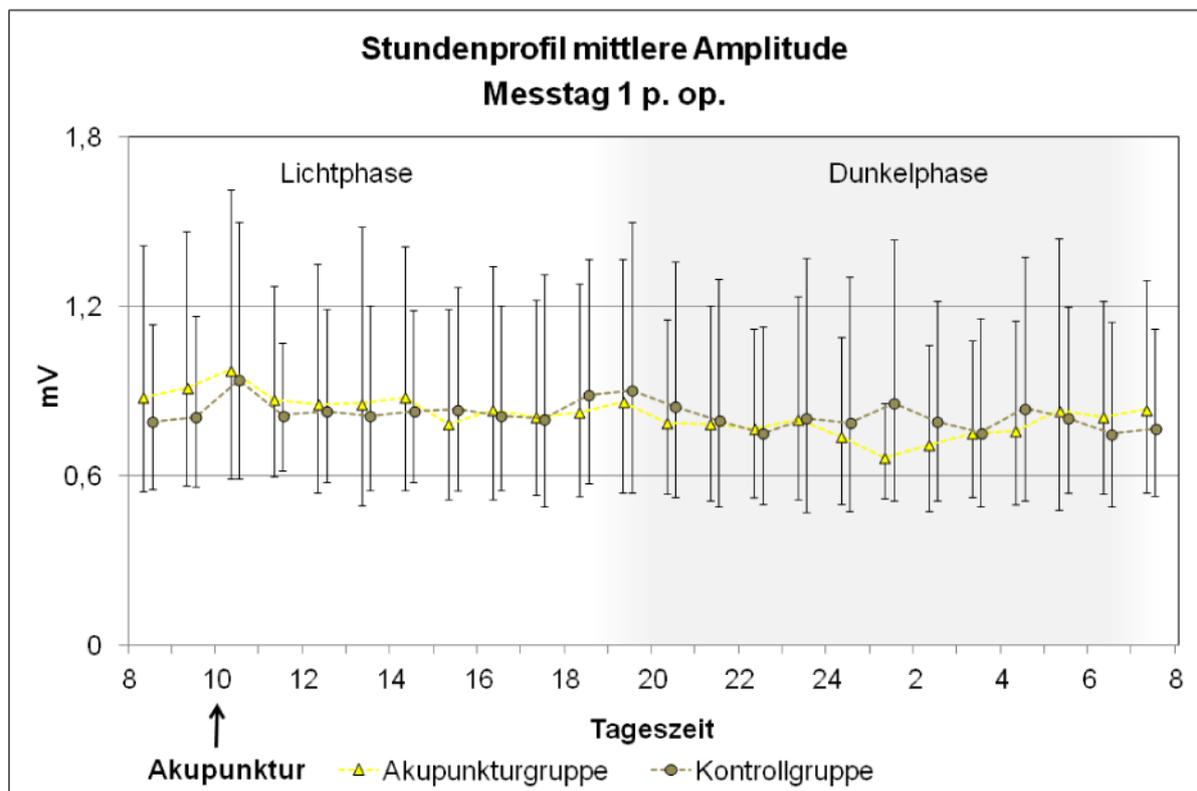


Abbildung 22: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die mittlere und maximale Amplitude pro Stunde bewegte sich in beiden Gruppen während der ersten beiden Messtage innerhalb desselben Messniveaus. Am Messtag 1 p. op. (Abbildung 22) zeigte die Akupunkturgruppe (A) Mittel-

und Maximalwerte in ihrer „mittleren Amplitude“ pro Stunde in Höhe von $\bar{x}_g = 0,82-1,05$ mV und lag mit den Amplitudenwerten der Kontrollgruppe (K) auf einem nahezu identischem Niveau ($\bar{x}_g = 0,82-1,10$ mV). Während des Tagesverlaufs konnten in beiden Gruppen zu den Vormittagsstunden (10 Uhr), sowie zu den Abendstunden zwischen 19 und 20 Uhr Tageshöchstwerte in der mittleren und maximalen Stundenamplitude registriert werden. Die Kontrollgruppe erreichte Amplitudenwerte zwischen $\bar{x}_g = 0,94-1,30$ mV (10 Uhr) und $\bar{x}_g = 0,90-1,30$ mV (19-20 Uhr). Innerhalb der Akupunkturgruppe konnten Messwerte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,97-1,28$ mV (10 Uhr) und $\bar{x}_g = 0,86-1,16$ mV (19-20 Uhr) registriert werden. Über die weiteren Abend- und Nachtstunden waren in der Kontrollgruppe um 1 und 4 Uhr erneut Anstiege in den stündlichen Amplitudenwerten in Höhe von $\bar{x}_g = 0,84-1,23$ mV zu beobachten. In der Akupunkturgruppe konnte dagegen um 1 Uhr nachts der Tagestiefstwert ($\bar{x}_g = 0,67-0,81$ mV) gemessen werden.

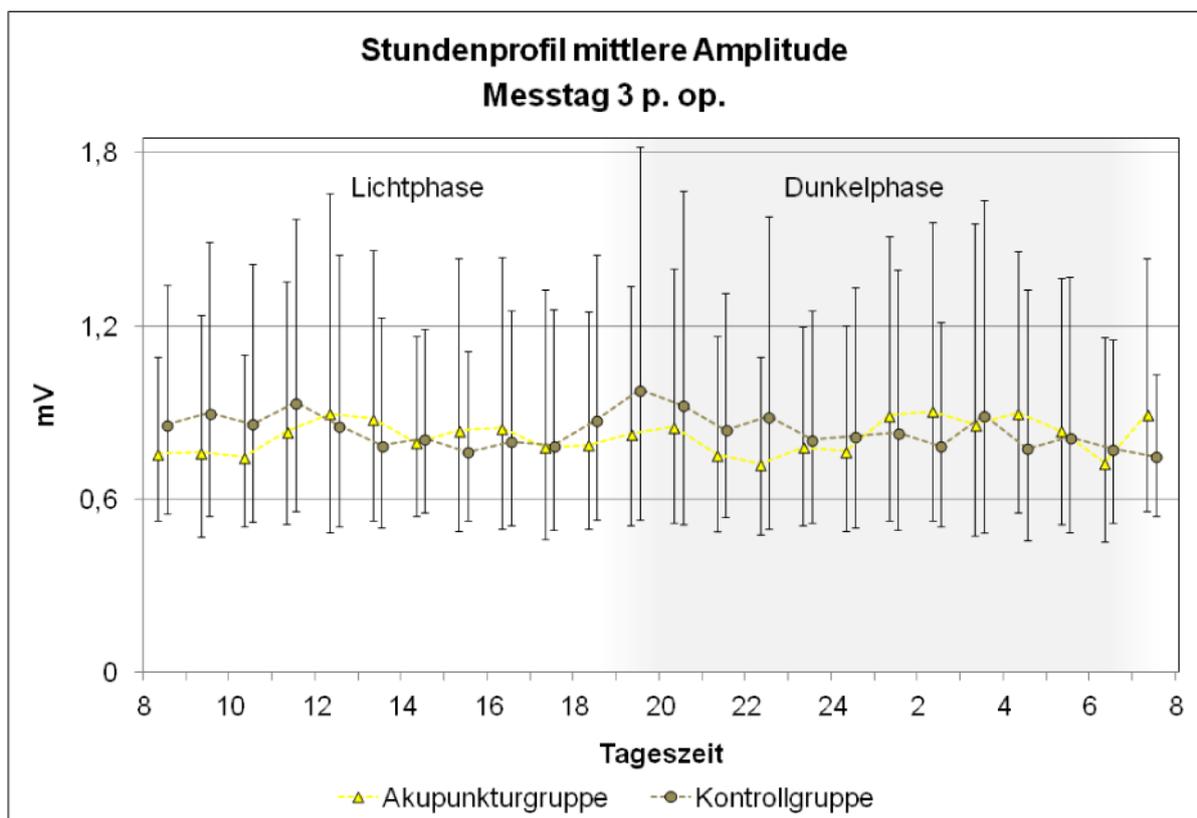


Abbildung 23: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die Befunde der durchschnittlichen mittleren und maximalen stündlichen Amplitude des 3. Tages p. op. (Abbildung 23) entsprachen den Messwerten des 1. Tages p. op. (A: $\bar{x}_g = 0,82-1,08$ mV; K: $\bar{x}_g = 0,84-1,12$ mV). Auch hier konnten in beiden Gruppen sowohl während der Vormittags- als auch zu den Abendstunden die höchsten Mittel- und Maximalwerte in der Stundenamplitude registriert werden. Zunächst erreichten beide Gruppen zwischen 11 und 12 Uhr Messwerte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,90-1,31$ mV. Erst in den Abendstunden zeigten sich erneut Anstiege in der Stundenamplitude, die in der Kontrollgruppe gegen 19 Uhr ($\bar{x}_g = 0,98-1,37$ mV) und in der Akupunkturgruppe gegen 20 Uhr ($\bar{x}_g = 0,85-1,13$ mV) beobachtet werden konnten. Während der Nachtphase stellten sich in der Kontrollgruppe während eines zackenförmigen Kurvenverlaufs um 22 und 3 Uhr weitere Amplitudenspitzen in Höhe von $\bar{x}_g = 0,88-1,22$ bzw. $\bar{x}_g = 0,89-1,17$ mV dar. Die Akupunkturgruppe wies dagegen zwischen 1 und 6 Uhr einen bogenförmigen Kurvenverlauf in den stündlichen Amplitudenwerten auf. Die mittleren und maximalen Messwerte lagen dabei in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g = 0,90-1,28$ mV. In den Morgenstunden zwischen 6 und 8 Uhr erfolgte ein sprunghafter Anstieg, von Tiefstwerten zwischen $\bar{x}_g = 0,72-0,91$ mV auf Werte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,89-1,17$ mV.

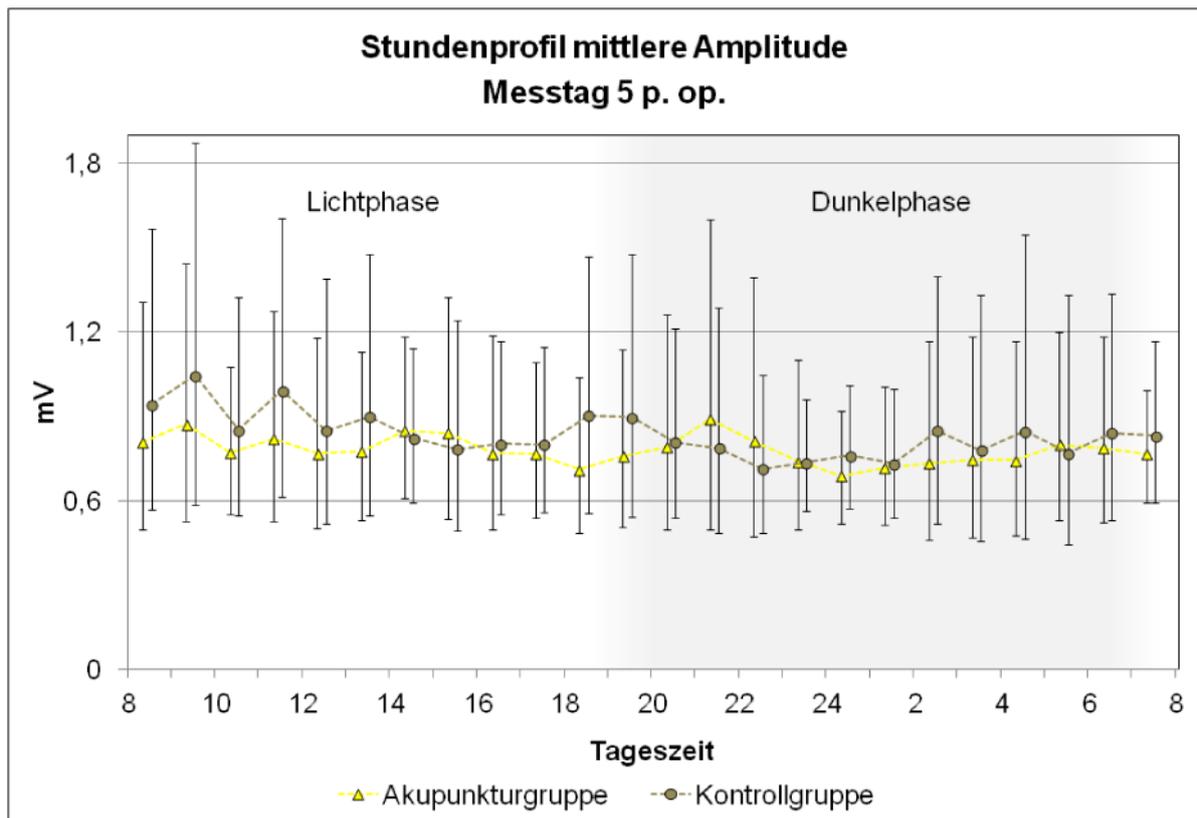


Abbildung 24: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die Akupunkturgruppe erreichte am Messtag 5 p. op. (Abbildung 24) die niedrigsten stündlichen Amplitudenwerte des gesamten postoperativen Untersuchungszeitraums ($\bar{x}_g = 0,78-1,01$ mV). In der Kontrollgruppe blieb die Amplitude mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,84-1,11$ mV auf dem Niveau der vorangegangenen Messtage. Während der Vormittags- und Mittagsstunden konnten innerhalb der Akupunkturgruppe um 9 Uhr und um 14 Uhr geringfügig höhere Werte in der Stundenamplitude festgestellt werden ($\bar{x}_g = 0,87-1,19$ mV bzw. $\bar{x}_g = 0,85-1,17$ mV). Zwischen 18 und 24 Uhr erfolgte ein kontinuierlicher Anstieg mit einem Höchstwert gegen 21 Uhr ($\bar{x}_g = 0,89-1,20$ mV), gefolgt von einem Rückgang in den Amplitudenwerten pro Stunde bis um 24 Uhr. Sowohl um 18 Uhr als auch um 24 Uhr erreichte die Akupunkturgruppe Tiefstwerte in der Stundenamplitude bis zu $\bar{x}_g = 0,69-0,87$ mV. Die Kontrollgruppe zeigte innerhalb des zackenförmigen Verlaufs während der Vormittagsstunden Amplitudenwerte um 9 und 11 Uhr zwischen $\bar{x}_g = 1,05-1,44$ mV bzw. zwischen $\bar{x}_g = 0,99-1,36$ mV. Bis in die Abendstunden verringerte sich die Amplitudenhöhe, um zur Fütterungszeit zwischen 18 und 20 Uhr erneut auf

Messwerte bis $\bar{x}_g = 0,90-1,29$ mV anzusteigen. Während der Nachtphase zwischen 2 Uhr und 5 Uhr konnten ebenfalls Zunahmen in der mittleren und maximalen Stundenamplitude in Höhe von $\bar{x}_g = 0,85-1,17$ mV gemessen werden.

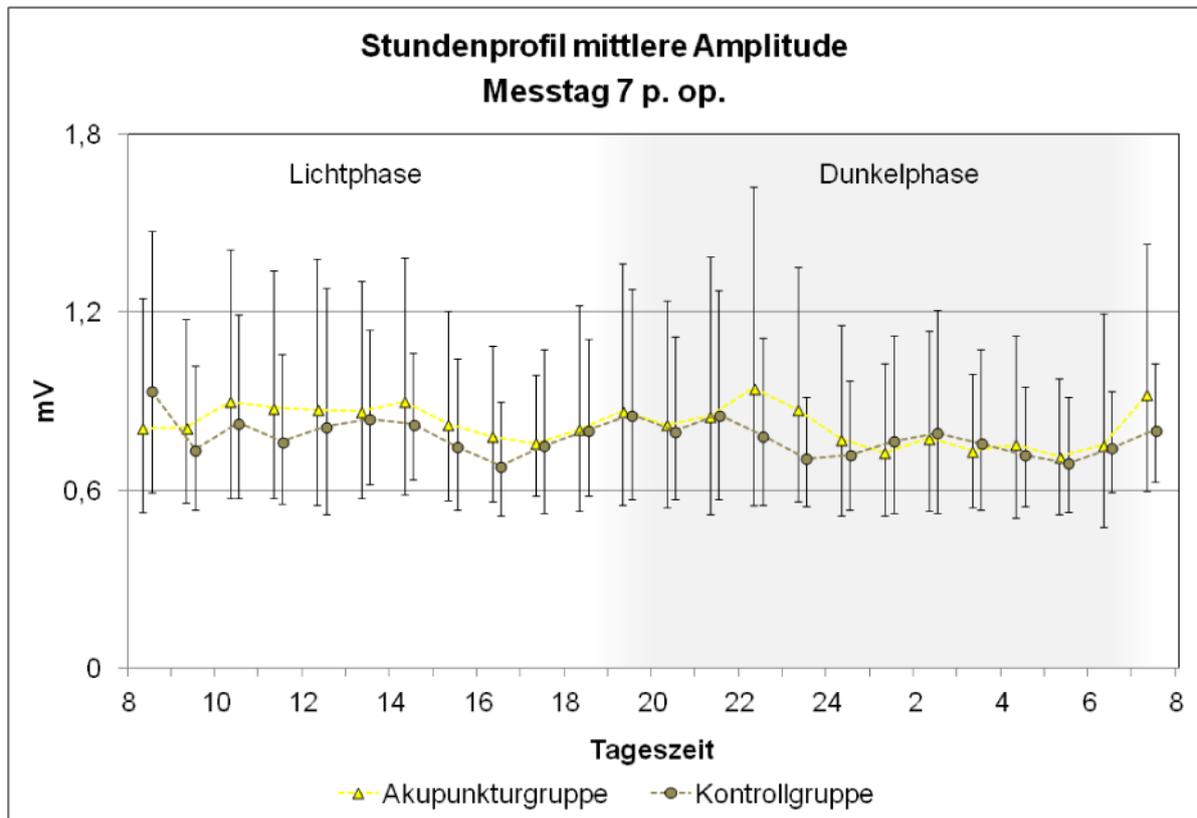


Abbildung 25: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Amplitude pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die Kontrollgruppe erzielte in den Messungen des 7. Tages p. op. (Abbildung 25) das niedrigste Niveau in der durchschnittlichen Stundenamplitude des postoperativen Untersuchungszeitraums, mit Mittel- und Maximalwerten in einem Bereich von $\bar{x}_g = 0,78-0,99$ mV. Das Amplitudenniveau der Akupunkturgruppe bewegte sich an diesem Tag in Höhe des Ausgangsniveaus der Messtage 1 und 3 p. op. mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,82-1,04$ mV. Die Messwerte des 7. Tages p. op. zeigten in beiden Gruppen nahezu parallele Kurvenverläufe, wobei die Akupunkturgruppe in ihrem Amplitudenniveau geringfügig über den Werten der Kontrollgruppe zu liegen kam. Zwischen 10 Uhr und 14 Uhr konnte innerhalb der Akupunkturgruppe ein nahezu linearer Kurvenverlauf mit Amplitudenwerten zwischen $\bar{x}_g = 0,90-1,20$ mV beobachtet werden. Die Kontrollgruppe wies um 13 Uhr einen mittleren und maximalen

Amplitudenwert in Höhe von $\bar{x}_g = 0,84-1,12$ mV auf. Über die Nachmittagsstunden gingen die Werte zurück und erreichten gegen 16 Uhr Tiefstwerte in der Kontrollgruppe bis zu $\bar{x}_g = 0,68-0,82$ mV. In beiden Gruppen stieg der stündliche Amplitudenwert bis zur Fütterungszeit am Abend erneut an. Die Akupunkturgruppe erreichte um 19 bzw. 22 Uhr eine mittlere und maximale Amplitude in Höhe von $\bar{x}_g = 0,87-1,12$ bzw. $\bar{x}_g = 0,94-1,24$ mV. Die Kontrollgruppe zeigte ein identisches Niveau mit Werten um 19 Uhr und 21 Uhr in einem Messbereich zwischen $\bar{x}_g = 0,85-1,14$ mV. Die Tagestiefstwerte waren in der Akupunkturgruppe gegen 1 Uhr ($\bar{x}_g = 0,73-0,87$ mV), in der Kontrollgruppe bereits gegen 23 Uhr ($\bar{x}_g = 0,71-0,87$ mV) zu beobachten. Bis in die Morgenstunden um 8 Uhr erholten sich die Werte erneut und erzielten eine mittlere und maximale Amplitude zwischen $\bar{x}_g = 0,92-1,18$ mV in der Akupunktur- bzw. zwischen $\bar{x}_g = 0,80-1,01$ mV in der Kontrollgruppe.

4.3.4 Tagesverläufe der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt die Tagesverläufe der mittleren Amplitude der myoelektrischen Aktionspotentiale für die Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums. Diese Darstellungsweise verdeutlicht die wechselseitige Wirkung der Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ auf die Variable der „mittleren Amplitude“. Es handelt sich um eine gruppenunabhängige Darstellung, wobei die Amplituden-Mittelwerte beider Gruppen pro Messtag zusammengefasst und die einzelnen Messtage im 24-stündigen Tagesprofil vergleichend gegenübergestellt wurden. Die Ergebnisse der erzielten Maximalwerte werden im Text erläutert. Die Wechselwirkung der beiden Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ auf die Variable der „mittleren Amplitude“ erwies sich nach statistischer Überprüfung als nicht signifikant ($p = 0,12-0,35$). Es konnte somit für die Variable der „mittleren Amplitude“ gezeigt werden, dass sich die stündlichen Amplitudenwerte während des postoperativen Untersuchungszeitraums innerhalb eines konstanten Messniveaus bewegten und sich die Tagesprofile der einzelnen Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op. gleichen.

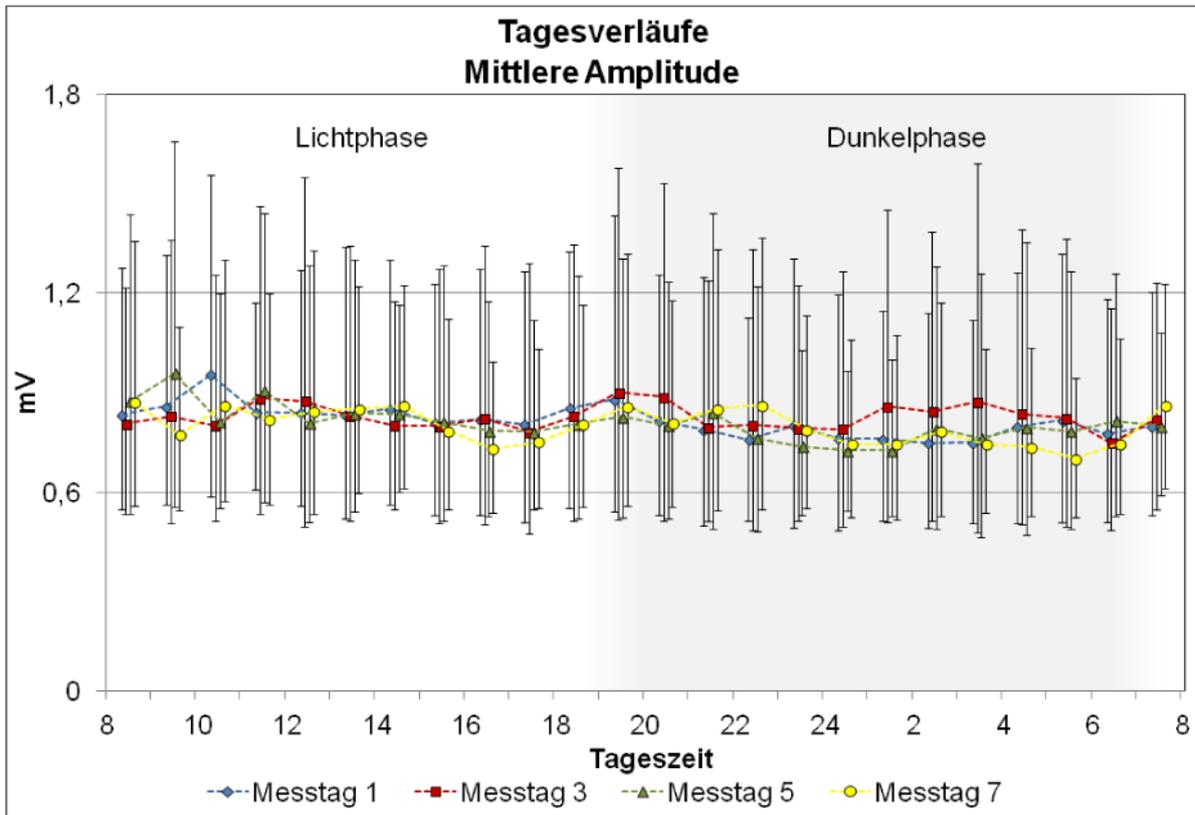


Abbildung 26: Gruppenunabhängige Darstellung der einzelnen Tagesverläufe der mittleren Amplitude pro Stunde innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Die Tagesverläufe der mittleren stündlichen Amplitude der postoperativen Untersuchungstage 1, 3, 5 und 7 p. op. sind in Abbildung 26 graphisch dargestellt. Die nahezu parallelen Kurvenverläufe der einzelnen Messtage beider Gruppen entsprechen annähernd identischen Amplitudenwerten. Die durchschnittlichen Tagesmittel- und Tagesmaximalwerte der Stundenamplitude lagen auf einem nahezu konstanten Niveau in einem Messbereich zwischen $\bar{x}_g \pm SF = 0,82-1,08 \pm 1,7$ mV (Messtag 1 p. op.), $\bar{x}_g \pm SF = 0,83-1,10 \pm 1,8$ mV (Messtag 3 p. op.), $\bar{x}_g \pm SF = 0,81-1,06 \pm 1,7$ mV (Messtag 5 p. op.) und $\bar{x}_g \pm SF = 0,80-1,02 \pm 1,6$ mV (Messtag 7 p. op.). Die einzelnen Tagesverläufe waren gekennzeichnet durch höhere stündliche Amplitudenwerte innerhalb der Tagesphase (Lichtphase) und niedrigere Amplitudenwerte pro Stunde im Verlauf der Nachtphase (Dunkelphase).

In den Messungen des 1. Tages p. op. bewegte sich das durchschnittliche Amplitudenniveau während der Tagesphase zwischen 8 und 20 Uhr in einem Bereich von $\bar{x}_g = 0,85-1,13$ mV. Die Tageshöchstwerte in der stündlichen mittleren und maximalen Amplitude waren um 10 Uhr und um 20 Uhr mit Werten in Höhe von ($\bar{x}_g = 0,97-1,29$ mV bzw. $\bar{x}_g = 0,82-1,23$ mV) zu beobachten. Während der Nachtphase (Dunkelphase) zwischen 21 und 7 Uhr fiel das Amplitudenniveau auf Werte bis zu $\bar{x}_g = 0,78-1,02$ mV ab. Die mittlere Amplitude des Messtages 3 p. op. war geprägt durch einen wellenförmigen Verlauf mit höheren Amplitudenwerten im Zeitraum von 11 bis 12 Uhr ($\bar{x}_g = 0,88-1,20$ mV), um 19 Uhr ($\bar{x}_g = 0,90-1,22$ mV), sowie zwischen 1 und 3 Uhr nachts ($\bar{x}_g = 0,86-1,19$ mV). Beim Vergleich der durchschnittlichen Amplitudenwerte der Licht- und Dunkelphase (8-20 Uhr bzw. 21-7 Uhr) waren nur geringfügige Unterschiede feststellbar ($\bar{x}_g = 0,83-1,10$ mV bzw. $\bar{x}_g = 0,82-1,09$ mV).

Ein deutlich zirkadianer Tagesverlauf zeigte sich in den Messbefunden des Messtages 5. p. op. Das durchschnittliche Amplitudenniveau lag im Zeitraum zwischen 8 und 21 Uhr in einer Höhe von $\bar{x}_g = 0,84-1,10$ mV. Die Tagesspitzenwerte wurden um 9 Uhr ($\bar{x}_g = 0,96-1,32$ mV), 11 Uhr ($\bar{x}_g = 0,91-1,21$ mV) sowie um 21 Uhr ($\bar{x}_g = 0,84-1,09$ mV) erreicht. In den weiteren Nachtstunden fielen die Werte in der stündlichen Amplitude deutlich ab und erreichten Werte zwischen $\bar{x}_g = 0,77-0,99$ mV. Die Tagestiefstwerte wurden um 1 Uhr nachts erreicht ($\bar{x}_g = 0,72-0,91$ mV).

Die Messbefunde des 7. Tages p. op. waren charakterisiert durch einen wellenförmigen Kurvenverlauf der mittleren und maximalen Amplitudenwerte. Die Höchstwerte konnten in den Vormittagsstunden zwischen 8 und 10 Uhr ($\bar{x}_g = 0,86-1,15$ mV), zu den Fütterungszeiten um 14 Uhr und um 19 Uhr ($\bar{x}_g = 0,86-1,12$ mV) registriert werden. Um 22 Uhr und um 7 Uhr des Folgetages waren ebenfalls Zunahmen in derselben Höhe ($\bar{x}_g = 0,86-1,11$ mV) zu verzeichnen. Die Spitzen dieses wellenförmigen Kurvenverlaufs wurden von Tiefstwerten in der stündlichen Amplitude um 9 Uhr ($\bar{x}_g = 0,77-0,98$ mV), um 19 Uhr ($\bar{x}_g = 0,73-0,89$ mV) und um 5 Uhr ($\bar{x}_g = 0,70-0,85$ mV) begleitet. Bei Betrachtung des Amplitudenverlaufs über den gesamten Messtag hinweg, konnte während der Dunkelphase ab 23 Uhr ein deutlicher Rückgang in den durchschnittlichen stündlichen Amplitudenwerten von $\bar{x}_g = 0,82-1,06$ mV auf $\bar{x}_g = 0,76-0,95$ mV gemessen werden.

4.4 Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) der über die Pars pylorica des Labmagens wandernden myoelektrischen Aktionspotentiale wurde über die drei dort implantierten Elektrodenpaare registriert. Die Fixation dieser Elektroden in die Lamina muscularis erfolgte bei allen Studientieren in einem einheitlichen, laut Prüfplan vordefinierten Abstand. Das erste Elektrodenpaar wurde 8 cm proximal des Pylorus, das zweite und dritte Paar jeweils im Abstand von 3 bzw. 6 cm proximal des ersten Elektrodenpaares angebracht. Die Aufzeichnungen erfolgten an den Messtagen 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums über jeweils 24 Stunden. Durch Bildung sogenannter Messwertpaare wurde die verstrichene Zeit des sich zwischen zwei Elektroden ausbreitenden Aktionspotentials aufgezeichnet. Es war somit möglich, die Ausbreitungszeit der Aktionspotentiale entsprechend zwischen den jeweiligen Elektroden 1 und 2, 2 und 3, sowie 1 und 3 zu registrieren. Unter Berücksichtigung des Abstandes der Elektroden zueinander konnte nun die Ausbreitungsgeschwindigkeit berechnet werden, welche die Aktionspotentiale an der Pars pylorica entwickelten. Für jedes Elektrodenpaar wurde die durchschnittliche Ausbreitungsgeschwindigkeit pro Stunde angegeben.

Vor Durchführung der statistischen Analyse stellte sich für diese Hauptzielvariable eine Datenglättung (Interpolation) als sinnvoll heraus, da hierdurch der Einfluss einzelner fehlender Messwerte auf das Gesamtergebnis der 24-stündigen Aufzeichnungen reduziert werden konnte. Über den gesamten Messzeitraum wurden in der Akupunkturgruppe insgesamt 58 (55,7 %), in der Kontrollgruppe 38 fehlende Datenwerte (36,5 %) interpoliert. Die fehlenden Messstunden wurden dabei unter Bildung des Mittelwertes aus dem davor und dem danach liegenden Datenwert ergänzt. Abschließend wurden die Ergebnisse aus den drei Elektroden, hier die zwischen den Elektroden 1 und 2, 2 und 3, sowie 1 und 3 ermittelten Ausbreitungsgeschwindigkeiten, unter Bildung der Mittel- und Maximalwerte pro Messstunde zusammengefasst. Die p-Werte dieser Variablen unterschieden sich beim Vergleich der Ergebnisse vor bzw. nach Durchführung der Dateninterpolation nur geringfügig, so dass in den nachfolgenden Ausführungen ausschließlich die Ergebnisse der interpolierten Variablen aufgezeigt werden.

4.4.1 Ergebnisse bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale

Tabelle 4 zeigt die Übersicht der im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) ermittelten p-Werte der Variablen „Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) der Aktionspotentiale“. Dargestellt sind die Ergebnisse der untersuchten Haupteffekte: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“, sowie die zweifache (Tag*Gruppe, Stunde*Gruppe, Tag*Stunde) und dreifache (Tag*Stunde*Gruppe) Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen.

Tabelle 4: Übersicht über die p-Werte der Variablen „Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale“ nach dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Untersuchung der zwei- und dreifachen Wechselwirkung auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variablen. Hochsignifikante Ergebnisse sind mit (*) gekennzeichnet.

Variable	Haupteffekte			Zweifach - Wechselwirkung			Dreifach – Wechselwirkung
	Behandlung	Tag	Stunde	Tag*Gruppe	Stunde* Gruppe	Tag*Stunde	Tag*Stunde* Gruppe
AG-Mittelwert	0,406	0,006	< 0,001 (*)	0,201	0,281	< 0,001 (*)	0,643
AG-Maximalwert	0,519	0,057	< 0,001 (*)	0,192	0,080	0,001	0,813

4.4.2 Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale an der Pars pylorica des Labmagens wurde mittels dreifaktorieller Varianzanalyse untersucht. Im globalen Zwischengruppenvergleich der Versuchs- mit der Kontrollgruppe wurde der Einfluss des Hauptfaktors „Behandlung“ auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Variable überprüft. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen erwiesen sich für die Werte vor und nach Durchführung der Dateninterpolation als nicht signifikant ($p = 0,41-0,52$).

Eine positive Wirkung der Akupunkturbehandlung, im Sinne einer Steigerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale an der Pars pylorica des Labmagens, konnte für die Studientiere der Versuchsgruppe im Vergleich zu den Kontrolltieren nicht nachgewiesen werden.

4.4.3 Gruppenvergleich bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) der myoelektrischen Aktionspotentiale im Tagesverlauf der einzelnen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums. Für die Versuchs- und die Kontrollgruppe wurden die jeweiligen 24-stündigen Messkurven der registrierten mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit vergleichend gegenübergestellt. Diese Art der Darstellung verdeutlicht die im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse überprüfte Wirkung des Faktors „Messtag“ auf den Variablenverlauf der Ausbreitungsgeschwindigkeit. Sowohl in der Versuchsgruppe als auch in der Kontrollgruppe waren im Innerhalbgruppenvergleich zwischen den einzelnen Messtagen signifikante Unterschiede in den mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeiten nachzuweisen ($p = 0,006$). Für die Maximalwerte stellten sich diese Unterschiede als knapp signifikant heraus ($p = 0,057$).

In beiden Gruppen konnte somit aufgezeigt werden, dass sich die postoperativen Messtage 1, 3, 5 und 7 in ihren Tagesverläufen der „mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit“ voneinander unterscheiden. Die Messwerte der „maximalen

Ausbreitungsgeschwindigkeit“ bewegten sich dagegen an allen Untersuchungstagen auf annähernd derselben Höhe.

Wie aus den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich, konnten im 24-stündigen Variablenverlauf während der Tagesphase (Lichtphase), insbesondere zu den Fütterungszeiten ein höheres Stundenprofil in der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale im Vergleich zur Nachtphase (Dunkelphase) registriert werden. Diese Stundenunterschiede im Tagesprofil der Variablen zeigten sich in beiden Gruppen an allen Messtagen (1, 3, 5 und 7) des postoperativen Untersuchungszeitraums.

Ein vorhandener zirkadianer Tagesrhythmus bestätigte sich sowohl für die mittlere als auch für die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit durch Nachweis einer hochsignifikanten Wirkung des im Rahmen der Varianzanalyse untersuchten Faktors „Messstunde“ ($p < 0,001$). Nach Überprüfung der zweifachen Wechselwirkung (Tag*Gruppe und Stunde*Gruppe) konnte ein Zusammenhang der Akupunkturbehandlung mit den Tages- (Faktor „Messtag“) bzw. Stundenunterschieden (Faktor „Messstunde“) ausgeschlossen werden ($p = 0,08-0,28$). Auch eine dreifache Wechselwirkung (Tag*Stunde*Gruppe)“ auf die Variable der Ausbreitungsgeschwindigkeit konnte nicht festgestellt werden ($p = 0,64-0,81$).

Aufgrund des parallelen Kurvenverlaufs der mittleren und maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeit zeigen die nachfolgenden Graphiken zur besseren Übersicht ausschließlich die aus den drei Elektrodenpaaren gebildeten Mittelwerte. Die Werte der maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeit werden im Text erläutert. Weiterhin ist anzumerken, dass sich die dargestellten Variablenwerte ausschließlich auf die ermittelten Ergebnisse nach Durchführung der Dateninterpolation beziehen. Da die Messwerte ursprünglich rechtsschief verteilt waren, wurden diese vor der statistischen Analyse logarithmisch transformiert, um eine annähernde Normalverteilung zu erhalten. In den Abbildungen erfolgte die Darstellung daher in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

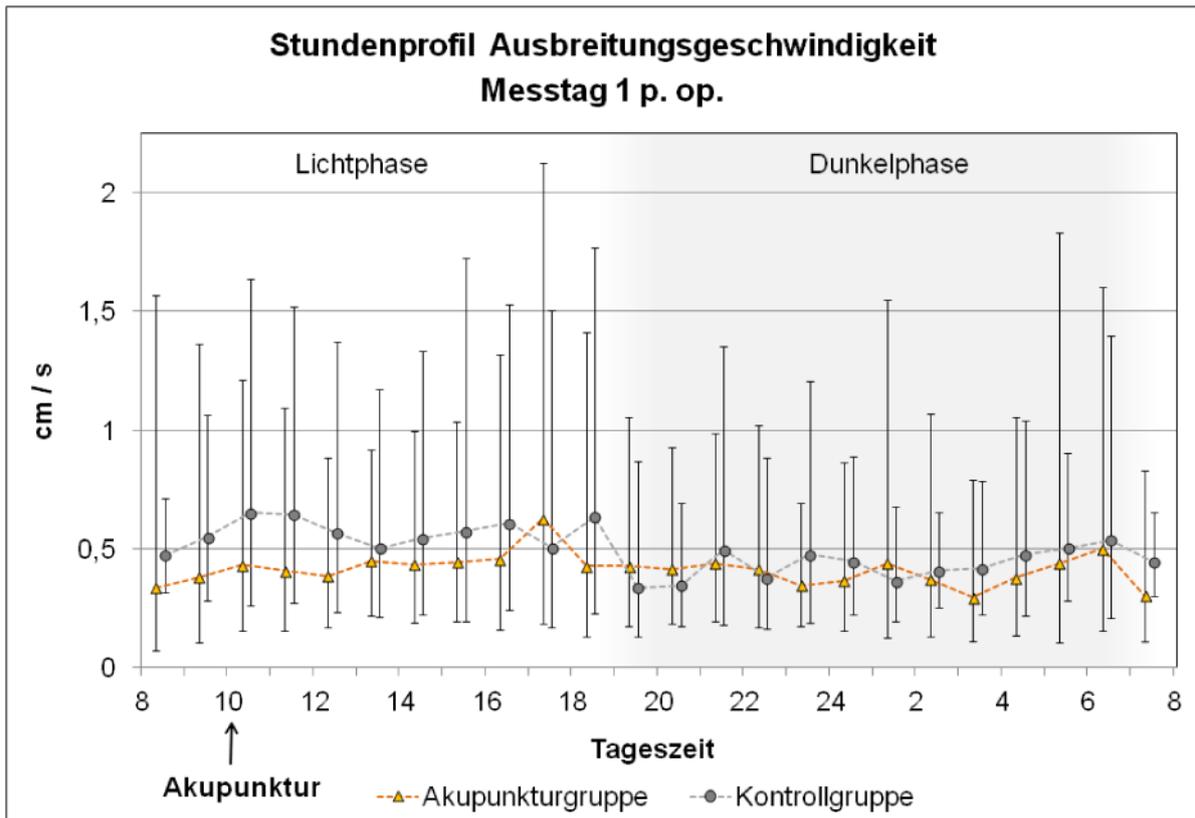


Abbildung 27: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 1 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

In den Messungen des 1. Tages p. op. (Abbildung 27) war insbesondere innerhalb der Kontrollgruppe ein ausgeprägter zirkadianer Rhythmus zu erkennen. Während der Lichtphase (8-18 Uhr) betrug die mittlere und maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) pro Stunde durchschnittlich $\bar{x}_g = 0,57-0,84$ cm/s. Diese reduzierte sich während der Abend- und Nachtphase (19-7 Uhr) auf Werte zwischen $\bar{x}_g = 0,43-0,64$ cm/s. Der Variablenverlauf der Akupunkturgruppe verlief nahezu geradlinig, so dass sich die durchschnittliche AG während der Tages- und Nachtphase innerhalb desselben Messniveaus bewegten ($\bar{x}_g = 0,41-0,61$ cm/s (Lichtphase) bzw. $\bar{x}_g = 0,40-0,61$ cm/s (Dunkelphase)). Innerhalb der Kontrollgruppe wurden die Tageshöchstwerte in der mittleren und maximalen AG während der Vormittagsstunden zwischen 10-11 Uhr und gegen 18 Uhr mit Werten in Höhe von $\bar{x}_g = 0,63-1,00$ cm/s erreicht. Ab 19 Uhr wurden Tagestiefstwerte von durchschnittlich $\bar{x}_g = 0,34-0,49$ cm/s pro Stunde zu registrieren. Der weitere Tagesverlauf war geprägt durch erneute Zunahmen in der stündlichen AG mit Messwerten bis $\bar{x}_g = 0,49-0,76$ cm/s (21 Uhr), $\bar{x}_g = 0,48-0,74$ cm/s (23 Uhr) und $\bar{x}_g = 0,54-0,78$ cm/s

(6 Uhr), wobei das Niveau der ursprünglichen Tageshöchstwerte nicht wieder erreicht wurde. Innerhalb des geradlinigen Tagesverlaufs der stündlichen AG der Akupunkturgruppe konnten um 17 und 6 Uhr Tageshöchstwerte registriert werden ($\bar{x}_g = 0,63-1,05$ cm/s und $\bar{x}_g = 0,50-0,78$ cm/s). Die niedrigsten Werte in der mittleren und maximalen AG pro Stunde erreichte diese Gruppe um 3 Uhr nachts ($\bar{x}_g = 0,29-0,45$ cm/s).

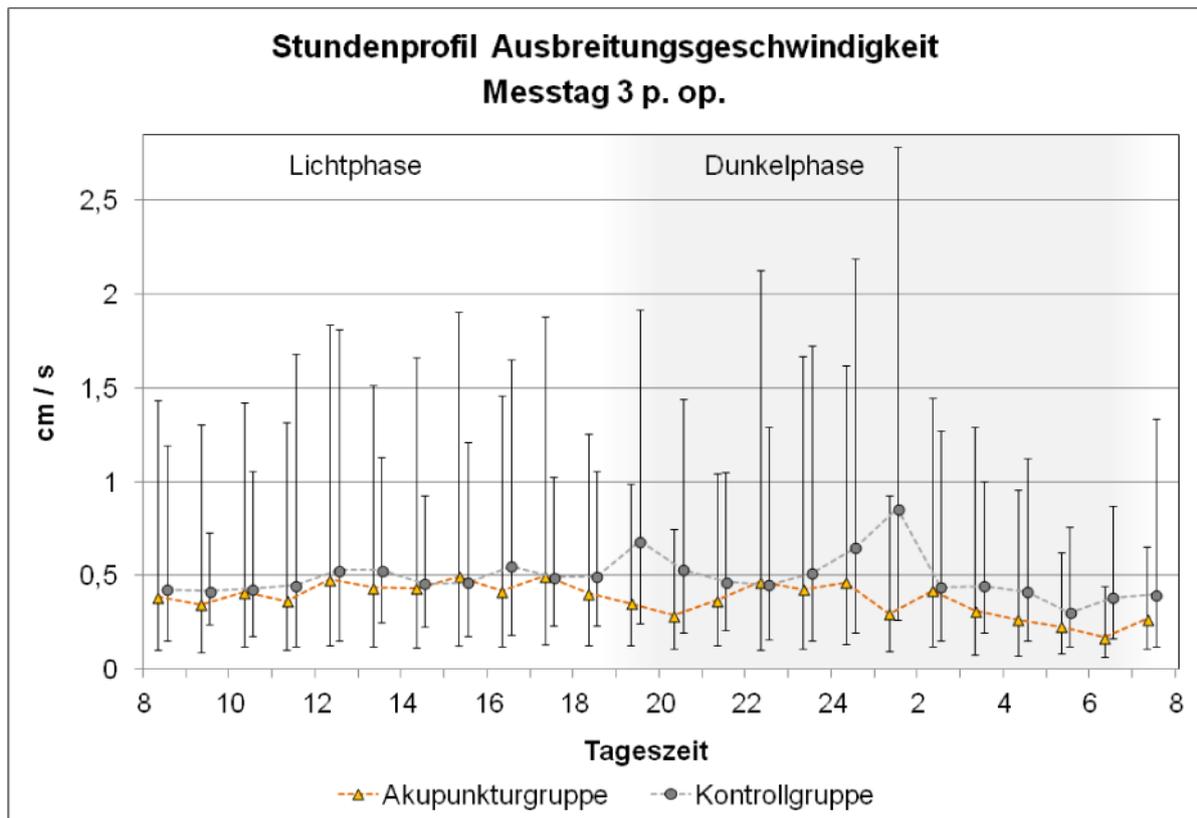


Abbildung 28: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 3 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Am Messtag 3. p. op. (Abbildung 28) zeigten beide Gruppen einen parallelen Kurvenverlauf in der stündlichen AG bis um 18 Uhr mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,43-0,68$ cm/s (Akupunkturgruppe) bzw. $\bar{x}_g = 0,48-0,75$ cm/s (Kontrollgruppe). Während in der Akupunkturgruppe im weiteren Variablenverlauf Tagestiefstwerte um 20 Uhr ($\bar{x}_g = 0,29-0,43$ cm/s), um 1 Uhr (0,30-0,50 cm/s) und gegen 6 Uhr ($\bar{x}_g = 0,17-0,24$ cm/s) gemessen werden konnten, waren in der Kontrollgruppe ab 19 Uhr zackenförmige Anstiege im Kurvenverlauf mit Aktivitätsspitzen bis in Höhe von $\bar{x}_g = 0,68-0,75$ cm/s (19 Uhr) und $\bar{x}_g = 0,86-1,58$ cm/s (1 Uhr) zu registrieren.

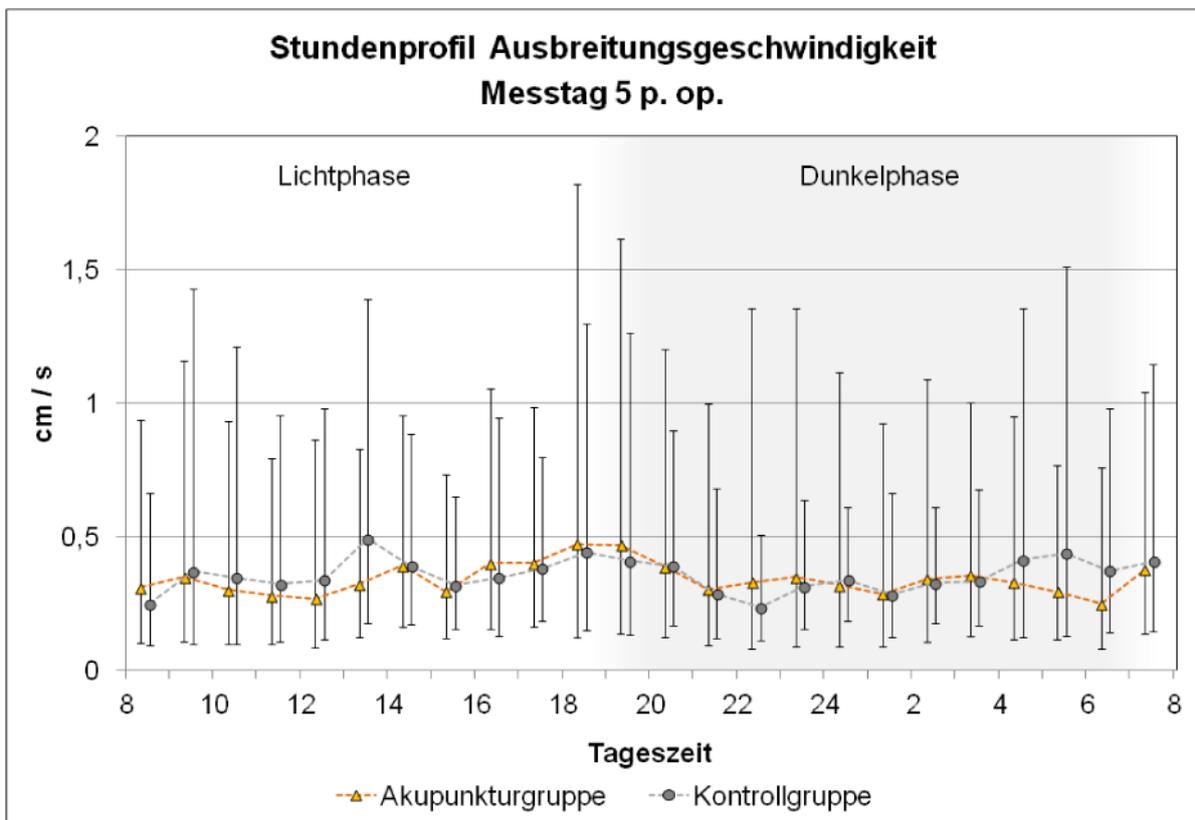


Abbildung 29: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 5 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Am Messtag 5 p. op. (Abbildung 29) wiesen beide Gruppen in ihren Werten der mittleren und maximalen AG pro Stunde das insgesamt niedrigste Messniveau des postoperativen Untersuchungszeitraums auf. Weiterhin zeigten beide Gruppen einen nahezu deckungsgleichen Variablenverlauf. Die Unterschiede zwischen den Messwerten der Tages- und Nachtphase waren minimal. In der Akupunkturgruppe lag die durchschnittliche mittlere und maximale AG pro Stunde im Zeitraum zwischen 8 und 20 Uhr bei $\bar{x}_g = 0,35-0,59$ cm/s und entsprach nahezu denselben Befunden in der Kontrollgruppe mit $\bar{x}_g = 0,36-0,58$ cm/s. Im Verlauf der weiteren Abend- und Nachtphase zwischen 21 und 7 Uhr änderte sich das durchschnittliche Messniveau nur geringfügig ($\bar{x}_g = 0,32-0,51$ cm/s (Akupunkturgruppe) bzw. $\bar{x}_g = 0,35-0,54$ cm/s (Kontrollgruppe)). Die Tageshöchstwerte erzielten beide Gruppen während der Fütterungszeit am Nachmittag. In der Akupunkturgruppe stieg die mittlere und maximale AG bis auf $\bar{x}_g = 0,39-0,68$ cm/s (14 Uhr), in der Kontrollgruppe bis auf $\bar{x}_g = 0,49-0,83$ cm/s (13 Uhr) an. Während einer Plateauphase im Zeitraum von

17 bis 20 Uhr lagen in beiden Gruppen die Messwerte der stündlichen AG in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g = 0,44\text{-}0,82$ cm/s. Die Tagestiefstwerte in der mittleren und maximalen stündlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit konnte in der Kontrollgruppe um 22 Uhr ($\bar{x}_g = 0,24\text{-}0,36$ cm/s) und in der Akupunkturgruppe um 6 Uhr des Folgetages ($\bar{x}_g = 0,24\text{-}0,35$ cm/s) erfasst werden.

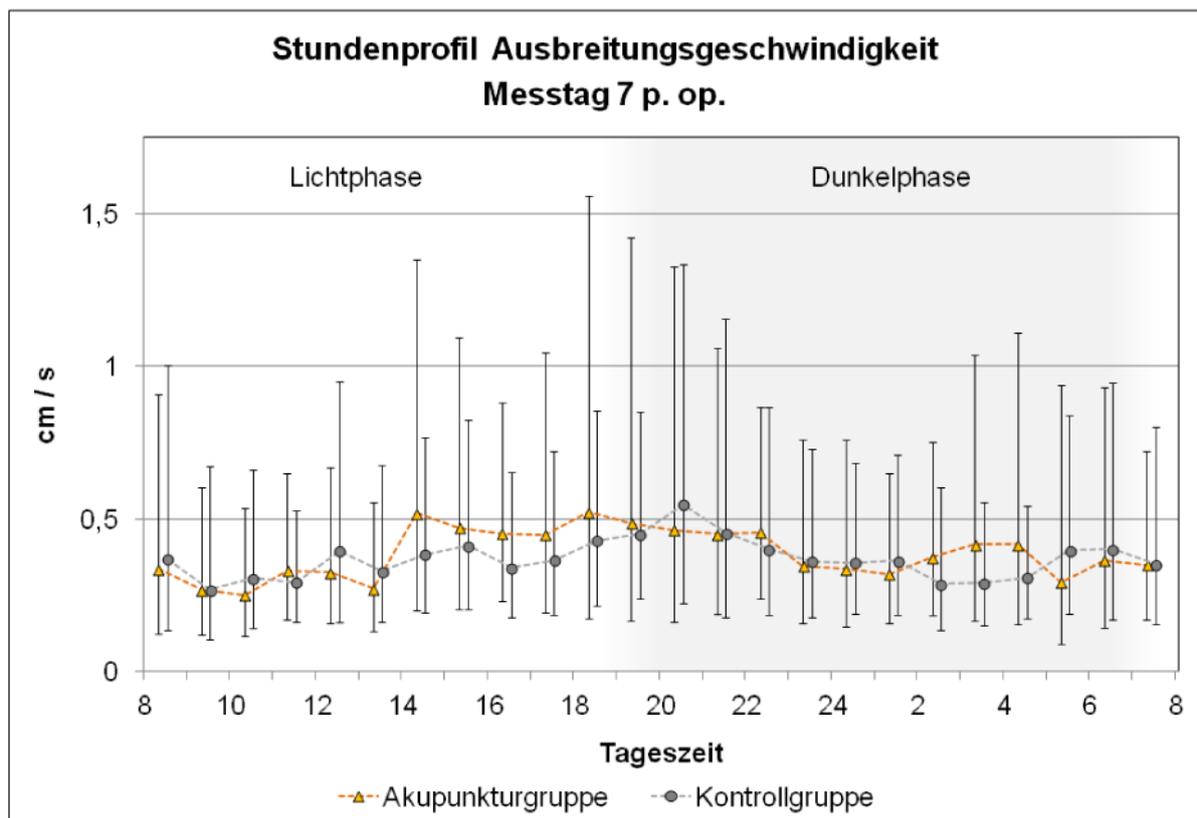


Abbildung 30: 24-Stunden-Verlauf der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde am Messtag 7 p. op. im Gruppenvergleich. Graphische Darstellung der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Am Messtag 7 p. op. (Abbildung 30) lag die durchschnittliche mittlere und maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) pro Stunde in der Kontrollgruppe in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g = 0,56\text{-}0,37$ cm/s. Die Akupunkturgruppe zeigte an diesem Messtag einen leichten Anstieg der Messbefunde auf Werte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,61\text{-}0,39$ cm/s. Innerhalb des Tagesverlaufs der Akupunkturgruppe waren sprunghafte Anstiege in den Messwerten der mittleren und maximalen AG um 13 Uhr ($\bar{x}_g = 0,27\text{-}0,38$ cm/s) und um 14 Uhr auf Tageshöchstwerte von bis zu $\bar{x}_g = 0,51\text{-}0,79$ cm/s zu verzeichnen. Dieses Messniveau hielt sich bis um 22 Uhr annähernd konstant ($\bar{x}_g = 0,47\text{-}0,77$ cm/s) und ging ab 23 Uhr allmählich zurück, mit Erreichen der

Tagestiefstwerte gegen 5 Uhr ($\bar{x}_g = 0,29-0,45$ cm/s). Der Variablenverlauf der Kontrollgruppe zeigte einen graduellen Anstieg in den Mittel- und Maximalwerten der stündlichen AG mit einem Tagesspitzenwert um 20 Uhr in Höhe von $\bar{x}_g = 0,55-0,84$ cm/s. Danach erfolgte ein stetiger Rückgang mit Erreichen der Tagestiefstwerte zwischen 2 und 4 Uhr nachts ($\bar{x}_g = 0,29-0,44$ cm/s). Die während der Lichtphase (8 bis 20 Uhr) registrierten Werte der mittleren und maximalen AG pro Stunde lagen in einer Höhe von $\bar{x}_g = 0,36-0,53$ cm/s und entsprachen den während der Dunkelphase (21 bis 7 Uhr) gemessenen Durchschnittswerten ($\bar{x}_g = 0,36-0,55$ cm/s).

4.4.4 Tagesvergleich bezüglich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale

Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) der myoelektrischen Aktionspotentiale an der Pars pylorica bestätigte sich die Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ als hochsignifikant ($p < 0,001$). Dies traf sowohl für die Mittel- als auch für die Maximalwerte der Variablen zu. Es zeigte sich somit, dass sich die Tagesprofile der mittleren und maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeit über den postoperativen Untersuchungszeitraum von Messtag zu Messtag ändern und sich die einzelnen Tagesprofile der postoperativen Messtage (1, 3, 5 und 7 p. op.) voneinander unterscheiden. Abbildung 31 verdeutlicht den hochsignifikanten Zusammenhang zwischen den Faktoren „Messtag“ und „Messstunde“ auf die Variable der Ausbreitungsgeschwindigkeit der myoelektrischen Aktionspotentiale. Die Tagesverläufe der jeweiligen Messtage 1, 3, 5, und 7 p. op. sind hierbei vergleichend und gruppenunabhängig dargestellt, indem die Variablen-Mittelwerte beider Gruppen pro Messtag zusammengefasst wurden. Die Ergebnisse der Maximalwerte sind im Text beschrieben.

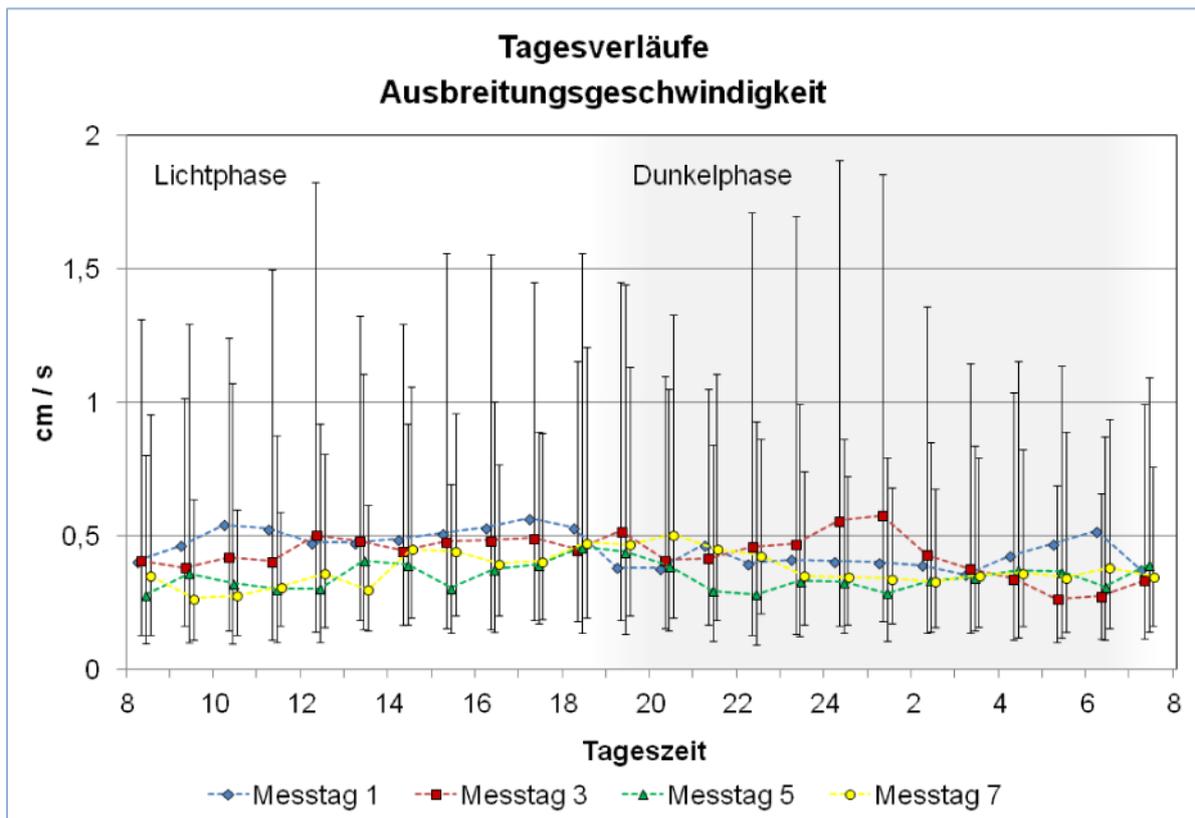


Abbildung 31: Gruppenunabhängige Darstellung der einzelnen Tagesverläufe der mittleren stündlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit innerhalb des postoperativen Untersuchungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.). Graphische Darstellung der Ergebnisse in Form der geometrischen Mittelwerte (\bar{x}_g) und der Streufaktoren (SF).

Im Variablenverlauf des 1. Messtages p. op. konnten die höchsten Mittel- und Maximalwerte in der durchschnittlichen stündlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) registriert werden ($\bar{x}_g \pm SF = 0,45-0,68 \pm 2,8$ cm/s). Ein geringfügiger Rückgang der Variablenwerte zeigten die Befunde des 3. Messtages p. op. ($\bar{x}_g \pm SF = 0,43-0,70 \pm 3,4$ cm/s), wobei am 5. Tag p. op. das insgesamt niedrigste Messniveau des postoperativen Untersuchungszeitraums erreicht wurde ($\bar{x}_g \pm SF = 0,35-0,56 \pm 3,1$ cm/s). Bis zum 7. Tag p. op. stiegen die Mittel- und Maximalwerte in der stündlichen AG wieder an, jedoch wurde das Ausgangsniveau der Messungen des 1. Tages p. op. nicht wieder erreicht ($\bar{x}_g \pm SF = 0,38-0,58 \pm 2,4$ cm/s).

In den Aufzeichnungen des 1. Tages p. op. war ein deutlicher zirkadianer Rhythmus in den Werten der mittleren und maximalen AG pro Stunde zu erkennen. Während der Vormittagsstunden zwischen 8 und 10 Uhr konnte eine Zunahme der Messwerte von $\bar{x}_g = 0,43-0,60$ cm/s (8-9 Uhr) auf Werte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,54-0,81$ cm/s

(10 Uhr) registriert werden. Im weiteren Variablenverlauf wurde dieses Messniveau bis in die Abendstunden um 18 Uhr aufrecht erhalten ($\bar{x}_g = 0,52-0,78$ cm/s). Erst gegen 19 Uhr verringerte sich die stündliche AG auf $\bar{x}_g = 0,38-0,57$ cm/s und bewegte sich während der Abend- und Nachtstunden (Dunkelphase) in einem Bereich zwischen $\bar{x}_g = 0,41-0,62$ cm/s. Bis um 6 Uhr stieg die AG pro Stunde kurzfristig auf einen Mittel- und Maximalwert in Höhe von $\bar{x}_g = 0,52-0,78$ cm/s erneut an. Am Tag 3 p. op. erreichten beide Gruppen ab 12 Uhr ein durchschnittliches Niveau in der mittleren und maximalen AG pro Stunde in Höhe von $\bar{x}_g = 0,48-0,78$ cm/s, welches bis in die Abendstunden gegen 19 Uhr zu beobachten war. In den nachfolgenden Stunden gingen die Werte geringfügig zurück, wobei zwischen 24 und 1 Uhr ein Tageshöchstwert von $\bar{x}_g = 0,57-0,99$ cm/s gemessen werden konnte. Bis um 6 Uhr morgens fielen die mittleren und maximalen stündlichen Werte der AG auf einen Tagestiefstwert von $\bar{x}_g = 0,26-0,42$ cm/s ab.

Die insgesamt niedrigsten Messwerte in der stündlichen AG erreichten beide Gruppen am Tag 5 p. op. Bereits zu Beginn der Messungen um 8 Uhr lag die AG mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,28-0,40$ cm/s sehr niedrig. Bis zur Fütterung um 13 Uhr stiegen die Variablenwerte auf $\bar{x}_g = 0,41-0,68$ cm/s an. Dieses Messniveau steigerte sich bis zur Abendfütterung nur geringfügig auf Werte in Höhe von $\bar{x}_g = 0,46-0,76$ cm/s (18 Uhr). Die während der Abend- und Nachtstunden (22 und 1 Uhr) zu beobachtenden Tagestiefstwerte ($\bar{x}_g = 0,28-0,48$ cm/s) entsprachen in ihrer Höhe den bereits zur Morgenfütterung um 8 Uhr erfassten Tiefstwerten ($\bar{x}_g = 0,29-0,44$ cm/s).

In den Morgenstunden des 7. Tages p. op. bewegte sich die mittlere und maximale AG in beiden Gruppen zwischen $\bar{x}_g = 0,31-0,47$ cm/s. Bis um 14 Uhr ereignete sich ein sprunghafter Anstieg der Messwerte auf eine Höhe von $\bar{x}_g = 0,45-0,67$ cm/s. Die AG steigerte sich im weiteren Verlauf bis um 18 Uhr graduell auf $\bar{x}_g = 0,48-0,75$ cm/s und erzielte um 20 Uhr den Tageshöchstwert von $\bar{x}_g = 0,51-0,80$ cm/s. In den Messstunden danach verringerte sich die stündliche mittlere und maximale AG kontinuierlich, wobei zwischen 23 und 8 Uhr ein nahezu linearer Kurvenverlauf mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,35-0,55$ cm/s zu beobachten war.

5 DISKUSSION

5.1 Einleitung

In den letzten Jahren konnte an der Klinik für Wiederkäuer und Schweine der JLU Gießen ein elektromyographisches Verfahren zur Bestimmung der Labmagenmotilität etabliert werden. Die Elektromyographie, welche zunächst in der Humanmedizin zur Funktionsdiagnostik von quergestreiften Muskeln eingesetzt wurde, stellt auch in der Tiermedizin ein nützliches Verfahren zur Bestimmung der gastrointestinalen Motorik dar. In den eigenen Untersuchungen wurde die elektrische Aktivität der glatten Muskelzellen der Labmagenwand mittels implantierter Elektroden registriert und über einen Transmitter telemetrisch an eine Empfangsstation übertragen. Mithilfe dieser Methode können insbesondere äußere Einflüsse, wie die Fütterung, die Haltung oder spezielle Behandlungen, auf die Labmagenmotilität untersucht werden (Hummel 2005, Neu-Zuber 2005).

Bereits Dirksen forderte im Jahre 1961, dass hinsichtlich der Labmagenverlagerung (LMV) beim Wiederkäuer Mittel und Wege gefunden werden sollten, um die mit dieser Erkrankung einhergehenden Motilitätsstörungen zu beeinflussen. Da derzeit keine geeigneten therapeutischen Interventionsmöglichkeiten für diese Indikation bekannt sind und eine erfolgreiche Behandlung der LMV zurzeit nur operativ möglich ist, sollte in der eigenen Studie untersucht werden, ob durch die Stimulation spezifischer Akupunkturpunkte eine objektiv messbare Motilitätssteigerung am Labmagen im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe erzielt werden kann. Eine positive Wirkung der Akupunkturbehandlung könnte sich dabei zum einen fördernd auf die postoperative Rekonvaleszenzphase der Tiere auswirken, zum anderen ließen sich durch die therapeutische Anwendung unter Umständen das Auftreten bzw. mögliche Rezidive einer LMV vermindern.

Die vorliegende Dissertationsschrift ist Teil einer umfassenden Studie über die Auswirkungen einer Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität und die postoperative Entwicklung bei Milchkühen nach einer operativ behandelten Labmagenverlagerung. Die im Rahmen einer weiteren Doktorarbeit angestellten Untersuchungen befassen sich insbesondere mit den Auswirkungen einer Akupunkturbehandlung auf die Entwicklung klinischer und labordiagnostischer Parameter wie Milchleistung, β -Hydroxybutyrat und NEFA (Freudenberg 2010).

Um eine abschließende Gesamtbeurteilung des Therapieverfahrens vornehmen zu können, sollten daher die Ergebnisse beider Teilstudien berücksichtigt werden.

5.2 Bewertung der Ergebnisse der elektromyographischen Messungen

Die vorliegenden elektromyographischen Untersuchungen an der Pars pylorica des Labmagens erfolgten an Milchkühen während der postoperativen Phase einer linksseitigen Labmagenverlagerung (LMV). Es wurde die Wirksamkeit einer Akupunkturbehandlung auf die myoelektrische Labmagenmotilität einer Versuchsgruppe (n = 30) im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe (n = 30) untersucht.

5.2.1 Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität (Faktor: „Behandlung“)

Beim Vergleich der Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der Versuchs- und der Kontrollgruppe konnten in allen analysierten Hauptzielkriterien hinsichtlich des Faktors „Behandlung“ keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt werden ($p = 0,59-0,90$). Es ergaben sich in dieser Studie somit keine Hinweise auf eine positive Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die myoelektrische Gesamtaktivität des Labmagens.

Unser Befund steht im Gegensatz zu den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren, welche die positive Wirkung einer Akupunkturbehandlung auf die Motilität des Magen-Darm-Trakts bei Menschen (Chang et al. 2001), bei Hunden (Ouyang et al. 2002), bei Ratten (Imai et al. 2008, Iwa et al. 2006/2007, Liu et al. 2004, Tabosa et al. 2002, Tatewaki et al. 2003) und bei Wiederkäuern (Jang et al. 2003, Lee et al. 1998, Nam et al. 1987/1997) beschrieben haben.

Mehrere Faktoren müssen in Betracht gezogen werden, weshalb sich die Akupunkturbehandlung in dieser speziellen Indikation als nicht wirksam gezeigt hat. Zu diskutieren sind dabei die Fragen nach der geeigneten Punktauswahl und der passenden Stimulationstechnik. (Rogers 1990, Schoen 2003). Eine strenge Auslegung der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) verlangt für jeden Patienten eine individuelle Auswahl der zu stimulierenden Akupunkturpunkte, um

maximale Erfolge in der Therapie zu erzielen (Schoen 2003). Dies steht im Widerspruch zu der bei unseren Studientieren einheitlich angewendeten fixen Kombination aus „bewährten Akupunkturpunkten“. Die Vorgehensweise wurde zuvor im Prüfplan sowohl für den Akupunkteur als auch für alle zu behandelnden Tiere bindend festgelegt, um eine anschließende statistische Auswertung und einen objektiven Gruppenvergleich zu ermöglichen. Die Kombination der Akupunkturpunkte bestand aus transponierten Punkten, die sich bei gastrointestinalen Störungen bewährt haben und traditionellen chinesischen Punkten, die in der Literatur beschrieben und mit Frau Dr. Annerose Weiß, der Vorsitzenden der Fachgruppen Akupunktur der DVG und der ATF, durchdacht und besprochen wurden. Es sei hier erwähnt, dass das Ziel dieser Studie nicht darin lag, die Wirkweise einer bestimmten Punktekombination nachzuweisen, sondern um die möglichen Effekte einer Akupunkturbehandlung als solche zu untersuchen.

Unter dem Gesichtspunkt der von uns angewendeten Akupunkturtechnik durch traditionelle Nadelung, hätte bei Anwendung eines anderen Verfahrens wie Elektroakupunktur, Laserakupunktur, Moxibustion oder Aku-Injektion bzw. Pharma-Akupunktur möglicherweise eine Wirkungsverstärkung an den Akupunkturpunkten erreicht werden können. Hinsichtlich der Praxistauglichkeit stellen sich jedoch bei einigen dieser Verfahren mehrere Nachteile heraus. Bei der Moxibustion ist infolge des Umgangs mit glühenden Materialien im Stall die Brandgefahr zu berücksichtigen. Bei der Elektro- und der Laserakupunktur müssen die hohen Anschaffungskosten, die große Empfindlichkeit gegenüber Stoß und Schlag sowie die umständliche Handhabung mit Verlegung von Kabeln im Stall berücksichtigt werden (Kothbauer u. Meng 2003). Die Aku-Injektion bzw. Pharma-Akupunktur wird eingesetzt, um eine Wirkungssteigerung durch Verbindung von Nadelreiz und medikamentöser Wirkung zu erzielen. Neben der Einsparung von Medikamenten sollen sich hierbei auch die Intervalle für die einzelnen Akupunkturbehandlungen etwa auf 8 bis 14 Tage verlängern lassen, weshalb diese Methode als durchaus praxistauglich und kostengünstig angesehen wird (Kothbauer u. Meng 2003).

Rogers (1990) gibt in seinen klinischen Erfahrungsberichten Hinweise darauf, dass sich die Anzahl der Akupunkturbehandlungen nach dem Krankheitszustand selbst und nach der adaptiven Reaktionsfähigkeit des Organismus richten sollte. Da eine entsprechende Reaktion auf die Akupunkturbehandlung plötzlich oder graduell erfolgen kann, könnten in akuten Fällen drei Behandlungen ausreichen, in

chronischen Krankheitsfällen jedoch durchaus bis zu zehn oder mehr Behandlungen notwendig sein.

Nach der TCM soll die „esoterische“ Vorstellung, dass der Akupunkteur selbst „ausgeglichen“ und „zentriert“ sein muss um dem Patienten helfen zu können, eine starke Auswirkung auf den Heilungsprozess haben. Der Therapeut, als integraler Teil des Heilungsprozesses, kann durch seine Einstellung den Prozess beeinflussen (Schoen 2003). Um einen subjektiven Einfluss des Akupunkteurs zu minimieren, wurden die Akupunkturbehandlungen aller Studientiere von den jeweils selben Akupunkteuren durchgeführt.

Exogene Einflüsse, die den Therapieerfolg hätten behindern können, wurden durch die im Prüfplan definierten Ein- und Ausschlusskriterien sowie die einheitlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen weitgehend ausgeschlossen. Individuelle endogene Umstände einzelner Tiere, wie Angst und Stress, die neue ungewohnte Umgebung, der operative Eingriff, Behandlungen (z. B. Blutabnahme), könnten sich möglicherweise bei bestimmten Tieren negativ auf den Akupunkturreffekt ausgewirkt haben. Ein weiterer potentieller äußerer Einflussfaktor stellen die elektromyographischen Messungen dar, da diese insbesondere am Tag 1 p. op. zeitgleich mit der ersten Akupunkturbehandlung durchgeführt wurden. Um einem möglichen Einfluss vorzubeugen, wurde der an den Studientieren zur Befestigung des Transmitters angelegte Bauchgurt mit ausreichendem Abstand zu den an der Bauchwand befindlichen Akupunkturnadeln angebracht. Ein irritierender Kontakt zwischen Akupunkturnadeln und Bauchgurt konnte dadurch ausgeschlossen werden.

Nach Literaturangaben sprächen viele Untersuchungen dafür, dass Akupunktur bei vielfältigen Störungen am Gastrointestinaltrakt, wie z. B. postoperativer Ileus, konservativ behandelbarer Kolik oder Magengeschwüren von äußerst positiver Wirkung sein kann (Schoen 2003). Die wichtigste Voraussetzung für eine Wirkung der Akupunktur ist ein funktionierendes Nervensystem (Kothbauer u. Meng 2003). Da die Impulsübertragung an den Synapsen der Axone von der Freisetzung und Aufnahme der Neurotransmitter auf jeder Ebene des Nervensystems abhängt, können Fehler in der Neurotransmitter-Synthese oder eine verringerte Rezeptoranzahl die Übertragung blockieren (Rogers 1990). Genetische und erworbene Schädigungen des ZNS könnten somit dafür verantwortlich sein, dass der Patient nicht auf eine Akupunkturbehandlung reagiert. Für stark degenerierte Organe, für die

es keine funktionale Möglichkeit der Heilung mehr gibt, gilt daher eine Wirkung der Akupunktur als nahezu ausgeschlossen (Rogers 1990). Kothbauer u. van Engelenburg (2003) weisen ebenfalls darauf hin, dass die Akupunkturtherapie vor allem auf funktionalen Störungen, also Zustände, bei denen vor allem die Zelle ihre normale Funktion zurückgewinnen kann, einen positiven Einfluss hat. Organe, die ihre Funktion durch Induration, Atrophie oder Degeneration verloren haben, können durch Akupunktur nicht in ihren ursprünglichen gesunden Zustand zurückversetzt werden.

5.2.2 Bewertung der postoperativen Entwicklung der Labmagenmotilität (Faktor: „Messtag“)

Bei Betrachtung der postoperativen Entwicklung der Mittel- und Maximalwerte des myoelektrischen Gesamtintegrals zeigten die Akupunkturgruppe (A) wie auch die Kontrollgruppe (K) am Tag 1 p. op. die höchsten Messwerte während des gesamten Beobachtungszeitraums (A: $\bar{x}_g = 181-236$ mVs; K: $\bar{x}_g = 155-215$ mVs). Im weiteren Verlauf nahmen die Variablenwerte kontinuierlich bis zum Tag 3 p. op. in der Kontrollgruppe ($\bar{x}_g = 140-186$ mVs) bzw. bis zum Tag 5 p. op. in der Akupunkturgruppe ($\bar{x}_g = 139-174$ mVs) ab, um bis zum Tag 7 p. op. wieder anzusteigen. Das Ausgangsniveau der Messungen des 1. Tages p. op. wurde jedoch nicht wieder erreicht (A: $\bar{x}_g = 169-213$ mVs; K: $\bar{x}_g = 155-204$ mVs). In beiden Gruppen erwiesen sich die Unterschiede zwischen den jeweiligen Messtagen für die Maximalwerte des Gesamtintegrals als signifikant ($p \leq 0,05$).

Hinsichtlich des myoelektrischen Gesamtintegrals konnte Hummel (2005) in seiner Studie bei Milchkühen mit linksseitiger LMV während des postoperativen Zeitraums von sieben Tagen eine 2,5 bis 3-fach erniedrigte Aktivität in den Messwerten des Gesamtintegrals ($\bar{x}_g = 164-184$ mVs) an der Pars pylorica des Labmagens im Vergleich zu den Werten einer gesunden Kontrollgruppe ($\bar{x}_g = 493$ mVs) aufzeigen. Die bei unseren Studientieren über den postoperativen Untersuchungszeitraum registrierten durchschnittlichen Gesamtintegral-Mittelwerte (A: $\bar{x}_g = 162-206$ mVs; K: $\bar{x}_g = 151-202$ mVs) entsprechen jenen Befunden oder liegen sogar unterhalb den von Hummel (2005) beobachteten Werten. Die Labmagenmotilität unserer Studientiere scheint im Vergleich zu den von Hummel (2005) an gesunden Kontrolltieren gemessenen Befunden ebenfalls deutlich vermindert zu sein.

Im Gegensatz zu dem bei unseren Studientieren beobachteten Rückgang in der elektromyographischen Gesamtaktivität am Antrum pylori des Labmagens registrierte Hummel (2005) an derselben Ableitungsstelle eine nahezu kontinuierliche myoelektrische Aktivität über den Zeitraum der postoperativen Untersuchungsphase hinweg. In seinen Messbefunden am Labmagen lagen die Werte des myoelektrischen Gesamtintegrals am Messtag 7 p. op. ($\bar{x}_g = 182-244$ mVs) nur etwas höher als die Messwerte des 1. Tages p. op. ($\bar{x}_g = 175-200$ mVs), so dass sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Messtagen (1, 3, 5 und 7 p. op.) als nicht signifikant herausstellten.

Die bei unseren Studientieren über den postoperativen Untersuchungszeitraum durchschnittlich registrierte mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen (AP) lag in der Akupunkturgruppe (A) bei $\bar{x} = 1,2-1,9$ AP/min bzw. in der Kontrollgruppe (K) bei $\bar{x} = 1,4-2,2$ AP/min. Bei Betrachtung des postoperativen Verlaufs zeigten beiden Gruppen ebenfalls die höchsten Variablenwerte des Untersuchungszeitraums am Tag 1 p. op. (A: $\bar{x} = 1,5-2,3$ AP/min; K: $\bar{x} = 1,8-2,7$ AP/min). Danach erfolgte ein kontinuierlicher Rückgang in der mittleren und maximalen Anzahl an AP mit Erreichen der Tiefstwerte in beiden Gruppen am Tag 5 p. op. ($\bar{x} = 1,0-1,8$ AP/min). Bis zum Tag 7 p. op. stiegen die Werte in der Anzahl an Aktionspotentialen wieder geringfügig an (A: $\bar{x} = 1,3-2,0$ AP/min; K: $\bar{x} = 1,5-2,3$ AP/min). In beiden Gruppen stellten sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Messtagen 1, 3, 5 und 7 p. op. für die mittlere und maximale Anzahl an Aktionspotentialen als hochsignifikant heraus ($p \leq 0,001$). Die Kontraktionsfrequenz am Antrum pylori des Labmagens unserer Studientiere lag im Vergleich unterhalb jener von anderen Autoren in der Literatur beschriebenen Frequenz des Labmagens gesunder erwachsener Kühe in Höhe von $3,7 \pm 0,2$ AP/min (Kuiper u. Breukink 1988), 2,9 AP/min (Nelson et al. 1995), 3,2-3,6 AP/min (Ooms u. Oyaert 1978) und 3,2-3,7 AP/min (Vlaminck et al. 1984). Das Anfangsstadium einer linksseitigen LMV ist den Untersuchungen von Nelson et al. (1995) zufolge verbunden mit einem signifikanten Rückgang in der Anzahl an Potentialsalven (ERA) sowohl im Corpus (-7,8 %) als auch im Antrum (-12 %) des Labmagens. Auch während der postoperativen Phase einer rechtsseitigen LMV registrierten Vlaminck et al. (1978) am Labmagen zweier männlicher Rinder sowohl eine Verminderung als auch eine Unregelmäßigkeit in der Frequenz der Slow waves, die darüber hinaus von weniger Potentialsalven begleitet wurden. Im Einklang mit den Ergebnissen beider o. g. Autoren scheint auch bei unseren Studientieren eine

Reduktion in der Anzahl an Aktionspotentialen am Labmagen vorzuliegen, die bis über die Phase der operativen Behebung der Organverlagerung andauert.

Nach den Untersuchungen von Nelson et al. (1995) ist davon auszugehen, dass auch bei unseren Studientieren eine Verminderung in der Anzahl an Aktionspotentialen bereits vor Beginn der Operation vorhanden gewesen sein könnte. Die von Vlaminck et al. (1978) nachgewiesene Beeinträchtigung der Slow-wave-Aktivität am Labmagen steht jedoch im Widerspruch zu den neueren Erkenntnissen von Geishauser (1995). Dieser zeigte in seinen In-vitro-Untersuchungen an Muskelpräparaten des Labmagenantrums von Milchkühen, dass sich die Proben aus Antrum pylori und Pylorus verlagertes Labmägen in ihrer basalen motorischen Aktivität hinsichtlich Frequenz und Amplitude nicht von denen einer gesunden Kontrollgruppe unterscheiden. Selbst beim Menschen ließ sich nach umfangreicher Laparotomie bereits während der frühen postoperativen Phase insbesondere am Magen ein in seiner Frequenz und Amplitude unveränderter basaler elektrischer Grundrhythmus ableiten (Waldhausen et al. 1989).

Aufgrund dieser Erkenntnisse liegt auch bei unseren Studientieren die Vermutung nahe, dass die basale myoelektrische Aktivität der Slow waves am Labmagen in ihrer Amplitude und Frequenz unbeeinträchtigt gewesen sein muss. Über die basale Grundaktivität am Labmagen kann jedoch abschließend keine Aussage getroffen werden, da bei unseren Untersuchungen die am Labmagen vorhandenen Potentialsalven gemessen wurden und eine Differenzierung der basalen Grundaktivität der Slow waves hinsichtlich Frequenz und Amplitude unterblieb.

Sowohl in der Akupunktur- wie auch in der Kontrollgruppe bewegten sich die durchschnittlichen Werte der mittleren und maximalen Amplitude während des postoperativen Beobachtungszeitraums (Messtage 1, 3, 5 und 7 p. op.) innerhalb eines konstanten Niveaus zwischen $\bar{x}_g = 0,81-1,05$ mV in der Akupunktur- bzw. $\bar{x}_g = 0,82-1,08$ mV in der Kontrollgruppe. Obwohl sich der Einfluss des Faktors „Messstunde“ auf die mittleren Amplitudenwerte als hochsignifikant ($p < 0,001$), auf die maximalen Amplitudenwerte als signifikant ($p \leq 0,05$) herausstellte, ergab die Überprüfung der Wechselwirkung (Faktoren Messtag*Messstunde) auf diese Variable keinen signifikanten Zusammenhang ($p = 0,12-0,35$). Hinsichtlich der postoperativen Entwicklung der Variablen „mittlere Amplitude“ bestätigte sich somit für beide Gruppen, dass sich die einzelnen Untersuchungstage 1, 3, 5 und 7 p. op. in ihren mittleren und maximalen Amplitudenwerten nicht voneinander unterscheiden.

In ihren elektromyographischen Untersuchungen registrierten Nelson et al. (1995) am Labmagenantrum von sechs Milchkühen mit Beginn der Entwicklung einer linksseitigen LMV maximale Potentialsalven in Höhe von 0,05-1,45 mV. Während der positiven Phase der Organverlagerung lagen die Amplitudenwerte im Bereich zwischen 0,03-1,14 mV. Die Unterschiede in den Amplitudenwerten vor bzw. während einer linksseitigen LMV erwiesen sich als nicht signifikant (Nelson et al. 1995). In Übereinstimmung mit unseren Befunden zeigten sich auch bei Hummel (2005) während der postoperativen Phase einer linksseitigen LMV hinsichtlich der am Labmagenantrum registrierten Gesamtamplitude keine signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Messtagen (1, 3, 5 und 7 p. op.). Obwohl sich in unserer Studie der Verlauf der Variablen „mittlere Amplitude“ über den postoperativen Zeitraum in beiden Gruppen als linear und kontinuierlich darstellte, kann eine Beeinträchtigung der Kontraktionsamplitude in Form einer Verminderung, die bereits zu Beginn der LMV vorhanden gewesen war, bei unseren Studientieren nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Nach den Untersuchungen von Geishauser (1995) zeigten Muskelpräparate des Antrum pylori aus verlagerten Labmägen eine veränderte myogene mechanische Aktivität infolge einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber Acetylcholin (ACh). Dieser Umstand führte nach elektrischer Stimulation der Muskelproben zu einer vorübergehenden Reduktion der Kontraktionsamplitude um bis zu 46 %. Geishauser (1995) sieht die Ursache dieser Fehlfunktion in einer Störung der Bildung und Freisetzung von Neurotransmittern im Plexus myentericus. Inwiefern sich diese unter In-vitro-Bedingungen nachgewiesenen Beeinträchtigungen der Kontraktilität der glatten Muskelzellen auf In-vivo-Gegebenheiten übertragen lassen, bleibt offen. Da bei Beginn unserer Aufzeichnungen die Labmägen bereits seit mindestens zwölf Stunden wieder reponiert waren, stellt sich die Frage, ob und inwieweit sich eine mögliche noch vorhandene Fehlfunktion im Plexus myentericus des Labmagens auf die Kontraktilität der glatten Muskelzellen bei unseren Studientiere ausgewirkt haben könnte.

Die Messbefunde bezüglich der mittleren und maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeit (AG) der Aktionspotentiale (AP) an der Pars pylorica lagen in beiden Gruppen mit Werten zwischen $\bar{x}_g = 0,38-0,60$ cm/s (Akupunkturgruppe) und $\bar{x}_g = 0,43-0,66$ cm/s (Kontrollgruppe) auf einem nahezu identischen Niveau. Auch in dieser Variablen zeigten sich in beiden Gruppen die höchsten Messwerte am Tag 1 p. op. (A: $\bar{x}_g = 0,41-0,63$ cm/s; K: $\bar{x}_g = 0,49-0,73$ cm/s). Es erfolgte ein stetiger

Rückgang in beiden Gruppen mit Tiefstwerten am Messtag 5 p. op. zwischen $\bar{x}_g = 0,34-0,57$ cm/s. Bis zum Tag 7 p. op. nahm die AG in beiden Gruppen geringfügig zu (A: $\bar{x}_g = 0,39-0,61$ cm/s; K: $\bar{x}_g = 0,37-0,56$ cm/s). Die Unterschiede zwischen den einzelnen Messtagen 1, 3, 5, und 7 p. op. stellten sich für die Mittelwerte als signifikant ($p \leq 0,05$), für die Maximalwerte der Ausbreitungsgeschwindigkeit als knapp signifikant heraus ($p = 0,057$). Die von Kuiper und Breukink (1988) bei gesunden Kühen registrierte Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale betrug am Übergang von Corpus zu Antrum 0,7 cm/sec und erreichte im Bereich des Pylorus 1,1 cm/sec. Bei sieben Ziegen fand Ehrlein (1970) eine mittlere AG der peristaltischen Wellen in Höhe von 10 ± 2 mm/sec. Die Kontraktionswellen am Antrum pylori erzielten bei Schafen eine Höhe von ca. 5 cm/sec (Ruckebusch 1970). Nach Ehrlein (2000) bestimmen die Schrittmacherpotentiale (Slow waves) die maximale Frequenz und die AG der Kontraktionswellen. Eine Verminderung in der Frequenz der Slow waves und der darauf aufgelagerten Potentialsalven führt folglich zu einer Reduktion der AG der peristaltischen Wellen am Antrum pylori des Labmagens. Auch Nelson et al. (2005) bestätigen, dass ein Rückgang in der Anzahl an Potentialsalven am Labmagen mit einer Verlängerung des zeitlichen Abstands zwischen dem Auftreten zweier Aktionspotentiale verbunden ist. Hierin könnte eine mögliche Erklärung für die bei unseren Studientieren nachgewiesenen Befunde einer reduzierten Ausbreitungsgeschwindigkeit liegen.

Bei der Beurteilung der in unseren eigenen Untersuchungen registrierten charakteristischen Variablenverläufe der myoelektrischen Gesamtaktivität (Gesamtintegral, Anzahl und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale) mit Höchstwerten in allen Variablen am Tag 1 p. op., gefolgt von einem kontinuierlichen Rückgang bis zum Tag 3 bzw. Tag 5 p. op. und einem erneutem Anstieg bis zum Tag 7 p. op., sind mehrere mögliche Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Insbesondere die serösen Häute von Wiederkäuern reagieren bei Irritationen durch Manipulation, Kontamination oder bei Kontakt zu Fremdmaterial mit rascher und kräftiger Fibrinausschwitzung. Hierdurch bleibt der entzündliche Prozess infolge fibrinöser Verklebung und anschließender bindegewebiger Verwachsung der serösen Häute im Gegensatz zu den Verhältnissen bei anderen Spezies meist auf seinen ursprünglichen Herd begrenzt (Dirksen 2002). Obwohl es sich bei den von uns verwendeten Edelstahl Elektroden um inertes Material handelte, kann eine lokale entzündliche Gewebsreaktion im Bereich der Elektrodenspitzen an der Lamina

muscularis der Pars pylorica des Labmagens nicht ausgeschlossen werden. Da die Signalübertragung auf einem Ladungstransport von Ionen beruht, welcher durch die Elektroden in einen Elektrodenstrom umgewandelt wird (Weitz 2006), ist ein möglicher Einfluss von Entzündungsprodukten, die zu einem verstärkten Ladungstransport führten, insbesondere für die anfangs registrierten höheren Messwerte am Tag 1 p. op. nicht auszuschließen.

Nach wie vor ist unumstritten, dass abdominale operative Eingriffe in unterschiedlichster Art bei Mensch (Waldhausen et al. 1989) und Tier (Huge et al. 1998, Meylan et al. 2004, Roussel et al. 2000, Schippers et al. 1990) zu einer Störung der Motilität des Gastrointestinaltraktes (GIT) führen. Die Zeitspanne der Wiederkehr bzw. Normalisierung der ursprünglichen gastrointestinalen Motilität wird kontrovers in der Literatur diskutiert. Nach Schippers et al. (1990) soll der Zeitpunkt für die Restauration der Motilität in Abhängigkeit von der Dauer und von der Art des durchgeführten Eingriffs variieren. Infolge der durchgeführten Laparotomie zur operativen Reposition des Labmagens mit anschließender Omentopexie und Elektrodenimplantation muss für unsere Studientiere die Entwicklung eines postoperativen Ileus mit Beeinträchtigung der myoelektrischen Aktivität am Antrum pylori des Labmagens in Betracht gezogen werden.

Das Krankheitsbild des postoperativen Ileus stellt in der Human- wie auch in der Tiermedizin ein relevantes und schwerwiegendes klinisches Problem dar. Als funktioneller Ileus führt dieser, infolge entzündlicher Prozesse, metabolischer, reflektorischer, oder vaskulärer Ursachen oder auch medikamentös bedingt, zur Lähmung der Darmmotilität (Pschyrembel 2002). Eine große Gefahr dieses Krankheitsbildes besteht darin, dass ein lokaler Eingriff zu einer Motilitätsstörung des gesamten GIT führen kann. Ursprünglich ging man von einer neuronalen Störung aus, jedoch zeigen neuere Untersuchungen, dass immunologische Prozesse sehr wesentlich an der Entwicklung beteiligt sind. Makrophagen produzieren hierbei Mediatoren, welche zur Lähmung von Myozyten führen. T-Helferzellen (T_H-1) sollen bei der Aktivierung dieser Makrophagen beteiligt sein (Engel et al. 2010). Eine lokale Entzündung in der Nähe des operierten Gebietes kann folglich dazu führen, dass mit dem Blutstrom die Abwehrzellen auch zu anderen Darmbereichen gelangen, wodurch sich die Entzündung auf das komplette Organ ausdehnen und die Darmmuskulatur gelähmt werden kann. Eine mögliche Ausbreitung der Motilitäts- hemmung auf andere intestinalen Segmente kann für unsere Studientiere jedoch nur

vermutet werden, da die Implantation der Elektroden auf den Labmagen begrenzt war.

5.2.3 Bewertung der Tagesverläufe der Labmagenmotilität

(Faktor: „Messstunde“)

In der Versuchs- und in der Kontrollgruppe konnten in den Variablen des mittleren und maximalen myoelektrischen Gesamtintegrals, der mittleren und maximalen Anzahl an Aktionspotentialen, der mittleren Amplitude sowie der mittleren und maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeit hochsignifikante Stundenunterschiede ($p < 0,001$) nachgewiesen werden. Für die maximalen Amplitudenwerte waren die Stundenunterschiede signifikant ($p < 0,05$). Der Einfluss des Faktors „Messstunde“ auf die Gruppenmittel- und Gruppenmaximalwerte der jeweiligen Variablen beider Gruppen wurde durch die Untersuchung der Wechselwirkung Tag*Stunde kontrolliert. Für die Variablen der mittleren und maximalen Anzahl an Aktionspotentialen sowie der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit erwies sich die Wechselwirkung als hochsignifikant ($p < 0,001$). Für das mittlere und maximale myoelektrische Gesamtintegral und die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit bestätigte sich das Ergebnis als signifikant ($p < 0,05$). Die Überprüfung der Variablen „mittlere und maximale Amplitude“ ergab keine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Tag*Stunde ($p = 0,12-0,35$).

Zusammenfassend konnte somit für alle Variablenwerte der myoelektrischen Gesamtaktivität – ausgenommen der „mittleren Amplitude“ – nachgewiesen werden, dass sich die einzelnen Messtage (1, 3, 5 und 7 p. op.) des postoperativen Untersuchungszeitraums voneinander unterscheiden. Sowohl in der Versuchs- wie auch in der Kontrollgruppe zeigten sich die signifikanten bis hochsignifikanten Stundenunterschiede in einem deutlich erkennbaren zirkadianen Tagesrhythmus, so dass während der Tagesphase (Lichtphase) eine im Vergleich zur Nachtphase (Dunkelphase) deutlich höhere myoelektrische Aktivität am Labmagen gemessen werden konnte. Obwohl die Tiere täglich über 24 Stunden uneingeschränkten Zugang zu Heu und Wasser hatten, nutzen sie eher die Tagesphase (Lichtphase) zur Futteraufnahme, um sich während der Nachtphase (Dunkelphase) auszuruhen.

Infolge des kontinuierlichen Ingestaflusses aus den Vormägen unterliegt der Labmagen und Dünndarm bei Wiederkäuern einer ständigen Füllung. Eine deutliche Trennung zwischen einer digestiven und interdigestiven Periode ist bei diesen Tieren

daher nicht möglich (Ehrlein 2000). Obwohl dieser stetige Ingestafluss ein sehr homogenes myoelektrisches Aktivitätsmuster am Antrum pylori des Labmagens erwarten lässt, zeigten sich im Tagesverlauf dennoch Aktivitätsspitzen insbesondere zu den Fütterungszeiten zwischen 7-8 Uhr, 14-15 Uhr bzw. 19-20 Uhr. Die Fütterung umfasste die Gabe von Kraftfutterportionen und die Vorlage von frischem Wiesenheu ad libitum. In den Variablen des myoelektrischen Gesamtintegrals und der Anzahl an Aktionspotentialen waren diese Anstiege in den Messwerten besonders deutlich zu registrieren. Unsere Befunde decken sich mit jenen von Hummel (2005), welcher sowohl bei gesunden Milchkühen als auch bei solchen während der postoperativen Phase einer LMV einen Anstieg in der myoelektrischen Aktivität des Labmagens ebenfalls zu den Fütterungszeiten beobachten konnte.

Auch Ruckebusch (1970) konnte bei Schafen einen Zusammenhang zwischen der Fütterung und dem Anstieg der myoelektrischen Aktivität aufzeigen. Hierbei sollen sogar allein der Anblick von Futter und natürlich die Fütterung selbst zu einer Steigerung der myoelektrischen Aktivität am Labmagen geführt haben. Auch bei Ziegen konnte Laplace (1979) während der Nahrungsaufnahme eine hinsichtlich Frequenz und Intensität verstärkte myoelektrische Aktivität am Labmagen registrieren, wobei auch innerhalb der Phase des Wiederkauens ein gradueller Anstieg in der Labmagenaktivität zu verzeichnen war. Plaza (1996) fand keinen steigernden Effekt des Wiederkauens auf die Motilität des Antrums, jedoch wies er in seinen Untersuchungen nach, dass sich die Gesamtaktivität am Labmagenantrum von Schafen durch Fütterung um 28,9 % steigern ließ. Die höchsten Aktivitätswerte in der Labmagenmotilität bei Schafen konnten bis zu einer Stunde nach Futteraufnahme beobachtet werden (Gregory u. Miller 1989). Eine Zunahme des Labmagenvolumens führte bei Ziegen sowohl zu einer Steigerung der Labmagenperistaltik als auch zu einer Erhöhung der Labmagenentleerung. Die Menge der Futteraufnahme bzw. das Labmagenvolumen sollen hierbei mit der Geschwindigkeit der Labmagenentleerung in einem linearen Zusammenhang stehen (Ehrlein 1970). Die Amplitude der myoelektrischen Aktivität am Labmagen und die Frequenz der Labmagenentleerung waren bei verminderter Futteraufnahme ebenfalls reduziert (Gregory et al. 1985). Ferner besteht nach Meinung von Malbert und Ruckebusch (1988) eine Beziehung zwischen der myoelektrischen Aktivität am Antrum pylori, dem Bulbus duodeni und der aboralen Durchflussrate des Nahrungsbreis. Die Autoren sind der Auffassung, dass die Entleerungsrate des Labmagens primär von der

Kontraktionsstärke des Antrum pylori abhängt, wobei auch die Viskosität des Chymus ein Einflussfaktor darstellt.

Die Fütterung größerer Mengen leichtverdaulicher Kohlenhydrate führte bei Milchkühen zu einer hemmenden Wirkung der myoelektrischen Aktivität von Labmagen und Duodenum (Neu-Zuber 2005). Bei Schafen konnte nach Verabreichung eines Krafftutteranteils in Höhe von 50-100 % ebenfalls eine deutliche Reduktion der myoelektrischen Aktivität am Labmagen beobachtet werden. Die Frequenz der Slow waves und die der Potentialsalven waren hierbei signifikant gegenüber ausschließlich mit Heu gefütterten Tieren vermindert (Lester u. Bolton 1994). Madison et al. (1993) konnten in ihren Fütterungsversuchen bei Milchkühen diese Ergebnisse dagegen nicht bestätigen. Nach einer abrupten Umstellung des Krafftutteranteils von 30 % auf 70 % fanden sich keine Hinweise auf eine Änderung der antroduodendalen myoelektrischen Aktivität oder der Labmagenentleerung. Auch nach Lester und Bolton (1994) soll sich durch die Krafftuttergabe weder die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Slow waves noch die Frequenz der Potentialsalven am Duodenum beeinflussen lassen. In den Fütterungsversuchen von Neu-Zuber (2005) bei Milchkühen entfielen ca. 65 % der maximal möglichen Trockenmassenaufnahme auf Krafftutter. Der unseren Studientieren täglich angebotene Krafftutteranteil lag unterhalb der von o.g. Autoren verabreichten Krafftuttermenge. Ein Kilo des gefütterten Krafftutters enthielt einen Kohlenhydratanteil von ca. 226,8 g und einen Rohproteinanteil von ca. 137,4 g. Eine einfache Ration betrug insgesamt 2,2 kg Krafftutter, bestehend aus Hafer, Zuckerrüben-Trockenschnitzel und Milchleistungsfutter.

Ein möglicher Einfluss des Krafftutters auf die myoelektrische Aktivität des Labmagens unserer Studientiere gilt daher als nahezu ausgeschlossen. Weiterhin ließ sich in unseren Untersuchungen eine Verminderung der myoelektrischen Aktivität im Zusammenhang mit der Krafftuttergabe nicht feststellen.

5.3 Bedeutung der Ergebnisse und Schlussfolgerung

Die Unterschiede zwischen der Akupunktur- und der Kontrollgruppe erwiesen sich hinsichtlich der untersuchten Hauptzielkriterien Gesamtintegral, Anzahl, Amplitude und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale als nicht signifikant ($p = 0,13-0,90$). Im Rahmen dieser klinischen Studie konnte somit kein positiver Effekt durch Stimulation der in der Literatur beschriebenen und in der Praxis „bewährten“ Akupunkturpunkte (Ma-36, MP-6, Pi Shu, Du Jiao und Shi Zang) auf die postoperative Entwicklung der Labmagenmotilität bei Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung nachgewiesen werden.

Dies ist jedoch kein Beweis für die Wirkungslosigkeit einer Akupunkturbehandlung im Allgemeinen. Eine Vielzahl von Studien geben Hinweise auf eine positive Wirkung dieses komplementärmedizinischen Therapieverfahrens (Chang et al. 2001/2002, Chou et al. 2003, Imai et al. 2008, Iwa et al. 2006/2007, Jang et al. 2003, Kim et al. 2000, Liu et al. 2004, Lee et al. 1998, Lee et al. 2007, Nam et al. 1987/1997, Ouyang et al. 2002/2004, Quian et al. 1999, Tabosa et al. 2002, Tatewaki et al. 2003), doch ist die Evidenz der meisten dieser Studien als relativ gering einzuschätzen.

Mithilfe einer Akupunkturbehandlung sollen die Selbstheilungskräfte des Körpers stimuliert und ein Zustand der Homöostase erreicht werden (Allen 2003). Obwohl die genauen Mechanismen der Akupunkturwirkung unbekannt sind, konnten bei der Beseitigung gastrointestinaler Störungen eine Beteiligung sympathischer und parasympathischer efferenter Leitbahnen aufgezeigt werden (Imai et al. 2008, Iwa et al. 2007, Li et al. 1992, Ouyang et al. 2002, Tatewaki et al. 2003). Der Schlüssel zur Heilung liegt in der „Adaptive response“ des Patienten, welche sich nur dann durch Akupunktur aktivieren lässt, sofern die neuroendokrinen Funktionen des Körpers nicht beeinträchtigt sind (Rogers 1990). Da bei Kühen, die an einer Labmagenverlagerung erkrankt sind, eine Fehlfunktion enterischer Neurone im Plexus myentericus der Labmagenwand mit Störungen in der Bildung und Freisetzung von Neurotransmittern nicht auszuschließen ist (Geishauser 1995, Reiche et al. 1998, Sickinger 2007), könnte demzufolge bei unseren Studientieren eine mögliche Beeinträchtigung der Effektivität der Akupunkturwirkung in Betracht gezogen werden. Als kosteneffektives und minimal invasives Verfahren mit geringer Inzidenz an Nebenwirkungen bietet die Akupunkturbehandlung viele Vorteile (Asshauer 1985, Meng 2010). Mehrere Autoren propagieren die Anwendung der Akupunktur-

behandlung als zusätzliche oder unterstützende Therapiemaßnahme, da bei bestimmten Indikationen in alleiniger Anwendung keine ausreichende Wirkung erzielt werden konnte (Meng 2010, Rogers 1990, van Engelenburg 2003).

Bei Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes ist aus chinesischer Sicht insbesondere die „Mitte“ betroffen, also der Bereich der für die Assimilation energetischer Einflüsse zuständig ist (Hempfen 1991). Unsere Studientiere waren laut Besitzerangaben durchschnittlich bereits sechs Tage an einer LMV erkrankt. Es ist somit davon auszugehen, dass eine Entgleisung des energetischen Gefüges vor Beginn der Akupunkturbehandlung vorhanden gewesen sein muss. Hempfen (1991) gibt zu bedenken, dass die Kompensation eines energetischen Erschöpfungszustandes infolge einer lang anhaltenden Erkrankung, ohne die Anwendung chinesischer Arzneimittel als innere Therapiemaßnahme, kaum denkbar ist. Auch die Moxibustion bietet als natürliches Pendant zur Akupunktur nach dem klassischen chinesischen Satz: „Kühles erwärme man, Warmes kühle man ab“ die Möglichkeit dem Körper energetische Kräfte zur Stärkung eines geschwächten „Qi“ zuzuführen.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden öffentlichen Akzeptanz alternativer Heilmethoden liegen hierin interessante Ansatzpunkte für weitere Studien. Für zukünftige Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Komplementärmedizin wäre es erstrebenswert, kontrollierte klinische Studien im Hinblick auf die Einordnung unter den Gesichtspunkten der evidenzbasierten Medizin zu planen und auszuführen (Heuwieser et al. 2007, Dicty et al. 2007, Arlt et al. 2007). Erst dadurch ist eine Validierung dieser Therapiemaßnahmen möglich.

Darüber hinaus wären die Ergebnisse weiterer Studien neben einer Wirksamkeit oder Nichtwirksamkeit alternativer Heilmethoden von vergleichendem Interesse bezüglich der Effektivität komplementärmedizinischer Therapieverfahren, da sich beim Rind Placebo-Effekte wesentlich geringer auswirken dürften, als dies beim Menschen der Fall ist.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Kontrollierte klinische Studie über die Auswirkung einer Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität bei Kühen nach linksseitiger Labmagenverlagerung

Studienziel:

Ziel dieser Studie war die Prüfung der Wirksamkeit einer Akupunkturbehandlung mit Stimulation hierfür in der Literatur beschriebener und in der Praxis „bewährter“ Punkte auf die Labmagenmotilität bei Kühen nach Operation einer linksseitigen Labmagenverlagerung.

Material und Methoden:

Bei 60 Klinikpatienten der Rasse Deutsche Holsteins im Alter von 2 bis 8,5 Jahren (\bar{x} = 5 Jahre) wurden nach operativer Reposition des linksseitig verlagerten Labmagens (Hannoversche Methode) drei dünne bipolare Nadelelektroden in den Pylorusteil des Labmagens implantiert. Ein „Pettinger skin button“ in der rechten Hungergrube diente zum Anschluss eines Transmitters, über welchen die elektromyographischen Signale telemetrisch zu einer Empfangsstation übertragen werden konnten. Unmittelbar nach Beendigung der Operation wurden die Probanden auf zwei Gruppen randomisiert. Bei den Tieren der Versuchsgruppe (n = 30) wurden an den Tagen 1. und 4. p. op. fünf Punkte (u.a. Ma-36 und MP-6) für 20 Minuten akupunktiert. In der Kontrollgruppe (n = 30) unterblieb diese Behandlung, doch beschäftigte sich die für die Durchführung der Akupunktur zuständige Tierärztin in denselben Zeiträumen in ähnlicher Weise mit den Patienten.

Die elektromyographische Aktivität der Pars pylorica wurde an den postoperativen Messtagen 1, 3, 5 und 7 (p. op.) jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden erfasst. Es wurden folgende Messvariablen als Hauptzielkriterien berücksichtigt:

Gesamtintegral, Anzahl, Amplitude und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale.

Am 8. Tag p. op. wurden die Elektroden gezogen und nachfolgend die geheilten Patienten wieder in den Herkunftsbestand entlassen.

Ergebnisse:

Bei der statistischen Auswertung mittels dreifaktorieller Varianzanalyse (Faktoren: „Behandlung“, „Messtag“ und „Messstunde“) mit Messwiederholung für „Tag“ und „Stunde“ ergaben sich für den Faktor „Behandlung“ bezüglich aller untersuchten Hauptzielkriterien keine signifikanten Gruppenunterschiede ($p = 0,12-0,89$). Eine positive Wirkung der Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität konnte somit nicht nachgewiesen werden.

In beiden Gruppen waren die Werte der myoelektrischen Aktivität hinsichtlich des maximalen Gesamtintegrals, der Anzahl an Aktionspotentialen sowie der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit über den postoperativen Zeitraum von Tag zu Tag unterschiedlich (Faktor: „Messtag“, $p = 0,001-0,03$).

Weiterhin zeigten die Tagesverläufe aller Variablen - die „mittlere Amplitude“ ausgenommen - signifikante bis hochsignifikante Stundenunterschiede (Faktor: „Messstunde“, $p = 0,001-0,01$).

Die Überprüfung der paarweisen Wechselwirkung (Tag*Gruppe, Stunde*Gruppe) ergab keinen Hinweis auf einen Einfluss der Akupunkturbehandlung auf die vorhandenen Tages- und Stundenunterschiede ($p = 0,29-0,88$).

Schlussfolgerungen:

Anhand der durchgeführten elektromyographischen Untersuchungen konnte kein signifikanter Effekt einer Akupunkturbehandlung auf die Labmagenmotilität bei Kühen nach operativer Reposition einer linksseitigen Labmagenverlagerung nachgewiesen werden. Die deutlichen Schwankungen der myoelektrischen Aktivität innerhalb der einzelnen Messtage äußern sich in signifikanten bis hochsignifikanten Stundenunterschieden hinsichtlich aller untersuchten Hauptzielkriterien, ausgenommen die „mittlere Amplitude“. Diese erklären sich aus den bekannten zirkadianen Rhythmen der myoelektrischen Aktivität an der Pars pylorica des Labmagens.

Zusammenfassend deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass sich die Rekonvaleszenz solcher Labmagenpatienten durch eine Akupunkturbehandlung nicht positiv beeinflussen lässt.

7 SUMMARY

Randomised controlled clinical trial about the effects of acupuncture treatment on abomasal motility in dairy cows after correction of a lefthand displaced abomasum

Objective:

To determine the effectiveness of acupuncture treatment (e. g. St-36 and Sp-6) on the abomasal motility of dairy cows after surgery of a lefthand displaced abomasum.

Material and methods:

Sixty German-Holstein cows aged between 2 to 8¹/₂ years (\bar{x} = 5 years) were presented at the Giessen Veterinary Clinic for Ruminants and Swine suffering from left displaced abomasum. Three pairs of bipolar needle electrodes were inserted in the pars pylorica of the abomasum during surgery (laparotomy and omentopexy). These electrodes were routed via titanium skin exit ("Pettinger skin button"), which was implanted at the right upper flank. This skin button was connected to a telemetric transmitter, which sent the myoelectric signals to a nearby receiver. After surgery the cows were randomised into two groups. For one group acupuncture was performed on the first and fourth day after surgery. Five acupuncture locations (e.g. St-36 and Sp-6) were stimulated for a duration of 20 minutes. According to literature these locations are supposed to enhance gastric motility. For the control group no acupuncture treatment was applied. The measurement of the electromyographic activity was performed for a time period of 24 hours on day 1, 3, 5 and 7 after surgery.

The main objective was to determine the total integral and the major parameters for the action potentials per hour (counts, mean amplitude and propagation velocity).

Results:

The statistical analysis was performed using a factorial analysis of variance (factors: “treatment”, “day” and “hour”) with repetition of “day” and “hour”. No significant difference between acupuncture group and control group could be verified for all main parameters regarding the impact of “acupuncture treatment” ($p = 0.12$ to 0.89). A positive effect of the performed acupuncture treatment on the expected improvement of the abomasal motility could not be confirmed.

The development of the myoelectrical activity during the postoperative period showed significant changes from day to day for both groups (factor: “day”, $p = 0.001$ to 0.03), relating to the maximal integral, the counts and the mean propagation velocity of the action potentials.

Furthermore all parameters - except for the “mean amplitude” - revealed significant variations in time during the course of day (factor: “hour”, $p = 0.001$ to 0.01). However, testing the reciprocal effect in pairs (day*treatment, hour*treatment) there was no evidence of the acupuncture treatment having an impact on these results ($p = 0.29$ to 0.88).

Conclusions:

A positive effect of the performed acupuncture treatment on the expected improvement of the abomasal motility of cows during the postoperative period of a lefthand abomasal displacement could not be confirmed so far.

The obvious variability of the myoelectric activity within the single measurements of day 1, 3, 5 and 7 p. op. result in significant to highly significant time differences per hour regarding all investigated main criteria, except for the “mean amplitude”. These variations in time can be explained by the known circadian rhythm of the myoelectric activity on the pars pylorica of the abomasum.

The results of this investigation show that the performed acupuncture treatment had no verifiable effect on the recovery period of cows suffering from a lefthand abomasal displacement.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Arlt S, Dicty V, Heuwieser W (2007):

Metaanalysen in der Veterinärmedizin.

In: Buiatrik am Beginn des 21. Jahrhunderts - aktueller Stand und Perspektiven.

Tagungsband der Deutschen Buiatrischen Gesellschaft - DVG Mai 2007; 44-47

Asshauer E (1985):

Die traditionelle Akupunktur.

In: Asshauer E

Die Akupunktur, Behandlungsmethoden, vollständiger Krankheitskatalog mit Krankheitsursachen und Akupunkturwirkung.

Delphin Verlag GmbH, München und Zürich; 25-66

Begg H (1950):

Diseases of the stomach of the adult ruminant.

Vet Rec 62; 797-808

Bell FR, Grivel ML (1975):

The effect of duodenal infusion on the electromyogram of gastric muscle during activation and inhibition of gastric emptying.

J Physiol 248; 377-391

Böhme G (1992):

Vegetatives Nervensystem.

In: Nickel R, Schummer A, Seiferle E (Hrsg.),

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band IV.

3. Auflage; Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg; 350-385

Bolton JR, Merritt AM, Carlson GM, Donawick WJ (1976):

Normal abomasal electromyography and emptying in sheep and the effects of intraabomasal volatile fatty acid infusion.

Am J Vet Res 37; 1387-1392

Buehler M, Steiner A, Meylan M, Portier CJ, Mevissen M (2008):

In vitro effects of bethanechol on smooth muscle preparations from abomasal fundus, corpus and antrum in dairy cows.

Res Vet Sci 84; 444-451

Bueno L, Fioramonti J (1980):

Rhythms of abomaso-intestinal motility.

In: Ruckebusch Y (Hrsg.),

Digestive physiology and metabolism in ruminants.

Westport, Conn., AVI Publ. Co.; 53-79

Bueno L, Fioramonti J, Ruckebusch Y (1975):

Rate of flow of digesta and electrical activity of the small intestine in dogs and sheep.

J Physiol 249; 69-85

Chang CS, Ko CW, Wu CY, Chen GH (2001):

Effect of electrical stimulation on acupuncture points in diabetic patients with gastric dysrhythmia: a pilot study.

Digestion 64; 184-190

Chang CS, Chou JW, Wu CY, Chang YH, Ko CW, Chen GH (2002):

Atropine induced gastric dysrhythmia is not normalized by electroacupuncture.

Digestive Diseases and Sciences 47; 2466-2472

Chen J, Song GQ, Yin J, Koothan T, Chen JDZ (2008):

Electroacupuncture improves impaired gastric motility and slow waves induced by rectal distension in dogs.

Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 295; G614-G620

Constable PD, Miller GY, Hoffsis GF, Hull BL, Rings DM (1992):

Risk factors for abomasal volvulus and left abomasal displacement in cattle.

Am J Vet Res 53; 1184-1192

Coppock CE (1974):

Displaced abomasums in dairy cattle: etiologic factors.

J Dairy Sci 57; 926-933

De Ceulaer KMG, Van Ginneken CJD, Philips WA, Weyns A (2007):

Interstitial cells of Cajal and their role in veterinary gastrointestinal pathologies.

Anat Histol Embryol 36; 300-310

Dicty V, Arlt S, Heuwieser W (2007):

Publikationsbewertung: Veterinärmedizinische Literatur kritisch hinterfragt.

In: Buiatrik am Beginn des 21. Jahrhunderts - aktueller Stand und Perspektiven.

Tagungsband der Deutschen Buiatrischen Gesellschaft - DVG Mai 2007; 42-43

Diener M (2000):

Vegetatives Nervensystem.

In: Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.),

Physiologie der Haustiere; Enke Verlag, Stuttgart; 100-109

Dirksen G (1961a):

Vorkommen, Ursachen und Entwicklung der linksseitigen Labmagenverlagerung (Dislocatio abomasi sinistra) des Rindes.

Dtsch Tierärztl Wschr 68; 8-12

Dirksen G (1961b):

Die Erweiterung, Verlagerung und Drehung des Labmagens beim Rind.

Zbl Vet Med 8; 934-1015

Dirksen G (2002):

Krankheiten des Labmagens.

In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (Hrsg.),

Innere Medizin und Chirurgie des Rindes.

4. Auflage, Parey Verlag, Berlin; 473-493

Doll K (2007):

Aktuelles zu den Ursachen der Labmagenverlagerung.
Züchtungskunde 79; 59-69

Ehrlein HJ (1970):

Untersuchungen über die Motorik des Labmagens der Ziege unter besonderer Berücksichtigung des Pylorus.
Zbl Vet Med A 17; 481-497

Ehrlein HJ (1976):

Motor function of the stomach of non-ruminant mammals in comparison to the motility of the abomasum.
Ann Rech veter 7 (2); 119-124

Ehrlein HJ (2000):

Glatte Muskulatur.
In: Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.),
Physiologie der Haustiere.
Enke Verlag, Stuttgart; 126-135

Ehrlein HJ (2000):

Motorik des einhöhligen Magens und des Labmagens.
In: Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.),
Physiologie der Haustiere; Enke Verlag, Stuttgart; 317-323

Ehrlein HJ (2000):

Motorik des Duodenums.
In: Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.),
Physiologie der Haustiere; Enke Verlag, Stuttgart; 323-329

Engel DR, Koscielny A, Wehner S, Maurer J, Schiwon M, Franken L, Schumak B, Limmer A, Sparwasser T, Hirner A, Knolle PA, Kalff JC, Kurts C (2010):

T helper type 1 memory cells disseminate postoperative ileus over the entire intestinal tract.
Nature medicine 16; 1407-1413

Fioramonti J, Bueno L (1988):

Hormonal control of gut motility in ruminants and non-ruminants and its nutritional implications.
Nutrition Research Reviews 1; 169-188

Freudenberg K (2010):

Kontrollierte klinische Studie über den Einfluss einer Akupunkturbehandlung auf die postoperative Entwicklung von Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung.
Diss. med. vet. Gießen

Fürll M, Krüger M (1999):

Alternative Möglichkeiten zur Prophylaxe der Dislocatio abomasi (DA) beim Rind.
Prakt Tierarzt 80, Colleg vet XXIX; 81-90

Geishauser T (1995):

Untersuchungen zur Labmagenmotorik von Kühen mit Labmagenverlagerung.
Habilitationsschrift, Gießen

Geishauser T, Diederichs M, Failing K (1996):

Vorkommen von Labmagenverlagerung bei Rindern in Hessen.
Dtsch tierärztl Wschr 103; 113-152

Geishauser T, Reiche D, Schemann M (1998):

In vitro motility disorders associated with displaced abomasum in dairy cows.
Neurogastroenterol Mot 10; 395-401

Golenhofer K (1978):

Die myogene Basis der glattmuskulären Motorik.
Klin Wschr 56; 211-224

Gregory PC, Miller SJ, Brewer AC (1985):

The relationship between food intake and abomasal emptying and small intestinal transit time in sheep.
Brit J Nutrition 53; 373-380

Gregory PC, Miller SJ (1989):

Influence of duodenal digesta composition on abomasal outflow, motility and small intestinal transit time in sheep.
Journal of Physiology 413; 415-431

Heuwieser W, Arlt S, Dicty V (2007):

Warum wir entscheiden wie wir entscheiden.
In: Buiatrik am Beginn des 21. Jahrhunderts - aktueller Stand und Perspektiven.
Tagungsband der Deutschen Buiatrischen Gesellschaft - DVG Mai 2007; 39-41

Hopf HC, Struppler A (Hrsg.) (1974):

Elektromyographie: Lehrbuch und Atlas.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 9

Hempen CH (1991):

Die Medizin der Chinesen.
Taschenbuchausgabe, Goldmann Verlag, München; 43-101, 246-254

Huge A, Kreis ME, Jehle EC, Ehrlein HJ, Starlinger M, Becker HD, Zittel TT (1998):

A model to investigate postoperative ileus with strain gauge transducers in awake rats.
Journal of Surgical Research 74; 112-118

Huhn JC, Nelson DR, Constable PD, Morin DE (1998):

Prokinetic properties of Erythromycin Lactobionate in cattle.
Proc XX. World Assoc Buiatr Congr, Sydney

Hummel M (2005):

Elektromyographische Verlaufsuntersuchungen bei Kühen nach operativer Reposition einer linksseitigen Labmagenverlagerung.
Diss. med. vet. Gießen

Imai K, Ariga H, Chen C, Mantyh C, Pappas T, Takahashi T (2008):

Effects of electroacupuncture on gastric motility and heart rate variability in conscious rats.
Autonomic Neuroscience 138; 91-98

Iwa M, Matsushima M, Nakade Y, Pappas TN, Fujimiya M, Takahashi T (2006):

Electroacupuncture at St-36 accelerates colonic motility and transit in freely moving conscious rats.
Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 290; G285-G292

Iwa M, Tateiwa M, Sakita M, Fujimiya M, Takahashi T (2007):

Anatomical evidence of regional specific effects of acupuncture on gastric motor function in rats.
Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical 137; 67-76

Jang KH, Lee JM, Nam TC (2003):

Electroacupuncture and Moxibustion for correction of abomasal displacement in dairy cattle.
J Vet Sci 4; 93-95

Kay RNB (1965):

Movement of Food through the Abomasum.
Wien tierärztl Mschr 5; 539-546

Kaze C, Mevissen M, Hirsbrunner G, Steiner A (2004):

Effect of endotoxins on contractility of smooth muscle preparations from the bovine abomasal antrum.
Dtsch tierärztl Wschr 111; 28-35

Kim HJ, Kwon OK, Nam TC (2000):

Effect of BI-21 (Wei-Yu) acupoint stimulation on gastric motility following preanesthetic treatment in dogs.
J Vet Sci 1; 133-138

Kocyla H (2009):

Praxis der chinesischen Diagnostik.
Kleintiermedizin 9/10; 291-298

Kothbauer O, Meng A (1983):

Grundlagen der Veterinärakupunktur.
Spezielle Akupunktur bei Rind, Schwein und Pferd.
Verlag Welsermühl

Kothbauer O, van Engelenburg GD (2003):

Akupunktur bei Rindern.

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin.

1. Auflage, Urban Fischer München, Jena; 585-596

Kronberg M, Göbeler S, Ohlert S (1994):

Elektrodiagnostik - Ein neues Hilfsmittel der Veterinärmedizin.

Veterinär Spiegel 2/94; 16-23

Kuiper R (1991):

Abomasal diseases.

Bov Pract 26; 111-117

Kuiper R, Breukink HJ (1988):

Myoelectric activity patterns on the abomasal body in the adult cow recorded with stainless steel electrodes.

J Vet Med A 35; 340-346

Laplace JP (1970):

Omaso-abomasal motility and feeding behavior in sheep: A new concept.

Physiology and Behavior 5; 61-65

Lester GD, Bolton JR (1994):

Effect of dietary composition on abomasal and duodenal myoelectrical activity.

Research in Veterinary Science 57; 270-276

Lee JM et al. (1998):

Effect of traditional acupuncture on abomasal motility in Holstein cow.

Korean J Vet Clin Med 15; 151-155

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin - Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.

1. Auflage, Urban und Fischer Verlag; 61-63

Li Y, Tougas G, Chiverton SG, Hunt RH (1992):

The effect of acupuncture on gastrointestinal function and disorders.

Am J Gastroenterol. 87; 1372-1381

Liu XH et al. (1983):

Physiological effects of He-Ne laser on yellow cattle and horse.

J Tradit Chin Vet Med (4); 2-6

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin – Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.

1. Auflage, Urban und Fischer Verlag; 61-63

Liu JH, Yan L, Yi SX, Chang XR, Lin YP, Hu JM (2004):

Effects of electroacupuncture on gastric myoelectric activity and substance P in the dorsal vagal complex of rats.

Neuroscience Letters 356; 99-102

Madison JB, Merritt AM, Rice B, Donovan GA, Lester GD, Tran T (1993):
Influence of an abrupt change in diet on antroduodenal myoelectric activity in lactating cattle.
Am J Vet Res 54; 793-797

Madison JB, Troutt HF (1988):
Effects of hypocalcaemia on abomasal motility.
Res Vet Sci 44; 264-266

Magee HE (1932):
Observations on digestion in the ruminant.
J Exp Biol 9; 409-426

Malbert CH, Ruckebusch Y (1988):
Gastroduodenal motor activity associated with gastric emptying rate in sheep.
Journal of Physiology 401; 227-239

Martens H (1998):
Beziehungen zwischen Fütterung, Physiologie der Vormägen und der Pathogenese der Dislocatio abomasi.
In: Fürll M (Hrsg.),
Proc Internat Workshop über Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik, Prognose, Therapie und Prophylaxe der Dislocatio abomasi.
Leipziger Universitätsverlag 2000; 81-101

Meng ZQ, Garcia MK, Chiang JS, Peng HT, Shi YQ, Fu J, Liu LM, Liao ZX, Zhang Y, Bei WY, Thornton B, Palmer JL, McQuade J, Cohen L (2010):
Electro-acupuncture to prevent prolonged postoperative ileus: a randomized clinical trial.
World J Gastroenterol. 16 (1); 104-111

Meylan M, Eicher R, Röthlisberger J, Steiner A (2002):
Myoelectric activity of the spiral colon in dairy cows.
Am J Vet Res 63; 78-85

Meylan M, Eicher R, Zulauf M, Steiner A (2004):
Myoelectric activity in the intestines of healthy dairy cows during the recovery period after implantation of permanent electrodes.
Am J Vet Res 65; 797-805

Michel A, Mevissen M, Burkhardt HW, Steiner A (2003):
In vitro effects of cisapride, metoclopramide and bethanechol on smooth muscle preparations from abomasal antrum and duodenum of dairy cows.
J vet Pharmacol Therap 26; 413-420

Moore G, Riley WF, Westcott RW, Conner GH (1954):
Displacement of the bovine abomasums.
Vet Med 49; 49-51

Müller H (1953):

Verlagerung und Torsion des Labmagens bei einer Kuh.
Dtsch Tierärztl Wschr 60; 230-232

Nam TC (1997):

Acupuncture therapy in food animals (ed 2).

Seoul 1997, Kwangil Publishing Co, Ltd.

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin – Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.

1. Auflage, Urban und Fischer Verlag; 61-63

Nam TC et al. (1997):

Therapeutic effects of electroacupuncture on rumen disease in cattle.

Korean J Vet Clin Med 14; 147-150

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin – Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.

1. Auflage, Urban und Fischer Verlag; 61-63

Nam TC et al. (1987):

Effects of electroacupuncture on motility of the rumen and abomasums of goats.

Korean J Vet Res 27; 127-135

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin – Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.

1. Auflage, Urban und Fischer Verlag; 61-63

Nelson DR, Petersen GC, Huhn JC, Olson WA (1995):

Electromyography of the reticulum, abomasum and duodenum in dairy cows with left displacement of the abomasums.

J Vet Med A 42; 325-337

Neu-Zuber A (2005):

Myoelektrische Aktivität von Labmagen und proximalem Duodenum bei Milchkühen.

Diss. med. vet. Gießen

NIH Consensus Statement (1997):

Acupuncture.

J Am Vet Med A 280; 1518-1524

Ooms L, Oyaert W (1978):

Electromyographic study of the abomasal antrum and proximal duodenum in cattle.

Zbl Vet Med A 25; 464-473

Ooms L, Vlamincck K, Oyaert W (1978):

An electromyographic study of the postoperative abomasal and duodenal motility of cattle with abomasal displacement to the right.

Vlaams Diergeneesk Tijdschr 47 (2); 113-121

Ouyang H, Yin J, Wang Z, Pasricha PJ, Chen JDZ (2002):

Electroacupuncture accelerates gastric emptying in association with changes in vagal activity.

Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 282; G390-G396

Ouyang H, Xing JH, Chen JDZ (2004):

Electroacupuncture restores impaired gastric accommodation in vagotomized dogs.
Dig Dis Sci 49; 1418-1424

Phillips SF, Wingate DL (2002):

Funktionelle Darmerkrankungen.
Hans-Huber Verlag, Bern, Schweiz

Plaza A, Arruebo MP, Sopena J, Bonafonte JI, Murillo MD (1996):

Myoelectrical activity of the gastrointestinal tract of sheep analysed by computer.
Res Vet Sci 60; 55-60

Poike A, Füll M (1998):

Zur Epidemiologie der Labmagenverlagerung (dislocatio abomasi) in Mitteldeutschland.

In: Füll M (Hrsg.),

Proc Internat Workshop über Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik, Prognose, Therapie und Prophylaxe der Dislocatio abomasi.

Leipziger Universitätsverlag 2000; 29-39

Pravettoni D, Doll K, Hummel M, Cavallone E, Re M, Belloli AG (2004):

Insulin resistance and abomasal motility disorders in cows detected by use of abomasoduodenal electromyography after surgical correction of left displaced abomasums.

Am J Vet Res 65; 1319-1324

Pschyrembel (2002):

Klinisches Wörterbuch.

259. Auflage; De Gruyter, Berlin und New York

Qian L, Peters LJ, Chen JDZ (1999):

Effects of acupuncture on gastric migrating myoelectrical complex in dogs.

Dig Dis Sci 44; 56-62

Reiche D (2000):

Labmagenverlagerung: Physiologie und Pathophysiologie der Labmagenmotorik.

In: Füll M (Hrsg.),

Proc Internat Workshop über Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik, Prognose, Therapie und Prophylaxe der Dislocatio abomasi.

Leipziger Universitätsverlag 2000; 17-27

Rogers PAM (1990):

Clinical experiences with acupuncture: failures and successes.

IVAS Congress, The Netherlands 1990.

<http://med-vetacupuncture.org/english/vet/failsu1.htm>

Rohrbach BW, Cannedy AL, Freemann K, Slenning BD (1999):

Risk factors for abomasal displacement in dairy cows.

J Am Vet Med A 214; 1660-1663

Rolle U, Piotrowska A, Nemeth L, Puri P (2002):

Altered distribution of interstitial cells of Cajal in Hirschsprung disease.
Arch Pathol Lab Med 126; 928-933

Romanski KW (2008):

New approach to the fed pattern: feeding evokes the specific spike burst setting in the small bowel of non-fasted sheep.
Res Vet Sci 85 (2); 324-32

Roussel AJ, Brumbaugh GW, Waldron RC, Baird AN (1994):

Abomasal and duodenal motility in yearling cattle after administration of prokinetic drugs.

Am J Vet Res 55; 111-115

Roussel AJ, Hooper RN, Cohen ND, Bye AD, Hicks RJ, Bohl TW (2000):

Prokinetic effects of erythromycin on the ileum, cecum and pelvic flexure of horses during the postoperative period.

Am J Vet Res 61; 420-424

Ruckebusch Y (1970):

The electrical activity of the digestive tract of the sheep as an indication of the mechanical events in various regions.

J Physiol 210; 857-882

Ruckebusch Y (1977):

Elektromyographische Analyse der Dünndarmmotorik bei Haustieren.

Zbl Vet Med A 24; 1-12

Ruckebusch Y (1980):

Motor functions of the intestine.

Adv Vet Sci Comp Med 25; 345-369

Ruckebusch Y, Bueno L (1977):

Origin of migrating myoelectric complex in sheep.

Am J Physiol 233; E483-E487

Ruckebusch, Y, Kay RNB (1971):

A critical analysis of the motor functions of the stomach in cattle.

Ann Rech veter 2 (I); 99-136

Ruckebusch Y, Pairet M (1984):

Duodenal bulb motor activity in sheep.

Zbl Vet Med A 31; 401-413

Sarna SK (1985):

Cyclic motor activity; Migrating motor complex: 1985.

Gastroenterology 89: 894-913

Schemann M (2000):

Enterisches Nervensystem und Innervation des Magen-Darm-Traktes.
In: Engelhardt W, Breves G (Hrsg.),
Physiologie der Haustiere; Enke Verlag, Stuttgart; 308-317

Schippers E, Braun J, Erhardt W, Schumpelick V (1990):

Frühe postoperative Motilität nach abdominalchirurgischen Eingriffen im Tierexperiment.
Langenbecks Arch Chir 375; 175-180

Schoen AM (Hrsg.), (2003):

Akupunktur in der Tiermedizin – Lehrbuch und Atlas für die Klein- und Großtierbehandlung.
1. Auflage; Urban & Fischer Verlag München, Jena

Shiotani A, Tatewaki M, Hoshino E, Takahashi T (2004):

Effects of electroacupuncture on gastric myoelectrical activity in healthy humans.
Neurogastroenterol Motil 16; 293-298

Svendsen P (1969):

Etiology and pathogenesis of abomasal displacement in cattle.
Nord Vet Med 21 (1); 1-60

Stengärde LU, Pehrson BG (2002):

Effects of management, feeding and treatment on clinical and biochemical variable in cattle with displaced abomasum.
Am J Vet Res 63; 137-142

Stöber M, Wegner W, Lünebrink J (1974):

Untersuchungen über die familiäre Disposition zur linksseitigen Labmagenverlagerung beim Rind.
Dtsch tierärztl Wschr 81; 430-433

Stoffel MH (1996):

Der Labmagen und seine Lagebeziehungen.
Schweiz Arch Tierheilk 138 (2), 337-342

Sustronck B (1998):

Untersuchungen zur Labmagenentleerung bei Rindern.
In: Füll M (Hrsg.),
Proc Internat Workshop über Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik, Prognose, Therapie und Prophylaxe der Dislocatio abomasi.
Leipziger Universitätsverlag 2000; 113-126

Szurszewski JH (1969):

A migrating electric complex of the canine small intestine.
Am J Physiol 217 (6); 1757-1763

Tabosa A, Yamamura Y, Forna ER, Mello LEAM (2002):

Effect of the acupoints St-36 (Zusanli) and Sp-6 (Sanyinjiao) on intestinal myoelectric activity of Wistar rats.

Braz J Med Biol Re. 35; 731-739

Takahashi T (2006):

Acupuncture for functional gastrointestinal disorders (review).

J Gastroenterol 41; 408-417

Tatewaki M, Harris M, Uemura K, Ueno T, Hoshino E, Shiotani A, Pappas T, Takahashi T (2003):

Dual effects of acupuncture on gastric motility in conscious rats.

Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 285; R862-R872

Tipler PA (2000):

Akustik: Harmonische Analyse und Synthese.

In: Tipler PA

Physik.

3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford

Trautmann A, Hill H (1949):

Zur motorischen Funktion des Labmagens.

Tierärztliche Umschau 1949; 183-185

Ungemach FR (2006):

Magen-Darm-wirksame Pharmaka.

In: Löscher W, Ungemach FR, Kroker R (Hrsg.),

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren.

7. Auflage, Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co.KG; 217

Van Engelenburg GD (2003):

Praktische Erfahrungen mit der Rinderakupunktur.

In: Schoen AM (Hrsg.), Akupunktur in der Tiermedizin.

1. Auflage, Urban und Fischer München, Jena: 594-596

Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 (EG-Öko-Basisverordnung):

Über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologisch/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91.

<http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>

Verordnung (EU) Nr. 37/2010 der Kommission vom 22. Dezember 2009:

Über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs.

<http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>

Vlaminck K, Oyaert W, Ooms L (1978):

Electromyographic study of the pyloric region in cows after surgical treatment of dislocation of the abomasum to the right.

Vlaams Diergeneesk Tijdschr 48 (2); 131-139

Vlaminck K, Van Den Hende C, Oyaert W, Muylle E (1984):

Studies on abomasal emptying in cattle.

I. Correlation between abomasal emptying, electromyographic activity and pressure changes in the abomasum.

Zbl Vet Med A 31; 561-566

Vlaminck K, van Meirhaeghe H, van den Hende C, Oyaert W, Muylle E (1985):

Einfluss von Endotoxinen auf die Labmagenentleerung beim Rind.

Dtsch tierärztl Wschr 92; 392-395

Waldhausen JHT, Shaffrey ME, Skenderis BS, Jones RS, Schirmer BD (1989):

Gastrointestinal myoelectric and clinical patterns of recovery after laparotomy.

Ann Surg Vol 211, No 6; 777-784

Weitz M (2006):

Messung und Analyse myoelektrischer Signale.

Diplomarbeit, Universität Kassel; 24-31

Westermayer E (1993):

Instrumentarium und Technik der Akupunktur.

In: Westermayer E (Hrsg.), Lehrbuch der Veterinärakupunktur.

Karl F. Haug Verlag Heidelberg

Wittek T, Schreiber K, Füll M, Constable PD (2005):

Use of the D-xylose absorption test to measure abomasal emptying rate in healthy lactating Holstein-Friesian cows and in cows with left displaced abomasum or abomasal volvulus.

J Vet Intern Med 19; 905-913

Wolffram S (1996):

Motorik, Verdauungs- und Sekretionsprozess der Vormägen und des Labmagens – eine kurze Übersicht.

Schweiz Arch Tierheilk 138 (7); 343-350

Wolf V, Hamann H, Scholz H, Distl O (2001):

Einflüsse auf das Auftreten von Labmagenverlagerungen bei Deutschen Holstein Kühen.

Dtsch Tierärztl Wschr 108; 403-408

Wyburn RS (1980):

The mixing and propulsion of the stomach contents of ruminants.

In: Ruckebusch Y (Hrsg.),

Digestive physiology and metabolism in ruminants.

Westport, Conn., AVI Publ. Co.; 35-51

Yin J, Chen JDZ (2010):

Gastrointestinal motility disorders and acupuncture.

Auton Neurosci 157 (1-2); 31-37

9 ANHANG

9.1 Patientenübersicht

Tabelle 5: Übersicht über Rasse, Alter, Erkrankungsdauer und Auftreten der Labmagenverlagerung in zeitlichem Abstand zur Kalbung der Studentiere der Akupunktur- (A) und Kontrollgruppe (K). Die gekennzeichneten Kühe (*) wurden als „drop out“ gewertet.

Tier-Nr.	Kliniks-Nr.	Ohrmarken- endnummer	Rasse	Alter (Jahre)	Krankheits- dauer (Tage)	Auftreten p. p. (Wochen)	Studien- gruppe
1	34/05	04507	HSB	6	8	1 (8d)	A
2	60/05	71749	HSB	5	3	4-6	K
3	91/05	64831	HSB	6,5	3-4	2	A
4	107/05	08656	HSB	2,5	einige	2	K
5	122/05	59581	HRB	7	2	3	K
*6	219/05	34532	HSB	3,25	8	1 (8d)	(A)
7	274/05	64565	HRB	6,5	1	3,5 Monate	K
8	290/05	91810	HSB	8	22	3	A
9	324/05	66527	HSB	4	1	1 (4d)	A
10	344/05	36000	HSB	3,25	14	ca. 6	K
11	410/05	74833	HSB	4	7	2	K
12	431/05	24251	HSB	4,5	28	6	A
13	445/05	46271	HSB	7,5	1	1 (8d)	K
14	459/05	73254	HSB	5	ca. 60	ca. 8	A
15	491/05	88737	HSB	5	10	2,5	A
16	542/05	47749	HSB	3,25	5	3	K
17	558/05	14812	HSB	7,5	3-4	1 (9d)	A
18	570/05	58554	HSB	5,25	2	3	K
*19	580/05	94899	HSB	4,75	21	3	(A)
20	636/05	86415	HSB	2,75	1	2	K

Tier-Nr.	Kliniks-Nr.	Ohrmarken- endnummer	Rasse	Alter (Jahre)	Krankheits- dauer (Tage)	Auftreten p. p. (Wochen)	Studien- gruppe
21	678/05	66279	HSB	2,5	8	1 (8d)	K
22	668/05	80668	HSB	5,25	3	0,5 (3d)	A
23	15/06	75415	HSB	7,25	15	2	K
24	24/06	32405	HSB	2	3	4	A
25	68 /06	29241	HRB	7	9	1,5 (10d)	A
26	100/06	23968	HSB	6,5	6	1	K
27	129/06	31053	HRB	4	2	1,5	A
28	140/06	96609	HSB	5	3	5	K
29	143/06	15042	HSB	6,25	42	7,5	A
30	164/06	58616	HSB	5	5	2	K
31	160/06	13222	HSB	4,25	0,5	3,5	A
32	238/06	30725	HRB	2,25	1	3	K
33	255/06	55672	HSB	4	8	1 (8d)	A
34	269/06	50124	HSB	6,5	3-4	2	K
35	280/06	92277	HRB	7	12	2	K
36	306/06	24973	HSB	2,75	14	3	A
37	249/06	67543	HSB	2,5	2	1 (5d)	A
38	357/06	19752	HSB	6,5	7	2	K
39	390/06	82951	HRB	4,5	7	4	K
40	388/06	95391	HSB	5,5	4	0,5 (4d)	A
41	424/06	06312	HRB	5	3	3	K
42	493/06	94533	HRB	4,5	3	2	A
43	511/06	68651	HSB	2,5	1	3	A
44	545/06	71238	HSB	4,25	1	1,5 (12d)	K
45	558/06	85993	HSB	3	4	3,5	A
46	622/06	80734	HSB	8	1	1,5 (10d)	K
47	650/06	15237	HSB	5,25	4	2,5	A
48	651/06	48432	HSB	2,5	11	1,5 (11d)	K

Tier-Nr.	Kliniks-Nr.	Ohrmarken- endnummer	Rasse	Alter (Jahre)	Krankheits- dauer (Tage)	Auftreten p. p. (Wochen)	Studien- gruppe
49	657/06	55382	HSB	7	2,5	2	A
50	16/07	97713	HSB	2,5	0	keine Angaben	K
51	193/07	50085	HSB	8	2	4	A
52	230/07	06351	HSB	7	3	3	K
53	260/07	07148	HSB	3,5	2	0,5 (2d)	A
54	258/07	22725	HSB	3,5	2	0,5 (4d)	K
55	294/07	67508	HSB	3,75	2	2	A
56	297/07	43018	HSB	8,5	3	0,5 (3d)	K
57	333/07	94756	HSB	5	1	1,5 (12d)	K
58	352/07	87159	HSB	5	14	7	A
59	361/07	57394	HSB	6	14	2	K
60	339/07	35167	HRB	7	1	1	A

9.2 Aufklärungsbogen

Aufklärung zur Teilnahme an den Untersuchungen zur Wirkung einer Akupunkturtherapie bei Motilitätsstörungen des Labmagens in Verbindung mit einer Labmagenverlagerung

Bei dem an der Studie teilnehmenden Tier wird zunächst die linksseitige Labmagenverlagerung operativ beseitigt. Zur Verwendung kommt die Hannoversche Methode, bei der die Bauchhöhle von der rechten Seite eröffnet und der Labmagen durch Befestigung des Netzes an der Bauchwand mittels eines Knopfes fixiert wird. Zur Aufzeichnung der Labmagenmotilität werden dem Tier während der Operation drei Elektrodenpaare in die Muskulatur des Magenausganges eingesetzt.

Nach der Operation wird das Tier über einen Zeitraum von sieben Tagen in der Klinik aufgestellt und in dieser Zeit untersucht. Bei Tieren der Versuchsgruppe erfolgt an den Tagen 1 und 4 nach der Operation eine Akupunkturbehandlung. Bei den Tieren der Kontrollgruppe entfällt dies. Während des Untersuchungszeitraums wird die Labmagenmotilität aller Tiere in regelmäßigen Abständen über elektromyographische Messungen kontrolliert.

Nach Abschluss der Untersuchungen werden die Elektroden gezogen und geheilte Tiere wieder nach Hause entlassen.

Der bei Einbeziehung eines Patienten in diese Studie anfallende zeitliche und therapeutische Mehraufwand wird dem Tierbesitzer nicht in Rechnung gestellt.

Der/ Die Patientenbesitzer/in hat das Recht, die Einwilligung ohne Angabe von Gründen und ohne Inkaufnahme von Nachteilen jederzeit zurückzuziehen.

9.3 Zustimmungsbogen

**Einverständniserklärung zur Einbeziehung meines Tieres
in die Untersuchungen zur Wirkung einer Akupunkturtherapie
bei Motilitätsstörungen des Labmagens in Verbindung
mit einer Labmagenverlagerung**

Ich _____ (Name in Druckbuchstaben)

stimme der Einbeziehung meines Tieres _____
(Ohrmarkennummer Kuh) in die kontrollierte klinische Studie über die Wirkung einer
Akupunkturbehandlung bei Labmagenverlagerung an der Klinik für Wiederkäuer und
Schweine zu.

Mir ist bekannt, dass die Einteilung in die Behandlungsgruppen zufällig erfolgt und
ich damit keinen Einfluss auf die Behandlungsart (mit oder ohne Akupunktur) besitze.

Ort/Datum: _____

Unterschrift: _____

9.4 Aufnahmedaten

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____

Datum: _____

Besitzerdaten	
Besitzer:	
Adresse:	
Telefon:	
Bestandsdaten	
Größe (Anzahl Milchkühe):	Durchschnittliche Milchleistung (kg):
Haltung:	Fütterung:
IBR-Status:	BVD- Status:
Signalement	
Rasse:	Alter:
Gewicht (kg):	Ohrmarken-Nr.: DE
Sonstiges:	
Anamnese	
Krank seit:	Einstellungsdatum:
Letzte Kalbung:	Trächtigkeit:
Symptome:	
Vorbehandlung:	

9.5 Untersuchungsprotokoll

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Allgemeine klinische Untersuchung								
Haltung								
Verhalten								
Ernährungs- zustand								
Herzfrequenz								
Atemfrequenz								
Körper- temperatur								
Haare, Haut, Schleimhäute, Lymphapparat								
Haare								
Haut								
Hautturgor								
Bulbi								
Schleimhäute								
Lymphknoten								

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____ Datum: _____

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Herz, Kreislauf								
Intensität								
Regelmäßigkeit								
Abgesetztheit								
Neben-geräusche								
Episkleral-gefäße								
Venen								
Atmungsapparat								
Atemtyp								
Geräusche								
Nasen-ausfluss								
Husten								
Lungen-auskultation								
Lungen-perkussion								

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____ Datum: _____

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Verdauungsapparat								
Appetit								
Pansenmotorik								
Pansenfüllung								
Pansen-schichtung								
PA links/rechts								
SA links/rechts								
Bauchdecken-spannung								
Fremdkörper-Proben								
Leber-dämpfung								
Kot: Menge & Farbe								
Kot: Konsistenz/ Zerkleinerung/ Beimengungen								

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____ Datum: _____

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Harnapparat								
Harn:								
Farbe								
Harn:								
Transparenz								
Harn:								
Spez. Gewicht								
Harn:								
pH-Wert								
Ketonkörper								
Geschlechtsapparat								
Euterpalpation								
Eutersekret								
CMT								
Bewegungsapparat								
Gelenke & Sehnen								

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____ Datum: _____

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Nervensystem								
Sensorium & Reflexe								
Rektalbefunde								
Unterdruck								
Bauchfell								
Lymphknoten								
Nieren								
Pansenfüllung								
Panseninhalt								
Uterusgröße								
Uterusinhalt								

Patienten-Nr.: _____ Los-Nr.: _____ Verteilungsgruppe: _____ Datum: _____

Parameter	OP-Tag	1. Tag p. op.	2. Tag p. op.	3. Tag p. op.	4. Tag p. op.	5. Tag p. op.	6. Tag p. op.	7. Tag p. op.
Sonstiges								
Diagnosen								
Therapiemaßnahmen								

9.6 Hauptzielvariablen

Tabelle 6: Übersicht über die Ergebnisse der myoelektrischen Gesamtaktivität an der Pars pylorica des Labmagens. Aufgeführt sind die Mittel- (MW) und Maximalwerte (MX) des Gesamtintegrals, der Anzahl, der Amplitude und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Aktionspotentiale pro Stunde über die jeweiligen Messtage 1, 3, 5 und 7 des postoperativen Untersuchungszeitraums. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Form der geometrischen (\bar{x}_g) bzw. arithmetischen (\bar{x}) Mittelwerte mit Streufaktoren (SF) bzw. Standardabweichungen (s).

Gesamtintegral in mVs pro Stunde								
Messtag p. op.	Akupunkturgruppe				Kontrollgruppe			
	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF
1	171,96	2,13	255,95	116,88	146,39	1,91	226,18	104,58
3	154,36	2,42	269,80	106,97	137,41	2,04	209,68	93,87
5	140,77	2,05	203,99	94,74	155,74	2,72	349,16	122,33
7	175,21	2,29	291,70	122,92	158,35	2,12	276,41	116,54

Anzahl Aktionspotentiale pro Stunde								
Messtag p. op.	Akupunkturgruppe				Kontrollgruppe			
	MW \bar{x}	s	MX \bar{x}	s	MW \bar{x}	s	MX \bar{x}	s
1	91,56	60,28	139,22	72,36	102,82	53,73	161,57	59,83
3	65,01	49,92	103,48	64,88	77,55	48,14	125,34	64,29
5	60,17	45,28	95,78	62,77	66,65	49,14	108,02	69,46
7	76,60	47,13	117,60	59,85	89,04	52,15	136,84	65,70

Mittlere Amplitude in mV pro Stunde

Messtag p. op.	Akupunkturgruppe				Kontrollgruppe			
	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF
1	0,81	1,54	1,05	1,89	0,82	1,54	1,10	1,97
3	0,82	1,62	1,08	2,03	0,84	1,63	1,12	2,08
5	0,78	1,52	1,01	1,87	0,84	1,56	1,11	1,97
7	0,82	1,50	1,04	1,81	0,78	1,40	0,99	1,69

Mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit in cm/s pro Stunde

Messtag p. op.	Akupunkturgruppe				Kontrollgruppe			
	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF	MW \bar{x}_g	SF	MX \bar{x}_g	SF
1	0,41	2,83	0,63	3,23	0,49	2,26	0,73	2,65
3	0,37	3,43	0,60	4,13	0,49	2,70	0,80	3,25
5	0,34	3,07	0,56	3,58	0,36	2,62	0,57	3,06
7	0,39	2,37	0,61	2,70	0,37	2,13	0,56	2,39

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. habil. Klaus Doll für die Überlassung des Themas, für das in mich gesetzte Vertrauen und für seine Unterstützung beim Fertigstellen der Dissertationsschrift.

Ich danke Herrn Dr. Klaus Failing von der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung für die Beratung und Hilfe bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten.

Ich danke Herrn Dipl. Ing. Jens Keck und Herrn Dr. Peter Häuptle von der Hochschule Heilbronn (Arbeitsgruppe Elektronik- und Informationstechnik) für die fachliche Unterstützung bei der Datenanalyse.

Ich danke den Mitarbeitern der Klinik für Wiederkäuer, insbesondere meinen Kolleginnen Dr. Marlene Sickinger und Uschi Schwarz, sowie meinen Mitdoktoranden für die gemeinsame Zeit an der Rinderklinik.

Weiterhin danke ich auch all jenen, die mich auf vielfältige Weise unterstützt haben und so zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zuletzt gebührt ein herzlicher Dank meinen Eltern und Geschwistern, insbesondere jedoch meiner Familie ohne deren Unterstützung, Verständnis und Rückhalt das Studium und die Promotion nicht möglich gewesen wären.

Erklärung

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFBENGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6057-2



9 783835 960572

