

The background image shows two brown horses standing in a stable aisle. The aisle is paved with light-colored concrete or stone. The walls are dark wood, and there are light blue doors or panels on either side. The roof is a reddish-brown corrugated metal. The lighting is bright, suggesting an outdoor or well-lit indoor environment.

Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden in Auslaufhaltungssystemen mit verschiedenen Bewegungsangeboten

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gundula Hoffmann

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Auflage 2008

© 2008 by Verlag: **Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft Service GmbH**, Gießen
Printed in Germany

ISBN 978-3-939902-73-7

Verlag: DVG Service GmbH
Friedrichstraße 17
35392 Gießen
0641/24466
geschaeftsstelle@dvg.net
www.dvg.net

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: Prof. Dr. Georg Erhardt

und

dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung
der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig
Betreuer: Prof. Dr. agr. habil. Franz-Josef Bockisch

Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden in Auslaufhaltungssystemen mit verschiedenen Bewegungsangeboten

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Gundula Hoffmann
Tierärztin aus Wolfenbüttel

Gießen 2008

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

Dekan: Prof. Dr. Dr. habil. G. Baljer

Gutachter: Prof. Dr. G. Erhardt
Prof. Dr. agr. habil. F.-J. Bockisch

Tag der Disputation: 26. Mai 2008

Meiner lieben Familie

VORWORT

In Deutschland hat die Pferdehaltung stark an Bedeutung zugenommen. So ist die Anzahl der Pferde seit Anfang der 90er Jahre von rund 350 000 auf derzeit etwa 1,2 Mio. angestiegen. Bis zu 90 % dieser Pferde werden für Freizeit- und (Freizeit)Sportzwecke genutzt. 80 bis 90 % der Tiere werden allerdings in Varianten von Einzelboxensystemen – meistens ohne Auslauf – gehalten; das bedeutet, dass viele dieser Pferde nicht genügend Bewegungsmöglichkeiten haben. Zudem werden sie häufig nicht täglich durch genügend „Arbeit“ gefordert, wie es z. B. früher bei Arbeitspferden der Fall war. Daher sollte es ein Ziel sein, Haltungssysteme für Pferde so zu gestalten, dass innerhalb des Systems möglichst viele Bewegungsmöglichkeiten bestehen bzw. induziert werden.

Bislang sind unterschiedliche Pferdehaltungssysteme mit Ausläufen im direkten Vergleich nicht systematisch und komplex hinsichtlich Bewegungsaktivität und Stressbelastung untersucht worden. Solche Informationen sind aber dringend notwendig, da in den überwiegenden Fällen der heutigen Pferdehaltung – speziell unter den Bedingungen der Pensionspferdehaltung – tägliche und ausreichende Bewegung nicht immer sicher gestellt werden. Daher stellt sich automatisch die Frage nach der notwendigen Größe von Auslaufsystemen bzw. nach der Gesamtgestaltung von Bau- und Verfahrenstechniken für die Pferdehaltung, damit innerhalb der Haltungssysteme das notwendige Bewegungsangebot gewährleistet werden kann.

Mit diesen grundlegenden Fragestellungen hat sich Frau Gundula HOFFMANN in der vorliegenden Dissertationsschrift komplex und intensiv beschäftigt. Die Versuche wurden am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL konzipiert, durchgeführt und ausgewertet; für den praktischen Teil stand dafür die neue Versuchsanlage für Pferdehaltungsversuche zur Verfügung, in der in der Regel 12 Hannoveraner Warmblutstuten in verschiedenen Haltungssystemen gleichzeitig gehalten werden. Weitere Besonderheiten bei der vorliegenden Studie sind, dass intensiv verschiedene Gruppenhaltungssysteme mit Ausläufen und weiteren Bewegungsangeboten verglichen wurden. Hinzu kommt, dass die Beurteilung der Varianten im Wesentlichen anhand vier verschiedener Kriterienkomplexe auf Einzeltierbasis vorgenommen wurde: Analyse der Herzfrequenzvariabilität, Bestimmung von Cortisolmetaboliten, Analyse der Bewegungsaktivität mittels Pedometer- und Videodaten.

Mit dieser Arbeit hat Frau HOFFMANN einen wichtigen Beitrag geleistet, um zukünftig Pferdehaltungssysteme mit Ausläufen zu verbessern. Der Versuchsansatz ist innovativ und die Auswertungen führen zu zahlreichen neuen Erkenntnissen. Viele der neuen Informationen können schon jetzt direkt in die Praxis umgesetzt werden. Auch gibt es zahlreiche Hinweise für zielgerichtete weiterführende Untersuchungen, um Pferdehaltungssysteme zukünftig weiter zu entwickeln. Dies ist auf das Engagement der Autorin bei der Realisierung dieser Arbeit zurück zu führen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG.....	1
1.1 PROBLEMSTELLUNG	1
1.2 ZIELSETZUNG	2
2 LITERATUR	3
2.1 NATÜRLICHER LEBENSRAUM DER EQUIDEN	3
2.2 DOMESTIZIERUNG DER PFERDE	4
2.3 GEGENWÄRTIGE SITUATION IN DER PFERDEHALTUNG	5
2.3.1 Nutzung der Pferde	5
2.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung	7
2.4 PFERDEHALTUNGSSYSTEME.....	8
2.4.1 Ständerhaltung	9
2.4.2 Einzelboxenhaltung	10
2.4.3 Gruppenhaltung.....	11
2.4.4 Empfohlene Mindestabmessungen	14
2.4.5 Ansprüche des Pferdes und Anforderungen des Pferdehalters an tiergerechte Haltungsverfahren.....	15
2.4.6 Beurteilung der verschiedenen Haltungssysteme.....	18
2.4.7 Schlussfolgerungen „Pferdehaltungssysteme“	22
2.5 HALTUNGSBEDINGTE ERKRANKUNGEN BEIM PFERD	23
2.5.1 Erkrankungen des Bewegungsapparates.....	23
2.5.2 Erkrankungen des Atmungsapparates.....	24
2.5.3 Erkrankungen des Verdauungsapparates	25
2.5.4 Erkrankungen des Stoffwechsels.....	25
2.5.5 Verhaltensstörungen.....	26
2.5.6 Die häufigsten Erkrankungen und Abgangsursachen bei Pferden	28
2.5.7 Schlussfolgerungen „Haltungsbedingte Erkrankungen beim Pferd“	30
2.6 PFERDEVERHALTEN.....	31
2.6.1 Das natürliche Verhalten der Pferde	31
2.6.2 Sozialverhalten unter natürlichen Bedingungen und bei Stallhaltung	31
2.6.3 Komfortverhalten	32
2.6.4 Ruheverhalten	33
2.6.5 Bewegungsverhalten unter natürlichen Bedingungen und bei Stallhaltung	34
2.6.5.1 Bedeutung der Bewegung.....	34
2.6.5.2 Anteil der Bewegung am Zeitbudget	36
2.6.5.3 Täglich zurückgelegte Wegstrecken.....	38
2.6.5.4 Bewegungsaktivität in Abhängigkeit vom Haltungsverfahren	40
2.6.5.5 Bewegung durch eine Führanlage.....	42
2.6.6 Schlussfolgerungen „Pferdeverhalten“	43

Inhaltsverzeichnis

2.7	BEURTEILBARKEIT DES STRESSVERHALTENS.....	44
2.7.1	Was ist Stress?.....	44
2.7.2	Befindlichkeit von Tieren.....	45
2.8	QUANTIFIZIERUNG DES STRESSVERHALTENS UND DER BEWEGUNGSAKTIVITÄT BEI PFERDEN.....	47
2.8.1	Messung der Herzfrequenzvariabilität.....	47
2.8.1.1	Physiologische Grundlagen der Herzfrequenzvariabilität.....	47
2.8.1.2	Analytische Parameter der Herzfrequenzvariabilität.....	50
2.8.1.3	Anwendung der Herzfrequenzvariabilität bei Tieren.....	57
2.8.2	Bestimmung von Cortisolmetaboliten.....	59
2.8.3	Videoauswertung und Verhaltensbeobachtungen.....	63
2.8.4	Pedometer.....	64
2.9	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DER LITERATURÜBERSICHT.....	66
3	MATERIAL UND METHODEN.....	68
3.1	DEFINITION DER VERWENDETEN BEGRIFFE.....	68
3.2	VERSUCHSRAHMENBEDINGUNGEN.....	70
3.2.1	Versuchsanlage.....	70
3.2.1.1	Einzelbox mit Auslauf.....	71
3.2.1.2	Gruppen-Auslaufhaltung.....	72
3.2.2	Zusätzliche Bewegungsangebote.....	73
3.2.2.1	Unbegrünte Koppel.....	73
3.2.2.2	Weide.....	74
3.2.2.3	Freilauf-Führanlage.....	74
3.2.3	Erfasste Pferde.....	76
3.2.4	Tierkennzeichnung, Nachtbeleuchtung und Insektenabwehr.....	77
3.2.5	Tagesablauf und Fütterung der Pferde.....	78
3.2.6	Kontrolle der Pferdegesundheit und Wettererfassung.....	80
3.3	VERSUCHSAUFBAU.....	81
3.3.1	Eingewöhnung der Pferde.....	81
3.3.2	Variante I: Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot.....	83
3.3.3	Variante II: Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot.....	84
3.3.4	Variante III: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrünten Koppel.....	84
3.3.5	Variante IV: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide.....	84
3.3.6	Variante V: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung in einer Freilauf-Führanlage.....	84
3.3.7	Weiterführender Versuch.....	86
3.4	VERSUCHSZEITRAUM.....	87
3.5	ERFASSUNGSMETHODEN.....	88
3.5.1	Aufzeichnung und Analyse der Herzfrequenzvariabilität.....	88
3.5.2	Bestimmung der Cortisolmetaboliten im Pferdekot.....	95
3.5.3	Videoauswertung.....	100
3.5.4	Erfassung der Bewegungsaktivität und des Liegeverhaltens mit ALT-Pedometern.....	103

Inhaltsverzeichnis

3.6 STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	106
4 ERGEBNISSE.....	108
4.1 HERZFREQUENZVARIABILITÄT.....	109
4.1.1 Auswertung der HF-Werte.....	110
4.1.2 Auswertung der SD2-Werte.....	117
4.2 CORTISOLMETABOLITEN.....	125
4.3 BEWEGUNGSAKTIVITÄT UND LIEGEVERHALTEN.....	133
4.3.1 Durch Videoanalyse erfasste Bewegungs- und Liegedauer.....	133
4.3.2 Mit ALT-Pedometern gewonnene Messergebnisse der Bewegungsaktivität und Liegedauer.....	141
4.3.3 Gemessene Bewegungsaktivität in einem weiterführenden Versuch ...	156
4.4 ZUSÄTZLICHE BEOBACHTUNGEN.....	158
4.4.1 Einfluss der Rangordnung auf das Verhalten der Pferde während der Versuche.....	158
4.4.2 Visuelle Zusatzbeobachtungen während der einzelnen Varianten.....	159
4.5 ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE.....	162
5 DISKUSSION.....	164
5.1 DISKUSSION DES VERSUCHSDESIGNS.....	164
5.2 DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	171
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN BEZÜGLICH DER ERHOBENEN UNTERSUCHUNGSBEFUNDE.....	184
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	191
8 SUMMARY.....	194
9 LITERATURVERZEICHNIS.....	197

ANHANG

I ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	I
II TABELLENVERZEICHNIS.....	IV
III ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VI
IV BEZUGSQUELLEN FÜR CHEMIKALIEN UND ANTIKÖRPER.....	VII
V LÖSUNGEN UND PUFFER.....	VIII

DANKSAGUNG

ERKLÄRUNG

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Haltung von Pferden als Freizeitpartner des Menschen erfreut sich großer Beliebtheit, erfüllt jedoch nicht immer die natürlichen Bedürfnisse der Pferde, was sich in einem gehäuften Auftreten haltungsbedingter Erkrankungen widerspiegelt. Noch immer stellt die Unterbringung in Einzelboxen die häufigste Pferdehaltungsform dar, wobei sie nur einen eingeschränkten Sozialkontakt zu Artgenossen und wenig Wahlmöglichkeiten in Bezug auf den Aufenthaltsort bieten kann. Hinzu kommt, dass ein Reitpferd durchschnittlich eine Stunde pro Tag bewegt wird und nicht selten bis zu 23 Stunden täglich in seiner Unterkunft verbringt, sodass der Optimierung der Pferdehaltungssysteme eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Eine entscheidende Verbesserung und Anpassung an das natürliche Verhalten der Pferde wurde bereits durch die Gruppenhaltung in Mehrraum-Auslaufhaltungssystemen erreicht, welche neben der Weidehaltung als eine der artgerechtesten Haltungsformen gilt (HENNING 2004). Das Pferd befindet sich in Herdengesellschaft und kann sich im Auslauf frei bewegen. Die Gruppenauslaufhaltung trägt daher dem grundlegenden Wandel der Pferdenutzung vom regelmäßig genutzten Arbeitstier zum meist nur noch unregelmäßig beanspruchten Freizeitbegleiter am konsequentesten Rechnung (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998). Untersuchungen am ehemaligen Institut für landwirtschaftliche Bauforschung (FAL Braunschweig) mit Haflingern in solch einer Haltungsform konnten bereits aufzeigen, dass die Fütterungsfrequenz und die Weglänge zu den Fressplätzen einen höheren Einfluss auf die zurückgelegten Wegstrecken innerhalb des Haltungssystems haben, als die Möglichkeit der freien Bewegung im Haltungssystem (FRENTZEN 1994).

Unter welchen Bedingungen die Haltung von Pferden in Auslaufhaltungen allerdings dem Bewegungsbedürfnis der Pferde gerecht wird und in welcher Form das tägliche Stress- und Bewegungsverhalten der Pferde durch zusätzliche Bewegungsangebote beeinflusst wird, scheint indes noch nicht ausreichend untersucht.

1.2 Zielsetzung

Bei vielen Pferdebesitzern ist die landläufige Meinung verbreitet, dass ein Pferd aus einem Haltungssystem mit angrenzendem Auslauf weniger beschäftigt werden muss, da es sich selbst genügend Bewegung verschaffen kann, wenn der Paddock groß genug ist. Daher soll in dieser Untersuchung der Frage nachgegangen werden, ob eine Auslaufhaltung mit großer frei zugänglicher Lauffläche den Pferden tatsächlich ausreichende Bewegungsanreize bietet und das Bewegungsbedürfnis der Pferde deckt, auch wenn sie nicht jeden Tag bewegt werden. Zudem soll geklärt werden, welchen Einfluss die Auslaufgröße auf die Bewegungsaktivität der Pferde hat und wie sich ein zusätzliches Bewegungsangebot auf das Wohlbefinden der Pferde und ihr Bewegungsverhalten auswirkt.

Ziel der Untersuchung ist es daher, die Bewegungsaktivität von Pferden einer Gruppen-Auslaufhaltung zu bestimmen und daraus die Bewegungsdauer zu ermitteln, das heißt die Zeit, die die Pferde tatsächlich mit Fortbewegung verbringen. Dabei findet auch ein Vergleich von drei zusätzlichen Bewegungsangeboten in Form von Weide, unbegrünter Koppel und Freilauf-Führanlage statt. Neben dem Bewegungsverhalten wird das Stressverhalten der Pferde untersucht.

Zum Vergleich der Ergebnisse findet außerdem eine Analyse des Bewegungs- und Stressverhaltens bei Pferden einer Einzelhaltung mit angrenzendem Auslauf statt.

Abschließend sollen Empfehlungen gegeben werden, welches Bewegungs- und Platzangebot den Bewegungsbedarf der Pferde decken kann, um zu einer Verbesserung der Pferdehaltung hinsichtlich der Tiergerechtigkeit und der Prävention von haltungsbedingten Krankheiten beizutragen.

Anfangs bedarf es aber zunächst einer Betrachtung, welche Anforderungen an ein Haltungssystem aus ethologischer und physiologischer Sicht gestellt werden, um eine Beurteilung hinsichtlich der Haltung von Pferden und der Bewegungsangebote vornehmen zu können. Eine Darstellung der Lebenssituation der Pferde und der derzeit üblichen Haltungssysteme soll daher als eine Einführung in die Thematik dienen, wobei die jeweiligen Vor- und Nachteile unter dem Gesichtspunkt ethologischer und gesundheitlicher Zusammenhänge beschrieben werden.

2 Literatur

2.1 Natürlicher Lebensraum der Equiden

Um ein Tier zu verstehen, es artgerecht zu halten und seine Bedürfnisse erfüllen zu können, sind Kenntnisse über dessen Psychologie, über dessen Wesen, kurz über dessen Ethologie Voraussetzung. Als Grundlage für wissenschaftliche Anwendungen wird daher das natürliche Verhalten einer Tierart in freier Wildbahn oder zumindest unter seminaturalen Bedingungen studiert; das Verhalten also, das die Tiere unter sich und ohne Beeinflussung durch den Menschen zeigen (RIEDER et al. 2006).



Abbildung 1: Przewalskipferde im Gobi Nationalpark, Mongolei (Foto: Zimmermann)

Heutzutage gibt es keine wirklich wild lebenden Pferde mehr. Aber in den letzten Jahren haben vermehrt Bemühungen stattgefunden, Przewalskipferde (Abb. 1) auszuwildern und es werden verschiedene Studien über ihr Verhalten durchgeführt (WARAN 2001). Entdeckt wurden die Przewalskipferde 1878 und ihr ursprünglicher Lebensraum sind die Wüsten

und Halbwüsten im Südwesten der Mongolei, die nur spärlich mit Steppenpflanzen bewachsen sind. Die durchschnittlichen Temperaturen betragen im Winter -15 bis -18 °C und im Sommer 20 bis 25 °C. In der heißesten Zeit steigen sie auf 40 °C. Die Niederschlagsmenge ist gering, natürliche Wasserreserven sind wegen der Trockenheit knapp und die wenigen offenen Wasserstellen sind für die Przewalskipferde lebensentscheidend. Seit 1970 gilt das Przewalskipferd in der Natur als ausgestorben und nur in zoologischen Gärten und Tierparks können sie überleben (CLAUDE 1998; ZIMMERMANN 2005).

Pferde sind von der stammesgeschichtlichen Entwicklung sozial lebende, hochspezialisierte Fluchttiere aus Steppengebieten, deren natürlicher Lebensraum unter freiem Himmel liegt. Aus diesem Umfeld sind grundlegende Verhaltensweisen und physiologische Körperfunktionen geprägt, wie die hohe Sensibilität gegenüber Umweltreizen, eine schnelle Flucht vor angreifenden Feinden, große Ausdauer

durch einen leistungsfähigen Atmungsapparat sowie ein auf kontinuierliche Zufuhr rohfaserreicher Futterstoffe ausgerichtetes Verdauungssystem und eine starke Hitze- / Kältetoleranz (PIRKELMANN 2002a).

Frei lebende Equiden haben unterschiedlich große Aktionsräume, je nachdem, ob sie jahreszeitliche Wanderungen durchführen oder ortstreu sind. Einen Überblick über die Größe der Aktionsräume gibt die Tabelle 1.

Tabelle 1: Aktionsräume frei lebender Equiden (nach ARNEMANN 2003)

Equidenart	Geographischer Lebensraum	Größe des Aktionsraumes	Autor
Steppenzebra	Ngorongoro-Krater, Afrika	80 – 200 km ²	KLINGEL (1972)
Mustang	Pryor Mountains, Montana, USA	25 km ²	FEIST und McCULLOUGH (1976)
Mustang	Grand Canyon, Arizona, USA	7 – 36 km ²	BERGER (1986)
New-Forest-Pony	Südengland, Europa	0,8 – 10 km ²	TYLER (1972)
Verwildertes Hauspferd	Sable Island, Kanada	< 7 km ²	WELSH (1975)
Verwildertes Hauspferd	Insel Shackleford Bank, USA	6 km ²	RUBENSTEIN (1981)
Bergzebra	Nationalpark Südafrika	3 – 5 km ²	KLINGEL (1972)

2.2 Domestizierung der Pferde

Vor etwa 10.000 Jahren besiedelten Wildpferde den europäischen Kontinent, aber erst um 3.000 v. Christus vollzog sich eine tief greifende Wandlung: Aus dem einstigen Beutetier Pferd entwickelte der Mensch das Reit- und Wagenpferd. Fortan wurde das Pferd als Arbeitstier genutzt und nimmt dadurch in der Kulturgeschichte des Menschen eine besondere Stellung ein. Erst das Pferd hat dem Menschen die Mobilität verschafft, die die Besiedlung entferntester Regionen und die Kultivierung ganzer Landstriche ermöglichte (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG 2002; LEVINE 2005).

Allerdings wurden mit der Domestikation von Wildtieren keine neuen Arten geschaffen. Das Aussehen konnte durch die Züchtung verschiedener Rassen zwar verändert werden, doch das Verhalten unserer Haustiere unterscheidet sich kaum vom

Verhalten ihrer wilden Vorfahren. Ein wohlbehütetes Hauspferd bleibt ein Fluchttier, auch wenn es keine natürlichen Feinde mehr hat. Auch die Bedürfnisse unserer Hauspferde entsprechen weitgehend denjenigen der Wildpferde (BACHMANN 1998a). Domestizierte Nutztiere sind daher in der Lage, wieder eine wildelebende Population ohne Einfluss des Menschen aufzubauen und zu erhalten, falls die natürlichen Lebensräume und Nahrungsgrundlagen vorhanden sind. Typisches Beispiel dafür sind die diversen frei lebenden verwilderten Pferdepopulationen auf der ganzen Welt, beispielsweise Mustangs, Brumbies oder Camarguepferde (RIEDER et al. 2006).

Der Mensch jedoch löste das Pferd aus dem Sozialverband der Herde und machte es zum Einzeltier, was den Lebensraum und die Lebensweise der Pferde stark veränderte. Im Zusammenleben mit dem Menschen wurde das Pferd zum reinen Tagtier. Sein dämmerungsaktives Leben kommt heute noch in den kurzen Schlafphasen, den nächtlichen Stallunruhen und in dem guten Orientierungssinn bei Dunkelheit zum Ausdruck. Mit der Haustierhaltung wurde die Instinktsicherung des Pferdes durch den Menschen weitgehend aufgehoben. Der Mensch füttert das Pferd; er schützt es vor seinen natürlichen Feinden, pflegt es und sorgt für eine – meist – gezielte Paarung. Jedoch schränkt der Mensch zugleich die wichtigsten seelischen und körperlichen Lebensgrundlagen ein: die freie Standortwahl, das natürliche Sozialgefüge, den natürlichen Bewegungsdrang, die selbstständige Paarung und den Einfluss der natürlichen Umwelt (PICK 1994; ISENBÜGEL 1998).

2.3 Gegenwärtige Situation in der Pferdehaltung

2.3.1 Nutzung der Pferde

Nach dem Zweiten Weltkrieg und mit dem Wiederbeginn von wirtschaftlicher Prosperität in Europa blieb Reiten nicht mehr nur Reichen oder Militärs vorbehalten. Steigender Wohlstand und vermehrte Freizeit stoppten den Rückgang der Pferdebestände und führten zu einer Ausweitung der Freizeitreiterei. Das Interesse breiter Bevölkerungsschichten am Pferd und der Pferdehaltung ist u. a. mit dem Wunsch nach sinnvoller und naturnaher Freizeitgestaltung zu erklären. Die Arbeit mit dem

Pferd dient heute immer häufiger dem geistigen und körperlichen Ausgleich zum Berufsalltag (RIEDER et al. 2006). Unter allen Nutzungsrichtungen ist der Hobbysport daher in der heutigen Zeit am weitesten verbreitet. Gemeinhin wird als Bezeichnung für die entsprechende Pferdekategorie der Begriff „Freizeitpferde“ gebraucht. Der Begriff ist allerdings nicht ganz präzise, denn auch der Pferdeleistungssportler betreibt seinen Sport normalerweise in der Freizeit. Berufsmäßige Sportler finden sich heute dagegen hauptsächlich im Turnier-Spitzensport und im Renn-Spitzensport. In diesen Bereichen steht das Pferd überwiegend als profitabler Wirtschaftsfaktor im Vordergrund und nicht als vierbeiniger Freizeitpartner (BENDER 1999).

Von Natur aus würde ein Pferd etwa 16 Stunden pro Tag „grasen“ und sich dabei langsam fortbewegen. Heute ist diese Art der Ernährung aus verschiedenen Gründen unmöglich. Sport- und Arbeitspferde haben zum Beispiel einen höheren Energiebedarf, dafür aber weniger Zeit zum Fressen, sodass die Versorgung mit der „ursprünglichen Nahrung der Pferde“ den Bedarf gar nicht mehr decken könnte. Es darf aber auch nicht vergessen werden, dass die heutigen Weiden der ursprünglichen Futtergrundlage in keiner Weise mehr entsprechen. Sie sind viel nährstoffreicher (hauptsächlich Energie und Eiweiß), sodass wenig arbeitende Pferde, die ganztägig Weidegang haben, durch diese Art der Fütterung zu fett werden könnten (WICHERT 2005).

Hinsichtlich der Nutzungsdauer von Pferden ergaben Untersuchungen an Schlachtpferden (BUTLER u. ARMBRUSTER 1984), dass Pferde durchschnittlich 5,5 Jahre genutzt werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass Pferde ab einem Alter von drei Jahren nutzbar sind und das Durchschnittsalter der Schlachtpferde betrug 8,5 Jahre. Dies ähnelt dem erreichten Alter der von REICHERT (1990) und ZEEB (1990) untersuchten Pferdepopulationen. Das Durchschnittsalter dieser Tiere lag bei ca. acht Jahren und nur 34 Prozent dieser Pferde sind älter als zehn Jahre geworden. Hingegen war die Lebenserwartung von Reitpferden in Deutschland nach dem zweiten Weltkrieg doppelt so hoch.

Die DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG (2001) hat unter Mithilfe des Meinungsforschungsinstituts Ipsos ein umfassendes Profil des Pferdesports und der ihn ausübenden Menschen erarbeitet. In dieser Studie bezeichneten sich 32 Prozent der Vereinsreiter als turniersportlich orientiert und der Großteil der Vereinsmitglieder

war mit 68 Prozent eher freizeitsportlich orientiert. Das Freizeit- und Ausreiten steht dabei für 45 Prozent der Mitglieder und 59 Prozent der Nicht-Mitglieder an erster Stelle.

Besonders beliebt sind bei den Besitzern von Warmblutpferden die Hannoveraner. Dies zeigte sich bei einer repräsentativen Befragung von 800 Pferdehaltern aus dem Jahr 1988, bei der die meisten Pferde (20 Prozent) zu der Kategorie der Hannoverschen Warmblutpferde zählten (REICHERT 1990).

2.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung

Vor dem Hintergrund noch immer steigender Pferdezahlen und sich gleichzeitig ändernder Nutzungsansprüche gewinnt die Auseinandersetzung mit tiergerechten Haltungsverfahren für Pferde an aktueller Bedeutung. So stieg die Zahl der in Deutschland gehaltenen Pferde und Ponys in den letzten 35 Jahren auf mehr als eine Million Tiere an, womit sich die Anzahl in dieser Zeit mehr als verdreifacht hat und weltweit gibt es mehr als 60 Millionen Pferde. Dabei stellen Pferdehaltungen auch einen nicht zu unterschätzenden Markt für die Landwirtschaft dar, denn gemäß einer Studie verbrauchen die Pferde und Ponys in Deutschland 1,6 Millionen Tonnen Futtergetreide und zirka 1,8 Millionen Tonnen Heu und Stroh im Jahr. Außerdem entfällt auf drei bis vier Pferde ein Arbeitsplatz und rund 2,6 Milliarden Euro geben Reiter, Fahrer, Voltigierer und Züchter jährlich für laufende Kosten in Pferdesport und -haltung aus (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG 2004).

Andererseits stellt der Betriebszweig Pensionspferdehaltung aber auch eine interessante Alternative für den landwirtschaftlichen Betrieb dar. Aus ehemals rein landwirtschaftlichen Betrieben sind durch Betriebsumstellungen ca. 15.000 Pferdebetriebe hervorgegangen (BOCKISCH u. KREIMEIER 2001).

Gerade im Pferdesport werden mit Pferden große Einnahmen erzielt und für die Anschaffung eines ausgebildeten Sportpferdes werden nicht selten Preise in fünf- bis sechstelliger Höhe bezahlt. So wurde beispielsweise bei Verdens 113. Elite-Auktion des Hannoveraner Verbandes am 14./15. Oktober 2005 bei den Reitpferden ein Spitzenpreis von 260.000 Euro und bei den Fohlen von 52.000 Euro erzielt. Der Durchschnittspreis für ein Reitpferd lag bei 33.286 Euro und die Fohlen haben

durchschnittlich 7.679 Euro gekostet (VERBAND HANNOVERSCHER WARMBLUT-ZÜCHTER E. V. 2005).

Der Zeit, in der ein Pferd seinem Besitzer als Einnahmequelle dienen kann, geht allerdings zunächst eine lange und kostenintensive Phase der Aufzucht und Ausbildung voraus. Dieser Phase und dem hohen Wert des Fohlens muss aus ökonomischen Gründen eine lange Nutzungsdauer gegenüberstehen. Voraussetzung dafür ist die Erhaltung der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit des Pferdes.

Auch in wissenschaftlichen Praxisstudien hat sich gezeigt, dass fortdauernde Haltungsmängel ganz erhebliche Folgekosten nach sich ziehen, die oft wesentlich höher zu beziffern sind als jene Mittel, die für eine optimale Haltung besser frühzeitig hätten aufgebracht werden müssen (BENDER 1999).

Daher sollte ein Pferdehaltungssystem unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet den folgenden Grundsätzen genügen: Es muss kostengünstig und wenig arbeitsintensiv sein, um eine möglichst hohe Gewinnspanne bei der Vermarktung der Nachkommen erzielen zu können. Zudem soll die Haltungsform gesund für die Pferde sein, damit auch in dieser Beziehung einer Gefährdung des wirtschaftlichen Erfolges vorgebeugt wird (WILKE u. BRUNS 2004). Denn gerade die Krankheiten der Pferde können zu hohen finanziellen Einbußen führen. Substantielle Verluste entstehen zum einen, da die Pferde nicht effektiv genug trainiert werden können, um im Spitzensport zu bestehen und zum anderen entstehen weitere Ausgaben durch Tierarzt- und Medikamentenkosten (MALIKIDES u. HODGSON 2003).

2.4 Pferdehaltungssysteme

Grundsätzlich werden Gruppenhaltung und Einzelhaltung in offener oder geschlossener Bauweise sowie Ställe mit oder ohne angeschlossener Auslaufmöglichkeit unterschieden (TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ 2004).

Innerhalb der Pferde-Auslaufhaltungen wird zudem zwischen Einraum- und Mehrraum-Auslaufhaltungen differenziert (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998). Eine Übersicht über die Einteilung der Pferdehaltungssysteme ist in Abbildung 2 dargestellt.

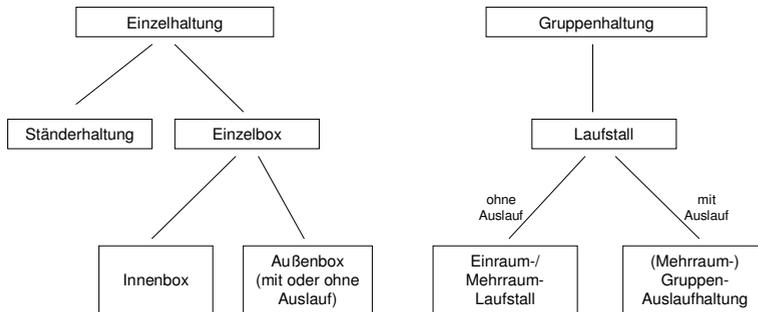


Abbildung 2: Pferdehaltungssysteme (nach ARNEMANN 2003)

Im Rahmen einer Untersuchung niedersächsischer Pferdebetriebe besichtigte KORRIES (2003) 60 Anlagen mit insgesamt 104 einzelnen Ställen, in denen 2.147 Pferde eingestallt waren. 94 % dieser Tiere wurden in Einzelboxen gehalten, wobei der Anteil an Innenboxen ohne Kontakt zur Außenwelt mit 63 % bei allen besuchten Betrieben die häufigste Haltungsform darstellte. Nur 31 % der Pferde hatten durch Außenklappen oder Ähnliches in Form einer Außenbox Sicht-, Hör- und Geruchskontakt zu Bereichen außerhalb der Stallgasse. Direkt angeschlossene Ausläufe oder Laufställe fanden sich in weniger als 6 % der untersuchten Stalltypen: 3 % der Pferde sind in Außenboxen mit direkt angeschlossenem Auslauf, 2 % im Laufstall und 1 % in Laufboxen mit angrenzendem Auslauf untergebracht.

Praxiserfahrungen zeigen allerdings, dass der Trend zur Gruppenhaltung von Pferden im Steigen begriffen ist, und dass Pferde immer häufiger in Boxen mit Paddocks, in Offenlaufställen sowie auf Weiden und Winterkoppeln angetroffen werden (ZEITLER-FEICHT 1996; TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIER-SCHUTZ 2004). Auch einer Befragung von REICHERT (1990) ist zu entnehmen, dass Laufstall und Offenstall verstärkt Interesse unter den Pferdehaltern finden.

2.4.1 Ständerhaltung

Die Ständerhaltung stellt eine Form der Anbinde- bzw. Einzelhaltung dar. Bei einem Pferdeständer handelt es sich um einen vorne und an den Seiten geschlossenen und hinten offenen, schmalen, rechteckigen Stand, in dem das Pferd am Kopf fixiert wird. Meist ist der Ständer relativ erhöht zum Boden, damit das Pferd hinter den Ständer

kotet und das Misten erleichtert wird. Letzteres hat den Nachteil, dass das Pferd mit den Hinterhufen zu dicht an die Kante kommen und abrutschen kann. Dies kann unter anderem zu schweren Sehnenschäden führen. Der Ständer ist so angelegt, dass sich das Pferd nicht drehen, sondern sich lediglich hinlegen kann (HENNING 2004).

Die Anbindehaltung stammt aus einer Zeit, in welcher die Pferde noch als hart arbeitende Nutztiere verbreitet waren. Das Arbeitspferd war damals ganztägig im Einsatz, im Sommer hatte es nachts Weidegang und nur die Winternächte und die Fütterungszeiten verbrachte es im Stall (MARTEN 1996).

In den Bundesländern Baden Württemberg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen ist die Anbindehaltung per Erlass verboten (Stand: April 2006). Laut einer Umfrage ist die Ständerhaltung in Bayern und Nordrhein-Westfalen nach wie vor verbreitet und für die Pferde problematisch zu beurteilen (DEUTSCHER TIERSCHUTZBUND 2006).

2.4.2 Einzelboxenhaltung

Obwohl in den letzten Jahrzehnten viel Forschungs- und Aufklärungsarbeit hinsichtlich der Tiergerechtigkeit von Pferdegruppenhaltungssystemen erbracht wurde, sind nach wie vor mehr als zwei Drittel der in Deutschland gehaltenen Pferde einzeln untergebracht. Dabei wird unterschieden zwischen Einzelboxen ohne und mit angrenzendem Auslauf.

Einzelbox ohne Auslauf

Bei der Boxenhaltung handelt es sich um die Unterbringung eines einzelnen Pferdes ohne den direkten Kontakt zu anderen Artgenossen. In der Einzelbox ist das Pferd aber im Unterschied zur Anbindehaltung nicht angebunden und hat etwas mehr Bewegungsfreiheit auf einer umschlossenen Rechteckfläche von etwa neun bis zwölf Quadratmetern. In der Regel liegen die Boxen Wand an Wand. Die Boxentrennwände sind im unteren Teil häufig massiv (z. B. Holz, Beton) und die obere Begrenzung besteht meistens aus Gitterstäben, die Sicht-, Hör- und Geruchskontakt gewährleisten, das Tier aber vor Verletzungen durch den Boxennachbarn schützen (HENNING 2004).

Es wird unterschieden zwischen Innen- und Außenboxen. Kennzeichnend für die Innenboxen ist die fehlende Möglichkeit für Außenkontakte, wohingegen Außenboxen mit Fenstern oder Halbtüren versehen sind. Diese sollten nach Möglichkeit einen ganzjährigen Außenkontakt ermöglichen.

Ein Fenster ermöglicht es dem Pferd, mehr von seiner Umwelt mitzubekommen und sich abzulenken, wodurch das Ausbilden von Verhaltensstörungen verhindert werden kann. Das natürliche Spektrum des Sonnenlichtes hat zudem einen starken Einfluss auf den gesamten Stoffwechsel und die Fruchtbarkeit. Ein geöffnetes Fenster trägt auch dazu bei, die Luftreinheit im Stall zu verbessern, wodurch das Risiko von Atemwegserkrankungen reduziert werden kann (MARTEN 1996; HENNING 2004).

Einzelbox mit Auslauf

Eine zusätzliche Verbesserung der Außenbox stellt die Angliederung eines Paddocks dar, der den Aufenthalt im Freien, den Sozialkontakt und ein Minimum an Bewegung zulässt (PIRKELMANN 2002a). Dieser Auslauf grenzt direkt an den Stall an und ist permanent zugänglich. Die Einzelboxenhaltung mit angeschlossenem Einzelauslauf ist die einfachste Form der ganzjährigen Auslaufhaltung. Der Auslauf kann dabei mit Pflastersteinen oder ähnlichem Material befestigt sein; als unbefestigter Sandplatz erfüllt er zusätzlich die Funktion eines Wälzplatzes (KREIMEIER 1999).

Die Einzelbox mit Auslauf verbindet eine tier- und artgerechte Haltung mit einer guten Zugriffs- und Betreuungsmöglichkeit für jedes einzelne Pferd. Allerdings erfüllt der Auslauf nur seinen Zweck, wenn der Boden trittsicher und weitgehend trocken ist. So befand KORRIES (2003) in seinen Untersuchungen bei 40 % der Betriebe mit an den Stall angeschlossenen Ausläufen die Bodenbeschaffenheit der Ausläufe als unzureichend. Bei der Gestaltung der Ausläufe ist außerdem darauf zu achten, dass eine Kontamination des Sickerwassers vermieden wird (BOCKISCH u. KREIMEIER 2002).

2.4.3 Gruppenhaltung

Leben mehrere Tiere in einer größeren Haltungseinheit gemeinsam, so handelt es sich um eine Gruppenhaltung, entweder als Laufstall in einem geschlossenen System oder als offener Stall mit Zugang zu einem Auslauf ins Freie.

Während ein *Laufstall* stets aus einem überdachten Gebäude besteht, besitzt eine *Gruppen-Auslaufhaltung* neben einem überdachten Bereich auch einen nicht überdachten Teil, der in der Regel bei Tag und Nacht zugänglich ist (HENNING 2004).

Laufstall

Unterschieden werden Einraum- und Mehrraum-Gruppenlaufställe, je nachdem, ob sich die Pferde in einem Stall aufhalten, der nicht weiter unterteilt ist, oder ob der Stall durch eine Raumstrukturierung in mehrere Räume (Ruhe-, Fütterungs- und Tränkebereich) aufgeteilt ist.

Gruppen-Auslaufhaltung

Die Gruppen-Auslaufhaltung ist eine Laufstallhaltung mit Auslauf, in der sich die Pferde beliebig unter Dach oder im Freien aufhalten. Ist der Stall in unterschiedliche Funktionsräume unterteilt, so handelt es sich um eine Mehrraum-(Gruppen)-Auslaufhaltung.

Das Konzept der Mehrraum-Auslaufhaltung wurde 1984 vom Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft verfolgt und zu einem praxisnahen Haltungssystem weiterentwickelt (KREIMEIER 1999).

Neben einem Ruhebereich mit eingestreuter Liegefläche sollte ein separater und genügend großer Fressbereich zur Verfügung stehen, in denen ein Ausweichen der Tiere jeweils möglich ist. Zur individuellen Fütterung und Krafftuttergabe haben sich Fressstände, kurzzeitiges Anbinden und Computerfütterung bewährt. Fressstände müssen so beschaffen sein, dass sie nur einem einzigen Pferd Platz bieten und dessen ganze Körperlänge schützen, sodass es nicht von anderen Pferden verdrängt oder verletzt werden kann (HENNING 2004).

Ausläufe sollten allgemein eher lang und schmal sein, um mehr Bewegungsanreiz zu bieten und auch einige Galoppsprünge zu ermöglichen. Allerdings sollte auch beachtet werden, dass in einem zu kleinen oder zu schmalen Sandpaddock eine große Verletzungsgefahr beim Wälzen besteht (MARTEN 1996; KREIMEIER 1999).

Die Nutzung des Paddocks wurde in Untersuchungen von PIOTROWSKI (1989) deutlich. Seine Versuchspferde (Hafflinger) hielten sich fast ausschließlich im Auslauf auf, sofern sie nicht mit Futteraufnahme oder Liegen ihre Zeit verbrachten. Auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen trifft diese Aussage zu und gerade bei warmen

Temperaturen und trockenem Wetter lagen die Pferde häufig im Sand des Auslaufs, vornehmlich im Bereich des Wälzplatzes. Bei weiteren Untersuchungen stellte PIOTROWSKI (1992) in einer Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung fest, dass innerhalb einer integrierten Kleingruppe (6 Haflinger) die wichtigsten Funktionen, insbesondere das Fressen, weitgehend gemeinsam durchgeführt wurden. Ernsthafte Auseinandersetzungen und Verletzungen konnten bei diesen Haflingern nicht beobachtet werden.

Kleingruppen

In den letzten Jahren wurde der Haltung in Kleingruppen vermehrt Aufmerksamkeit zugewandt. Diese Aufstallungsform stellt einen Mittelweg zwischen Einzelboxenhaltung und Einraumlaufstall dar. Zweck dieser Teilung eines Bestandes in mehrere kleinere, getrennt voneinander gehaltene Gruppen ist es, eine extensive Haltungsform mit den betrieblichen Bedingungen zu verbinden, die bei der Nutzung als Reitpferde vorliegen. Der Zugriff zum Einzeltier ist bei Gruppengrößen von etwa vier bis acht Tieren noch einigermaßen gewährleistet, die Vorgänge beim Wechsel im Bestand durch Zukäufe und Abgänge bleiben auf die Gruppen beschränkt und überschaubar (SCHNITZER u. KOLTER 1981).

Eignung der Gruppenauslaufhaltung für Sportpferde

Am Beispiel von Trabrennpferden wurde bereits durch GERKEN, KIENE, KREIMEIER und BOCKISCH (1997) die Eignung einer Gruppenauslaufhaltung für Hochleistungspferde untersucht. Die verschiedenen Aufenthaltsbereiche wurden dabei von den Tieren gut genutzt und die Häufigkeit von Verhaltensabweichungen war geringer als bei denselben Pferden in der Einzelhaltung. Die Gruppenhaltung erwies sich dabei auch für Hochleistungspferde als tiergerecht und gut geeignet.

Die Eignung der Gruppenauslaufhaltung für Sportpferde wurde auch in Untersuchungen von ARNEMANN (2003) bestätigt. Bezüglich des Handlings und der Motivation der beobachteten viereinhalbjährigen Pferde wurden keine Nachteile verzeichnet und bei gut integrierten Gruppen war auch das Verletzungsrisiko gering.

Mit nur wenigen Ausnahmen (z. B. Hengste) können Pferde fast aller Nutzungsrichtungen in Gruppenhaltung untergebracht werden. Sie ermöglicht den Pferden ständige, selbst gewählte Bewegung, Sozialkontakte zu Artgenossen und freie Wahl

der räumlichen und klimatischen Gegebenheiten (ZEEB 1990).

Weidehaltung in der Gruppe

Unter Weidehaltung wird die ganztägige bzw. ganzjährige Haltung von mehreren Pferden auf der Weide verstanden. Dient der Herde die Weide als Lebensraum, muss ihnen ein geeigneter Witterungsschutz zur Verfügung stehen. Ein Unterstand bietet den Pferden Schutz gegen Niederschläge, Wind und besonders im Sommer gegen Sonne und Insekten. Er muss jederzeit für alle Tiere gleichzeitig nutzbar sein. Auf Ganztagsweiden muss immer frisches Wasser in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, dies ist besonders im Winter ständig zu kontrollieren. Die Tiere sind in vegetationsarmen Zeiten bis zur Deckung ihres Energiebedarfs zuzufüttern. Zudem ist eine pferdegerechte und sichere Einzäunung erforderlich und bei Weideflächen unter 0,3 ha / Pferd sind aus Gründen der Hygiene und Erhaltung der Grasnarbe Wechselkoppeln erforderlich (ZEEB u. SCHNITZER 1978; MARTEN 1996; LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1999; HENNING 2004).

2.4.4 Empfohlene Mindestabmessungen

In Deutschland gibt es bisher keine Richtlinien oder vorgeschriebene Mindestabmessungen für die einzelnen Pferdehaltungssysteme. Empfehlungen zu den Stallabmessungen können jedoch den „Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten“ (SACHVERSTÄNDIGENGRUPPE TIERSCHUTZGERECHTE PFERDEHALTUNG, BMELV 1995) entnommen werden. Zur übersichtlicheren Darstellung sind diese in Tabelle 2 zusammengefasst. Die empfohlenen Abmessungen für Ausläufe entstammen dem Positionspapier der TVT zu diesen Leitlinien (TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ 2004).

Die in diesem Zusammenhang erwähnten Maße zur Berechnung der empfohlenen Mindestabmessungen erfolgen unter Angabe der Widerristhöhe (Wh) als Stockmaß. Damit wird den unterschiedlichen Größen der Pferde Rechnung getragen (TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ 2004). Die Widerristhöhe ist das anatomische Maß vom Erdboden zum Anfangsteil der Rückenlinie des Tieres. Es wird als Stockmaß oder Bandmaß bei gerader Gliedmaßenstellung gemessen. Das Stockmaß wird mit einem senkrecht auf dem Boden stehenden Stock im rechten Winkel zur Schulter des Tieres bestimmt. Hingegen wird das Bandmaß mit einem

Messband vom Tragerand des Vorderfußes bis zum höchsten Punkt des Widerristes gemessen (WIESNER u. RIBBECK 2000; KORRIES 2003).

Tabelle 2: Empfohlene Mindestabmessungen verschiedener Pferdehaltungssysteme (Sachverständigengruppe tierschutzgerechte Pferdehaltung, BMELV 1995; Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz, TVT 2004)

Bestandteil des Haltungssystems	Mindestmaß / Pferd	Beispiel für durchschnittlich große Pferde (Wh = 1,67 m)	Anmerkungen	Quelle
Einzelbox	$(2 \times Wh)^2$	11,2 m ²	schmale Seite der Einzelbox mindestens 1,5 x Wh	BMELV 1995
Auslauf von Einzelboxen	$(2 \times Wh)^2$	11,2 m ²	für Stuten mit Fohlen mindestens $(2,3 \times Wh)^2$ / Stute	TVT 2004
Liegefläche in einem Einraumlaufstall ohne Auslauf	$(2 \times Wh)^2$	11,2 m ² / Pferd		BMELV 1995
Liegefläche in einem Mehrraum-Laufstall mit Auslauf und getrennt liegenden Fressständen	2,5 x Wh ²	7 m ² / Pferd	Bei günstigen Voraussetzungen hinsichtlich Raumstruktur, Pferde und Betreuung ist eine Reduzierung um bis zu 20 % möglich.	BMELV 1995
Liegefläche in einem Mehrraum-Laufstall mit Auslauf und räumlich nicht getrenntem Liege- und Fressbereich	3 x Wh ²	8,4 m ² / Pferd	Für die Gruppenhaltung gilt: je kleiner die Gruppe, desto größer ist der Platzbedarf je Pferd.	BMELV 1995
Länge der Fressstände in Gruppenhaltungen	1,8 x Wh	3 m	Fressstand-Breite = 0,80 m (bei kleinen Ponys schmaler)	BMELV 1995
Auslauffläche von Gruppenhaltungen	$2 \times (2 \times Wh)^2$	22,3 m ² / Pferd	Je kleiner die Gruppe, desto größer ist die Fläche je Pferd zu bemessen.	TVT 2004

Wh = Widerristhöhe gemessen als Stockmaß

Obwohl die empfohlenen Stallabmessungen allgemein bekannt sein sollten unterschritten in einer niedersächsischen Untersuchung noch 7 % der erfassten Pensionspferdebetriebe die geforderten Mindestliegeflächen pro Pferd (KORRIES 2003).

2.4.5 Ansprüche des Pferdes und Anforderungen des Pferdehalters an tiergerechte Haltungsverfahren

An den Bau von Ställen wird die Erwartung gestellt, möglichst mehrere Anforderungen miteinander in Einklang zu bringen. Wünschenswert sind ein reibungsloser, arbeitssparender Ablauf der Tätigkeiten, niedrige Investitionskosten sowie eine leistungsfördernde Unterbringung der Pferde und die Gewährleistung „normaler“ Lebensvorgänge durch ein „tiergerechtes“ Haltungssystem. Tierbezogene und betriebliche Gesichtspunkte markieren häufig gegenläufige Positionen. Ziel moderner

Haltungsforschung ist es, über die Tierschutzrelevanz hinaus, biologische Gesetzmäßigkeiten einer Tierart verfahrens- und bautechnisch geschickt zu nutzen. Dabei soll der Haltungszweck bei geringstmöglichen Eingriffen in die Physiologie erreicht werden (SCHNITZER u. KOLTER 1981).

Ansprüche des Pferdes

KILEY-WORTHINGTON (1990), WALTER und DINSE (2001) sowie HOWALD (2005) sehen keinen Hinweis darauf, dass die Domestikation der Pferde ihre grundlegenden Verhaltensweisen verändert hätte. Deshalb ist es zulässig, die bei wildlebenden Pferden beobachteten Verhaltensweisen als Grundlage der Bedürfnisermittlung für unsere Hauspferde heranzuziehen: Auch unsere Hauspferde verfügen über einen Bewegungsapparat und Verdauungsorgane, die an die stundenlange Futtersuche angepasst sind. Um über viele Jahre gesund und einsatzfähig zu bleiben, müssen sie sich deshalb möglichst ständig, meist gemächlich, fortbewegen. Eine dem Außenklima angepasste Stallhaltung entspricht den Anforderungen an ein gesundes Stallklima und schränkt die Entstehung von Erkrankungen ein.

Ideale Bedingungen findet das Pferd allerdings nur im Freien, da der freie Luftaustausch in geschlossenen Stallungen stark eingeschränkt ist, was die Qualität der Atemluft verschlechtert. Charakterisiert wird das Stallklima durch die Temperatur, die relative Luftfeuchte, den Schadgas- und Staubgehalt sowie die Intensität der Luftbewegung im Stall. Aufgrund ihrer Herkunft aus den intensiv besonnten baumlosen Steppenregionen haben Pferde zudem ein starkes Lichtbedürfnis. Über das Auge werden Lichtreize aufgenommen, die den Hormonstoffwechsel beeinflussen. So steuert die Tageslichtlänge den Fortpflanzungszyklus. Auch der Fellwechsel im Frühjahr und Herbst steht unter dem Einfluss des Lichtangebots (MARTEN 1996).

Auch Sozialkontakte sind für Pferde von großer Bedeutung. Sie brauchen Sicht-, Hör-, Geruchs- und Körperkontakt. Die notwendige soziale Einbindung in ein Herdengefüge wird am besten durch die Gruppenhaltung erreicht. Ein Pferd allein zu halten ist nicht artgerecht (PIRKELMANN 2002a).

Ein Haltungssystem für Pferde wird sich immer auch daran messen lassen müssen, ob es rangniederen genauso wie ranghohen Tieren ermöglicht, ihre Bedürfnisse zu befriedigen (FRENTZEN 1994). Das Pferd ist zudem auf ein sehr großes Reizaufnahmevermögen programmiert und konstruiert. Es benötigt eine möglichst reich

strukturierte Umgebung, z. B. durch Äste im Auslauf oder alte Gummireifen zur Beschäftigung (GRAUVOGL 1993). Daher sollten gerade Pferde, die ja während der Entwicklungsgeschichte als Fluchttiere nur durch stetige Wachsamkeit und Erkundung der Umgebung überleben konnten, am Geschehen im Haltungsumfeld teilhaben können (SACHVERSTÄNDIGENGRUPPE TIERSCHUTZGERECHTE PFERDEHALTUNG 1995).

In einem tiergemäßen System sollten die artspezifischen Bedürfnisse eines Pferdes wie kontinuierliche, ruhige Bewegung an frischer Luft, Leben im Gruppenverband, Kontakt zur Umwelt und eine auf die Verdauungsphysiologie abgestimmte Fütterung Berücksichtigung finden (BOCKISCH u. KREIMEIER 2002).

Anforderungen des Pferdehalters

Aus Untersuchungsergebnissen von REICHERT (1990) geht hervor, dass das Interesse am Pferd außerordentlich groß ist, dass aber für viele potentielle Pferdekäufer der Zwang, eine regelmäßige Bewegung des Pferdes sicherzustellen, ein wesentliches Kaufhemmnis darstellt.

Auch in einer Marktanalyse zum Thema Pferdesport (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG 2001) nannten viele Pferdesportler den relativ hohen Zeitaufwand beim Reiten als ein Problem. In dieser Meinungsumfrage äußerten viele Pferdebesitzer hinsichtlich der Tiergerechtigkeit den Wunsch nach einem „pferdefreundlichen“ Haltungssystem für ihre Tiere. So nannten 90 % der Vereinsreiter und 89 % der Nicht-Vereinsmitglieder im Rahmen dieser Marktanalyse die Art und Weise der Unterbringung ihres Pferdes als wichtigstes Kriterium bei der Beurteilung eines Stallhaltungssystems.

Für die artgerechte Pferdehaltung bedeutet dies, die abstammungsbedingten Grundbedürfnisse nach Bewegung, frischer Luft, Licht und Sozialkontakt mit den unvermeidbaren haltungsbedingten Restriktionen in Einklang zu bringen. Dabei stellen Haltungssysteme einen komplexen Bereich dar, auf den das Stallkonzept und die baulich-technischen Einrichtungen, aber insbesondere auch deren Handhabung durch den Betreiber einwirken. Diese Faktoren stehen in enger Wechselwirkung, sodass nur eine gesamt Betrachtung aller Einflussgrößen zu einer aussagefähigen Bewertung eines Haltungssystems führen kann. Die auf die Tiere bezogenen

Aspekte gewinnen dabei zunehmende Beachtung, da bei der häufig unregelmäßigen Nutzung der heute vorwiegend gehaltenen Sport- und Freizeitpferde in vielen Fällen unvertretbar lange Standzeiten in den Ställen entstehen (PIRKELMANN 1993).

Auf dieser Grundlage hat PIRKELMANN (2002b) ein Konzept zur Betrachtung tiergerechter Haltungsverfahren als Gesamtheit entwickelt, das die Kriterien für tiergerechte und rationelle Verfahren der Pferdehaltung enthält (Abb. 3).

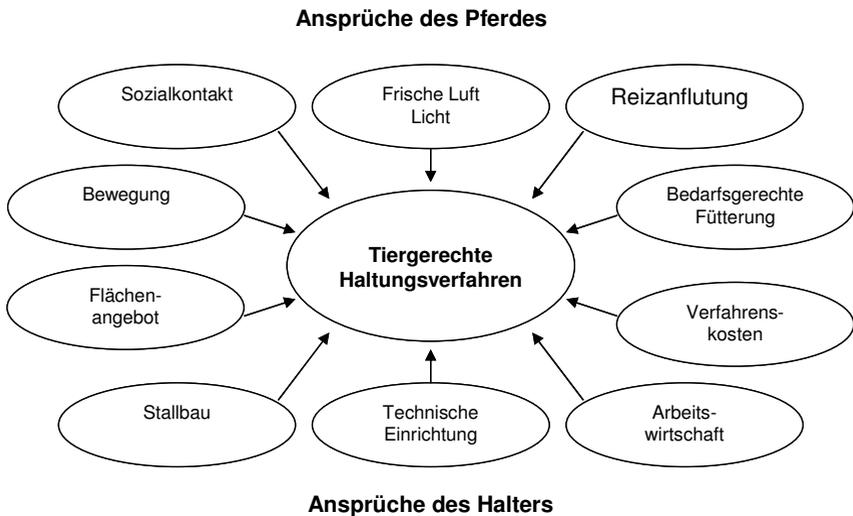


Abbildung 3: Kriterien für tiergerechte und rationelle Verfahren der Pferdehaltung (PIRKELMANN 2002b)

Aus diesem Konzept wird ersichtlich, dass ein Haltungssystem ein ausgewogenes Gesamtsystem darstellt, in dem neben den natürlichen Ansprüchen des Pferdes, die ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Forderungen des Halters berücksichtigt werden müssen.

2.4.6 Beurteilung der verschiedenen Haltungssysteme

Bei der Beurteilung verschiedener Haltungssysteme sind die Vor- und Nachteile für das Pferd, aber auch für den Menschen zu berücksichtigen.

Ständerhaltung

Durch die Ständerhaltung werden die Pferde in erheblichem Maße in ihren angeborenen Verhaltensweisen eingeschränkt. Besonders die Funktionskreise Lokomotion, Sozial-, Ruhe- und Erkundungsverhalten sind hiervon betroffen. Für den Halter ist der geringe Flächenbedarf, die sparsame Einstreu, die gute Verfügbarkeit und die leichte Entmistungsarbeit von Vorteil (MARTEN 1996; HENNING 2004).

Wissenschaftliche Studien zeigen, dass über die Hälfte aller in Ständern gehaltenen Pferde gravierende Verhaltensstörungen haben. Daher ist eine 23-stündige Anbindehaltung im Stand ohne Kontakt mit Artgenossen und zur Außenwelt, bei einer Stunde Arbeit in der Reithalle, nach heutiger Kenntnis der Lebensansprüche des Pferdes nicht artgerecht und erfüllt den Tatbestand der Tierquälerei (ISENBÜGEL 1998; DEUTSCHER TIERSCHUTZBUND 2006).

Einzelboxenhaltung ohne Auslauf

Die Einzelbox bietet nur beschränkten oder gar keinen Sozialkontakt zu Artgenossen, nur eine geringe Rückzugsmöglichkeit und wenig Wahlmöglichkeiten in Bezug auf den Aufenthaltsort. Die freie Bewegung ist eingeschränkt und Beschäftigung bieten nur Futter und Einstreu. Allerdings bekommen die Pferde genügend Ruhe und Erholung. Falls es sich um eine Außenbox handelt, sind zudem Licht und frische Luft vorhanden und bei geöffnetem Fenster beschäftigen Umweltreize das Pferd zusätzlich (BACHMANN 1998b). Einzeln gehaltene Pferde ohne artgemäßen Hör-, Sicht- und Geruchskontakt stehen dagegen ständig unter angstbedingtem Stress. Verhaltensstörungen und in deren Gefolge oft schwere Unfälle können die Folge sein (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998). Hinsichtlich der Bewegung überwiegen in der Einzelbox seitliche und drehende Kurzschritte, die nur eine geringe Durchblutung der Extremitäten zur Folge haben. Werden solche Pferde nach einer unzureichenden Anwärmphase in vorwiegend schnellen Gangarten geritten, dann ist die Schadensvermeidung an den Extremitäten infrage gestellt (ZEEB 1992).

Dem Pferdehalter ermöglicht die Haltung in der Einzelbox eine individuelle Betreuung der Tiere und einen bequemen Zugriff auf das Einzeltier, aber generell verlangt diese Haltungsform einen größeren Beschäftigungsausgleich durch den Menschen (PIRKELMANN 1993).

Einzelboxenhaltung mit Auslauf

Die Boxenhaltung mit Auslauf bietet den Vorteil, dass ein direkter Zugriff auf das Pferd jederzeit möglich ist und die Pferde zu beliebigen Zeiten durch Schließen der Türen auch im Stall gehalten werden können. Die Tiere werden individuell gefüttert und Verletzungen durch Rankämpfe und spielerische Auseinandersetzungen sind ausgeschlossen. Von einer freien Entfaltung des Bewegungsdrangs des Lauftieres Pferd kann allerdings aufgrund der geringen Größe des Paddocks nicht gesprochen werden und durch die Einzäunung kann auch das Sozial- und Komfortverhalten nicht in vollem Umfang ausgelebt werden (KREIMEIER 1999).

Gruppen-Laufstall

Die Gruppenhaltung von Pferden in Laufställen bietet uneingeschränkten Sozialkontakt und Beschäftigung mit Artgenossen, einen frei wählbaren Aufenthaltsort, Futter und Einstreu sowie eine freie Bewegung, gefördert durch die Sozialpartner. Der Nachteil des Einraum-Gruppenlaufstalles ist eine eventuell gestörte Ruhe und Erholung durch die eingeschränkte Rückzugsmöglichkeit vor Artgenossen, welche hingegen im Mehrraum-Gruppenlaufstall gegeben ist (BACHMANN 1998b).

Die Aufzucht junger Pferde bis zum Alter von zwei Jahren sollte in Gruppen erfolgen, denn nur hier sind wichtige Entwicklungsreize gegeben, die das normale Sozialverhalten fördern und zu ausreichender Futteraufnahme und Bewegung anregen (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1999).

Die TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ (2004) erwähnt jedoch auch, dass eine hohe Qualifikation des Betriebsleiters (Kenntnisse und Beurteilungsvermögen des Verhaltens von Pferden), ein fachgerechtes Management sowie eine ordnungsgemäße Gestaltung des Haltungssystems erforderlich sind.

Gruppen-Auslaufhaltung

Die Gruppenauslaufhaltung bietet eine besonders angepasste, weithin „naturnahe“ Haltung. Zugleich bietet sie, insbesondere in Verbindung mit weiterentwickelten (automatisierten) Fütterungstechniken, arbeitswirtschaftliche Vorteile wegen der größeren Flexibilität in der Erledigung der Arbeiten (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998). Ein Gruppenhaltungssystem ist laut WILKE und BRUNS (2004) außerdem in der Anschaffung aufgrund des reduzierten Materialaufwands kostengünstiger als eine

Einzelboxenhaltung.

Allerdings bringt die gruppenweise Haltung eine Erschwernis der individuellen Betreuung mit sich, und das Pferd ist für die reiterliche Nutzung schlechter verfügbar als bei der Einzeltieraufstallung. Ideal ist diese Haltungsform jedoch für alle nicht zur Arbeit genutzten Pferde, wie Zuchtstuten, Fohlen und Jährlinge (MARTEN 1996).

Häufige Änderungen der Gruppenzusammensetzung oder das Zusammenstellen sich nicht vertragender Pferde führen zu Stress und Unruhe. Die Möglichkeit einander auszuweichen ist nur bei einem ausreichenden Raumangebot gegeben. Den über Gebühr gefürchteten, gegenseitigen Verletzungen im Laufstall kann aber durch zweckmäßige Gestaltung der verschiedenen Funktionsbereiche und geeignete Versorgungseinrichtungen entgegengewirkt werden (PIRKELMANN 1992; KREIMEIER 1999). Auch FRENTZEN (1994) konnte bei intensiver Beobachtung einer Haflinger-Pferdegruppe in Auslaufhaltung keinerlei soziale Auseinandersetzungen großer Intensität (Kampf) oder Verletzungen infolgedessen feststellen. Durchgeführt wurden ihre Versuche am Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL Braunschweig. Sie zieht aus ihnen den Schluss, dass für Pferde in Gruppenauslaufhaltung bei vernünftiger, fachkundiger Betreuung und sinnvoller Gestaltung des Haltungssystems, das Restrisiko einer Verletzung um vieles geringer ist als das Risiko haltungsbedingter Schäden, Krankheiten und Verhaltensstörungen bei herkömmlicher Aufstallung von Pferden. Dieser Meinung ist auch HOWALD (2005), die zudem anmerkt, dass Pferde mit viel und ganzjährigem Auslauf gesünder, ausgeglichener und einfacher im Umgang sind. Sie bewegen sich in der Regel ruhig fort und sind auch auf gefrorenem, leicht matschigem oder unebenem Boden trittsicher.

SCHNITZER und KOLTER (1981) sagen hinsichtlich der Menschenkontakte, dass die Gruppenhaltung den Kontakt zwischen Kindern, Anfängern, Fremden und den Tieren eher erleichtert und unkomplizierter macht als bei der Einzelhaltung. Daraus ergibt sich für die Gruppenhaltung von Pferden für reiterliche Nutzung durchaus eine pädagogische Argumentation.

Weidehaltung

Die Haltung der Pferde auf der Weide kommt den natürlichen Lebensbedingungen am nächsten. Der Vorteil der Weidehaltung ist ein frei wählbarer, uneingeschränkter

Sozialkontakt zu Artgenossen bei gegebener Rückzugsmöglichkeit und frei wählbarem Aufenthaltsort. Die Beschäftigungsmöglichkeiten mit Artgenossen, der vielfältigen Vegetation, dem abwechslungsreichen Futterangebot, dem reich strukturierten Lebensraum und vielen Umweltreizen sind sehr groß. Freie Bewegung, gefördert durch Sozialkontakte und Vegetation, ist annähernd uneingeschränkt, viel Licht und frische Luft sind vorhanden und die Pferde bekommen genügend Ruhe und Erholung (BACHMANN 1998b). Die Bewegung von Pferden ist gekoppelt an Futtersuche und -aufnahme, Aufsuchen von Tränkestellen und Flucht oder Sozialkontakte. Daher führt die Weidehaltung dazu, dass das Pferd von sich aus eine hohe Bewegungsleistung erbringt und erfüllt am ehesten die natürlichen Ansprüche der Pferde (FRENTZEN 1994).

2.4.7 Schlussfolgerungen „Pferdehaltungssysteme“

Früher hatte ein Stall die Funktion, den Arbeitspferden nach einem langen Tag im Freien einen Ort zum Ausruhen zu bieten. Heutzutage werden die Pferde jedoch durchschnittlich eine Stunde pro Tag genutzt, sodass sie bis zu 23 Stunden des Tages im Stallgebäude verbringen. Die Unterbringung der Pferde ist daher von großer Bedeutung. Allerdings ging mit dem Wandel der Pferdenutzung nur eine geringe Anpassung der Haltungsbedingungen einher, da neben den Ansprüchen der Tiere auch die Anforderungen der Menschen und die Wirtschaftlichkeit über die gewählte Form der Pferdehaltung entscheiden.

So ist zwar die Haltung von Pferden in Ständern stark zurückgegangen, aber der größte Teil der Pferde wird in Deutschland in Einzelboxen gehalten, meist in geschlossenen Gebäuden und zum Teil mit sehr schlechten stallklimatischen Bedingungen. Positiv ist hingegen der Trend zur Auslaufhaltung zu bewerten, da diese eine Anpassung an die natürlichen Bedürfnisse der Pferde anstrebt. Die Auslaufhaltung in Gruppen gilt hinsichtlich der Bewegungsfreiheit und -anregung nach der Weidehaltung als die Haltungsform, die den Pferden am ehesten gerecht wird. Es werden bisher jedoch keine konkreten Untersuchungen beschrieben, aus denen hervorgeht, inwieweit die Pferde in solch einem Haltungssystem wirklich ihren Bewegungsbedarf decken können und wie sich die tägliche Bewegung auf ihr Wohlbefinden auswirkt.

2.5 Haltungbedingte Erkrankungen beim Pferd

2.5.1 Erkrankungen des Bewegungsapparates

Bei ihren Untersuchungen zu Abgangsursachen bei Schlachtpferden stellten BUTLER und ARMBRUSTER (1984) fest, dass die Erkrankungen der Extremitäten bei Warmblütern die Hauptabgangsursache (31,9 % der Schlachtursachen) bilden.

Die Bewegung sorgt für die Gesunderhaltung und Regeneration des Bewegungsapparates. Umgekehrt verursacht jedoch mangelndes Bewegungsangebot orthopädische Schäden: Gelenke, Sehnen und Bänder büßen ihre Beweglichkeit bzw. Elastizität ein und ein unzureichend trainierter Hufmechanismus führt zu Zwanghufen. Am schnellsten bauen sich die Muskeln bei Bewegungsmangel ab (MARTEN 1996).

Für die Gesunderhaltung der Gelenke ist eine sinnvolle Bewegung dringend notwendig. Die stoßdämpfende Funktion des Gelenkknorpels ist nur dann gegeben, wenn ihm durch mäßige Be- und Entlastung Gelegenheit zur Adaptation gegeben wird. Der Knorpel selbst besitzt nur eine geringe Fähigkeit der Stoßdämpfung und die Gleitfähigkeit von Knorpel auf Knorpel wird unter anderem durch eine „Druck-Sog-Schmierung“ gewährleistet. Bewegt sich das Pferd, so findet bei jedem Schritt durch wechselnde Be- bzw. Entlastung der Gliedmaßen eine Kompression und Entlastung des Knorpels statt. Die Gelenkknorpelflächen werden dadurch mit einem Flüssigkeitsfilm überzogen, der als Gleitfilm dient. Durch Immobilisation tritt eine Fehlernährung des Knorpels ein, die bereits nach vier Tagen zu einer so hochgradigen Abweichung des biochemischen Status führt, dass der Knorpel etwa vier Wochen bis zu seiner Normalisierung benötigt (McILWRAITH 1989; SCHULZ u. DÄMMRICH 1991).

Im Rahmen einer „OCD-Studie“ liefen ebenfalls umfangreiche Untersuchungen zur Bedeutung der Bewegung für den Bewegungsapparat der Pferde. Die Osteochondrose (OC) ist eine entwicklungsbedingte Skeletterkrankung, verursacht durch eine Störung der Verknöcherung des wachsenden Knorpels, die sich letztlich durch losgelöste Knochen- / Knorpelfragmente („Chips“) im Gelenk darstellt und als Osteochondrosis dissecans (OCD) bezeichnet wird. Die Untersuchungen zu dieser

Erkrankung haben gezeigt, dass durch häufige und ausgiebige Bewegung der Fohlen die Frequenz von OC insgesamt deutlich gesenkt werden kann. Früh (vor dem 1. April) geborene Fohlen hatten als Folge der mangelnden Bewegung in den Wintermonaten deutlich häufiger OC als die später geborenen Fohlen. Durch den kausalen Zusammenhang mangelnder Bewegung der Fohlen zu Osteochondrose, die den Wert der späteren Reitpferde mindert, kann eine direkte Verbindung zwischen Haltung, Gesundheit und wirtschaftlichem Erfolg hergestellt werden. Wie u. a. aus dem im Rahmen des OCD-Projektes erhobenen Daten zur Haltung und Bewegung hervorgeht, gibt es offenbar eine nicht unerhebliche Diskrepanz zwischen dem Wissen um eine artgerechte Pferdehaltung bzw. –aufzucht und dessen Umsetzung in der Praxis (WILKE 2003; WILKE u. BRUNS 2004).

2.5.2 Erkrankungen des Atmungsapparates

Als schnelles Fluchttier ist das Pferd mit einem sehr leistungsfähigen Atmungssystem ausgerüstet. Dieses einerseits so hochleistungsfähige Atemorgan ist andererseits besonders empfindlich gegenüber schlechten Luftverhältnissen. Somit treten Erkrankungen des Atmungsapparates am zweithäufigsten auf. Neben Infektionskrankheiten (Pferdegrippe, ansteckender Husten) spielen allergische Reaktionen auf Luftverunreinigungen dabei eine große Rolle (MARTEN 1996).

Untersuchungen (RAPP 1991; ZEITLER-FEICHT 1993) zeigen, dass durch mangelnde Luftqualität eine erhöhte Keimbelastung des Stallstaubs zu einer Schädigung der Lunge führen kann. Durch schlechte Lüftungsverhältnisse wird außerdem der hohe Frischluftbedarf der Pferde oft nicht gedeckt. Ab einer bestimmten Belastung ist der Selbstreinigungsmechanismus des Atmungsapparates infolge funktioneller und anatomischer Veränderungen in seiner Effektivität so sehr eingeschränkt, dass es nicht mehr gelingt, die schädlichen Partikel, die aus der Atemluft auf die Bronchialschleimhaut gelangen, zu entfernen.

Ein Zusammenhang zwischen der Haltungsform und dem Auftreten von Atemwegserkrankungen beim Pferd konnte mittlerweile zweifelsfrei nachgewiesen werden. Chronische Lungenerkrankungen kommen weitaus häufiger bei aufgestallten Pferden vor als bei Tieren, die im Freien gehalten werden (HENNING 2004). Neuesten Studien zufolge leiden 90 % der in Ställen gehaltenen Pferde an Allergien in mehr oder weniger starker Ausprägung (MORAWETZ 2000).

2.5.3 Erkrankungen des Verdauungsapparates

Aus der Erhebung von BUTLER und ARMBRUSTER (1984) geht hervor, dass in München 2,4 % der Warmblutpferde wegen „Kolik“ zur Schlachtung kamen.

Kolik ist eine zusammenfassende Bezeichnung für schmerzhafte Zustände verschiedener internistischer Ursachen. Bei Pferden handelt es sich meistens um Erkrankungen des Verdauungskanal, welche sie durch auffälliges Verhalten, Schmerzen und Unbehagen zum Ausdruck bringen. Neben Magen-Darm-Erkrankungen können aber unter anderem auch Erkrankungen von Leber, Gallengang, Harn- und Geschlechtsorganen sowie Infektionskrankheiten, Erkrankungen des Bewegungsapparates und Wasser- und Futtermangel zur Äußerung einer Kolik führen (HUSKAMP et al. 1999; WIESNER u. RIBBECK 2000). Eine Überfütterung kann aber ebenfalls zu Gesundheitsschäden führen, da das Pferd nur einen relativ kleinen Magen hat (10 – 15 l). Es ist ein Dauerfresser und auf eine mehrmalige tägliche Futterzufuhr angewiesen. Die Futtermittelaufnahme dient dabei nicht nur der Ernährung, sondern auch der Beschäftigung (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1999).

Eine häufige Erkrankung bei Pferden sind außerdem Magengeschwüre, deren Ausbildung unter anderem durch Stressfaktoren, wie z. B. unzureichende Haltungsbedingungen begünstigt wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Trabrennpferden 60 - 80 % und bei den Vollblütern sogar bis zu 90 % der sich im Training befindenden Pferde unter Magengeschwüren leiden. Aber selbst bei Freizeitpferden in leichter Arbeit konnten bei bis zu 30 % der Pferde Magengeschwüre gefunden werden und nur bei ausschließlich auf der Weide gehaltenen Pferden lag das Vorkommen bei unter zehn Prozent (VOSS 2006).

2.5.4 Erkrankungen des Stoffwechsels

Die früher so gefürchteten „Feiertagskrankheiten“ infolge unzureichender Bewegung und nicht angepasster Fütterung sind häufig zu Alltagskrankheiten geworden (PIOTROWSKI 1989).

Wenig beanspruchte Freizeitpferde mit der aus der Arbeitspferdehaltung traditionellen Heu- / Hafer-Fütterung mit hohem Kraftfutteranteil zu versorgen, ist

deshalb in hohem Maße gesundheitsgefährdend. So wiesen BUTLER und ARMBRUSTER (1984) nach, dass Hufrehe als typische Überversorgungskrankheit bei 173 untersuchten Ponys zu 35,2 % und bei 141 untersuchten Haflingern zu 13,4 % die wesentlichste Abgangsursache war.

Die Ursachen der Hufrehe sind bis heute nicht in allen Einzelheiten geklärt. Bekannt sind jedoch Risikofaktoren wie die Überbelastung einer oder mehrerer Gliedmaßen (Belastungsrehe) oder die Aufnahme einer für das betreffende Pferd zu großen Menge von Getreide bzw. Kraffutter (Fütterungsrehe). Diese übermäßige Futteraufnahme kann nach zwölf bis achtzehn Stunden zu einer akuten Hufrehe führen, welche mit einer Störung des Allgemeinbefindens und schmerzhaften Veränderungen im Bereich der betroffenen Hufabschnitte einhergeht. Bereits nach zwei Tagen kann der akute Anfall in das chronische Stadium übergehen. Dabei kommt es durch eine Auflockerung des Aufhängeapparates des Hufbeines in der Hornkapsel zu einer Rotation oder Senkung der Hufbeinspitze, was sich später in einer Deformierung der Hornkapsel äußert (DIETZ et al. 1999).

Eine weitere Störung des Stoffwechsels stellt der Kreuzverschlag (Feiertagskrankheit, Lumbago, Myoglobinurie) dar. In typischen Fällen tritt er kurze Zeit nach Arbeitsbeginn auf, wenn eine ein- bis mehrtägige Ruhe bei kohlenhydratreicher Fütterung vorausgegangen ist. Die Pferde zeigen einen plötzlich auftretenden steifen Gang, beginnen zu schwitzen und bekommen Muskelzittern. Sie haben dabei starke Schmerzen und die Rücken-, Kruppen- und Oberschenkelmuskulatur erscheint umfangsvermehrt und bretthart. Diese Störung des Muskelstoffwechsels kann zu einer raschen Degeneration der Muskelfasern mit Austritt des Myoglobins und zur Myoglobinurie führen (SCHÄFER 1999).

2.5.5 Verhaltensstörungen

Das Haltungssystem der Pferde sollte eine artgerechte Unterbringung, Ernährung und Pflege der Tiere gewährleisten. Gelingt das nicht, treten neben physischen Erkrankungen auch psychische Schäden und Verhaltensstörungen auf, für die PIRKELMANN (2002b) und GRAUVOGL (1992) die hauptsächlichen Ursachen in mangelnder Bewegung und fehlender Beschäftigung sehen. Pferde sind auf die reichhaltige Reizanflutung programmiert, Reizverarmung (Langeweile) und Reizschwellensenkungen (starke Verhaltensreaktionen) erzeugen daher Verhaltens-

muster, die als Verhaltensabweichungen angesehen werden.

Verhaltensstörungen sind bei Pferden nicht selten. Untersuchungen, die in den vergangenen Jahren in verschiedenen Ländern durchgeführt wurden, zeigen, dass bis zu 15 Prozent aller Pferde eine Stereotypie aufweisen. Von einer Stereotypie ist die Rede, wenn Verhaltensstörungen über einen längeren Zeitraum gleichförmig ablaufen, das heißt, das gezeigte Verhaltensmuster wiederholt sich über einen längeren Zeitraum nahezu identisch (ZEITLER-FEICHT 2001a).

Das Auftreten von Verhaltensstörungen weist auf unnatürliche Lebensbedingungen und das veränderte Raum-Zeit-Budget bei stallgehaltenen Pferden hin, denn bei frei lebenden Equiden wurden nie Stereotypen beobachtet (RIEDER et al. 2006).

Die Folgen einer Einzelhaltung von Pferden wurden durch Untersuchungen von GERKEN et al. (1997) deutlich. Sie beobachteten bei zwölf Pferden, die aus einer Gruppenhaltung in eine Einzelhaltung umgestallt wurden, die Entwicklung von offenbar haltungsspezifischen Verhaltensabweichungen wie Belecken oder Bebeißten der Stalleinrichtungen, Boxenschlagen, Weben und Polydipsie (krankhaft gesteigerter Durst).

Auch GRAUVOGL (1993) bemerkt, dass beim Pferd die soziale Isolierung für sein genetisches Verhaltensprogramm ein nahezu unlösbares Problem ist. Unter Verhaltensstörungen versteht er Verhaltensabweichungen, welche an dem Tier selbst oder an seinen Kumpanen Schmerzen oder Beschädigungen hervorrufen. Ansonsten sind Verhaltensabweichungen als neue Strategien der Tiere zur Bewältigung von misslichen Umweltbedingungen zu sehen. Das Pferd versucht durch lustbetonte, allerdings zum Suchtgeschehen neigende Handlungen, die Situation unter Kontrolle zu bekommen. Nicht nur Laufstereotypen und Weben neigen zur Süchtigkeit, sondern auch zahlreiche Maultätigkeiten, wie das Mähnefressen, Holznagen, Barrenwetzen und das häufig auftretende Koppen.

Beim Weben und Koppen handelt es sich um eine Stereotypie des Pferdes. Beim Weben tritt das Tier im Stall oder auf der Koppel ohne äußere Veranlassung mit den Vorderbeinen abwechselnd seitlich auf und schwingt dabei mit dem Vorderkörper und dem Kopf pendelnd hin und her. Das Koppen zeigt sich in einem Aufsetzen der oberen Schneidezähne auf eine feste Unterlage (Aufsatzkoppen), in seltenen Fällen

auch ohne Aufsetzen der Schneidezähne (Freikopper). Die Pferde schlucken dabei durch Zurückziehen des Kehlkopfes mittels der langen Halsmuskulatur mit oder ohne eines hörbaren Geräusches Luft ab. Dies führt zu Gasansammlungen in Magen und Darm und kann zu Koliken, mangelhafter Futterverwertung und bei Jungpferden zu Entwicklungsstörungen führen (ZEEB 1991; WIESNER u. RIBBECK 2000).

Laut SCHÄFER (1991) wird bei lauffreudigen Pferden, die zu wenig Bewegung bekommen, aus dem Weben in der Box sogar manchmal ein ständiges Im-Kreis-Gehen oder Achterlaufen. Auf dafür prädisponierte Stallgefährten in Sichtweite kann Weben ansteckend wirken. Bei Weidegang hört es auf, wird aber im Stall sogar nach mehrmonatiger Freilandhaltung gewöhnlich nach kurzer Zeit wieder aufgenommen. Aus ähnlichen Anlässen wie das Weben entsteht das Krippen- oder Barrenwetzen, bei dem die Pferde mit den Schneidezähnen auf dem Rand oder Boden ihres Futtertrog mehr oder weniger heftig und ausdauernd hin- und herwetzen (SCHÄFER 1991).

Ein weiterer Beschäftigungsmangel entsteht bei Stallpferden durch die meist stark limitierten Fütterungszeiten. Unter heute vorherrschenden Haltungsbedingungen wird ein Großteil des Futters durch energiekonzentrierte Futtermittel (Hafer, Pellets) ersetzt. Damit verbunden ist eine Reduzierung der Fresszeit, was zu einer Nichtbefriedigung des Fress-, Kau- und Beschäftigungsbedürfnisses führt (ZEITLER-FEICHT 2001c).

Würden unterbeschäftigte Pferde in Gruppen mit Auslauf gehalten werden und würden einzeln gehaltene Pferde mehr als täglich nur „versorgt“ und ein knappes Stündchen geritten, gäbe es weniger Verhaltensstörungen und weniger schadenvermeidendes Verhalten. Zudem gäbe es mehr gesündere Pferde mit höherer Lebenserwartung als heute (ZEEB 1991).

2.5.6 Die häufigsten Erkrankungen und Abgangsursachen bei Pferden

Die Häufigkeit der Abgangsursachen wurde wissenschaftlichen Untersuchungen entnommen, deren Daten unter anderem auf der Grundlage von Versicherungsstatistiken und Schlachthoferfassungen basieren. Erkrankungen des Bewegungsapparates machen dabei den größten Anteil der Nutzungsausfälle aus, gefolgt von Erkrankungen des Atmungs- und Verdauungsapparates. Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Häufigkeit der Erkrankungen und Abgangsursachen bei Pferden (nach verschiedenen Quellen)

Datengrundlage (Anzahl der Pferde)	Untersuchungszeitraum	Erkrankte Organsysteme bzw. Ursachen für den Verlust der Pferde (in %)				Quelle
		Bewegungsapparat	Atmungsapparat	Verdauungstrakt	sonstige Erkrankungen	
Nachkommen von 32 Deckhengsten, deutsche Warmblutzucht (558)	Pferde der Geburtsjahrgänge 1973/74	32	26	18	25	SOMMER 1988
Schlachtung von Warmblutpferden am Schlachthof München (2532)	1974 -1982	31,9	25,3	2,4	40,4 *	BUTLER und ARMBRUSTER 1984
Erhebung in 6 Reitställen, lebende Pferde (172)	1986 -1988	48	21	14	17	RODEWALD 1989
Entschädigte Pferde einer Tierversicherung (2594)	1990 -1995	45,3	8,7	9,5	36,5	SEIDENSTICKER 1999

* 23,5 % der Pferde wurden ohne Vorliegen einer Erkrankung geschlachtet (hauptsächlich Tiere in einem Alter unter drei Jahren)

SOMMER et al. (1988) nutzten für ihre Erhebungen zu den häufigsten Erkrankungen bei deutschen Warmblutpferden die Nachkommen von 32 Deckhengsten und erfassten deren Erkrankungen mittels Fragebögen, die an die Besitzer der Pferde verschickt wurden. Von 2251 Fragebögen konnten 558 ausgewertet werden. An erster Stelle standen bei dieser Auswertung die Schäden an den Gliedmaßen (32 %), gefolgt von Atemwegserkrankungen (26 %), Hauterkrankungen (25 %) und Koliken (18 % der erfassten Pferde). Das bestätigt die statistischen Auswertungen über die Abgangsursachen bei Schlachtpferden von BUTLER und ARMBRUSTER (1984). Auch bei ihren Untersuchungen machten die Erkrankungen des Bewegungsapparates bei Warmblütern mit 31,9 % den größten Anteil aus und die Atemwegserkrankungen (Dämpfigkeit) mit 25 % den zweitgrößten Bereich, gefolgt von Koliken mit 2,4 %.

RODEWALD (1989) konnte in einem zweijährigen Untersuchungszeitraum bei insgesamt 172 Pferden aus sechs Reitställen einen hohen Anteil haltungsbedingter Erkrankungen feststellen. Dabei überwogen die Lahmheiten mit 35 %, gefolgt von respiratorischen Erkrankungen mit 21 %, Erkrankungen des Verdauungsapparates mit 14 % und Verletzungen mit 13 %. Verhaltensstörungen zeigten fünf Prozent der

beobachteten Pferde. Weiterhin wurden vermehrt sonstige innere Erkrankungen, Hauterkrankungen und Zahnerkrankungen diagnostiziert und behandelt. Bemerkenswert ist bei dieser Erhebung, dass alle diese Erkrankungen durch die Haltung und Nutzung der Pferde verursacht oder verschlimmert wurden. Es fällt außerdem auf, dass in einem Betrieb, in dem die Pferde in Einzel- und Gruppenauslaufhaltung gehalten wurden keine Lahmheiten auftraten.

Bei den Abgangsursachen entschädigter Pferde einer Tierversicherung aus den Jahren 1990 bis 1995 sind die Erkrankungen der Bewegungsorgane mit 45,26 % ebenfalls die vorherrschende Ursache der Abgangsursachen. Krankheiten des Verdauungsapparates machten mit 9,48 % die zweithäufigste Abgangsursache aus, gefolgt von Erkrankungen des Atmungsapparates mit 8,67 % und Erkrankungen des Nervensystems mit 8,23 %. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 2594 tierärztliche Schadensgutachten einer überregionalen Tierversicherung hinsichtlich der konkreten Schadensdiagnosen geprüft. Die Vergleichbarkeit eines solchen Datenmaterials mit anderen Untersuchungen wird jedoch kritisch bewertet, da die Grundstruktur des jeweiligen Versicherungsgesamtbestandes erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse hat (SEIDENSTICKER 1999).

2.5.7 Schlussfolgerungen „Haltungsbedingte Erkrankungen beim Pferd“

Erkrankungen bei Pferden gehen häufig mit Leistungseinbußen und hohen Kosten einher. Einmal etablierte Verhaltensstörungen, die auf Haltungs- und Umgangsfehler zurückzuführen sind, sind nur schwer zu therapieren. Daher kommt der Prophylaxe eine besondere Bedeutung zu und in der Praxis muss darauf geachtet werden, dass die Pferde ihre artspezifischen Bedürfnisse decken können. Dazu zählen zum einen der verhaltensgerechte Umgang mit den Pferden unter Vermeidung von physischen und psychischen Überforderungen, zum anderen muss die Haltung den pferdespezifischen Ansprüchen besser angepasst werden. Wissenschaftliche Untersuchungen machen darauf aufmerksam, dass Erkrankungen des Bewegungs-, Atmungs- und Verdauungsapparates ebenso wie Verhaltensstörungen mit den entsprechenden Haltungs- und Nutzungsbedingungen korreliert sind, wobei die Hauptursache in einer mangelnden Bewegung und fehlender Beschäftigung zu suchen sei.

2.6 Pferdeverhalten

Im Hinblick auf die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit sollen an dieser Stelle vor allem das Sozial-, Komfort- und Ruheverhalten betrachtet werden, da sie einen großen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Stressbelastung der Pferde haben. Zudem sollen die bisherigen Kenntnisse über das Bewegungsverhalten erläutert werden.

2.6.1 Das natürliche Verhalten der Pferde

Jedes Lebewesen hat sich im Laufe der Evolution optimal an seinen natürlichen Lebensraum angepasst, nicht nur in seiner Morphologie und Physiologie, sondern auch in seinem Verhalten. So konnten nur die Tiere überleben und sich fortpflanzen, die sich rechtzeitig vor Feinden in Sicherheit bringen konnten oder die Möglichkeit hatten, für Notzeiten Fett- oder Futterreserven anzulegen. Die Anpassung hat aber zur Folge, dass spezifische Umweltbedingungen erfüllt sein müssen, damit ein Individuum seine ihm angeborenen Verhaltensweisen ausleben kann. Das Tier wird sozusagen mit gewissen „Erwartungen“ an seine Umwelt geboren und hat somit natürliche Bedürfnisse. Ein Pferd hat ein natürliches Raum- und Bewegungsbedürfnis sowie ein natürliches Licht- und Luftbedürfnis. Wildpferde nehmen ohne Unterbrechung mit sämtlichen Sinnen am Umweltgeschehen teil. Sie horchen, sie schnuppern und sie schauen um sich. Es vergeht kein Moment, ohne dass sie genau wissen, was vor, hinter oder neben ihnen geschieht. In der Natur ist das Pferd Sonne und Regen ausgesetzt. Es reibt sich an Bäumen und wälzt sich gern im Sand (BACHMANN 1998a).

2.6.2 Sozialverhalten unter natürlichen Bedingungen und bei Stallhaltung

Das Leben im Herdenverband gibt dem Pferd das Gefühl der Sicherheit, der Kontakt zu Artgenossen ist ein Grundbedürfnis. Spiel und besonders die gegenseitige Fellpflege haben soziale Funktion und festigen den Zusammenhalt der Pferdegruppe, wobei das Zusammenleben durch eine strikte Rangordnung geregelt wird. Die Neueingliederung eines Pferdes in eine Pferdegruppe führt zu Auseinandersetzungen, bis der Neuling seinen Platz in der Hierarchie gefunden hat. Nach der Bildung einer

festen Rangordnung sind Pferde im Allgemeinen untereinander verträglich (MARTEN 1996).

Freundschaftliche Beziehungen zwischen Herdenmitgliedern werden durch soziale Hauptpflege wie gegenseitiges Beknabbern am Mähnenkamm und an der Rückenpartie und durch friedliches „Nebeneinander-Stehen“ gepflegt und vertieft (BACHMANN 1998a). Sozialer Kontakt zu Artgenossen fördert zudem das seelische Gleichgewicht des Pferdes und seine Leistungsbereitschaft (HENNING 2004).

Ihrem Wesen nach sind Pferde gesellige Tiere. Werden die Anforderungen, die sie als soziale Lebewesen stellen, bei der Stallhaltung nicht berücksichtigt, so können Probleme im Umgang mit ihnen und Verhaltensstörungen entstehen. Die Haltung eines einzelnen Pferdes ohne soziale Partner ist daher nicht pferdegemäß und die Haltung in Gruppen kommt dem sozialen Gefüge der Pferde besonders entgegen. Bei Einzelaufstallung ist mindestens der Hör-, Sicht- und Geruchskontakt zwischen den Tieren zu gewährleisten (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1999).

Hauspferde werden meistens im Alter von drei Jahren mit dem Beginn der Ausbildung einzeln aufgestellt. Mehrheitlich befinden sich zwar im gleichen Stallgebäude Artgenossen, die Kontaktmöglichkeiten sind jedoch minimal. Boxen werden häufig mit Eisengittern umschlossen, sodass sich die Nachbarpferde nicht berühren können. Weil die Pferde keine Möglichkeit haben, ihre Rangordnung festzulegen, entstehen Aggressionen gegenüber den Nachbarn. Hinzu kommt, dass die in einem solchen Haltungssystem eingesperrten Pferde nie die Möglichkeit haben werden, innerhalb einer Herde mit natürlicher Altersstruktur, das heißt mit jüngeren, gleichaltrigen und älteren Gruppenmitgliedern, die Verhaltensregeln eines Pferdeverbandes zu erlernen. Da diese Pferde auf Signale und Warnungen von Artgenossen z. T. nicht oder falsch reagieren, kann es zu gefährlichen Kämpfen kommen (BACHMANN 1998a).

2.6.3 Komfortverhalten

Das Komfortverhalten kann in zwei Bereiche unterteilt werden: In den einen gehören alle Aktivitäten, die von dem Einzeltier allein ausgeführt werden können, wie z. B. das Putzen des Felles mit den Zähnen oder das Wälzen und Scheuern. Der andere Bereich sind die Aktivitäten, die innerhalb des Sozialverbandes ausgeführt werden, wie z. B. das gegenseitige Fellputzen oder die gegenseitige Fliegenabwehr. Für die Haltungsverfahren bedeutet das, dass wiederum die zur Verfügung stehende Fläche

ausreichend sein muss, um z. B. das Wälzen ohne ein Festliegen zu ermöglichen (SACHSEN-COBURG UND GOTHA 1991).

Tägliches Wälzen ist für Pferde, unabhängig von ihrer Haltungsform, eine der elementarsten Hautpflegehandlungen und für ihr wirkliches Wohlbefinden von großer Wichtigkeit. Pferde bevorzugen dazu sandige, trockene und auch staubige Plätze. Der Pflegezustand und die Jahreszeit spielen für die Häufigkeit des Wälzverlangens keine Rolle. Gut geputzte Stallpferde widmen sich genauso oft dieser Komfort-handlung wie frei lebende Einhufer (SCHÄFER 1991).

Sinnvolle Körperpflege ist für das Wohlbefinden des Pferdes unerlässlich. Pflege-maßnahmen sind dem Haltungssystem anzupassen und Pflegehandlungen durch den Menschen sind eine weitere Möglichkeit für soziale Kontakte (SACHVER-STÄNDIGENGRUPPE TIERSCHUTZGERECHTE PFERDEHALTUNG 1995).

2.6.4 Ruheverhalten

Neben dem Fressen verbringen frei lebende Pferde die meiste Zeit des Tages mit Ruhen. Bei erwachsenen Pferden sind dies etwa fünf bis neun Stunden des 24-Stunden-Tages (ZEITLER-FEICHT 2001b). Eine Untersuchung hat ergeben, dass domestizierte Pferde 19¼ Stunden des Tages aufgeweckt und rege, zwei Stunden träge, aber wach verbringen, sich zwei Stunden in einem leichten Schlaf und eine ¾ Stunde in einem tiefen Schlaf befinden. Die Schlafzeiten sind darüber hinaus in kurze Abschnitte unterteilt: der Tiefschlaf in durchschnittlich neun Perioden von jeweils fünf Minuten und der Leichtschlaf in 33 Nickerchen à dreieinhalb Minuten. Der Grund dafür ist das ursprüngliche Verhalten der Pferde als Beutetiere. Die wilden Vorfahren unserer heutigen Stallpferde konnten es sich nicht leisten, ausgiebig zu schlafen, weil dies zu gefährlich gewesen wäre. Sie bevorzugten vielmehr lange Ruheperioden, ohne dabei wirklich einzuschlafen (MORRIS 1998).

Pferde ruhen und schlafen nicht wie Menschen einmal pro 24 Stunden, sondern immer wieder mal für Minuten oder höchstens etwa eine oder zwei Stunden. Pferde ruhen im Stehen und im Liegen, wobei drei Intensitätsgrade zu unterscheiden sind: Der leichteste ist das **Dösen**, bei dem die Pferde mit völlig entspanntem Gesichtsausdruck herumstehen. Pferde können im Stehen dösen oder sogar für

einige Minuten schlafen, wobei ihr Gewicht häufig auf drei Beinen ruht. Eins der Hinterbeine wird abwechselnd von den Pferden so angewinkelt, dass nur noch die Hufspitze den Boden berührt, wodurch die Oberschenkelmuskeln erschlaffen und sich erholen können. Dösen ist die Hauptregenerationsform erwachsener Equiden. Die nächste Intensitätsstufe des Ausruhens ist das **Schlummern**. Dazu legen sich die Pferde in eine aufrechte Liegeposition auf Brust und Hinterteil mit unter den Leib geschlagenen Beinen nieder. Der Kopf wird dabei je nach Ruhe- oder Schlafstadium entweder frei getragen oder mit dem Maul auf dem Boden aufgestützt. Der Schlaf wirkt hier wesentlich tiefer als beim Dösen, doch erwachen die Tiere noch ziemlich leicht und können sich aufgrund ihrer unter dem Körper versammelten Gliedmaßen schnell erheben. Zum **Tiefschlaf** legen sich alle Einhufer flach auf die Seite und der Kopf ruht am Boden. In dieser vollständig entspannten Seitenlage mit leicht ausgestreckten Beinen verbringen sie rund zehn Prozent eines Tag-Nacht-Zyklus'. Im Tiefschlaf werden keinerlei Sinneseindrücke mehr wahrgenommen und das Erwachen geht nur allmählich und stufenweise vor sich. Gewöhnlich liegt diese Tiefschlafperiode, die nie länger als ein bis zwei Stunden pro Nacht anhält, zwischen 24 Uhr und Sonnenaufgang (GEISER 2001).

Zu den Haupteinflussgrößen auf das Merkmal Liegen gehören die Faktoren Tageszeit, Verwendungszweck und Haltungsform (IHLE 1984). In einer ethologischen Studie über den Tagesrhythmus von Pferden in Abhängigkeit von der Haltungsform waren die Liegezeiten in der Box (53,9 Minuten) und in der Ständerhaltung (44,6 Minuten) am längsten, gefolgt von Paddock (27,3 Minuten), Laufstall (21,7 Minuten) und Weide (3,0 Minuten).

2.6.5 Bewegungsverhalten unter natürlichen Bedingungen und bei Stallhaltung

2.6.5.1 Bedeutung der Bewegung

In der Welt der Pferde ist fast jede Tätigkeit mit Fortbewegung verbunden. Schon wenige Minuten nach der Geburt steht ein gesundes Fohlen bereits auf den Beinen, um ans Euter der Mutter zu gelangen. In freier Wildbahn grasen Pferde bis zu 16 Stunden täglich, während sie langsam vorwärts schreiten und auf der Flucht erreichen sie kurzfristig Geschwindigkeiten von bis zu 65 km/h (GEISER 2001).

Die Überlebensstrategie von Wildpferden besteht darin, dass sie ihre Umgebung kontrollieren und immer alles im Auge behalten, um bei Gefahr sofort fliehen zu können. Ohne ihre Schnelligkeit sind Wildpferde verloren. Indem sich die Pferde bei der Futteraufnahme in langsamen Schritten fortbewegen, ist eine gute Durchblutung des Bewegungsapparates und der Organe gewährleistet. Muskeln, Sehnen und Bänder bleiben elastisch. Auch die Lungen sind der enormen Belastung bei einer Flucht nur deshalb gewachsen, weil sich die Pferde immer an der frischen Luft aufhalten und auf diese Weise ihre Atemorgane trainieren und gesund erhalten (BACHMANN 1998a).

Bewegungsarmut kann daher zu erheblichen Störungen des Bewegungsapparates führen. Sie ist aber auch verantwortlich für ungenügende Selbstreinigung der Atemwege, für Störungen des Stoffwechsels und des Hufmechanismus als Folge zu geringer Durchblutung, für psychische Schäden, Übersprunghandlungen und Bewegungstereotypen (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998).

Besonders wichtig ist Bewegung für heranwachsende Pferde. Nur wenn sie ausgewogen ist und im ausreichenden Maße erfolgt, kann sich das Knochenwachstum auf die späteren Anforderungen einstellen (ZEITLER-FEICHT 2001b). Das Spielverhalten, das eine weitere Form der Bewegung darstellt, kann aber nicht nur bei jungen Pferden beobachtet werden. Im Verhältnis zu anderen großen Säugetieren besitzen Pferde die Eigenart, bis ins hohe Lebensalter zu spielen. Es handelt sich um eine zweckfreie Bewegung, die das Vorhandensein von Bedürfnissen, wie z. B. Hunger, Durst oder Schmerz ausschließt und ein sicheres Anzeichen für das Wohlbefinden der Tiere darstellt. Da Spielen nur in Gesellschaft möglich ist, kommt der Gemeinschaftshaltung nicht nur bezüglich des Sozialverhaltens, sondern auch im Hinblick auf Befriedigung des Bewegungstriebes große Bedeutung zu (GRAUVOGL 1993).

Bei sozialen Auseinandersetzungen in der Gruppe, beim Spielen, im Zusammenhang mit Imponiergesten und natürlich bei der Flucht erfolgen die Bewegungen im Trab oder Galopp, ansonsten nur im Schritt (BACHMANN 1998a).

Auch FRENTZEN (1994) stellte in ihren Untersuchungen an Haflingern fest, dass Bewegung auch bei domestizierten Pferden, mit Ausnahme der Laufspiele, nicht um ihrer selbst willen stattfindet. Sie ist stets an Futtersuche und –aufnahme, Aufsuchen

von Tränkestellen, Flucht oder Sozialkontakte gekoppelt.

Diejenigen Pferdehalter, die eine zusätzliche Bewegung ihrer Pferde ablehnen, führen die Gefahr eines Unfalls durch zu große Aufregung im Auslauf als Begründung an – eine sich selbst erfüllende Prophezeiung, denn durch den angestauten Bewegungsdrang aufgrund des selten gewährten Auslaufs passieren tatsächlich mehr Unfälle (WILKE u. BRUNS 2004).

2.6.5.2 Anteil der Bewegung am Zeitbudget

In der Freiheit verbringen Pferde rund 16 Stunden des Tages mit der Futteraufnahme. Dabei bewegen sich die Pferde nach einigen aufgenommenen Bissen einen oder zwei Schritte vorwärts und bleiben so kaum länger als zwölf Sekunden an exakt derselben Stelle stehen. Dazwischen gehen sie an die Wasserstelle und nehmen größere Mengen frischen Wassers auf (RIEDER et al. 2006). Auch BACHMANN (1998a) und PIRKELMANN (2002a) sehen daher die Futteraufnahme als einen entscheidenden Faktor, um das Bewegungs- und Beschäftigungsbedürfnis der Pferde zu befriedigen. Bei Weidehaltung bestimmt sie mit 12 – 16 Stunden ca. 60 % des Tagesgeschehens und stellt neben dem Stehen die dominierende Verhaltensweise dar. Mit der Futteraufnahme ist eine zweckgebundene Fortbewegung verbunden, wo hingegen die Lokomotion als zweckfreie Bewegung nur einen Anteil von 3 bis 16 % an der gesamten Bewegungsaktivität ausmacht.

BOYD et al. (1988) untersuchten das Verhalten von acht Przewalski-Pferden auf einer Weide im Sommer und betrachtete dabei die Verteilung der verschiedenen Verhaltensaktivitäten innerhalb eines 24-Stunden-Zeitintervalls. Die beobachtete Herde verbrachte dabei durchschnittlich 46 % des Tages (11 Stunden) mit der Futteraufnahme, 34 % des Tages (8,2 Stunden) im Stehen, 7,4 % (1,8 Stunden) mit Fortbewegung und 5,3 % (1,3 Stunden) des 24-Stunden-Tages im Liegen.

Auch KILEY-WORTHINGTON (1990) untersuchte, wie viel Zeit die Pferde pro Tag mit Fressen, Liegen, Stehen und sonstigen Tätigkeiten in Abhängigkeit von ihrer Haltungsform verbringen (Abb. 4).

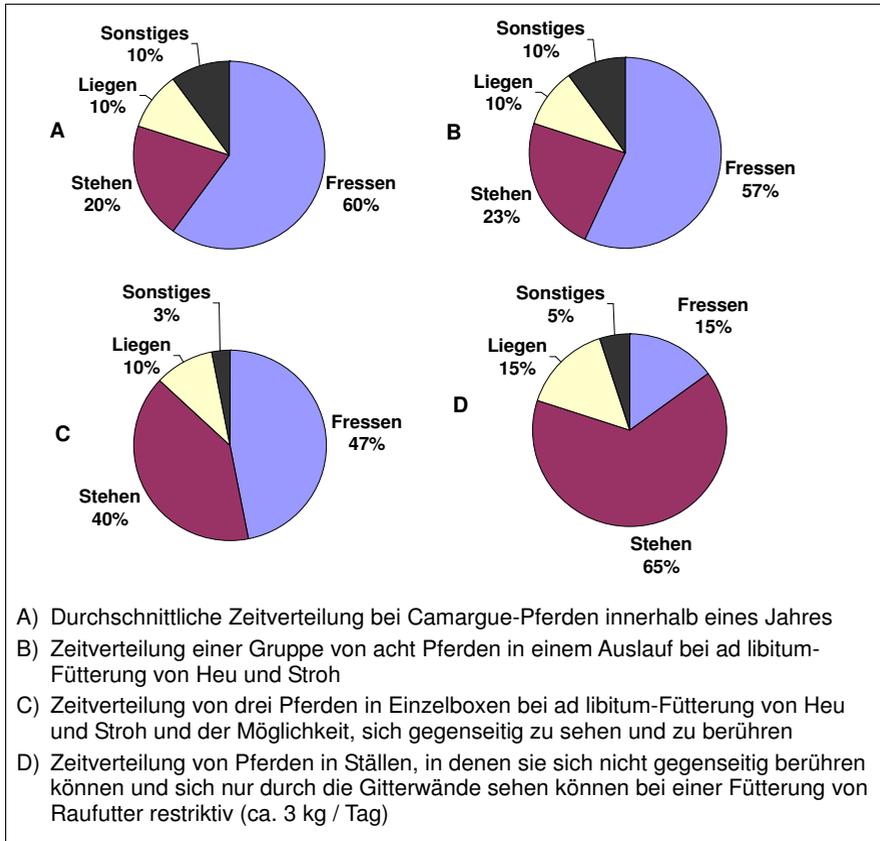


Abbildung 4: Zeitbudget von Pferden in Abhängigkeit ihrer Haltungform
 (nach DUNCAN 1980; KILEY-WORTHINGTON 1990)

Dabei wird deutlich, dass sich das natürliche Verhalten frei lebender Pferde in der französischen Camargue deutlich von Pferden in Stallhaltung unterscheidet. Starke Abweichungen vom normalen Verhalten zeigen sich vor allem beim Fortbewegungs- und Nahrungsaufnahmeverhalten. Die Camargue-Pferde verbringen 60 % des Tages mit Futteraufnahme und 20 % mit Stehen, wohingegen die Tiere aus Einzelboxen mit restriktiver Raufuttermittellage nur noch 15 % des Tages mit Fressen verbringen und ihre reine Stehzeit 65 % beträgt. Durch eine ad libitum-Fütterung von Heu und Stroh erhöht sich in den Einzelboxen zwar die Fresszeit auf 47 %, aber die Stehzeit ist mit

40 % des Tages noch recht hoch. Hingegen nähert sich bei einer Gruppen-Auslaufhaltung die durchschnittliche Zeitverteilung mit 57 % Fresszeit und 23 % Stehzeit schon recht gut an die Verhältnisse der frei lebenden Tiere an.

Die tägliche Bewegung der Pferde ist oft nur noch auf eine Stunde reduziert und findet meistens in staubigen Reithallen statt. REICHERT (1990) fand, dass von rund 2800 Pferden nur 72 % der Großpferde und 52 % der Ponys und Kleinpferde regelmäßig täglich bewegt wurden, obwohl nur 12 % der Großpferde und 32 % der Ponys und Kleinpferde in Lauf- und Offenställen gehalten wurden.

2.6.5.3 Täglich zurückgelegte Wegstrecken

Bisherige Erhebungen über täglich zurückgelegte Wegstrecken in Abhängigkeit von den Haltungsbedingungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Täglich zurückgelegte Wegstrecken unter natürlichen, naturnahen und Stallhaltungs-Bedingungen

Untersuchungsschwerpunkt (Lebensraum / Haltungssystem)	Zurückgelegte Wegstrecke (in km / Tag)	Quelle
Pferde in freier Wildbahn, Hochebene Namib	20-30 (Aktionsradius)	BENDER 1999
Wildpferde, Prärien Nordamerikas	bis zu 16	GEISER 2001
Wildpferde	bis zu 20	HENNING 2004
Freilebende New Forest Ponys, Camarguepferde und Mustangs	6-11	ZEITLER-FEICHT 2001c
Camargue-Pferde	6	SCHÄFER 1991
Halbwilde New Forest Ponys	7-10 (Aktionsradius)	
Freilebende Fjordpferde	4-7	BENDER 1999
Pferde unter naturnahen Haltungsbedingungen	bis zu 8	MARTEN 1996
Haflinger, reine Weidehaltung	8,4	FRENTZEN 1994
Haflinger, Auslaufhaltungssystem und hohe Fütterungsfrequenz	4,8	
Mehrraum-Pferdeauslaufhaltungssystem mit tierindividueller Vorratsfütterung	3	PIOTROWSKI 1992
Reitpferde, Privatbesitz	4,9	RODEWALD 1989
Schulpferde	9,9	

In Abhängigkeit vom Vegetationszustand halten sich Pferde in freier Wildbahn 20 bis 30 Kilometer entfernt um ihre Wasserstellen herum auf. Dies war bei wildlebenden Pferden der Hochebene Namib im Süden Afrikas in Dürrezeiten zu beobachten. Zu berücksichtigen ist die jahreszeitliche Variabilität der Nahrungsaufnahme, die sich

zum Sommer hin erheblich verringern kann und zum Herbst instinktiv stetig zunimmt, um hohe Fettreserven für die unter naturkonformen Bedingungen zu erwartende Mangelperiode des Winters zu bilden. Unter guten Bedingungen (satte Weide, schnell erreichbare Tränke) wird der Aktionsradius insgesamt zwar kleiner, das Pferd wird in solchen Fällen dann aber wählerischer, neugieriger und setzt dies ebenfalls in Bewegung um (BENDER 1999).

Die von Wildpferden täglich zurückgelegten Strecken richten sich somit in erster Linie nach den ökologischen Gegebenheiten des von ihnen bewohnten Terrains. In den Prärien Nordamerikas legen Wildpferde täglich bis zu 16 Kilometer zurück, um von ihrem Weidegrund bis zu einer Wasserstelle zu kommen (GEISER 2001) und auch HENNING (2004) gibt an, dass Wildpferde nicht selten bis zu 20 Kilometer am Tag zurücklegen.

ZEITLER-FEICHT (2001c) gibt an, dass sich Pferde unter normalen Bedingungen täglich etwa sechs bis elf Kilometer fortbewegen. Diese Beobachtung bezieht sich auf New Forest Ponys, Camarguepferde und Mustangs. Es wird aber auch angemerkt, dass bewegungsfreudigere Rassen wie Araber und Vollblüter unter gleichen Bedingungen evtl. größere Strecken zurücklegen würden.

Diese Kilometerangaben decken sich mit SCHÄFERs (1991) Aussagen, wonach Camargue-Pferde täglich eine ca. sechs Kilometer lange Strecke zurücklegen, und die Größe des täglichen Aktionsradius' halbwilder New Forest Ponys zwischen sieben und zehn Kilometern liegt.

Eine von BENDER (1999) untersuchte frei lebende Fjordherde legte beim ruhigen Abgrasen des überständigen winterlichen Altgrases auf einem 100 Morgen (entspricht ca. 25 bis 50 Hektar) großen Areal täglich ca. vier bis sieben Kilometer bei Fresszeiten zwischen elf und 16 Stunden zurück.

Als Lauf- und Fluchttier der offenen Steppe hat das Pferd trotz 5.000 Jahren der Domestikation immer noch ein besonders ausgeprägtes Bewegungsbedürfnis. Spärliche Steppenflora und die wählerische Art der Futteraufnahme zwingen das Pferd beim Weiden zu ständiger Bewegung. Unter naturnahen Bedingungen legen Pferde beim Grasens im ruhigen Vorwärtsschreiten bis zu acht Kilometer zurück (MARTEN 1996).

Diese Angabe wird durch Untersuchungen von FRENTZEN (1994) am Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig bestätigt. Die von ihr beobachteten Haflinger legten bei reiner Weidehaltung im Durchschnitt innerhalb von 24 Stunden ca. 8,4 Kilometer zurück, wohingegen diese Pferde bei ausschließlicher Haltung im Auslaufsystem und hoher Fütterungsfrequenz durchschnittlich 4,8 Kilometer pro Tag liefen. Die Bewegung fand dabei überwiegend im Schritt und über den ganzen Tag verteilt statt. Bei vorhergehenden Untersuchungen am Institut für landwirtschaftliche Bauforschung (PIOTROWSKI 1992) wechselten die Pferde in der „Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit tierindividueller Vorratsfütterung“ täglich durchschnittlich 80-mal die Bereiche und legten dabei aus eigenem Antrieb bis zu 3 Kilometer zurück.

RODEWALD (1989) untersuchte die tägliche Nutzungsdauer von Reitpferden in sechs Betrieben. Privatpferde wurden im Durchschnitt 41 Minuten täglich bewegt bei einer zurückgelegten Strecke von 4,9 Kilometern und Schulpferde bewegten sich täglich 85 Minuten und legten eine Strecke von 9,9 Kilometern zurück. Die zurückgelegten Strecken sind zwar länger als die in der Auslaufhaltung freiwillig zurückgelegten, es ist aber zu bedenken, dass der größte Teil in schnelleren Gangarten absolviert wird. Des Weiteren wird die Bewegung auf kurze Zeiträume komprimiert und entspricht, wenn die Tiere sonst nur im Stall stehen, nicht dem physiologischen Bewegungsmodus.

2.6.5.4 Bewegungsaktivität in Abhängigkeit vom Haltungsverfahren

REHM (1981) untersuchte bereits die Auswirkungen verschiedener Haltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität bei Hauspferden. Er beobachtete dazu fünf Pferde in drei aufeinanderfolgenden Haltungsformen: Anbinde-, Einzelboxenhaltung und Gruppen-Auslaufhaltung. Die Pferde der Anbinde- und Einzelboxen-Haltung kamen zum Auslauf zwei Stunden täglich auf einen Paddock und die Pferde der Gruppenhaltung waren sieben Stunden pro Tag auf den Paddocks, die an ihren Stall angrenzten, da die Zugänge zum Stall in dieser Zeit versperrt wurden. Zur Untersuchung der Bewegungsaktivität wurden die Pferde während ihres Paddockaufenthaltes beobachtet, wobei in der Gruppenhaltung die ersten beiden Stunden ausgewertet wurden. Seine Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit zunehmender Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit im Stall (zunehmende Einschränkung in der

Reihenfolge Gruppenhaltung, Boxenhaltung, Anbindehaltung), eine steigende Bewegungsaktivität im Paddock zu verzeichnen ist. Schon kurze Zeit nach jedem Wechsel zu einem anderen Haltungsverfahren konnte bei den Einzelpferd-beobachtungen eine Änderung der Bewegungsaktivität im Schritt festgestellt werden.

KLINGLER (1988) untersuchte in ihrer Arbeit ebenfalls diese drei verschiedenen Haltungssysteme (Ständer, Einzelbox und Gruppenhaltung) hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Fortbewegung der Pferde. Dazu wurden 30 Pferde dieser drei Haltungssysteme auf der Weide beobachtet und deren Gangart und Wegstrecke ermittelt. Beim täglichen Weidegang bewegten sich die Pferde überwiegend im Schritt, allerdings zeigten die Tiere aus der Einzelboxenhaltung mehr Trab- und Galoppaktivitäten sowie einen geringeren Anteil an Ruhephasen. Dabei legten die Pferde aus der Gruppenauslaufhaltung auf der Weide die kürzesten Strecken zurück; sie zeigten das ruhigste und gründlichste Weideverhalten und ähnelten in Bezug auf das Fortbewegungsverhalten noch am meisten ihren wildlebenden Verwandten.

Hingegen hatten FRENTZENs (1994) Untersuchungen an Haflingern das Ziel, die Faktoren zu ermitteln, die die Bewegungsaktivität und das Bewegungsverhalten von Pferden innerhalb des Haltungssystems (Mehrraumgruppenauslaufhaltung) beeinflussen. Als variable Parameter dienten dabei der Fütterungsrhythmus sowie die Weglänge zwischen Fress- und Tränkeplatz, dabei blieben die Auslaufgröße und die Art der Zusatzbewegung unverändert. Ihre Untersuchungen haben gezeigt, dass die Fütterungsfrequenz, das heißt die tägliche Anzahl der Futterzugangszeiten, einen hochsignifikanten Einfluss auf das Maß der Bewegungsaktivität hat. Bei kurzen Verbindungswegen zwischen den Funktionsbereichen führte die Steigerung der Fütterungsfrequenz (von 4 auf 6 Termine pro Tag) zu einer Steigerung der Bewegungsleistung um 42 %. Bei langer Wegstrecke zwischen den Funktionsbereichen führte die gesteigerte Fütterungsfrequenz zu einer Zunahme der Bewegungsaktivität um 29 %. Jedoch hatte die alleinige Verlängerung der Wegstrecke keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Bewegungsaktionen.

2.6.5.5 Bewegung durch eine Führenanlage

Die Führenanlage soll eine zusätzliche Alternative der Bewegungsmöglichkeit für das Pferd sein. Besonders in großen Betrieben können vier und mehr Pferde gleichzeitig ihren Bewegungsapparat erhalten und konditionieren. Die Führenanlage ist eine meist runde oder ovale Stahlkonstruktion, wo der Motor ebenerdig oder oberhalb der Bewegungsfläche angebracht wird. Bei den runden Anlagen sollte ihr Durchmesser nicht unter 15 Metern liegen. Die Pferde sind in den Fühomaschinen entweder angebunden oder freilaufend. Bei den Freilauf-Anlagen sind die Pferde in Feldern mit je zwei schwebenden Pendeln abgetrennt, die über den Motor entsprechend nach einer bestimmten Geschwindigkeit fortbewegt werden. Die Trenngitter können mit einem schwachen Strom – ähnlich dem Elektrozaun – versetzt werden. Aus gesundheitlichen Gründen der Tiere sollten es Anlagen sein, die Freilauf geführt sind. Führenanlagen werden sehr häufig in Rennpferde-Ställen (Galopp- und Trabrennsport) als tägliche Bewegungsergänzung genutzt (PICK 1999; BRÜGGER 2003). Aber auch in Reit-, Ausbildungs- und Zuchtbetrieben werden in zunehmenden Maße Pferdeführenanlagen eingesetzt, da sie eine wertvolle Hilfe beim Aufwärmen, Trockenführen und im Konditionstraining leisten. Auch in der Therapie erkrankter Tiere und in der Rekonvaleszenz können die Führenanlagen durch die Verordnung eines dosierten Bewegungspensums wertvolle Dienste leisten. Gute Erfahrungen liegen zudem in der Durchführung von Trainingsprogrammen in der Aufzucht von Jungpferden vor. Eine Führenanlage kann jedoch nur ihren Zweck erfüllen, wenn bereits bei dem Bau der Anlage die Bedürfnisse der Tiere berücksichtigt werden. Großer Wert ist auf die Ausbildung des Hufschlags zu legen, gerade bei den üblicherweise im Freien angelegten Führeinrichtungen. Neben einer gesicherten Wasserabführung sollte auf eine tragfähige Unterschicht, eine geeignete Trennschicht und eine elastische Tretschicht, überwiegend aus Sand, geachtet werden. Zudem ist der Durchmesser der Anlagen zu berücksichtigen. Je enger die Radien und Bögen des Hufschlags geführt sind, desto weniger sollten schnelle Gangarten gewählt werden, um eine einseitige Überlastung der Gelenke zu vermeiden. Bei der Bedienung der Führenanlage ist darauf zu achten, dass der Bewegungsrhythmus sowohl hinsichtlich der Laufzeit, Geschwindigkeit und Drehrichtung mehrmals variiert wird. Die am häufigsten genutzte Gangart ist der Schritt, in den meisten Fällen kombiniert mit Trab. Dagegen wird bei großen Anlagen und entsprechend gesteuerten Trainingsprogrammen vereinzelt

auch der Galopp akzeptiert, wobei Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h gefahren werden können (PIRKELMANN 1991).

Es wird aber auch gemahnt, dass Führmaschinen, weder mit Elektrogitter noch mit Anbindevorrichtung, keine akzeptablen Ersatzlösungen sind. Bewegungsmaschinen können die Koppel nicht ersetzen, schon gar nicht die tägliche Arbeit (PICK 1994).

2.6.6 Schlussfolgerungen „Pferdeverhalten“

Bei der Beurteilung von Pferdehaltungssystemen spielt das Verhalten der Tiere eine große Rolle, da die Artgerechtigkeit einer Haltung sich dadurch auszeichnet, dass ein Tier seinen natürlichen arteigenen Verhaltensweisen und Bedürfnissen nachgehen kann. Pferde benötigen zwar in erster Linie Futter und Wasser um zu überleben, aber sie brauchen vor allem auch Sozialkontakte, Bewegung, Licht und frische Luft. Bei der Haltung von Pferden sollte daher ihr Komfort- und Ruheverhalten Berücksichtigung finden, da dieses neben der physischen Gesundheit für den Erhalt der psychischen Gesundheit von Bedeutung ist.

Insbesondere die Bewegung ist für Pferde aus verschiedenen Gründen vorteilhaft zu bewerten: Zum einen wird die Durchblutung der Organe und des Bewegungsapparates gewährleistet, wodurch Muskeln, Sehnen und Bänder elastisch bleiben und zum anderen trainieren die Pferde ihre Atmungsorgane und erhalten sie dadurch gesund. Bei dem Anreiz zur Bewegung spielt der Zweck der Futteraufnahme eine große Rolle, was bei der Weidehaltung von Pferden mit 12 – 16 Stunden ca. 60 % des Tagesgeschehens bestimmt (PIRKELMANN 2002a) und dazu führt, dass Wildpferde nicht selten bis zu 20 Kilometer am Tag zurücklegen (HENNING 2004).

Es gibt bereits Untersuchungen über den Einfluss der verschiedenen Haltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität von Pferden, die zu dem Schluss kommen, dass mit zunehmender Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit im Stall (zunehmende Einschränkung in der Reihenfolge Gruppenhaltung, Boxenhaltung, Anbindehaltung), eine steigende Bewegungsaktivität auf der Weide bzw. im Paddock zu verzeichnen ist (REHM 1981; KLINGLER 1988). In weiteren Untersuchungen wurde zudem gezeigt, dass die Fütterungsfrequenz und die Weglänge einen Einfluss auf das Maß der Bewegungsaktivität innerhalb des Haltungssystems haben (FRENTZEN 1994), dass

aber die Auslaufgröße ab einer bestimmten Größe keinen Einfluss auf die Bewegungsaktivität der Pferde hat (VIEDT 1986; PIOTROWSKI 1989).

2.7 Beurteilbarkeit des Stressverhaltens

2.7.1 Was ist Stress?

Stress beschreibt einen Zustand des Organismus, der als eine spezifische Anpassungsreaktion auf verschiedene Belastungsreize (Stressoren) definiert ist. Die Empfindung und Verarbeitung von Stressoren geschieht über eine Kaskade von biologischen Mechanismen mit dem Ziel der Schadensvermeidung und dem Erreichen eines psychophysiologischen Gleichgewichtszustandes (Prinzip der Homöostase). Dabei handelt es sich um differenzierte Anpassungsmechanismen, die neben neuroendokrinen Reaktionen auch Funktionen des Immunsystems beeinflussen. Diese Effekte auf das Immunsystem gewinnen im Zusammenhang mit tiergerechter Haltung, Gesundheit und Wohlbefinden landwirtschaftlicher Nutztiere zunehmend an Bedeutung. Wenn sich das homöostatische Gleichgewicht im Organismus nicht durch unwillkürliche Mobilisierung von Ressourcen oder durch reflexartige Verhaltensänderung wiederherstellen lässt, reagiert der Organismus mit einer Alarmreaktion. Diese Stressreaktion soll helfen, bedrohliche und belastende Situationen mittels Veränderungen des physiologischen Zustands sowie des Verhaltens zu meistern. Dabei sind Psyche und Körper beteiligt. Stressoren lassen sich nicht nur nach Art und Intensität, sondern auch nach Dauer und Häufigkeit unterscheiden. In der Literatur gibt es keine eindeutigen Kriterien dafür, bis wann ein Stress noch als akut und ab wann er als chronisch klassifiziert werden kann. Als chronischer Stress könnte eine Reaktion beschrieben werden, bei der es zu anhaltender Erhöhung des Istwertes für stressrelevante biologische Systeme, beispielsweise Hormone, kommt (BORELL 2000; TUCHSCHERER u. MANTEUFFEL 2000).

Der Begriff Stress wird in der Literatur für mehrere verschiedene Aspekte des Stressgeschehens benutzt. Er umfasst sowohl Ereignisse in der Umwelt (Stressstimuli) als auch die darauf folgenden Körperreaktionen (Stressreaktionen). Da die Reaktionen des Organismus nicht nur eine Anpassung an die gegebenen Umstände bewirken, sondern auch andere Körperfunktionen beeinflussen, wie z. B. den Stoffwechsel oder die Krankheitsresistenz, kann ein negativer Aspekt von Stress entstehen, wenn

gewisse (imaginäre) Grenzwerte überschritten werden. Verschiedene Individuen reagieren dabei unterschiedlich auf das gleiche Umweltereignis (LADEWIG 1994).

Psychologische Belastungen werden in ähnlicher Weise wie physische Belastungen bewältigt. Konfliktsituationen, sozialer Stress und Angst sind Zustände mit Relevanz für das Wohlbefinden von Tieren. Längerfristig können sie die Krankheitsanfälligkeit erhöhen und zu Leistungseinbußen, Organschädigungen und destruktiven bzw. depressiven Verhaltensweisen führen (BORELL 2000).

Bei jungen preverbalen Kindern und bei Säugetieren ist die Auswertung des Stressses schwieriger und beruht auf der Interpretation des Verhaltens und der physiologischen Reaktivität. Der physiologische Ausdruck des Stressses beinhaltet auch das autonome Nervensystem. Ist die autonome Tätigkeit gestört, so kommt es zu einer Störung des homöostatischen Prozesses, welcher die physiologisch begründete Definition des Stressses darstellt (PORGES 1995).

2.7.2 Befindlichkeit von Tieren

Von der angewandten Ethologie werden wissenschaftlich fundierte Aussagen zu Wohlbefinden, Leiden und Schmerzen erwartet. Bei Menschen lässt sich unter Berücksichtigung der Situation aus Körpermerkmalen verlässlich auf Befindlichkeiten wie angenehm und unangenehm schließen. Von Wissenschaftlern wird verneint, bedingt oder unbedingt bejaht, dass dies auch bei der Beurteilung der Befindlichkeit von Tieren möglich sei. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass in Verbindung mit Schmerz auftretende neurophysiologische Prozesse bei Mensch und Tier ähnlich sind; die Verarbeitung zur Wahrnehmung und Bewertung erfolgt jedoch individuenspezifisch. Heute geht ein großer Teil der Bevölkerung davon aus, dass Tiere Empfindungen, Gefühle und andere Befindlichkeiten haben und zuweilen wird recht emotional diskutiert, wie sich die Haltungsbedingungen auf die Befindlichkeiten der Tiere auswirken (TSCHANZ 1997).

Der Begriff der Befindlichkeit selbst entstammt der menschlichen Kognition und ist daher zunächst spezies-spezifisch. Erst wenn es gelingt, davon abstrahierte, messbare und objektivierbare Parameter zu finden, die unzweifelhaft mit dem menschlich-kognitiven Begriff der Befindlichkeit korrelieren, besteht überhaupt die Berechtigung

und die Möglichkeit, diesen über die menschliche Spezies hinaus anzuwenden. Das Ziel eines jeden Lebewesens ist es, die Homöostase, die zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen unerlässlich ist, unter allen Umständen zu gewährleisten. Dabei bezieht sich die Homöostase nicht allein auf die relative Konstanz von Blutzucker-, Salz- und ähnlicher Aufbau- und milieuerhaltende Konzentrationen, sondern auch auf das Gleichgewicht von Hormonen, Neurotransmittern und Modulatoren. Daraus ergibt sich auf der Ebene der Wahrnehmung auch die Homöostase der Emotionen, Gefühle und Empfindungen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Einhalten der Sollwerte aller physiologischen Größen Wohlbefinden ist, und umgekehrt, jedes im Verhalten geäußerte Unwohlbefinden seine Parallele in physiologisch messbaren Parameterabweichungen finden muss. Wissenschaftlicher Schwerpunkt ist es daher, so viel als möglich über die Größe und Dynamik der Sollwerte aller Regelkreise zu erfahren und auf dieser Basis die befindlichkeitsstörenden Abweichungen festzustellen. Die Einschätzung des Befindens eines Tieres setzt damit eine möglichst genaue Kenntnis seiner spezifischen Physiologie und ihrer Auswirkung auf das Verhalten voraus. Die alleinige Betrachtung des Verhaltens lässt zwar Hinweise auf das Vorhandensein, nicht aber zwangsläufig auf Art und Umfang tierischer Befindlichkeit zu. Die subjektive Befindlichkeit hängt dabei sowohl von der Wechselwirkung mit der Umwelt ab wie von einer Reihe endokrinologischer, neuronaler, psychischer und kognitiver Vorgänge, deren kompliziertes Zusammenspiel sowohl Ursache als auch Ergebnis interner Vorgänge sein kann. Insofern müssen Messungen, die mit dem Zweck durchgeführt werden, Aussagen über das Befinden eines Tieres zu treffen, immer komplexer Natur sein. Daher sollte das artspezifische, individuelle Wohlbefinden durch die Kombination ethologischer und physiologischer Messdaten quantifiziert werden, um dieses Referenzgerüst auf übliche Haltungsbedingungen für Nutztiere anwenden zu können (MANTEUFFEL u. PUPPE 1997).

Da das Wohlbefinden eines Tieres durch die Abwesenheit von Leiden gekennzeichnet ist, genau wie Gesundheit durch die Abwesenheit von Krankheit, ist erstens nicht zu erwarten, dass es „absolutes“ Wohlbefinden (bzw. Gesundheit) gibt und zweitens, dass derartige Zustände (Leiden bzw. Krankheit) anhand von nur wenigen Symptomen diagnostiziert werden können (LADEWIG 1994).

Pferde „verhalten“ sich nicht einfach nur, weil „dass ihre Art ist, so zu sein“, sondern reagieren damit stets auf ihre Umgebung entsprechend ihrer Möglichkeiten. Wer das

Wohlbefinden von Pferden untersuchen möchte, muss sich damit befassen, was ein Pferd in bestimmten Situationen fühlt. Ist es von Interesse, was ein Mensch empfindet, so kann er es dem Untersucher erzählen und dieser möge es ihm glauben. Leider können Pferde nicht in dieser Art mit uns kommunizieren, sodass der Untersucher andere Techniken und Messungen verwenden muss. Bei der Auswahl einer Messmethode ist es wichtig, den Bezug dieser Messung zum Wohlbefinden des Pferdes zu erkennen. Es gibt keine alleinige oder einfache Messung des Wohlbefindens (MILLS u. NANKERVIS 1999).

Studien zu Belastungsreaktionen von Nutztieren basieren häufig auf der Beschreibung einzelner physiologischer Parameter und Verhaltensänderungen, die in der Regel schwer zu interpretieren sind. Parallel zu Verhaltensbeobachtungen erlauben neuere nicht invasive Methoden der Erfassung belastungsanzeigender Metaboliten aus dem Speichel, Kot oder Urin sowie telemetrische Verfahren zur Messung der Herz- und Respirationsrate, Körpertemperatur und des Blutdruckes eine störungsfreie Beurteilung von Managementmaßnahmen, Haltungs- und Transport-situationen bei Nutztieren. Aufschlussreich sind dabei Erkenntnisse über die Bewältigungsmechanismen und deren Konsequenzen für das Wohlbefinden der Tiere. Diese nicht invasiven Messungen stellen daher wertvolle Informationen zur Verfügung, wie Tierhaltungssysteme, Behandlung und Transport von Tieren in naher Zukunft verbessert werden können (BORELL 2000).

2.8 Quantifizierung des Stressverhaltens und der Bewegungsaktivität bei Pferden

2.8.1 Messung der Herzfrequenzvariabilität

2.8.1.1 Physiologische Grundlagen der Herzfrequenzvariabilität

Bei Pferden wurden bereits einige Untersuchungen zur Messung und Auswertung der Herzfrequenzvariabilität durchgeführt, wobei es neben der Darstellbarkeit von Stressbelastungen auch um mögliche Veränderungen durch Trainingseffekte ging. Die Grundlagen der Herzfrequenzvariabilität wurden jedoch weitestgehend in der Humanmedizin und im Bereich der Sportwissenschaften erforscht.

Die Herzfrequenz nimmt eine wichtige Stellung in einem komplexen Regelnetzwerk ein, in dem neben Herz, Kreislauf, Atmung, Temperatur und Stoffwechsel auch psychomentele Einflüsse beteiligt sind. Dies alles verleiht der Herzfrequenz eine typische Zeitstruktur, die als sogenannte Herzfrequenzvariabilität (HRV, englisch: „heart rate variability“) messbar wird (ESPERER 1995). Aufeinanderfolgende Herzperioden unterliegen spontanen Schlag-zu-Schlag-Schwankungen, sind eben variabel. Daher werden diese Oszillationen der Herzperiodenintervalle als Herzfrequenzvariabilität bezeichnet. Unmittelbare kardiale Ursachen, wie Herzrhythmusstörungen im Sinne von Erregungs- und Leitungsbildungsstörungen, sind bei diesem Begriff ausgeschlossen, können aber durch Prüfung des Elektrokardiogramms (EKG) identifiziert werden (HORN 2003).

Ein EKG verdeutlicht die natürliche Variation der Herzperiodendauer in Ruhe. Bei einem Menschen mit einer Ruheherzfrequenz von 60 Herzschlägen in der Minute erfolgt nicht jeder Schlag nach exakt einer Sekunde bzw. 1.000 Millisekunden. Variationen von über 100 Millisekunden in der Herzschlagfolge sind bei gesunden Menschen eine normale Anpassungsreaktion des Herzens an äußere und innere Belastungen und Anforderungen. Die HRV kennzeichnet diese Variation (Schwankung) der Herzfrequenz über einen definierten Messzeitraum (bis zu 24 Std.) bei einer Analyse aufeinanderfolgender Herzperioden. Die HRV ist eine Messgröße der neurovegetativen Aktivität und autonomen Funktion des Herzens. Sie beschreibt die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von Herzschlag zu Herzschlag belastungsabhängig laufend zu verändern. Die HRV ist damit eine Kenngröße für die Anpassungsfähigkeit des Körpers an exogene und endogene Belastungsfaktoren (HOTTENROTT 2001). Bei der Analyse der Herzfrequenzvariabilität werden im Prinzip die Einflüsse des autonomen Nervensystems auf den Sinusknoten, also auf die Normalschläge des Herzens untersucht (MEESMANN et al. 1995).

Das autonome Nervensystem umfasst den Teil des Nervensystems, der der Regulation der inneren Organe und des Stoffwechsels dient. Zu diesem Zweck arbeitet das autonome Nervensystem eng mit dem Hormonsystem und dem somatischen Nervensystem zusammen. Synonym wird das autonome Nervensystem auch als vegetatives oder unwillkürliches Nervensystem bezeichnet, weil es weitgehend der willkürlichen Kontrolle durch das Bewusstsein entzogen ist.

Die beiden Hauptbestandteile des autonomen Nervensystems sind der Sympathicus und der Parasympathicus, die in der Regel gegenseitig wirken und unter unterschiedlichen Bedingungen aktiviert werden:

1. Der *Sympathicus* wird aktiviert, wenn es zu Belastungen des Körpers kommt, wie z. B. bei Flucht- oder Kampfsituationen. Eine Aktivierung des Sympathicus führt zu einer Mobilisierung von Leistungsreserven, um das Tier an eine Belastungssituation anzupassen.
2. Der *Parasympathicus* wird hingegen bei Ruhesituationen aktiviert und dient dazu, Körperfunktionen zu erhalten (DIENER 2000).

Das Herz reagiert laufend auf Signale des Organismus und der Umwelt mit fein abgestimmten Veränderungen (Variationen) der Herzperiodendauer. Diese Anpassungsfähigkeit des Herzens basiert auf einem optimalen Zusammenspiel des sympathischen und parasympathischen Nervensystems (HOTTENROTT 2001).

Einflussfaktoren auf die Herzfrequenzvariabilität

Bei Menschen wurde bereits nachgewiesen, dass die HRV von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Zu diesen Faktoren zählen Lebensalter, Gene, Geschlecht, zirkadianer Rhythmus, externe Faktoren, Gesundheits- und Trainingszustand. Das Geschlecht beeinflusst die HRV in der Form, dass bei Frauen ein dominierender Einfluss des Parasympathicus einer Dominanz des Sympathicus bei Männern gegenüber steht. Die HRV unterliegt einem zirkadianen Rhythmus, wobei nachts das parasympathische System dominiert und im Verlauf des Tages der Anteil der sympathischen Komponente überwiegt. Externe Faktoren wie Lärm, Kälte, Hitze oder Nahrungsaufnahme und mentale Beeinflussungen können ebenfalls zu einer Änderung der HRV führen. Daher ist darauf zu achten, dass mögliche Einflussfaktoren bei Untersuchungen zum Verhalten der Herzfrequenzvariabilität soweit wie möglich minimiert und bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Zudem kann jede Abweichung vom „normalen“ Gesundheitszustand die Herzfrequenzregulation und somit die HRV verändern (HAYANO et al. 1990; TSUJI et al. 1996; EVANS et al. 2001; KIRSTEIN 2002). Für trainierte Menschen mit ausgebildetem Sportherz sind eine verminderte Ruheherzfrequenz und eine tendenziell niedrigere Herzfrequenz bei Belastung kennzeichnend. Untersuchungen von

NORDMANN (2005) zur HRV bei Pferden zeigten jedoch keine Veränderung der Ruheherzfrequenz durch Training. Es traten bei ihren Untersuchungen an Versuchspferden der FAL Braunschweig keine Anpassungsvorgänge auf, die auf eine Trainingsbradykardie hindeuten würden. Die Zeitdauer des Trainings (ca. 2 Monate) war dafür vermutlich zu kurz, denn auch beim Menschen ist eine Trainingsbradykardie nur bei Dauersportlern ausgeprägt.

2.8.1.2 Analytische Parameter der Herzfrequenzvariabilität

Herzfrequenzvariabilität ist ein Oberbegriff für eine Vielzahl von HRV-Parametern, die mit sehr unterschiedlichen Analyseverfahren bestimmt werden können. Die HRV lässt sich mithilfe verschiedener mathematischer Verfahren, die ihren Ursprung zu meist in der Statistik, Geometrie oder der Physik haben, quantifizieren. Vorwiegend werden die Signalanalysen der Herzschlag-Intervallfolgen jedoch im Zeit- sowie im Frequenzbereich durchgeführt. Die Beurteilung der menschlichen HRV erfolgt in klinischen Anwendungen meistens als Langzeitvariabilität, wobei kontinuierliche EKG-Registrierungen über zwölf oder 24 Stunden ausgewertet werden. Darüber hinaus wird unter anderem im sportmedizinischen Bereich die HRV als Kurzzeitvariabilität auf der Basis maximal 15-minütiger EKG-Aufzeichnungen beurteilt (HORN 2003).

Durch ein EKG werden die elektrischen Erregungsvorgänge am Herzen gemessen und in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet. Die Spannungsschwankungen treten in Form von Zacken in positiver und negativer Richtung auf, die neutral der Reihe nach als P-, Q-, R-, S- und T-Zacke bezeichnet werden und bestimmten Phasen der Herzrhythmickeit entsprechen (ANTONI 1997). Bei der autonomen Diagnostik sollte eigentlich der Einfluss der nervalen Regulation auf die Aktivität des Sinusknotens untersucht werden, die im Elektrokardiogramm als p-Welle erscheint. Aufgrund ihrer geringen Amplitude und des wellenförmigen Verlaufs ist ihre Detektion aber nur relativ ungenau möglich, sodass die meist eindeutig detektierbare R-Zacke standardmäßig als Referenzpunkt für die HRV-Analyse genutzt wird (HORN 2003).

Der Abstand zwischen zwei R-Zacken entspricht somit dem Abstand zweier aufeinanderfolgender Herzschläge und wird als RR-Intervall (oder NN-Intervall, englisch: „normal to normal“) bezeichnet. Wenn im Folgenden von HRV gesprochen wird, so

ist damit stets die Variabilität der RR-Intervalle gemeint.

Für die Messung der Herzfrequenzvariabilität und ihrer Analyse wurden durch die „Task Force of the European Society of cardiology“ und die „North American Society of Pacing and Electrophysiology“ verbindliche Standards festgelegt (TASK FORCE 1996). Die Kenntnis und Berücksichtigung dieser Standards ist Voraussetzung für die Planung, Durchführung und Auswertung von experimentellen Studien. Bisher ist das methodische Vorgehen bezüglich der Elimination von Artefakten (Störsignalen), der Datenfilterung, des Resamplings (Wahl der Abtastfrequenz), der verwendeten Verfahren zur Frequenzanalyse sowie der gewählten Messdauer bzw. der zugrunde gelegten Datenmenge für die Auswertung jedoch äußerst heterogen. Diese vielfältigen methodischen Prozeduren erschweren nicht nur die Vergleichbarkeit der gewonnenen Befunde, sondern können das Ergebnis maßgeblich verfälschen. Dies betrifft vor allem die Elimination von Artefakten, die bei körperlichen Bewegungen im Vergleich zur Ruhemessung vermehrt auftreten, das Vorgehen bei der Frequenzanalyse und die Messdauer. Vergleiche von HRV-Befunden sind nur bei zeitgleicher Analysedauer oder gleicher Anzahl von RR-Intervallen aussagekräftig. Grundsätzlich sollte die Interpretation der HRV nicht auf der Grundlage eines einzelnen Parameters erfolgen, sondern immer mehrere Parameter einschließen (HOTTENROTT 2001).

HRV-Analyse im Zeitbereich

Eine qualitative Analyse der HRV erfolgt über die zeitliche Darstellung der Herzfrequenz bzw. RR-Intervalle in Form von Tachogrammen (s. Abb. 5, Seite 54). Die Tachogramme sind für eine qualitative Bewertung des HRV-Befundes geeignet. Anhand der Aufzeichnung lassen sich Störsignale und mögliche Extrasystolen erkennen. Diese müssen vor der weiteren mathematischen Analyse durch Filterung eliminiert werden. Die anschließende Zeitbereichsanalyse basiert auf deskriptiv-statistischen Aufbereitungen der RR-Rohdaten unter der Grundannahme, dass die Folge der Herzschläge einem stochastischen Prozess entstammt, d.h. ihre Reihenfolge zufällig ist. Die wichtigsten Parameter, die sich aus den RR-Intervall-Tachogrammen mittels Zeitbereichsanalyse bestimmen lassen, sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Definitionen der wichtigsten Parameter der HRV-Analyse im Zeitbereich (nach HOTTENROTT 2001)

Parameter	Einheit	Definition
RR oder NN	ms	Abstand zweier Herzschläge (R-Zacken im EKG)
SDNN	ms	Standardabweichung aller RR-Intervalle (= Gesamtvariabilität)
rMSSD	ms	Quadratwurzel aus den gemittelten Quadraten der Summe aller Differenzen aufeinanderfolgender RR-Intervalle
SDANN	ms	Standardabweichung des Mittelwertes der RR-Intervalle von allen 5-min-Abschnitten der gesamten Aufzeichnungszeit
SDNNindex	ms	Mittelwert der Standardabweichungen aller RR-Intervalle für alle 5 min-Abschnitte bei einer 24-h-Aufzeichnung
pNN50	%	Prozentsatz (Anzahl) aufeinanderfolgender RR-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen

Die HRV-Parameter leiten sich entweder von der Messung der absoluten RR-Intervalldauern ab oder haben Differenzen sukzessiver Schlag-zu-Schlag Intervalle zur Grundlage. Als statistisches Basismaß der HRV-Zeitbereichsanalyse gilt demnach die Standardabweichung, die kalkuliert über alle betrachteten RR-Intervalldauern als SDNN, über alle aufeinanderfolgenden RR-Intervalldifferenzen als rMSSD benannt wird und in modifizierter Form für Langzeitaufzeichnungen als SDANN benannt wird. Mit pNN50 wird der Prozentsatz aufeinanderfolgender RR-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen, berechnet. Bei dieser Analyse interessieren größere Schwankungen der Herzfrequenz und ein hoher pNN50-Wert gibt somit Aufschluss über hohe spontane Änderungen der Herzfrequenz. Da der Einfluss der vagalen (parasympathischen) Aktivität schneller als der des Sympathikus vermittelt wird, gilt ein hoher Wert von pNN50 zudem als Zeichen für einen hohen vagalen Tonus (MEESMANN et al. 1995; HOTTENROTT 2001; HORN 2003).

HRV-Analyse im Frequenzbereich

Als weitere Methode zur Analyse der HRV steht die Spektralanalyse zur Verfügung. Spektralanalytische Verfahren werden unter der Vorstellung angewendet, dass sich durch Zerlegung des zu untersuchenden Signals in verschiedene Frequenzanteile

zusätzliche Informationen gewinnen lassen, die im Zeitbereich so nicht erfasst werden. Leider ist die Zeitreihe der RR-Intervalle kein Signal, das die Vorbedingungen zur Anwendung der Spektralanalyse ohne Weiteres erfüllt. Die Wahrscheinlichkeit einer Herzaktion ist nicht zu jeder Zeit gleich (Nichtstationarität), der Sinusrhythmus wird durch Extrasystolen unterbrochen und das EKG-Signal kann durch Artefakte gestört sein. Da auch die EKG-Daten nicht in gleichmäßigen Zeitabständen anfallen, muss die Zeitreihe erst entsprechend aufbereitet werden, um die Spektralanalyse durchführen zu können (BRÜGGEMANN et al. 1995; CAMM et al. 1996; WITTE 2001).

Zur Analyse des Frequenzgehaltes von HRV-Signalen finden verschiedene frequenzanalytische Verfahren Anwendung. Am häufigsten werden bisher autoregressive Verfahren (AR) und die Fast Fourier Transformation (FFT) verwendet (HOTTENROTT 2001). Mithilfe des autoregressiven Modells lässt sich die Dauer des aktuellen Intervalls durch Regression der zurückliegenden RR-Intervalle annäherungsweise voraussagen. Die Ordnung des autoregressiven Modells, das heißt die Anzahl der zurückliegenden RR-Intervalle, die auf das aktuelle Intervall einwirken, muss vorher festgelegt werden. Beim nicht parametrischen Fourier-Modell wird die RR-Intervallreihe in eine gewichtete Summe von Sinusschwingungen verschiedener Frequenzen, Amplituden und Phasenverschiebungen transformiert. Die Vorteile sind die Einfachheit des Algorithmus und die schnelle Kalkulationsgeschwindigkeit, zumal, wenn die Anwendung als schnelle Form FFT (= Fast Fourier Transformation) erfolgt (BRÜGGEMANN et al. 1995; HORN 2003).

Weitere Anwendungsbeispiele der Spektralanalyse sind die Zerlegung von Licht durch ein Prisma oder die Untersuchung von Schall zur Bestimmung von Klangfarben oder Raumakustik. Das resultierende Spektrum stellt eine Art Histogramm der relativen Stärke der zugrunde liegenden Schwingungen über einen bestimmten Frequenz- bzw. Wellenlängenbereich dar (BRÜGGEMANN et al. 1995).

Abbildung 5 veranschaulicht das Prinzip der Zerlegung eines Eingangssignals (RR-Tachogramm) in seine periodischen Bestandteile.

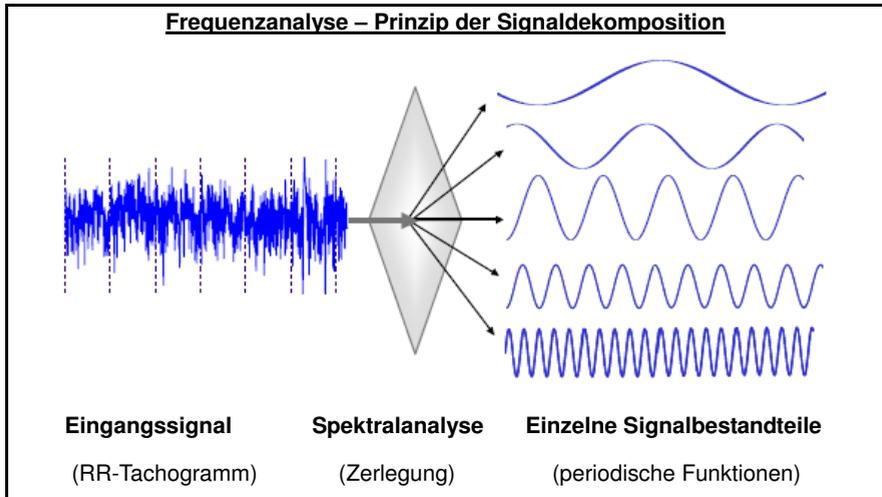


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Prinzips der Signaldekomposition in die periodischen Bestandteile (HORN 2003)

Die nervale Aktivität von Sympathicus und Parasympathicus hat einen frequenzspezifischen Einfluss auf die Verteilung innerhalb der verschiedenen Herzfrequenzbereiche. Eine Differenzierung zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität wird durch die sogenannte Power Spektral Analyse der Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen ermöglicht. Somit beschreibt die Spektralanalyse der Herzfrequenzvariabilität eine viel versprechende quantitative nichtinvasive Methode, um die Funktion des kardiovaskulären Kontrollsystems darzustellen (AKSELROD et al. 1981; MALLIANI et al. 1991).

Vereinfacht lässt sich sagen, dass im Ruhezustand der Anteil im High-Frequency-Bereich durch die Aktivität des Parasympathicus zunimmt, wohingegen durch Stress und Belastungen dieser Anteil abnimmt.

Die Parameter, die durch die Frequenzanalyse bestimmt werden können, sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Definitionen der Parameter der HRV-Frequenzanalyse (nach HOTTENROTT 2001)

Parameter	Einheit	Definition
Total Power (TP)	ms ²	Gesamtspektrum, Varianz aller RR-Intervalle $\leq 0,4$ Hz
Very low frequency (VLF)	ms ² %	Leistungsdichtespektrum von 0,00 bis 0,04 Hz Prozentualer VLF-Anteil am Gesamtspektrum
Low frequency (LF)	ms ² %	Leistungsdichtespektrum von $> 0,04$ bis 0,15 Hz Prozentualer LF-Anteil am Gesamtspektrum
High frequency (HF)	ms ² %	Leistungsdichtespektrum von $> 0,15$ bis 0,40 Hz Prozentualer HF-Anteil am Gesamtspektrum
LF / HF		Verhältnis von LF zu HF

Der hohe Frequenzbereich (High Frequency, HF) wird der parasympathischen Aktivität zugeordnet und hat eine entspannungsbezogene Wirkung auf die Herzfrequenz. In diesem Bereich nimmt auch die Atmung ihren Einfluss. Eine verringerte parasympathische Aktivität zeigt sich bei Stress und Angst. Der niedrige Frequenzbereich (Low Frequency, LF) kann auf parasympathische und / oder sympathische Aktivität zurückgeführt werden. Bei Langzeit-Aufzeichnungen gibt dieser Bereich jedoch näheren Aufschluss über die sympathische Aktivität. Im sehr niedrigen Frequenzbereich (Very Low Frequency, VLF) machen sich hormonelle, vasomotorische und thermoregulatorische Einflüsse bemerkbar. Aus dem Verhältnis von hohen und niedrigen Frequenzanteilen (LF / HF-Verhältnis) des HRV-Befundes lässt sich der vagale (entspannungsbezogene) und sympathische (stressbezogene) Einfluss auf die Herzaktivität abschätzen. Überwiegt der sympathische Einfluss dauerhaft, kann dies zu Befindlichkeitsstörungen führen und die bio-psychische Balance beeinträchtigen. Ungünstig erscheint es, wenn das Verhältnis der beiden Aktivitätspole unausgewogen ist. Das Verhältnis zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität (LF / HF) liegt normalerweise bei 1,5 bis 2,0. Höhere Werte bedeuten, dass das sympathische (also das aktivierende) Nervensystem übermäßig tätig ist (ECKBERG 1997; HOTTENROTT 2001; MÜCK 2006).

In Frequenzanalysen der HRV bei 715 menschlichen Patienten zeigten Daten von BIGGER et al. (1993), dass die Parameter der Frequenzbereiche HF-, LF- und VLF-

Power von 2-, 5-, 10- und 15-minütigen Teilsegmenten mit 24-stündigen EKG-Aufzeichnungen gut korrelierten. Nach ROTTMAN et al. (1990) können die Parameter der Frequenzbereichsanalyse (LF- und HF-Power) sogar nahezu vollständig zwischen Kurz- und Langzeitanalysen der HRV korrelieren. Die Autoren folgerten daraus, dass die Kurzzeitanalysen der HRV durchaus sinnvoll seien zur Beurteilung der Herzgesundheit und zur Gewinnung epidemiologischen Datenmaterials.

Bei Menschen wird die Power-Spectral-Analyse schon seit vielen Jahren zur Quantifizierung der Herzfrequenzvariabilität verwendet, wie beispielsweise von HON und LEE (1963) zur Bestimmung der fetalen Herzrate. Nach speziellen Untersuchungen und Testreihen wurde die spezifizizierte Aussage getroffen, dass Herzfrequenzschwankungen bei $> 0,15$ Hz allein durch parasympathische (vagale) Aktivität, und Frequenzschwankungen $< 0,15$ Hz von beiden Ästen des autonomen Nervensystems in Relation zu ihrer Stärke vermittelt werden (SAUL 1990). Grundsätzlich können beim Menschen Frequenzen im Bereich von 0 bis 0,4 Hz auftreten, die in drei Bereiche unterteilt werden:

- VLF (Very Low Frequency) $< 0,04$ Hz
- LF (Low Frequency): $0,04 - 0,15$ Hz
- HF (High Frequency): $0,15 - 0,4$ Hz

Nicht-Lineare Parameter der HRV-Analyse

Eine weitere Möglichkeit der HRV-Analyse ergibt sich aus dem **Poincaré Plot**. Die Analyse der Herzfrequenzvariabilität auf der Basis eines Poincaré Plot (auch bezeichnet als Lorenz Plot oder Recurrence Plot) im zweidimensionalen Raum ist eine erst seit weniger als zwei Jahrzehnten angewendete und noch relativ wenig verbreitete Technik (HORN 2003). Aufeinanderfolgende RR-Intervalle werden dabei in ein zweidimensionales Streudiagramm übertragen (s. a. Abb. 20, S. 92). Bei einer Aufzeichnung der HRV einer gesunden Person in Ruhe ergibt sich dann das Bild einer Ellipse, deren längere Achse auf der Winkelhalbierenden des Koordinatensystems liegt. Punkte weit außerhalb der Hauptpunktelipse deuten auf Arrhythmien oder Artefakte hin. Form und Größe der Ellipse lassen Aussagen auf den Grad der Entspannung oder der psychischen Anspannung z. B. durch Stress zu. Mittels orthogonaler Regressionsanalysen werden Längs- und Querdurchmesser zur 95%-

Vertrauensellipse konstruiert und die Standardabweichung der Punktabstände zum Längsdurchmesser (SD2) und zum Querdurchmesser (SD1) berechnet. Der Längsdurchmesser der Ellipse beschreibt absolut die Langzeitabweichung der Herzfrequenz, der Querdurchmesser charakterisiert kurzzeitige Änderungen der Herzfrequenz. Mit der Berechnung der Standardabweichung zum Längs- und Querdurchmesser werden langfristige und spontane HRV-Änderungen quantifiziert. Als weitere Vergleichsgröße wird auch das Produkt aus den beiden beschriebenen Standardabweichungen SD1 und SD2 betrachtet. Hierbei gehen langfristige und kurzfristige HRV-Änderungen in die Betrachtung ein (HOTTENROTT 2001).

2.8.1.3 Anwendung der Herzfrequenzvariabilität bei Tieren

Bei Pferden liegt die Ruheherzfrequenz bei 30 bis 40 Schlägen pro Minute, beim Menschen bei etwa 60 pro Minute. Bei maximaler Belastung kann die Herzschlagfrequenz der Pferde auf bis zu 240 pro Minute, bei Menschen auf bis zu 200 pro Minute ansteigen. Pferde können somit die Herzschlagfrequenz um das 7fache, der Mensch nur um das 3½fache erhöhen (ENGELHARDT 1992). Durch die niedrige Herzfrequenz bei Pferden in Ruhe müssen die Frequenzbereiche der HRV auf das Pferd angepasst werden, um die Einflüsse des vegetativen Nervensystems auf die HRV richtig erfassen zu können.

Genauere Untersuchungen über die Power-Spektral-Analyse beim Pferd und die dafür notwendigen HRV-Frequenzbereiche wurden von KUWAHARA et al. (1996) in Japan durchgeführt. Von größtem Interesse sind dabei die Bereiche der niedrigen Frequenz (Low Frequency, LF) und der hohen Frequenz (High Frequency, HF). Durch ihre Untersuchungen kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Frequenzbereiche für die Analyse der Herzfrequenzvariabilität bei Pferden abweichend von den Frequenzbereichen der Menschen eingestellt werden müssen. Um die besten Ergebnisse zu erhalten, sollten für Pferde folgende Frequenzbereiche gewählt werden:

- VLF (Very Low Frequency) < 0,01 Hz
- LF (Low Frequency): 0,01 – 0,07 Hz
- HF (High Frequency): 0,07 – 0,6 Hz

Auch WITTE (2001) beschäftigt sich mit der Anwendbarkeit der Herzfrequenzvariabilität beim Pferd. Sie fand dabei heraus, dass eine alleinige Auswertung der Parameter im Zeitbereich als isolierte Informationsgröße wenig geeignet ist, da der Einfluss des Zufalls dabei erheblich ist und zu inkonsistenten, nicht verlässlichen Ergebnissen führen könnte. Dagegen liefern die Parameter der Frequenzbereiche Ergebnisse, die den Einfluss sonst schlecht messbarer Größen wie Sympathikus und Parasympathikus aufzeigen und gut zu interpretieren sind. Auch der Poincaré Plot liefert durchaus gut verwertbare Ergebnisse, die Einblicke in die Dynamik der Regelungsprozesse bei Pferden zulassen.

Studien in der Schweiz kommen ebenfalls zu dem Schluss, dass die Power-Spektralanalyse der Herzfrequenzvariabilität eine erhöhte Stressbelastung bei Pferden erfassen kann. Es konnte gezeigt werden, dass eine deutliche Zunahme der Stressantwort von Ruhe über leichte körperliche Belastung zu einer forcierten Stressübung stattfand. Die ethologische Stressantwort und klinischer Schmerz korrelierten dabei signifikant mit den HRV-Parametern. Mit abnehmender Stressbelastung fand eine Reduktion der Sympathikus-assoziierten „Low Frequency“ Komponente (LF) und eine gleichzeitige Zunahme der vagalen Komponente („High Frequency“, HF) statt. Die Studie zeigte auf, dass die Herzfrequenzvariabilität ein sehr sensibler Parameter ist, um Veränderungen des autonomen Nervensystems darzustellen. Allerdings sind die simultane Verhaltensbeobachtung sowie wiederholte Messungen am gleichen Individuum dabei unumgänglich, um intrinsische und extrinsische Einflüsse auf das autonome Nervensystem möglichst genau einschätzen zu können. Dabei ist es wichtig, zu erkennen, dass jede HRV-Analyse Fluktuationen (Schwankungen) der autonomen Inputs auf das Herz misst und nicht die absolute mittlere Aktivität von Parasympathikus und Sympathikus (RIETMANN 2003).

HANSEN (2000) kam bei seinen Untersuchungen zur Herzschlagvariabilität bei Hausschweinen unter anderem zu der Schlussfolgerung, dass Herzschlagfrequenz und Herzfrequenzvariabilität durchaus geeignet sein können, um Einflüsse der Haltungsumwelt (oder anderer Veränderungen der sozialen Umwelt) auf Tiere zu dokumentieren. Eine wesentliche Voraussetzung sei hierfür die Verwendung von Medianwerten aus mehreren Messungen der Herzschlagfrequenz bzw. der Herzfrequenzvariabilität, die unter den gleichen Bedingungen erfolgt sein sollten. Um motorische Einflüsse auf die Parameter der HRV zu minimieren, wurden nur

5-Minuten-Intervalle von Schweinen analysiert, die ruhig auf der Seite lagen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Richtung von langfristigen Veränderungen der basalen parasympathischen Aktivität von der Art eines Stimulus abhängig ist, wohingegen kurzfristige Änderungen der Herzschlagfrequenz und Herzfrequenzvariabilität anscheinend eher auf eine allgemeine physiologische Aktivierung hindeuten, die unabhängig von der Art des Stimulus ist. Daher sollten kurzfristige Änderungen immer im Zusammenhang mit dem Verhalten und anderen physiologischen Parametern interpretiert werden.

Schon mehrere Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität bei Pferden (KUWAHARA et al. 1999; MOHR et al. 2000; VISSER et al. 2002; VOSS 2002; OHMURA et al. 2002; RIETMANN et al. 2004) bestätigen diese Aussage und beschreiben die Methode der HRV-Messung sowohl als eine zuverlässige Möglichkeit zur Ermittlung von Stress, Schmerz und vermindertem Wohlbefinden als auch eines möglichen Trainingseffektes bei Tieren.

2.8.2 Bestimmung von Cortisolmetaboliten

Unter Stress bildet die Nebennierenrinde vermehrt Cortisol, dessen Konzentration im Blut als ein Parameter zur Beurteilung von Belastungen herangezogen wird. Da die Blutentnahme in den meisten Versuchsanordnungen selbst ein Stressor ist und somit die Messung stört, sind nicht invasive Methoden zur Quantifizierung wichtig (PALME u. MÖSTL 2001). Zudem ist die Bestimmung des Cortisolgehaltes im Blut von Pferden schwierig, da er unter einem Einfluss der Tageszeit und Umgebung zu stehen scheint und einer episodischen Ausschüttung unterliegt (IRVINE u. ALEXANDER 1994). Auch TILGER (2005) kommt in ihrer Literaturstudie zu dem Schluss, dass der Verlauf der Corticosteroidkonzentration bei Nutztieren durch circannuale (jahrezeitliche), circadiane (Tag-Nacht-) und ultradiane (Periodendauer von weniger als 24 Stunden) Rhythmen geprägt ist. Die Cortisolkonzentration im Blut ist in den Morgenstunden höher und in den Abendstunden niedriger. Die biologischen Rhythmen unterliegen demnach auch dem Einfluss der Photoperiode, des Reproduktionsgeschehens und des Alters der Tiere.

Untersuchungen mit radioaktivem Cortisol bei Haustieren zeigten, dass die Cortisolmetaboliten (Stoffwechselprodukte des Cortisols) auch mit dem Kot ausgeschieden

werden. Dieser kann einfach und ohne Beunruhigung des Tieres gesammelt werden. Eine Bestimmung in Speichel, Milch oder Harn ist ebenfalls durchführbar, allerdings ist die Probennahme technisch aufwendig (z. B. Harnsammlung), nur beschränkt möglich (Milch etwa nur bei laktierenden Tieren) bzw. nur schwer ohne Beunruhigung der Tiere anwendbar (Speichelgewinnung erfordert Gewöhnung der Tiere). Eine Messung der Ausscheidungsprodukte im Kot wurde erstmals 1997 für das Schaf beschrieben. Die Bestimmung erfolgt anhand der Cortisolmetaboliten, da unverändertes Cortisol im Kot nicht nachweisbar ist. Die durch die Darmpassage auftretende Verzögerung in der Ausscheidung erlaubt außerdem eine rückwirkende Feststellung von belastenden Situationen (PALME u. MÖSTL 2001).

Die Nebennierenrindenhormone sind Abkömmlinge des Cholesterins und werden als Corticoide bezeichnet. Die Freisetzung der Corticoide (Abb. 6) wird geregelt durch das Corticotropin-Releasing Hormon (CRH) und das Adrenocorticotrope Hormon (ACTH). Der hauptsächliche Bildungsort des CRH ist der Hypothalamus des Gehirns.

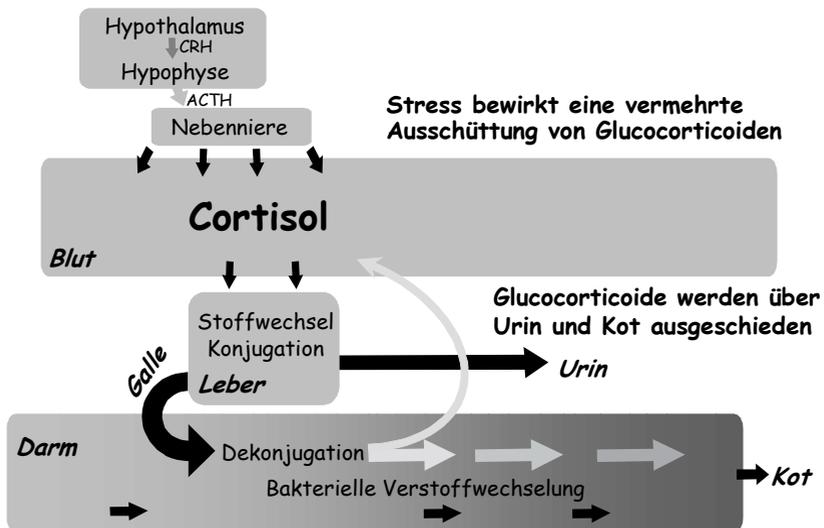


Abbildung 6: Schema der Sekretion, Metabolisierung und Exkretion der Glucocorticoide (MÖSTL u. PALME 2002)

Es stimuliert u. a. die Sekretion von ACTH und gilt als wichtigster zentralnervöser Regulator von Stressreaktionen. Die Bildung des ACTH erfolgt unter Kontrolle des CRH im Hypophysenvorderlappen. Es fördert die Freisetzung der Nebennierenrindenhormone, in erster Linie die von Glucocorticoiden. Die ACTH-Ausschüttung steht einerseits unter der (negativen Rückkopplungs-) Kontrolle von Cortisol (z. T. über CRH), andererseits wird sie durch die Katecholamine des Nebennierenmarks erhöht. Zudem existiert noch ein spontaner Tag-Nacht-Rhythmus der CRH-Ausschüttung und damit auch der ACTH- und Cortisolausschüttung. Messungen der Hormonkonzentration in kurzen Abständen zeigen, dass die ACTH- und Cortisolausschüttung in zwei- bis dreistündigen Episoden erfolgt. Cortisol gehört als ein Hormon der Nebennierenrinde zu der Gruppe der Glucocorticoide, welche auf den Glucosestoffwechsel wirken. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Regulation des Metabolismus von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen. Ihr Abbau erfolgt primär in der Leber, wobei sie anschließend über die Niere in den Harn (beim Pferd zu 59 %) und über die Galle in den Kot (zu 41 %) ausgeschieden werden (SILBERNAGL u. DESPOPOULOS 1991; PALME et al. 1996; MÖSTL 2000; WIESNER u. RIBBECK 2000).

Durch bakterielle Enzyme werden die in der Leber entstandenen Verbindungen größtenteils dekonjugiert bzw. noch zusätzlich metabolisiert. Ein Teil der Steroide wird aus dem Darm rückresorbiert und der übrige Anteil über den Kot ausgeschieden. Zwischen der Sekretion von Cortisolmetaboliten über die Galle in den Darm bis zum entsprechenden Kotabsatz vergeht beim Pferd ungefähr ein Tag, sodass die gemessene Konzentration ein Parameter für die Cortisolproduktion vor dieser Zeit ist. Episodisch auftretende Schwankungen der Blut- bzw. Speichelcortisolkonzentrationen, die ein Problem darstellen bzw. häufige Abnahmen erforderlich machen, werden im Probenmedium Kot geglättet. Die biologische Relevanz dieser Messung konnte bei Nutztieren durch mehrere Untersuchungen, wie etwa nach pharmakologischer Stimulation bzw. Suppression der Nebennierentätigkeit bestätigt werden. Auch zum Stressnachweis bei Transport und Umstallungen, aber auch bei schmerzhaften Erkrankungen, wie einer Kolik beim Pferd, erwies sich die Methode als tauglich. Die Messung von Cortisolmetaboliten im Kot eignet sich daher, ähnlich wie die Messung von Cortisol im Blut, zur Beurteilung von Belastungen.

Dabei ist eine Überlagerung der Ergebnisse durch entstehenden Stress bei der Probennahme nicht gegeben. Diese Methode stellt daher eine wichtige Ergänzung zur Beobachtung des Verhaltens der Tiere dar, da es auf nicht-invasive Weise eine Erhebung endokriner Parameter ermöglicht, und somit eine Aussage über die Belastung und Gesundheit der Tiere gibt (MERL et al. 2000; PALME u. MÖSTL 2001).

Immunoassays, die für eine Bestimmung von Glukokortikoiden im Blut entwickelt wurden, sind meist aufgrund ihrer hohen Spezifität (unverändertes Cortisol ist im Kot bei den meisten Nutztieren nicht nachweisbar) für eine Bestimmung von Kotmetaboliten nicht geeignet. Auf Basis der charakterisierten Metaboliten von Cortisol gelang jedoch die Etablierung von Enzymimmunoassays (EIAs) für ihre Bestimmung. Der entwickelte Enzymimmunoassay (11-Oxoätiöcholanolon-EIA) misst 11,17-Dioxoandrostane (11,17-DOA), eine Gruppe von Verbindungen, die nach Abspaltung der Seitenkette aus Cortisol entsteht (PALME u. MÖSTL 2001).

MÖSTL et al. (1999) zeigten zudem, dass eine Lagerung des Pferdekots bei Zimmertemperatur bei mehr als vier Stunden zu einem signifikanten Anstieg der 11,17-DOA-Konzentration führt. Schon eine einstündige Lagerung führt zu einem leichten Konzentrationsanstieg, daher ist das schnelle Einfrieren nach Gewinnung der Kotproben von großer Bedeutung für die späteren Ergebnisse.

Schon bei zahlreichen Tierarten (Schaf, Schwein, Rind, Hund, Katze, Maus) wurde diese Analysenmethode angewandt (STEINHARDT u. THIELSCHER 1999; SCHATZ 2000; LEXER et al. 2005) und hat sich auch bereits bei der Stressbestimmung von Zoo- und Wildtieren (Nashorn, Elefant, Reh, Hirsch, Primaten und verschiedenen Vogelarten) bewährt (MÖSTL u. PALME 2005). Zudem wurde sie bereits von HELESKI et al. (2002) für eine Untersuchung über den Einfluss der Haltungsform auf das Verhalten von abgesetzten Fohlen und ihr späteres Wohlbefinden verwendet und von MERL et al. (2000) zur Stressquantifizierung bei Pferden mit Schmerzen angewandt. Dabei wurde die Konzentration der Cortisolmetaboliten als ein Parameter für Schmerzen nach Kastration oder Kolik der Pferde gewählt. Abschließend wurde dabei festgestellt, dass abdominale Schmerzen zu einer beachtlichen Zunahme der ausgeschiedenen Cortisolmetaboliten führten. Vor der Kastration lag die mittlere Konzentration der Metaboliten bei 10,5 nmol 11,17-DOA / kg Kot. Bei einer weiteren Studie (MÖSTL et al. 1999) wurden im Kot von Pferden basale Werte zwischen 2,3 und 35,2 nmol / kg Kot an 11,17-DOA gemessen.

2.8.3 Videoauswertung und Verhaltensbeobachtungen

Tierbeobachtungen mittels Videoaufzeichnungen und nicht als Direktbeobachtungen durchzuführen, ist derzeit ein gängiges Verfahren in der Verhaltensforschung.

Die Analyse von Videoaufzeichnungen hat den Vorteil, dass sie reproduzierbar, dokumentierbar und damit auch beweiskräftig ist. Die Zeitlupenfunktion eines geeigneten Videorecorders ermöglicht es, Videoaufnahmen von Pferden so langsam wiederzugeben, dass ihr Verhalten detailliert erfassbar wird. Ein Nachteil dieser Aufnahmetechnik ist allerdings, dass akustische Ausdrucksmerkmale, wie z. B. das Wiehern oder ein Zähneknirschen, anhand der Videoaufzeichnungen nicht oder nur schwer erfasst werden können (CAANITZ 1996).

Die Zuhilfenahme von Videoaufnahmen eignet sich vor allem für die Betrachtung einer Gruppe, da jeweils ein Objekt fokussiert werden kann beim mehrmaligen Abspielen des Videos. Diese Technik ist sehr nützlich, wenn von Interesse ist, was ein Individuum zu einer bestimmten Zeit tut. Grundsätzlich wird bei der Aufnahmetechnik unterschieden zwischen der kontinuierlichen und der intermittierenden Aufnahme. Die sehr arbeitsintensive kontinuierliche Aufnahme (Continuous-Recording-Verfahren) ist notwendig, wenn eine Untersuchung der Zeit, Frequenz und Dauer einer Verhaltensweise beabsichtigt wird und ermöglicht die Betrachtung bestimmter Details. Intermittierende Aufnahme (Intermittend-Recording) bedeutet, dass die Daten zu festgelegten Zeiten aufgezeichnet werden. Dadurch entsteht eine Sammlung von Daten, die Rückschlüsse über Stichproben bestimmter Momente gibt. Die Wahl der Aufnahmetechnik kann einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Für vergleichende Studien ist die intermittierende Aufnahme ausreichend, da beispielsweise die Unterschiede zwischen bestimmten Gruppen von Interesse sind (MILLS u. NANKERVIS 1999).

Bei der eigentlichen Videoanalyse können bestimmte Abschnitte des Videomaterials komplett betrachtet und ohne Unterbrechung hinsichtlich der Verhaltensweisen ausgewertet werden (Behaviour sampling). Diese Methode wird angewandt, wenn ein spezifisches Verhalten und vielmehr die Gesamtaktivität eines Individuums oder einer Gruppe von Interesse ist. Weniger zeitaufwendig ist hingegen die Auswertung nach einem bestimmten Zeitschema (Scan sampling), wonach z. B. alle zwei oder fünf

Minuten beurteilt wird, welche Verhaltensweise ein Tier gerade ausführt. Die Eignung dieser Methode hängt von der jeweiligen Zeitdauer der zu betrachtenden Verhaltensaktivitäten ab und geht mit dem Verlust einiger Details einher, erlaubt dafür aber die Betrachtung einer größeren Tierzahl in kürzerer Zeit (MILLS u. NANKERVIS 1999).

Das Erfassen eines Aktivitätsmusters in bestimmten Intervallen wird auch als diskontinuierliche Beobachtungsform bezeichnet. Sie ist dadurch charakterisiert, dass die Datenerfassung in mehreren, zeitlich unterbrochenen Perioden vorgenommen wird. Der Einfluss der Beobachtungsintervalllänge auf die Aussagefähigkeit von Tierbeobachtungen wurde durch BOCKISCH (1983) in einer Simulationsstudie untersucht. Die diskontinuierliche Beobachtungsform wird häufig verwendet, um den personellen und technischen Aufwand einer Untersuchung in Grenzen zu halten, oft aber ohne die Konsequenzen zu kennen. Anhand einer modifizierten Nahbereichsphotogrammetrie wurden Daten bei Milchkühen und Mastbullen gewonnen, deren Auswertung gezeigt hat, dass kurze Aktivitätsphasen bzw. -wechsel bei längeren Beobachtungsintervallen nicht mehr erfassbar sind. Aber gerade kurzzeitige Verhaltensweisen eignen sich sehr gut für die Beurteilung von Haltungssystemen. Insgesamt sind zwar realistische Aussagen über die Gesamtliegezeit, die -fresszeit und -stehzeit bis zu Intervallgrößen von 20 bis 30 Minuten möglich, aber Aussagen über die Lokomotion sind schon bei Intervallen von zwei Minuten nicht mehr allgemeingültig.

2.8.4 Pedometer

Gerade anhand der Fortbewegung können bei Pferden, haltungsbedingte Unterschiede dargestellt werden. Ergebnisse in der Arbeit von KLINGLER (1988) geben deutliche Hinweise darauf.

Die Benutzung von Pedometern ist ein gängiges Verfahren zur Registrierung von Bewegungen. Vom Prinzip her gibt es zwei Arten von Pedometern: elektronische und mechanische Schrittzähler. Wünschenswert wäre eine direkte Umrechnung der registrierten Bewegungen in die zurückgelegten Strecken, was aber große Probleme beinhaltet. Erstens werden sämtliche Bewegungen, also auch Scharren, Sich-Kratzen, Zucken etc., in Strecken umgerechnet und zweitens ist die Messgenauigkeit durch die Komplexität der Geräte infrage gestellt (FRENTZEN 1994).

HOLDSWORTH und MARKILLIE (1982), die die Anwendung von mechanischen und elektronischen Pedometern bei Milchkühen testeten, kamen zu dem Ergebnis, dass die mechanischen Pedometer anfällig sind für Messausfälle und relativ schnell beschädigt werden. Die elektronischen Pedometer waren hingegen robuster und einfacher in der Handhabung, allerdings zeigten auch sie Beschädigungen und sind teurer in der Produktion.

Entwickelt wurden Pedometer zunächst zur Brunsterkennung bei Kühen. Beobachtungen in 60 verschiedenen Kuhherden haben gezeigt, wie durch die Pedometer eine erfolgreiche, individuelle und gut kontrollierbare Brunsterkennung stattfinden kann. Der Vorteil dieser Methode ist die automatische und kontinuierliche Aufzeichnung der Tierdaten (BREHME et al. 2004).

Aber auch bei Pferden haben bereits Untersuchungen stattgefunden, unter anderem um die Eignung von Pedometern zur Erfassung der Bewegungsaktivität zu testen. Im Gestüt Neustadt / Dosse hat dazu im Januar 2004 ein Eignungstest mit ALT-Pedometern bei Sportpferden stattgefunden, welcher durch das ATB-Bornim (Leibniz Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim) durchgeführt wurde. ALT steht bei den Pedometern für die Messkriterien **A**ktivität, **L**iegen und **T**emperatur. Der Eignungstest hat gezeigt, dass ALT-Pedometer für wissenschaftliche Fragestellungen in der Pferdehaltung sehr gut geeignet seien, dass jedoch für eine gezielte Erfassung der verschiedenen Gangarten der Pferde eine veränderte Sensorausstattung im Pedometer erforderlich wäre. Das Pedometer misst die Aktivitätspulse, das Liegen in Bauch- und Seitenlage und die Umgebungstemperatur am Pferdebein. Diese Tierdaten werden vom Pedometer kontinuierlich registriert und im frei wählbaren Messzeitintervall (zwischen einer und 240 Minuten) als Datensatz im internen Speicher des Pedometers bis zum Auslesen der Daten abgelegt. Die erforderliche Auslesezeit ist dabei abhängig vom vorgegebenen Messintervall, da die Speicherkapazität eines Pedometers bei 360 (Versuchsmodelle) bzw. 1100 Datensätzen (Praxismodelle) liegt. Das berührungslose, manuelle Auslesen erfolgt dazu mittels Laptop und Funkmodem (z. B. bei Weideversuchen) und kann bei Stallversuchen mittels Zentralantenne im Dachbereich automatisch geschehen (BREHME u. STOLLBERG 2004).

In der Schweiz haben ebenfalls Untersuchungen mit ALT-Pedometern an Pferden stattgefunden, in denen der tägliche Biorhythmus von Hengsten und Wallachen auf der Weide, in Einzelboxen im Stall und in Einzelboxen mit Paddock-Auslauf untersucht wurden. Die Anwendung der ALT-Pedometer hat sich dabei aus folgenden Gründen als vorteilhaft erwiesen: Messung von drei individuellen Parametern der Tiere, anstelle von nur einer Eigenschaft in herkömmlichen Pedometern, geeignete Zeitabstände für die Aufzeichnung aller Parameter in einem Messbereich zwischen einer und 60 Minuten, kontinuierlich aufzeichnende Datenerfassung, Datenspeicherung und manuelle oder zyklische, automatische Datenübertragung mittels Funkmodem zum PC in willkürlichen Zeitabschnitten nach zuvor definierten Messintervallen (BREHME et al. 2006).

2.9 Schlussfolgerungen aus der Literaturübersicht

Schon zahlreiche Untersuchungen beschäftigten sich mit dem Bewegungsverhalten von Pferden. Daher ist bekannt, dass Pferde unter natürlichen oder naturnahen Haltungsbedingungen mehrere Kilometer pro Tag zurücklegen, wobei in erster Linie die Futter- und Wasseraufnahme den Anreiz zur Fortbewegung geben. Werden Pferde jedoch in Stallgebäuden gehalten, so können sie ihrem Bewegungsdrang nur begrenzt nachgehen. Trotzdem wird der Großteil der Pferde in Einzelboxen gehalten und häufig nur eine Stunde pro Tag bewegt.

Unter Berücksichtigung der bisherigen ethologischen und physiologischen Erkenntnisse und der heutigen Nutzung und Haltung der Pferde wird jedoch deutlich, dass die tägliche Bewegung der Pferde nicht auf eine Stunde pro Tag begrenzt sein darf. Hinsichtlich der Bewegungsfreiheit und -anregung zählt nach der Weidehaltung die Auslaufhaltung in Gruppen als eine sehr pferdegerechte Haltungsform, da die Pferde im Sozialverband gegenseitig viele Grundbedürfnisse abdecken und sich frei bewegen können.

Bei der Beurteilung der verschiedenen Pferdehaltungssysteme ist zudem zu berücksichtigen, inwieweit sich das Umfeld auf die Gesundheit und Psyche der Pferde auswirkt, da wissenschaftliche Untersuchungen eine signifikante Korrelation zwischen den Haltungsbedingungen und den Erkrankungen der Tiere belegen.

Es gibt bereits Untersuchungen über den Einfluss der verschiedenen Haltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität von Pferden außerhalb des Stalles und über den Einfluss der Fütterungsfrequenz und der Weglänge auf das Maß der Bewegungsaktivität innerhalb des Haltungssystems (REHM 1981; KLINGLER 1988; FRENTZEN 1994).

Inwieweit sich jedoch unterschiedliche Bewegungsangebote auf das tägliche Stress- und Bewegungsverhalten von Pferden einer Gruppen-Auslaufhaltung auswirken und ob der Bewegungsbedarf der Pferde durch eine Auslaufhaltung ohne zusätzliche Bewegung gedeckt werden kann, ist der Literatur bisher nicht zu entnehmen. Daher soll in der nachfolgend beschriebenen Untersuchung der Frage nachgegangen werden, welche Auswirkungen verschiedene Bewegungsangebote (in Form von unbegrünter Koppel, Weide und Freilauf-Führanlage) auf die Bewegungsaktivität von Pferden in Auslaufhaltungen haben und ob diese das Wohlbefinden der Pferde beeinflussen. Letzteres wird durch Messung der Herzfrequenzvariabilität und Bestimmung von Cortisolmetaboliten im Pferdekot erfasst. Zwei Methoden welche bereits mehrfach in der Literatur Erwähnung finden und sich ebenso wie die Bestimmung der Bewegungsaktivität mithilfe von ALT-Pedometern und die Verhaltensanalyse von Tieren durch Videoaufzeichnungen bewährt haben.

3 Material und Methoden

3.1 Definition der verwendeten Begriffe

Bei der Auswertung der bisherigen Literatur fiel auf, dass viele Begriffe aus dem Bereich der Pferdehaltung teilweise für unterschiedliche Sachverhalte verwendet werden, wobei nicht immer ganz eindeutig ist, wie diese definiert sind.

Um das Verständnis der nachfolgenden Abhandlung zu erleichtern, sollen daher zunächst einige Grundbegriffe definiert werden. Diese orientieren sich teilweise an den Begriffsdefinitionen des „Positionspapiers zu den Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten“ (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e. V., Arbeitskreis Pferde 2004). Die Definitionen von Bedarf und Bedürfnis entstammen dem Artikel „Bedarfsdeckung und Schadensvermeidung - Ein ethologisches Konzept und seine Anwendung für Tierschutzfragen“ (BAMMERT et al. 1993).

Haltungsformen: Einzelhaltung, Gruppenhaltung.

Haltungssysteme: Innenbox, Außenbox (mit oder ohne Auslauf), Laufstall (mit oder ohne Auslauf), Funktionsraum- / Mehrraum-Auslaufhaltung.

Innenbox: Einzelbox in einem Stallgebäude ohne für das Pferd möglichen Sichtkontakt zur Außenwelt.

Außenbox: Einzelbox an den Außenwänden eines Stallgebäudes mit Fenster oder Halbtür, durch die das Pferd Kopf und Hals nach außen richten kann.

Box mit Auslauf (Einzel-Auslaufhaltung): Außenbox in einem Stallgebäude mit direkt angrenzendem (Klein-) Auslauf.

Auslaufformen:

- **Kleinauslauf, (Steh-) Paddock:** Vegetationsloser eingezäunter Bereich, der an eine Außenbox angeschlossen ist und dem Pferd den Aufenthalt im Freien gestattet, wobei eine gerichtete Vorwärtsbewegung nicht möglich ist. Die Größe entspricht etwa der einfachen Boxengrundfläche, der Untergrund ist meist aus Sand oder gepflastert.
- **Auslauf:** Vegetationsloser umzäunter Bereich, der an eine Box bzw. den Ruhebereich einer Gruppenhaltung angeschlossen ist und eine gerichtete Vorwärtsbewegung des Pferdes ermöglicht.

Einraum-Laufstall: Ungegliederter Gruppenbereich in einem Stallgebäude, aber ohne permanenten Zugang zu einem Auslauf.

Einraum-Laufstall mit Auslauf: Ungegliederter Gruppenbereich in einem Stallgebäude mit einem permanenten Zugang zu einem Auslauf.

Mehrraum-Laufstall: Mehrflächensystem in einem Stallgebäude ohne permanenten Zugang zu einem Auslauf (ist in der Regel wenigstens untergliedert in einen Liege- und Fressbereich).

Funktionsraum-Auslaufhaltung (Mehrraum- oder Gruppen-Auslaufhaltung mit verschiedenen Funktionsbereichen): Gemeinsame Haltung von Pferden, wobei das Haltungssystem in verschiedene Funktionsbereiche (Ruhen, Bewegen, Futter-, Wasseraufnahme) unterteilt ist und den permanenten Zugang zu einem Auslauf ermöglicht.

Koppel: Überbegriff für umzäunte Laufflächen unter freiem Himmel, die nicht (permanent) mit dem Stallgebäude verbunden sind.

- **Weide:** Grasbewachsene Koppel ohne Zugang zum Stallgebäude.
- **Unbegrünte Koppel:** Vegetationsloser, eingezäunter Bereich ohne Zugang zum Stallgebäude.

Bedarf: Notwendigkeit eines Lebewesens, in einen Zustand zu gelangen, in dem die Bedingungen für das Gelingen von Selbstaufbau und Selbsterhaltung erfüllt sind. Bedingungen für das Gelingen von Selbstaufbau und Selbsterhaltung sind das Vorhandensein von Stoffen und Reizen sowie die Möglichkeit für das Lebewesen, sie zu nutzen.

Bedarfsdeckung: Vorgang, bei dem das Lebewesen in sich die Bedingungen erzeugt, welche für das Gelingen von Selbstaufbau und Selbsterhaltung erfüllt sein müssen.

Bedürfnis: Gefühl, das mit dem Erleben eines Mangels und mit dem Streben nach Beseitigung dieses Mangels verbunden ist.

Bedürfnisbefriedigung: Vorgang, bei dem die Beseitigung eines Mangels und das Abklingen des Strebens nach dessen Beseitigung erlebt wird.

Bedürfnis und Bedürfnisbefriedigung können abhängig oder unabhängig von Bedarf und Bedarfsdeckung auftreten; ebenso können Bedarf und Bedarfsdeckung verbunden oder nicht verbunden mit Bedürfnis und Bedürfnisbefriedigung auftreten (BAMMERT et al. 1993).

3.2 Versuchsrahmenbedingungen

3.2.1 Versuchsanlage

Für die vorliegende Untersuchung stand die Versuchsanlage des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig zur Verfügung (Abb. 7). Der Versuchsstall für Pferde wurde im Jahr 2001 auf der Versuchsstation der FAL als Kaltstall in Holzrahmenbauweise errichtet, hat eine Grundfläche von 999,40 m² und seine angrenzenden Ausläufe sind nach Süden ausgerichtet. Er ist nicht wärmegeklämt und hat eine natürliche Lüftung über seitliche Windschutznetze, Dach und Türen. Durch einen Lichtfirst gelangt zusätzliches Licht von oben in den Stall. Die Licht- und Temperaturverhältnisse entsprachen somit weitgehend natürlichen Gegebenheiten.

Das Versuchsgebäude ist unterteilt in eine Einzel- und Gruppenhaltung für jeweils sechs Pferde mit an den Stall angrenzenden Ausläufen.



Abbildung 7: Luftaufnahme der Versuchsanlage mit Führanlage (Foto: Fröhnel)

3.2.1.1 Einzelbox mit Auslauf

Eine der Versuchsvarianten fand in der Einzel-Auslaufhaltung statt (Abb. 8, rechte Hälfte). Sie diente als Referenzvariante, um das Verhalten der Pferde in beiden Haltungssystemen miteinander vergleichen zu können. Jedes Pferd hatte während dieser Variante eine eigene Box von 12 m² Fläche, einen überdachten gepflasterten Vorplatz (9 m² pro Pferd) und einen eigenen angrenzenden Sandauslauf, der mit 45 m² relativ groß bemessen war und dem Pferd permanent zur Verfügung stand. Als Umrandung der Ausläufe wurde ein Zaun aus Rohrkonstruktion verwendet.

Der Auslauf wurde beim Bau des Stalles so angelegt, dass sich jeweils 2 Pferde einen 90 m² großen Auslauf teilen (s. Abb. 7). Da aber in diesem Versuch die Einzel-Auslaufhaltung betrachtet werden sollte, mussten die 90 m²-Ausläufe mittig unterteilt werden, um jedem Pferd seinen individuellen Bereich zuzuordnen. Die Auslauf-trennung erfolgte mit einem Elektrozaun aus einem gut sichtbaren, weiß eingefärbten Kunststoffband mit Metallfädeneinlage. Zur Gewöhnung an die Abtrennung und während der Nacht wurde der Zaun mithilfe eines Weidezaungerätes unter Strom (Spannung ca. 2500 Volt) gesetzt.

Im Stallinnern befanden sich zwischen den Boxen Trennwände, von denen der

untere Teil (1,50 m) mit einer Hartholzfällung und der obere Teil (1,00 m hoch) mit vertikalen Gitterstäben versehen war. Der Abstand zwischen den Gitterstäben betrug jeweils 5,5 cm und über den Gitterstäben ist nach weiteren 50 cm eine Querstange angebracht, sodass die Trennelemente zwischen den Boxen insgesamt eine Höhe von 3,00 Metern hatten.

Die mit Stroh eingestreuten Boxen verfügten alle über einen Trog zur Kraffutter- und Mineralfutteraufnahme sowie einen Salzleckstein und eine beheizbare Rohnippeltränke. Die Raufutterfütterung erfolgte über direkt in die Boxentüren integrierte Heuschieber. An der stallabgewandten Seite der Ausläufe befand sich zudem eine ebenfalls beheizbare Schwimmertränke, welche trotz der Auslauf-Abtrennung von jeweils zwei Pferden genutzt werden konnte.

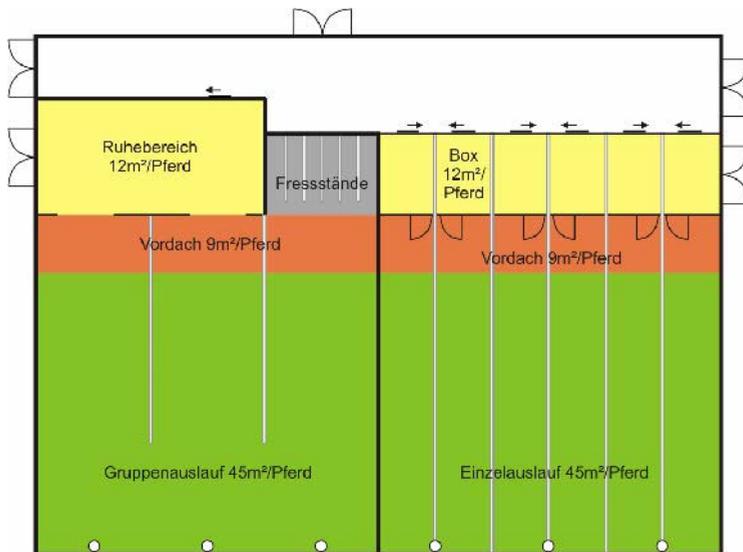


Abbildung 8: Grundriss der Versuchsanlage (Grafik: Kröckel)

3.2.1.2 Gruppen-Auslaufhaltung

Der Hauptteil der Untersuchungen fand in der Gruppen-Auslaufhaltung mit mehreren Funktionsbereichen statt. Diese Form der Gruppenhaltung wird auch als Mehrraum- oder Funktionsraum-Auslaufhaltung bezeichnet, da der Stall in mehrere Funktionsbereiche unterteilt ist (s. Abb. 8, linke Hälfte). Durch die räumliche Trennung von

Ruhe-, Lauf-, Tränke- und Fressbereich wurde ein Anreiz zur Bewegung geschaffen, welcher zudem durch die Sozialaktivitäten in der Gruppe verstärkt wurde. Den sechs Pferden stand ein mit Stroh eingestreuter Ruhebereich (insg. 72 m² groß) zur Verfügung, der über zwei Ein- bzw. Ausgänge (jeweils drei Meter breit) zum Auslauf verfügte. Die Ausgänge führten zunächst auf einen überdachten gepflasterten Vorplatz (insg. 54 m² groß), der den Übergang zu dem relativ großen Gruppenauslauf darstellte. Dieser war mit Sand aufgeschüttet, insgesamt 270 m² groß, mit einer Rohrkonstruktion umrandet und durch zwei Zaunelemente (Rohrkonstruktion) zusätzlich gegliedert. Den Pferden standen außerdem sechs Fressstände (jeweils 3,00 m x 0,86 m) zur Verfügung, welche sie nur über den Auslauf und durch Umrunden der Zaunelemente erreichten. Die überdachten Fressstände zur Aufnahme von Kraft-, Rau- und Mineralfutter waren gepflastert und zwischen dem Fressbereich und dem Sandauslauf befand sich ebenfalls ein gepflasterter, überdachter Vorplatz. Bei der Fütterung fand keine spezifische Platzzuordnung statt, sodass die Fressstände allen Pferden gleichermaßen zur Verfügung standen.

Im Ruhebereich der Gruppenhaltung befanden sich ein Salzleckstein und eine beheizbare Rohrnippeltränke. An der stallabgewandten Seite des Gruppenauslaufs befanden sich drei ebenfalls beheizbare Schwimmertränken im Abstand von sechs Metern zueinander.

3.2.2 Zusätzliche Bewegungsangebote

3.2.2.1 Unbegrünte Koppel

Eine unbegrünte Koppel ohne Futterangebot (Abb. 9) diente der freien Bewegung der Pferde und befand sich direkt an der Rückseite des Stalles. Sie war mit einem Zaun aus Holzpfählen und Litze (Spannung: ca. 3000 Volt; Zaunhöhe: 1,20 Meter) umgrenzt und hatte eine Größe von ca. 0,25 Hektar.



Abbildung 9: Unbegrünte Koppel

3.2.2.2 Weide



Abbildung 10: Pferde auf der Weide

Zur freien Bewegung der Pferde war außerdem eine Weide mit verschiedenen Gräsern (Abb. 10) in unmittelbarer Nähe zum Stall vorhanden. Diese hatte eine Größe von ca. 0,5 Hektar und war durch einen Elektrozaun umrandet, der an Holzpfosten befestigt war (Spannung: ca. 3000 Volt; Zaunhöhe: 1,20 Meter).

3.2.2.3 Freilauf-Führanlage

Zur gezielten Bewegung der Pferde befand sich neben dem Stall eine Freilauf-Führanlage. Bei dieser Anlage handelte es sich um das Modell „Freimatic“ der Firma Röwer & Rüb (Thedinghausen) mit hochgelegtem Antrieb, beweglichen Gittern und einem von außen bedienbaren Schaltkasten zur Steuerung der Anlage (Abb. 11).

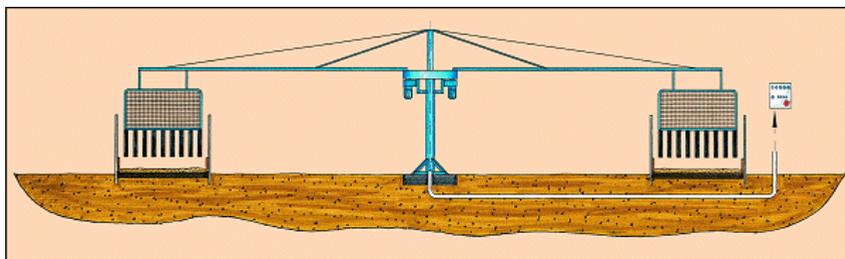


Abbildung 11: Querschnitt durch eine Freilauf-Führanlage zur Veranschaulichung des zur Verfügung stehenden Systems (RÖWER & RÜB 2005)

Die Pferde wurden in der Führanlage nicht angebunden, sondern allein durch schwenkbare Abtrenngitter vorwärts bewegt. Jedem Pferd stand somit ein eigenes Abteil zur Verfügung, in dem es sich nach der vorgegebenen Geschwindigkeit frei bewegen und beim Richtungswechsel problemlos umdrehen konnte (Abb. 15). Die Pferde konnten sich in der Anlage gegenseitig sehen, da es sich bei dem begrenzenden Zaun an der Innen- und Außenseite der kreisförmigen Laufbahn um

einen Lattenzaun mit drei waagerechten Riegeln aus Halbrundhölzern handelte (insg. 1,20 Meter hoch; außen zusätzliches Nylonband in 1,60 Meter Höhe). Durch die Trenngitter konnten sie jederzeit die vor ihnen laufenden Pferde wahrnehmen. Diese Trennelemente konnten bei Bedarf unter Strom gesetzt werden, wovon aber nur während der Gewöhnung der Pferde an die Führenanlage Gebrauch gemacht werden musste. Ansonsten befand sich in den Gittern kein Strom, da auch hier die Tiergerechtigkeit gegeben sein sollte, ebenso wie durch den sehr großen Durchmesser der Anlage (Außendurchmesser: 20 Meter, Innendurchmesser: 15 Meter), um die Fortbewegung möglichst gelenkschonend zu gestalten. Die Führenanlage stand ohne Überdachung im Freien, sodass die Tiere während der Bewegung der Außenluft und weiteren Klimaeinflüssen ausgesetzt waren und Sinneseindrücke aus der Umgebung wahrnehmen konnten.

In der vorhandenen Freilauf-Führenanlage konnten sechs Pferde gleichzeitig bewegt werden. Es ließen sich drei Programme mit variabler Geschwindigkeit und Dauer einstellen, die nacheinander durchlaufen wurden. Nach der Hälfte eines Programms fand jeweils automatisch ein Richtungswechsel statt, damit sich die Pferde in beiden Richtungen die gleiche Zeitdauer fortbewegten, und nach Beendigung des dritten Programms startete das System wieder mit dem ersten Programm.

Die Bewegungsintensität in der Führenanlage ähnelte der Arbeit eines Reitpferdes, da sich die Pferde fortlaufend und in allen drei Gangarten bewegten. Dadurch sind die Versuchsbedingungen vermutlich vergleichbar mit Pferden, die unter einem Reiter bewegt werden, was eine Übertragung der Ergebnisse auf Praxisbedingungen gestatten soll. Von Vorteil war jedoch, dass die Pferde durch die Führenanlage alle das gleiche Arbeitsprogramm hatten und somit standardisierte Bedingungen für die Untersuchungen gegeben waren.

3.2.3 Erfasste Pferde

Die Untersuchungen wurden an 24 Warmblutstuten der Hannoverschen Zucht durchgeführt. Sie hatten während der Durchführung der jeweiligen Versuchsphasen ein Alter zwischen 1½ und 3½ Jahren und wurden dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung von zwei Pferdezüchtern aus der Umgebung zur Verfügung gestellt. Nähere Angaben zum Alter, zur Abstammung und zur Fellfarbe der Pferde sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Name, Geburtsdatum, Abstammung und Fellfarbe der Versuchspferde, sowie ihr Alter zu Beginn und am Ende der mit ihnen durchgeführten Versuchsphasen

	Name	Geburtsdatum	Vater	Mutter	Vater der Mutter	Farbe	Anfangsalter (in Jahren)	Endalter
GRUPPE 1	Epinal	08.12.2001	Embassy	Franziska	Werther	Fuchs	2,8	3,2
	Flora	02.05.2002	For Feeling	Western Lady	Werther	Fuchs	2,4	2,8
	Satin	01.05.2002	Symply Spruce Meadows	Escella	Escudo I	Schwarzbraun	2,4	2,8
	Comedy	26.05.2002	Compliment	Domiana	Don Juan	Braun	2,3	2,7
	Lady Lu	15.05.2002	Landors	Wally	Watzmann	Rappe	2,3	2,7
	Chicita	11.01.2002	Contendo	Godzilla	Grag Top	Dklbraun	2,7	3,1
GRUPPE 2	Stakkata	05.03.2003	Stakkato	Fifty Fifty	Fabriano	Dklbraun	1,8	2,0
	Santa Cruz	16.03.2003	Stakkato	Gotin	Graf Grannus	Dklbraun	1,7	2,0
	Energy	16.02.2003	El Bundy	Welfin	Wander-gesell	Braun	1,8	2,1
	Action	23.03.2003	All in one	Espe	Escudo I	Fuchs	1,7	2,0
	Saragossa	28.02.2003	Stakkato	Symphonie	Singular Joter	Braun	1,8	2,0
	Esperanza	12.03.2003	El Bundy	Escapade	Esprit	Rappe	1,8	2,0
GRUPPE 3	Smarty	12.03.2003	San Brasil	Asteria xx	Another Realm xx	Braun	2,1	2,4
	Emillie	07.02.2003	Embassy	Gill	Goldfasan	Braun	2,2	2,5
	Ginella II	06.03.2003	Graf Grannus	Adriane	Akut	Braun	2,1	2,4
	Eiche	02.01.2003	El Bundy	Franziska	Werther	Braun	2,3	2,6
	Ginseng	24.04.2003	Graf Grannus	Cassandra	Calypso II	Braun	1,9	2,3
	Elyseeé	21.05.2003	El Bundy	Sanssouci	Silvio I	Braun	1,9	2,2
GRUPPE 4	Erbse	24.01.2003	Embassy	Celina	Capitol II	Braun	2,4	2,7
	Daydream	31.03.2003	Don Bosco	Gauloise	Goldfasan	Fuchs	2,2	2,6
	Djlo	10.11.2002	Don Frederico	Watina	Wendelin	Fuchs	2,6	2,9
	Flash	21.03.2003	Full Speed	Ellentie	Eldorado	Dunkelfuchs	2,3	2,6
	Ebba	03.03.2003	El Bundy	Adeline	Akut	Braun	2,3	2,6
	Salut III	05.05.2003	Silvio I	Comtess	Calypso II	Braun	2,1	2,5

Durch das junge Alter der Pferde war es einfacher, sie an die Stallverhältnisse zu gewöhnen. Zudem haben Beobachtungen bei vorhergehenden Versuchen am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung gezeigt, dass jüngere Pferde gegenüber neuen Ereignissen aufgeschlossener reagierten, da sie noch nicht auf bestimmte Umgebungsbedingungen und Tagesabläufe geprägt waren.

Eine möglichst homogene Pferdegruppe wurde aber auch deshalb angestrebt, da für die Messungen zur Stressbelastung der Tiere Methoden verwendet wurden, die durch Alter, Rasse und Geschlecht möglicherweise beeinflussbar sind.

Die Stuten sind unter ähnlichen Bedingungen aufgewachsen und standen vor Beginn der Versuche ganztags in einer Gruppe auf der Weide oder in einem Einraum-Laufstall mit mehrstündigem Weidegang. Das durchschnittliche Körpergewicht der 24 Pferde betrug 512 kg und lag zwischen 392 und 584 kg. Zudem waren die Pferde alle zwischen 149 und 168 cm groß (Widerristhöhe gemessen als Stockmaß), wobei ihr Durchschnitts-Stockmaß bei 161 cm lag. Keines der Pferde war an den Hufen beschlagen oder wurde während der Versuche für andere Zwecke (Reiten, Fahren etc.) genutzt.

3.2.4 Tiererkennzeichnung, Nachtbeleuchtung und Insektenabwehr

Jedes Pferd wurde an drei Stellen (linke und rechte Körperseite, Kruppe) durch ein spezifisches Symbol gekennzeichnet (Abb. 12), wodurch die Stuten auf den Video-



aufnahmen, insbesondere während der Abendstunden, besser zu unterscheiden waren. Das Fell wurde dazu mit einem Blondiermittel auf Wasserstoffperoxid-Basis (Creme Oxyd 9 % und Power Bleach, Firma Dusy Professional, Prag, Tschechien) aus einem Friseurbedarfsgeschäft geblichen.

Abbildung 12: Kennzeichnung der Pferde mit 9%igem Wasserstoffperoxid

Um die Pferde auch auf den Videoaufzeichnungen der Abend- und Nachtstunden erkennen zu können, gab es eine zusätzliche Stallbeleuchtung, die über einen Dämmerungssensor automatisch ein- und ausgeschaltet wurde. Die Lampen befanden sich am Rand der Boxen bzw. der Liegefläche und der Fressstände (Gruppenhaltung) sowie über den Vorplätzen und an den beiden Kameramasten an der stallabgewandten Auslaufseite. Die Beleuchtungsstärke lag nachts im Bereich der Boxen und Liegefläche zwischen 0,3 und 6,2 Lux (je nach Standort), unter dem Vordach zwischen 0,7 und 5,0 Lux und im Auslaufbereich zwischen 0,3 und 4,0 Lux (Messgerät: Illumination Meter, Voltcraft, DX-200, Conrad Electronics, Hirschau).

Während der warmen Sommermonate konnte bei einigen Pferden eine Belästigung durch Insekten (hauptsächlich Fliegen und Bremsen) festgestellt werden, die mit einer Steigerung der Bewegungsaktivität einherging. Um dies zu unterbinden, wurden die Pferde in den warmen Monaten alle 10 bis 14 Tage mit einem Präparat zur Abwehr und Vernichtung von Fliegen und Bremsen (Wellcare Emulsion, Firma Essex Tierarznei, München, Wirkstoff: Permethrin, Dosierung: 4,2 mg Permethrin / kg Körpergewicht) behandelt, welches auf dem Haarkleid äußerlich verteilt wurde und die Insekten erfolgreich fernhielt.

3.2.5 Tagesablauf und Fütterung der Pferde

Für alle vier Pferdeguppen wurden die gleichen Versuchsrahmenbedingungen beibehalten, um eine Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse zu gewährleisten. Die Stallarbeiten fanden stets am Vormittag zwischen sechs und zehn Uhr statt, sodass während der übrigen Tageszeit keine zusätzliche Unruhe entstand, wie vergleichsweise in einem Reitstall. Während der täglichen Stallarbeiten wurden die Boxen der Einzel-Auslaufhaltung und der Ruhebereich der Gruppenhaltung ausgemistet und neu eingestreut, die Ausscheidungen der Pferde von den Ausläufen sowie den gepflasterten Stallbereichen entfernt und die Selbsttränken und Futtertröge kontrolliert. Die Raufutterautomaten wurden täglich und die Kraffutterdosierer wöchentlich aufgefüllt. Zusätzlich wurde das Gewicht der Mistmengen und des Futters erfasst.

Die Stallanlage bot sehr gute Versuchsrahmenbedingungen, da durch eine computergesteuerte Automatenfütterung der Faktor Fütterung nicht verändert wurde. Die Fütterung von Raufutter und Kraffutter wurde praxisbezogen auf jeweils drei

Mahlzeiten pro Tag eingestellt und erfolgte zeitgebunden, um keinen zusätzlichen Einfluss auf die Bewegungsaktivität der Pferde hervorzurufen. Es gab daher sowohl in der Gruppen- als auch in der Einzelhaltung sechs Fütterungszeiten pro Tag. Die Stuten bekamen um 7:00, 13:00 und 18:30 Uhr jeweils 500 Gramm Hafer, welcher zeitgleich durch integrierte Kraftfutter-Dosierautomaten (Firma Weinsberger International, Weinsberg und Firma Hinrichs Innovation & Technik GmbH, Weddingstedt) zugeteilt wurde. Als Raufutter bekamen die Pferde eine Mischung aus Heu und Heulage (im Verhältnis von ca. 2:1), welches die Pferde an einem zeitgesteuerten Heuschieber (Firma Wasserbauer Fütterungssysteme GmbH, Waldneukirchen, Österreich) aufnahmen. Die Gesamtfresszeit betrug beim Raufutter 240 Minuten pro Tag und war verteilt auf drei Mahlzeiten à 80 Minuten (5:10-6:30, 16:40-18:00 und 20:50-22:10 Uhr). In dieser Zeit nahm ein Pferd insgesamt ca. acht bis zwölf Kilogramm Raufutter pro Tag zu sich. Zusätzlich bekam jedes Pferd einmal täglich 150 Gramm Mineralfutter (Torneo Pferdemineral, Firma HEMO Mohr GmbH & Co KG, Ingolstadt) gefüttert.

Je nach Versuchsvariante bekamen die Pferde ein zusätzliches Bewegungsangebot, das am Vormittag zwischen 8 und 10 Uhr absolviert wurde, gegebenenfalls auch an den Wochenenden, um den Zeitplan einzuhalten. In der Regel verbrachten die Pferde aber das Wochenende in der Stallanlage.

Während der Versuchsphasen wurde an zwei Tagen pro Woche in der Zeit zwischen 17:30 und 18:30 Uhr eine Kotprobe von jedem Pferd gesammelt.

In den späten Abendstunden (zwischen 22:30 und 00:30 Uhr) fanden tägliche Messungen der Herzfrequenzvariabilität statt, da sich die Pferde dazu niederlegen sollten, und der Einfluss der Störfaktoren möglichst gering gehalten werden sollte. Diese Messungen zur Stressbelastung sind nachts möglich, da das Schlafverhalten bei Pferden nicht wie beim Menschen erfolgt, sondern in mehrere kurze Schlafphasen gegliedert ist (s. Kapitel 2.6.4 „Ruheverhalten“). Die Pferde wurden an die Messgurte ausreichend gewöhnt, sodass keine Beeinträchtigung durch diese vorlag. Nach der Messung wurden die Gurte abgenommen und schon wenige Minuten später nahmen die Pferde wieder ihre Ruheposition ein.

3.2.6 Kontrolle der Pferdegesundheit und Wettererfassung

Der Gesundheitszustand der Pferde wurde täglich kontrolliert und ebenso wie evtl. vorhandene Verletzungen protokolliert. In regelmäßigen Abständen wurde zudem das Körpergewicht und die Größe der Pferde ermittelt, da ein guter Ernährungs-zustand und das Beibehalten bzw. Zunehmen von Körpergewicht und -größe eine zusätzliche Gesundheitskontrolle bieten. Das Gewicht der Pferde wurde durch die Pferdewaage EziWeigh 1 (Firma Tru-Test, Auckland, Neuseeland) mit einer Auflösung von einem Kilogramm bestimmt. Die Widerristhöhe wurde als Stockmaß mit einer Metall-Messlatte auf einen Zentimeter genau erfasst.

In regelmäßigen Abständen wurden die Stuten entwurmt und gegen Herpesviren, Influenzaviren und Tetanus geimpft. Ferner wurden die Pferde regelmäßig durch den Hufschmied betreut. Beeinträchtigende Krankheiten oder Verletzungen konnten während des Untersuchungszeitraums nicht beobachtet werden. Lediglich Stute Chicita (Pferd Nr. 6) der ersten Gruppe zeigte eine Unverträglichkeit gegenüber dem Kontaktgel, welches zu Beginn der Versuche unter den Elektroden der HRV-Deckengurte verwendet wurde. An den zwei Auflagestellen der Elektroden kam es bei ihr zu Fellverlust und einer geringgradigen Entzündung der Haut. Daher wurde bei diesem Pferd auf eine Messung der Herzfrequenzvariabilität während der Variante I (Einzel-Auslaufhaltung ohne Zusatzbewegung) verzichtet und bei allen Pferden im Verlauf der folgenden Varianten der Kontakt der Elektroden zur Haut durch Wasser hergestellt.

Zu den täglichen Erfassungen zählten außerdem besondere Ereignisse, wie Besuchergruppen im Pferdestall, sonstige Veränderungen in der Stallumgebung und Klimabedingungen.

Da sich die Versuche über insgesamt 14 Monate erstreckten, waren die klimatischen Verhältnisse teilweise verschieden. Besonderheiten und extreme Witterungseinflüsse wurden zum einen notiert und zum anderen den Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes entnommen, der seine Messstationen auf dem Gelände der FAL Braunschweig, ca. 400 Meter vom Versuchsstall entfernt, positioniert hat und seine täglichen Wetteraufzeichnungen freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Messdaten, die an Tagen mit extremen Witterungseinflüssen gewonnen wurden blieben bei der statistischen Auswertung unberücksichtigt.

3.3 Versuchsaufbau

3.3.1 Eingewöhnung der Pferde

Die ersten ein bis zwei Wochen nach der Ankunft im Versuchsstall dienten den Pferden zur Eingewöhnung. Die Stuten sollten sich an die Auslaufhaltung und Automatenfütterung gewöhnen, an die Stallabläufe und an die Personen, die sich während des gesamten Zeitraums um sie kümmerten. Des Weiteren wurden sie an die Elektroden und Deckengurte, mit denen die Herzfrequenzvariabilität aufgezeichnet wurde, sowie an die Pedometer, die die Bewegungsaktivität und Liegezeiten aufzeichneten, gewöhnt.

Schon am Ankunftstag wurde von jedem Pferd eine Kotprobe genommen, um in dieser den Gehalt an Cortisolmetaboliten zu bestimmen. Da der gemessene Cortisolgehalt aufgrund der Darmpassage des Kotes den Wert widerspiegelt, der vor 24 Stunden im Körperinnern herrschte, war es wichtig, diese Kotprobe zu gewinnen, da die Pferde am Tag zuvor noch in ihrer vertrauten Umgebung standen, wo sie im Idealfall keinem Stress ausgesetzt waren.

Das Körpergewicht und die Widerristhöhe der Pferde wurden in der Eingewöhnungsphase ermittelt und mögliche Gewichtsveränderungen nach den jeweiligen Versuchsphasen überprüft.

Zu Beginn der Eingewöhnungsphase fand bei allen Pferden eine Gesundheitsuntersuchung statt, wobei das Verhalten, die Körperhaltung und der Bewegungsapparat der Pferde, sowie deren Ernährungs- und Pflegezustand beurteilt wurden. Die Funktion von Atmungs- und Verdauungstrakt wurde per Auskultation untersucht, die Nüsternregion hinsichtlich evtl. vorhandenen Nasenausflusses betrachtet. Außerdem wurden bei dieser und bei regelmäßigen Folgeuntersuchungen die Körpertemperatur, die Atem- und Pulsfrequenz, die Größe und Beschaffenheit der Mandibularlymphknoten und die Farbe der Maul- und Augenschleimhäute untersucht. Falls bei den Tieren Verletzungen vorhanden waren, wurden diese ebenfalls erfasst.

Bei der Eingangsuntersuchung wurde schwerpunktmäßig das Herz-Kreislaufsystem untersucht und ein Elektrokardiogramm geschrieben, um eine Herzerkrankung auszuschließen, welche möglicherweise die Herzfrequenzmessungen beeinflusst hätte.

Während der Eingewöhnungszeit bzw. nach der Umstallung wurde bei den Pferden der Gruppenhaltung die soziale Rangordnung bestimmt und im Verlauf der Versuchsphasen regelmäßig überprüft. Dies geschah zum einen durch Direktbeobachtung der Pferde und zum anderen durch Videoanalyse. Beurteilt wurde dazu die gegenseitige Verdrängung der Pferde an den Wassertränken. In einer Kreuztabelle wurde erfasst, welches Pferd wie oft einem anderen ausgewichen ist, es verdrängt oder das andere Pferd geduldet hat. Für jedes Pferd wurde ein Rangindex erstellt, der sich errechnet aus der Zahl der unterlegenen Pferde dividiert durch die Zahl der geklärten Rangverhältnisse (SAMBRAUS 1975).

Nach Beendigung der Eingewöhnungszeit begann der eigentliche Versuchszeitraum, in dem mit jeder Pferdegruppe fünf Versuchsvarianten (Tab. 8) durchgeführt wurden. Jede Versuchsvariante begann dabei mit einer einwöchigen Anpassungszeit zur Gewöhnung an die jeweilige Variante, gefolgt von einer zweiwöchigen Versuchsphase zur Erhebung der Messdaten (s. a. Kapitel 3.4 „Versuchszeitraum“). Bei der vierten Versuchsgruppe fand im Anschluss an die fünf Varianten noch ein weiterführender Versuch statt.

Tabelle 8: Haltungsform und Bewegungsangebot der einzelnen Versuchsvarianten

Versuchsphase	Haltungsform
Variante I	Einzelbox mit Auslauf, aber ohne zusätzliches Bewegungsangebot
Variante II	Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot
Variante III	Gruppen-Auslaufhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel (2 Std. / Tag)
Variante IV	Gruppen-Auslaufhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide (2 Std. / Tag)
Variante V	Gruppen-Auslaufhaltung mit zusätzlicher Bewegung in einer Freilauf-Führanlage (1 Std. / Tag)
zusätzliche Variante	Gruppen-Auslaufhaltung mit einer verdoppelten Auslaufgröße ohne zusätzliches Bewegungsangebot

3.3.2 Variante I: Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot

In dieser Variante hatte jedes der sechs Pferde einer Gruppe eine eigene Box mit permanentem Zugang zu einem separaten Sandauslauf (Abb. 13). Die Pferde konnten sich in diesem Haltungssystem gegenseitig hören und sehen, aber Körperkontakt zum benachbarten Pferd war nur indirekt über die Auslauf-Abtrennung hinweg möglich und daher stark eingeschränkt. Der jeweilige Auslauf stand den Stuten den gesamten Tag über zur Verfügung. Ein zusätzliches Bewegungsangebot erhielten sie während dieser Versuchsvariante nicht.

Während der Durchführung dieser Variante kam es bei der ersten Versuchsgruppe zu Verhaltensauffälligkeiten und die Variante musste vorzeitig abgebrochen werden. Einige der Pferde zeigten ein „Zungenspielen“ und zur zusätzlichen Beschäftigung fingen sie an, umherzulaufen und im Sand der Ausläufe zu buddeln, was zu tiefen Löchern führte und die Untergrundbefestigung gefährdete. Bei den übrigen drei Versuchsgruppen wurde daher schon nach einer verkürzten Anpassungszeit mit der Datenerhebung begonnen und die Durchführung dieser Variante möglichst kurz gehalten. Eine reduzierte Anpassungsphase war möglich, da die Pferde schon zuvor in diesem Stallbereich gehalten wurden und auch die Abtrennung als Einzelhaltung schon kannten.



Abbildung 13: Einzel-Auslaufhaltung



Abbildung 14: Gruppen-Auslaufhaltung

3.3.3 Variante II: Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot

Die Pferde hielten sich den gesamten Tag über in einer Mehrraum-Gruppen-Auslaufhaltung mit verschiedenen Funktionsbereichen (Abb. 14) auf, in der sechs Pferde einer Versuchsgruppe gemeinsam untergebracht waren. Der Liegebereich, der überdachte Vorplatz und der recht große permanent zugängliche Sandauslauf standen allen Pferden gemeinsam zur Verfügung und zur Futteraufnahme waren sechs Fressstände vorhanden. Dieses Haltungssystem wurde von der Pferdegruppe während dieser Variante nicht verlassen, da sie keine zusätzliche Bewegung angeboten bekamen.

3.3.4 Variante III: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel

Während der dritten Variante waren die Pferde ebenfalls in der Gruppen-Auslaufhaltung untergebracht, konnten sich aber am Vormittag in der Zeit zwischen acht und zehn Uhr gemeinsam auf einer unbegrüntem Koppel (Abb. 9) frei bewegen. Vor Beginn dieser Variante wurde der Boden der Lauffläche jedes Mal mit einem Grubber oberflächlich gelockert und durchmischt.

3.3.5 Variante IV: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide

Auch bei der vierten Variante konnte die Pferdegruppe das Haltungssystem der Gruppenhaltung an zwei Stunden pro Tag verlassen, um sich frei zu bewegen. Die Bewegung fand dabei auf der Weide (Abb. 10) statt, ebenfalls von acht bis zehn Uhr des Vormittags.

3.3.6 Variante V: Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung in einer Freilauf-Führanlage

Die Haltungsbedingungen in der Gruppenhaltung wurden auch in der fünften Versuchsvariante beibehalten. Zusatzbewegung erhielten die sechs Pferde einer Gruppe gemeinsam in einer Freilauf-Führanlage (Abb. 15). Bewegt wurden die Tiere eine Stunde täglich zwischen neun und zehn Uhr.



Abbildung 15: Freilauf-Führanlage

Während der einwöchigen Anpassungsphase wurden die Pferde an die Freilauf-Führanlage gewöhnt. Die Dauer und die Geschwindigkeit wurden dabei allmählich erhöht, und die Pferde sollten lernen, in allen drei Gangarten ein ruhiges und gleichmäßiges Tempo zu gehen.

In der eigentlichen Versuchsphase wurde während der 60-minütigen Bewegungsdauer ein festgelegtes Tagesprogramm mit Schritt-, Trab- und Galoppphasen von den Pferden absolviert. Dieses wurde während der zwei Wochen nicht verändert und bei allen vier Versuchsgruppen beibehalten. Das Programm ist in der folgenden Tabelle dargestellt, wobei die einzelnen Programmabschnitte nacheinander abliefen.

Tabelle 9: Bewegungsprogramm und zurückgelegte Strecke in der Freilauf-Führanlage

Programmabschnitt	Gangart	Einstellung	Zeit in Minuten	Wegstrecke in Metern
1	Schritt	42 % bzw. 14 Hz	16	1568
2	Arbeitstrab	70 % bzw. 31 Hz	10	1970
3	Schritt	42 % bzw. 14 Hz	6	588
4	flotter Trab	80 % bzw. 39 Hz	4	1040
5	Schritt	45 % bzw. 16 Hz	6	636
6	Arbeitstrab	70 % bzw. 31 Hz	4	788
7	Galopp	90 % bzw. 58 Hz	2	564
8	Arbeitstrab	70 % bzw. 31 Hz	2	394
9	Schritt	42 % bzw. 14 Hz	10	980
Gesamt:			60	8528

Bei dem ersten Programmabschnitt (16 Minuten Schritt) fand stets nach vier Minuten ein Richtungswechsel statt und bei den übrigen Programmabschnitten jeweils nach der Hälfte der Zeit. Während der Bewegung in der Führenanlage legten die Pferde eine Strecke von ca. 8,5 Kilometern zurück. Berechnet wurde die zurückgelegte Wegstrecke durch die Anzahl der Runden, die die Pferde in den jeweiligen Programmabschnitten durchschnittlich zurückgelegt haben. Daraus ließen sich folgende Geschwindigkeitsangaben ermitteln: Schritt: 5,9 - 6,4 km/h, Trab: 11,8 – 15,6 km/h, Galopp: 16,9 km/h.

3.3.7 Weiterführender Versuch

Bei der vierten Versuchsgruppe erfolgte im Anschluss an die fünf Varianten noch eine zusätzliche Versuchsvariante, die sich über insgesamt 16 Tage erstreckte. Die Gruppe wurde ebenfalls wie in der Variante II in der Gruppen-Auslaufhaltung mit verschiedenen Funktionsbereichen gehalten und bekam kein zusätzliches Bewegungsangebot. Dabei wurde der an den Stall angrenzende Auslauf verdoppelt auf eine Größe von 540 m². Eines der Seitentore am Stallauslauf wurde dazu entfernt und außerhalb des Sandauslaufs wurde eine Fläche mit einem Elektrozaun abgesteckt, die den Stuten ganztägig zur freien Verfügung stand (Abb. 16).

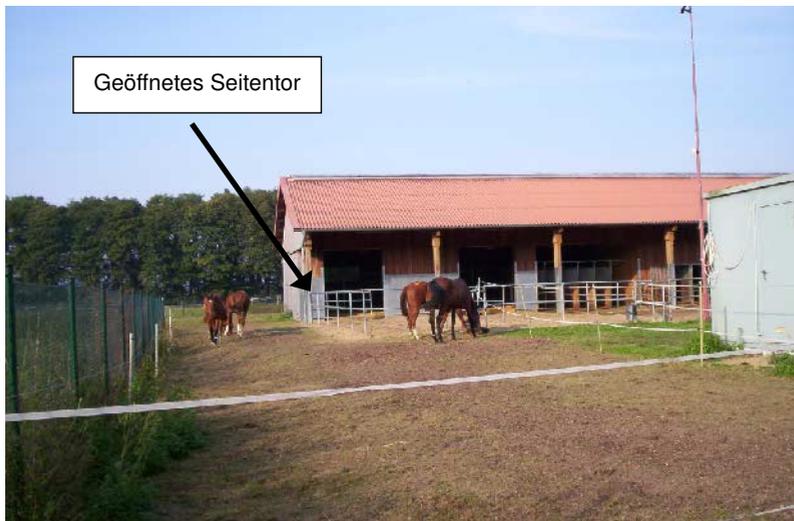


Abbildung 16: Verdopplung des täglich zugänglichen Auslaufs im weiterführenden Versuch (Versuchsgruppe 4)

Aus organisatorischen Gründen und einem möglichen Störeinfluss auf parallel stattfindende Versuche konnte dieser Versuch in den anderen Pferdegruppen nicht durchgeführt werden und musste zeitlich eingeschränkt werden.

3.4 Versuchszeitraum

Die Versuche erstreckten sich insgesamt über 14 Monate und wurden in der Zeit von September 2004 bis Oktober 2005 durchgeführt.

Tabelle 10: Zeitraum der einzelnen Versuchsvarianten (inkl. Anpassungs- und Versuchsphase)

Versuchsgruppe (n=6)	Variante	Haltungssystem	Zusatzbewegung	Zeitraum in der Gruppenhaltung	Zeitraum in der Einzelhaltung
1	-	GH	Eingewöhnung	05.09. - 11.09.2004	-
	IV	GH	Weide	12.09. - 03.10.2004	-
	V	GH	Führanlage	04.10. - 25.10.2004	-
	III	GH	unbegr. Koppel	26.10. - 14.11.2004	-
	II	GH	keine	15.11. - 03.12.2004	-
	-	GH / EH	PV	04.12. - 20.12.2004	21.12.04 - 03.02.2005
	I	EH	keine	-	04.02. - 11.02.2005 *
2	-	EH	PV	-	05.09. - 09.12.2004
	I	EH	keine	-	10.12. - 20.12.2004
	II	GH	keine	21.12.04 - 10.01.2005	-
	V	GH	Führanlage	11.01. - 27.01.2005	-
	III	GH	unbegr. Koppel	28.01. - 15.02.2005	-
	IV	GH	Weide	16.02. - 11.03.2005	-
3	-	GH	Eingewöhnung	21.03. - 03.04.2005	-
	V	GH	Führanlage	04.04. - 22.04.2005	-
	II	GH	keine	23.04. - 10.05.2005	-
	IV	GH	Weide	11.05. - 05.06.2005	-
	III	GH	unbegr. Koppel	07.06. - 05.07.2005	-
	-	EH	PV	-	06.07. - 22.07.2005
	I	EH	keine	-	23.07. - 03.08.2005
	-	EH	PV	-	04.08. - 23.10.2005
4	-	EH	PV	-	21.03. - 26.06.2005
	I	EH	keine	-	26.06. - 05.07.2005
	III	GH	unbegr. Koppel	06.07. - 02.08.2005	-
	IV	GH	Weide	03.08. - 28.08.2005	-
	V	GH	Führanlage	29.08. - 15.09.2005	-
	II	GH	keine	16.09. - 02.10.2005	-
	ZV	GH	vergr. Auslauf	03.10. - 17.10.2005	-

* Variante musste vorzeitig abgebrochen werden (s. S. 83)

EH = Einzel-Auslaufhaltung

GH = Mehrraum-Gruppenauslaufhaltung

PV = Parallelversuch (Pferde wurden für einen parallel laufenden Versuch genutzt)

ZV = Zusatzvariante

Die ersten zwölf Pferde bezogen am 05.09.2004 den Versuchsstall und am 21.12.2004 fand innerhalb des Stalles ein Wechsel statt zwischen dem Haltungssystem der Gruppen- und der Einzelhaltung. Am 21.3.2005 verließen diese zwölf Pferde die Versuchsanlage der FAL Braunschweig und zwölf neue Pferde wurden gebracht. Diese Pferde tauschten am 06.07.2005 innerhalb des Stalles die Haltungssysteme und kamen am 24.10.2005 zu ihren Besitzern zurück.

Alle 24 Pferde durchliefen im Verlauf der 14 Monate fünf verschiedene Haltungsverfahren bzw. Bewegungsangebote. Die Reihenfolge der Varianten variierte bei den vier Versuchsgruppen, da die Nutzung der Weide und der Führenanlage von der Witterung abhing und die Variante der Einzelhaltung nur vor bzw. nach dem Gruppenwechsel möglich war. In welchem Zeitraum die jeweiligen Versuchsvarianten stattfanden, ist für jede Versuchsgruppe aus Tabelle 10 ersichtlich.

Bei der vierten Pferdeguppe fand eine zusätzliche Variante (s. Kapitel 3.3.7 „Weiterführender Versuch“) statt, die bei den übrigen Gruppen aus organisatorischen Gründen nicht durchführbar war. Der an den Stall angrenzende Auslauf der Gruppenhaltung wurde dazu verdoppelt, aber die Pferde erhielten ansonsten keine zusätzliche Bewegung angeboten.

3.5 Erfassungsmethoden

Während der Versuchsphasen wurden zur Darstellung der Stressbelastungen bei jedem Pferd fünf bis sieben Herzfrequenzmessungen pro Woche durchgeführt und jeweils zwei Kotproben pro Woche gewonnen. Um die Bewegungsaktivität der Tiere zu ermitteln, wurde an fünf Tagen pro Woche die Bewegung der Pferde mit Pedometern erfasst und Videoaufzeichnungen von zwei Tagen pro Woche ausgewertet.

3.5.1 Aufzeichnung und Analyse der Herzfrequenzvariabilität

Datenerhebung

Das Herzfrequenzmessgerät der Firma Polar Electro (Finnland) wurde ursprünglich für Trainingszwecke von Leistungssportlern konzipiert und für wissenschaftliche und medizinische Untersuchungen weiterentwickelt. Bei den Pferden wurde zur Aufzeichnung der Herzfrequenzvariabilität (HRV) der Polar Equine Transmitter ver-

wendet. Dieser bestand aus zwei Elektroden, einer Sendeeinheit und einem Empfänger im Armbanduhrenformat (Polar S810) zur Speicherung der Daten.

Die Elektroden wurden an einem handelsüblichen Pferde-Deckengurt so befestigt, dass sie an der linken Körperseite des Pferdes nahe dem Widerrist (Plus-Elektrode) und in der Herzgegend auf Höhe des Ellbogengelenkes (Minus-Elektrode) zu liegen kamen (s. Abb. 17 und 18).



Abbildung 17: HRV-Messvorrichtung



Abbildung 18: Positionierung der Messvorrichtung und der Elektroden (Kreissymbole) am Pferd

Die zwei Elektroden leiteten, nach dem EKG-Prinzip, die bei der Herzaktion entstehenden elektrischen Potentiale von der Körperoberfläche ab. Um eine bessere Auflage der Elektroden zu erzielen, wurden Schwämme zwischen dem Gurt und der Elektrode befestigt. Außerdem wurde am Deckengurt eine Art Lammfell festgenäht, um Scheuerstellen im Widerristbereich vorzubeugen.

Der Kontakt der Elektroden zur Hautoberfläche des Pferdes wurde zu Beginn der Versuche durch ein Elektrodengel hergestellt. Da es aber bei einer Stute zu einer Hautreaktion an den zwei Stellen der Elektroden kam, fand anschließend bei allen Stuten nur eine gründliche Anfeuchtung der Elektroden und des Fells mit Wasser

statt. Die Elektroden wurden jeweils über ein Kabel mit dem Transmitter verbunden, der die Daten zur Speicherung telemetrisch an den Empfänger sendete. Der Empfänger war in einer Armbanduhr (Polar S810) untergebracht und wurde ebenfalls am Deckengurt befestigt.

Mit dem Polar S810 wurde die Gesamtheit aller RR-Intervalle aufgezeichnet, da dies zur Auswertung der HRV notwendig ist. Bei der RR-Messung werden stets die Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen (in Millisekunden) gespeichert.

Eine genauere Beschreibung der Messmethode und ihrer Grundlagen ist dem Kapitel 2.8.1 „Messung der Herzfrequenzvariabilität“ zu entnehmen.

Die Aufzeichnung der HRV erfolgte in den späten Abendstunden (zwischen 22:30 und 00:30), nachdem sich die Pferde niedergelegt hatten. Pro Versuchsvariante sollten möglichst zehn auswertbare Messungen gewonnen werden, sodass pro Versuchswoche fünf bis sieben Messungen durchgeführt wurden. Insgesamt standen am Ende aller Versuchsvarianten 1130 Datensätze zur statistischen Auswertung der HRV zur Verfügung.

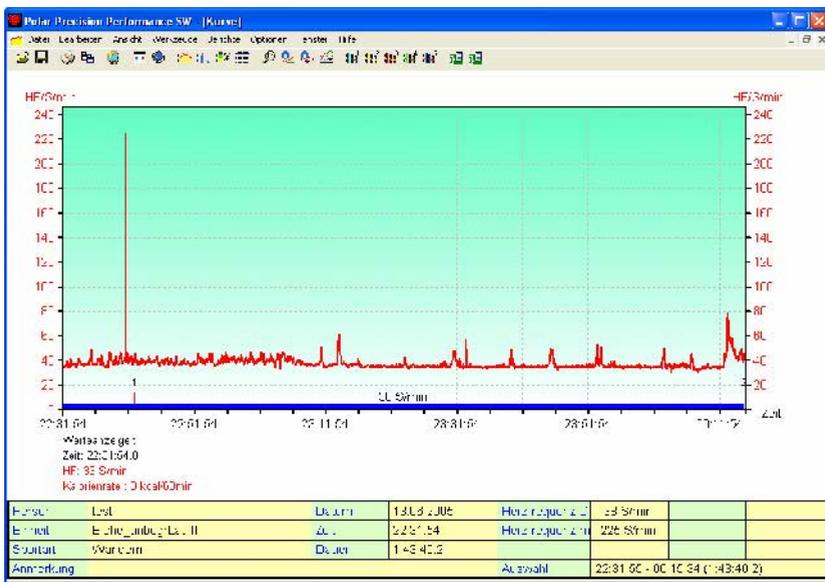


Abbildung 19: Ansicht der Herzfrequenz-Kurve mit Polar Precision Performance Software

Während der Messung der HRV wurden RR-Intervalle aufgezeichnet, die mithilfe der Software Polar Precision Performance Version 4.02.033 über ein Infrarot Interface vom mobilen Mini-Herzfrequenzmesser („Armbanduhr“) zum PC übertragen wurden und dort zur weiteren Datenbearbeitung und -auswertung zur Verfügung standen. Die Darstellung der Herzfrequenz-Kurve in Polar ist ersichtlich aus der Abbildung 19.

Auf der x-Achse ist dabei die Realzeit aufgetragen, sodass der Zeitbereich ausgewählt werden konnte, in dem die Pferde gelegen haben. Dieser Zeitbereich wurde zuvor für jedes Pferd anhand der Videoaufzeichnungen bestimmt. Dabei wurde für den Beginn des Analysebereichs vorzugsweise der Zeitpunkt gewählt, zu dem die Pferde bereits zehn Minuten gelegen hatten.

Um motorische Einflüsse auf die Parameter der HRV zu minimieren wurde zudem darauf geachtet, dass die Pferde möglichst ruhig in der Bauchlage lagen. Aus diesem Zeitbereich wurde eine Sequenz von fünf Minuten ausgewählt, als ASCII-Format gespeichert und anschließend einer spezifischen Datenanalyse unterzogen.

Datenanalyse

Zur HRV-Analyse wurden lediglich Kurzzeit-Aufzeichnungen über fünf Minuten verwendet, bei deren Auswahl auf einen möglichst geringen Anteil an Artefakten geachtet wurde. Bei Aufzeichnungen mit einer Artefakthäufigkeit von mehr als 5 % erfolgte eine halbautomatisierte Artefaktbereinigung mittels der Polar-Software. Messabschnitte, die eine festgelegte Artefakthäufigkeit von mehr als 15 % aufwiesen, wurden von der Datenauswertung ausgeschlossen.

Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität wurden mit einer auf Anfrage kostenlos zum Download verfügbaren Software (HRV Analysis Software, Version 1.1 SP1, <http://venda.uku.fi/research/biosignal>) der Abteilung für Biomedizinische Signalanalyse (Prof. Dr. Karjalainen) der Universität Kuopio, Finnland, berechnet. Diese Software übernahm die sonst sehr aufwendige Aufbereitung und Auswertung der RR-Rohdaten durch mehrere Arbeitsschritte. Es handelt sich um ein automatisiertes Auswertungsprogramm, dessen Entwickler das Ziel hatten, ein standardisiertes Programm anzubieten, das wissenschaftlichen Ansprüchen und den Richtlinien der TASK FORCE (1996) gerecht wird.

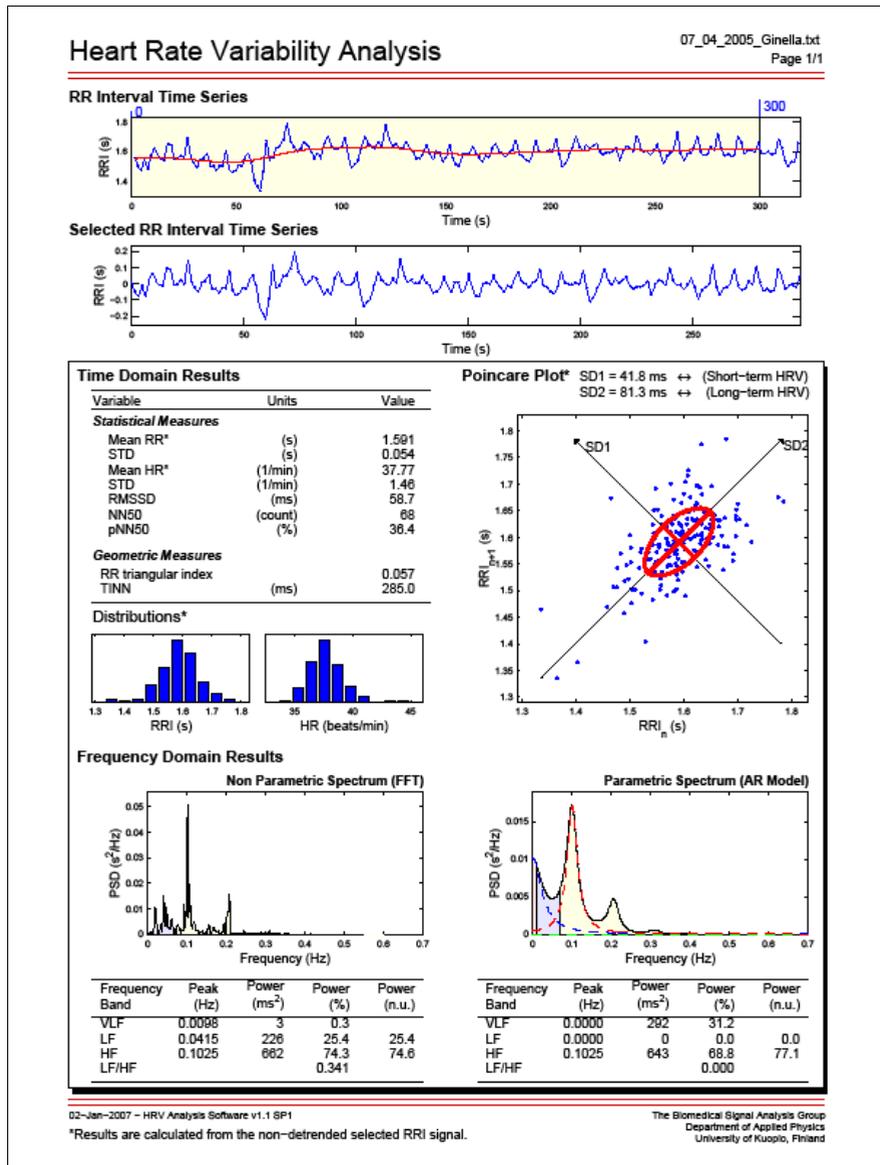


Abbildung 20: Auswertungsbogen mit den Ergebnissen des Programms „Heart Rate Analysis“

Das Programm berechnet alle am häufigsten verwendeten Zeit- und Frequenzbereichsparameter der HRV-Messungen und verwendet dabei sowohl den nicht linearen Poincaré Plot als auch die parametrische und nicht-parametrische Spektralanalyse. Die Anwendung der HRV Analysis Software 1.1 ist bei NISKANEN et al. (2002) detailliert beschrieben und ein beispielhafter Auswertungsbogen ist in Abb. 20 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der jeweiligen Messparameter erfolgte bereits in Kapitel 2.8.1. Es folgt daher nur eine Erläuterung, welche Parameter und Frequenzbereiche in der vorliegenden Untersuchung Verwendung fanden.

- **Verwendete Zeitbereichsparameter und Poincaré Plot**

Für die Analyse des Zeitbereichs sollten nach den Empfehlungen der European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology als standardisierte Methoden zur Datenerhebung und zur Messung der HRV die Parameter pNN50 und rMSSD verwendet werden. Allerdings besitzen die Zeitbereichsparameter aufgrund der geringen Stationarität der Herzfrequenzmodulationen bei Kurzeitaufzeichnungen ihre Aussagekraft primär bei Langzeitanalysen. Zur Bewertung der individuellen autonomen Regulation im Rahmen von Kurzeitanalysen eignen sich deshalb in erster Linie die Frequenzparameter sowie zweidimensionale Streudiagramme (Poincaré Plots) zur geometrischen HRV-Analyse (TASK FORCE 1996). Bei dieser geometrischen Analyse werden die Werte SD1 und SD2 berechnet. SD1 charakterisiert kurzzeitige Änderungen der Herzfrequenz und SD2 beschreibt die Langzeitabweichung der Herzfrequenz, wodurch spontane (SD1) und langfristige (SD2) HRV-Änderungen quantifiziert werden (HOTTENROTT 2001).

Da in der vorliegenden Arbeit durch verschiedene Haltungsvarianten und Bewegungsangebote vorrangig die langfristigen HRV-Änderungen beeinflusst wurden, fand bei der Ergebnisauswertung die Analyse der **SD2-Werte** besondere Berücksichtigung. Auf eine Auswertung von pNN50 und rMSSD wurde hingegen verzichtet, da nur Kurzeitaufzeichnungen (5-Minuten-Intervalle) analysiert wurden.

- **Verwendete Frequenzbereichsparameter**

Für die Ermittlung der Frequenzbereichsparameter wurde eine Spektralanalyse nach dem FFT-Modell (Fast Fourier Transformation) mit einer Interpolationsfrequenz von 2,5 Hz durchgeführt. Bei der Analyse der Frequenzparameter konzentriert sich die

vorliegende Untersuchung aufgrund der bei Kurzzeitanalysen unzuverlässigen Erfassung des sehr niedrigen Frequenzbereiches („Very Low Frequency, VLF < 0,01 Hz) (TASK FORCE 1996) in erster Linie auf die Auswertung der Frequenzbänder „Low Frequency“ (LF) und „High Frequency“ (HF).

Die „Total Power“ (TP) als Summe der Frequenzbänder VLF, LF und HF spiegelt als „Globalmaß“ die Funktionsfähigkeit des autonomen Nervensystems wider, was bei dieser Untersuchung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Grenzen der Frequenzbänder entsprechen den von KUWAHARA et al. (1996) empfohlenen Werten für HRV-Analysen beim Pferd (Tab. 11).

**Tabelle 11: Ausgewählte Frequenzbereiche für HRV-Analysen bei Pferden
(nach KUWAHARA et al. 1996)**

Parameter	Beschreibung	Frequenzband
LF (Low Frequency)	Niederfrequente Spektraldichte	0,01 – 0,07 Hz
HF (High Frequency)	Hochfrequente Spektraldichte	0,07 – 0,6 Hz
TP (Total Power)	Gesamte Varianz der aufgezeichneten RR-Intervalle	\sim = 0,6 Hz

Die Angabe der Frequenzbereiche HF und LF erfolgt in „normalisierten Einheiten“ (normalized units, n.u.), die den relativen Wert jedes Frequenzbereiches im Verhältnis zu der „Total Power“ minus des VLF darstellen. Diese Darstellung von LF und HF in n.u. hebt das kontrollierte und ausgeglichene Verhalten der beiden Bestandteile des autonomen Nervensystems hervor. Außerdem wird durch die Angabe des relativen Wertes der Vergleich der Pferde untereinander erleichtert.

Für die Ergebnisauswertung der Stressbelastung wurde vorrangig der **HF-Frequenzbereich** betrachtet, da bei einer zunehmenden Stressbelastung die parasympathische Aktivität abnimmt, was zu einer Abnahme des HF-Anteils führt. Durch die Messung in n.u. ist LF stets die Differenz zwischen HF und 100 und verhält sich somit genau entgegengesetzt.

3.5.2 Bestimmung der Cortisolmetaboliten im Pferdekot

Probengewinnung

Als eine weitere Methode zur Stressquantifizierung diente die Erfassung des Gehaltes an Cortisolmetaboliten im Pferdekot (Beschreibung und Hintergrund der Methode siehe Kapitel 2.8.2). Diese Methode wurde im Rahmen dieser Versuchsanstellung erstmals zur Darstellung von längerfristigen Stressbelastungen bei erwachsenen Pferden mit unterschiedlichen Haltungsbedingungen verwendet. Dazu wurde am Ankunftstag eine Kotprobe und in den jeweiligen Versuchsphasen von jeder Stute zwei Kotproben pro Woche gesammelt. Insgesamt wurden somit vier Kotproben pro Pferd und Variante gewonnen. Am Ende aller Versuchsvarianten stand für 24 Stuten der Cortisolmetabolitengehalt von 504 Kotproben zur statistischen Auswertung zur Verfügung. Der Zeitpunkt der Kotprobengewinnung war stets zwischen 17:30 und 18:30 Uhr, da die Pferde bis 18:00 Uhr eine der Raufutterrationen bekamen und in diesem Zeitraum alle Pferde, meist in der Nähe der Fressstände bzw. in ihren Boxen (Einzelhaltung), einen Kothaufen absetzten. Um eine Beunruhigung der Pferde zu vermeiden, wurde der Kot nicht rektal entnommen, sondern direkt nach dem Kotabsatz vom Boden aufgesammelt. Insbesondere in der Gruppenhaltung erlaubte dabei die sofortige Beschriftung der Probenbeutel mit Name, Datum und Uhrzeit die Zuordnung zum jeweiligen Pferd. Pro Pferd wurden etwa 30 bis 50 Gramm Kot gewonnen und umgehend in einem Tiefgefrierschrank bei -20 °C bis zur weiteren Bearbeitung gelagert. Anderenfalls könnte eine Lagerung bei Raumtemperatur durch die Aktivität von bakteriellen Enzymen zu einem Anstieg der gemessenen Konzentration der Cortisolmetaboliten (11,17-Dioxoandrostane) führen. Diese Reaktionen wurden durch ein schnelles Einfrieren der Proben unterbunden.

Laboranalyse

Die Analyse der gesammelten Kotproben erfolgte eigenständig im Labor des Instituts für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft (FAL Braunschweig). Zur quantitativen Bestimmung dieser Ausscheidungsprodukte wurde ein Enzymimmunoassay (11-Oxoätiocolanolon-EIA) verwendet, mit dem 11,17-Dioxoandrostane nachgewiesen werden können. 11,17-Dioxoandrostane sind eine Gruppe von Metaboliten,

die während der Stoffwechselfvorgänge im Körper nach Abspaltung der Seitenkette aus Cortisol entstehen. Als Leitfaden für die Analyse diente eine Anleitung zum Nachweis von Cortisolmetaboliten bei Nutztieren nach MÖSTL und PALME (2004).

Probenextraktion

Zu Beginn der Analyse erfolgte die Extraktion der Corticosteroide aus dem Pferdekot. Die Proben wurden dazu aufgetaut (über Nacht bei Kühlschrank-Temperatur), anschließend von jeder Probe 1,5 Gramm abgewogen (Analysenwaage Kern 770, Ablesbarkeit bis 0,0001 Gramm, Kern & Sohn GmbH, Balingen) und in einen Erlenmeyerkolben überführt (Abb. 21).

Zu jeder abgewogenen Probe wurden 15 ml 80%iges Methanol (Carl Roth GmbH & Co, Karlsruhe) zugegeben. Zur Extraktion der Cortisolmetaboliten wurden die Erlenmeyerkolben auf einem Tisch-Rundschüttler (IKA Labor-Schüttler KS 501 digital, IKA Werke, Staufen) 30 Minuten lang bei einer Schüttelfrequenz von 180 Umdrehungen pro Minute geschüttelt.



Abbildung 21: Analysenwaage

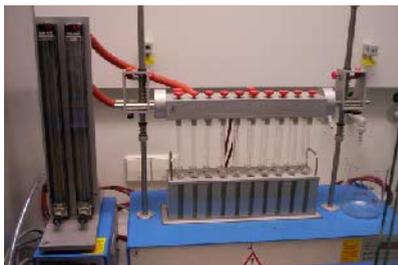


Abbildung 22: Probenaufbereitungssystem

Anschließend wurden die Extrakte zur Abtrennung von Feststoffen über je einen Faltenfilter (Schleicher & Schüll, 595½, Durchmesser 150 mm) filtriert. Vom Filtrat wurde jeweils 1,0 ml abgenommen und mit 5,0 ml Diethylether (Carl Roth GmbH & Co, Karlsruhe) und 0,2 ml 5%igem Natriumhydrogencarbonat (E. Merck, Darmstadt) in ein Glasröhrchen überführt und ca. zehn Sekunden verwirbelt (Laborschüttelgerät Vortex Genie 2, Scientific Industries, Bohemia, NY, USA). Nach der Phasentrennung wurden von der oberen Diethylether-Phase 4,0 ml abgenommen, in ein weiteres Glasröhrchen pipettiert und unter N₂ (Stickstoff)-Strom (Druck: 3 bar) bei Zimmer-

temperatur bis zur vollständigen Verdunstung der flüssigen Bestandteile eingedampft (TCS-Probenaufbereitungssystem, Labor Technik Barkey, Bielefeld-Leopoldshöhe, Abb. 22). Der eingedampfte Extrakt wurde bis zur weiteren Verarbeitung bei -20 °C eingefroren.

Beschichtung der Mikrotiterplatten

Eine genauere Charakterisierung der verwendeten Chemikalien, Lösungen und Puffer erfolgt zur besseren Übersichtlichkeit im Anhang.

Zur Durchführung des ELISAs mussten zunächst die Mikrotiterplatten mit Antikörpern beschichtet werden. Dazu wurde in jede Kavität einer Mikrotiterplatte (F 96 Maxisorp, No. 442404, Co. Nunc, Dänemark) 250 µl einer Antikörper-Lösung (Coating AB) pipettiert und abgedeckt über Nacht bei Raumtemperatur inkubiert. Am folgenden Tag wurde die Flüssigkeit durch Absaugen (Mikrotestplatten-Waschgerät Columbus Washer, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim) aus den Kavitäten entfernt, sodass nur die Antikörper zurückblieben, die sich an die Kavitätenwände der Mikrotiterplatten binden konnten. Es handelt sich dabei um Antikörper, welche später als „Fänger“ für steroidspezifische Antikörper fungieren. Anschließend werden 300 µl „Second coating buffer“ pro Kavität pipettiert. Dieser enthält u. a. Rinderserumalbumin, welches den Raum zwischen den „Fänger-Antikörpern“ ausfüllt. Nach einer dreistündigen Wartezeit waren die Mikrotiterplatten dann gebrauchsfertig und wurden bis zur weiteren Bearbeitung im Kühlschrank gelagert. Zu Beginn der folgenden Anwendung wurden sie mit 4 °C-kalter Waschlösung gewaschen (Mikrotestplatten-Waschgerät Columbus Washer), um die vorhandene Flüssigkeit zu entfernen.

ELISA

Fürs ELISA verwendete Chemikalien, Lösungen und Puffer werden ebenfalls im Anhang genauer definiert.

Zur Bestimmung der Cortisolmetabolitenkonzentration wurde ein spezifischer ELISA (Biotin-streptavidin-enzyme immunosorbent assay) verwendet. Die zuvor eingedampften Probenextrakte (mit den Steroidmetaboliten aus dem Pferdekot) wurden dazu aufgetaut, mit Assay Buffer gelöst und auf den zuvor beschichteten Mikrotiterplatten aufgetragen, ebenso wie eine Standardverdünnungsreihe und

Kontrollverdünnungen. In jede Kavität einer Mikrotiterplatte wurden anschließend je 100 µl einer Lösung mit Biotin-konjugierten Steroiden (Enzymlabel) und einer steroidspezifische Antikörperlösung (Antibody) gegeben, welche über Nacht bei 4 °C und einer Schüttelfrequenz von 300 Rotationen pro Minute (Mikrotestplatten-Schüttler Titramax 100, Heidolph, Schwabach, Abb. 23) mit den jeweiligen Bindungspartnern reagierten.



Abbildung 23: Mikrotestplatten-Schüttler

Die Steroide aus dem Pferdekot konkurrieren dabei mit den Biotin-konjugierten Steroiden um die Bindungsstellen der steroid-spezifischen Antikörper. Die spezifischen Antikörper, die ein Steroid (entweder aus dem Pferdekot stammend oder ein Biotin-konjugiertes Steroid) gebunden haben, binden sich an die Fänger-Antikörper, die zuvor bei der Beschichtung der Mikrotiterplatten in den Kavitäten fixiert wurden.

Am Folgetag wurden die Mikrotiterplatten mit 4 °C-kalter Waschlösung gewaschen (Mikrotestplatten-Waschgerät Columbus Washer, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim), um nicht gebundene Antikörper und Steroide zu entfernen. Je geringer die Steroidkonzentration im Pferdekot war, desto höher ist die Anzahl der Biotin-konjugierten Steroide in der jeweiligen Kavität der Mikrotiterplatten. Bei dem folgenden Schritt wurde eine Enzymlösung mit Streptavidin-Peroxidase (Roche Diagnostics GmbH, Penzberg) zugegeben, wobei das mit dem Enzym konjugierte Streptavidin an das Biotin der konjugierten Steroide bindet. Überschüssige Streptavidin-Peroxidase, die keine Bindung mit Biotin eingehen konnte, wurde nach einer 45minütigen Schüttelphase (4 °C, Schüttelfrequenz: 300 Rotationen pro Minute, Mikrotestplatten-Schüttler Titramax 100) rausgewaschen (Waschlösung, 4 °C, Mikrotestplatten-Waschgerät Columbus Washer). Je geringer die Konzentration der Steroide aus dem Pferdekot war, desto höher war nun wiederum die Konzentration der gebundenen Streptavidin-Peroxidase in den jeweiligen Kavitäten.

Anschließend wurde ein Peroxidase-spezifisches Substrat (Substratlösung) zugegeben, welches in Abhängigkeit der Enzymaktivität unter Bildung eines blauen Farbstoffes umgesetzt wird. Danach wurde diese Farbreaktion durch Zugabe eines Stopp-Reagens' (2molare Schwefelsäure, E. Merck, Darmstadt) nach 60 Minuten beendet, wobei ein Farbumschlag von blau nach gelb stattfand. Die Farbintensität war in den Kavitäten mit geringer Konzentration an „Pferdekot-Steroiden“ stärker.

Mit einem Mikrottestplatten-Photometer (Fabrikat Power Wave_x, BioTek Instruments, Bad Friedrichshall) wurde nach weiteren zehn Minuten die Absorption des gelben Farbstoffes bei einer Wellenlänge von 450 nm (Referenzwellenlänge: 620 nm) gemessen. Ein mit dem Photometer verbundener Computer vollzog mithilfe der Steuerungs- und Auswertungssoftware KC 4 die Umrechnung der gemessenen Absorption in die entsprechende Steroidkonzentration der Probenextrakte (Abb. 24).



Abbildung 24: Mikrottestplatten-Photometer

Durch Kenntnis des Molekulargewichtes der Standardlösung und eine Rückrechnung der zuvor vorgenommenen Verdünnungen des Pferdekotes wurde ein Faktor bestimmt, der multipliziert mit dem Ergebnis der Photometrie die Konzentration der Cortisolmetaboliten in nmol pro Kilogramm Pferdekot ergab.

3.5.3 Videoauswertung

Videoüberwachungssystem

Um die Bewegungsaktivität der Pferde zu beurteilen, wurde eine Videoauswertung der einzelnen Versuchsphasen vorgenommen.

Eine fest installierte Videoüberwachungsanlage zeichnete dazu während des gesamten Versuchszeitraums die Aktivitäten der Pferde auf, sodass ihr Verhalten analysiert und ausgewertet werden konnte, auch im Hinblick auf die Herzfrequenzmessergebnisse. Die Videokameras erfassten den gesamten Stallbereich und den angrenzenden Auslauf. Sowohl im Stallhaltungssystem der Gruppen- als auch der Einzelhaltung wurden jeweils vier Kameras installiert.

In der Gruppenhaltung befand sich in sechs Metern Höhe eine Farbvideokamera

(Sony Exwave HAD, SSC-DC 58 AP mit Objektiv 4-10 mm / F 1,8) über dem Fressbereich, die neben den sechs Fressständen auch einen Teil des Vorplatzes aufzeichnete. Eine zweite Farbkamera (gleiches Modell mit gleichem Objektiv wie die erste Kamera) erfasste den überdachten Vorplatz in der Gruppenhaltung und einen Teil des angrenzenden Sandauslaufs. Der gesamte Auslauf wurde jedoch durch die dritte Farbvideokamera (Ganz ZC-Y20 PH mit Objektiv eneo DC Controll 2,6 mm / F 1,0) gefilmt, die an einem Mast vor der stallabgewandten Seite des Auslaufs in einer Höhe von acht Metern angebracht war.



Abbildung 25: Aufnahmetechnik und Bildschirmansicht der Videoaufzeichnung in der Gruppenhaltung

Zusätzlich war im Stallinnern in acht Metern Höhe eine vierte Farbvideokamera (Ganz ZC-Y20 PH mit Objektiv 2,8-6 mm / F 1:1,2) zur Erfassung des Liegebereiches angebracht. In der Gruppenhaltung wurden die Aufzeichnungen der vier Kameras durch einen Duplex Multiplexer (DPLEX-16-ECO) der Firma Ganz gebündelt und

durch einen Videorecorder (Mitsubishi HS-1024) aufgezeichnet. Ein zweiter Videorecorder der gleichen Art war vorhanden, um parallel zur Aufzeichnung eines der zuvor aufgezeichneten Videos abspielen und betrachten zu können. Bei der Bildschirmansicht konnte gewählt werden zwischen der gleichzeitigen Abbildung aller vier Videobilder (Abb. 25) oder der Auswahl eines Kamerabildes.

In dem Haltungssystem der Einzelhaltung wurden jeweils zwei Boxen durch eine Kamera gefilmt (Abb. 26), die an einem Mast in einer Höhe von 5,50 Metern mittig zwischen beiden Boxen befestigt war.

Dafür wurden drei identische Farbvideokameras (Sony Exwave HAD; SSC-DC 50 AP / 54 AP / 58 AP mit einem Objektiv Computar Auto Iris Vari Vocal Lens 2,7-8 mm / F 1:1,0 und einer Chipgröße von 1/3 Zoll) verwendet. Der Bereich der sechs Einzelausläufe wurde durch eine Farbrechtlichtkamera (Ganz ZC-Y 20 PH mit Objektiv eneo DC Controll 2,6 mm / F 1,0) erfasst, die wiederum an einem Mast an der



Abbildung 26: Bildschirmansicht der Videoaufzeichnung in der Einzelhaltung

stallabgewandten Paddockseite in acht Metern Höhe installiert war. Die Bündelung der vier Kamerabilder erfolgte in der Einzelhaltung durch einen digitalen Farb-Triplexer (WVC TPX C1600T), die Aufzeichnung auf Videokassetten durch einen Videorecorder (Samsung SVR-960 PRT), und zum Abspielen wurde ein weiterer Videorecorder (Sony SVT-L230 P) verwendet.

Die Aufzeichnung der Videos erfolgte jeweils kontinuierlich im 24-Stunden-Modus, wobei mit einer Videokassette (E 240) jeweils 36 Stunden aufgezeichnet werden konnten.

Digitalisierung und Auswertung der Videos

Da die Auswertung der Videos am Computer erfolgte, war eine Umwandlung des analogen Videosignals in ein digitales Signal notwendig. Dies erfolgte durch einen digitalen Video-Converter (Plexor, ConvertX PX-M402U) im Format MPEG 4, wobei die Videos im 12h-Modus (entspricht einer doppelten Geschwindigkeit) abgespielt wurden, um eine zusätzliche Zeitraffung zu bekommen. Die Speicherung der digitalen Videodateien erfolgte dabei auf der Festplatte des Computers und zusätzlich auf DVDs. Im Anschluss daran erfolgte eine Analyse der Videos unter Verwendung eines Computerprogramms zur Verhaltensanalyse (Interact, Version 7.2.2, Firma Mangold, Arnstorf).



Abbildung 27: Videoauswertung zur Verhaltensanalyse

Dieses Computerprogramm ermöglicht die zeitgleiche Auswertung mehrerer Pferde, sodass das Verhalten aller sechs Pferde einer Gruppe gleichzeitig betrachtet und analysiert werden konnte. Außerdem ist die Verhaltensanalyse an einem einzigen Computer möglich, unabhängig von einem Video-

recorder. Das Filmmaterial wird direkt von der Festplatte des PCs oder einer DVD abgespielt, wobei eine Regulierung der Geschwindigkeit über einen Windows Media Player möglich ist. Parallel dazu wird eine Datei erzeugt, in der die Häufigkeit und Zeitdauer der zu beobachtenden Verhaltensweisen gespeichert wird (Abb. 27).

Pro Versuchsgruppe und -variante wurden jeweils vier Tage (zwei Tage pro Woche) ausgewertet, wobei pro Tag acht Stunden ausgewählt wurden. Dabei wurde die Zeit zwischen 11 und 16 Uhr sowie zwischen 18 und 21 Uhr festgelegt, da in diesem Zeitraum keine Bewegungsangebote und keine Störungen durch Stallarbeiten oder sonstige Tätigkeiten im Stall stattgefunden haben. Lediglich zwei Krafffutterzeiten (13:00 und 18:30 Uhr) und der Beginn der Raufutterfütterung um 20:50 stellten während dieser Zeit einen Bewegungsanreiz für die Pferde dar. Die Videoauswertung

erfolgte im Continuous-Recording-Verfahren und es kam dabei vor allem auf die Zeitdauer an, die die Pferde in Bewegung, im Stehen oder im Liegen verbrachten. Insg. wurden die Aufzeichnungen von 80 Versuchstagen daraufhin beurteilt und ausgewertet. Das verwendete Computerprogramm ermöglichte eine statistische Auflistung und Addition der jeweiligen Zeitabstände, die zur weiteren Auswertung in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel übertragen wurden.

3.5.4 Erfassung der Bewegungsaktivität und des Liegeverhaltens mit ALT-Pedometern

Die Bewegungsaktivität und Liegezeit wurde zusätzlich zur Videoanalyse mit ALT-Pedometern (Abb. 28) erfasst; ALT ist dabei die Abkürzung für Aktivität, Liegezeit und Temperatur. Sieben Pedometer wurden für die Untersuchungen durch das ATB Bornim (Leibniz Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim) zur Verfügung gestellt.

Das gemeinsam vom ATB mit zwei Brandenburger Ingenieurbüros (Holz und Schleusner) entwickelte Tierdatenmesssystem diente ursächlich der Brunsterkennung bei Kühen (BREHME et al. 2004), wurde aber auch schon im Rahmen eines anderen Versuchs in der Schweiz zur Erfassung der Bewegungsaktivität bei Pferden (BREHME et al. 2006) eingesetzt. Es erfasst die Bewegungsimpulse mit einem analogen Piezosensor, die Liegezeit mit digitalen Lagesensoren und die Umgebungstemperatur am Fesselbein des Tieres mit einem Thermosensor.

Das Pedometer verfügt neben diesen Sensoren außerdem über einen μ -Prozessor, einen Datenspeicher und das Funkmodul zur drahtlosen Datenübertragung. Zudem ist eine magnetische Abschaltung des Messsystems zur Schonung der Batterie möglich. Der μ -Prozessor erfasst kontinuierlich die Schrittaktivität mit einer Frequenz von zwei Hz sowie die zwei verschiedenen Liegepositionen des Tieres in einer Tastzeit von 15 Sekunden. Die Werte werden über das vom Anwender konfigurierte Messintervall vom μ -Prozessor addiert und nach Ablauf dieser Zeit im Datenspeicher abgelegt. Die Summe der Schrittaktivität, der Liegepositionen, die Umgebungstemperatur (Messung am Ende des Messintervalls) sowie der Messzeitpunkt bilden jeweils einen Datensatz (BREHME 2004).



Abbildung 28: ALT-Pedometer

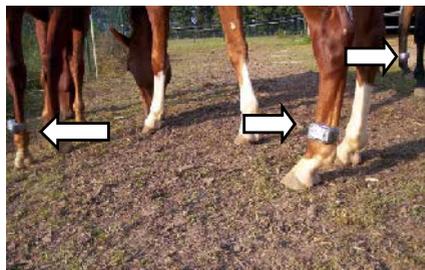


Abbildung 29: Befestigung der Pedometer am Hinterbein der Pferde

Die Funktionstüchtigkeit und Stabilität des Datenmesssystems wurde bereits in Versuchen vergangener Jahre an Kühen erfolgreich erprobt, ebenso wie die vollautomatische Datenübertragung zum PC.

Die Pedometer standen für die dritte und vierte Versuchsgruppe zur Aufzeichnung der Bewegungsaktivität zur Verfügung. Zum Schutz der Pferdebeine wurden die ALT-Pedometer mit einer doppelten Schicht „Moosgummi“ (aus einem Künstlereibedarfsgeschäft) gepolstert. Mithilfe eines ebenfalls gepolsterten Klettverschlussbandes wurden die Pedometer am Hinterbein der Pferde einige Zentimeter über dem Fesselgelenk befestigt. Zusätzlich wurden die Pedometer am Pferdebein mit handelsüblichem Gewebeklebeband mehrfach umwickelt, um sie so vor dem Verutschen und einer Beschädigung durch die Pferde zu schützen (Abb. 29). Das Gewicht eines Pedometers betrug ca. 130 Gramm.

Täglich wurden die Pedometer auf ihren Sitz hin überprüft und verblieben maximal fünf Tage an einem Hinterbein. Da aber nur komplette Tage (24 Stunden) ausgewertet wurden, konnten in der Regel vier Tagesaufzeichnungen pro Pferd und Woche gewonnen werden. Nach Abschluss aller Versuchsvarianten der dritten und vierten Pferdegruppe standen insgesamt 512 auswertbare Tages-Datensätze dieser zwölf Stuten zur Auswertung der statistischen Merkmale zur Verfügung.

Bei Rindern und bei Pferden, die in Einzelhaltungsboxen gehalten werden, können Pedometer an einem Vorderbein angebracht werden. Bei Jungpferden in Gruppenhaltung besteht jedoch ein hohes „Neugier- und Spielpotential“, das zur Belästigung des Pedometerträgers führt und im Extremfall zum Verlust des Messgerätes durch Beißen oder Anknabbern. Während der Vorversuche stellte sich außerdem heraus,

dass zusätzliche Bewegungen, wie Scharren und spielerisches Austreten häufiger an den Vorder- als an den Hinterbeinen zu beobachten waren. Die „Unart“ des Hufscharrens führt daher bei Pferden zu höheren Aktivitätswerten, die mehr Bewegungen vortäuschten als real auftraten. Deshalb wurde für die Versuchspferde die Anbringung am Hinterbein bevorzugt.

Die Messgröße waren Bewegungsimpulse am Hinterbein eines Pferdes, wobei pro Sekunde bis zu zwei Aktivitätsimpulse vom Sensor registriert wurden. Somit konnten pro Minute maximal 120 Impulse verzeichnet werden. Ob und in welcher Position ein Pferd lag, wurde alle 15 Sekunden durch die Lagesensoren ermittelt. Da diese Lageregistrierung in der vorgegebenen Messzeit jeweils addiert wurde, konnte nach einer Minute „Liegen“ maximal der Faktor vier erscheinen. Anhand dieser Voreinstellungen war eine Umrechnung der Bewegungsaktivitäten und der Gesamtliegezeit in Minuten pro Tag möglich. Zudem wurde die Umgebungstemperatur am Pferdebein alle 15 Minuten gemessen, fand aber in der vorliegenden Arbeit keine weitere Berücksichtigung.

Die Pedometer wurden auf ein Messzeitintervall von 15 Minuten konfiguriert, sodass nach dieser Zeit jeweils ein Datensatz im internen Speicher des Pedometers abgelegt wurde. Dieser Datensatz bestand aus den addierten Messwerten der Aktivität, der Anzahl der ermittelten Liegesituationen (in Seiten- und Bauchlage), der Umgebungstemperatur und einem Referenzwert, der als einfache Kontrollzahl doppelte oder fehlende Datensätze anzeigte.

Die ALT-Pedometer wurden automatisch im Vier-Stunden-Zyklus angesprochen und gaben die gespeicherten Datensätze per Funkübertragung an einen zentralen PC weiter. Dieser befand sich in einem Schrank auf der Stallgasse und die mit dem PC verbundene Zentralantenne zum Empfang der Daten war in ca. 3,50 m Höhe in der Nähe der Fressstände (bzw. in der Versuchsphase der Einzelhaltung mittig über den sechs Pferdeboxen in drei Metern Höhe) angebracht. Um ein störungsfreies Auslesen der Pedometer zu erleichtern, wurde der Abfragezyklus stets so gestartet, dass der Zeitpunkt der Funkabfrage (01:30, 05:30, 09:30, 13:30, 17:30 und 21:30 Uhr) größtenteils in die Fütterungszeiten fiel. Befand sich ein Pferd in zu großem Abstand zur Antenne oder stand es bei der Auslesung der Pedometer nicht still, so wurden evtl. keine oder nur ein Teil der gespeicherten Datensätze übertragen. In diesem Fall

wurde das entsprechende Pedometer mehrmals hintereinander angesprochen. Wenn aber auch nach zehn Versuchen keine ausreichende Verbindung zustande kam, wurde das nächste Pedometer angesteuert. Die im Pedometer verbliebenen Datensätze wurden dann bei der folgenden Abfrage mit ausgelesen. Alle zwei Tage wurden die Daten aus dem Speicher des zentralen PCs entfernt und zur weiteren Bearbeitung in das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL eingefügt.

3.6 Statistische Auswertung

Zur übersichtlichen Speicherung der Datenmengen wurde ein Großteil der gewonnenen Daten zunächst in einer mit MS Access erzeugten Datenbank abgelegt.

Die statistische Auswertung erfolgte anschließend mit dem Programm SPSS für Windows, Version 15.0.1 (Firma SPSS Inc., Chicago, USA) und ein Teil der Übersichtstabellen und Grafiken wurde mit dem Programm Microsoft Excel, Version 5.1.2600 erstellt. Die Messdaten wurden bei insg. 24 Pferden unter fünf verschiedenen Haltungsbedingungen und einer zusätzlichen Variante gewonnen.

Zur Veranschaulichung der Verteilung einiger Messergebnisse der Herzfrequenzvariabilität wurde als Darstellungsform ein Boxplot gewählt. Dabei handelt es sich um eine übersichtliche Darstellung der wichtigsten statistischen Kenngrößen eines Merkmals. In diesem Fall wurden Minimum, Maximum und Median abgebildet sowie das 25 %- und 75 %-Quartil. Das Rechteck umfasst somit die Hälfte der Messdaten und Ausreißer sind als Kreise dargestellt.

Die Messergebnisse wurden mit dem Lilliefors-Test hinsichtlich ihrer Normalverteilung geprüft und getrennt nach den jeweiligen Analysemethoden ausgewertet.

Die Daten der **Herzfrequenzvariabilität** dürfen mit Ausnahme der pNN50-Werte als normal verteilt betrachtet werden. Die gemessenen Konzentrationen der fäkalen **Cortisolmetaboliten** waren ebenfalls normalverteilt.

Die Messwerte im High-Frequency-Bereich und die SD2-Daten (HRV) wurden ebenso wie die Konzentrationen der Cortisolmetaboliten mithilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) mit dem Faktor „Versuchsvariante“ ausgewertet und mittels Scheffé-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Varianten getestet.

Bei dem Vergleich von nur zwei Varianten untereinander wurde mithilfe des Student-Newman-Keul-Testes (SNK-Test) auf Signifikanz getestet.

Die Analysedaten der **Bewegungsaktivität** (Videoauswertung und ALT-Pedometer) waren normalverteilt (Lilliefors-Test) und wurden ebenfalls einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) unterzogen. Als Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Varianten wurde der Scheffé-Test verwendet.

Bei allen Testverfahren wurden Unterschiede als signifikant betrachtet, sofern die Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ betrug. Somit gelten folgende Signifikanzniveaus:

$p > 0,05$	nicht signifikant (n.s.),
$p \leq 0,05$	signifikant (*),
$p \leq 0,01$	hochsignifikant (**),
$p \leq 0,001$	höchstsignifikant (***).

4 Ergebnisse

Die durchgeführte Untersuchung hatte zum Ziel, den Einfluss verschiedener Bewegungsangebote auf die Stressbelastung und die Bewegungsaktivität von Pferden in Auslaufhaltungen zu untersuchen. Die Parameter wurden in fünf verschiedenen Versuchsvarianten erfasst (s. Tab. 8). Verglichen wurde eine Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. I) mit einer Gruppenauslaufhaltung, in der entweder keine Zusatzbewegung (Var. II) erfolgte oder eine Ergänzung durch drei unterschiedliche Zusatzbewegungsangebote (Var. III – Var. V) stattfand. Bei den zusätzlichen Bewegungsangeboten in Variante III – V handelte es sich um eine zwei-stündige Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III) oder einer Weide (Var. IV) und um die einstündige Bewegung in einer Freilauf-Führanlage (Var. V).

Bei der vierten Versuchsgruppe fand zudem noch ein weiterführender Versuch statt. In dieser Zusatzvariante wurde die Größe des an den Stall angrenzenden Auslaufs während der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegungsangebot verdoppelt.

Zur Erfassung der Stressbelastung wurden die Herzfrequenzvariabilität der Pferde und der Gehalt an fäkalen Cortisolmetaboliten gemessen. Unabhängig davon wurde die Bewegungsaktivität der Pferde anhand von Videoaufzeichnungen und mit ALT-Pedometern bestimmt.

Die ermittelten Ergebnisse sind auf den folgenden Seiten dargestellt.

Bei den Parametern zur Erfassung der Stressbelastung war meistens eine deutliche Abstufung und Gewichtung hinsichtlich der Stressbelastung während der einzelnen Varianten vorhanden, die aber nicht bei jedem Einzeltier wiederzufinden waren. Da es auch in der Literatur Hinweise gibt auf große interindividuelle Unterschiede, fand zunächst eine Betrachtung jedes einzelnen Pferdes statt. Dazu wurden die Mittelwerte der einzelnen Varianten berechnet und für jedes Pferd eine Reihenfolge der Varianten in Abhängigkeit der Stressabnahme festgelegt. Es wurde dabei ersichtlich, dass sich einige Pferde in Bezug auf die Rangierung der Versuchsvarianten sehr ähnlich verhielten. Diese Tiere wurden daraufhin in Untergruppen zusammengefügt und gemeinsam betrachtet.

4.1 Herzfrequenzvariabilität

Die Tabelle 12 gibt den Mittelwert und die Standardabweichung aller Pferde zu den jeweiligen Parametern der Herzfrequenzvariabilität während der untersuchten Versuchsvarianten wieder.

Die gemittelten Ergebnisse der 24 Versuchspferde spiegeln jedoch nicht die Stressbelastung jedes Einzeltieres bezüglich der HRV-Parameter wieder. Daher wurden die Pferde zunächst einzeln betrachtet und entsprechenden Untergruppen zugeteilt.

Tabelle 12: Ermittelte Parameter der Herzfrequenzvariabilität während der Versuchsvarianten

Variante		MeanHR ^a	RMSSD ^b	pNN50 ^c	SD2 ^d	HF ^e	LFHF ^f
Einzel- Auslaufhaltung (Var. I)	Mittelwert	37,94	87,91	41,48	123,84	59,38	1,07
	n	192	192	192	194	192	192
	Standard- abweichung	3,33	74,35	17,93	80,70	21,10	1,36
Gruppenhaltung (GH) ohne Zusatzbew. (Var. II)	Mittelwert	36,05	91,73	45,29	113,31	64,33	0,79
	n	243	243	243	248	243	243
	Standard- abweichung	3,21	71,47	18,23	60,47	19,52	0,87
GH und unbegrünte Koppel (Var. III)	Mittelwert	37,08	86,46	42,98	101,27	63,97	0,77
	n	236	236	236	239	236	236
	Standard- abweichung	3,42	64,49	19,30	54,43	19,42	0,77
GH und Weide (Var. IV)	Mittelwert	38,30	73,44	37,32	82,94	69,00	0,56
	n	224	224	224	233	224	224
	Standard- abweichung	3,44	55,30	20,50	48,04	16,21	0,50
GH und Führanlage (Var. V)	Mittelwert	36,24	85,56	43,13	103,55	65,21	0,81
	n	235	235	235	236	235	235
	Standard- abweichung	2,62	61,26	19,42	53,33	19,85	1,10
Insgesamt	Mittelwert	37,07	85,07	42,13	104,43	64,52	0,79
	n	1130	1130	1130	1130	1130	1130
	Standard- abweichung	3,33	65,69	19,27	60,97	19,43	0,96

a Durchschnittliche Herzfrequenz (Schläge/Min.)

b Quadratwurzel aus den gemittelten Quadraten der Summe aller Differenzen aufeinander folgender RR-Intervalle (ms)

c Prozentsatz aufeinander folgender RR-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen (%)

d Standardabweichung der orthogonalen Abstände zur Regressionsgeraden, die durch den Längsdurchmesser einer Vertrauensellipse verläuft (ms)

e High Frequency (n.u.)

f LF/HF-Verhältnis (%)

Aufgrund der Ausführungen in der Literatur (S. 93 / 94) und der Ergebnisse einiger Vorversuche wurden die Parameter HF und SD2 zur Auswertung der Herzfrequenzvariabilität gewählt, um eine Aussage über die Stressbelastung der Pferde in Abhängigkeit des Haltungssystems und Bewegungsangebotes treffen zu können. Die Parameter RMSSD und pNN50 gelten zwar auch als geeignet zur Darstellung einer Stressbelastung, allerdings sind sie für diese Untersuchung nicht anwendbar, da stets Kurzzeitmessungen (5 Min.) analysiert wurden. Die durchschnittliche Herzfrequenz (Mean HR) reagiert zu stark auf akute Belastungssituationen und auf körperliche Leistung, sodass auch dieser Parameter nicht geeignet ist zur Beurteilung einer längerfristigen Stressbelastung in Abhängigkeit eines Haltungssystems. Aus dem LF/HF-Verhältnis des HRV-Befundes lässt sich der Einfluss von Sympathicus und Parasympathicus abschätzen; allerdings ist es eindeutiger, nur den Einfluss des Parasympathicus anhand der HF-Werte zu bestimmen.

4.1.1 Auswertung der HF-Werte

Verdeutlicht werden die individuellen Unterschiede der HRV zunächst anhand der Ergebnisse des „High-Frequency“-Bereiches in den Varianten Einzelhaltung und Gruppenhaltung jeweils ohne zusätzliches Bewegungsangebot. Anschließend werden die Unterschiede der Gruppenhaltung bei unterschiedlichen Bewegungsangeboten betrachtet, wobei der Vergleich der Bewegung in der Führanlage mit der Weide-Bewegung getrennt dargestellt wird.

Eine erhöhte Stressbelastung führt zu einem geringeren HF-Wert. Insgesamt betrug der Mittelwert aller ermittelten HF-Werte 64,52 n.u. (normalized units) mit einer Standardabweichung von 19,43 n.u. Die Werte schwankten im Versuchszeitraum zwischen 9,1 n.u. bis 98,6 n.u.

Vergleich der HF-Werte in den Varianten „Einzelhaltung“ und „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“

Beim Vergleich der Varianten Einzelhaltung und Gruppenhaltung jeweils ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. I und II) reagierten die Pferde unterschiedlich hinsichtlich ihrer Herzfrequenzvariabilität.

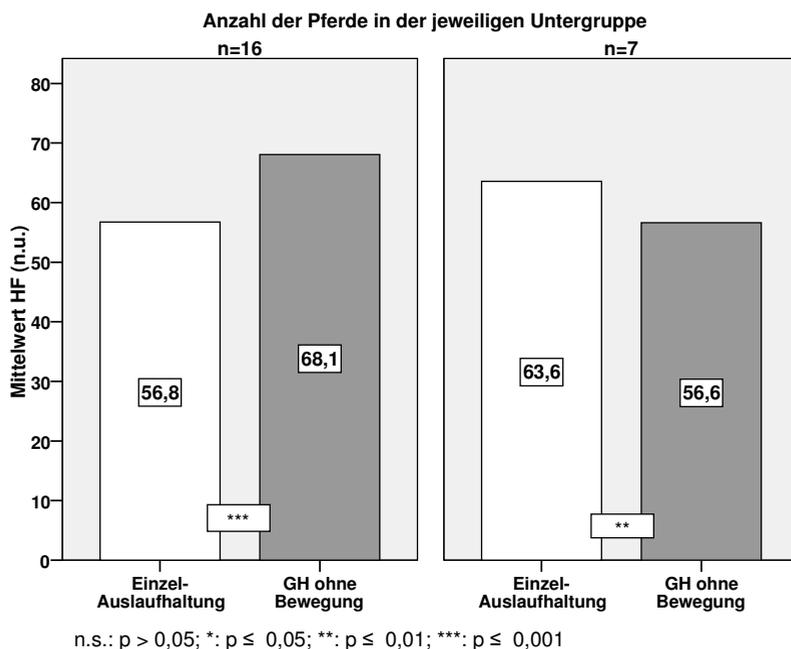


Abbildung 30: HF-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot

Der Großteil der Pferde (70 %, $n = 16$) zeigte eine höhere Stressbelastung (geringerer HF-Wert) in der Einzelhaltung als in der Gruppenhaltung. Bei 30 % der Pferde ($n = 7$) verhielt es sich hingegen umgekehrt (Abb. 30). Ein Pferd blieb bei diesem Vergleich unberücksichtigt, da aus der Variante „Einzelhaltung“ keine Ergebnisse der HRV-Messung vorlagen (s. S. 80).

Bei den 16 Pferden mit einer höheren Stressbelastung in der Einzelhaltung lag der mittlere HF-Wert bei 56,8 n.u. während dieser Variante und bei 68,1 n.u. bei der Gruppenhaltung ohne Bewegungsangebot. Der Unterschied zwischen diesen Varianten war dabei höchstsignifikant (SNK-Test: $p < 0,001$).

Der geringste HF-Mittelwert fand sich mit 56,6 n.u. bei den übrigen sieben Pferden in der Gruppenhaltung und stieg an auf 63,6 n.u. in der Einzelhaltung; beide Varianten jeweils mit angrenzendem Auslauf, aber ohne zusätzliche Bewegung. Bei diesem

kleineren Pferdeanteil (n = 7) handelte es sich um eine hochsignifikante Differenz (SNK-Test: $p = 0,002$).

Vergleich der HF-Werte in den Varianten „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“, „unbegrünte Koppel“ und „Weide“

Bei der Betrachtung der Versuchsvarianten der Gruppenhaltung mit den Varianten „ohne Zusatzbewegung“ (Var. II), „unbegrünte Koppel“ (Var. III) und „Weide“ (Var. IV) ließen sich die untersuchten Pferde hinsichtlich der HRV-Ergebnisse auch hier in zwei Untergruppen (Tab. 13) unterteilen. 46 % der Pferde (n = 11) entfielen auf die Untergruppe I und zur Untergruppe II gehörten 54 % der Pferde (n = 13).

Tabelle 13: Untergruppen bezüglich der HF-Analyse in der Gruppenhaltung

Untergruppe	Pferd (Nr.)	n
I	Epinal (1), Satin (3), Comedy (4), Lady Lu (5), Action (10), Smarty (13), Emillie (14), Ginella (15), Eiche (16), Elysée (18), Salut (24)	11
II	Flora (2), Chicita (6), Stakkata (7), Santa Cruz (8), Energy (9), Saragossa (11), Esperanza (12), Ginseng (17), Erbse (19), Daydream (20), Djlo (21), Flash (22), Ebba (23)	13

Die Abbildungen 31 und 32 verdeutlichen für beide Untergruppen getrennt die Verteilung der ermittelten Werte des „High Frequency (HF)“-Bereiches in den Varianten der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot und mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrünten Koppel oder einer Weide.

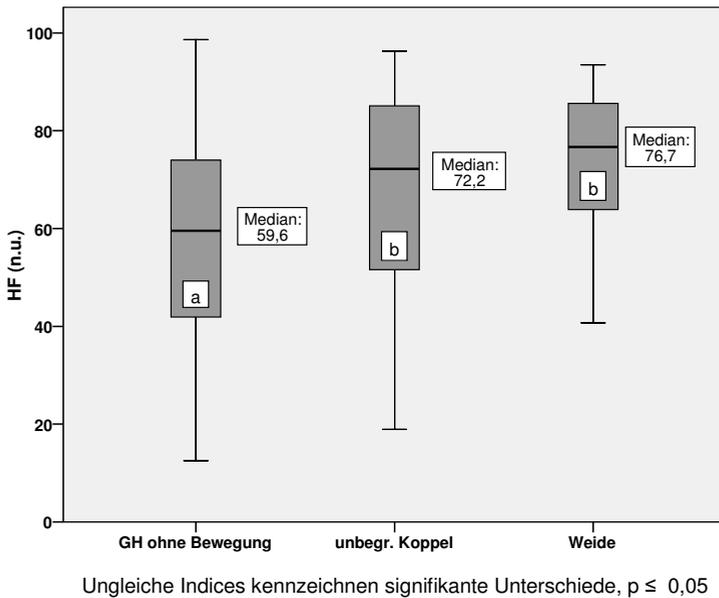


Abbildung 31: Verteilung der HF-Werte in Untergruppe I (Box Plot)

Hinsichtlich des HF-Bereiches zeigte sich bei der ersten Untergruppe (s. Tab. 13) ein signifikanter Unterschied ($p = 0,048$) zwischen den Varianten der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot und Gruppenhaltung mit unbegrünter Koppel (Abb. 31). Ein höchstsignifikanter Unterschied ($p = 0,001$) bestand zwischen der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot und Bewegung auf einer Weide, wohingegen keine signifikante Differenz ($p = 0,434$) zwischen den beiden Bewegungsangeboten unbegrünte Koppel und Weide zu erkennen war (Tab. 14). Da mit abnehmender Stressbelastung der HF-Wert stieg, war bei der Untergruppe I die Stressbelastung in der Gruppenhaltung ohne Bewegungsangebot (Var. II) größer als in der Variante mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III). Am geringsten war sie bei der Variante mit Weidegang (Var. IV).

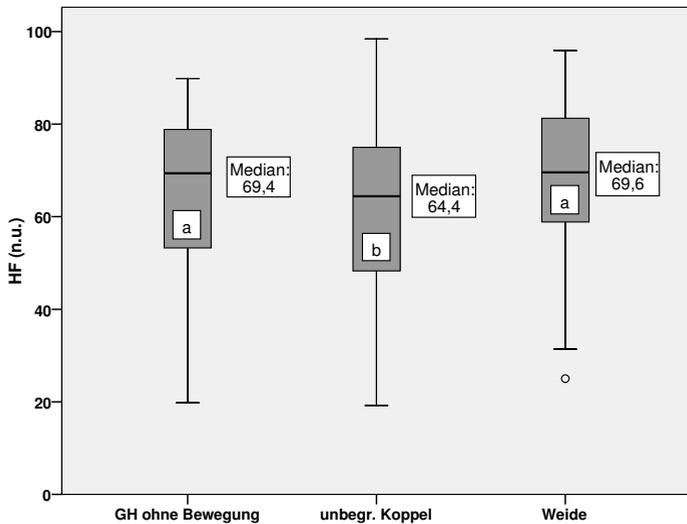
Tabelle 14: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der HF-Ergebnisse bei Untergruppe I (s. Tab. 13)

Abhängige Variable: HF
Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	-7,73 (*)	3,12	0,048	-15,42	-0,05
	Weide	-11,94 (*)	3,26	0,001	-19,99	-3,91
unb. Kopp.	ohne Bew.	7,73 (*)	3,12	0,048	0,05	15,42
	Weide	-4,22	3,25	0,434	-12,24	3,80
Weide	ohne Bew.	11,94 (*)	3,26	0,001	3,91	19,99
	unb. Kopp.	4,22	3,25	0,434	-3,80	12,24

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

Abbildung 32 zeigt die Stressbelastung der zweiten Untergruppe (s. Tab. 13) in Abhängigkeit der HF-Werte.



Ungleiche Indices kennzeichnen signifikante Unterschiede, $p \leq 0,05$

Abbildung 32: Verteilung der HF-Werte in Untergruppe II (Box Plot)

Bei der Untergruppe II war die Stressbelastung in der Variante der Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III) größer (geringerer HF-Wert)

als in den Varianten ohne Bewegungsangebot (Var. II) und Bewegung auf der Weide (Var. IV) (höherer HF-Wert).

In der zweiten Untergruppe zeigten sich signifikante Unterschiede der HF-Werte zwischen den Varianten der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot und der Gruppenhaltung mit unbegrünter Koppel ($p = 0,025$) sowie zwischen den beiden Bewegungsangeboten unbegrünte Koppel und Weide ($p = 0,015$). Keine Signifikanz ($p = 0,978$) bestand hinsichtlich des HF-Bereiches zwischen der Gruppenhaltung ohne ein zusätzliches Bewegungsangebot und Bewegung auf einer Weide (Tab. 15).

Tabelle 15: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der HF-Ergebnisse bei Untergruppe II (s. Tab. 13)

		Abhängige Variable: HF Scheffé-Prozedur				
(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	5,54 (*)	2,03	0,025	0,55	10,54
	Weide	-0,43	2,03	0,978	-5,43	4,56
unb. Kopp.	ohne Bew.	-5,54 (*)	2,03	0,025	-10,54	-0,55
	Weide	-5,97 (*)	2,05	0,015	-11,02	-0,94
Weide	ohne Bew.	0,43	2,03	0,978	-4,56	5,43
	unb. Kopp.	5,97 (*)	2,05	0,015	0,94	11,02

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

Vergleich der HF-Werte in den Varianten „Weide“ und „Freilauf-Führanlage“

In den zwei Varianten der Gruppenhaltung, in denen die Pferde sich zusätzlich auf der Weide (Var. IV) oder in einer Freilauf-Führanlage (Var. V) bewegten, zeigten sie im Vergleich zu den übrigen Varianten stets die geringste Stressbelastung. Beim Vergleich dieser beiden Varianten untereinander zeigten jedoch 67 % der Pferde ($n = 16$) die größere Abnahme der Stressbelastung während der Weide-Variante und die übrigen 33 % der Pferde ($n = 8$) während der Variante mit einstündiger Bewegung in der Führanlage (Abb. 33).

Dabei lag der mittlere HF-Wert während der Weide-Variante bei 67,7 n.u. ($n = 16$) bzw. bei 72,1 n.u. ($n = 8$) und während der Variante mit Bewegung in einer Führenanlage bei 58,8 n.u. ($n = 16$) bzw. als höchster errechneter Mittelwert bei 77,5 n.u. ($n = 8$).

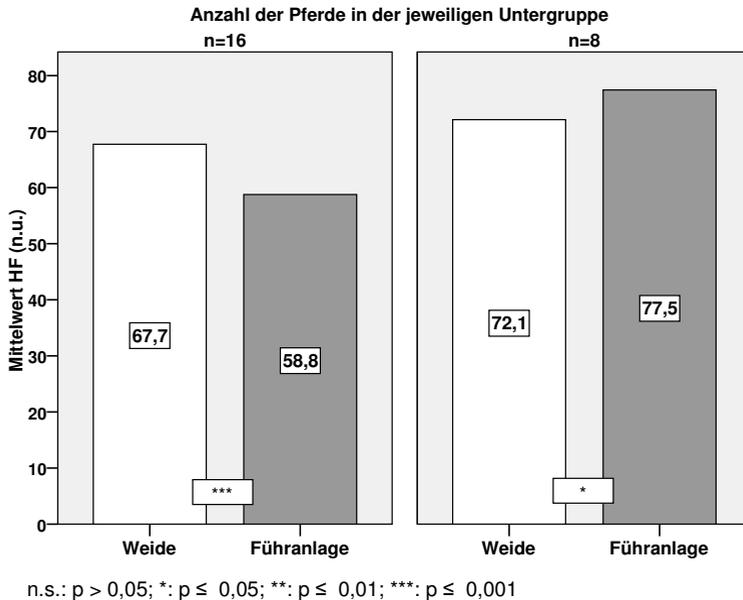


Abbildung 33: HF-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in den Varianten Weide und Führenanlage

Der Unterschied zwischen den Varianten der Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf der Weide und in der Freilauf-Führenanlage war jeweils signifikant. Bei dem Großteil der Pferde ($n = 16$), die während der Weide-Variante einen durchschnittlich höheren HF-Wert (geringere Stressbelastung) aufwiesen, handelte es sich um eine höchstsignifikante Differenz (SNK-Test: $p < 0,001$). Bei den übrigen Pferden ($n = 8$) war während der Variante „Führenanlage“ insgesamt die geringste Stressbelastung messbar und der Vergleich mit der Variante „Weide“ zeigte einen signifikanten Unterschied (SNK-Test: $p = 0,015$).

4.1.2 Auswertung der SD2-Werte

Da die Messergebnisse der High-Frequency-Analyse unter starkem Einfluss von Sympathicus und Parasympathicus stehen, ist eine Beeinträchtigung durch kurzfristige Umwelteinflüsse auf diesen Parameter nicht auszuschließen. Zur Beurteilung von längerfristigen Einflüssen im Rahmen von verschiedenen Haltungsformen ist daher die zusätzliche Analyse der SD2-Werte von großer Bedeutung. SD2 ist die Standardabweichung der orthogonalen Abstände zur Regressionsgeraden, die durch den Längsdurchmesser einer Vertrauensellipse verläuft. Es handelt sich um einen Parameter im Poincaré Plot, der auf eine langfristig bestehende Stressbelastung mit einem Anstieg reagiert.

Es kann aber daher kein Vergleich hinsichtlich der Stressreaktion eines Pferdes auf die unterschiedlichen HRV-Parameter erfolgen. So kann ein Pferd beispielsweise einen Abfall im HF-Bereich aufweisen, was aber nicht zwangsläufig mit einem Anstieg des SD2-Wertes einhergeht.

Der Mittelwert aller ermittelten SD2-Werte betrug 104,43 ms mit einer Standardabweichung von 60,97 ms und die Werte hatten eine Spannweite von 20,9 ms bis 479,9 ms.

Bei der Betrachtung der tierindividuellen Unterschiede bezüglich der einzelnen Varianten ließ sich bei der SD2-Analyse ein Großteil der Pferde der Mittelwert-Tendenz der gesamten Pferdegruppe (Abb. 34) zuordnen.

Von den 23 Pferden, die alle Versuchsvarianten durchliefen, zeigten 11 Stuten (48 %) die gleiche Abfolge der einzelnen Varianten wie in Abbildung 34 dargestellt. Demnach hatten diese Tiere die größte Stressbelastung während der Einzelhaltung und der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. I und II). Zu einer Abnahme der Stressbelastung kam es durch die zusätzliche Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel (Var. III), in einer Führanlage (Var. IV) und auf der Weide (Var. V).

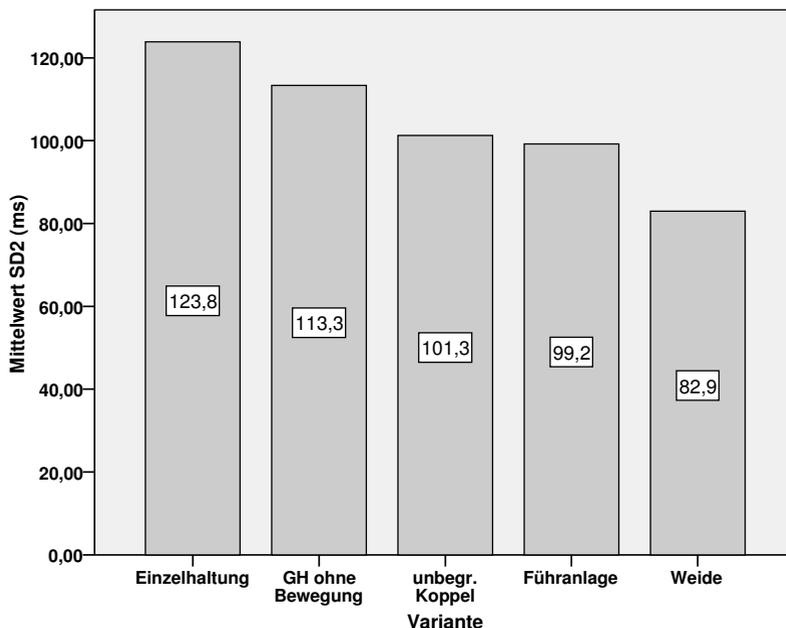


Abbildung 34: Mittelwert der SD2-Daten von 24 Pferden in den fünf Versuchsvarianten

Es erfolgte auch bei den SD2-Ergebnissen zunächst eine Zusammenstellung der Pferde nach Untergruppen, die sich hinsichtlich der Stressbelastung in den einzelnen Varianten ähnlich verhielten.

Vergleich der SD2-Werte in den Varianten „Einzelhaltung“ und „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“

Bei der Analyse der SD2-Daten war die Stressbelastung bei 70 % der Pferde in der Einzel-Auslaufhaltung (Var. I) am größten. Bei diesen 16 Pferden lag der SD2-Wert im Mittel bei 137,0 ms während der Einzelhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot, und bei 114,3 ms (geringere Stressbelastung) während der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung (Var. II) (Abb. 35). Bei diesen beiden Varianten handelte es sich um einen signifikanten Unterschied (SNK-Test: $p = 0,023$).

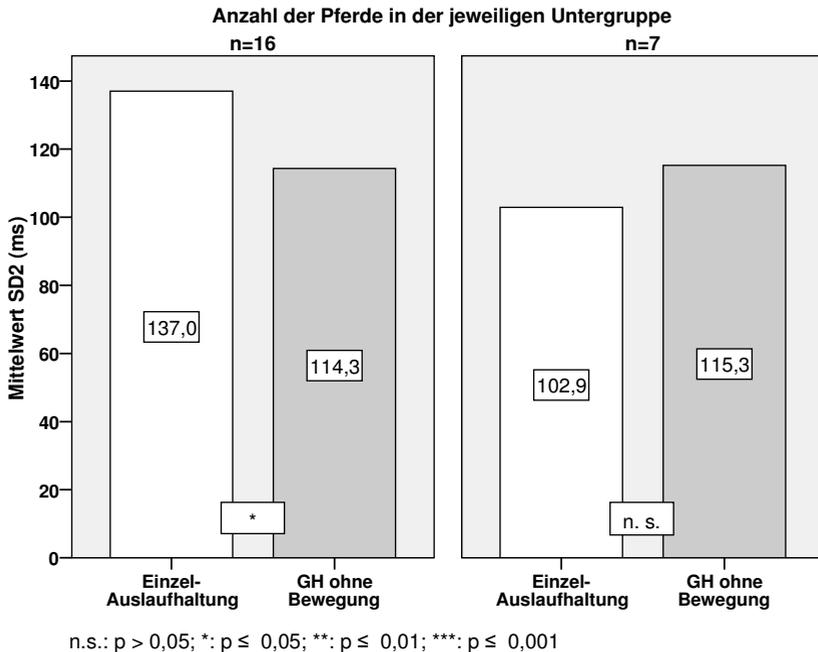


Abbildung 35: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot

Bei den übrigen 30 % der Stuten ($n = 7$) war die Stressbelastung in der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung mit einem Mittel der SD2-Werte von 115,3 ms größer als in der Einzelhaltung ohne Bewegungsangebot (102,9 ms). Diese Differenz war allerdings nicht signifikant (SNK-Test: $p = 0,148$).

Da bei einem Pferd keine HRV-Messung während der Variante „Einzelhaltung“ durchgeführt werden konnte (s. S. 80), gingen in diesen Vergleich nur die Messdaten von 23 Stuten ein.

Vergleich der SD2-Werte in den Varianten „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“, „unbegrünte Koppel“ und „Weide“

Die Unterteilung in zwei Untergruppen ist bei der Analyse der SD2-Werte noch deutlicher als bei der Betrachtung der HF-Werte. Zur Veranschaulichung sind die Mittel-

werte der beiden Untergruppen während der drei Varianten in Abb. 36 nebeneinander dargestellt.

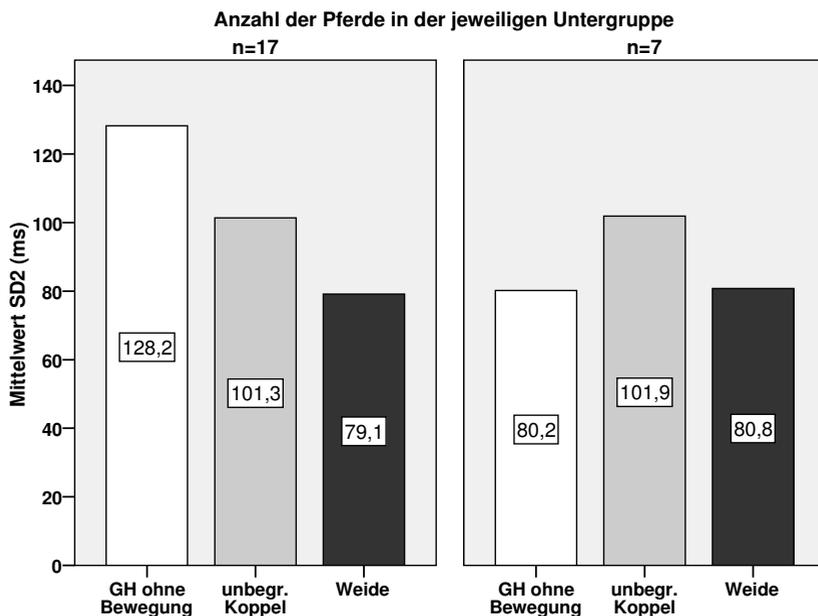


Abbildung 36: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in den Varianten der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung und mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel oder einer Weide

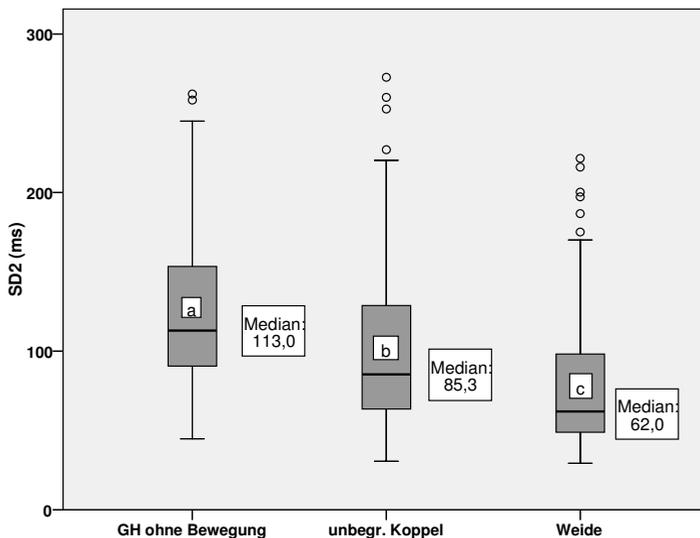
Der Großteil der Pferde (71 %) lässt sich der Untergruppe I ($n = 17$) zuordnen und 29 % der untersuchten Pferde gehören bezüglich der SD2-Analyse zur Untergruppe II ($n = 7$). Welche Pferde das im Einzelnen sind, lässt sich der Tab. 16 entnehmen.

Im Vergleich zu den Untergruppen der HF-Analyse fanden sich aus der Untergruppe I der HF-Auswertung bis auf zwei Pferde auch alle in der Untergruppe I der SD2-Analyse wieder.

Tabelle 16: Untergruppen bezüglich der SD2-Analyse in der Gruppenhaltung

Untergruppe	Pferd (Nr.)	n
I	Epinal (1), Lady Lu (5), Energy (9), Action (10), Saragossa (11), Esperanza (12), Smarty (13), Emillie (14), Ginella (15), Eiche (16), Ginseng (17), Elysée (18), Erbse (19), Daydream (20), Djlo (21), Ebba (23), Salut (24)	17
II	Flora (2), Satin (3), Comedy (4), Chicita (6), Stakkata (7), Santa Cruz (8), Flash (22)	7

Zur besseren Veranschaulichung wurden die beiden Untergruppen hinsichtlich ihrer SD2-Ergebnisse im Folgenden getrennt betrachtet (Abb. 37 und 38).



Ungleiche Indices kennzeichnen signifikante Unterschiede, $p \leq 0,05$

Abbildung 37: Verteilung der SD2-Werte in Untergruppe I (Box Plot)

Bei der Untergruppe I (s. Tab. 16) ergab die Analyse der SD2-Ergebnisse, dass die Stressbelastung während den Gruppenhaltungsvarianten am größten war, wenn die

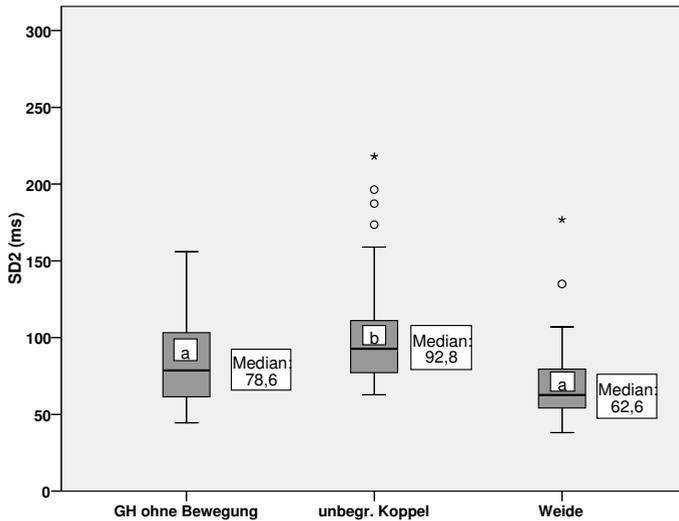
Pferde keine zusätzliche Bewegung (Var. II) erhielten (Abb. 37). Durch zusätzliche Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel (Var. III) kam es zu einer höchstsignifikanten Abnahme ($p = 0,001$) der Stressbelastung (Tab. 17). Noch geringer war die Stressbelastung dieser Untergruppe während der Variante mit zusätzlicher Bewegung auf der Weide (Var. IV). Zwischen den Varianten „ohne Bewegung“ und „Weide“ war der Unterschied höchstsignifikant ($p < 0,001$) und zwischen den beiden Varianten „unbegrünte Koppel“ und „Weide“ hochsignifikant ($p = 0,003$).

Tabelle 17: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der SD2-Ergebnisse bei Untergruppe I (s. Tab. 16)

Abhängige Variable: SD2						
Scheffé-Prozedur						
(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	24,20 (*)	6,42	0,001	8,42	39,99
	Weide	46,42 (*)	6,39	0,000	30,73	62,11
unb. Kopp.	ohne Bew.	-24,20 (*)	6,42	0,001	-39,99	-8,42
	Weide	22,21 (*)	6,52	0,003	6,20	38,23
Weide	ohne Bew.	-46,42 (*)	6,39	0,000	-62,11	-30,73
	unb. Kopp.	-22,21 (*)	6,52	0,003	-38,23	-6,20

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

Bei der Untergruppe II (s. Tab. 16) war die anhand der SD2-Daten ermittelte Stressbelastung während der Gruppenhaltung mit Bewegung auf unbegrünter Koppel größer als bei den Varianten ohne zusätzliche Bewegung oder Zusatzbewegung auf einer Weide (Abb. 38).



Ungleiche Indices kennzeichnen signifikante Unterschiede, $p \leq 0,05$

Abbildung 38: Verteilung der SD2-Werte in Untergruppe II (Box Plot)

Der Unterschied war bei der Untergruppe II zwischen den Varianten der Gruppenhaltung ohne zusätzlicher Bewegung und mit Bewegung auf unbegrünter Koppel signifikant ($p = 0,04$). Zwischen den Varianten, in denen sich die Pferde der Gruppenhaltung zusätzlich auf einer unbegrünten Koppel oder auf einer Weide bewegen konnten, bestand ebenfalls ein signifikanter Unterschied ($p = 0,02$) mit einer geringeren Stressbelastung während der „Weide“-Variante. Im Vergleich zur Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung führte die Bewegung auf der Weide zu einer geringen Abnahme der medianen Stressbelastung, aber es lag kein signifikanter Unterschied ($p = 0,967$) vor (Tab. 18).

Tabelle 18: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der SD2-Ergebnisse bei Untergruppe II (s. Tab. 16)

Abhängige Variable: SD2

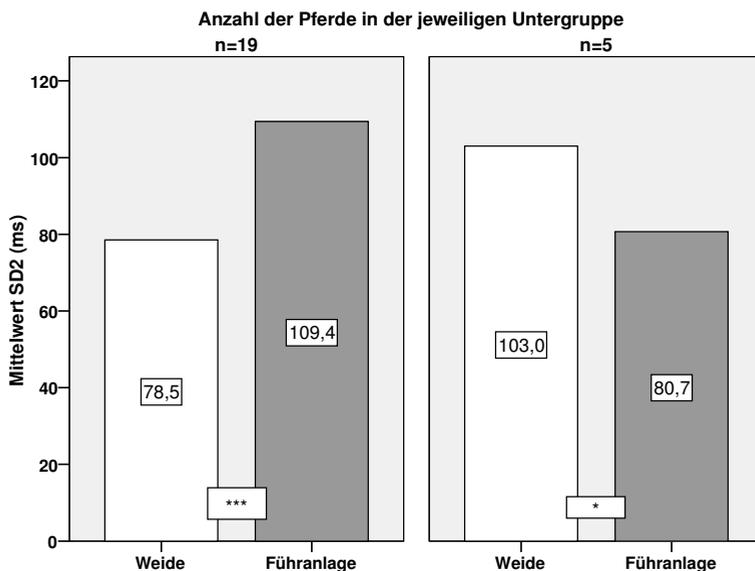
Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	-19,16 (*)	7,49	0,040	-37,63	-0,69
	Weide	1,97	7,63	0,967	-16,84	20,78
unb. Kopp.	ohne Bew.	19,16 (*)	7,49	0,040	0,69	37,63
	Weide	21,13 (*)	7,55	0,021	2,52	39,75
Weide	ohne Bew.	-1,97	7,63	0,967	-20,78	16,84
	unb. Kopp.	-21,13 (*)	7,55	0,021	-39,75	-2,52

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

Vergleich der SD2-Werte in den Varianten „Weide“ und „Freilauf-Führanlage“

Bezüglich der Varianten „Weide“ und „Führanlage“ (Var. IV und V) ließen sich die Ergebnisse der SD2-Analyse ebenfalls zwei Untergruppen zuordnen (Abb. 39). 79 % der Pferde (n = 19) zeigten die geringste Stressbelastung, wenn sie sich täglich auf einer Weide bewegen konnten. Der mittlere SD2-Wert betrug bei ihnen 78,5 ms und der Unterschied zur Variante „Führanlage“ (mittlerer SD2-Wert: 109,4 ms) war höchstsignifikant (SNK-Test: $p < 0,001$). Es gab aber auch bei diesem Vergleich einen kleinen Anteil von fünf Pferden (21 %), deren SD2-Wert für eine geringere psychische Belastung während der Variante mit Bewegung in einer Führanlage stand. Der SD2-Mittelwert dieser Gruppe (n = 5) betrug während der Variante „Führanlage“ 80,7 ms und während der Variante „Weide“ 103,0 ms, was eine signifikante Differenz (SNK-Test: $p = 0,031$) darstellte.



n.s.: $p > 0,05$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$

Abbildung 39: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen während der Varianten Weide und Führanlage

4.2 Cortisolmetaboliten

Zur Auswertung der Cortisolmetabolitenkonzentration wurden Kotproben während der fünf Versuchsvarianten gewonnen sowie eine Probe vom Ankunftstag der Pferde im Versuchsstall. Die gemessene Konzentration der Cortisolmetaboliten spiegelt jeweils die Cortisolproduktion des Vortages wider, da zwischen der Sekretion der Cortisolmetaboliten über die Galle in den Darm bis zum entsprechenden Kotabsatz beim Pferd ungefähr ein Tag vergeht.

Die gemessene Konzentration der Cortisolmetaboliten im Pferdekot lag während des gesamten Zeitraums (inkl. Ankunftstag) zwischen 3,03 nmol / kg Kot und 222,69 nmol / kg Kot. Die mittlere Konzentration der insgesamt 504 gewonnenen Kotproben war 33,34 nmol / kg Kot mit einer Standardabweichung von 26,66 nmol / kg Kot.

Die folgende Grafik (Abb. 40) zeigt die durchschnittliche Konzentration der Cortisolmetaboliten in der Anfangsprobe (Ankunftstag) und während der fünf Versuchsvarianten bei allen 24 Stuten.

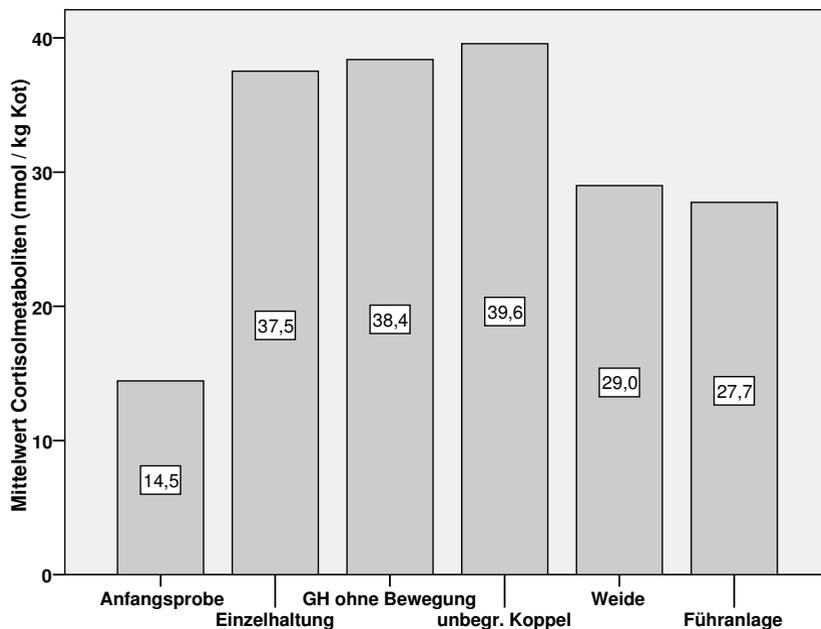


Abbildung 40: Mittelwert der Cortisolmetaboliten in der Anfangsprobe und während der Versuchsvarianten

Aus der Abbildung 40 wird ersichtlich, dass der Mittelwert der Anfangsprobe (14,5 nmol / kg Kot) deutlich unter den Mittelwerten der übrigen Messergebnisse (27,7 – 39,6 nmol / kg Kot) lag.

Die Anfangsproben wurden bereits am Ankunftstag der Pferde gewonnen, um einen Vergleich zur Stressbelastung im Herkunftsbetrieb zu haben. Die Werte entsprechen der Cortisolkonzentration des Vortages. Die Pferde wurden zuvor gemeinsam auf einer Weide oder in einem Einraum-Laufstall mit mehrstündigem Koppelgang gehalten, wobei sie nur sehr eingeschränkten Kontakt zu Menschen hatten. In den Herkunftsbetrieben waren die Pferde weitgehend sich selbst überlassen und gerade

die Weidehaltung ist vergleichbar mit dem natürlichen Umfeld wildlebender Pferde.

Eine geringe Konzentration an Cortisolmetaboliten steht für eine geringe Stressbelastung. Die größte durchschnittliche Stressbelastung hatten die Pferde demnach in der Variante der Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III), sowie während der Gruppen- und Einzelhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. II und I). Die zusätzliche Bewegung auf einer Weide (Var. IV) oder in einer Freilauf-Führanlage (Var. V) war hingegen durch eine geringere Stressbelastung gekennzeichnet im Vergleich zu den drei übrigen Versuchsvarianten.

Es bestand kein signifikanter Unterschied (Tab. 19) zwischen der Anfangsprobe und den Varianten IV und V ($p > 0,3$). Hingegen bestanden hochsignifikante Unterschiede ($p \leq 0,01$) zwischen den Mittelwerten der Anfangsprobe und der Varianten I bis III.

Tabelle 19: Multipler Mittelwertvergleich (Cortisolmetaboliten) zwischen der Anfangsprobe und den Versuchsvarianten

		Abhängige Variable: Cortisol Scheffé-Prozedur				
(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Anfang	EH ohne Bew. (I)	-23,07 (*)	5,91	0,010	-42,81	-3,33
	GH ohne Bew. (II)	-23,94 (*)	5,94	0,007	-43,79	-4,11
	GH - unb. Kopp. (III)	-25,12 (*)	5,99	0,004	-45,15	-5,10
	GH - Weide (IV)	-14,55	5,90	0,301	-34,27	5,17
	GH - Führanl. (V)	-13,29	5,92	0,412	-33,07	6,49

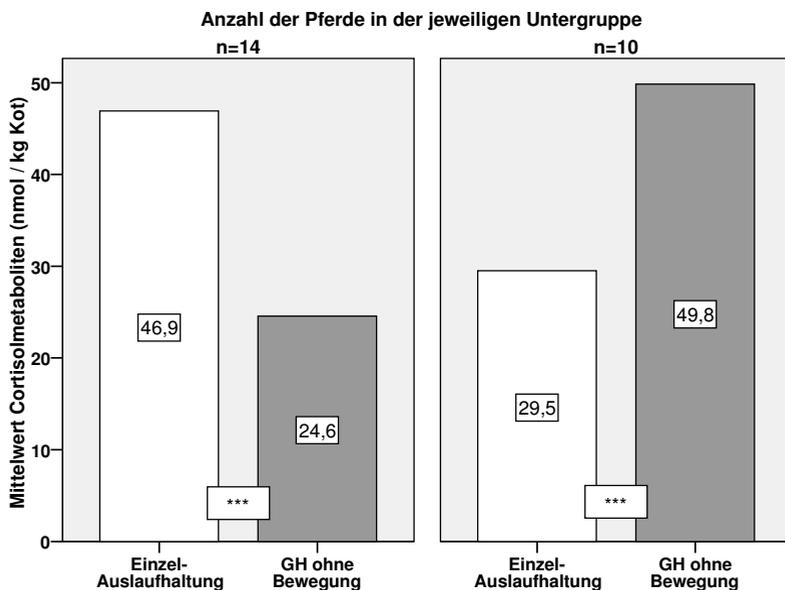
* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

Wie auch schon bei der Herzfrequenzvariabilität zeigte sich bei der Betrachtung der Cortisolmetaboliten bei jedem Einzeltier jedoch eine unterschiedliche Gewichtung der Stressbelastung in den einzelnen Varianten. Daher wurde auch hier zunächst ein Mittelwertvergleich zwischen den beiden Varianten ohne zusätzliches Bewegungsangebot vorgenommen, gefolgt von der Betrachtung der Gruppenhaltungs-Varianten ohne und mit zusätzlichem Bewegungsangebot und dem gesonderten Vergleich der Varianten in der Gruppenhaltung mit Bewegung auf der Weide oder in der Führanlage.

Vergleich der Cortisolmetaboliten in den Varianten „Einzelhaltung“ und „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“

Durch die Bestimmung der tierindividuellen Konzentration an Cortisolmetaboliten ließen sich 58 % der Pferdeprobanden ($n = 14$) der Untergruppe zuordnen, bei der die Tiere während der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliche Bewegung gestresster waren als während der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung. Der Unterschied zwischen beiden Varianten war höchstsignifikant (SNK-Test: $p < 0,001$). Hingegen wiesen 42 % der Pferde ($n = 10$) in der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung eine höchstsignifikant höhere Konzentration an Cortisolmetaboliten und somit eine höhere Stressbelastung auf als in der Einzelhaltung (SNK-Test: $p = 0,001$).

Veranschaulicht werden diese Unterschiede in der folgenden Abbildung. Sie stellt den Mittelwert der Cortisolmetaboliten in diesen zwei Varianten dar, getrennt nach den beiden Untergruppen (Abb. 41).



n.s.: $p > 0,05$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$

Abbildung 41: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot

Vergleich der Cortisolmetaboliten in den Varianten „Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung“, „unbegrünte Koppel“ und „Weide“

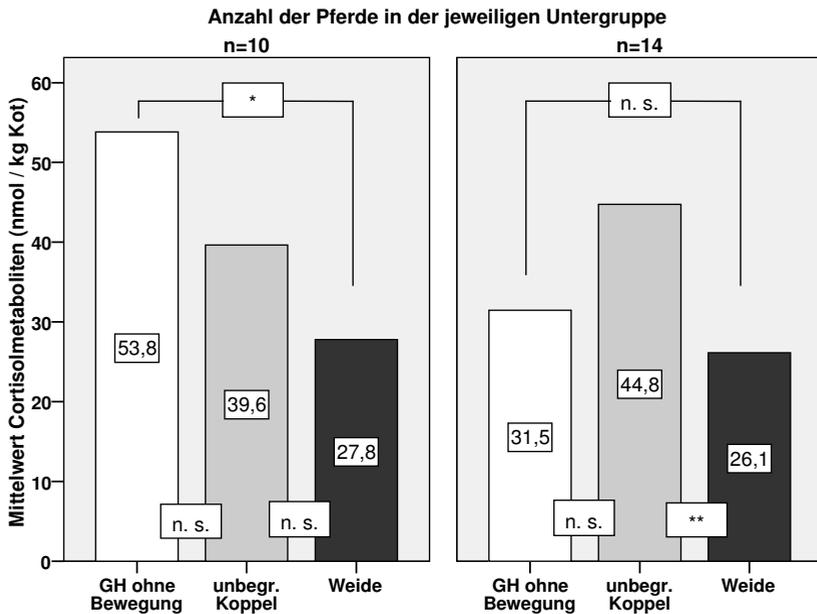
Die Betrachtung der Cortisolmetabolitenkonzentration bei jedem einzelnen Pferd hat gezeigt, dass es auch bei diesem Messparameter zwei Untergruppen gab, denen die Stressbelastung in den drei Varianten der Gruppenhaltung zugeordnet werden konnte (Tab. 20).

Tabelle 20: Untergruppen bezüglich der Cortisol-Analyse in der Gruppenhaltung

Untergruppe	Pferd (Nr.)	n
I	Epinal (1), Lady Lu (5), Stakkata (7), Santa Cruz (8), Energy (9), Action (10), Esperanza (12), Smarty (13), Ginella (15), Elysée (18)	10
II	Flora (2), Satin (3), Comedy (4), Chicita (6), Saragossa (11), Emillie (14), Eiche (16), Ginseng (17), Erbse (19), Daydream (20), Djo (21), Flash (22), Ebba (23), Salut (24)	14

Ein Vergleich mit den zwei Untergruppen der HRV-Analyse (Tab. 13 und 16) zeigt, dass sich sechs Pferde der Cortisol-Untergruppe I auch bei den anderen Analyseparametern (HF und SD2) in der Untergruppe I wiederfanden. Eine eindeutige Zuordnung zu den Untergruppen ist zudem bei zwei weiteren Pferden (Flora und Flash) möglich, da sie stets der Untergruppe II angehörten. Bei den übrigen 16 Stuten gab es stets einen Analyseparameter der für eine andere Untergruppe sprach als die anderen zwei Parameter.

Abbildung 42 zeigt für beide Untergruppen getrennt den Mittelwert der Cortisolmetabolitenkonzentration in den jeweiligen Varianten der Gruppenhaltung.



n.s.: $p > 0,05$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$

Abbildung 42: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen in den Varianten der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung und mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel oder Weide

Der Untergruppe I ließen sich zehn Pferde (42 %) zuordnen. Die größte mittlere Konzentration an Cortisolmetaboliten (53,8 nmol / kg Kot) und somit die größte psychische Belastung hatten diese Pferde während der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung (Var. II). Durch die tägliche Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III) kam es zu einer Abnahme auf durchschnittlich 39,6 nmol Cortisolmetaboliten / kg Kot. Die Differenz zwischen diesen beiden Varianten ist aber nicht signifikant ($p = 0,340$). Die zusätzliche Bewegung auf einer Weide (Var. IV) führte bei diesen Pferden zu einer weiteren Stressabnahme (27,8 nmol Cortisolmetaboliten / kg Kot). Im Vergleich zur Variante der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung handelte es sich dabei um einen signifikanten Unterschied ($p = 0,026$), jedoch nicht im Vergleich zur Bewegung auf einer unbegrünten Koppel ($p = 0,471$) (Tab. 21).

Tabelle 21: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Cortisolmetabolitenkonzentration bei Untergruppe I (s. Tab. 20)

Abhängige Variable: Cortisol

Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	14,19	9,60	0,340	-9,76	38,13
	Weide	26,03 (*)	9,42	0,026	2,53	49,52
unb. Kopp.	ohne Bew.	-14,19	9,60	0,340	-38,13	9,76
	Weide	11,84	9,60	0,471	-12,10	35,78
Weide	ohne Bew.	-26,03 (*)	9,42	0,026	-49,52	-2,53
	unb. Kopp.	-11,84	9,60	0,471	-35,78	12,10

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

58 % der Pferde (n = 14) gehörten zur Untergruppe II. Bei diesen Stuten wurde die größte Stressbelastung während der Variante mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrünten Koppel (Var. III) verzeichnet. Dabei lag die mittlere Konzentration an Cortisolmetaboliten bei 44,8 nmol / kg Kot. Während der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung (Var. II) war die Stressbelastung geringer (31,5 nmol Cortisolmetaboliten / kg Kot) ebenso wie bei der Variante IV mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide (26,1 nmol Cortisolmetaboliten / kg Kot). Ein (hoch-) signifikanter Unterschied ($p = 0,004$) bestand allerdings nur zwischen den beiden Bewegungsangeboten auf unbegrünter Koppel und auf einer Weide (Tab. 22).

Tabelle 22: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Cortisolmetabolitenkonzentration bei Untergruppe II (s. Tab. 20)

Abhängige Variable: Cortisol

Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ohne Bew.	unb. Kopp.	-13,29	5,53	0,059	-27,00	0,41
	Weide	5,32	5,35	0,611	-7,93	18,57
unb. Kopp.	ohne Bew.	13,29	5,53	0,059	-0,41	27,00
	Weide	18,61 (*)	5,42	0,004	5,19	32,03
Weide	ohne Bew.	-5,32	5,35	0,611	-18,57	7,93
	unb. Kopp.	-18,61 (*)	5,42	0,004	-32,03	-5,19

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

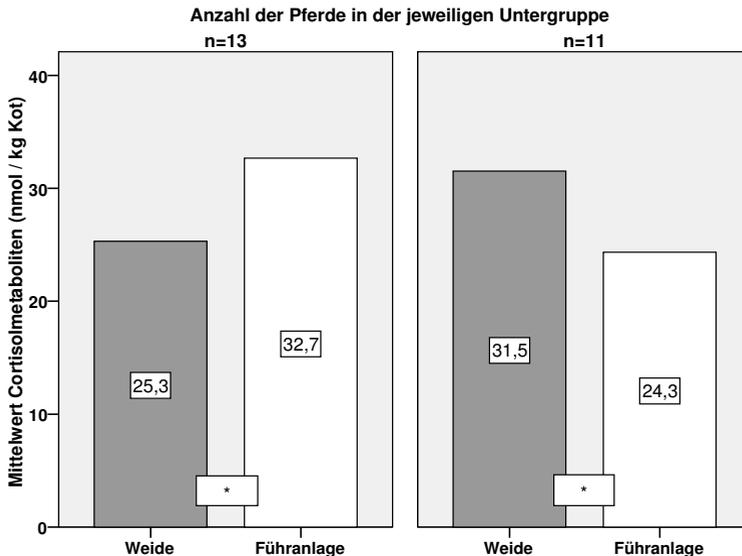
Vergleich der Cortisolmetaboliten in den Varianten „Weide“ und „Freilauf-Führanlage“

Während der beiden Varianten der Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide (Var. IV) oder in einer Freilauf-Führanlage (Var. V) war die durchschnittliche Konzentration der Cortisolmetaboliten bei allen 24 Stuten am geringsten.

54 % (n = 13) der Tiere zeigten bei der individuellen Betrachtung eine geringere Konzentration an Metaboliten in der Variante mit Weidebewegung und einen signifikanten Anstieg (SNK-Test: $p = 0,024$) der Stressbelastung während der Variante mit Bewegung durch die Freilauf-Führanlage.

Die Auswertung der Cortisolmetaboliten ergab hingegen bei elf Stuten (46 %) eine signifikant geringere Stressbelastung (SNK-Test: $p = 0,046$) durch die zusätzliche Bewegung in der Führanlage im Vergleich zur Weidebewegung.

Abb. 43 stellt die Konzentration der Cortisolmetaboliten als Mittelwerte der Untergruppen in den beiden Varianten mit der geringsten Stressbelastung dar.



n.s.: $p > 0,05$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$

Abbildung 43: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen während der Varianten Weide und Führanlage

4.3 Bewegungsaktivität und Liegeverhalten

4.3.1 Durch Videoanalyse erfasste Bewegungs- und Liegedauer

Für die Erfassung der Bewegungsaktivität wurde bei allen vier Versuchsgruppen eine Videoanalyse durchgeführt. Getrennt nach den fünf Versuchsvarianten wurde für jedes Pferd analysiert, wie viel Zeit es jeweils mit Bewegung, Liegen und Stehen verbracht hatte. Diese Analyse beinhaltete jedoch nur die Zeit, die die Pferde im Stall und dem angrenzenden Auslauf verbracht hatten, da nur diese Bereiche von den Videokameras erfasst werden konnten. Um das Verhalten der Pferde während einer Zeit zu analysieren, in der sie unbeeinflusst waren, wurde die Auswertung der Videos auf acht Stunden pro Tag festgelegt. Dabei wurde die Zeit ausgewählt, in der keine Stallarbeiten stattfanden und nur ein kleiner Anteil auf die Fütterungszeit fiel.

Die folgenden Zeitangaben sind daher stets auf acht Stunden bezogen.

Videoanalyse der Versuchsgruppe 1

Bei der Versuchsgruppe 1 (s. Tab. 7) lag die Spannweite der Bewegung zwischen 23 und 71 Min. / 8 Std. Beobachtungszeit, was pro Pferd und Variante jeweils 5 – 14 % der acht analysierten Videostunden ausmachte.

Die mittlere Bewegungsdauer lag in dieser Gruppe bei 50,2 Min. / 8 Std. mit einer Standardabweichung von 11,2 Minuten. Dabei war die durchschnittliche Zeitdauer der Bewegung während der Einzel-Auslaufhaltung am geringsten. Die zusätzliche Bewegung in einer Führanlage hatte ebenfalls eine geringe Abnahme der Bewegungsdauer während der analysierten Zeitspanne im Stall zur Folge. Ein Bewegungsanstieg während des Stallaufenthaltes war in den übrigen Varianten der Gruppenhaltung (Weide, unbegrünte Koppel und ohne Zusatzbewegung) zu verzeichnen (Tab. 23).

Tabelle 23: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 1

		Epinal	Flora	Satin	Comedy	Lady Lu	Chicita	Gruppenmittel
Einzelhaltung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	30	25	40	41	37	46	37
	Bewegungsanteil	6%	5%	8%	9%	8%	10%	8%
GH ohne Bewegung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	58	68	64	52	61	62	61
	Bewegungsanteil	12%	14%	13%	11%	13%	13%	13%
unbegr. Koppel	Bewegung (Min. / 8 Std.)	64	58	59	57	60	60	60
	Bewegungsanteil	13%	12%	12%	12%	13%	13%	12%
Weide	Bewegung (Min. / 8 Std.)	48	60	53	40	54	56	52
	Bewegungsanteil	10%	13%	11%	8%	11%	12%	11%
Führanlage	Bewegung (Min. / 8 Std.)	35	42	43	37	51	45	42
	Bewegungsanteil	7%	9%	9%	8%	11%	9%	9%

Bewegungsanteil = Prozentualer Anteil der Bewegung bezüglich der Analysezeit (8 Std.) im Stall

Hinsichtlich der Bewegung ergab die Videoanalyse hoch- und höchstsignifikante Unterschiede (Tab. 24) zwischen den folgenden Varianten:

- Einzelhaltung und Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung ($p < 0,001$),
- Einzelhaltung ohne Zusatzbewegung und Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel ($p < 0,001$),
- Einzelhaltung ohne Zusatzbewegung und Gruppenhaltung mit Weidebewegung ($p = 0,004$),
- Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung und Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage ($p < 0,001$) und
- Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel und Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage ($p = 0,001$).

Tabelle 24: Multipler Mittelwertvergleich der per Video analysierten Bewegungszeit während des Stallaufenthaltes in Versuchsgruppe 1

Abhängige Variable: Bewegen
Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
EH ^a	GH	-24,33 (*)	3,44	0,000	-35,75	-12,92
	unb. Kopp.	-23,16 (*)	3,44	0,000	-34,58	-11,75
	Weide	-15,33 (*)	3,44	0,004	-26,75	-3,92
	Führanlage	-5,67	3,44	0,612	-17,08	5,75
GH ^b	EH	24,33 (*)	3,44	0,000	12,92	35,75
	unb. Kopp.	1,17	3,44	0,998	-10,25	12,58
	Weide	9,00	3,44	0,178	-2,41	20,41
	Führanlage	18,66 (*)	3,44	0,000	7,25	30,08
unb. Koppel ^c	EH	23,16 (*)	3,44	0,000	11,75	34,58
	GH	-1,17	3,44	0,998	-12,58	10,25
	Weide	7,83	3,44	0,297	-3,58	19,25
	Führanlage	17,50 (*)	3,44	0,001	6,09	28,91
Weide ^d	EH	15,33 (*)	3,44	0,004	3,92	26,75
	GH	-9,00	3,44	0,178	-20,41	2,41
	unb. Kopp.	-7,83	3,44	0,297	-19,25	3,58
	Führanlage	9,67	3,44	0,129	-1,75	21,08
Führanlage ^e	EH	5,67	3,44	0,612	-5,75	17,08
	GH	-18,66 (*)	3,44	0,000	-30,08	-7,25
	unb. Kopp.	-17,50 (*)	3,44	0,001	-28,91	-6,09
	Weide	-9,67	3,44	0,129	-21,08	1,75

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.
a Einzelhaltung ohne zusätzliche Bewegung
b Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung
c Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel
d Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer Weide
e Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage

Welchen Anteil die Bewegung, das Liegen und das Stehen in den acht Stunden jeweils pro Variante hatten, ist für die Pferde der Versuchsgruppe 1 (s. Tab. 7) in Abbildung 44 veranschaulicht.

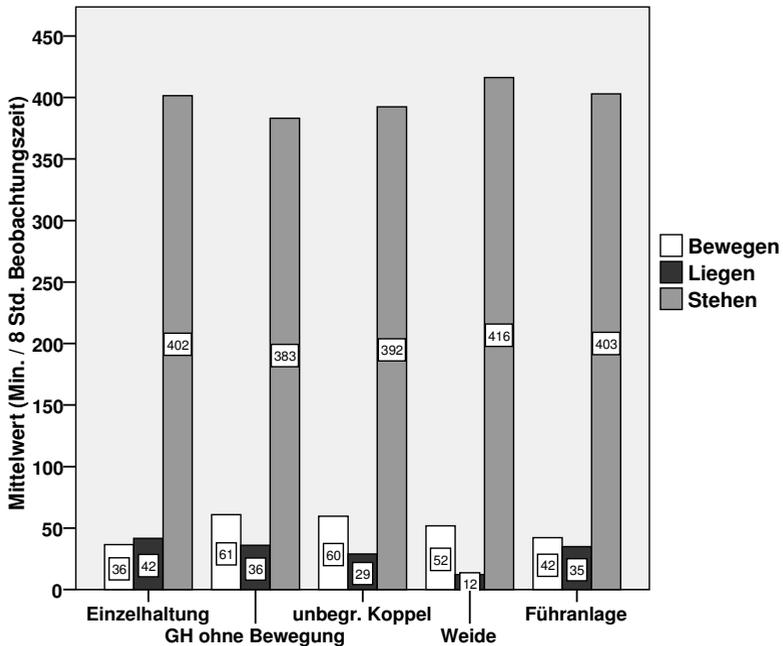


Abbildung 44: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in Versuchsgruppe 1 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes)

In den Varianten mit der geringsten Bewegungsdauer (Einzelhaltung und Variante „Führanlage“) war bei der ersten Versuchsgruppe eine durchschnittlich höhere Liegezeit zu verzeichnen. Während der Weide-Variante war die durchschnittliche Liegezeit am geringsten.

Videoanalyse der Versuchsgruppe 2

Die mittlere Bewegungsdauer in der zweiten Versuchsgruppe (s. Tab. 7) betrug 49,0 Min. / 8 Std. Beobachtungszeit bei einer Standardabweichung von 7,6 Minuten. Insgesamt lag die Dauer der Bewegung dabei zwischen 37 und 63 Minuten, was einen Anteil von durchschnittlich acht bis elf Prozent bezüglich der acht analysierten Stunden ausmachte.

Tabelle 25: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 2

		Stakkata	Santa Cruz	Energy	Action	Sara-gossa	Espe-ranza	Gruppen-mittel
Einzelhaltung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	46	43	42	51	54	40	46
	Bewegungsanteil	10%	9%	9%	11%	11%	8%	10%
GH ohne Bewegung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	61	48	59	63	42	58	55
	Bewegungsanteil	13%	10%	12%	13%	9%	11%	11%
unbegr. Koppel	Bewegung (Min. / 8 Std.)	54	47	53	59	61	50	54
	Bewegungsanteil	11%	10%	11%	12%	13%	10%	11%
Weide	Bewegung (Min. / 8 Std.)	39	43	52	55	44	41	46
	Bewegungsanteil	8%	9%	11%	11%	9%	9%	10%
Führanlage	Bewegung (Min. / 8 Std.)	44	41	52	52	37	40	44
	Bewegungsanteil	9%	9%	11%	11%	8%	8%	9%

Bewegungsanteil = Prozentualer Anteil der Bewegung bezüglich der Analysezeit (8 Std.) im Stall

Der durchschnittliche Anteil der Bewegung an der ausgewerteten Zeitspanne (8 Std.) war bei der Versuchsgruppe 2 während der Variante „Führanlage“ am geringsten, stieg während der Varianten „Einzelhaltung“ und „Weide“ leicht an und war während der Gruppenhaltung mit Bewegung auf unbegrünter Koppel und ohne zusätzliche Bewegung am größten (Tab. 25).

Allerdings besteht zwischen keiner dieser Varianten ein signifikanter Unterschied.

Zur Veranschaulichung ist der Anteil der Bewegung in den einzelnen Varianten gemeinsam mit der Zeitdauer, die für Liegen und Stehen beansprucht wurde in Abbildung 45 dargestellt.

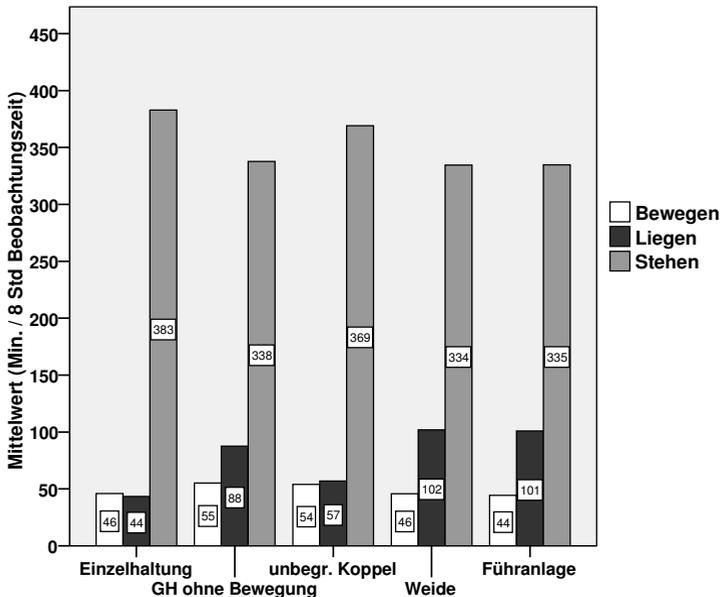


Abbildung 45: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in Versuchsgruppe 2 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes)

Videoanalyse der Versuchsgruppen 3 und 4

Die Ergebnisse der Videoanalyse wurden für die Versuchsgruppen 3 und 4 (s. Tab. 7) zusammengefasst, da bei diesen zwölf Pferden zur Erfassung des Bewegungs- und Liegeverhaltens zusätzlich ALT-Pedometer zur Verfügung standen. Eine detaillierte Darstellung der tierindividuellen Unterschiede hinsichtlich der täglichen Bewegungsaktivität erfolgt daher für diese beiden Gruppen erst im folgenden Kapitel.

Der Anteil der Bewegung innerhalb der analysierten acht Videostunden schwankte zwischen 25 und 87 Minuten, was einen prozentualen Anteil von durchschnittlich 8 bis 12 % pro Variante und Versuchsgruppe ergab. Dabei betrug der Mittelwert dieser zwölf Pferde 49,3 Min. / 8 Std. bei einer Standardabweichung von 8,6 Min.

Die geringste durchschnittliche Bewegungsdauer (40 Min. / 8 Std.) zeigten die 12 Pferde während der Einzelhaltung ohne Zusatzbewegung, gefolgt von der Variante der Gruppenhaltung mit Bewegung durch die Führenanlage (50 Min. / 8 Std.). In den Gruppenhaltungsvarianten mit Zusatzbewegung auf der unbegrünten Koppel

(51 Min. / 8 Std.) und ohne zusätzlicher Bewegung (52 Min. / 8 Std.) kam es nur zu einem geringen Anstieg der Bewegungszeit während des Stallaufenthaltes, ebenso wie in der Variante mit Weidegang (54 Min. / 8 Std.) (Tab. 26).

Tabelle 26: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 3 und 4

		Gruppe 3	Gruppe 4	Mittelwert
Einzelhaltung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	42	38	40
	Bewegungsanteil	9%	8%	9%
GH ohne Bewegung	Bewegung (Min. / 8 Std.)	52	52	52
	Bewegungsanteil	11%	11%	11%
unbegr. Koppel	Bewegung (Min. / 8 Std.)	48	55	51
	Bewegungsanteil	10%	11%	11%
Weide	Bewegung (Min. / 8 Std.)	51	57	54
	Bewegungsanteil	11%	12%	12%
Führanlage	Bewegung (Min. / 8 Std.)	50	50	50
	Bewegungsanteil	10%	10%	10%

Bewegungsanteil = Prozentualer Anteil der Bewegung bezüglich der Analysezeit (8 Std.) im Stall

Die Bewegungsdauer in der Variante der Einzelhaltung stellte dabei einen (hoch-)signifikanten (Scheffé-Test: $0,001 \leq p \leq 0,035$) Unterschied gegenüber der Bewegungsdauer in den anderen vier Versuchsvarianten dar, ansonsten gab es aber keine signifikanten Beziehungen (Scheffé-Test: $p > 0,05$) der Varianten untereinander.

In der folgenden Abbildung 46 ist gemeinsam für die Versuchsgruppen 3 und 4 dargestellt, wie sich in den jeweiligen Varianten die acht analysierten Stunden auf die Parameter Bewegen, Liegen und Stehen verteilen. Hinsichtlich der Bewegungsdauer waren nur geringe Unterschiede vorhanden. Es fiel aber auf, dass diese Pferde in den Varianten „Einzelhaltung“ und „unbegrünte Koppel“ nur einen geringen Zeitanteil gelegen hatten und dafür mehr Zeit im Stehen verbrachten.

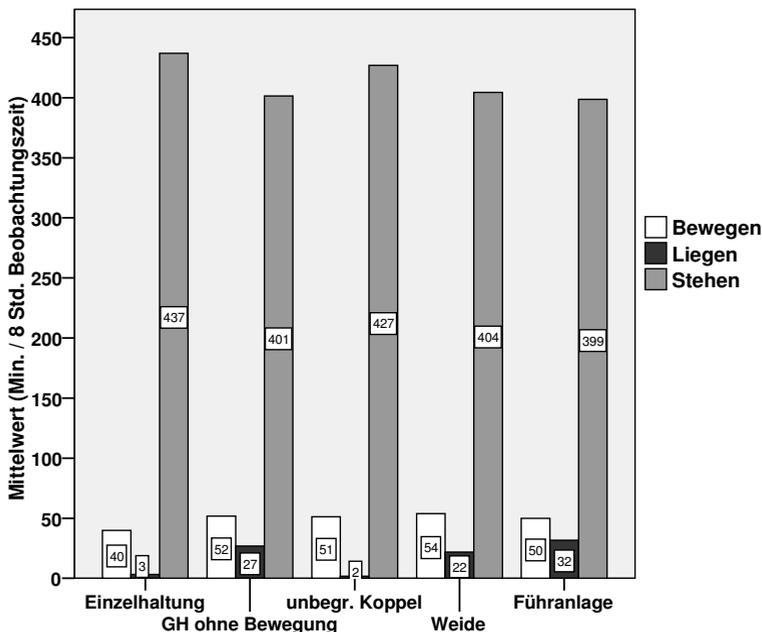


Abbildung 46: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in den Versuchsgruppen 3 und 4 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes)

Durchschnittliche Zeitverteilung der Videoanalyse in den Gruppen 1 - 4

Bei der Betrachtung der prozentualen Zeitverteilung der Verhaltensweisen Bewegungen, Liegen und Stehen traten nur geringfügige Abweichungen zwischen den Versuchsvarianten auf, wenn die durchschnittliche Verteilung aller Pferde berechnet wurde (Abb. 47).

Innerhalb der acht analysierten Videostunden während des Stallaufenthaltes entfielen im Schnitt acht bis elf Prozent dieser Zeit auf die Bewegung, wobei sich die Pferde in der Einzel-Auslaufhaltung am wenigsten bewegten.

Die im Liegen verbrachte Zeit betrug durchschnittlich fünf bis zehn Prozent der analysierten Videoaufzeichnungen. Dabei ließen sich keinerlei signifikante Unterschiede (Scheffé-Test: $p > 0,05$) zwischen den einzelnen Varianten aufzeigen.

Den größten Anteil machte jedoch mit 79 bis 86 % in allen Varianten das Stehen aus. Die Stehzeit war in der Variante der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliche

Bewegung am größten (86 %). Ein signifikanter Unterschied (Scheffé-Test: $p = 0,028$) fand sich allerdings nur zwischen dieser Variante und der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung (79 %).

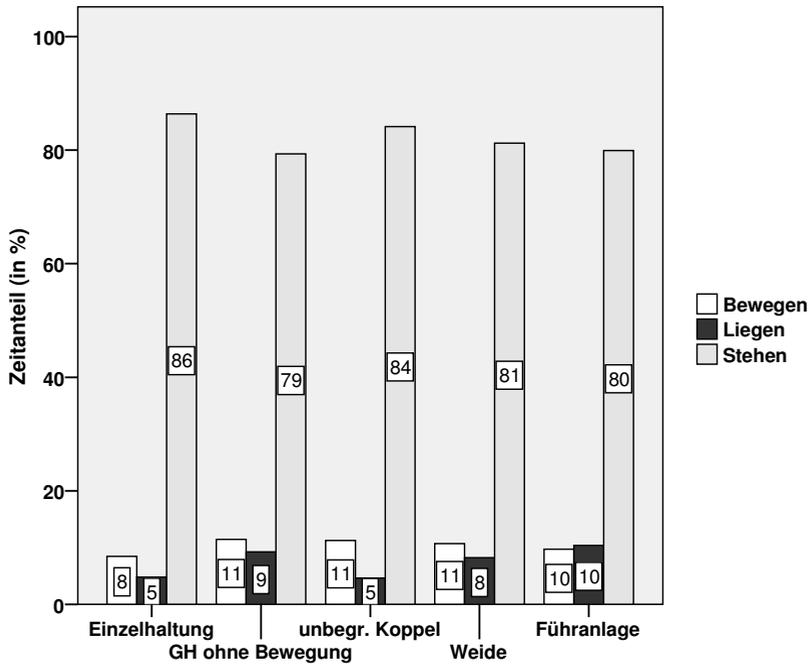


Abbildung 47: Prozentualer Zeitanteil der Verhaltensweisen Bewegen, Liegen und Stehen in den Versuchsgruppen 1 bis 4

4.3.2 Mit ALT-Pedometern gewonnene Messergebnisse der Bewegungsaktivität und Liegedauer

Genauigkeit und Anwendbarkeit der Aktivitätsmessung

Bei den zwölf Pferden der dritten und vierten Versuchsgruppe (s. Tab. 7) wurde mithilfe von ALT-Pedometern die Bewegungsaktivität ermittelt. Das Maß für die Bewegungsaktivität war die ermittelte Anzahl der Bewegungsimpulse eines Hinter-

beins (bzw. Vorderbein bei der Stute Ebba). Es war daher zu berücksichtigen, dass außer den Schritten in der Vorwärtsbewegung sämtliche Bewegungen wie Zucken, Ausschlagen, Aufstampfen, Sich-Kratzen etc. in die ermittelten Werte eingeflossen sind. Auch das Hinlegen und Aufstehen wurde von den Pedometern als Bewegungsaktivität registriert.

Es ist zwar aufgrund der Videoauswertung davon auszugehen, dass der Hauptanteil der registrierten Bewegungsimpulse aus Fortbewegungen resultierte, aber da die Schrittlängen der Pferde stark differierten und die Pedometer nicht zwischen Schritt-, Trab- und Galoppbewegungen unterschieden, war keine Umrechnung in die zurückgelegte Wegstrecke möglich.

Da aber pro Minute maximal 120 Bewegungsimpulse registriert werden konnten und die Lagesensoren vier Mal pro Minute die Liegeposition der Pferde gemessen haben, konnte eine Aussage darüber getroffen werden, wie viele Minuten die Pferde pro Tag jeweils in Bewegung und im Liegen verbracht haben. Die restliche Zeit des Tages entfiel somit auf Stehen bzw. Fressen.

Die folgenden Zeitangaben beziehen sich stets auf 24 Stunden.

Auch Stehen und Fressen waren mit „Aktivitätsimpulsen“ durch Heben und Senken des Beines am Ort sowie vereinzelte Vorwärts-, Rückwärts- und Seitwärtsschritte verbunden. Das machte allerdings nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtaktivität aus und hatte keinen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der einzelnen Varianten und der Pferde untereinander.

Bei der Variante mit einstündiger Bewegung in einer Freilauf-Führanlage fand jedoch eine Korrektur der Bewegungsaktivität statt, da die „erzwungene“ Bewegung zu einem starken Anstieg der Aktivität führte und die Werte verfälschte. Die Anzahl der Bewegungsimpulse in dieser Stunde wurde bei der Korrektur ersetzt durch den Mittelwert der übrigen 23 Stunden an dem jeweiligen Tag.

Die Pferde würden diese Bewegungsintensität freiwillig nicht zeigen. Da aber ein Reitpferd in den meisten Fällen eine Stunde pro Tag geritten wird, stellte diese Variante einen guten Vergleich zur üblichen Stallhaltung dar. Die unkorrigierten Werte sind daher in Tabelle 30 zusammengefasst.

Bewegungsaktivität der dritten und vierten Versuchsgruppe

Insgesamt konnten bei der vorliegenden Untersuchung 509 Tagesaufzeichnungen der Bewegungsaktivität zur Ergebnisauswertung verwendet werden. Die Bewegungsdauer von zwölf Pferden lag im Bereich von 62 Min./Tag und 248 Min./Tag. Der Mittelwert betrug 134,86 Min./Tag und die Standardabweichung 33,49 Min./Tag.

Abbildung 48 stellt die Streuung der ermittelten Bewegungszeiten in den Versuchsgruppen 3 und 4 in Abhängigkeit der Versuchsvarianten dar. Die Bewegungsaktivität wurde dabei stets über die gesamten 24 Stunden eines Tages aufgezeichnet.

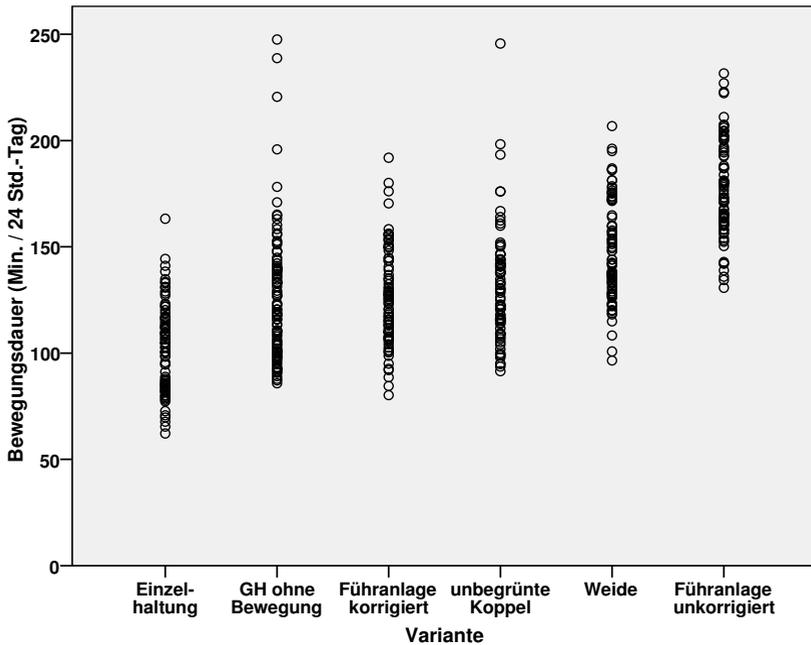


Abbildung 48: Streuung der Bewegungsaktivität in den Versuchsgruppen 3 und 4

Innerhalb der beiden Pferdegruppen war erkennbar, dass sich die Durchschnittswerte der Bewegungsaktivität in Minuten pro Tag in ihrer Höhe tierindividuell unterschiedlich verhielten.

Die Tabellen 27 und 28 veranschaulichen daher zunächst die durchschnittlich geleistete Bewegungsaktivität der einzelnen Pferde in Minuten pro Tag (24 Std.) innerhalb der jeweiligen Versuchsvarianten und deren prozentuale Verteilung.

Tabelle 27: Verteilung der Gesamtbewegungsaktivität auf die Pferde der Versuchsgruppe 3

		Elysée	Ginella	Emillie	Smarty	Eiche	Ginseng	Summe
Einzelhaltung	Aktivität	85	112	102	112	112	132	655
	Prozent	13%	17%	16%	17%	17%	20%	100%
GH ohne Bewegung	Aktivität	116	119	140	139	142	161	818
	Prozent	14%	15%	17%	17%	17%	20%	100%
unbegr. Koppel	Aktivität	101	110	115	138	128	146	738
	Prozent	14%	15%	16%	19%	17%	20%	100%
Weide	Aktivität	146	116	152	183	159	152	909
	Prozent	16%	13%	17%	20%	18%	17%	100%
Führanlage korrigiert	Aktivität	127	109	138	134	157	135	801
	Prozent	16%	14%	17%	17%	20%	17%	100%

Aktivität = Durchschnittliche Bewegungsaktivität eines Pferdes in Min. / Tag (24 Std.)

Prozent = Prozentualer Anteil je Pferd an der Gesamtbewegungsaktivität der Pferdegruppe innerhalb einer Versuchsvariante

In der Pferdegruppe 3 zeigten Elysée und Ginella die geringste Aktivität und die Pferde Smarty, Eiche und Ginseng waren die aktivsten Tiere dieser Gruppe.

Tabelle 28: Verteilung der Gesamtbewegungsaktivität auf die Pferde der Versuchsgruppe 4

		Djlo	Salut	Flash	Daydream	Erbse	Ebba *	Summe
Einzelhaltung	Aktivität	78	83	81	106	122	178	648
	Prozent	12%	13%	12%	16%	19%	28%	100%
GH ohne Bewegung	Aktivität	96	99	138	133	101	219	787
	Prozent	12%	13%	18%	17%	13%	28%	100%
unbegr. Koppel	Aktivität	130	135	114	160	171	221	931
	Prozent	14%	14%	12%	17%	18%	24%	100%
Weide	Aktivität	134	132	132	168	172	344	1082
	Prozent	12%	12%	12%	16%	16%	32%	100%
Führanlage korrigiert	Aktivität	111	102	109	138	115	322	897
	Prozent	12%	11%	12%	15%	13%	36%	100%

* Bei der Stute „Ebba“ konnte das Pedometer nur am Vorderbein befestigt werden

Aktivität = Durchschnittliche Bewegungsaktivität eines Pferdes in Min. / Tag (24 Std.)

Prozent = Prozentualer Anteil je Pferd an der Gesamtbewegungsaktivität der Pferdegruppe innerhalb einer Versuchsvariante

Das Pferd Ebba aus Versuchsgruppe 4 zeigte von den zwölf betrachteten Pferden dieser beiden Gruppen die höchste Bewegungsaktivität; bei Ebba ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei ihr das Pedometer stets am Vorderbein befestigt war, da sie mit den Hinterbeinen austrat und die Verletzungsgefahr beim Anbringen des Pedometers am Hinterbein zu groß gewesen wäre. Die ermittelten Werte der Bewegungsaktivität lagen bei dieser Stute stets zwischen 75 und 160 % über den Durchschnittswerten der übrigen Pferde. Die scheinbar große Bewegungsaktivität war bei dieser Stute sicherlich durch die Pedometerbefestigung am Vorderbein bedingt.

Bei der Ermittlung der Durchschnittswerte von Gruppe 4 sind daher die Werte von Ebba nicht mit einbezogen.

Daydream und Erbse waren somit in Versuchsgruppe 4 die beiden Tiere mit der größeren Bewegungsaktivität, wohingegen bei Djlo, Salut und Flash die Bewegungsaktivität zu nahezu gleichen Teilen gering ausfiel.

Zeitverteilung innerhalb der Versuchsvarianten

Die Tabellen 29 und 30 enthalten eine Übersicht über die gemittelte Bewegungsaktivität und die zeitliche Verteilung von Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen pro Tag innerhalb der fünf Versuchsvarianten (s. Tab. 8).

In der Variante der Einzel-Auslaufhaltung zeigten alle Pferde mit Ausnahme von Ginella (Gruppe 3) und Erbse (Gruppe 4) die geringste Bewegungsaktivität, wohingegen in der Variante mit zweistündigem Weideaufenthalt bei einem Großteil der Pferde die größte Aktivität zu verzeichnen war. Die Ausnahmen bildeten hier Ginella, Ginseng (Gruppe 3), Flash und Salut (Gruppe 4).

Tabelle 29: Übersicht über die Bewegungsaktivität und die mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachte Zeit der Versuchsgruppe 3

Pferd	Messgröße	Einzelhaltung	GH ohne Bewegung	unbegr. Koppel	Weide	Führanlage korrigiert
Smarty	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	13458	16672	16599	21956	15413
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	112	139	138	183	134
	Liegezeit (Min. / Tag)	149	230	205	261	200
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1179	1071	1097	996	1106
Emillie	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	12205	16771	13808	18248	15904
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	102	140	115	152	138
	Liegezeit (Min. / Tag)	150	282	223	232	272
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1188	1019	1101	1056	1030
Ginella	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	13444	14307	13216	13968	12539
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	112	119	110	116	109
	Liegezeit (Min. / Tag)	114	204	179	227	239
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1214	1117	1150	1097	1092
Eiche	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	13491	17098	15338	19138	18108
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	112	142	128	159	157
	Liegezeit (Min. / Tag)	130	235	235	309	223
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1198	1062	1077	971	1059
Ginseng	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	15839	19330	17496	18225	15571
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	132	161	146	152	135
	Liegezeit (Min. / Tag)	163	254	210	273	295
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1145	1025	1084	1015	1009
Elysee	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	10160	13957	12100	17519	14553
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	85	116	101	146	127
	Liegezeit (Min. / Tag)	180	328	211	346	315
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1176	996	1128	948	998
Gruppen-durchschnitt	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	13099	16356	14759	18175	15348
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	109	136	123	151	133
	Liegezeit (Min. / Tag)	148	255	211	275	257
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1183	1048	1106	1014	1049

Bei einigen Pferden (Smarty, Emillie, Eiche und Elysée) kam es mit zunehmender Bewegungsaktivität zu einer Steigerung der Liegezeit und somit zu einer verkürzten Steh- / Fresszeit (s. auch Durchschnittswert beider Gruppen in Abb. 49 und 50).

In der Versuchsgruppe 4 hatten 50 % der Tiere (Flash, Ebba und Salut) in der Einzel-Auslaufhaltung die längsten Liegezeiten, wohingegen die anderen 50 % (Erbse, Daydream und Dijo) während der Stallhaltung in der Gruppe ohne zusätzlichen Auslauf die höchsten Liegezeiten zu verzeichnen hatten.

Tabelle 30: Übersicht über die Bewegungsaktivität und die mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachte Zeit der Versuchsgruppe 4

Pferd	Messgröße	Einzelhaltung	GH ohne Bewegung	unbegr. Koppel	Weide	Führanlage korrigiert
Erbse	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	14670	12176	20489	20646	13217
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	122	101	171	172	115
	Liegezeit (Min. / Tag)	206	209	191	150	192
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1112	1130	1078	1118	1134
Daydream	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	12687	15915	19235	20204	15904
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	106	133	160	168	138
	Liegezeit (Min. / Tag)	232	243	226	205	221
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1102	1064	1054	1066	1080
Djlo	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	9349	11558	15583	16088	12765
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	78	96	130	134	111
	Liegezeit (Min. / Tag)	142	198	157	140	143
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1220	1146	1153	1165	1186
Flash	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	9711	16536	13733	15877	12582
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	81	138	114	132	109
	Liegezeit (Min. / Tag)	235	232	198	199	178
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1124	1071	1128	1109	1152
Ebba *	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	21419	26327	26486	41227	36990
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	178	219	221	344	322
	Liegezeit (Min. / Tag)	188	144	141	92	147
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1073	1077	1079	1004	971
Salut	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	9963	11897	16160	15801	11716
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	83	99	135	132	102
	Liegezeit (Min. / Tag)	236	224	228	218	174
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1121	1117	1078	1090	1165
Gruppen-durchschnitt (ohne Ebba *)	Mittelwert tägl. Bew.aktivität	11276	13617	17040	17723	13237
	Bew.aktivität (Min. / Tag)	94	113	142	148	115
	Liegezeit (Min. / Tag)	210	221	200	182	182
	Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1136	1105	1098	1110	1143

* Bei der Stute „Ebba“ konnte das Pedometer nur am Vorderbein befestigt werden

Tabelle 31 zeigt die unkorrigierten Werte für die Bewegungsaktivität und Zeiteverteilung bei der Variante mit einstündiger Bewegung in einer Freilauf-Führanlage.

Tabelle 31: Unkorrigierte Werte der Bewegungsaktivität und der mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachten Zeit der Versuchsgruppen 3 und 4 während der Versuchsvariante „Führanlage“

	Smarty	Emillie	Ginella	Eiche	Ginseng	Elysée
Mittelwert tägl. Bew.aktivität	22287	22784	18894	24704	22517	21550
Bew.aktivität (Min. / Tag)	186	190	157	206	188	180
Liegezeit (Min. / Tag)	200	272	239	223	295	315
Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1054	979	1044	1011	957	945
	Erbse	Daydream	Djlo	Flash	Ebba *	Salut
Mittelwert tägl. Bew.aktivität	20205	22599	19408	18874	44188	18459
Bew.aktivität (Min. / Tag)	168	188	162	157	368	154
Liegezeit (Min. / Tag)	192	221	143	171	174	174
Steh- / Fresszeit (Min. / Tag)	1080	1030	1135	1112	898	1113

* Bei der Stute „Ebba“ konnte das Pedometer nur am Vorderbein befestigt werden

Die durchschnittliche Anzahl der Bewegungsimpulse pro Tag (ohne Ebba) lag während dieser Variante bei 21.116, was einer Bewegungsaktivität von 176 Minuten pro Tag entsprach; gelegen haben die Pferde durchschnittlich 218 Minuten pro Tag und mit Stehen bzw. Fressen verbrachten sie 1.042 Minuten des Tages.

Die Abbildungen 49 und 50 zeigen die prozentuale, durchschnittliche Verteilung der Aktivitäts-, Liege- und Steh- / Fresszeiten in den Versuchsgruppen 3 und 4 bezüglich der erhobenen Pedometerdaten, bezogen auf die 24 Stunden eines Tages.

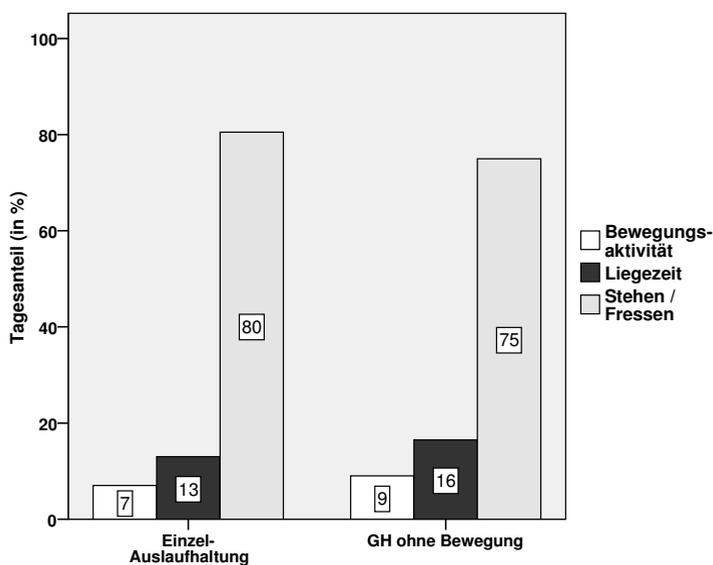


Abbildung 49: Prozentuale Zeitverteilung der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) während der Varianten ohne zusätzlicher Bewegung

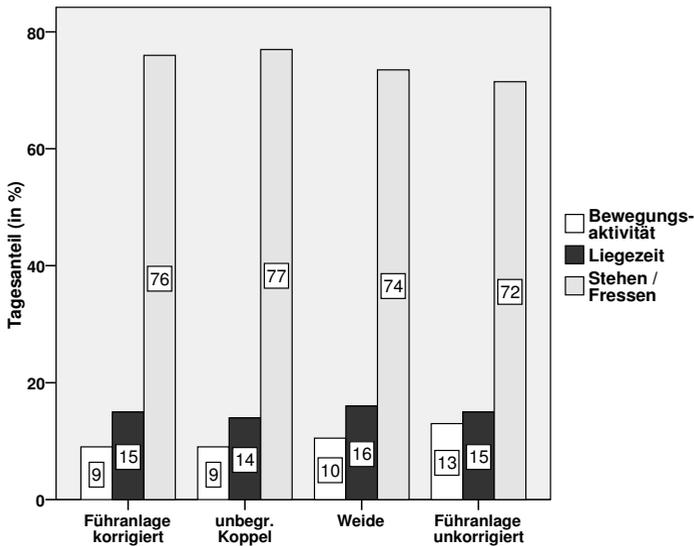


Abbildung 50: Prozentuale Zeitverteilung der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) während der Varianten mit zusätzlicher Bewegung

Aufgrund der gemeinsamen Auswertung der prozentualen Zeitverteilung für die Gruppen 3 und 4 erschienen die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten geringer. Zudem werden die Unterschiede der Bewegungszeit bei dieser Darstellung nicht so deutlich, da sie den geringsten Zeitanteil der betrachteten 24 Stunden ausmachte. Die meiste Zeit des Tages (72 – 80 %) verbrachten die Pferde hingegen im Stehen. Dabei fand sich der größte Stehanteil in der Einzel-Auslaufhaltung wieder. Die Liegezeit war in dieser Variante mit anteilig 12 % und die Bewegungszeit mit 7 % am geringsten. Die Bewegungsdauer lag sowohl während der Gruppenhaltung ohne zusätzlicher Bewegung als auch mit Bewegung in der Führanlage (nach Korrektur der Daten) und der Zusatzbewegung auf unbegrünter Koppel bei 9 %. In den übrigen Varianten (Weidegang und Führanlage, unkorrigiert) war der Bewegungsanteil mit 10 bzw. 13 % am größten.

Der Anteil der Stehzeit war in allen Varianten der Gruppenhaltung geringer (72 – 77 %) als während der Einzelhaltung (80 %) und die Liegezeit war in allen Varianten der Gruppenhaltung gegenüber der Einzelhaltung angestiegen (14 – 16 %).

Bewegungsaktivität in Abhängigkeit der Versuchsvarianten

In den Abbildungen 51 und 52 ist die durchschnittliche Bewegungsaktivität in den jeweiligen Varianten für die Versuchsgruppen 3 und 4 grafisch dargestellt.

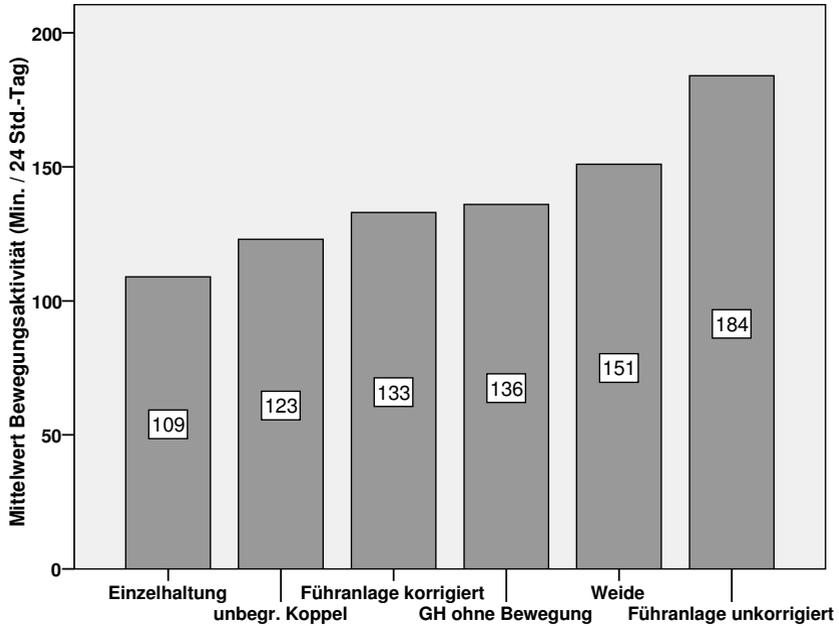


Abbildung 51: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppe 3 nach Varianten

Dabei war die Variante der Einzel-Auslaufhaltung bei beiden Versuchsgruppen durch die geringste Anzahl der Bewegungsimpulse gekennzeichnet.

Bei Versuchsgruppe 3 erfolgte eine Steigerung der Aktivität in der Variante mit unbegrünter Koppel (Var. III), gefolgt von der Variante mit (korrigierter) Bewegung in der Freilaufanlage (Var. IV) und der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. II) (Abb. 51).

Hingegen kam es bei Gruppe 4 zu einer Steigerung der Bewegungsaktivität in der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Var. II) im Vergleich zur Einzelhaltung (Var. I), gefolgt von der Variante der Freilaufanlage (Var. V) und der unbegrünten Koppel (Var. III) (Abb. 52).

Beiden Gruppen aber wieder gemeinsam war die größte Bewegungsaktivität in der Variante mit zweistündigem Weidegang (Var. IV), welche nur übertroffen wurde durch die Variante mit einstündigem Training in der Freilaufanlage vor der Korrektur der gewonnenen Daten.

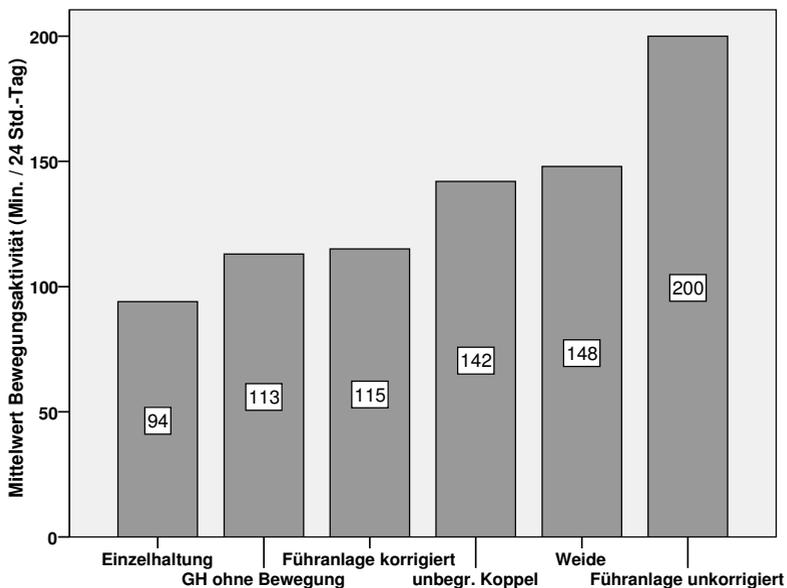


Abbildung 52: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppe 4 (ohne Ebba) nach Varianten

Aus den Tabellen 32 und 33 ist ersichtlich, zwischen welchen Varianten jeweils signifikante Beziehungen (*) bestehen.

Tabelle 32: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 3

Abhängige Variable: Bewegungsaktivität

Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
EH ^a	GH	-26,62 (*)	4,85	0,000	-42,89	-10,35
	unb. Kopp.	-13,53	5,11	0,225	-30,66	3,61
	Weide	-41,78 (*)	5,52	0,000	-60,27	-23,28
	FA, korr.	-23,78 (*)	5,11	0,001	-40,92	-6,64
	FA, unkorr.	-74,67 (*)	5,11	0,000	-91,81	-57,54
GH ^b	EH	26,62 (*)	4,85	0,000	10,35	42,89
	unb. Kopp.	13,09	4,83	0,199	-3,08	29,26
	Weide	-15,16	5,25	0,143	-32,77	2,44
	FA, korr.	2,84	4,83	0,997	-13,33	19,01
	FA, unkorr.	-48,06 (*)	4,83	0,000	-64,23	-31,88
unb. Kopp. ^c	EH	13,53	5,11	0,225	-3,61	30,66
	GH	-13,09	4,83	0,199	-29,26	3,08
	Weide	-28,25 (*)	5,49	0,000	-46,66	-9,84
	FA, korr.	-10,25	5,09	0,541	-27,30	6,79
	FA, unkorr.	-61,15 (*)	5,09	0,000	-78,19	-44,10
Weide ^d	EH	41,78 (*)	5,52	0,000	23,28	60,27
	GH	15,16	5,25	0,143	-2,44	32,77
	unb. Kopp.	28,25 (*)	5,49	0,000	9,84	46,66
	FA, korr.	18,00	5,49	0,060	-0,41	36,41
	FA, unkorr.	-32,89 (*)	5,49	0,000	-51,31	-14,48
FA, korr. ^e	EH	23,78 (*)	5,11	0,001	6,64	40,92
	GH	-2,84	4,83	0,997	-19,01	13,33
	unb. Kopp.	10,25	5,09	0,541	-6,79	27,30
	Weide	-18,00	5,49	0,060	-36,41	0,41
	FA, unkorr.	-50,89 (*)	5,09	0,000	-67,94	-33,85
FA, unkorr. ^f	EH	74,67 (*)	5,11	0,000	57,54	91,81
	GH	48,06 (*)	4,83	0,000	31,88	64,23
	unb. Kopp.	61,15 (*)	5,09	0,000	44,10	78,19
	Weide	32,89 (*)	5,49	0,000	14,48	51,31
	FA, korr.	50,89 (*)	5,09	0,000	33,85	67,94

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

a Einzelhaltung ohne zusätzliche Bewegung

b Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung

c Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel

d Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer Weide

e Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage (Bewegungszeit korrigiert)

f Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage (Bewegungszeit unkorrigiert)

Tabelle 33: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 4

Abhängige Variable: Bewegungsaktivität
Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
EH ^a	GH	-16,66 (*)	4,79	0,037	-32,73	-0,58
	unb. Kopp.	-48,23 (*)	4,95	0,000	-64,84	-31,61
	Weide	-52,10 (*)	4,66	0,000	-67,75	-36,45
	FA, korr.	-22,72 (*)	5,02	0,001	-39,59	-5,85
	FA, unkorr.	-73,43 (*)	5,02	0,000	-90,30	-56,56
GH ^b	EH	16,66 (*)	4,79	0,037	0,58	32,73
	unb. Kopp.	-31,57 (*)	4,82	0,000	-47,77	-15,37
	Weide	-35,44 (*)	4,53	0,000	-50,65	-20,23
	FA, korr.	-6,06	4,90	0,909	-22,52	10,39
	FA, unkorr.	-56,78 (*)	4,90	0,000	-73,23	-40,32
unb. Kopp. ^c	EH	48,23 (*)	4,95	0,000	31,61	64,84
	GH	31,57 (*)	4,82	0,000	15,37	47,77
	Weide	-3,87	4,70	0,984	-19,64	11,90
	FA, korr.	25,51 (*)	5,06	0,000	8,52	42,49
	FA, unkorr.	-25,21 (*)	5,06	0,000	-42,19	-8,22
Weide ^d	EH	52,10 (*)	4,66	0,000	36,45	67,75
	GH	35,44 (*)	4,53	0,000	20,23	50,65
	unb. Kopp.	3,87	4,70	0,984	-11,90	19,64
	FA, korr.	29,38 (*)	4,78	0,000	13,34	45,42
	FA, unkorr.	-21,33 (*)	4,78	0,002	-37,37	-5,30
FA, korr. ^e	EH	22,72 (*)	5,02	0,001	5,85	39,59
	GH	6,06	4,90	0,909	-10,39	22,52
	unb. Kopp.	-25,51 (*)	5,06	0,000	-42,49	-8,52
	Weide	-29,38 (*)	4,78	0,000	-45,42	-13,34
	FA, unkorr.	-50,71 (*)	5,13	0,000	-67,94	-33,48
FA, unkorr. ^f	EH	73,43 (*)	5,02	0,000	56,56	90,30
	GH	56,78 (*)	4,90	0,000	40,32	73,23
	unb. Kopp.	25,21 (*)	5,06	0,000	8,22	42,19
	Weide	21,33 (*)	4,78	0,002	5,30	37,37
	FA, korr.	50,71 (*)	5,13	0,000	33,48	67,94

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

a Einzelhaltung ohne zusätzliche Bewegung

b Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung

c Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel

d Gruppenhaltung mit Bewegung auf einer Weide

e Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage (Bewegungszeit korrigiert)

f Gruppenhaltung mit Bewegung in einer Führanlage (Bewegungszeit unkorrigiert)

In der Abbildung 53 ist die durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppen 3 und 4 gemeinsam dargestellt.

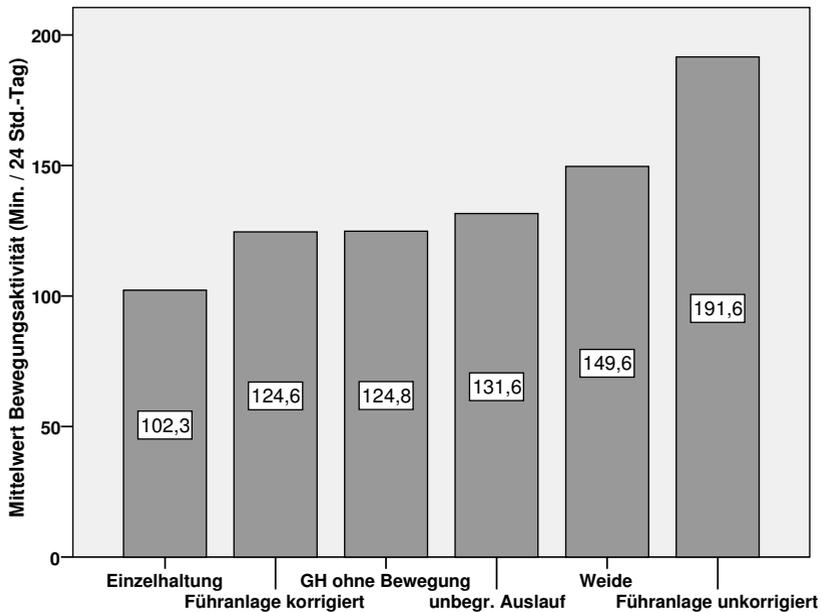


Abbildung 53: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) nach Varianten

Tierindividuelle Betrachtung der Bewegungsaktivität hinsichtlich der einzelnen Varianten

Wird jedes Pferd für sich betrachtet, werden tierindividuelle Unterschiede deutlich hinsichtlich der Bewegungsaktivität in den einzelnen Varianten (Abb. 54 und 55). Hierbei spielen aber auch Faktoren, wie die Rangordnung innerhalb der Pferdegruppen, der Bewegungsdrang und das Wetter eine große Rolle.

Bei der Stute Ginella waren zwischen den fünf Varianten kaum Unterschiede hinsichtlich ihrer Bewegungsaktivität feststellbar, die stets zwischen 109 und 119 Minuten pro Tag lag. Auch bei Smarty befanden sich die Werte der Varianten Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung, Führenlage und unbegrünte Koppel (zwischen 134 und 139 Minuten pro Tag) sehr dicht beieinander, allerdings lag der Wert der Einzel-Auslaufhaltung deutlich darunter und der Wert der Weide-Variante darüber.

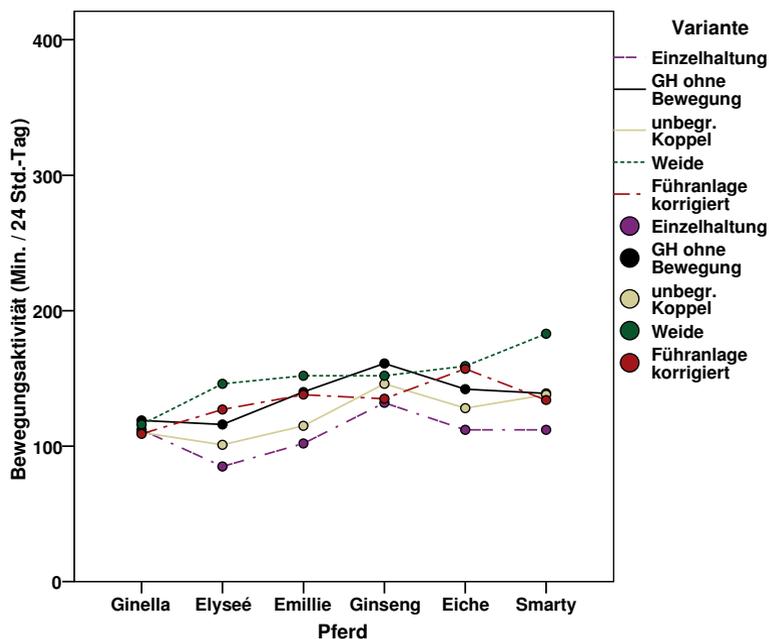
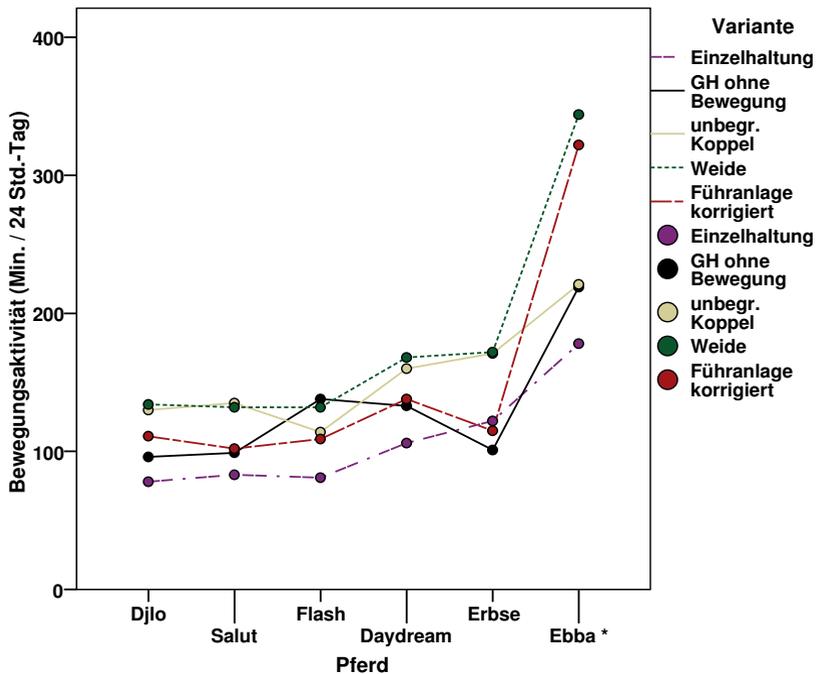


Abbildung 54: Bewegungsaktivität (in Min. / 24 Std.-Tag) unterteilt nach Pferden der Versuchsgruppe 3

Die Abstufung der Bewegungsaktivität entsprach bei Elysée, Eiche, Daydream und Djlo der Reihenfolge des jeweiligen Gruppenschnitts.

Emillie und Ebba waren ebenfalls während der Weide-Variante am aktivsten und hatten während der Einzel-Auslaufhaltung die geringste Bewegungsaktivität. Die übrigen drei Varianten zeigten bei ihnen jedoch Abweichungen vom Gruppenschnitt. Die scheinbar höhere Bewegungsaktivität bei der Stute Ebba ist durch die Anbringung des Pedometers am Vorderbein bedingt und nicht mit den übrigen Pferden vergleichbar.

Ginseng, Salut, Flash und Erbse folgten in ihrer Tendenz zwar dem jeweiligen Durchschnitt ihrer Gruppe, zeigten aber unterschiedliche Abstufungen in der Reihenfolge ihrer Aktivität.



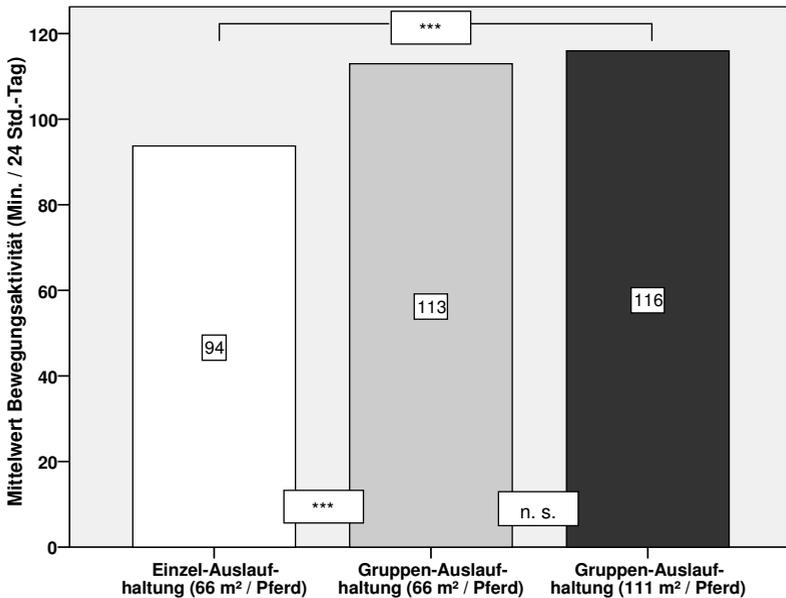
* Bei der Stute „Ebba“ konnte das Pedometer nur am Vorderbein befestigt werden

Abbildung 55: Bewegungsaktivität (in Min. / 24 Std.-Tag) unterteilt nach Pferden der Versuchsgruppe 4

4.3.3 Gemessene Bewegungsaktivität in einem weiterführenden Versuch

Bei der vierten Versuchsgruppe fand über 16 Tage hinweg ein weiterführender Versuch statt, in dem der an den Stall angrenzende Paddock der Gruppenauslaufhaltung von 270 m² auf 540 m² verdoppelt wurde. Somit betrug die Bewegungsfläche, die pro Pferd frei zugänglich zur Verfügung stand, insgesamt 111 m² (inkl. Ruhebereich und überdachtem Vorplatz). Die Pferde hatten ansonsten keine weitere Bewegungsmöglichkeit. Verglichen wurde diese Variante mit der Variante II (Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot) und der Variante I (Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot), in denen pro Pferd jeweils 66 m² als frei zugängliche Fläche zur Verfügung standen.

Die mit den Pedometern ermittelte Dauer der Bewegung betrug in der Variante mit verdoppelter Auslaufgröße durchschnittlich 116 Minuten pro Tag. Diese Zeit lag nur drei Minuten über der Bewegungszeit dieser Versuchsgruppe in der Variante der Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliche Bewegung mit 66 m² freier Bewegungsfläche (Abb. 56).



n. s.: $p > 0,05$; *: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$

Abbildung 56: Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 4 (ohne Ebba) bei verschiedenen Platzangeboten und ohne zusätzliche Bewegung

Der Unterschied dieser beiden Varianten in der Gruppe 4 war nicht signifikant ($p = 0,824$). Hingegen handelt es sich um einen höchstsignifikanten Unterschied (Tab. 34) der beiden Varianten der Gruppen-Auslaufhaltung im jeweiligen Vergleich zur Variante der Einzel-Auslaufhaltung ($p \leq 0,001$), in der sich die Tiere der Gruppe 4 durchschnittlich 94 Minuten pro Tag bewegt haben.

Tabelle 34: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität im weiterführenden Versuch

Abhängige Variable: Bewegungsaktivität
Scheffé-Prozedur

(I) Variante	(J) Variante	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	p	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
EH (66 m ²)	GH (66 m ²)	-16,66 (*)	4,45	0,001	-27,69	-5,62
	GH (111 m ²)	-19,31 (*)	4,38	0,000	-30,16	-8,45
GH (66 m ²)	EH (66 m ²)	16,66 (*)	4,45	0,001	5,62	27,69
	GH (111 m ²)	-2,65	4,26	0,824	-13,21	7,90
GH (111 m ²)	EH (66 m ²)	19,31 (*)	4,38	0,000	8,45	30,16
	GH (66 m ²)	2,65	4,26	0,824	-7,90	13,21

* Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0,05 signifikant.

4.4 Zusätzliche Beobachtungen

4.4.1 Einfluss der Rangordnung auf das Verhalten der Pferde während der Versuche

Hinsichtlich der Rangordnung ließ sich feststellen, dass diese während der 3,5-monatigen Zeit, die die Pferde jeweils im Gruppenhaltungssystem verbrachten, stabil war.

Pferde, die in der Einzelhaltung eine geringere Stressbelastung zu verzeichnen hatten als in der Gruppenhaltung, gehörten überwiegend den rangniederen Pferden an, aber auch von den Ranghöchsten fanden sich zwei Stuten in dieser Untergruppe wieder.

Ebenso verhielt es sich mit der Untergruppe, die in der Variante mit unbegrünter Koppel eine höhere Stressbelastung zeigte als während der Variante der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot. Auch hier fanden sich vor allem rangniedere Pferde, aber auch einige der ranghohen.

Beim Vergleich der Stressbelastung während der Weide- und Führenlagen-Variante verteilten sich die Pferde der verschiedenen Rangpositionen gleichmäßig auf die jeweiligen Untergruppen.

In Bezug auf die Bewegungsaktivität konnte kein direkter Zusammenhang mit der Rangposition der Pferde beobachtet werden, allerdings zeigte sich hinsichtlich der Liegedauer, dass diese bei einem Großteil der Pferde länger war, wenn sie einer niederen Rangposition angehörten.

4.4.2 Visuelle Zusatzbeobachtungen während der einzelnen Varianten

Durch die Verwendung der beschriebenen Verfahren zur Erfassung der Bewegungsaktivität und der Stressbelastung der Pferde können viele Informationen über das Verhalten der Tiere gewonnen werden. Durch den täglichen Umgang mit den Pferden und bei der Auswertung der Videoaufnahmen waren aber weitere Verhaltensweisen aufgefallen, die offensichtlich mit den verschiedenen Haltungsformen und Bewegungsangeboten in einem Zusammenhang stehen. Daher sollen diese direkten Beobachtungen getrennt nach den einzelnen Versuchsvarianten im Folgenden beschrieben werden.

Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Variante I)

Während der Einzelhaltung standen jedem Pferd eine Einzelbox, ein überdachter Vorplatz und ein relativ großer Sandauslauf (insg. 66 m² / Pferd) zur freien Verfügung. Sie waren allerdings während der gesamten Zeit dieser Versuchsphase von den übrigen Pferden getrennt, da sie keine zusätzliche Bewegung angeboten bekamen. Tagsüber konnte beobachtet werden, dass die Pferde den Sandauslauf und den überdachten Vorplatz oft nutzten, um dort zu Dösen oder sich dort hinzulegen. Sie hielten sich dabei vor allem in der Nähe der Boxen auf und gingen nur zur anderen Seite des Auslaufs, um dort die Wassertränke aufzusuchen. Bei den Pferden war sehr häufig zu beobachten, dass sie trotz des befestigten Zauns (Rohrkonstruktion) versucht haben, Kontakt zum benachbarten Pferd aufzunehmen. Über den Zaun hinweg wurde Sozialverhalten, wie z. B. Mähne kraulen, ausgeführt. Für die Stuten in der vordersten Box war dies nicht möglich, da sie durch einen Litzenzaun vom Nachbarstall getrennt waren, der zeitweise unter Strom gesetzt wurde. Bei der Videoauswertung konnte bei einer dieser Stuten beobachtet werden, dass sie versuchte durch die Gitterstäbe der Boxenabtrennung hindurch und über die Trennwand hinweg mit der Stute aus der Nachbarbox Kontakt aufzunehmen.

Bei den Pferden der ersten Versuchsgruppe kam es bei der Durchführung dieser Variante zu Verhaltensauffälligkeiten. Einige der Pferde zeigten „Zungenspielen“, liefen vermehrt umher und buddelten im Sand der Ausläufe tiefe Löcher.

Insgesamt waren die Pferde den ersten Tag nach dieser Versuchsphase sehr

„stürmisch“ und drängten nach draußen auf die Koppel, auf der sie vermehrt galopierten und miteinander spielten.

Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (Variante II)

Im Vergleich dazu wirkten die Pferde während der Variante der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot ausgeglichener. Wird das durchschnittliche Platzangebot berechnet, das jedem einzelnen Pferd zur Verfügung stand so betrug es nur 3,5 m² mehr (zusätzliche Fläche im Fressstand) als in der Einzelhaltung, jedoch ist die frei zur Verfügung stehende Aktionsfläche sechs Mal größer als in der Einzelhaltung. Aber auch bei dieser Variante schienen die Tiere am ersten Tag nach Beendigung der Versuchsphase zunächst einen größeren Bewegungsdrang zu verspüren, als in den Varianten mit zusätzlichen Bewegungsangeboten. Nach dem Einzug neuer Pferde in den Stall schienen sich die Pferde der Gruppen-Auslaufhaltung schneller an den Umgang mit Menschen zu gewöhnen als in der Einzelhaltung.

Unbegrünte Koppel (Variante III)

Während der zweistündigen Bewegung auf einer unbegrünten Koppel, wurde nur ein Teil der Fläche von den Pferden genutzt. Nur selten hielten sich die Tiere im stallabgewandten Bereich der Lauffläche auf. Bei allen Stuten konnte auf der vegetationslosen Fläche ein „Leerlaufgrasen“ beobachtet werden, wobei sich die Pferde mit gesenktem Kopf langsam vorwärts bewegten, ähnlich wie dem Grasensuchen auf einer Weide. Teilweise wühlten sie dabei mit der Schnauze im Boden und fanden noch Grasreste, die sie dann fraßen. Die meiste Zeit verbrachten die Versuchsgruppen jedoch im Stehen und es ließ sich oft beobachten, dass sie sich in der Nähe des Ausgangstores aufhielten und darauf warteten, wieder in den Stall gelassen zu werden.

Weide (Variante IV)

Auf der Weide zeigten alle Pferde eine langsame, gleichmäßige Fortbewegung und verweilten dabei oft nur wenige Sekunden an derselben Stelle. Während der zwei Stunden, die sie täglich auf der Weide verbrachten, nutzten sie meist die gesamte Weidefläche gleichmäßig. Sie hielten sich meist dicht beieinander auf und verbrachten die meiste Zeit mit Grasensuchen.

Freilauf-Führanlage (Variante V)

In der Variante der Gruppenhaltung mit Führanlage wurden die Pferde eine Stunde lang bewegt. Während der Eingewöhnungsphase lernten die Pferde schnell, wie sie sich in der Führanlage zu verhalten hatten und dass auf ein Anhalten der Trenngitter ein Richtungswechsel folgte. Sie ließen sich stets bereitwillig in die Anlage führen und machten während der stündlichen Bewegung einen relativ gelösten Eindruck. Bei hohen Außentemperaturen reagierten einige Pferde mit starkem Schwitzen und nach Rückkehr in den Stall suchten sie sogleich die Wassertränke auf. Während dieser Versuchsphase nahm die Bemuskelung der Pferde sichtbar zu.

Allgemein lässt sich durch die Beobachtungen des Pferdeverhaltens sagen, dass die Pferde sehr bequem waren und selbst die verhältnismäßig großen Sandausläufe nur teilweise zur Bewegung nutzten. Sie bewegten sich dort hauptsächlich zum Zweck der Futter- und Wasseraufnahme und gelegentlich zum Spielen. Ansonsten ließen sich die Pferde dort oft im Ruhen (Dösen, Bauch- und Seitenlage) beobachten. In der Regel nutzten sie die gesamte zur Verfügung stehende Fläche nicht gleichmäßig aus. Einige Bereiche der Haltungssysteme wurden häufiger frequentiert und andere weniger. Freiwillig bewegten sich die Tiere eher selten und, um vom Ruhebereich zu den Fressständen zu gelangen, wählten sie stets den kürzesten Weg. In dem weiterführenden Versuch mit einem vergrößerten Auslauf verhielt es sich ebenso.

Bei allen Varianten hielten sich die Pferde auch häufig auf dem überdachten Vorplatz vor dem Liegeraum auf, insbesondere bei schlechterem Wetter oder um Schutz vor Insekten zu suchen. Gegenseitige Sozialkontakte ließen sich bei allen Varianten der Gruppenhaltung häufig und zu allen Tageszeiten beobachten.

Während der Aufenthaltszeit im Versuchsstall befanden sich alle Stuten durchgehend in einem guten Gesundheits- und Ernährungszustand.

4.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Bezüglich der getesteten Versuchsvarianten und der längerfristig bestehenden Stressbelastung (SD2-Wert) reagierte ein Großteil der Pferde mit einer Zunahme der Stressbelastung in der folgenden Reihenfolge:

Gruppenhaltung (GH) mit Weidebewegung (geringste Stressbelastung) < GH und Bewegung in einer Führanlage < GH und unbegrünte Koppel < GH ohne zusätzliches Bewegungsangebot < Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (größte Stressbelastung).

Dabei zeigte sich beim Vergleich der Varianten Einzelhaltung und Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung bei 70 % der Pferde bezüglich der Herzfrequenzvariabilität (HF- und SD2-Wert) und bei 58 % bezüglich der Cortisolmetaboliten folgende Unterscheidung:

Stressbelastung in der Gruppenhaltung ohne Bewegungsangebot geringer als Stressbelastung in der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot.

Auch bei den Varianten der Gruppenhaltung lassen sich hinsichtlich der Herzfrequenzvariabilität und der Konzentration der Cortisolmetaboliten zwei Untergruppen mit der folgenden Rangierung bezüglich der zunehmenden Stressbelastung bilden:

Untergruppe I: GH mit Führanlage oder Weide < GH mit unbegrünter Koppel < GH ohne Zusatzbewegung (größte Stressbelastung) und

Untergruppe II: GH mit Führanlage oder Weide < GH ohne Zusatzbewegung < GH mit unbegrünter Koppel (größte Stressbelastung).

Hinsichtlich der Messparameter HF- und SD2-Wert (HRV) und der Cortisolmetabolitenkonzentration ließen sich sechs Pferde eindeutig der Untergruppe I und zwei Pferde eindeutig der Untergruppe II zuordnen. Anhand von zwei Parametern ließen sich fünf Pferde der Untergruppe I und elf Pferde der Untergruppe II zuordnen.

Die geringste Stressbelastung ergab sich bei den untersuchten Parametern während der Varianten mit zusätzlicher Bewegung in einer Freilauf-Führanlage und auf einer Weide. Dabei galt für die meisten Pferde (je nach Messparameter 54 – 79 %) die folgende Stressabstufung:

Gruppenhaltung mit Weide geringere Stressbelastung als

Gruppenhaltung mit Führanlage.

Die Analyse der Konzentration der fäkalen Cortisolmetaboliten zeigte, dass die Stressbelastung der Pferde bei ganztägiger Weidehaltung oder in einem großen Laufstall in dem kein tägliches Handling der Pferde stattgefunden hat (Herkunftsvoraussetzungen der Pferdeprobanden) noch geringer war als im Versuchsstall mit einstündiger Bewegung in einer Führanlage oder zweistündiger Bewegung auf einer Weide (vergl. Abb. 40).

Hinsichtlich der Bewegungsaktivität während des Stallaufenthaltes (Videoanalyse) zeigten die Pferde in der Einzel-Auslaufhaltung die geringste Bewegung. Die zusätzliche Bewegung in einer Führanlage und auf einer Weide schienen zu einer leichten Abnahme der Bewegungsaktivität während der übrigen Stallzeit geführt zu haben.

Die mit ALT-Pedometern ermittelte Bewegungsaktivität zeigte für die Versuchsgruppen 3 und 4 eine durchschnittliche Zunahme der Bewegungsaktivität in der folgenden Reihenfolge:

Einzel-Auslaufhaltung ohne Zusatzbewegung (geringste Aktivität) < Gruppenhaltung (GH) ohne Zusatzbewegung < GH mit korrigierter Erfassung der Bewegung in der Führanlage < GH und unbegrünte Koppel < GH und Weide < GH und Führanlage, unkorrigiert (höchste Bewegungsaktivität).

Eine Vergrößerung des an den Stall angrenzenden Auslaufs hatte in der Gruppenhaltung keinen bedeutenden Einfluss auf die tägliche Bewegungsaktivität der Pferde.

5 Diskussion

5.1 Diskussion des Versuchsdesigns

Haltungssystem

In der vorliegenden Untersuchung sollte der Frage nachgegangen werden, ob eine Auslaufhaltung für Pferde genügend Anreize zur Bewegung bietet. Zudem wurden verschiedene Bewegungsangebote und ihre Auswirkungen auf die Bewegungsaktivität und Stressbelastung betrachtet.

Aus diesem Grund wurde sich bewusst für ein Gruppenhaltungssystem mit relativ großem Auslauf entschieden, um zu beurteilen, ob durch diese Größe bereits eine ausreichende Anregung zur Bewegung gegeben ist. Einen direkten Vergleich stellte die Einzelhaltung mit angrenzendem Auslauf dar. Pro Pferd gerechnet hatten die Tiere in der Einzel- und Gruppenhaltung jeweils 45 m² Auslauffläche zur Verfügung, jedoch war die nutzbare Aktionsfläche in der Gruppenhaltung sechsmal so groß, da sich sechs Pferde einen gemeinsamen Auslauf teilten.

Die Gruppenauslaufhaltung wird zudem von vielen Autoren (ZEEB u. SCHNITZER 1978; PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998; BACHMANN 1998b; TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ 2004) als eine tiergerechte Haltungsform beurteilt und in Untersuchungen (GERKEN et al. 1997; ARNEMANN 2003) konnte bereits belegt werden, dass diese Haltungsform auch für Sportpferde geeignet ist.

Die 24 Pferde, die für die hiesige Untersuchung zur Verfügung standen, waren alleamt Warmblutstuten Hannoverscher Abstammung. Dabei handelt es sich um eine Zucht, die auf sportliche Pferdetypen ausgerichtet ist. Keines der Pferde hatte Probleme mit den hier praktizierten Haltungsformen, sodass auch diese Arbeit bestätigen kann, dass Gruppenhaltungen und insbesondere Auslaufhaltungsformen für Warmblutpferde gut geeignet sind.

Als Bewegungsangebote standen eine Weide und eine unbegrünte Koppel zur Verfügung; zwei Methoden, die auch sehr häufig in der Praxis zum täglichen Bewegungsausgleich praktiziert werden. Als drittes Bewegungsangebot wurde eine Freilauf-Führanlage gewählt, da sie eine weitestgehend standardisierte Bewegung der Pferde ermöglicht. Allerdings müsste eine weiterführende Untersuchung klären, ob die Leistung der Pferde in der Führanlage mit der Bewegung unter einem Reiter

vergleichbar ist, um die Untersuchungsergebnisse auf Reitpferde übertragen zu können. In der Literatur konnten dazu keine Angaben gefunden werden.

Versuchspferde

Für den Versuch standen insgesamt 24 Stuten einer Rasse und einer Altersklasse zur Verfügung. Statistisch gesehen wäre eine größere Probandenzahl wünschenswert gewesen, was aber zeitlich nicht durchführbar gewesen wäre. Die geringe Anzahl der Pferde wurde jedoch durch die Standardisierung der Versuche und die Anzahl der Messwiederholungen ausgeglichen.

Die Auswahl einer repräsentativen Stichprobe war aus Gründen der Standardisierung nicht möglich. Die Pferde stammen nur von zwei verschiedenen Züchtern und es wurde gezielt auf die Zusammenstellung einer homogenen Pferdeguppe geachtet, um eine mögliche Beeinflussung der Messparameter möglichst gering zu halten. So konnte beispielsweise FRENTZEN (1994) im Rahmen ihrer Untersuchungen feststellen, dass das Alter der Tiere einen großen Einfluss auf ihre Aktivität hat, was in dieser Untersuchung vermieden werden sollte.

Durch weiterführende Untersuchungen müsste aber geprüft werden, ob die Versuchsergebnisse auch auf ältere Pferde, andere Rassen sowie Wallache und Hengste übertragbar wären.

Untersuchungsmethoden

Zur Beurteilung des Wohlbefindens kamen verschiedene Untersuchungsparameter zum Einsatz. Neben der Verhaltensauswertung anhand von Videoaufzeichnungen wurden fäkale Cortisolmetaboliten bestimmt und verschiedene Parameter der Herzfrequenzvariabilität analysiert. Allen drei Methoden ist gemeinsam, dass durch ihre Anwendung selbst keine Störungen des Verhaltens, Schmerzen oder Stressreaktionen bei den Tieren entstehen.

Somit wurde einer Forderung LADEWIGS (1994) entsprochen, dass besonders in der Stressforschung durch entsprechende Kontrollmaßnahmen gesichert sein muss, dass die Gewinnungsmethode selbst nicht einen Stresszustand hervorruft. Daher sind bei der verhaltensphysiologischen Forschung an Nutztieren nicht nur die Einflussfaktoren wichtig, sondern auch die methodisch bedingten Faktoren, weil gerade

die endokrinologischen Untersuchungen meist die Gewinnung von biologischem Material (Blut, Harn, endokrines Gewebe etc.) voraussetzen.

Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass es große tierindividuelle Unterschiede gibt und dass die Beeinflussbarkeit durch exogene Reize eine große Rolle spielt. Daher war es von Vorteil, sich nicht auf einen alleinigen Messparameter zu stützen, sondern eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Ergebnisse in den einzelnen Varianten durchzuführen.

Diese Aussage wird auch in der Literatur vertreten: LADEWIG und BORELL (1988) sehen eine detaillierte Analyse der verschiedenen physiologischen Mechanismen parallel zu den Verhaltensbeobachtungen als absolut notwendig an, um zu erfassen, ob das Wohlbefinden eines Tieres beeinträchtigt ist. Erst dieses Vorgehen ermöglichte eine Betrachtung der genauen Verbindungen zwischen Umgebungsfaktoren, Verhalten, physiologischen Reaktionen wie z. B. von Stressreaktionen und ihren Effekten auf den Stoffwechsel, die Fortpflanzung und das Immunsystem.

Ebenso fordern MANTEUFFEL und PUPPE (1997), dass das artspezifische, individuelle Wohlbefinden durch die Kombination ethologischer und physiologischer Messdaten quantifiziert werden sollte und dass die Messungen unter definierten Umweltbedingungen erfolgen müssten.

Jeder Versuch, Stress zu erfassen, stößt auf eine grundsätzliche Limitierung, da in der Grauzone von sehr geringem Stress die Feststellung und Zuordnung der Veränderungen nur auf individueller Basis möglich ist. Interindividuelle Unterschiede jeglicher Art (z. B. Rasse, Charakter, Erziehung, Umgebungseinflüsse) führen zu einer erheblichen Variabilität der Resultate (RIETMANN 2003).

Bei der vorliegenden Untersuchung kam es ebenfalls zu Schwankungen, die eine Interpretation der Ergebnisse und eine Gewichtung der Parameter erschwert haben. Die individuellen Unterschiede wurden daher bei der Auswertung der Parameter zur Stressbelastung der Pferde (HRV und Cortisol) berücksichtigt, indem zunächst die Stressbelastung jedes einzelnen Tieres in den Versuchsvarianten beurteilt wurde und die Pferde daraufhin bestimmten Ergebnismustern und Untergruppen zugeordnet wurden.

Erfassung des Stressverhaltens

Insgesamt gibt es zahlreiche Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität bei Pferden (KUWAHARA et al. 1999; MOHR et al. 2000; WITTE 2001; VISSER et al. 2002; VOSS 2002; OHMURA et al. 2002; RIETMANN et al. 2004), in denen bestätigt wird, dass diese Methode als eine zuverlässige Möglichkeit zur Ermittlung von Stress, Schmerz und vermindertem Wohlbefinden bei Pferden angesehen werden kann.

Auch die Relevanz der Messung von Cortisolmetaboliten im Kot konnte bei Nutztieren durch mehrere Untersuchungen bestätigt werden. Die Messung der fäkalen Cortisolmetaboliten als ein Indikator der Nebennierenrindentätigkeit bietet bei Tieren den Vorteil einer einfachen Gewinnung der Proben und ermöglicht Langzeitstudien, ohne die Untersuchungsergebnisse zu beeinträchtigen. Somit stellt solch eine Methode in einer Vielzahl von Forschungsgebieten, wie z. B. über das Wohlbefinden von Tieren (Umgang, Haltung und Transport), aber auch in Studien zum Verhalten und zu Umwelteinflüssen, ein wertvolles Hilfsmittel dar (PALME et al. 1996; MÖSTL u. PALME 2002). Aufgrund dieser Vorteile wurde sich bei der Versuchsplanung für die Messung der Cortisolmetaboliten im Pferdekot entschieden. Es kann bestätigt werden, dass es sich um eine Methode handelt, die ohne eine Beeinträchtigung der Pferde eine Aussage über ihr Wohlbefinden zulässt.

Auch andere Autoren (MÖSTL et al. 1999; MERL et al. 2000; HELESKI et al. 2002) konnten bereits nachweisen, dass diese Methode zur Beurteilung von Belastungen bei Pferden eingesetzt werden kann.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Gehalt der Cortisolmetaboliten sehr sensibel auf akute Stress- und Schmerzzustände reagiert und jeder Organismus unterschiedlich mit Stresssituationen umgeht. Somit ist die alleinige Anwendung der Cortisolmetaboliten als kritisch zu beurteilen und sollte stets durch zusätzliche Erfassungsmethoden ergänzt werden.

Ebenso verhielt es sich bei den High-Frequency-Werten der Herzfrequenzvariabilität, da sie insbesondere auf kurzfristige Stressbelastungen mit fraglichen Messergebnissen reagierten. Diese Erkenntnis verdeutlicht, wie wichtig es ist, auf möglichst standardisierte Versuchsrahmenbedingungen zu achten. Aufgrund verschiedener jahreszeitlicher und somit klimatischer Umweltbedingungen unterlagen

jedoch die Untersuchungen dieser Arbeit wechselnden Bedingungen, was vermutlich auch zu Schwankungen bei den Messergebnissen geführt haben könnte. Vorteilhaft war jedoch, dass die klimatischen Bedingungen parallel erfasst wurden, um Tage mit extremen Witterungseinflüssen von der statistischen Analyse auszuschließen.

Es stellte sich allerdings heraus, dass zur Beurteilung einer längerfristigen Belastung, wie das bei Haltungseinflüssen der Fall ist, der Parameter SD2 des Poincaré Plots (HRV) für diese Versuchsanstellung am besten geeignet ist.

Bei der Ermittlung, welche Parameter zur HRV-Analyse geeignet sind, kam auch WITTE (2001) zu dem Schluss, dass die Parameter der Frequenzbereiche und des Poincaré Plots gut verwertbare Ergebnisse liefern. Auch Untersuchungen von HANSEN (2000) belegen, dass die Analysen von SD1 und SD2 (Poincaré Plot) gut geeignet sind, um langfristige Einflüsse der Haltungsumwelt auf Nutztiere zu dokumentieren. Er behauptet, dass SD1 maßgeblich vom Vagustonus beeinflusst wird und die SD2 als Maß für die Gesamtaktivität aller Steuerungskomponenten gilt. Er kommt bei seinen Untersuchungen an Schweinen zu dem Schluss, dass Einflüsse auf die SD2 nur bei starken Änderungen der parasympathischen Aktivität nachgewiesen werden können und die Effekte der SD1 deutlicher sind. Diese Erkenntnisse waren in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht feststellbar.

Bei den untersuchten Pferden dieser Arbeit konnte kein deutlicher Bezug der SD1-Werte zu vermeintlich stressigen Haltungsbedingungen verzeichnet werden. Für diese Untersuchung ist daher die Erklärung von HOTTENROTT (2001) zutreffender. Demnach charakterisiert SD1 kurzzeitige Änderungen der Herzfrequenz und SD2 beschreibt die Langzeitabweichung der Herzfrequenz, wodurch spontane (SD1) und langfristige (SD2) HRV-Änderungen quantifiziert werden.

Erfassung des Bewegungsverhaltens

Zur Messung der Bewegungsaktivität wurden im Rahmen dieser Arbeit ALT-Pedometer verwendet. In der Literatur wird ausgesagt, dass sie sich bereits bei Untersuchungen an Pferden in der Schweiz und in Neustadt-Dosse bewährt haben (BREHME u. STOLLBERG 2004; BREHME et al. 2006b). Zudem gibt eine Arbeit von KLINGLER (1988) deutliche Hinweise darauf, dass anhand der Fortbewegung,

haltungsbedingte Unterschiede bei Pferden erfasst werden können.

Dies kann durch die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen bestätigt werden. Neben den ALT-Pedometern hat sich auch die Videoauswertung als eine geeignete Methode erwiesen zur Erfassung der Bewegungsaktivität und der Gesamtliegedauer von Pferden. Bei beiden Methoden findet keine störende Beeinflussung der Tiere durch den Menschen statt, wie beispielsweise durch Direktbeobachtungen. Eine Beeinträchtigung des Bewegungsverhaltens durch die Pedometer konnte bei den Pferden nicht festgestellt werden. Gegenüber der Videoanalyse stellen die Pedometer eine weniger zeitaufwendige Methode von geringerem Auswertungsaufwand dar. Die Pedometer gestatten eine kontinuierliche Aufzeichnung und Auswertung der Tieraktivitäten über die gesamte Tages- und Nachtzeit. Zudem ist diese Methode nicht beeinflussbar durch individuelle Arbeitsweisen unterschiedlicher Beobachter. Nachteilig ist jedoch, dass durch eine alleinige Auswertung der Pedometerdaten viele Verhaltensbeobachtungen entfallen würden, die nur bei der Direktbeobachtung und der kontinuierlichen Videoanalyse erfasst werden, wie beispielsweise Sozialkontakte der Tiere untereinander. Die Videoanalyse ist hingegen sehr zeitaufwendig und auf den Zeitbereich begrenzt, in dem sich die Pferde im kameraüberwachten Stallbereich und Auslauf aufhalten.

Es kann leider mit beiden Untersuchungsmethoden keine Aussage über die zurückgelegte Strecke in den jeweiligen Haltungsvarianten gemacht werden, da die Pedometer nur Bewegungsimpulse aufzeichnen und das Programm zur Videoanalyse nur eine zeitliche Erfassung der Einzeltieraktionen erlaubt.

FRENTZEN (1994) versuchte in ihrer Arbeit durch Erstellung einer Eichkurve die zurückgelegte Wegstrecke der Versuchspferde zu schätzen. Diese Methode ist nach den gewonnenen Ergebnissen der hiesigen Versuchsphase jedoch als kritisch zu beurteilen. Gerade bei der Anbringung am Vorderbein zeigten die registrierten Bewegungsimpulse bei der Fortbewegung eines Pferdes im Stall sehr starke Abweichungen gegenüber den übrigen Pferden, bei denen die Pedometer am Hinterbein angebracht waren (s. Messungen beim Pferd Ebba, Tab. 28).

Schon WALKER et al. (1985) erwähnten Schwierigkeiten bei der Verwendung von

Kilometerzählern, da bereits die Art der Befestigung am Tierbein eine Beeinflussung der Messergebnisse darstelle.

Wünschenswert wäre daher eine Weiterentwicklung der Untersuchungsmethoden, um in Zukunft auch die Wegstrecken der Pferde und ihre Aufenthaltsorte automatisch erfassen zu können.

Externe Einflussfaktoren

Die Durchführung der Versuche erstreckte sich über insgesamt 14 Monate, sodass während der einzelnen Versuchsphasen verschiedene Klimasituationen vorlagen. Diese wurden nur insofern berücksichtigt, dass an Tagen mit extremen Witterungseinflüssen keine Messergebnisse verwertet wurden. Ansonsten blieben jahreszeitliche Umwelteinflüsse unberücksichtigt. Zudem wurden die Messungen der Herzfrequenzvariabilität in den späten Abendstunden und der Nacht durchgeführt. Dadurch konnte auch in den warmen Sommermonaten eine Beeinträchtigung durch Hitzestress minimiert werden. Ein Einfluss auf die Bewegungsaktivität der Pferde war nicht feststellbar.

FRENTZEN (1994) konnte in ihren Untersuchungen ebenso wenig einen Hinweis auf eine jahreszeitliche Beeinflussung der Pferdeaktivitäten feststellen wie KOLTER (1981) in einer früheren Untersuchung, in der sie zu dem Schluss kam, dass Klimafaktoren die Aktivität nur in extremen Situationen verändern.

Einen größeren Einfluss hatte hingegen die Belästigung der Pferde durch Insekten. Um zu verhindern, dass durch solche Lästlinge eine Erhöhung der Bewegungsaktivität hervorgerufen wird, fand in den warmen Sommermonaten eine Behandlung der Pferde mit einem Pyrethroid (Wellcare Emulsion) statt, das die Insekten 10 - 14 Tage von den Pferden fernhielt.

Die Aussagefähigkeit der angestellten Untersuchungen ist jedoch durch die externen Faktoren eingeschränkt, da Tiere sehr individuell auf Änderungen reagieren und es nicht möglich ist, alle störenden Faktoren auszuschließen.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Auswirkungen der Haltungsform und der verschiedenen Bewegungsangebote auf die Stressbelastung der Pferde

PIOTROWSKI (1992) stellte bei seinen Untersuchungen in einer Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung fest, dass Pferde in einer integrierten Gruppenhaltung außergerwöhnlich ruhig, ausgeglichen und aufmerksam sind. Zudem vertreten auch viele Pferdebesitzer die Meinung, dass das Wohlbefinden bei Pferden durch eine Gruppenhaltung gefördert wird. Diese Aussage wird durch eine Untersuchung von GERKEN et al. (1997) bestätigt. Sie beobachteten, dass Pferde aus einer Gruppenhaltung nach dem Stallwechsel in eine Einzelhaltung offenbar haltungsspezifische Verhaltensabweichungen entwickelten. Ebenso zeigten bei der vorliegenden Untersuchung einige Pferde in der Einzel-Auslaufhaltung Verhaltensauffälligkeiten. Sie liefen im Auslauf vermehrt auf und ab, fingen an tiefe Löcher in den Boden zu graben und zeigten „Zungenspielen“.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Wohlbefinden von Pferden nicht durch eine alleinige Beobachtung ihrer Verhaltensweisen zu beurteilen, sondern sich bei den Ergebnissen auf gezielte Messungen der Stressbelastung zu stützen. Zur Beurteilung der Stressbelastung kamen daher die Messung der Herzfrequenzvariabilität und die Bestimmung der fäkalen Cortisolmetaboliten zum Einsatz.

Aufgrund dieser Messungen konnte zwar bestätigt werden, dass ein Großteil der Pferde in der Gruppenhaltung eine geringere Stressbelastung zu verzeichnen hatte, allerdings gab es auch einige Pferde, bei denen in der Einzel-Auslaufhaltung die messbare Stressbelastung geringer war. Durch die alleinige Beobachtung des Pferdeverhaltens hätte diese Erkenntnis jedoch nicht gewonnen werden können.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Vergleich der Varianten Einzelhaltung und Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung die Stressbelastung in der Gruppenhaltung bei 70 % der Pferde geringer war als in der Einzelhaltung.

Bei dem übrigen Teil der Pferde, die sich in der Einzelhaltung wohler fühlten (30 %),

schien dies zum einen mit ihrer Rangposition begründet zu sein. Die meisten dieser Pferde waren rangniedriger. Es kam wahrscheinlich bei ihnen zu einer Abnahme der Stressbelastung, da sie sich nicht durchsetzen mussten, um an Futter und Wasser zu gelangen und während ihrer Ruhephasen nicht gestört wurden. Es fanden sich in dieser Gruppe aber auch zwei der ranghohen Stuten wieder, die vermutlich weniger Stress empfanden, da sie nicht auf ihre „Herde“ Acht geben mussten und ebenfalls ungestört ruhen konnten.

Eine Untersuchung an der TU München in Weihenstephan (Lehrgebiet für Tierhaltung und Verhaltenskunde) hat ebenfalls gezeigt, dass bei rangniederen Pferden einer Gruppe die Ruhephasen deutlich häufiger unterbrochen wurden. In einem Offenlaufstall wurde bei ihnen die Seitenlage nur selten oder gar nicht beobachtet (BAARS 2004). Auch bei den Stuten der hiesigen Untersuchung war die Liegezeit der rangniederen Tiere geringer.

Die TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ (2004) empfiehlt in ihrem Positionspapier zu den "Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten", dass Pferde nach Möglichkeit immer in Gruppen (zwei oder mehr Pferde) gehalten werden sollten. Diese Haltung sei hinsichtlich der Bewegungsmöglichkeit für das Einzeltier und der gegenseitigen Anregung zur Bewegung allen anderen Aufstallungsarten vorzuziehen. Grundsätzlich seien alle Pferde, unabhängig von Alter, Rasse, Geschlecht und Nutzungsart für die Gruppenhaltung geeignet. Aufgrund der zuvor genannten Beobachtungen ist diese Aussage allerdings nur eingeschränkt gültig.

Bei der Beurteilung, ob ein Pferd für die Gruppenhaltung geeignet ist, sollte auch das Gemüt des Tieres berücksichtigt werden. Wichtig ist z. B. auch, ob das Pferd den Sozialumgang mit seinen Artgenossen erlernt hat. So gibt es beispielsweise Berichte von Pferdehaltern, deren Pferde sich nicht in eine bestehende Gruppe eingliedern ließen. Ein guter Kompromiss wäre für diese Pferde wohl eine kleinere Gruppengröße oder eine Außenbox mit angrenzendem Auslauf. In der Literatur finden sich ebenfalls positive Äußerungen bezüglich dieser Haltungsform: Der Sozialkontakt zu Artgenossen ist in der Einzelhaltung mit Auslauf beschränkt, aber Rückzugsmöglichkeiten sind vorhanden und der Aufenthaltsort ist von den Pferden frei wählbar, sodass auch genügend Ruhe und Erholung möglich sind. Die Beschäftigung mit Futter, Einstreu und vielen Umweltreizen ist groß, freie Bewegung ist möglich und viel

Licht und frische Luft sind vorhanden. Zudem werden die Tiere individuell gefüttert und Verletzungen durch Rankämpfe und spielerische Auseinandersetzungen sind ausgeschlossen (BACHMANN 1998b; KREIMEIER 1999).

Hinsichtlich der Stressbelastung der Pferde in Abhängigkeit unterschiedlicher Bewegungsangebote gibt es nur wenige Angaben in der Literatur. Zwar lassen sich zahlreiche Ausführungen über die positiven Auswirkungen der Weidehaltung finden und darüber, dass sie dem natürlichen Verhalten der Pferde am nächsten kommt (ZEEB u. SCHNITZER 1978; MARTEN 1996; LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1999; HENNING 2004), aber über die Auswirkungen einer Weide, einer unbegrünten Koppel und der Bewegung in einer Führanlage auf die psychische Verfassung der Pferde einer Gruppen-Auslaufhaltung wurden in der Literatur bisher keine Hinweise gefunden.

Die Bestimmung der fäkalen Cortisolmetabolitenkonzentration bestätigt die positiven Auswirkungen einer möglichst naturnahen Pferdehaltung. Die Kotanalyse hat gezeigt, dass die Stuten in ihren Herkunftsbetrieben einer geringeren Stressbelastung ausgesetzt waren, als während des gesamten Versuchszeitraums. Vor Beginn der Versuche wurden die Pferde ganztags auf einer Weide gehalten oder in einem großen Einraum-Laufstall mit mehrstündiger Bewegung im Freien. Sie hatten zu dieser Zeit relativ wenig Kontakt zu Menschen und verbrachten viel Zeit im Freien. Während der Versuche hatten die Pferde hingegen täglich Kontakt zu Menschen, wurden durch Automaten gefüttert und verbrachten maximal zwei Stunden des Tages außerhalb des Stallsystems, was nicht den natürlichen Bedingungen eines Pferdes entspricht.

Die gemessene Herzfrequenzvariabilität und die Konzentration der Cortisolmetaboliten haben bei den untersuchten Pferden gezeigt, dass sie sich hinsichtlich ihrer Stressbelastung in den Versuchsvarianten der Gruppenhaltung zwei verschiedenen Ergebnismustern zuordnen lassen:

Bei der *Untergruppe I* war die Stressbelastung in der Gruppenhaltung ohne Bewegungsangebot größer als in der Variante mit unbegrünter Koppel und am

geringsten während der Variante mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide oder in einer Freilauf-Führanlage. Anhand der SD2-Daten ließen sich 71 % der Pferde dieser Gruppe zuordnen und zwischen den einzelnen Versuchsvarianten bestand jeweils ein höchst- bzw. hochsignifikanter Unterschied ($p < 0,01$). Dieses Ergebnis spricht dafür, dass durch ein zusätzliches Bewegungsangebot das Wohlbefinden der Pferde gesteigert werden kann.

Bezüglich der getesteten Versuchsvarianten und der längerfristig bestehenden Stressbelastung (SD2-Analyse) gehörten 29 % der untersuchten Pferde zur *Untergruppe II*. Bei ihnen war die Stressbelastung während der Variante mit zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrünten Koppel ohne Futterangebot größer als in der Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung. Auch bei dieser Untergruppe war die Stressbelastung am geringsten, wenn die Pferde sich zusätzlich auf einer Weide oder in der Führanlage bewegen konnten. Dabei handelte es sich um eine signifikante Differenz ($p = 0,02 - 0,04$) der Variante „unbegrünte Koppel“ gegenüber den beiden anderen Varianten, jedoch besteht keine Signifikanz zwischen der Gruppenhaltung ohne ein zusätzliches Bewegungsangebot und Bewegung auf einer Weide.

Die Variante mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel fand zu verschiedenen Jahreszeiten statt. Da aber in der Untergruppe II aus allen vier Versuchsgruppen Pferde vertreten waren, kann ein störender Witterungseinfluss ausgeschlossen werden. Bezüglich der Rangordnung fanden sich in dieser Untergruppe sowohl rangniedere Stuten als auch einige ranghohe Tiere wieder. Eine mögliche Erklärung für die größere Stressbelastung dieser Untergruppe könnte die mangelnde Beschäftigung der Pferde auf der unbegrünten Koppel sein. Auf einer unbegrünten, futterlosen Lauffläche kann bei Pferden häufig ein Leerlaufgrasen beobachtet werden, wobei die Tiere den Kopf knapp über dem Boden tragen und langsam vorwärts gehen, ähnlich dem Grasens (IHLE 1984). Vermutlich führte bei den Tieren der Untergruppe II die Beschäftigung mit der Stroheinstreu im Stallhaltungssystem eher zu einer Abnahme der Stressbelastung als der Aufenthalt auf einer unbegrünten Koppel. Somit führt eine zusätzlich angebotene Bewegungsfläche bei einigen Pferden nur dann zu einer Abnahme der Stressbelastung, wenn sie den Pferden auch genügend Anreize zur Bewegung bietet und die Pferde dieses Angebot nutzen.

Während des Versuchszeitraums zeigten die Pferde die geringste Stressbelastung in den Varianten mit zusätzlicher Bewegung in einer Führenanlage oder auf einer Weide. Ein Großteil der Stuten (je nach Messparameter 54 – 79 %) zeigte dabei eine signifikant geringere Stressbelastung während der Variante mit Weidebewegung als in der Variante mit Bewegung in einer Freilauf-Führenanlage ($p < 0,03$). Bei dem kleineren Anteil der Pferde führte hingegen die Bewegung in der Führenanlage zu einer signifikant größeren Abnahme der Stressbelastung als die Bewegung auf der Weide ($p < 0,05$). Die Unterschiede hinsichtlich der Stressbelastung wurden bei diesen Pferden vermutlich auch durch ihren Körperbau, ihre Leistungsbereitschaft und ihre Kondition beeinflusst. Da die in der Führenanlage zurückgelegte Strecke und Geschwindigkeit stets für alle Pferde gleich waren, kann dies z. B. für ein kleineres oder faules Pferd eine größere Belastung darstellen. Eine Beeinflussung durch die Rangposition der Pferde konnte bei der Stressabnahme auf der Weide und in der Führenanlage nicht festgestellt werden.

Insgesamt haben diese Ergebnisse jedoch gezeigt, dass bei Pferden einer Gruppen-Auslaufhaltung ein zusätzliches Bewegungsangebot in Form von Weide oder Führenanlage das Wohlbefinden der Pferde steigern kann, wobei sich die Weide bei einem Großteil der Pferde positiver auswirkte als die Führenanlage.

Einfluss der Haltungform auf die Bewegungsdauer und das Verhalten von Pferden

Grundsätzlich haben die Untersuchungen der Bewegungsaktivität ergeben, dass sich die Pferde in der Gruppenauslaufhaltung zwar mehr bewegten als in der Einzelhaltung, dass aber mit maximal vier Stunden Bewegung pro Tag der tägliche Anteil an Bewegung sehr viel geringer war als beispielsweise bei Pferden in freier Wildbahn oder ganzjähriger Weidehaltung.

Unter naturnahen Bedingungen bewegen sich Pferde im Sozialverband 12 bis 16 Stunden pro Tag. Dabei bestimmt die Futteraufnahme als eine zweckgebundene, langsame Fortbewegung ca. 60 % des Tagesgeschehens und stellt neben dem Stehen die dominierende Verhaltensweise dar (PIRKELMANN 2002a).

Beobachtungen einer Herde Prezewalski-Pferde auf einer Weide (BOYD et al. 1988) bestätigen diese Aussage. Es wurde ermittelt, dass diese Herde durchschnittlich

46 % des Tages (11 Stunden) mit der Futteraufnahme (langsame Fortbewegung), 34 % des Tages (8,2 Stunden) im Stehen, 7,4 % (1,8 Stunden) mit Fortbewegung und 5,3 % (1,3 Stunden) des 24-Stunden-Tages im Liegen verbracht hat.

Der Organismus des Pferdes braucht somit für seine arttypische Entwicklung und Erhaltung häufige und über den Tag verteilte Bewegung (= Bewegungsbedarf, Erfordernis). Erhält ein Pferd zu wenig Bewegung, kann dies zum Erleben des Bewegungsmangels in Verbindung mit dem Streben nach Beseitigung dieses Mangels führen (= Bewegungsbedürfnis, Gefühl) (TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ 2004).

Gerade die Beobachtung der Versuchspferde in der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot zeigte zum Teil ein gestörtes Verhalten (vermehrtes Laufen und Graben von Löchern im Auslauf) als eine Antwort auf den erlebten Bewegungsmangel. Dies könnte als ein Streben nach Beseitigung des Bewegungsmangels gedeutet werden. Diese Beobachtungen bestätigen Angaben von PIRKELMANN (1993). Ihm zufolge ist die Forderung, die an ein modernes Haltungssystem für Pferde gestellt wird, vor allem die Annäherung an das natürliche Bewegungsverhalten der Tiere. Der artgerechten Unterbringung, Ernährung und Pflege der Pferde stehen jedoch häufig die nutzungsbedingten, ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Interessen der Pferdehalter entgegen. Über die Haltung bzw. die Haltungstechnik sollte dieser Konflikt kompensiert werden.

In der Literatur finden sich bereits Untersuchungen zur Verteilung der Bewegungs-, Liege- und Stehzeit von Pferden in Einzel- und Gruppenhaltungssystemen.

So ergaben Untersuchungen bei Pferden in Einzelboxenhaltung eines Reitbetriebes, dass der Anteil des Stehens mit ca. 90 Prozent der Gesamttagesszeit (entspricht ca. 21,5 Std.) relativ hoch ist und der Anteil der aktiven Bewegung mit 4,2 bis 4,9 % (60 bis 70 Minuten pro Tag) sehr gering ausfällt (BREHME u. STOLLBERG 2004).

Des Weiteren beobachteten GERKEN et al. (1997) bei Trabrennpferden einer Einzelboxenhaltung, dass diese 98,8 % der Beobachtungszeit im Stehen, 0,6 % in Bewegung und 0,6 % der Zeit im Liegen verbrachten. In der Gruppenhaltung konnten diese Pferde zu 93,1 % der Zeit im Stehen beobachtet werden, mit 1,1 % der Beobachtungen lagen sie häufiger als in der Einzel-Auslaufhaltung und die Fort-

bewegung machte 5,8 % der Zeit aus. Die Zeitspanne in der die Pferde trainiert wurden blieb dabei unbeobachtet, jedoch wurden die Pferde der Gruppenhaltung auch auf der Weide beobachtet.

Die mit den Pedometern ermittelte Zeitverteilung der hier angestellten Untersuchung zeigte eine ähnliche Gewichtung der mit Stehen, Bewegen und Liegen verbrachten Zeit. In der Einzelhaltung mit angrenzendem Auslauf verbrachten die Pferde durchschnittlich 80 % der Zeit im Stehen, 13 % im Liegen und nur 7 % des Tages mit Bewegung. Die Haltung in der Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliche Bewegung führte zu einer Abnahme der Stehzeit auf 75 % und zu einem Anstieg der im Liegen (16 %) und der mit Bewegung verbrachten Zeit (9 %). Die im Vergleich zur Untersuchung von GERKEN et al. (1997) höheren Liege- und Bewegungszeiten lassen sich durch die Methodik der Untersuchungen erklären: mit den Pedometern wurden Daten des gesamten Tages ermittelt, wohingegen GERKEN et al. ihre Daten nur tagsüber gewannen und in 10-Minuten-Intervallen ausgewertet hatten.

Einfluss einer Auslaufhaltung auf die Bewegungsaktivität von Pferden

MARTEN (1996) ist der Meinung, dass Pferde durch die Gruppen-Auslaufhaltung ihren Bewegungsdrang im Auslauf selbst befriedigen. Für den Pferdebesitzer würde dies eine echte Entlastung schaffen, da er sein Pferd reiten kann, es aber nicht unbedingt bewegen müsste. In der Zeit, in der die Pferde nicht durch den Menschen genutzt werden, könnten sie sich ja selbst konditionieren. Ein kleiner Auslauf ist besser als keiner und grundsätzlich gilt nach Meinung dieses Autors: je größer, desto besser.

Diese Aussage steht jedoch im Widerspruch zu den Ergebnissen der hier angestellten Versuche. Denn trotz des relativ jungen Alters der untersuchten Pferde war zu beobachten, dass sie eher faul waren und selbst in den großen, permanent zugänglichen Sandausläufen viel Zeit im Dösen verbrachten. Eine freiwillige Bewegung ließ sich nur selten beobachten. Im Gruppenhaltungssystem wählten sie stets den kürzesten Weg, um vom Ruhebereich zu den Fressständen zu gelangen. Eine zusätzliche Bewegung der Pferde - wie z. B. auf der Weide oder unter dem Reiter - ist demnach unerlässlich. Aufgrund der Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung sollte den Pferden einer Gruppen-Auslaufhaltung alle zwei bis vier

Tage eine zusätzliche Bewegung angeboten werden. Wenn auch ein kleiner Auslauf besser ist als keiner, so hat die Größe allein nicht dazu geführt, dass die Pferde ihren Bewegungsdrang dort selbst befriedigt haben. Eine selbstständige Konditionierung konnte bei den untersuchten Pferden ebenfalls nicht beobachtet werden.

Trotzdem ist eine Steigerung der Bewegungsaktivität anzustreben, denn zahlreiche Untersuchungen belegen, dass sich die Bewegung sehr vorteilhaft auf die Gesundheit der Pferde auswirkt. Bewegungsarmut kann hingegen zu erheblichen Störungen der Blutzirkulation, zu Elastizitätsverlust von Sehnen, Bändern und Gelenken und zu einer Erhöhung der Gefahr von Rupturen führen. Sie ist aber auch verantwortlich für Atemwegserkrankungen, für Störungen des Stoffwechsels und des Hufmechanismus als Folge zu geringer Durchblutung, für psychische Schäden, Übersprunghandlungen und Bewegungsstereotypen (PIOTROWSKI u. KREIMEIER 1998). Dies wird auch durch MARTEN (1996) bestätigt, der der Meinung ist, dass ein Pferdehalter, der seinem Pferd nicht drei bis sechs Stunden Bewegung am Tag verschaffen kann, ihm zum Ausgleich Weidegang, Freilaufen im Auslauf oder auf dem Reitplatz oder „Rundendrehen“ in der Führenanlage bieten muss. Je stärker das Haltungssystem die Bewegungsfreiheit einschränkt, desto wichtiger ist demnach der Ausgleich durch regelmäßiges tägliches Bewegen der Tiere.

Bewegungsanreize für Pferde

Bei Pferden, die in freier Wildbahn bzw. unter weitestgehend natürlichen Bedingungen gehalten werden, bietet die Futter- und Wassersuche einen steten Anreiz zur Fortbewegung. Hingegen bekommen die Pferde in Stallhaltungssystemen ihr Futter täglich in ausreichender Menge vorgelegt, ohne sich dafür bewegen zu müssen. Daher ist bei ihnen ein zusätzlicher Anreiz zur Bewegung notwendig, um eine Steigerung der Bewegungsaktivität zu erlangen. Die alleinige Haltung von Pferden in Gruppen-Auslaufhaltungen bietet zwar eine gewisse Anregung zur Bewegung, ist aber mit dem Bewegungsverhalten von frei lebenden Pferden bei weitem nicht vergleichbar.

Frühere Untersuchungen an Haflingern (FRENTZEN 1994) haben sich ebenfalls mit der Frage beschäftigt, wie die Bewegungszeit von Pferden in Gruppen-Auslaufhaltungen beeinflusst werden kann. So konnte beispielsweise durch

Änderungen der Fütterungsfrequenz und Verlängerungen der Wegstrecken zum Fressplatz die Bewegungsaktivität der Pferde positiv beeinflusst werden.

In anderen Forschungsgruppen wurde der Einfluss verschiedener Stallhaltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität von Pferden außerhalb des Stalles untersucht. Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass mit zunehmender Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit im Stall (zunehmende Einschränkung in der Reihenfolge Gruppenhaltung, Boxenhaltung, Anbindehaltung) eine steigende Bewegungsaktivität auf der Weide bzw. im Auslauf zu verzeichnen war (REHM 1981; KLINGLER 1988).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, zu untersuchen, wie eine zusätzlich angebotene Bewegung außerhalb der Stallanlage die Bewegungsaktivität der Tiere insgesamt beeinflussen kann.

Einfluss der Haltungsform und der angebotenen Bewegung auf die Bewegungsaktivität von Pferden

Besonderes Augenmerk lag bei dieser Untersuchung auf der Gruppen-Auslaufhaltung, da viele Leute der Meinung sind, dass diese Haltungsform den Bewegungsbedarf der Pferde decken könnte. Zudem gewann die Haltung von Pferden in Gruppenhaltungssystemen unter den Pferdehaltern in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung und Beliebtheit. Sogar in den Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten empfiehlt die SACHVERSTÄNDIGENGRUPPE TIERSCHUTZGERECHTE PFERDEHALTUNG (1995), dass Pferde, wo immer möglich, in Gruppen gehalten werden sollten, da diese Haltung hinsichtlich der Bewegungsmöglichkeit für das Einzeltier und der gegenseitigen Anregung zur Bewegung allen anderen Aufstallungsarten vorzuziehen ist.

Im Vergleich zur Einzelhaltung zeigen auch die hier beschriebenen Untersuchungsergebnisse eine Steigerung der Bewegungsaktivität in der Gruppenhaltung und es wurde beobachtet, dass sich die Pferde meistens gemeinsam fortbewegten, sodass auch hier von einer gemeinsamen Bewegungsanimation gesprochen werden kann.

Inwieweit die Pferde durch ein zusätzliches Bewegungsangebot außerhalb des Gruppenstalles eine weitere Anregung zur Bewegung erfahren, wurde zudem durch eine Videoanalyse und mit Pedometern erfasst.

Per Video konnte nur die Zeit erfasst werden, die die Pferde im Stall und auf dem angrenzenden Auslauf verbracht haben. Somit wurde untersucht, welchen Einfluss die zusätzlich angebotene Bewegung (unbegrünte Koppel, Weide, Führenanlage) im Vergleich mit keiner Zusatzbewegung, auf die Bewegung während des Stallaufenthaltes hat.

Hinsichtlich der per Video analysierten Bewegungszeit während des Stallaufenthaltes lag der durchschnittliche Anteil dieser Zeit zwischen 9,7 und 11,5 % bei den Pferden der Gruppen-Auslaufhaltung. Somit sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Eine signifikante Abnahme der Bewegungszeit im Stall fand sich lediglich bei den sechs Pferden der Versuchsgruppe 1, wenn die Pferde zusätzlich in der Führenanlage bewegt wurden. Insgesamt war der durchschnittliche Anteil der Bewegung bei den vier Pferdeguppen während der Variante mit Bewegung durch die Führenanlage am geringsten (9,7 %). Zu einem leichten Anstieg der Bewegungszeit kam es in der Variante mit Weidebewegung (10,7 %) gefolgt von den Varianten mit unbegrünter Koppel (11,3 %) sowie ohne Zusatzbewegung (11,5 %). Die vermehrte Bewegung in einer Führenanlage und auf einer Weide schienen somit zu einer Abnahme der Bewegungsaktivität während der übrigen Stallzeit geführt zu haben. Bei der Variante der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot war der Anteil der Bewegungszeit während der Stallzeit stets am geringsten (8,5 %).

Die Untersuchungsergebnisse stimmen daher mit Untersuchungen von CAANITZ et al. (1991) überein. In deren Untersuchung wurde allerdings nur der Effekt einer gezielten Bewegung (Training von Sportpferden) auf das Pferdeverhalten analysiert. Sie kamen dabei zu dem Schluss, dass ein Training der Tiere keinen signifikanten Einfluss auf die übrige Fortbewegung habe. Methodisch wurde dabei leider nur die Bewegungsaktivität im Anschluss an die Trainingsbelastung und zwei bis sieben Stunden später jeweils im Stall beobachtet. Zum Vergleich wurde die Aktivität an den Ruhetagen bzw. am Wochenende herangezogen.

Bei der Erfassung der Bewegungsaktivität der Pferde mit Pedometern ist von Vorteil, dass sie die Bewegungsimpulse des gesamten Tages aufzeichnen und somit eine Umrechnung der Bewegungszeit pro Tier und Tag gestatten.

Die Auswertung der Pedometerdaten von elf Pferden hat gezeigt, dass sich die Tiere

in der Einzelbox mit angrenzendem Auslauf mit einer Bewegungsdauer zwischen 62 und 163 Min. / Tag insgesamt am wenigsten bewegt haben.

Hinsichtlich der Bewegungsdauer in den Varianten der Gruppenhaltung haben sich die Pferde in den beiden Versuchsgruppen unterschiedlich verhalten.

Bei der einen Pferdegruppe (Versuchsgruppe 3) zeigten die Tiere die geringste Bewegungsaktivität während der Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf der unbegrünten Koppel, gefolgt von der Bewegungsaktivität in der Variante Führenanlage nach Korrektur der einen Stunde in der Führenanlage. Auffällig war bei dieser Gruppe, dass die Pferde eine durchschnittlich geringere Bewegungsaktivität bei zusätzlicher Bewegung auf einer unbegrünten Koppel zeigten als während der Gruppen-Auslaufhaltung, bei der sie keine zusätzliche Bewegung erhielten. Diese Beobachtung zeigt wiederum, wie wichtig es bei Pferden ist, ihnen einen Anreiz zu einer zusätzlichen Bewegung zu geben. Bei dieser Pferdegruppe scheint die Strukturierung des Stallsystems mit den Funktionsbereichen Fressen, Laufen, Ruhen und die Beschäftigung mit der Stroheinstreu einen größeren Anreiz zur Bewegung gegeben zu haben als der zweistündige Aufenthalt auf einer vegetationslosen Koppel.

Somit unterstreichen diese Untersuchungsergebnisse eine Aussage von ZEITLER-FEICHT (2001b), wonach es keine Lösung ist, Pferde auf einer vegetationslosen Koppel unterzubringen. Es ermöglicht zwar soziale Kontakte und den Aufenthalt an der frischen Luft, gibt aber nur wenig Bewegungsanreize und meistens lassen sich die Pferde auf Trampelkoppeln nur beim Stehen und Dösen beobachten.

Bei einer anderen Pferdegruppe (Versuchsgruppe 4) folgte hinsichtlich der gemessenen Bewegungsaktivität auf die Einzelhaltung zunächst die Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot, gefolgt von der Variante der Freilauf-Führenanlage (korrigiert) und der unbegrünten Koppel. Im Vergleich zu der zuvor beschriebenen Abstufung, haben die Pferde dieser Gruppe die unbegrünte Koppel besser zur Fortbewegung genutzt und sich gegenseitig zur Bewegung animiert.

Beiden Gruppen war aber gemeinsam, dass sie während der Gruppenhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide die längste Bewegungszeit (zwischen 96 und

207 Min./Tag) hatten. Diese wurde nur übertroffen durch die Variante mit einstündigem Training in der Freilaufanlage vor der Korrektur der gewonnenen Daten. Somit bietet die Weide mit ihrer Futtergrundlage den Pferden einen guten Anreiz zur Fortbewegung, aber auch die gezielte Bewegung eines Pferdes (beispielsweise in der Führenanlage) führt zu einer deutlichen Steigerung ihrer Bewegungsaktivität.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass zusätzliche Bewegungsangebote in Form von Führenanlage und Weide die tägliche Bewegungsdauer des gesamten Tages steigerten, obwohl diese vermehrte Bewegung zu einer leichten Abnahme der Bewegungsaktivität während der übrigen Stallzeit geführt hat.

Zudem fiel auf, dass die Bewegung in einer Führenanlage bei den Pferden zu einer besseren Bemuskelung und zu einer Konditionssteigerung geführt hat.

Die Untersuchungsergebnisse befürworten somit die Meinung von HENNING (2004) und PICK (1994), dass Führmaschinen eine gute Möglichkeit darstellen, um für einen gesundheitsförderlichen Bewegungsausgleich von Pferden zu sorgen. Durch die gleichmäßige Bewegung wird die Kondition des Tieres gefördert und die Nährstoffversorgung der Gelenke, Sehnen und Muskeln verbessert. Außerdem fördert Bewegung die Darmmotilität, wodurch Verstopfungskoliken entgegengewirkt werden kann. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass Bewegungsmaschinen keine Koppel ersetzen und schon gar nicht die tägliche Arbeit. Sie dürfen höchstens als zusätzliche Bewegungsmöglichkeit eingesetzt werden.

Einfluss des Platzangebotes auf die Bewegungsaktivität von Pferden

Während der vorliegenden Untersuchung sollte auch der Einfluss der Auslaufgröße auf die Bewegungsaktivität der Pferde betrachtet werden. Ein weiterführender Versuch hat in diesem Zusammenhang gezeigt, dass eine Vergrößerung des an den Stall angrenzenden Sandauslaufs in der Gruppenhaltung auf mehr als 45 m² pro Pferd keinen signifikanten Effekt auf das Bewegungsverhalten der Pferde hatte. Hierbei ist aber zu erwähnen, dass die Auslaufgröße, die mit 45 m² pro Pferd ohnehin schon recht großzügig bemessen war, auf 90 m² pro Pferd vergrößert wurde. Daher kann hier keine Aussage darüber getroffen werden, bis zu welcher Auslaufgröße noch eine positive Beeinflussung der Pferdeaktivität zu erwarten ist.

Für die Einzelhaltung von Pferden in Boxen mit Auslauf nennt MARTEN (1996) als

Minimum für einen Kleinauslauf eine Abmessung von 3 x 4 m. Allerdings betont er auch, dass als minimaler Bewegungsanreiz bei Einzelaufstallung ein angrenzender Auslauf von etwa der dreifachen Boxengröße (also 30 bis 40 m²) notwendig ist.

Diese Angabe findet sich auch in einer Empfehlung von PIOTROWSKI und KREIMEIER (1998) wieder. Demnach sollte für Ausläufe das zwei- bis dreifache einer Einzelboxen-Fläche je Pferd verfügbar sein. Aufgrund der Empfehlungen in der Literatur und der beschriebenen Beobachtungen sollten diese Maße auch als Grundlage für offizielle Empfehlungen dienen. Denn in den "Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten" gibt es keine Mindestmaße für Pferdeausläufe und in dem Positionspapier zu diesen Leitlinien (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e. V., Arbeitskreis Pferde 2004) wird für Ausläufe vor einer Einzelbox lediglich die einfache Boxengröße als Mindestmaß gefordert. Somit bedarf es einer dringenden Überarbeitung der Leitlinien.

Auch PIRKELMANN (1991) empfiehlt pro Pferd ca. 20 - 30 m² Auslauffläche und PIOTROWSKI (1989) hält 30 m² pro Pferd für ausreichend, da Untersuchungen am damaligen Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL Braunschweig-Völkenrode) ergaben, dass die Bewegungsaktivitäten der Pferde nahezu ebenso groß waren wie in einem um das zwei- bis dreifache größeren Auslaufsystem. Untersucht wurde dabei ein Auslaufsystem mit Parallelanordnung und ständigem Zugang zur Vorratsfütterung.

Zudem zitiert FRENTZEN (1994) eine unveröffentlichte Arbeit von VIEDT (1986), in der untersucht wurde, ob eine reine Flächenvergrößerung des Auslaufes die Pferde zu mehr Bewegung anrege. Auch aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass die Auslaufgröße ab einer bestimmten Größe keinen Einfluss auf die Bewegungsaktivität der Pferde hat.

Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Publikationen ist schwierig. Es gibt Untersuchungen (KUSUNOSE et al. 1985; HOGAN et al. 1988), denen nach zu Folge die Flächengröße sehr wohl einen Einfluss auf das Verhalten von Pferden hat. Da sich diese Untersuchungen aber auf große Aktionsflächen von Koppeln oder naturnahen Umgebungen beziehen, können sie keinen Aufschluss über das Verhalten von Pferden in unbegrüntem Stallausläufen geben.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der erhobenen Untersuchungsbefunde

Um der Frage nachzugehen, ob eine Auslaufhaltung mit großer frei zugänglicher Lauffläche den Pferden ausreichende Bewegungsanreize bietet und das Bewegungsbedürfnis der Pferde deckt, wurde die Bewegungsaktivität von 24 Stuten analysiert. Zudem wurde die Stressbelastung der Pferde ermittelt, um zu erörtern wie sich die Art des Bewegungsangebotes auf das Wohlbefinden der Pferde auswirkt.

Methoden

Zur Ermittlung der Bewegungsaktivität und der Zeit, die die Pferde täglich mit Fortbewegung verbracht haben, waren die verwendeten ALT-Pedometer und die Analyse des Videomaterials gut geeignet. Nachteilig ist jedoch, dass mit diesen Methoden keine Aussage darüber getroffen werden kann, wie viele Kilometer die Pferde täglich zurückgelegt haben. Wünschenswert wäre daher die Untersuchung und Weiterentwicklung neuerer Techniken, die auch die Frage nach der zurückgelegten Wegstrecke im Nutztierbereich klären könnten. Allerdings werden auch solche Methoden die Direktbeobachtung der Tiere oder die Analyse von Kameraaufzeichnungen nicht komplett ersetzen können, da sonst viele wertvolle Informationen über das soziale Verhalten der Tiere untereinander verloren gingen.

Hinsichtlich der angewandten Messung der Herzfrequenzvariabilität schien die Auswertung der SD2-Werte für die Beurteilung längerfristiger Stressbelastungen am besten geeignet zu sein. Es gab dabei große Übereinstimmungen mit den gemessenen Werten im High Frequency-Bereich. Allerdings ließ sich nur schwer beurteilen, wie groß der Einfluss externer Umweltfaktoren war, die zu einer Abweichung der Ergebnisse geführt haben könnten, sodass für eine Beurteilung von Haltungseinflüssen auf die Stressbelastung weitere Messparameter zwingend notwendig waren.

Daher fand zugleich eine Bestimmung von Cortisolmetaboliten statt und Beobachtungen, die beim täglichen Umgang mit den Pferden oder bei der Videoauswertung auffielen, fanden ebenfalls Berücksichtigung.

Die vielfach beschriebene Eignung der Messung von fäkalen Cortisolmetaboliten hat auch in dieser Untersuchung deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten aufgezeigt.

Insgesamt ist zu betonen, dass zur Beurteilung von Haltungseinflüssen auf das Verhalten von Tieren eine alleinige Beobachtung nicht ausreichen würde. Daher sollten Verhaltensbeobachtungen stets durch Messungen physiologischer Parameter ergänzt werden. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit konnte z. B. festgestellt werden, dass einige Tiere in der Gruppenhaltung einer größeren Stressbelastung unterlagen als in der Einzelhaltung, was ihnen aber äußerlich nicht anzumerken war.

Stressbelastung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Großteil der untersuchten Pferde in der Einzelhaltung mit angrenzendem Auslauf, aber ohne die Gewährung eines zusätzlichen Bewegungsangebotes, die größte Stressbelastung aufwies. Durch die Haltung dieser Pferde in einer Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot kam es bereits zu einer Abnahme der Stressbelastung. Insgesamt war das Wohlbefinden während der Versuchsphasen mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide oder in einer Führianlage bei allen Pferden und erfassten Parametern am größten. Durch die Bestimmung der fäkalen Cortisolmetabolitenkonzentration in einer Kotprobe, die am Ankunftstag der Pferde gewonnen wurde, war ersichtlich, dass ihre Stressbelastung in ihrem Herkunftsbetrieb noch geringer war, als während der einzelnen Versuchsphasen. Die Pferde standen zuvor ganztags auf einer Weide oder in einem großen Einraum-Laufstall mit mehrstündiger Bewegung im Freien. Die Pferde hatten zu dieser Zeit relativ wenig Kontakt zu Menschen und verbrachten viel Zeit im Freien auf einer Weide. Somit scheint eine möglichst naturnahe Haltung von Pferden in einer Gruppe einen positiven Einfluss auf ihr Wohlbefinden zu haben.

In der vorliegenden Untersuchung fand jedoch nur die praxisübliche Stallhaltung der Pferde mit wenig Bewegung im Freien Berücksichtigung, da nur ein sehr geringer Anteil der in Deutschland gehaltenen Pferde den ganzen Tag im Freien verbringt. Eine Untersuchung von BEYER (1998) hat gezeigt, dass nur vier Prozent der von ihr erfassten Pferde ganzjährig auf einer Weide, 78 % in Einzelhaltung und bereits 18 % in einer aufgestallten Gruppe gehalten wurden. Daher war es bei der vorliegenden

Arbeit von besonderem Interesse, wie die Haltung von Pferden unter der Obhut des Menschen artgerechter gestaltet werden kann.

Die Analyse der erhobenen Stressparameter hat ergeben, dass bereits die zusätzliche Bewegung auf einer unbegrünten Koppel zu einer geringeren Stressbelastung im Vergleich zur Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung geführt hat. Auffällig war jedoch, dass es sich bei knapp 30 % der Pferde umgekehrt verhielt bei der Analyse der Herzfrequenzvariabilität. Die höhere Stressbelastung dieser Pferde während der Variante mit angebotener Bewegung auf einer unbegrünten Koppel lässt sich höchstwahrscheinlich mit einer Unterbeschäftigung der Tiere auf der vegetationslosen Fläche begründen. Die Pferde wurden sehr oft dabei beobachtet, wie sie teilnahmslos und dösend im Ausgangsbereich der unbegrünten Koppel herumstanden.

Somit stellt eine unbegrünte Lauffläche keine geeignete Möglichkeit dar, um bei Pferden einer Gruppenhaltung das Wohlbefinden zu steigern. Bei Pferden, die den ganzen Tag über in einer Einzelboxenhaltung verbringen, ist dies eher als Ausgleich denkbar. Sie hätten beim gemeinsamen Ausgang auf einer unbegrünten Koppel zumindest die Möglichkeit, Sozialkontakte und Komfortverhalten (z. B. Wälzen) auszuüben. Um dies zu belegen, wären allerdings weitere Untersuchungen notwendig. In solchen Untersuchungen sollten beispielsweise bei Pferden einer Einzelhaltung verschiedene Bewegungsangebote getestet werden, auch im Hinblick auf eine mögliche Verringerung der Stressbelastung.

Da einige Pferde in der Gruppenhaltung einer stärkeren Stressbelastung ausgesetzt waren, sollte aber auch untersucht werden, ob für manche Pferde vielleicht weitere Haltungsformen, wie z. B. eine kleinere Gruppengröße oder eine Zweierhaltung, besser geeignet wären und bis zu welcher Gruppengröße eine gemeinsame Pferdehaltung möglich ist.

Bewegungsverhalten

Hinsichtlich der Bewegungsaktivität konnte durch eine unbegrünte Koppel bei Pferden einer Gruppenhaltung keine nennenswerte Steigerung der Bewegung erzielt werden. Es kam sogar bei einigen Pferden zu einer Abnahme der täglichen Bewegungsdauer im Vergleich zur Gruppenhaltung ohne zusätzliche Bewegung.

Die Haltung der Pferde in der Gruppen-Auslaufhaltung mit zusätzlicher Bewegung auf einer Weide oder in einer Führanlage hat die besten Auswirkungen auf die

tägliche Bewegungsdauer der Tiere gehabt. Während dieser beiden Varianten konnte bei den untersuchten Pferden die größte Bewegungsaktivität gemessen werden. Bei den Messergebnissen der Führanlagen-Variante hat außerdem eine Korrektur der Daten stattgefunden, wobei die „erzwungene“ Bewegung in der Führanlage abgezogen und durch den jeweiligen Tagesmittelwert pro Stunde ersetzt wurde. Nach dieser Korrektur lag die tägliche Bewegungsdauer der Pferde zwischen der gezeigten Bewegungsaktivität in der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot und der Variante mit unbegrünter Koppel. Somit hat die Bewegung in der Führanlage zu einer Abnahme der Bewegung während der übrigen Tageszeit geführt, was durch die Ergebnisse der Videoanalyse bestätigt werden konnte.

Die geringste Bewegungsaktivität zeigten die Pferde jedoch stets während der Einzel-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot. Bei allen untersuchten Pferden war die mit Pedometern ermittelte Bewegungsaktivität während der Funktionsraum-Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot fortwährend größer als in der Einzel-Auslaufhaltung. Allerdings bewirkte eine Verdopplung des angrenzenden Auslaufs beim Haltungssystem der Gruppenhaltung keine nennenswerte Steigerung der täglich erbrachten Bewegung bei den Pferden. Somit dürfen wohl 30 – 40 m² Lauffläche pro Pferd für permanent zugängliche Ausläufe als ausreichend betrachtet werden.

Weitere Aspekte der Pferdehaltung

Die größte Bewegungsmotivation stellt für Pferde noch immer die Futteraufnahme dar. Wie schon bei ihren Vorfahren in der Steppe bewegen sich Pferde auch heute noch am meisten vorwärts, wenn sie beim Grasens, gleichmäßig vorwärts schreitend, Futter zu sich nehmen. Dieser Effekt kann aber auch bei Pferden in Gruppen-Auslaufhaltungen genutzt werden, in dem womöglich über verschiedene Fütterungsfrequenzen oder mehrere voneinander entfernte Futterstationen den Pferden ein Grund gegeben wird, sich vermehrt bewegen zu müssen. Als weitere Forschungsarbeit wäre daher auch eine Untersuchung denkbar, wie durch verschiedene Gestaltungsweisen und bauliche Veränderungen eine größere Steigerung der freiwillig gezeigten Bewegung erreicht werden könnte. Das ist deswegen wichtig, da die meisten Pferde eher bequem sind und sich nur selten aus eigenem Antrieb bewegen,

sie aber die Fortbewegung brauchen, um ihren Bewegungs- und Atmungsapparat sowie Stoffwechselforgänge leistungsfähig zu erhalten.

Aus Sicht der Pferde wäre sicherlich die ganzjährige Weidehaltung die beste Haltungsform, ist aber mit den Bedürfnissen der Menschen oft nicht vereinbar. Der Pferdehalter wünscht in der Regel eine gute Verfügbarkeit seines Freizeitpartners, einen möglichst geringen Putzaufwand und während der kalten Jahreszeit bevorzugt er einen warmen Stall für sein eigenes Komfortverhalten. Zudem wünschen aber auch viele Pferdebesitzer eine Pferdehaltung, bei der sie ihr Pferd gut versorgt wissen, auch wenn sie nicht jeden Tag die nötige Zeit für ihr Tier haben. Somit wird die Haltung von Pferden in der Obhut des Menschen stets ein Kompromiss zwischen den natürlichen Bedürfnissen der Tiere und den Anforderungen der Menschen sein.

Um den Pferden eine zusätzliche Bewegung zu ermöglichen, hat sich die Verwendung einer Führenanlage während der angestellten Untersuchung als vorteilhaft erwiesen. Die Stressbelastung der Pferde war während der Versuchsphase mit zusätzlicher Bewegung in der Führenanlage sehr gering und ihr Konditions- und Bemuskelungszustand wurde verbessert. Die gleichzeitige Bewegung mehrerer Pferde stellt für den Pferdehalter zudem eine große Zeitersparnis dar. Die Pferde wurden dabei eine Stunde täglich in der Führmaschine bewegt, was der üblichen Arbeit eines Reitpferdes entsprechen sollte. Inwieweit sich aber die Ergebnisse tatsächlich auf gerittene Pferde übertragen lassen, müsste durch weitere Versuchsanstellungen analysiert werden, ebenso wie die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf männliche Pferde, auf ältere Pferde und andere Pferderassen.

In einer Gruppen-Auslaufhaltung mit verschiedenen Funktionsbereichen finden einige artspezifische Bedürfnisse der Pferde Berücksichtigung und zugleich wird dieses Haltungssystem vielen Anforderungen des Menschen gerecht.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden vier verschiedene Versuchsgruppen zu je sechs Pferden in solch einem Haltungssystem intensiv beobachtet und Vergleiche mit denselben Pferden in einer Einzel-Auslaufhaltung angestellt. Der überwiegende Anteil der Pferde zeigte während der Gruppenhaltung ein größeres Wohlbefinden. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass es auch Pferde gibt, die sich in kleineren Gruppengrößen oder in Einzelhaltung evtl. wohler fühlen. Bei der Zusammensetzung von Pferdegruppen bedarf es daher guter Pferdekennnisse und der genauen Beobachtung des Pferdeverhaltens.

Empfehlungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen sehr deutlich, dass große Flächen, sei es als angrenzender Stallauslauf oder als unbegrünte Koppel, als alleiniger Anreiz zur Bewegung nicht ausreichen. Sie erwecken zwar den Anschein, dass sich das Pferd soviel bewegen kann, wie es möchte, allerdings bewegt sich ein Pferd nur, wenn es auch einen Zweck damit verfolgt bzw. wenn es durch den Menschen zur Bewegung aufgefordert wird. Schon ein zusätzliches Zaunelement im Auslauf führt dazu, dass die Pferde eine größere Strecke zurücklegen müssen, um beispielsweise zum Fressbereich zu gelangen. Daher sollten bauliche Maßnahmen ebenso berücksichtigt werden wie das Fütterungsregime, um eine Bewegungssteigerung bei Pferden in Auslaufhaltungssystemen zu bewirken. Durch die gemeinsame Haltung von Pferden in einer Gruppe kommt es bereits zu einer gegenseitigen Animierung zur Bewegung. Allerdings benötigen auch die Pferde in einem Gruppenhaltungssystem zusätzliche Bewegungsangebote, um ihren Bewegungsbedarf decken zu können und um haltungsbedingten Erkrankungen vorbeugen zu können.

Durch Pferdehaltungssysteme mit permanent zugänglichen Ausläufen müssen die Pferdebesitzer ihre Pferde zwar nicht mehr täglich bewegen, aber auf eine zusätzliche Bewegung außerhalb des Stallsystems kann nicht gänzlich verzichtet werden. Aufgrund der Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung wäre für Pferde einer Gruppen-Auslaufhaltung eine zusätzlich angebotene Bewegung alle zwei bis vier Tage empfehlenswert. Die Pferde sollten dabei auf einer Weide mit entsprechender Futtergrundlage oder durch den Menschen (z. B. Reiten, Longieren, Fahren, Führanlage) bewegt werden, da dies positive Auswirkungen auf ihren physischen und psychischen Zustand hat. Eine unbegrünte Koppel genügt allerdings nicht, um die Pferde zu bewegen, da einige Pferde der Gruppenhaltungsvarianten darauf mit einer zunehmenden Stressbelastung reagierten und es zum Teil sogar zu einer Abnahme der Bewegungsaktivität kam.

Abschließend lässt sich sagen, dass anhand der verwendeten Versuchsparameter zur Erfassung der Bewegungsaktivität (Videoanalyse, Pedometer) und der Stressbelastung (Herzfrequenzvariabilität und Cortisolmetaboliten) gleichgerichtete Tendenzen deutlich sichtbar werden. Unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren (Alter, Rasse, Geschlecht, Leistungsbereitschaft, Klima und weitere Umwelteinflüsse) ist aber eine eindeutige Gewichtung der Methoden nicht möglich. Somit ist die gleichzeitige Verwendung mehrerer Methoden, insbesondere in Bezug auf physiologische als auch auf ethologische Parameter, von großer Bedeutung, um eine Aussage über die Qualität eines Haltungssystems für Tiere treffen zu können.

Das Wohlbefinden selbst beschreibt positive Empfindungen, die aber an sich nicht messbar sind. Daher werden messbare Parameter herangezogen, die etwas über die physiologischen Zustände eines Organismus aussagen und mit Leiden und Wohlbefinden in Verbindung gebracht werden. Es handelt sich dabei um Vorgänge, die bei Menschen sehr gründlich erforscht sind und analog auf den tierischen Körper übertragen wurden. Somit wird vorausgesetzt, dass von Menschen negativ empfundene Situationen die gleichen Körperreaktionen hervorrufen wie beispielsweise bei Tieren, die sich einer Belastung ausgesetzt sehen. Durch die Messung der bekannten Stressparameter wird man daher nur eine Annäherung an das Wohlbefinden von Tieren erreichen können.

Bei der vorliegenden Arbeit deuteten jedoch die gemessenen Parameter des Stress- und Bewegungsverhaltens in die gleiche Richtung. Somit zeichnet sich die Tendenz ab, dass zusätzliche Bewegungsangebote in Form von Weidegang und gezielter Bewegung (Führanlage) positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Pferde haben. Eine Steigerung der Bewegungsaktivität war durch diese Bewegungsangebote ebenfalls möglich. Eine Vergrößerung des angrenzenden Auslaufs hatte jedoch keinen nennenswerten Effekt.

Die Stallhaltung wird zwar immer mit einer Einschränkung der natürlichen Tierbedürfnisse verbunden sein, aber durch ein angemessenes Management (ausreichende Bewegungsmöglichkeiten, Auslaufgestaltung, häufige Fütterungszeiten) sollte das natürliche Verhalten der Pferde weitestgehend ermöglicht werden.

7 Zusammenfassung

Pferdehaltungssysteme mit angrenzenden Ausläufen gelten als eine sehr tiergerechte Haltungsform, da sie den Tieren eine gewisse Bewegungsmöglichkeit bieten. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu erfassen, ob der angrenzende Auslauf selbst einen ausreichenden Anreiz zur Bewegung darstellt und wie sich verschiedene Bewegungs- und Platzangebote auf die Bewegungsaktivität von Pferden in einer Gruppen-Auslaufhaltung auswirken. Zudem wurde ermittelt, welche Auswirkung die Bewegungsform bzw. -intensität auf das Wohlbefinden der Tiere hat.

Der Großteil der in Deutschland gehaltenen Pferde verbringt die meiste Zeit des Tages im Stall, obwohl mittlerweile bekannt ist, dass Pferde unter natürlichen Haltungsbedingungen 12 bis 16 Stunden des Tages in Bewegung verbringen. Der Optimierung der Stallhaltungssysteme gilt daher ein besonderes Interesse.

Zu diesem Zweck wurden von September 2004 bis Oktober 2005 Versuche mit 24 Warmblutstuten im Alter von 1½ bis 3½ Jahren in Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltungssystemen durchgeführt. Jeweils sechs Pferde bildeten eine Versuchsgruppe. In jeder Gruppe fanden fünf Varianten von einer ca. dreiwöchigen Dauer statt. Die Gruppenhaltung wurde dabei durch drei unterschiedliche Zusatzbewegungsangebote (2 Std. Weide / Tag, 2 Std. unbegrünte Koppel / Tag, 1 Std. Freilauf-Führanlage / Tag) ergänzt. In der Einzel-Auslaufhaltung (Box mit 45 m²-großem angrenzenden Auslauf) und in einer Versuchsvariante der Gruppenhaltung bekamen die Pferde hingegen keine zusätzliche Bewegung außerhalb des Stallhaltungssystems angeboten. Das Gruppenhaltungssystem selbst war durch die räumliche Trennung der Funktionsbereiche (Liegen, Fressen, Trinken, Bewegen) gekennzeichnet und der angrenzende Auslauf war 270 m² groß. In einer zusätzlichen Versuchsphase fand in der Gruppenhaltung eine Erweiterung des permanent zugänglichen Auslaufs auf insg. 540 m² statt.

Die Bewegungsaktivität wurde mit Pedometern erfasst, die an jeweils einem Hinterbein der Pferde befestigt wurden und ergänzend fand eine Analyse von Videoaufzeichnungen statt. Zur Beurteilung der Stressbelastung fanden Messungen der Herz-

frequenzvariabilität (Parameter HF und SD2) und der fäkalen Cortisolmetabolitenkonzentration statt.

Die Auswertung des *Bewegungsverhaltens* ergab, dass eine zusätzliche zwei-stündige freie Bewegung der Pferdegruppe auf einer Weide zu einer deutlichen Steigerung der durchschnittlichen Bewegungsaktivität (149,6 Min. / Tag) führt, ebenso wie eine einstündige Bewegung in einer Führenanlage (173,0 Min. / Tag). Eine unbegrünte Koppel regte die Pferde der Gruppenhaltung hingegen nicht zu vermehrter Bewegung an (131,6 Min. / Tag), sondern bewirkte z. T. sogar eine Abnahme der Bewegungsaktivität. In der Gruppen-Auslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot war die Bewegungsaktivität ebenfalls gering (125,8 Min / Tag) und während der Einzel-Auslaufhaltung ohne Zusatzbewegung zeigten die Pferde die geringste Bewegungsaktivität (102,3 Min. / Tag).

Bei der alleinigen Analyse der Bewegungszeit im Stallhaltungssystem war kein signifikanter Einfluss der zusätzlichen Bewegung außerhalb des Stallsystems auf die übrige Fortbewegung feststellbar.

Auch eine Vergrößerung des an den Stall angrenzenden Auslaufs im Gruppenhaltungssystem hatte keinen steigernden Einfluss auf das Bewegungsverhalten der Pferde.

Die *Stressbelastung* der Pferde war in den Varianten der Gruppenhaltung mit zwei-stündigem Weidegang (SD2: 82,9 ms; Cortisolmetaboliten: 29,0 nmol / kg Kot) sowie der einstündigen Bewegung in einer Freilauf-Führenanlage (SD2: 99,2 ms; Cortisolmetaboliten: 27,7 nmol / kg Kot) am geringsten. Die Untersuchungen zeigten eine Stresszunahme in der Gruppenhaltung mit zwei-stündigem Auslauf auf einer unbegrünten Koppel ohne Futterangebot (SD2: 101,3 ms; Cortisolmetaboliten: 39,6 nmol / kg Kot) sowie in der Variante der Gruppenhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot (SD2: 113,3 ms; Cortisolmetaboliten: 38,4 nmol / kg Kot). Dem Mittelwert der Gruppe nach zu folgern hatten die Pferde während der Einzelhaltung ohne Zusatzbewegung eine sehr große Stressbelastung (SD2: 123,8 ms; Cortisolmetaboliten: 37,5 nmol / kg Kot). Ein Vergleich der Gruppen- und Einzelhaltung hinsichtlich der Herzfrequenzvariabilität hat jedoch gezeigt, dass insg. 70 % der Pferde während der Haltung in einer Gruppe weniger Stress empfinden. Es gab aber auch

Pferde (30 %), die in der Einzelhaltung eine abnehmende Stressbelastung zeigten, wobei hier der Einfluss der Rangordnung eine entscheidende Rolle zu spielen scheint.

Durch die Auswertung mehrerer Messparameter (sowohl für Stress- als auch für Bewegungsverhalten) werden gleichgerichtete Tendenzen bei den Versuchsvarianten deutlich, allerdings ist eine eindeutige Gewichtung der Parameter nicht möglich. Somit ist die methodische Vorgehensweise dieser Untersuchung sehr positiv und als notwendig anzusehen, da die Messdaten auch immer gewissen Schwankungen durch externe Einflüsse unterliegen.

Allgemein ist festzuhalten, dass Auslaufhaltungssysteme zwar eine gewisse Anregung zur Bewegung bieten, aber mit maximal vier Stunden (insg. 62 – 248 Min.) Bewegung pro Tag war der tägliche Anteil an Bewegung sehr viel geringer als beispielsweise bei Pferden in freier Wildbahn oder ganzjähriger Weidehaltung. Somit deckt ein Auslaufhaltungssystem trotz getrennter Funktionsbereiche und eines großen Auslaufs nicht den Bewegungsbedarf der Pferde, wenn keine zusätzlichen Bewegungsanreize und –möglichkeiten angeboten werden.

Eine zusätzliche Bewegung von Pferden ist nicht nur zur Gesunderhaltung des Bewegungsapparates und der Körperfunktionen notwendig, sondern auch um das Wohlbefinden und die Ausgeglichenheit der Pferde zu steigern.

8 Summary

Horse husbandry systems with close-by discharge are considered to be a very live-stock-friendly housing form, as they offer a certain movement opportunity for the animals. The aim of the present study was to examine how different movement and space offerings affect the movement activities of horses in a group horse husbandry with close-by discharge, and whether the discharge provides itself an adequate incentive for movement. The impact that the form or rather intensity of movement has on the wellbeing of the animals was also established.

Most of the horses held in Germany spend most of the day in the stable, although it is meanwhile known that horses under natural housing conditions are 12 to 16 hours of the day in motion. Therefore the improvement of stable housing systems applies a special interest.

For this purpose, 24 warmblood mares, aged from 1½ to 3½ years, were studied in single and group discharge husbandry systems from September 2004 until October 2005. Six horses formed an experimental group. In every group five variants of approximately three weeks were proceeded. Thereby the group husbandry was supplemented with three different additional movement opportunities (2 h pasture / day, 2 h non-grassy pasture land / day, 1 h free range horse walker / day). In the single discharge husbandry (single box with 45 sq. m-large close-by discharge) and in one experimental variant of the group husbandry got the horses, however, offered no additional movement outside the husbandry system. The group husbandry system itself was marked by the spatial division of the functional areas (lying, eating, drinking, moving) and the close-by discharge measured 270 sq. m. In an additional phase of the study, and expansion of the permanently accessible close-by discharge to 540 sq. m was found.

The movement activity was documented with pedometers attached respectively to one hind leg of the horse and a supplementary analysis of video documentation. To evaluate the stress exposure measurements of heart frequency variability (parameters HF and SD2) and of the faecal cortisol metabolite concentration were performed.

The interpretation of the *movement behaviour* showed that additional two hours of free movement on a pasture led to a significant increase in the average movement activity (149.6 min / day), as well as one hour movement in a horsewalker did (173.0 min / day). The non-grassy pasture land, however, didn't inspire the horses of the group husbandry to increased movement (131.6 min / day), but sometimes even caused a decrease in movement activity. In the group discharge husbandry without additional movement opportunities the movement activity was also low (125.8 min / day), and during the single discharge husbandry without additional movement the horses showed the least movement activity (102.3 min / day).

In analysing only the movement time in the stable system was no significant impact of the additional movement outside the housing system to the rest of locomotion ascertainable.

As well an expansion of the close-by stable discharge in the group husbandry system had no increasing influence on the movement behaviour of the horses.

The *stress exposure* of the horses was least in the variations of group husbandry with two hours on a pasture (SD2: 82.9 ms; cortisol metabolites: 29.0 nmol / kg faeces) as well as one hour of movement in a free range horse walker (SD2: 99.2 ms; cortisol metabolites: 27.7 nmol / kg faeces). The studies showed a rise in stress in group husbandry with two hours of movement on a non-grassy pasture land without feeding opportunity (SD2: 101.3 ms; cortisol metabolites: 39.6 nmol / kg faeces) as well as in the variation of the group husbandry without additional movement offerings (SD2: 113.3 ms; cortisol metabolites: 38.4 nmol / kg faeces). Judging from the mean of the group the horses had a very high stress exposure in the variation of the single husbandry without additional movement offerings (SD2: 123.8 ms; cortisol metabolites: 37.5 nmol / kg faeces). But a comparison of the group and single husbandry in terms of the heart frequency variability showed that altogether 70 % of the horses experienced less stress if hold in a group. However, some horses (30 %) showed reducing stress in the single husbandry, whereas here the influence of social hierarchy seems to play a decisive role.

In consequence of the examination of several measuring parameters (both for stress- and for movement behaviour) parallel aligned tendencies become apparent in the experimental variants, however, is a unique weighting of the parameters not possible. Thus, the methodological approach of this study is to be regarded as very positive and necessary, since the data always vary with some fluctuations by external influences.

In general it can be established that discharge husbandry systems offer some incentive for the horse to move, but with a maximum of four hours (overall 62 – 248 min) of movement per day, the daily proportion of movement was much less than, for example, in the case of wild horses or year-round pasture keeping. Thus, if no additional movement incentives and possibilities are offered, the discharge husbandry system doesn't cover the movement needs of the horse despite separate functional areas and a large outside discharge.

Additional movement is not only necessary to keep the musculoskeletal system and bodily functions of the horse healthy, but also to ensure the horse's well being and mental balance.

9 Literaturverzeichnis

- AKSELROD, S., D. GORDON, F.A. UBEL, D.C. SHANNON, A.C. BERGER u. R.J. COHEN (1981): Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 213, Nr. 4504, S. 220-222
- ANTONI, H. (1997): Erregungsphysiologie des Herzens. In: R.F. SCHMIDT u. G. THEWS (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 472-497
- ARNEMANN, S. (2003): Haltung von Sportpferden unter besonderer Berücksichtigung der Leistung. Hannover, Diss.
- BAARS, S. (2004): Pferdehaltung: Im Offenstall Ruhebedürfnis aller Tiere sicherstellen. AID Infodienst, Ausg. Nr. 30/04
URL: http://www.aid.de/presse/presseinfo_archiv.php?mode=beitrag&id=1644
(15.06.2006)
- BACHMANN, I. (1998a): Das natürliche Verhalten der Pferde. In: *Pferde in der Steppe und im Stall*. Zoologisches Museum der Universität Zürich (Hrsg.), Zürich, S. 41-49
- BACHMANN, I. (1998b): So wohnen unsere Pferde. In: *Pferde in der Steppe und im Stall*. Zoologisches Museum der Universität Zürich (Hrsg.), Zürich, S. 50-56
- BAMMERT, J., I. BIRMELIN, B. GRAF, K. LOEFFLER, D. MARX, U. SCHNITZER, B. TSCHANZ u. K. ZEEB (1993): Bedarfsdeckung und Schadensvermeidung - Ein ethologisches Konzept und seine Anwendung für Tierschutzfragen. *Tierärztl. Umsch.* 48, S. 269-280
- BENDER, I. (1999): *Praxishandbuch Pferdehaltung*. Kosmos Verlag, Stuttgart
- BEYER, S. (1998): Konstruktion und Überprüfung eines Bewertungskonzeptes für pferdehaltende Betriebe unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit. Gießen, Diss.
- BIGGER, J.T., J.L. FLEISS, L.M. ROLNITZKY u. R.C. STEINMANN (1993): The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. *Circulation* 88, S. 927-934
- BOCKISCH, F.-J. (1983): Aussagefähigkeit von Tierbeobachtungen in Abhängigkeit vom Beobachtungsintervall. In: *Schriftenreihe der BLT-Grub*, 3. GfT-Seminar. S. 1-19
- BOCKISCH, F.-J. u. P. KREIMEIER (2001): Haltungssysteme für eine tier- und umweltgerechte Pferdehaltung. *Pferdeland Sonderausgabe (2.Pferdetag in Mecklenburg-Vorpommern)* S. 17-21
- BOCKISCH, F.-J. u. P. KREIMEIER (2002): Aspekte zur Auslaufgestaltung in Pferdehaltungssystemen. *Landtechnik* 57, Nr. 6, S. 332-333

- BORELL, E. von (2000): Stress and coping in farm animals. Arch.Tierz., Dummerstorf 43, S. 144-152
- BOYD, L.E., D.A. CARBONARO u. K.A. HOUPPT (1988): The 24-Hour Time Budget of Przewalski Horses. Appl. Anim. Behav. Sci. 21, Nr. 1-2, S. 5-17
- BREHME, U. (2004): Verfahrensbeschreibung zum Datenhandling im ALT-Sensor-System. ATB Bornim (unveröff.)
- BREHME, U., E. SCHERPING, U. STOLLBERG, R. HOLZ u. T. SCHLEUSENER (2004): Entwicklung eines sensorgestützten Messsystems - ALT-Pedometer - zur Optimierung des Fruchtbarkeitsgeschehens, der Tiergesundheit und zur Einschätzung der Tiergerechtheit von Liegeboxen.
URL: http://www.atb-potsdam.de/hauptseite-deutsch/Institut/Abteilungen/Abt5/tierdaten/alt_pedometer.pdf (15.07.2005)
- BREHME, U. u. U. STOLLBERG (2004): Eignungstest von Fußpedometern für Untersuchungen bei Sportpferden. ATB Bornim (unveröff.)
- BREHME, U., U. STOLLBERG, B. STRICKLER, R. von NIEDERHÄUSER u. H. ZURKINDEN (2006): Investigations of daily biorhythm in different horse keeping systems for well-being measured with ALT pedometer. In: World Congress: Agricultural Engineering for a Better World 2006, Book of Abstracts. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 503-504
- BRÜGGEMANN, T., D. WEISS u. D. ANDRESEN (1995): Spektralanalyse zur Beurteilung der Herzfrequenzvariabilität. Herzschr. Elektrophys. 5, Nr. 2, S. 19-24
- BRÜGGER, E. (2003): Technische Hilfsmittel in einem Pensionspferdebetrieb. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
URL: <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/pferdehaltung/technik/technik-pensionspferdebetrieb.htm> (20.04.2005)
- BUTLER, I. u. B. ARMBRUSTER (1984): Struktur und Abgangsursachen bei Schlachtpferden. Dtsch. tierärztl. Wschr. 91, S. 330-331
- CAANITZ, H. (1996): Ausdrucksverhalten von Pferden und Interaktion zwischen Pferd und Reiter zu Beginn der Ausbildung. Hannover, Diss.
- CAANITZ, H., L. O'LEARY, K. HOUPPT, K. PETERSSON u. H. HINTZ (1991): Effect of exercise on equine behavior. Appl. Anim. Behav. Sci. 31, Nr. 1-2, S. 1-12
- CAMM, A.J., M. MALIK, J.T. BIGGER, G. BREITHARDT, S. CERUTTI, R.J. COHEN, P. COUMEL, E.L. FALLEN, H.L. KENNEDY, R.E. KLEIGER, F. LOMBARDI, A. MALLIANI, A.J. MOSS, J.N. ROTTMAN, G. SCHMIDT, P.J. SCHWARTZ u. D. SINGER (1996): Heart rate variability - Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation 93, Nr. 5, S. 1043-1065
- CLAUDE, C. (1998): Die heutigen Arten der Einhufer. In: Pferde in der Steppe und im Stall. Zoologisches Museum der Universität Zürich (Hrsg.), Zürich, S. 8-20

- DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG (FN) (2001): IPSOS - Marktanalyse der FN zum Pferdesport. Pferdesportler in Deutschland. FN-PRESS, Warendorf
URL: <http://www.wpsv.de/ipsos.htm> (15.06.2006)
- DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG (FN) (2002): Die Ethischen Grundsätze des Pferdefreundes. 7. Aufl.
- DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG (FN) (2004): Zahlen, Daten, Fakten zum Pferdesport in Deutschland. Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.,
URL: http://www.fn-dokr.de/isy.net/servlet/broadcast/jahresbericht_fakten.html
(27.04.2006)
- DEUTSCHER TIERSCHUTZBUND (Hrsg.) (2006): Anbindehaltung von Pferden.
Bonn
URL: <http://www.tierschutzakademie.de/01337.html> (20.4.2006)
- DIENER, M. (2000): Vegetatives Nervensystem. In: W. von ENGELHARDT u. G.H. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart, S. 100-109
- DIETZ, O., H.-J. SCHNEIDER u. L.-F. LITZKE (1999): Hufkrankheiten. In: O. DIETZ u. B. HUSKAMP (Hrsg.): Handbuch Pferdepraxis. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 911-944
- DUNCAN, P. (1980): Time-budgets of Camargue Horses. Behaviour 72, S. 26-49
- ECKBERG, D.L. (1997): Sympathovagal balance - A critical appraisal. Circulation 96, Nr. 9, S. 3224-3232
- ENGELHARDT, W.v. (1992): Körperliche Leistungsfähigkeit - ein Vergleich zwischen Pferden und Menschen. Dtsch. tierärztl. Wschr. 99, Nr. 1, S. 24-26
- ESPERER, H.D. (1995): Physiologische Grundlagen und pathologische Aspekte der Herzfrequenzvariabilität beim Menschen. Herzschr. Elektrophys. 5, S. 1-10
- EVANS, J.M., M.G. ZIEGLER, A.R. PATWARDHAN, J.B. OTT, C.S. KIM, F.M. LEONELLI u. C.F. KNAPP (2001): Gender differences in autonomic cardiovascular regulation: spectral, hormonal, and hemodynamic indexes. J. Appl Physiol. 91, Nr. 6, S. 2611-2618
- FRENTZEN, F. (1994): Bewegungsaktivitäten und -verhalten von Pferden in Abhängigkeit von Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme. Hannover, Diss.
- GEISER, F. (2001): Pferde richtig halten. Bundesamt für Veterinärwesen (BVET) der Schweiz, Schweiz
URL: http://www.bvet.admin.ch/news/shop/00007/00028/index.html?lang=de&download=00278_de.pdf (13.12.2005)

- GERKEN, M., M. KIENE, P. KREIMEIER u. F.-J. BOCKISCH (1997): Verhalten von Trabrennpferden in Gruppenauslaufhaltung und in Einzelhaltung. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1996: Vorträge anlässlich der 28. Internationalen Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e. V. Fachgruppe Verhaltensforschung vom 7. bis 9. November 1996 in Freiburg/Breisgau. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverl., Münster-Hiltrup, S. 132-143
- GRAUVOGL, A. (1992): Verhaltensstörungen des Pferdes. In: Arbeitsgemeinschaft Pferdeschutz im Pferdesport der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e.V. (Hrsg.): 1. Seminar der Arbeitsgemeinschaft zum Thema Haltung und Nutzung des Pferdes aus der Sicht des Tierschutzes: Zusammenfassung der Referate.
- GRAUVOGL, A. (1993): Die Verhaltensstörungen des Pferdes. Tierärztl. Umsch. 48, Nr. 5, S. 301-306
- HANSEN, S. (2000): Kurz- und langfristige Änderungen von Herzschlagvariabilität und Herzschlagfrequenz als Reaktion auf Veränderungen in der sozialen Umwelt (Gruppierung und Grooming-Simulation) von Hausschweinen. Halle/Saale, Diss.
- HAYANO, J., Y. SAKAKIBARA, M. YAMADA, T. KAMIYA, T. FUJINAMI, K. YOKOYAMA, Y. WATANABE u. K. TAKATA (1990): Diurnal-Variations in Vagal and Sympathetic Cardiac Control. Am. J. Physiol. 258, Nr. 3, S. H642-H646
- HELESKI, C.R., A.C. SHELLE, B.D. NIELSEN u. A.J. ZANELLA (2002): Influence of housing on weanling horse behavior and subsequent welfare. Appl. Anim. Behav. Sci. 78, Nr. 2-4, S. 291-302
- HENNING, J. (2004): Pferdehaltungsformen. vetion.de
URL: http://www.vetion.de/focus/pages/index.cfm?focus_id=24 (17.10.2005)
- HOGAN, E.S., K.A. HOUPPT u. K. SWEENEY (1988): The Effect of Enclosure Size on Social Interactions and Daily Activity Patterns of the Captive Asiatic Wild Horse (Equus-Przewalskii). Appl. Anim. Behav. Sci. 21, Nr. 1-2, S. 147-168
- HOLDSWORTH, R.J. u. N.A.R. MARKILLIE (1982): Evaluation of pedometers for oestrus detection in dairy cows. Vet. Rec. 111, Nr. 1, S. 16-16
- HON, E.H. u. S.T. LEE (1963): Electronic Evaluation of Fetal Heart Rate (8. Patterns Preceding Fetal Death, Further Observations). Am. J. Obstet. Gynecol. 87, Nr. 6, S. 814-826
- HORN, A. (2003): Diagnostik der Herzfrequenzvariabilität in der Sportmedizin - Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen. Bochum, Diss.
- HOTTENROTT, K. (2001): Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilität und Anwendungsmöglichkeiten im Sport. In: K. HOTTENROTT (Hrsg.): Herzfrequenzvariabilität im Sport, Prävention-Rehabilitation-Training. Czwalina Verlag Hamburg, Marburg, S. 9-25

- HOWALD, M. (2005): Bewegung erhält Pferde gesund und zufrieden. Bundesamt für Veterinärwesen (BVET) der Schweiz, Schweiz
- HUSKAMP, B., N. KOPF u. W. SCHEIDEMANN (1999): Magen-Darm-Trakt. In: O. DIETZ u. B. HUSKAMP (Hrsg.): Handbuch Pferdepraxis. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 411-502
- IHLE, P. (1984): Ethologische Studie über den Tagesrhythmus von Pferden in Abhängigkeit von der Haltungsform. Gießen, Diss.
- IRVINE, C.H.G. u. S.L. ALEXANDER (1994): Factors affecting the circadian rhythm in plasma cortisol concentrations in the horse. *Domest. Anim. Endocrinol.* 11, Nr. 2, S. 227-238
- ISENBÜGEL, E. (1998): Vom Wildpferd zum Reitpferd. In: Pferde in der Steppe und im Stall. Zoologisches Museum der Universität Zürich (Hrsg.), Zürich, S. 57-73
- KILEY-WORTHINGTON, M. (1990): The behavior of horses in relation to management and training - towards ethologically sound environments. *J. Equine Vet. Sci.* 10, Nr. 1, S. 62-71
- KIRSTEIN, N. (2002): Verhalten der Herzfrequenzvariabilität bei Dauerbelastungen unterschiedlicher Intensität auf dem Fahrradergometer. Bochum, Diss.
- KLINGLER, L. (1988): Der Einfluß von Haltungssystemen auf die Fortbewegung bei Pferden. Freiburg, Biol. Dipl. Arbeit
- KOEHLER, W., G. SCHACHTEL u. P. VOLESKE (1984): Biometrie – Einführung in die Statistik für Biologen und Agrarwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- KOLTER, L. (1981): Einfluß von Klimafaktoren auf Aktivität und Standortwahl beim Dülmener Primitivpferd. In: DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG u. K. ZEEB (Hrsg.): Aktuelle Aspekte der Ethologie in der Pferdehaltung. FN-Verlag, Warendorf, S. 23-44
- KORRIES, O. C. (2003): Untersuchung pferdehaltender Betriebe in Niedersachsen Bewertung unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit, bei Trennung in verschiedene Nutzungsgruppen und Beachtung haltungsbedingter Schäden. Hannover, Diss.
- KREIMEIER, P. (1999): Ganzjährige Auslaufhaltung von Vorteil. *Bauernzeitung - Wissen kompakt* 3, S. 12-13
- KUSUNOSE, R., H. HATAKEYAMA, K. KUBO, A. KIGUCHI, Y. ASAI, Y. FUJII u. K. ITO (1985): Behavioural studies on yearling horses in field environments. 1. Effects of the field size on the behaviour of horses. *Bulletin of Equine Research Institute* Nr. 22, S. 1-7

- KUWAHARA, M., S. HASHIMOTO, K. ISHII, Y. YAGI, T. HADA, A. HIRAGA, M. KAI, K. KUBO, H. OKI, H. TSUBONE u. S. SUGANO (1996): Assessment of autonomic nervous function by power spectral analysis of heart rate variability in the horse. *Journal of the Autonomic Nervous System* 60, Nr. 1-2, S. 43-48
- KUWAHARA, M., A. HIRAGA, M. KAI, H. TSUBONE u. S. SUGANO (1999): Influence of training on autonomic nervous function in horses: evaluation by power spectral analysis of heart rate variability. *Equine. Vet. J. Suppl.* 30, S. 178-180
- LADEWIG, J. (1994): Streß. In: F. DOECKE (Hrsg.): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart, S. 379-398
- LADEWIG, J. u. E. von BORELL (1988): Ethological methods alone are not sufficient to measure the impact of environment on animal health and animal well-being. In: J. UNSHELM, G. van PUTTEN, K. ZEEB u. I. EKESBO (Hrsg.): *Proc. Int. Congr. on Applied Ethology in Farm Animals Skara 1988*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, S. 95-102
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1999): *Ordnungsgemäße Pferdehaltung: Beratungsempfehlungen zu den Leitlinien Ordnungsgemäßer Tierhaltung*. Landwirtschaftskammer Hannover (Hrsg.), Hannover
- LEVINE, M. A. (2005): Domestication and early history of the horse. In: D.S. MILLS u. S.M. MCDONNELL (Hrsg.): *The Domestic Horse*. Cambridge University Press, S. 5-22
- LEXER, D., K. HAGEN, F. LEISCH, R. PALME, J. TROXLER u. S. WAIBLINGER (2005): Zeitbudgets, Sozialverhalten und Kortisolmetabolitenkonzentrationen bei Fleckvieh- und Braunviehkühen, die in einem Roboter oder im Fischgrätenmelkstand gemolken werden. In: *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2004*, KTBL-Schrift. S. 115-123
- MALIKIDES, N. u. J.L. HODGSON (2003): *Inflammatory Airway Disease in Young Thoroughbred Racehorses*. Rural Industries Research and Development Corporation Publication No. 03/089, URL: <http://www.rirdc.gov.au/reports/HOR/03-089.pdf> (19.06.2006)
- MALLIANI, A., M. PAGANI, F. LOMBARDI u. S. CERUTTI (1991): Cardiovascular Neural Regulation Explored in the Frequency-Domain. *Circulation* 84, Nr. 2, S. 482-492
- MANTEUFFEL, G. u. B. PUPPE (1997): Ist die Beurteilung der subjektiven Befindlichkeit von Tieren möglich? Eine kritische Analyse aus naturwissenschaftlicher Sicht. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 40, Nr. 2, S. 109-121
- MARTEN, J. (1996): *Pferdehaltung: Anforderungen des Pferdes, Bauliche Planungsgrundlagen, Neu- und Umbaubeispiele*. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e.V., Bonn

- McILWRAITH, C. W. (1989): Erkrankungen der Gelenke, Sehnen, Bänder sowie ihrer Hilfseinrichtungen. In: STASHAK, T.S. (Hrsg.): Adams' Lahmheit bei Pferden. Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover, S. 339-485
- MEESMANN, M., J. BOESE u. R. SCHARF (1995): Vergleich der Methoden zur Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität. *Herzsch. Elektrophys.* 5, S. 25-29
- MERL, S., S. SCHERZER, R. PALME u. E. MÖSTL (2000): Pain causes increased concentrations of glucocorticoid metabolites in horse feces. *J. Equine. Vet. Sci.* 20, S. 586-590
- MILLS, D. S. u. K. J. NANKERVIS (1999): *Equine Behaviour: Principles & Practice*. Blackwell Science, Oxford, London, Edinburgh
- MÖSTL, E. (2000): Spezielle Endokrinologie. In: ENGELHARDT, W. von u. G. H. BREVES (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere*. Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart, S. 497-514
- MÖSTL, E., S. MESSMANN, E. BAGU, C. ROBIA u. R. PALME (1999): Measurement of Glucocorticoid Metabolite Concentrations in Faeces of Domestic Livestock. *J. Vet. Med. A* 46, S. 621-631
- MÖSTL, E. u. R. PALME (2002): Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology* 23, Nr. 1-2, S. 67-74
- MÖSTL, E. u. R. PALME (2004): Measuring fecal steroid metabolites with enzyme immunoassays (EIA) on microtitre plates using biotinylated steroids as labels. UVW Wien, (unveröffentlicht)
- MÖSTL, E. u. R. PALME (2005): Short overview of our recent work in non-invasive monitoring of glucocorticoid production.
URL: http://www.vu-wien.ac.at/biochemie/content/e475/e477/e714/index_ger.html (12.07.2005)
- MOHR, E., E. WITTE u. B. VOSS (2000): Heart rate variability as stress indicator. *Arch. Tierz.* 43, S. 171-176
- MORAWETZ, E. (2000): Alles über Einstreu. *Pferderevue* 4, S. 40-44
URL: http://www.pferderevue.at/index.php?module=prnews&func=artshow&art_id=399727#top (27.04.2006)
- MORRIS, D. (1998): *Horsewatching*. Wilhelm Heyne Verlag, München
- MÜCK, H. (2006): Was bedeuten die gemessenen Daten?
URL: http://www.dr-mueck.de/HM_HRV/HM_HRV-Bedeutung.htm (22.08.2006)
- NISKANEN, J.-P., M.P. TARVAINEN, P.O. RANTA-AHO u. P.A. KARJALAINEN (2002): Software for advanced HRV analysis. University of Kuopio Department of Applied Physics report series 2, S. 1-11
URL: <http://it.uku.fi/biosignal/pdf/HRVdeprep.pdf> (03.08.2004)

- NORDMANN, B. (2005): Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität bei zweijährigen Stuten in der Freilaufanlage. Halle-Wittenberg, Diplomarbeit
- OHMURA, H., A. HIRAGA, H. AIDA, M. KUWAHARA u. H. TSUBONE (2002): Effects of initial handling and training on autonomic nervous function in young Thoroughbreds. *Am. J. Vet. Res.* 63, Nr. 11, S. 1488-1491
- PALME, R., P. FISCHER, H. SCHILDORFER u. M.N. ISMAIL (1996): Excretion of infused ¹⁴C-steroid hormones via faeces and urine in domestic livestock. *Anim. Reprod. Sci.* 43, Nr. 1, S. 43-63
- PALME, R. u. E. MÖSTL (2001): Bestimmung von Kortisolmetaboliten im Kot von Nutztieren zur nichtinvasiven Erfassung von Belastungen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2000, KTBL-Schrift. S. 9-17
- PICK, M. (1994): Pferdehaltung und Tierschutz. *Tierärztl. Umsch.* 49, Nr. 5, S. 259-262
- PICK, M. (1999): Ausrüstungen, Zwangsmaßnahmen und sonstige Hilfsmittel im Galopprennsport. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* 106, Nr. 4, S. 179-182
- PIOTROWSKI, J. (1989): Tiergerechte Pferdehaltung : Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit individueller Vorratsfütterung. In: KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1988. KTBL-Schrift Nr. 336, S. 150-162
- PIOTROWSKI, J. (1992): Gestaltung von Auslauf-Haltungssystemen für Pferde auf der Grundlage von Wahlverhaltensuntersuchungen. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT PFERDESCHUTZ IM PFERDESPORT DER TIERÄRZTLICHEN VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ E.V. (Hrsg.): 1. Seminar der Arbeitsgemeinschaft zum Thema Haltung und Nutzung des Pferdes aus der Sicht des Tierschutzes - Zusammenfassung der Referate.
- PIOTROWSKI, J. u. P. KREIMEIER (1998): Pferde-Auslaufhaltung. Bauen für die Landwirtschaft 1, S. 8-12
- PIRKELMANN, H. (1991): Baulich-technische Einrichtungen und Arbeitswirtschaft in der Pferdehaltung. In: PIRKELMANN, H. (Hrsg.): Pferdehaltung, 2. Aufl. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 74-164
- PIRKELMANN, H. (1992): Tierschutzgerechte Haltungssysteme für Pferde. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT PFERDESCHUTZ IM PFERDESPORT DER TIERÄRZTLICHEN VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ E.V. (Hrsg.): 1. Seminar der Arbeitsgemeinschaft zum Thema Haltung und Nutzung des Pferdes aus der Sicht des Tierschutzes - Zusammenfassung der Referate.
- PIRKELMANN, H. (1993): Tierschutzgerechte Haltungssysteme für Pferde. *Tierärztl. Umsch.* 48, Nr. 5, S. 306-311

- PIRKELMANN, H. (2002a): Neuere Entwicklungen für Pferdegerechte Haltungssysteme. Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Grub/München 863, S. 2-14
- PIRKELMANN, H. (2002b): Tiergerechte Haltung von Pferden. In: W. METHLING u. J. UNSHELM (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleitieren. Parey Buchverlag, Berlin, S. 525-544
- PORGES, S.W. (1995): Cardiac Vagal Tone - A Physiological Index of Stress. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 19, Nr. 2, S. 225-233
- RAPP, H. J. (1991): Untersuchungen in Reithallen und an verschiedenen Reitbahnbelägen unter dem Aspekt der Atemwegsbelastung beim Pferd. Gießen, Diss.
- REHM, G. (1981): Auswirkungen verschiedener Haltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität und auf die soziale Aktivität bei Hauspferden. In: DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG u. K. ZEEB (Hrsg.): Aktuelle Aspekte der Ethologie in der Pferdehaltung. FN-Verlag, Warendorf, S. 81-101
- REICHERT, J. (1990): Zu Angebot und Nachfrage in der Pferdehaltung. In: AGRAR-SOZIALE GESELLSCHAFT E.V. (Hrsg.): Gebrauchspferdehaltung in landwirtschaftlichen Betrieben. ASG-Kleine Reihe Nr. 41, Göttingen, S. 5-16
- RIEDER, S., I. BACHMANN, C. MAU u. K. KRUEGER (2006): Skript zur Vorlesung Pferdezucht - Pferdehaltung. Zürich, Schweiz
URL: <http://www.zb.ethz.ch/staff/rieder/Vorlesungsscripts/skript-pferdezucht-pferdehaltung-rieder-2006.pdf> (20.04.2006)
- RIETMANN, T. R. (2003): Die Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) zur nicht-invasiven, quantitativen Erfassung von Stress beim Pferd. Zürich, Diss.
- RIETMANN, T.R., A.E.A. STUART, P. BERNASCONI, M. STAUFFACHER, J.A. AUER u. M.A. WEISHAUPT (2004): Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, Nr. 1-2, S. 121-136
- RODEWALD, A. (1989): Fehler bei der Haltung und Nutzung als Schadensursache bei Pferden in Reitbetrieben. München, Diss.
- RÖWER & RÜB (2005): Pferdesportsysteme. Firmenunterlagen
URL: <http://www.roewer-rueb.de> (16.06.2005)
- ROTTMAN, J.N., R.C. STEINMANN, P. ALBRECHT, J.T. BIGGER, L.M. ROLNITZKY u. J.L. FLEISS (1990): Efficient estimation of the heart period power spectrum suitable for physiologic or pharmacologic studies. *Am. J. Cardiol.* 66, S. 1522-1524
- SACHSEN-COBURG UND GOTHA, V. Prinzessin von (1991): Planung eines Trainingszentrums für Galopprennpferde unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufhaltung. Gießen, Diss.

- SACHVERSTÄNDIGENGRUPPE TIERSCHUTZGERECHTE PFERDEHALTUNG, BMELV (1995): Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (Hrsg.), Bonn
- SAMBRAUS, H.H. (1975): Ethologie der landwirtschaftlichen Nutztiere. Schweiz. Arch. Tierheilkd. 117, S. 193-218
- SAUL, J.P. (1990): Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. News Physiol. Sci. 5, Nr. 1, S. 32-37
- SCHÄFER, M. (1991): Ansprüche des Pferdes an seine Umwelt. In: PIRKELMANN, H. (Hrsg.): Pferdehaltung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 15-73
- SCHÄFER, M. (1999): Bewegungsbedingte Myopathien. In: DIETZ, O. u. B. HUSKAMP (Hrsg.): Handbuch Pferdepraxis. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 815-817
- SCHATZ, S. (2000): Bestimmung von Kortisolmetaboliten im Kot von Katzen und Hunden: eine nicht invasive Methode zur Erhebung von Belastung. Wien, Diss.
- SCHNITZER, U. u. L. KOLTER (1981): Auswirkungen des Sozialverhaltens der Pferde beim Stallbau. In: DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG u. K. ZEEB (Hrsg.): Aktuelle Aspekte der Ethologie in der Pferdehaltung. FN-Verlag, Warendorf, S. 45-62
- SCHULZ, L.-C. u. K. DÄMMRICH (1991): Gelenke. In: SCHULZ, L.-C.H. (Hrsg.): Pathologie der Haustiere. Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 727-757
- SEIDENSTICKER, C. (1999): Abgangsursachen entschädigter Pferde einer Tierversicherung aus den Jahren 1990 - 1995. Hannover, Diss.
- SILBERNAGL, S. u. A. DESPOPOULOS (1991): Endokrines System und Hormone. In: Taschenatlas der Physiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, München, S. 232-271
- SOMMER, H., C. VELTJENS u. U. FELBINGER (1988): Die häufigsten Erkrankungen bei deutschen Warmblutpferden. Tierärztl. Umsch. 43, S. 546-550
- STEINHARDT, M. u. H.-H. THIELSCHER (1999): Reaktionsmuster von Tieren auf gewohnte und ungewohnte Ereignisse. Cortisol im Blutplasma und Speichel von Kälbern im Alter von 60 Lebenstagen bei Nahrungsaufnahme, Transport und temporärer Separation. Landbauforschung Völkenrode 1999, Nr. 4, S. 192-199
- TASK FORCE (1996): Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. Circulation 93, Nr. 5, S. 1043-1065

- TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ (2004): Positionspapier zu den "Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten". Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V., Arbeitskreis Pferde (TVT)
- TILGER, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren. München, Diss.
- TSCHANZ, B. (1997): Befindlichkeit von Tieren - ein Ansatz zu ihrer wissenschaftlichen Beurteilung, Teil 1. Tierärztl. Umsch. 52, Nr. 1, S. 15-22
- TSUJI, H., F.J. VENDITTI, E.S. MANDERS, J.C. EVANS, M.G. LARSON, C.L. FELDMAN u. D. LEVY (1996): Determinants of heart rate variability. J. Am. Coll. Cardiol. 28, Nr. 6, S. 1539-1546
- TUCHSCHERER, M. u. G. MANTEUFFEL (2000): Die Wirkung von psychischem Stress auf das Immunsystem. Ein weiterer Grund für tiergerechte Haltung (Übersichtsreferat). Arch. Tierz. 43, Nr. 6, S. 547-560
- VERBAND HANNOVERSCHER WARMBLUTZÜCHTER e. V. (2005): Spitzenpferd bringt 260.000 Euro bei Verdens 113. Elite-Auktion. URL: <http://www.hannoveraner.com> (10.05.06)
- VIEDT, W. (1986): Schrittzahlen von Pferden bei unterschiedlicher Auslauffläche. Unveröffentlichtes Institutsmaterial; ILB (Institut für landwirtschaftliche Bauforschung) Braunschweig, zit. nach F. FRENTZEN (1994)
- VISSER, E.K., C.G.v. REENEN, J.T.N.v.d. WERF, M.B.H. SCHILDER, J.H. KNAAP, A. BARNEVELD u. H.J. BLOKHUIS (2002): Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. Physiol. Behav. 76, S. 289-296
- VOSS, B. (2002): Aquatraining - Auswirkungen auf ausgewählte Blutparameter und die Herzfrequenzvariabilität beim Pferd -. Berlin, Diss.
- VOSS, B. (2006): Magengeschwüre beim Pferd bleiben oft unerkannt. Pferdebetrieb 3, S. 18-19
- WALKER, J.W., R.K. HEITSCHMIDT u. S.L. DOWHOWER (1985): Evaluation of Pedometers for Measuring Distance Traveled by Cattle on 2 Grazing Systems. Journal of Range Management 38, Nr. 1, S. 90-93
- WALTER, J. u. R. DINSE (2001): Belastungen des Stallklimas als Ursache für Atemwegserkrankungen beim Pferd. Pferdeland Sonderausgabe (2.Pferdetag in Mecklenburg-Vorpommern) S. 31-37
- WARAN, N. K. (2001): The Social Behaviour of Horses. In: KEELING, L.J. u. H.W. GONYOU (Hrsg.): Social Behaviour in Farm Animals. Cabi Publishing, S. 247-274
- WICHERT, B. (2005): Pferde richtig füttern. BVET-Magazin Nr. 5/2005, S. 26-28
- WIESNER, E. u. R. RIBBECK (2000): Lexikon der Veterinärmedizin. 4. Aufl., Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart

- WILKE, A. (2003): Der Einfluss von Aufzucht und Haltung auf das Auftreten von Osteochondrose (OC) beim Reitpferd. Hannover, Diss.
- WILKE, A. u. E. BRUNS (2004): Der Einfluss von Wachstum und Bewegung auf das Auftreten von Osteochondrose (OC) beim Fohlen. In: DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V. (Hrsg.): Göttinger Pferdetage '04, Zucht und Haltung von Sportpferden. Göttingen, S. 125-143
- WITTE, E. (2001): Herzfrequenzvariabilität beim Pferd in Ruhe und nach Belastung. Berlin, Diss.
- ZEEB, K. (1990): Pferdeverhalten im Hinblick auf Haltung und Ausbildung. In: Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren. Tagung der Fachgruppe Verhaltensforschung d. Dtsch. Veterinärmed. Ges. Grub, S. 59-72
- ZEEB, K. (1991): Verhaltensstörungen bei Pferden. In: E. WIESNER (Hrsg.): Handlexikon der tierärztlichen Praxis. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 898a-898m
- ZEEB, K. (1992): Das Bedarfsdeckungs- und Schadensvermeidungskonzept am Beispiel der Fortbewegung von Pferden. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT PFERDESCHUTZ IM PFERDESPORT DER TIERÄRZTLICHEN VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ E.V. (Hrsg.): 1. Seminar der Arbeitsgemeinschaft zum Thema Haltung und Nutzung des Pferdes aus der Sicht des Tierschutzes - Zusammenfassung der Referate.
- ZEEB, K. u. U. SCHNITZER (1978): Pferdeverhalten und Pferdehaltung. In: GRAMATZKI, F.H. (Hrsg.): Handbuch Pferde. Verlag H. Kamlage, Osnabrück, S. 313-339
- ZEITLER-FEICHT, M.H. (1993): Mindestanforderungen an die Beleuchtung und Stallluft in der Pferdehaltung unter Tierschutzgesichtspunkten. Tierärztl. Umsch. 48, Nr. 5, S. 311-317
- ZEITLER-FEICHT, M.H. (1996): Mindestanforderungen an die Gruppenhaltung von Pferden unter Tierschutzgesichtspunkten. Tierärztl. Umsch. 51, Nr. 10, S. 611-614
- ZEITLER-FEICHT, M.H. (2001a): Durch Haltungssysteme bedingte Verhaltensstörungen beim Pferd. Pferdeland Sonderausgabe (2. Pferdetag in Mecklenburg-Vorpommern), S. 5-10
- ZEITLER-FEICHT, M.H. (2001b): Ethologie des Pferdes als Grundlage einer artgerechten Haltung. Pferdeland Sonderausgabe (2. Pferdetag in Mecklenburg-Vorpommern), S. 11-16
- ZEITLER-FEICHT, M.H. (2001c): Handbuch Pferdeverhalten. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- ZIMMERMANN, W. (2005): Przewalskipferde auf dem Weg zur Wiedereinbürgerung - Verschiedene Projekte im Vergleich -. Zeitschrift des Kölner Zoos 48, Nr. 4, S. 183-209

ANHANG**I Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Przewalskipferde im Gobi Nationalpark, Mongolei (Foto: Zimmermann)	3
Abbildung 2: Pferdehaltungssysteme (nach ARNEMANN 2003)	9
Abbildung 3: Kriterien für tiergerechte und rationelle Verfahren der Pferdehaltung (PIRKELMANN 2002b)	18
Abbildung 4: Zeitbudget von Pferden in Abhängigkeit ihrer Haltungsform (nach DUNCAN 1980; KILEY-WORTHINGTON 1990)	37
Abbildung 5: Schematische Darstellung des Prinzips der Signaldekomposition in die periodischen Bestandteile (HORN 2003)	54
Abbildung 6: Schema der Sekretion, Metabolisierung und Exkretion der Glucocorticoide (MÖSTL u. PALME 2002)	60
Abbildung 7: Luftaufnahme der Versuchsanlage mit Führanlage (Foto: Fröhnel) ...	71
Abbildung 8: Grundriss der Versuchsanlage (Grafik: Kröckel)	72
Abbildung 9: Unbegrünte Koppel	73
Abbildung 10: Pferde auf der Weide	74
Abbildung 11: Querschnitt durch eine Freilauf-Führanlage zur Veranschaulichung des zur Verfügung stehenden Systems (RÖWER & RÜB 2005)	74
Abbildung 12: Kennzeichnung der Pferde mit 9%igem Wasserstoffperoxid	77
Abbildung 13: Einzel-Auslaufhaltung	83
Abbildung 14: Gruppen-Auslaufhaltung	83
Abbildung 15: Freilauf-Führanlage	85
Abbildung 16: Verdopplung des täglich zugänglichen Auslaufs im weiterführenden Versuch (Versuchsgruppe 4)	86
Abbildung 17: HRV-Messvorrichtung	89
Abbildung 18: Positionierung der Messvorrichtung und der Elektroden (Kreissymbole) am Pferd	89
Abbildung 19: Ansicht der Herzfrequenz-Kurve mit Polar Precision Performance Software	90

Abbildung 20: Auswertungsbogen mit den Ergebnissen des Programms „Heart Rate Analysis“	92
Abbildung 21: Analysenwaage	96
Abbildung 22: Probenaufbereitungssystem	96
Abbildung 23: Mikrotestplatten-Schüttler	98
Abbildung 24: Mikrotestplatten-Photometer	99
Abbildung 25: Aufnahmetechnik und Bildschirmansicht der Videoaufzeichnung in der Gruppenhaltung.....	100
Abbildung 26: Bildschirmansicht der Videoaufzeichnung in der Einzelhaltung.....	101
Abbildung 27: Videoauswertung zur Verhaltensanalyse	102
Abbildung 28: ALT-Pedometer	104
Abbildung 29: Befestigung der Pedometer am Hinterbein der Pferde	104
Abbildung 30: HF-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot	111
Abbildung 31: Verteilung der HF-Werte in Untergruppe I (Box Plot).....	113
Abbildung 32: Verteilung der HF-Werte in Untergruppe II (Box Plot).....	114
Abbildung 33: HF-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in den Varianten Weide und Führanlage	116
Abbildung 34: Mittelwert der SD2-Daten von 24 Pferden in den fünf Versuchsvarianten.....	118
Abbildung 35: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot	119
Abbildung 36: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen in den Varianten der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung und mit Bewegung auf einer unbegrünten Koppel oder einer Weide	120
Abbildung 37: Verteilung der SD2-Werte in Untergruppe I (Box Plot).....	121
Abbildung 38: Verteilung der SD2-Werte in Untergruppe II (Box Plot).....	123
Abbildung 39: SD2-Mittelwertvergleich zweier Untergruppen während der Varianten Weide und Führanlage	125
Abbildung 40: Mittelwert der Cortisolmetaboliten in der Anfangsprobe und während der Versuchsvarianten	126

Abbildung 41: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen in der Einzel- und Gruppen-Auslaufhaltung jeweils ohne Bewegungsangebot.....	128
Abbildung 42: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen in den Varianten der Gruppenhaltung ohne Zusatzbewegung und mit Bewegung auf einer unbegrüntem Koppel oder Weide	130
Abbildung 43: Mittelwertvergleich der Cortisolmetabolitenkonzentration zweier Untergruppen während der Varianten Weide und Führanlage	132
Abbildung 44: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in Versuchsgruppe 1 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes) ..	136
Abbildung 45: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in Versuchsgruppe 2 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes) ..	138
Abbildung 46: Zeitverteilung des Pferdeverhaltens in den Versuchsgruppen 3 und 4 (Videoanalyse über jeweils 8 Std. während des Stallaufenthaltes)	140
Abbildung 47: Prozentualer Zeitanteil der Verhaltensweisen Bewegen, Liegen und Stehen in den Versuchsgruppen 1 bis 4	141
Abbildung 48: Streuung der Bewegungsaktivität in den Versuchsgruppen 3 und 4	143
Abbildung 49: Prozentuale Zeitverteilung der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) während der Varianten ohne zusätzlicher Bewegung	148
Abbildung 50: Prozentuale Zeitverteilung der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) während der Varianten mit zusätzlicher Bewegung	149
Abbildung 51: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppe 3 nach Varianten	150
Abbildung 52: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppe 4 (ohne Ebba) nach Varianten	151
Abbildung 53: Durchschnittliche Bewegungsaktivität der Versuchsgruppen 3 und 4 (ohne Ebba) nach Varianten	154
Abbildung 54: Bewegungsaktivität (in Min. / 24 Std.-Tag) unterteilt nach Pferden der Versuchsgruppe 3	155
Abbildung 55: Bewegungsaktivität (in Min. / 24 Std.-Tag) unterteilt nach Pferden der Versuchsgruppe 4	156
Abbildung 56: Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 4 (ohne Ebba) bei verschiedenen Platzangeboten und ohne zusätzliche Bewegung	157

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktionsräume frei lebender Equiden (nach ARNEMANN 2003)	4
Tabelle 2: Empfohlene Mindestabmessungen verschiedener Pferdehaltungssysteme (Sachverständigengruppe tierschutzgerechte Pferdehaltung, BMELV 1995; Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz, TVT 2004)	15
Tabelle 3: Häufigkeit der Erkrankungen und Abgangsursachen bei Pferden (nach verschiedenen Quellen).....	29
Tabelle 4: Täglich zurückgelegte Wegstrecken unter natürlichen, naturnahen und Stallhaltungs-Bedingungen	38
Tabelle 5: Definitionen der wichtigsten Parameter der HRV-Analyse im Zeitbereich (nach HOTTENROTT 2001)	52
Tabelle 6: Definitionen der Parameter der HRV-Frequenzanalyse (nach HOTTENROTT 2001)	55
Tabelle 7: Name, Geburtsdatum, Abstammung und Fellfarbe der Versuchspferde, sowie ihr Alter zu Beginn und am Ende der mit ihnen durchgeführten Versuchsphasen.....	76
Tabelle 8: Haltungsform und Bewegungsangebot der einzelnen Versuchsvarianten	82
Tabelle 9: Bewegungsprogramm und zurückgelegte Strecke in der Freilauf-Führanlage	85
Tabelle 10: Zeitraum der einzelnen Versuchsvarianten (inkl. Anpassungs- und Versuchsphase).....	87
Tabelle 11: Ausgewählte Frequenzbereiche für HRV-Analysen bei Pferden (nach KUWAHARA et al. 1996)	94
Tabelle 12: Ermittelte Parameter der Herzfrequenzvariabilität während der Versuchsvarianten	109
Tabelle 13: Untergruppen bezüglich der HF-Analyse in der Gruppenhaltung	112
Tabelle 14: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der HF-Ergebnisse bei Untergruppe I (s. Tab. 13)	114
Tabelle 15: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der HF-Ergebnisse bei Untergruppe II (s. Tab. 13)	115
Tabelle 16: Untergruppen bezüglich der SD2-Analyse in der Gruppenhaltung.....	121

Tabelle 17: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der SD2-Ergebnisse bei Untergruppe I (s. Tab. 16)	122
Tabelle 18: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der SD2-Ergebnisse bei Untergruppe II (s. Tab. 16)	124
Tabelle 19: Multipler Mittelwertvergleich (Cortisolmetaboliten) zwischen der Anfangsprobe und den Versuchsvarianten	127
Tabelle 20: Untergruppen bezüglich der Cortisol-Analyse in der Gruppenhaltung..	129
Tabelle 21: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Cortisolmetabolitenkonzentration bei Untergruppe I (s. Tab. 20).....	131
Tabelle 22: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Cortisolmetabolitenkonzentration bei Untergruppe II (s. Tab. 20).....	131
Tabelle 23: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 1	134
Tabelle 24: Multipler Mittelwertvergleich der per Video analysierten Bewegungszeit während des Stallaufenthaltes in Versuchsgruppe 1	135
Tabelle 25: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 2	137
Tabelle 26: Videoanalyse der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 3 und 4	139
Tabelle 27: Verteilung der Gesamtbewegungsaktivität auf die Pferde der Versuchsgruppe 3.....	144
Tabelle 28: Verteilung der Gesamtbewegungsaktivität auf die Pferde der Versuchsgruppe 4.....	144
Tabelle 29: Übersicht über die Bewegungsaktivität und die mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachte Zeit der Versuchsgruppe 3.....	146
Tabelle 30: Übersicht über die Bewegungsaktivität und die mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachte Zeit der Versuchsgruppe 4.....	147
Tabelle 31: Unkorrigierte Werte der Bewegungsaktivität und der mit Bewegung, Liegen und Stehen bzw. Fressen verbrachten Zeit der Versuchsgruppen 3 und 4 während der Versuchsvariante „Führanlage“	147
Tabelle 32: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 3.....	152
Tabelle 33: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität in Versuchsgruppe 4	153
Tabelle 34: Multipler Mittelwertvergleich (Scheffé-Test) der Bewegungsaktivität im weiterführenden Versuch	158

III Abkürzungsverzeichnis

µl	Mikroliter	m ²	Quadratmeter
°C	Grad Celsius	ms	Millisekunden
Abb.	Abbildung	n	Stichprobenzahl
ALT	Aktivität, Liegezeit, Temperatur (Messparameter der Pedometer)	nm	Nanometer
Bew.	Bewegung	nmol	Nanomol
bidest.	zweifach destilliert	Nr.	Nummer
bzw.	beziehungsweise	n.u.	normalized units
ca.	circa	PC	Personal Computer
cm	Zentimeter	pNN50	Prozentsatz aufeinander- folgender RR-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen
DOA	Dioxoandrostane	RR	Abstand zweier Herzschläge
EH	Einzelhaltung	s.	siehe
EKG	Elektrokardiogramm	S.	Seite
et al.	et alii (und andere)	s. a.	siehe auch
etc.	et cetera (und so weiter)	SD1 / SD2	Standardabweichung der Punktabstände zum Quer- durchmesser (SD1) / zum Längsdurchmesser (SD2) einer Vertrauensellipse
evtl.	eventuell	sq. m	square metre
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft	Std.	Stunde (n)
GH	Gruppenhaltung	Tab.	Tabelle
ha	Hektar	unb. / unbegr.	unbegrünt
HF	High Frequency (Hoch- frequente Spektraldichte)	Var.	Versuchsvariante
HRV	Herzfrequenzvariabilität	vergr.	vergrößert
Hz	Hertz	VLF	Very Low Frequency (Sehr niederfrequente Spektraldichte)
insg.	insgesamt	Wh	Widerristhöhe
kg	Kilogramm	z. B.	zum Beispiel
km/h	Kilometer pro Stunde	z. T.	zum Teil
LF	Low Frequency (Nieder- frequente Spektraldichte)		
m	Meter		
mg	Milligramm		
Min.	Minute (n)		

IV Bezugsquellen für Chemikalien und Antikörper

Carl Roth GmbH & Co, Karlsruhe

Diethylether

Dimethylsulfoxid

Methanol

Rinderserumalbumin (Albumin Fraktion V, biotinfrei)

Tetramethylbenzidin

Tween 80

Wasserstoffperoxid (H_2O_2)

E. Merck, Darmstadt

Natriumacid (NaN_3)

Natriumcarbonat (Na_2CO_3)

Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3)

Salzsäure (HCl), 37 %

Schwefelsäure (H_2SO_4), 95-97 %

Trishydroxymethylaminomethan

Fluka Chemie AG, CH-Buchs

Citronensäure

Institut für Biochemie, Veterinärmedizinische Universität Wien

Schlüsselchemikalien zur Herstellung der Coating AB-Lösung („Coating AK“),
der Standard-Verdünnungsreihe („Standard“),
der Enzymlabel-Lösung („EL“) und
der Antibody-Lösung („AK“).

Merck-Schuchardt, Hohenbrunn

Tween 20

Riedel-De Haën AG, Seelze-Hannover

Natriumacetat

Natriumchlorid (NaCl)

Roche Diagnostics GmbH, Penzberg

Streptavidin POD-Konjugat

V Lösungen und Puffer

Natriumhydrogencarbonat-Lösung (5 %ig)

5,0 g NaHCO₃

ad 100 ml Aqua bidest.

Coating Buffer

1,59 g Na₂CO₃

2,93 g NaHCO₃

ad 500 ml Aqua bidest.

mit ca. 10 ml HCL-Lösung auf pH 9,6 einstellen,

ad 1000 ml Aqua bidest.

HCL-Lösung (1 mol/l)

920 ml Aqua bidest.

80 ml 37% HCL

Coating AB-Lösung

1 Eppendorfröhrchen „Coating AK“

2 ml Aqua bidest.

gut aufschütteln und 20 Min. stehen lassen,

250 ml Coating Buffer zugeben, aufschütteln und mind. 20 Min.

stehen lassen.

Second Coating Buffer

1,21 Trishydroxymethylaminomethan

8,96 g NaCl

5,0 g Rinderserumalbumin

0,5 g Natriumazid

in ca. 190 ml Aqua bidest. lösen,

mit ca. 15 ml HCL-Lösung auf pH 7,5 einstellen,

ad 500 ml Aqua bidest.

Waschlösung

0,4 ml Tween 20

mit 2000 ml Aqua bidest. vermischen.

Assay Buffer

2,42 g Trishydroxymethylaminomethan

17,9 g NaCl

1 g Rinderserumalbumin

1 ml Tween 80

in 500 ml Aqua bidest. lösen,

mit ca. 17 ml HCL-Lösung auf pH 7,5 einstellen,

ad 1000 ml Aqua bidest.

Citronensäure-Lösung (5 %ig)

5,0 g Citronensäure
ad 100 ml Aqua bidest.

Substratpuffer

1,36 g Natriumacetat
in 500 ml Aqua bidest. lösen,
mit 5%iger Zitronensäure-Lösung auf pH 5,0 einstellen,
ad 1000 ml Aqua bidest.

Standard-Verdünnungsreihe

1 Eppendorfröhrchen „Standard“
in 200 µl Assay Buffer gut aufschütteln und mind. 20 Min. stehen lassen
(Konzentration = 1250 pg / 10 µl);
davon 150 µl mit 600 µl 1:5 verdünnen (Konzentration = 1250 pg / 50 µl);
dann 9 Verdünnungen in Schritten 1:2,5 vornehmen (100 µl + 150 µl Assay Buffer),
nach jedem Verdünnungsschritt gut aufschütteln,
Verdünnungsreihe mind. 20 Min. stehen lassen
(Konzentrationen der Standard Eichkurve:
0,33; 0,82; 2,05; 5,12; 12,8; 32; 80; 200; 500 pg / 50 µl).

Enzymlabel-Lösung

1 Eppendorfröhrchen „EL“
in 100 µl Methanol gut aufschütteln und mind. 20 Min. stehen lassen,
dann in 200 ml Assay Buffer aufschütteln und mind. 20 Min. stehen lassen.

Antibody-Lösung

1 Eppendorfröhrchen „AK“
in 100 µl Aqua bidest. gut aufschütteln und mind. 20 Min. stehen lassen
dann in 200 ml Assay Buffer aufschütteln und mind. 20 Min. stehen lassen.

Enzymlösung mit Streptavidin-Peroxidase

30 ml Assay Buffer
1 µl Streptavidin-POD-Konjugat

Substratlösung für Peroxidase

30 ml Substratpuffer
0,5 ml Tetramethylbenzidin, 0,4%ig
(= 0,1 g Tetramethylbenzidin in 25 g Dimethylsulfoxid)
0,1 ml H₂O₂, 0,6%ig
(= 0,1 ml H₂O₂ [30%] in 5 ml Aqua bidest.)

Stopreagenz-Lösung (2 mol/l)

900 ml Aqua bidest.
100 ml H₂SO₄ (95-97%)

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen, die mir bei der Erstellung dieser Doktorarbeit mit Wissen und Tat zur Seite gestanden haben, sehr herzlich bedanken!

Mein Dank gilt Herrn **Prof. Dr. F.-J. Bockisch**, der es mir ermöglicht hat, an dem von ihm geleiteten Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL Braunschweig, meine Doktorarbeit anzufertigen. Besonders bedanken möchte ich mich bei ihm und Herrn **Peter Kreimeier** für die jederzeit gewährte wertvolle Unterstützung, die persönliche und sehr freundliche Betreuung bei der Planung und Durchführung der Versuche sowie für ihre Hilfe bei der Abfassung der Arbeit.

Ebenso danke ich **Herrn Prof. Dr. G. Erhardt** für die freundliche Übernahme und Vertretung dieser Dissertation im Fachbereich Veterinärmedizin.

Allen **Mitarbeitern** und **Doktoranden/innen des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung** danke ich für die ständigen Aufmunterungen, die vielseitigen Hilfestellungen und die großzügige Unterstützung während der gesamten Zeit.

Ebenso danke ich **Herrn Dr. Jacobs** und **Herrn Schäfer**, dass sie ihre Pferde für die Versuche zur Verfügung gestellt haben. Und natürlich sei den 24 „Mädels“ gedankt, dass sie (auch in der Nacht) so artig kooperiert und alles geduldig ertragen haben.

Frau Dr. Oldenburg gilt mein besonderer Dank, da sie es mir ermöglicht hat, in ihrem Labor des Instituts für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft (FAL Braunschweig) die fäkale Cortisolmetabolitenkonzentration zu bestimmen. Ich danke ihr für die nette Hilfestellung bei der Einarbeitung und Durchführung dieser Untersuchungsmethode. **Herrn Möstl** und **Herrn Palme** des Instituts für Biochemie der Veterinärmedizinischen Universität Wien danke ich für die kostenlose Bereitstellung der dazu notwendigen Schlüsselchemikalien.

Herrn Dr. Brehme und **Herrn Stollberg** des Leibniz Instituts für Agrartechnik in Potsdam-Bornim sei gedankt für die Bereitstellung der ALT-Pedometer und die Unterstützung bei der Inbetriebnahme und Bedienung des Messsystems.

Ebenso danke ich der **Firma Essex**, dass sie mich mit einer großzügigen Spende ihres Produktes Wellcare Emulsion unterstützt hat im Kampf gegen die Insekten.

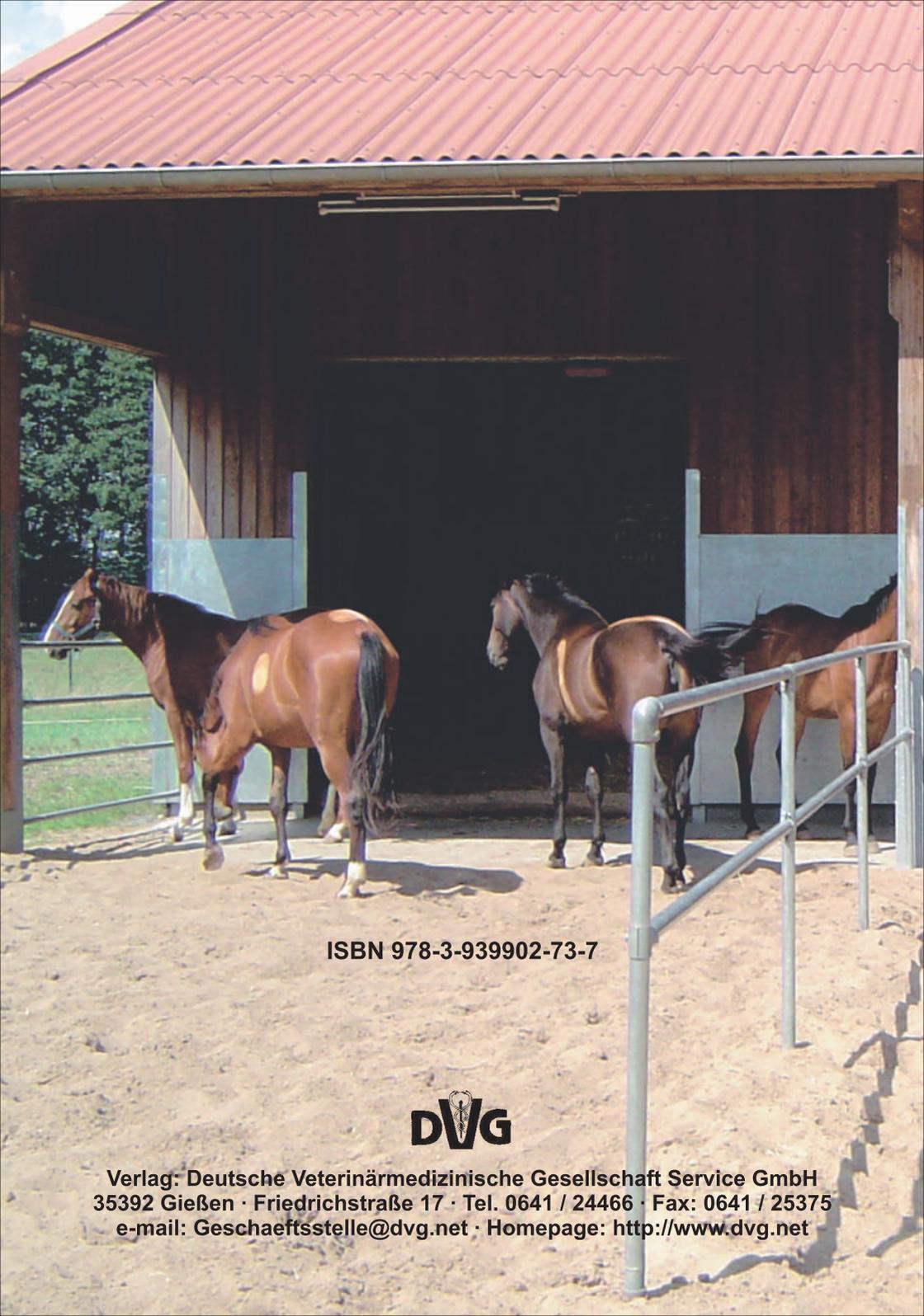
Mein herzlichster Dank gilt **meinen Eltern**, die mir mein Studium und die Promotion erst ermöglicht haben und in dieser Zeit immer für mich da waren, selbst bei der kritischen und zeitaufwendigen Durchsicht dieser Arbeit. **Meiner Schwester** und **meinen Freunden** sei gedankt für ihre Ermutigungen, ihre unermüdliche Unterstützung und ihre wertvolle Freundschaft.

ERKLÄRUNG

Ich erkläre: 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.

Braunschweig, den 10. Januar 2008

Gundula Hoffmann



ISBN 978-3-939902-73-7



Verlag: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft Service GmbH
35392 Gießen · Friedrichstraße 17 · Tel. 0641 / 24466 · Fax: 0641 / 25375
e-mail: Geschaeftsstelle@dvg.net · Homepage: <http://www.dvg.net>