

Validierung der automatischen Erfassung des Liege- und Bewegungsverhaltens von Pferden in Offenlaufställen

**Masterarbeit am Institut für Nutztierwissenschaften
im Department für Nachhaltige Agrarsysteme**

Vorgelegt von: Bakk. techn. Ursula Freisler
0445086 / 456

Erstbetreuer: Assoc. Prof. MSc. Dr. DI Elisabeth Quendler MSc.
Institut für Landtechnik

Zweitbetreuer: Univ. Prof. Dr. med. vet. Christoph Winckler
Institut für Nutztierwissenschaften
und
Mag. Dr. rer. nat. Thomas Bauer
Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	3
2	Problemstellung.....	5
2.1	Pferdehaltungssysteme.....	5
2.1.1	Einzelhaltungssysteme.....	7
2.1.2	Gruppenhaltungssysteme.....	8
2.1.3	Trend.....	11
2.2	Verhaltensweisen.....	12
2.2.1	Bewegungsverhalten.....	13
2.2.2	Liegeverhalten.....	18
2.3	Methoden zur Erfassung tierischen Verhaltens.....	22
2.3.1	Videoaufzeichnung.....	22
2.3.2	Elektronische Erfassung des Bewegungsverhaltens.....	24
2.3.3	Elektronische Erfassung des Liegeverhaltens.....	27
3	Zielsetzung.....	29
4	Material und Methode.....	30
4.1	Untersuchungsbetriebe.....	30
4.1.1	Versuchsstall A.....	30
4.1.2	Versuchsstall B.....	32
4.2	Versuchsdesign.....	34
4.2.1	Versuchszeitraum.....	34
4.2.2	Versuchsaufbau.....	34
4.3	Methodik.....	34
4.3.1	GPS.....	35
4.3.2	Liegelogger.....	37
4.3.3	Videoaufzeichnung und -analyse.....	40
4.3.4	Datenbearbeitung und statistische Analyse.....	40
5	Ergebnisse und Diskussion.....	45
5.1	Ergebnisse und Diskussion der Videoanalyse.....	45
5.1.1	Aktivität und Aufenthaltsort.....	45
5.1.2	Aktivität nach Aufenthalt.....	49

5.2	Ergebnisse und Diskussion der Liegellageraufzeichnung	56
5.3	Ergebnisse und Diskussion der GPS-Aufzeichnung.....	63
6	Schlussfolgerung.....	77
7	Weiterführende Arbeiten.....	78
8	Zusammenfassung	80
9	Abstract	82
10.	Danksagung	84
10	Literaturverzeichnis	85
11	Anhang.....	93
12	Tabellenverzeichnis.....	95
13	Abbildungsverzeichnis.....	98

1 Einleitung

Das Pferd erfreut sich in Österreich größter Beliebtheit. Egal ob als Freizeitpartner, zur Zucht oder im Sport, die Anhängerzahl steigt stetig. Dies war im Laufe der vergangenen Jahrzehnte allerdings nicht immer so. Innerhalb der vergangenen 60 Jahre variierte der Pferdebestand stark. In den 50er Jahren erlebte dieser einen großen Aufschwung, nachdem das Pferd in der Landwirtschaft und im 2. Weltkrieg unverzichtbar geworden war (Frickh 2012). Von knapp 300000 Pferden im Jahr 1946 reduzierte sich die Anzahl bis ins Jahr 1980 um das 7,5-fache auf nur mehr 40000 Stück (Statistik Austria 2009). Grund hierfür war die Ablöse der Pferde als Arbeits- und Zugtiere durch Maschinen. Seit den 1980er Jahren wächst der Pferdebestand jährlich an und erreichte im Jahr 2012 seinen Höhepunkt mit 120000 Pferden. Heute stellt das Pferd einen wichtigen Tourismus- und Wirtschaftsfaktor für Österreich dar. Die Zahl der pferdehaltenden Betriebe belief sich im Jahr 2011 auf 25000 Stück (Frickh 2012).

Im Gegensatz zur früheren Betrachtung des Pferdes als Arbeitstier hat es heutzutage als Freizeit- und Sportpartner einen anderen Stellenwert in der Gesellschaft eingenommen. Um diesem gerecht zu werden, werden an die Pferdehaltung, die Fütterung und den Umgang hohe Ansprüche gestellt. Das Wohlergehen und die Gesundheit des Pferdes, egal in welcher Branche, stehen an oberster Stelle. Moderne Pferdehaltungssysteme wie Laufställe oder Bewegungställe ermöglichen dem Pferd die Ausübung seiner natürlichen Verhaltensweisen. Um Aussagen über die Tiergerechtigkeit dieser Haltungsbedingungen treffen zu können, bedarf es einer genauen Erfassung und Auswertung der Verhaltensweisen. Hierfür dienen unter anderem Direkt- oder Videobeobachtungen, die als sehr zeit- und arbeitsintensiv eingestuft werden. Erschwerend hinzu kommt außerdem die Tatsache, dass bei einer Direktbeobachtung das Normalverhalten der Tiere durch die Anwesenheit von menschlichen Beobachtern beeinflusst werden kann und oftmals wesentliche Verhaltensweisen übersehen werden. Um die Tierbeobachtung zu erleichtern, wird in der Forschung zunehmend auf digitale Erfassungstechnik zurückgegriffen, die eine exakte Aufzeichnung des gezeigten Verhaltens voraussetzt. Für die Aufzeichnung des Liegeverhaltens bei Kühen fanden bereits unterschiedlichste Datenlogger ihren Einsatz, das Weideverhalten und die zurückgelegten Wegstrecken beim Rind wurden

bereits erfolgreich mittels GPS-Technik aufgezeichnet. Damit diese Geräte ihren Einsatz in der Praxis finden können, müssen sie auf die Qualität ihrer Aufzeichnung validiert werden. Es muss getestet werden, ob die Technik die Verhaltensweisen korrekt erfassen und ohne Verfälschungen und Verzerrungen wiedergeben kann. In der vorliegenden Studie sollten daher Bezugnehmend ein Beschleunigungs- und ein GPS-Sensor hinsichtlich der zuverlässigen Erfassung des Liege- und Bewegungsverhaltens und des Aufenthaltsortes von Pferden in Offenlaufställen validiert werden.

2 Problemstellung

In den nachfolgenden Kapiteln soll einerseits näher auf die unterschiedlichen Haltungsformen in der Pferdehaltung und andererseits auf das Bewegungs- und Liegeverhalten der Pferde unter natürlichen sowie semi-natürlichen Haltungsbedingungen eingegangen werden.

2.1 Pferdehaltungssysteme

Die einzelnen Haltungssysteme sollen eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen. Sie müssen den natürlichen Bedürfnissen der Pferde nach Bewegung, Sozialkontakt, Licht, frischer Luft und angepasster Ernährung entsprechen. Komfort-, Erkundungs- und Ruheverhalten spielen auch eine nicht unwesentliche Rolle. Grundsätzlich kann zwischen zwei Haltungssystemen unterschieden werden: der Einzelhaltung und der Gruppenhaltung (Pirkelmann et al. 2008). Eine Übersicht über alle Haltungsverfahren in der Pferdehaltung gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Haltungsverfahren für Pferde (BMELV 2009)

Einzelhaltung	
Innenbox	Einzelbox in einem Stallgebäude ohne für das Pferd zugängliche Öffnung nach draußen
Außenbox	Einzelbox in einem Stallgebäude mit einer Öffnung nach außen, durch welche das Pferd mindestens den Kopf strecken kann
Außenbox mit Kleinauslauf	Einzelbox in einem Stallgebäude mit einem ständig zugänglichen, angrenzenden Kleinauslauf
Gruppenhaltung	
Einraum-Innenlaufstall	Gruppenlaufstall im Stallgebäude ohne für die Pferde nutzbare Öffnung nach draußen
Mehrraum-Innenlaufstall	Siehe Einraumlaufstall, mit Unterteilung in Funktionsbereiche (Fress-, Trink-, Ruhe- und ev. separater Laufbereich)
Einraum-Außenlaufstall	Gruppenlaufstall im Stallgebäude mit Öffnung(en) nach außen, durch welche die Pferde Kopf und Hals strecken können
Mehrraum-Außenlaufstall	Siehe Einraum-Außenlaufstall, mit Unterteilung der Stallfläche in Funktionsbereiche (Fress-, Trink-, Ruhe-, und ev. separater Laufbereich)
Einraum-Außenlaufstall mit Auslauf (Offenlaufstall)	Gruppenlaufstall in einem Stallgebäude mit ständig zugänglichem, direkt angrenzendem Auslauf
Mehrraum-Außenlaufstall mit Auslauf (Offenlaufstall)	Gruppenlaufstall im Stallgebäude mit für die Pferde ständig zugänglichem, direkt angrenzendem Auslauf und mit Unterteilung der Fläche in Funktionsbereiche (Fress-, Trink-, Ruhe-, Laufbereich). Der Fress- und Ruhebereich sind in der Regel über den Auslauf getrennt
Weidehaltung mit Witterungsschutz	Saisonal oder ganzjährig

Die beiden in dieser Arbeit untersuchten Betriebe fallen unter die Bezeichnung „Einraum-Außenlaufstall mit Auslauf“ (Versuchsbetrieb A) und „Mehrraum-Außenlaufstall mit Auslauf“ (Versuchsbetrieb B).

2.1.1 Einzelhaltungssysteme

Einzelhaltungssysteme gelten, mit Ausnahme der Ständerhaltung, als die meist verbreitetste Haltungsform für Pferde, da sie vor allem für die menschlichen Bedürfnisse Vorteile bergen (kostengünstig, einfaches Fütterungs- und Arbeitsmanagement, bessere Kontrolle der Tiere usw.). Für das Pferd als Herdentier stellt diese Art der Haltung allerdings einen enormen Eingriff in das arttypische Verhalten dar.

Ständerhaltung

Die Anbindehaltung war für Arbeitspferde und Pferde beim Militär die häufigste Aufstallungsform in der Vergangenheit. Die Pferde kamen lediglich zu Fütterungszeiten in ihre Stände und konnten die Zeit, die sie darin verbrachten, auch als Ruhepause nutzen. Diese Form der Haltung punktete hinsichtlich des Managements mit Vorteilen wie den geringen Platzbedarf, geringen Einstreubedarf und geringen Arbeitsaufwand bei der Entmistung (Zeitler-Feicht and Buschmann 2003; Marten and Salewski 1989; Pirkelmann et al. 2008). Der heutige Wissensstand über die gesundheitliche und psychische Schäden verursachende Haltungsform führte zu einem Verbot der Ständerhaltung in Österreich, mit Ausnahme von vorübergehendem Anhängen zum Angewöhnen, während des Deckens und bei sportlichen und ähnlichen Veranstaltungen (1. Tierhaltungsverordnung BGBl. II Nr. 485/2004).

2.1.1.2 Boxenhaltung (Innen- und Außenbox)

Die Boxenhaltung gilt als die verbreitetste Haltungsform und wird von vielen Pferdehaltern bevorzugt. Obwohl diese Form der Pferdehaltung etlichen Studien zufolge nicht den arttypischen Verhaltensweisen der Pferde entspricht (Wille 2010; Hoffmann 2008; Voswinkel 2009), wird sie trotzdem von Pferdehaltern aufgrund der steten Verfügbarkeit ihres Pferdes gewählt. Außerdem kann eine individuelle Futterzuteilung erfolgen und die Pferde können besser auf ihren Gesundheitszustand überwacht werden (Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. 2003; Ahlswede et al. 2008). Die Haltung von Hengsten, unverträglichen Pferden und Pferden mit besonderen Handicaps macht die Boxenhaltung unverzichtbar (Schmidt 2011). Um die Einzelhaltung aus ethischer Sicht vertretbar zu gestalten, müssen laut Zeitler-

Feicht (2012) die Boxenabmessungen mindestens den gesetzlichen Richtlinien entsprechen, für täglich mehrere Stunden Auslauf gesorgt und ein Mindestmaß an Kontakt zu Artgenossen (Sicht-, Gehör- und Geruchskontakt) gewährleistet sein. Außerdem muss auf ein gutes Stallklima und auf trockene, eingestreute Boxen geachtet werden.

Um den Flächenansprüchen gerecht zu werden, sollte die Boxengrundfläche mindestens dem Zweifachen der quadratischen Widerristhöhe entsprechen (Löbbing 2003). Laut Österreichischer Tierhaltungsverordnung (2012) muss sie bei einem Stockmaß von 165 cm mindestens 10 m² betragen und die schmale Seite mindestens 250 cm messen.

Die Einzelhaltung kann in Einzelbox ohne Fenster, Außenbox mit Fenster und Einzelbox mit angrenzendem Paddock (engl. Paddock = Auslauf) untergliedert werden, wobei letztere Form Vorteile mit sich bringt. Gegenüber der Innen- und Außenbox wird dem Pferd eine soziale Interaktion mit dem benachbarten Artgenossen über den Zaun hinweg ermöglicht, der Bewegungsraum wird vergrößert, eine und auch die Aufnahme von Außenreizen wie Wind, Regen, Sonne und Schnee wird ermöglicht (Schmidt 2011).

2.1.2 Gruppenhaltungssysteme

Die Gruppenhaltung ist bei Pferden die artgerechteste Haltung, in der die Tiere ihren Grundbedürfnissen weitestgehend nachgehen können. Diese Haltungsform findet sich meist in der Zucht- und Pensionspferdehaltung wieder, unter den Freizeitreitern ist sie mittlerweile weitverbreitet und ebenso finden immer mehr Sportpferdereiter den positiven Aspekt daran (Zeitler-Feicht 2012).

2.1.2.1 Einraum-Innenlaufstall

Der Einraumlaufstall kommt nach Pirkelmann et al. (2008) hauptsächlich in Zuchtställen zum Einsatz. Die räumlichen Gegebenheiten eignen sich hervorragend für die Haltung von Zuchtstuten und die Aufzucht von Absatzfohlen und Jungpferden. Der Einraumlaufstall besteht meist aus einem großen rechteckigen Raum, der häufig zur Gänze eingestreut und ausgestattet mit Heuraufen, Futterkrippen und Gemeinschaftstränken ist. In der Regel haben die Laufställe direkten Zugang zur Weide, allerdings verbleiben die Pferde bei Schlechtwetter im Stall, um die Weideflächen zu schonen. Hierbei muss beachtet werden, dass ein ausreichendes

Platzangebot, angepasst an die Zahl der Pferde, zur Verfügung steht, um kritische Rangordnungskämpfe weitestgehend zu verhindern. Aus diesem Grund ist diese Art der Gruppenhaltung für stabile Pferdegruppen, wie bei der Zucht, gut geeignet. Für oft wechselnde und gemischte Herden, wie es bei Reitpferden der Fall ist, ist eine andere Form der Gruppenhaltung, zum Beispiel der Mehrraumlaufstall, vorzuziehen.

2.1.2.2 Mehrraumlaufstall

Unter dem Begriff Mehrraumlaufstall ist ein offenes Gruppenhaltungssystem zu verstehen, das nach den wichtigsten Aktivitätsbereichen gegliedert ist. Hier kann zwischen dem Mehrraum-Innenlaufstall, bei dem die Pferde keinen Zugang nach draußen haben, der Stallbereich allerdings unterteilt ist, und dem Mehrraum-Außenauslauf, bei dem der Stallbereich direkt mit dem Außenbereich verbunden ist, unterschieden werden (BMELV 2009). Unter Aktivitätsbereichen werden die wesentlichsten Funktionsbereiche wie Ruhen, Bewegen, Fressen und Trinken verstanden. Zweck dieser Strukturierung ist es, jeden Bereich funktionsgerecht zu gestalten, die Tiere auf die gesamte zur Verfügung stehenden Fläche aufzuteilen und die Bewegung der Pferde zu fördern, indem die einzelnen Bereiche weit voneinander entfernt liegen (Pirkelmann et al. 2008). Meist besteht der Mehrraumlaufstall aus einem oder mehreren Innenräumen mit mindestens zwei Ausgängen, die zum Ruhen, Fressen oder als Schlechtwetteraufenthaltort dienen (Schmidt 2011). Der empfohlene Flächenbedarf der einzelnen Funktionsbereiche kann Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Empfohlene Mindestabmessungen (BMELV 2009)

Kriterium		Mindestabmessungen pro Pferd
Innenraum		WH * 2 * 3
Liegebereich	Liegefläche im geschlossenen Laufstall	2 * WH ²
	Liegefläche im Offenlaufstall ohne Trennung von Liege- und Fressbereich	2 * WH ²
	Liegefläche im Offenlaufstall mit Trennung von Liege- und Fressbereich	2,5 - 3,0 * WH ²
Fressbereich		3 - 10 m ² je nach Anordnung (Raufenfütterung, Fressgitterfütterung, rationierte und Vorratsfütterung)
Auslauf		bis 2 Pferde: ≥ 150 m ² , für jedes zusätzliche Pferd: + 40 m ²
Deckenhöhe		1,5 * WH
Türbreite		entweder 0,8 - 0,9 m oder ≤ 1,8 m
Fressstandbreite		Becken- oder Bauchbreite plus 10 cm (durchschn. Großpferd = 80 cm)
Fressstandlänge		1,8 * WH (einschließlich der Krippe)

WH ... Widerristhöhe

Die Haltung im Mehrraumlaufstall ist für alle Pferderassen und Nutzungsformen geeignet, allerdings muss die Betriebssituation an die jeweiligen Pferdetypen angepasst werden. In erster Linie wurde diese Haltungsform für Pferde entwickelt, die unregelmäßig bewegt werden (Piotrowski 1987; Pirkelmann, Ahlswede, und Zeitler-Feicht 2008).

Wichtiger Aspekt an dieser Art der Haltung ist das großzügige Raumangebot aller Funktionsbereiche, deren strikte Trennung voneinander und das Vermeiden von toten Winkeln und Sackgassen, um bei unvermeidlichen Rangkämpfen in der Herde keine Fluchtwege zu versperren (Pirkelmann et al. 2008). Barrieren können in den Funktionsbereichen aufgebaut werden und dienen zum einen als Raumteiler, damit die Pferde bei ihrer Umgehung weitere Strecken zurücklegen müssen, zum anderen gewähren sie rangtieferen Tieren Schutz vor den ranghöheren (Piotrowski 1987).

2.1.3 Trend

Die Einzelhaltung ist in Europa nach wie vor die gebräuchlichste Haltungsform; allerdings gewinnt die Gruppenhaltung in der Pferdewirtschaft immer mehr an Bedeutung. Nach Bachmann & Stauffacher (2002) werden in der Schweiz von 2536 Pferden 83,5 % in Einzelhaltung und 16,5 % in der Gruppe gehalten. Pollmann (2005) zeigte für Deutschland, dass von insgesamt 64 befragten Betrieben bereits 44 auf Offenstallhaltung umstiegen. Von insgesamt 1165 Pferden lebten über 901 in Gruppenhaltung. Eine ältere Untersuchung von Korries (2003) über die Pferdehaltung in Niedersachsen zeigte, dass von 2.147 Pferden 94 % in Einzelhaltung und lediglich 6 % in Laufställen lebten. Der Freizeitpferdeanteil lag bei 44 %.

Etliche Studien belegen, dass die Gruppenhaltung einen deutlichen positiven Einfluss auf das Verhalten und die Gesundheit der Pferde hat. So können Offenstallpferde ihre natürlichen Verhaltensweisen (vom Bewegungsverhalten über das Spielverhalten bis hin zum Explorations- und Komfortverhalten) ohne Einschränkung ausüben. Sie leben in einem Herdenverband mit stabiler Rangordnung (Wille 2011; Piotrowski 1983; Hoffmann 2008) und leiden weniger an Störungen des Verdauungstraktes, Bewegungsapparates und der Atemwege (Szivasz 2012). Rehm (1980) untersuchte die Auswirkungen verschiedener Haltungsverfahren auf das Bewegungs- und Sozialverhalten, indem er fünf Pferde in aufeinanderfolgenden Haltungsformen (Anbinde-, Einzelbox- und Gruppenauslaufhaltung) bei ihrem täglichen Auslauf beobachtete. Die Pferde der Anbinde- und Boxenhaltung kamen zwei Stunden, und die Pferde des Gruppenauslaufs sieben Stunden täglich auf den Paddock und wurden alle für 2 Stunden beobachtet. Die Ergebnisse zeigten, dass die repulsiven Verhaltensweisen und die sozialen Aktivitäten deutlich stärker bei den Pferden der Ständer- und Boxenhaltung als bei jenen in der Gruppenhaltung waren. Bereits kurze Zeit nach dem Wechsel der Haltungsform wurde bei jedem einzelnen Pferd eine Änderung der Bewegungsaktivitäten festgestellt. Søndergaard und Ladewig 2004, die Verhaltenstests bei 20 Jungpferden aus unterschiedlichen Haltungsformen durchführten, stellten fest, dass Pferde der Gruppenhaltung schneller lernten, im Umgang einfacher waren und weniger unerwünschte Verhaltensweisen wie Beißen

und Treten gegenüber dem Trainer zeigten. Die Einzelhaltungspferde zeigten außerdem häufiger soziale Interaktionen mit dem Trainer.

In der Erhebung von Pollmann (2005) bestätigten die Pferdebesitzer die positiven Auswirkungen der Offenstallhaltung auf ihre Pferde. Die Ausprägung einer stabilen Rangordnung wurde allerdings von einigen Befragten negativ beurteilt. Einerseits stellt sie für den Umgang des Menschen mit den Pferden eine enorme Herausforderung dar, beispielsweise beim erschwerten Herausholen eines rangniedrigen Pferdes aus dem Offenstallbereich. Andererseits kann auch das Wohlbefinden rangniedrigerer Herdenmitglieder beeinträchtigt werden, vor allem im Hinblick auf das Ruheverhalten (Sambraus und Fader 2002) und die Stressbelastung (Hoffmann 2008).

Ein wichtiger Punkt des Managements eines Gruppenauslaufstalles stellt der Arbeitszeitbedarf dar. Borstel et al. (2010) verglichen den Arbeitszeitaufwand für eine Einzelbox, einen Gruppenauslaufstall und einen Bewegungsstall (Laufstallsysteme mit automatischer Fütterung, die durch räumlich getrennt voneinander liegenden Funktionsbereichen und durch mehrfach tägliche Krafffutterfütterung für mehr Bewegungsanreize der Pferde sorgen sollen) miteinander. Mit der Stoppuhr wurde die Dauer aller Rahmenarbeiten durch die direkte Messung der Arbeitsteilvorgänge erfasst. Der Gesamtarbeitszeitbedarf der Einzelbox lag mit 57,6 Arbeitskraftstunden pro Pferd und Jahr signifikant höher als der des Gruppenauslaufstalles (13,9 Arbeitskraftstunden pro Pferd und Jahr) und des Bewegungsstalles (25,0 Arbeitskraftstunden pro Pferd und Jahr). Die Arbeitszeit konnte in den Gruppenauslaufställen deutlich durch die höhere Mechanisierung und Automatisierung der Arbeitsvorgänge reduziert werden, ist aber abhängig von der Grundfläche, den Fütterungsmethoden, dem Management, dem Mechanisierungsgrad und der Tieranzahl. Nach Haidn et al. (2002) machte der Arbeitszeitbedarf für die Einzelboxenhaltung bis zu 107 Arbeitskraftstunden pro Pferd und Jahr aus, während dieser für Gruppenauslaufhaltungen deutlich weniger, zwischen 37 und 81 Arbeitskraftstunden, betrug.

2.2 Verhaltensweisen

In den nachfolgenden Kapiteln wird näher auf das für die aktuelle Studie wichtige Bewegungs- und Liegeverhalten eingegangen. Verhaltensweisen wie Sozial-,

Komfort-, Spiel-, Nahrungsaufnahme-, Sexualverhalten etc. werden im Folgenden nicht behandelt.

2.2.1 Bewegungsverhalten

Dieser Abschnitt behandelt die Bedeutung der Bewegung für die Pferde und den Einfluss des Haltungssystems auf die Bewegungsaktivität.

2.2.1.1 Bedeutung der Bewegung

In freier Wildbahn bewegen sich Pferde bis zu zwei Drittel der Zeit des Tages im langsamen Schritt mit dem Zweck der Nahrungssuche und –aufnahme. Ihr Körperbau, das Herz-Kreislaufsystem, die Atemwege und der Verdauungstrakt sind an diese Art der kontinuierlichen Fortbewegung angepasst. Lediglich 1 bis 15 % der täglichen Bewegung dienen nicht dem Zweck der Nahrungs- und Wasseraufnahme und werden dem Spielen sowie der Flucht gewidmet (Pirkelmann et al. 2008).

Aus dem Anteil der Bewegung am Zeitbudget von Wildpferden lässt sich schließen, wie eng die Bewegung und die Futteraufnahme miteinander verbunden sind. Nach den Untersuchungen von Wischer (2009) über den Tages- und Jahresrhythmus ausgewählter Verhaltensweisen einer wild lebenden Przewalskipferde-Herde verbrachten die Pferde durchschnittlich bis zu 55 % des Tages mit Grasens, 35 % mit Ruhen (im Stehen und Liegen), 4 % im Stehen und die restlichen 6 % mit sonstigen Aktivitäten, wie Spielen, Komfort und Trinken. Ähnliche Ergebnisse ermittelte Kuhne (2004) bei Untersuchungen zum Tages- und Jahresrhythmus von zehn Araberpferden, die ganzjährig auf einer Weide gehalten wurden. Die Nahrungsaufnahme nahm durchschnittlich bis zu 72 % des Tagesbudgets ein, bis zu 36 % verbrachten die Pferde ruhend und bis zu 6 % in Lokomotion. Im Gegensatz dazu verbringen Pferde in Einzelhaltung in der Box mit dreimaliger Heufütterung nur 16 % des Tagesbudgets mit Nahrungsaufnahme, 68 % stehend und 16 % liegend, während Pferde in Laufstallhaltung durchschnittlich 57 % mit Fressen und 23 % im Stehen und 10 % im Liegen verbringen (Pirkelmann et al. 2008).

Unter natürlichen Bedingungen legen die Pferde zwischen 2 und 17 km zurück, abhängig von saisonalen Weidebedingungen, Grasqualität, klimatischen Bedingungen und von den Distanzen zwischen Futter- und Wasserstellen (Zeitler-Feicht 2001). Unter Stallhaltungsbedingungen können sich je nach Aufstallungsform die täglichen Wegstrecken stark verringern (Frentzen 1994; Piotrowski 1983; Fürst u. a. 2006).

Mehrere Studien bestätigen, dass die Jahreszeit ebenfalls einen enormen Effekt auf das Bewegungsverhalten frei lebender Pferde hat. So fand Wischer (2009) heraus, dass die Lokomotion der Przewalskipferde während des Frühlings und des Winters

wesentlich höher, als während des Sommers und des Herbstes war. Grund hierfür waren die der Jahreszeit entsprechenden Vegetationsbedingungen. Voswinkel (2010) zeigte, dass die Bewegungsaktivität von 58 jungen Trabrennpferden während des Untersuchungszeitraumes von März bis Mai signifikant zunahm und zwischen November und Februar einen abnehmenden Verlauf hatte. Bei einer frei lebenden Liebenthaler Pferdeherde stellte sich heraus, dass sich die Bewegungsaktivität im Februar und März beträchtlich reduzierte, was Wollenweber (2007) mit einer für die Pferde in dieser Jahreszeit wichtigen Energieeinsparung in Verbindung brachte. Auch Temperatur und Windgeschwindigkeit haben einen bedeutenden Einfluss auf das Bewegungsverhalten von Pferden (Kuhne 2004; Voswinkel 2009). Dieser Aussage widersprechen Autio and Heiskanen (2005), die in ihrer Studie herausfanden, dass das Verhalten von zehn Fohlen im Untersuchungszeitraum von Dezember bis März keinen signifikanten Unterschied bei einem Temperatursturz von 0,0° auf -20,0° Celsius zeigte.

Bei Pferden kann ein Bewegungsmangel zu Störungen der Blutzirkulation, Elastizitätsverlust von Sehnen, Bändern und Gelenken sowie zu Störungen des Hufmechanismus führen. Außerdem wird durch Bewegungsarmut der Selbstreinigungsmechanismus der Atemwege und des gesamten Stoffwechsel beeinträchtigt (Pirkelmann et al. 2008). Eine Studie von Wilke (2003) an 694 Fohlen bestätigte, dass es einen kausalen Zusammenhang zwischen mangelnder Bewegung im Fohlenalter und späteren gesundheitlichen Problemen des Bewegungsapparates gibt. Mangelnde Bewegung innerhalb der ersten vier Lebensmonate führt zu Beeinträchtigungen in der normalen Entwicklung des Gelenks (→ Osteochondrose). Durch die fehlende und mangelnde Ausübung von essentiellen Bewegungsbedürfnissen steigt das Risiko von Schädigungen des Bewegungsapparates, Übererregung, chronischem Stress und einer Entwicklung eines abnormalen Verhaltens sowie einer Verhaltensstörung (Pirkelmann et al. 2008; Cooper and Mason 2010). Oft zeigen Tiere, die in Gefangenschaft leben und ihr Bedürfnis an Normalverhalten nicht stillen können, unerwünschte Verhaltensweisen. Nach Samraus (1997) kann eine Verhaltensstörung als ein Verhalten, das in seiner Modalität, Intensität und Frequenz erheblich und andauernd vom Normalverhalten abweicht, umschrieben werden. Die am weitest verbreiteten Verhaltensstörungen

beim Pferd sind die stereotyp ablaufenden Verhaltensmuster Koppen, Weben und Boxenlaufen (Bachmann Rieder 2002). Nach Zeitler-Feicht et al. (2002) zeigen in der deutschen Reitpferdepopulation etwa 6,5 % der Pferde mindestens eine Verhaltensstörung, wobei davon 85 % der Tiere diese bereits vor dem sechsten Lebensjahr hatten. Eine Umfrage in der Schweiz von Bachmann Rieder (2002) ergab einen Anteil an koppenden, webenden und boxenlaufenden Pferden von 4 %, der signifikant höher als in der Gruppenhaltung mit einem Anteil von 1,6 % lag.

2.2.1.2 Einfluss des Haltungssystems auf die Bewegungsaktivität

Die Haltung nimmt enormen Einfluss auf das Bewegungsverhalten der Pferde. Etliche Studien über die Bewegungsaktivität bestätigen, dass Pferde, die in Einzelboxen aufgestellt werden, deutlich weniger Bewegungsaktivität aufweisen als Pferde in Gruppenhaltungssystemen. Hoffmann (2008) belegte die unterschiedliche Bewegungsaktivität von 12 Warmblutstuten in Einzelhaltung ohne zusätzliche Bewegung und in Gruppenhaltung einmal ohne zusätzliche Bewegung und dreimal mit zusätzlicher Bewegung mit einer Führanlage, einer unbegrünten Koppel und einer Weide. Die Ergebnisse veranschaulichten, dass sich die Stuten in der Einzelhaltung ohne zusätzlichen Bewegungsanreiz am wenigsten (94 – 109 Minuten pro Tag) bewegten. Die meiste Bewegung zeigte sich in der Gruppenhaltung mit Weidegang mit 148 bis 151 Minuten pro Tag. Die Ergebnisse der Gruppenhaltung ohne Bewegung und mit Bewegung mit Führanlage und unbegrünter Koppel lagen mit Werten zwischen 113 bis 142 Minuten pro Tag sehr dicht beieinander. Zusätzlich wurde überprüft, ob eine Verdoppelung des an den Offenstall angrenzenden Auslaufs von 270 m² auf 540 m² einen Effekt auf die Bewegungsaktivität hatte. Mit durchschnittlich 116 Minuten pro Tag zeigte sich im Gegensatz zu dem kleineren Auslauf mit 113 Minuten pro Tag kein signifikanter Einfluss bei Vergrößerung des Auslaufs.

Frentzen (1994) konnte in Versuchen mit 4 Haflingern feststellen, dass sich die Pferde in der Box lediglich 0,17 km pro Tag bewegten, während sie im Offenstall mit angrenzendem Paddock eine Strecke von 1,2 km pro Tag zurücklegten. Ein signifikanter Effekt einer Vergrößerung des angrenzenden Auslaufs auf die Bewegungsaktivität der Haflinger wurde nicht festgestellt (vgl. Hoffmann 2008).

Hampson et al. (2010) verglichen die Bewegungsaktivität bei unterschiedlichen Paddockgrößen und kamen zu dem Schluss, dass die Größe der zur Verfügung stehenden Fläche einen signifikanten Einfluss auf das Bewegungsverhalten hat. Je größer die zur Verfügung stehende Fläche, umso mehr Bewegungsaktivität ließ sich erkennen. Pferde, denen eine 4000 Hektar große Weide zur Verfügung stand, bewegten sich täglich bis zu 17,9 Kilometer pro Tag, wohingegen Pferde auf einem 36 Quadratmeter großen Paddock nur 1,1 Kilometer pro Tag zurücklegten.

Den höheren Bewegungsanteil in Gruppenauslaufhaltungen belegten auch die Studien von Voswinkel (2010), Wille (2010), Haupt & O'Connell (1986) Chaplin & Gretgrix (2010) und Rehm (1980).

Einige Autoren befassten sich damit, Faktoren zu ermitteln, mit denen die Bewegungsaktivität gesteigert werden kann. Piotrowski (1983) fand heraus, dass die Raumstruktur von Gruppenhaltungssystemen eine wichtige Rolle als Bewegungsanreiz spielt. Durch voneinander entfernte, untergliederte Funktionsbereiche in einem Mehrraum-Laufstall konnte häufiger der Wechsel der Pferde festgestellt werden (bis zu 50 Mal pro Tag). In einem Vergleich von drei Offenställen mit 2 Aktivställen (mit Funktionselementen) stellten Rose-Meierhöfer et al. (2010a) fest, dass die Unterteilung in separate Bereiche, mehrere Fütterungsstationen (mit automatischen Fütterungen) und mehrmalige Fütterungssequenzen, wie sie in Aktivställen zu finden sind, einen signifikanten Einfluss auf die Bewegung der Pferde haben. Die Koppelung von Bewegungsanreizen (Raumteiler, weitere Distanzen zwischen den Funktionsbereichen Fressen, Trinken und Liegen) und Fütterungsfrequenzen führen unweigerlich zu einer Steigerung der Bewegungsaktivität. Selbiges untersuchte auch Frentzen (1994) und konnte die Fortbewegung mit höheren Fütterungsfrequenzen um bis zu 42 % bei kurzen Wegstrecken und bis zu 29 % bei längeren Wegstrecken steigern.

In Gruppenauslaufhaltungen hat auch die Gruppengröße einen Einfluss auf die Bewegungsaktivität. Rose-Meierhöfer et al. (2010b) zeigte auf, dass sich in Gruppen gehaltene Pferde gegenseitig zum Bewegen animieren. Größere Gruppenzusammensetzungen steigern die Bewegungsaktivität aufgrund vermehrter Interaktionen der Tiere untereinander. Eine Erhöhung der Gruppengröße führt zu einer vermehrten Bewegung und somit zum Anstieg der Bewegungsleistung.

2.2.2 Liegeverhalten

In diesem Unterpunkt werden die Bedeutung des Liegeverhaltens, der Schlafphasen, Liegepositionen und des Haltungseinflusses auf das Liegeverhalten aufgezeigt.

2.2.2.1 Bedeutung des Liegeverhaltens

Das Ruheverhalten der Pferde folgt einem polyphasischen Tagesrhythmus, das heißt Pferde ruhen über den 24-Stunden Tag in mehreren kürzeren Ruheperioden. Erwachsene Pferde ruhen zwischen fünf und sieben Stunden am Tag und verbringen davon zirka 80% im Stehen und nur 20% im Liegen. Es lassen sich drei Intensitätsgrade erkennen, Dösen, Leicht- und Tiefschlaf. Dösen erfolgt meist in stehender Haltung, für den Halb- und Tiefschlaf wird in der Regel eine Liegeposition eingenommen (M. H. Zeitler-Feicht 2008; Pirkelmann et al. 2008).

Im Alter liegen Pferde seltener als junge (Fader 2001; Muggenthaler und Zeitler-Feicht 2010; M. H. Zeitler-Feicht und Prantner 2000). Fohlen bis zu einem Alter von drei Monaten haben einen höheren Schlafbedarf und verbringen 70% bis 80% ihrer Gesamtruhezeit im Liegen (Pirkelmann 2008).

Es finden sich deutliche Häufigkeiten der Liegephasen während der Nachtstunden kurz nach Mitternacht bis kurz vor Sonnenaufgang. So eruierte Kuhne (2004), die zehn Araber auf ganzjähriger Weidehaltung beobachtete, eine deutliche Häufung der Liegephasen zwischen 24 und 6 Uhr. Nach Fader (2001) verbrachten die Pferde ihre Hauptruhezeit im Liegen zwischen 24 und 5 Uhr. Steidele (2011) stellte bei ihrer Beobachtung einer Przkewalsi-Junggesellenherde im Jahresverlauf eine Liegepräferenz in den Morgenstunden zwischen 8 und 10 Uhr 30 und nachmittags zwischen 13 und 14 Uhr 30 fest.

2.2.2.2 Liegepositionen

Bevor das Pferd vom Stehen in die Liegeposition wechselt, wird eine geeignete Stelle aufgesucht und meist diese mit einem Scharren des Vorderhufes geprüft. In Verbindung mit einigen Drehbewegungen und um die Extremitäten unter dem Körper zu positionieren, lassen sie sich auf die Karpalgelenke der Vorderbeine nieder und rollen anschließend mit dem Körper zur Seite ab. In Bauchlage sind die Vorderbeine angewinkelt und die Hinterbeine unter dem Körper zusammengezogen. Der Kopf wird entweder frei getragen oder auf dem Boden aufgestützt (Schäfer 1978).

Beim Liegen in Seitenlage rollt das Pferd seinen Körper auf die Seite, so dass Rumpf, Hals und Kopf flach auf dem Untergrund aufliegen. Die Beine sind vom Körper seitlich weggestreckt, wobei ein Vorderbein nicht selten abgewinkelt wird. Befinden sich Pferde in Seitenlage, ist der Tiefschlaf beziehungsweise „paradoxical sleep“ möglich, bei dem schnelle, ruckartige Bewegungen der Augen unter dem Lied (REM-Phase = rapid eye movement) und Traumphasen auftreten können (Schäfer 1978). Laut Carson and Wood-Gush (1983) verbringen Pferde nur etwa 30 Minuten, laut Sambras and Fader (2002) nur durchschnittlich 15 Minuten des Tages schlafend in Seitenlage.

2.2.2.3 Einfluss der Haltung auf das Liegeverhalten

Nach Wille (2010) liegen Pferde signifikant länger in Gruppenhaltungen als in Anbinde- oder Einzelhaltung. Angebundene Pferde verbrachten innerhalb von 15 Stunden lediglich 29 Minuten, in Einzelhaltung 42 Minuten und in Gruppenhaltung 81 Minuten im Liegen. Dieser Verhaltensunterschied wurde in der Unsicherheit der Pferde in der beengten Ständerhaltung ohne Fluchtmöglichkeit und in der starken Bewegungseinschränkung durch die Anbindevorrichtung begründet. Pferde, die sich in der Gruppe niederlegten, suchten gemeinsam Liegeplätze auf und legten sich, unter Einhaltung ihrer Individualdistanz, teils dicht nebeneinander. In der Einzel- und Anbindehaltung können sich die Pferde ihre Nachbarn nicht aussuchen und ruhten deutlich achtsamer und fühlten sich schneller als in der Gruppe gestört.

Auch Hoffmann (2008) stellte fest, dass Pferde in Gruppenhaltung mit 182 bis 275 Minuten pro Tag länger als in der Einzelhaltung mit 148 bis 210 Minuten pro Tag lagen.

Fader (2001) untersuchte das Liegeverhalten von 75 Laufstallpferden und 25 Boxenpferden und konnte keinen signifikanten Einfluss des Haltungssystems erkennen. Im Mittel lagen Pferde in Gruppenhaltung 89,5 Minuten pro Tag und im Gegensatz dazu Pferde in Einzelhaltung um durchschnittlich 15 Minuten länger.

Auf das Liegeverhalten in der Gruppe wirken etliche Einflüsse positiv oder negativ ein. Der Einfluss der Rangordnung kann die Liegezeit von einzelnen Tieren stark verkürzen (Sambras und Fader 2002; Baumgartner 2012; Fader 2001). Für die Vorbeugung von Benachteiligungen von rangniederen Tieren empfehlen Sambras and Fader (2002) eine Strukturierung der Liegefläche, die Einrichtung mehrerer

überdachter Liegehallen, mindestens zwei Ein- und Ausgänge um Sackgassen zu vermeiden und die Wahl der Einstreu aus nicht fressbarem Material, damit der Liegebereich nicht zum Fressbereich wird. Obergfell (2012) untersuchte die Eignung von Strohballen und aufgehängten Planen als Strukturelemente in Liegehallen. Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass der Einsatz von Stroh einen negativen Einfluss auf das Liegeverhalten hatte und zu kürzeren Gesamtliegedauern führte, da die Pferde die Ballen als Futterquelle nutzten. Das Aufhängen von Planen hatte den Vorteil, dass mit geringen Flächenverlusten und höchster Mobilität zu rechnen war und führte zu tendenziell höheren Liegezeiten. Die befürchteten Störungen der Pferde durch die Beweglichkeit des dünnen Planenmaterials traten während des Versuchs kaum auf. Auch Pollmann (2000) stellte einen positiven Einfluss der Strukturierung der Liegefläche auf das Ruheverhalten der Pferde, vor allem auf die Seitenlage, fest. Durch die Strukturierung des Liegebereichs mit Strohballen zeigte sich eine Zunahme der Gesamtseitenlage je Liegephase, eine Zunahme von Einzelphasen in Seitenlage und eine Zunahme des Prozentsatzes der Liegephasen in Seitenlage. Dieses Ergebnis wurde auf die Tatsache zurückgeführt, dass das Sicherheitsgefühl, das für die Tiere die Voraussetzung für das Liegen in Seitenlage darstellt, mit Strukturierung des Liegebereichs gesteigert werden kann.

Auch die Wahl der Einstreu des Liegebereichs kann das Liegeverhalten beeinflussen. Werhahn et al. (2010) untersuchten den Zusammenhang der Gesamtliegedauer und der mittleren Dauer je Liegephase mit unterschiedlichen Einstreumaterialien (Stroh, Strohpellets und Holzspäne) und kamen zum Schluss, dass bis auf die Gesamtliegedauer, die signifikant höher auf Stroh als auf Strohpellets war, keine eindeutigen Unterschiede zu erkennen waren. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Ninomiya et al. (2008), die den Einfluss von unterschiedlichen Einstreumaterialien auf das Liegeverhalten untersuchten. Beim Liegen in Bauchlage war kein Unterschied zu erkennen, beim Liegen in Seitenlage bestanden deutliche Unterschiede. Pferde auf zerkleinerten Kokosnussschalen lagen länger und häufiger in Seitenlage als auf Stroh und Sägemehl. In der Arbeit von Krapp (2007), die den Vergleich zwischen Stroh, Sägemehl und Softbetten anstellte, wurde eindeutig die mangelhafte Eignung von Softbetten ermittelt. Die Softbetten wurden innerhalb von 20,5 Stunden nur für fünf Minuten von den Pferden als

Liegefläche genutzt, Sägemehl und Stroh beanspruchten die Pferde deutlich länger, zwischen 95 und 125 Minuten.

2.3 Methoden zur Erfassung tierischen Verhaltens

Zur Erfassung des tierischen Verhaltens werden die menschliche Beobachtung und elektronische Erkennungssysteme eingesetzt, die nachfolgend detailliert beschrieben sind.

2.3.1 Videoaufzeichnung

In der Verhaltensforschung wird zwischen der direkten Verhaltensbeobachtung, die durch einen oder mehrere menschliche Beobachter vorgenommen wird, und der indirekten Beobachtung, durch Videoaufzeichnung oder andere Messgeräte, unterschieden (Martin und Bateson 1993).

Mit der Direktbeobachtung werden einzelne Tiere (Fokustiere) oder Gruppen von Tieren von einer oder mehreren Personen beobachtet und das gezeigte Verhalten erfasst (Hoy 2009). Diese Methode benötigt geringen materiellen, personellen und technischen Aufwand. Die Direktbeobachtung ist ortsungebunden und macht es dem Beobachter möglich, schwer zu differenzierende Verhaltensweisen wahrzunehmen (Martin und Bateson 1993). Vorteilhaft ist zudem die Nähe zum Tier während der Beobachtung, welche es erlaubt, äußere Einflüsse, die das Verhalten der Tiere ebenso beeinflussen können, wahrzunehmen. Die Anwesenheit eines oder mehrerer Menschen kann ohne ausreichende Eingewöhnungszeit allerdings Auswirkungen auf das natürliche Verhalten der Tiere haben (Hoy 2009). Um einer möglichen Beeinflussung des Beobachters zu entgehen, sollte dieser so platziert sein, dass er nicht direkt auf Höhe des Tieres ist, sondern eher abseits, möglichst nicht von den Tieren erkennbar. Nachteilig ist hier der intensive zeitliche Aufwand des Beobachters, vor allem aber die Begrenzung der Beobachtungsdauer durch das Nachlassen der Konzentration (Naguib 2006). Außerdem können nur ein begrenzter Bereich beziehungsweise eine begrenzte Anzahl von Tieren von einem Beobachter wahrgenommen werden, bei steigender Tieranzahl und größerem Raumangebot ist eine höhere Beobachterzahl zwingend erforderlich (Hoy 2009). Je höher die Beobachterzahl ist, umso mehr Abweichungen in der Erfassung des gleichen Verhaltens kommen aufgrund der subjektiven Wahrnehmung zu Tage. Aus diesem Grund müssen vor Beginn der Verhaltensbeobachtung die Verhaltensweisen klar definiert und Beobachterübereinstimmung getestet werden (Naguib 2006).

Der Einsatz von Videotechnik zur Beobachtung von Tieren ist eine sehr gängige Methode. Mit dieser Technik ist der Beobachter weder zeitabhängig noch ortsgebunden, da die Videoaufnahmen zu jeder beliebigen Zeit und an jedem beliebigen Ort abspielbar sind. Ein großer Vorteil ist die wiederholbare Wiedergabe des erfassten Verhaltens. Ist die gleichzeitige Beobachtung mehrerer Fokustiere erwünscht, lassen sich die einzelnen Videoabschnitte mehrmals zurückspielen und gegebenenfalls in Zeitlupenfunktion wiedergeben, um eine maximale Verhaltensaufzeichnung aller Tiere zu gewährleisten (Hoy 2009; Mills und Nankervis 1998). Bei einer 24 Stunden-Aufnahme muss eine gute Ausleuchtung der Flächen und eine optimale Erkennbarkeit der Tiere während der Nachtstunden gegeben sein. Der hierfür benötigte technische Aufwand ist höher als bei der Direktbeobachtung. Äußere Einflüsse, die nicht im Sichtfeld der Kameras liegen, werden nicht erfasst. Diese können zu Verhaltensänderungen führen, bei der die Ursache für den Beobachter nicht identifiziert werden kann (Hoy 2009).

Unabhängig von indirekter oder direkter Beobachtung können verschiedene Beobachtungsmethoden festgelegt werden. Zum einen gibt es das *continuous recording*, bei dem eine kontinuierliche zeitliche Erfassung von ausgewählten Verhaltensmustern erfolgt. Zum anderen kann die *time-sampling* Methode gewählt werden, auch Intervall-Methode genannt, bei der die Beobachtungszeit in regelmäßige Zeitintervalle eingeteilt wird. Hierbei wird zwischen *instantaneous* und *one-zero-sampling* differenziert. Bei ersterem werden die Verhaltensweisen, die an den Intervallgrenzen (sample-points) auftreten, erfasst. Beim Zweiteren hingegen wird aufgezeichnet, ob die jeweilige Verhaltensweise innerhalb des Zeitintervalls aufgetreten ist (Martin und Bateson 2007).

Nachfolgend werden vier weitere Erhebungsmethoden (*sampling rules*) von Martin und Bateson (1993) beschrieben, um bestimmte Verhaltensweisen von Tieren zu erfassen. Mit der *ad-libitum-sampling* Methode bleibt dem Beobachter die freie Wahl darüber, welche Verhaltensweisen erfasst und welches Tier beobachtet wird. Diese freien Beobachtungen werden meist vor der eigentlichen Beobachtung vorgenommen, um sich mit den Verhaltensmustern der Tiere vertraut zu machen. Unter *focal-sampling* ist zu verstehen, dass der Beobachter sich nur einem einzelnen Fokustier oder einer kleinen Fokustiergruppe widmet. Das *instantaneous sampling*

liefert eine Momentaufnahme des gesamten Verhaltensrepertoires einer Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt und wird in regelmäßigen Abständen wiederholt. Beim Richten der Aufmerksamkeit des Beobachters auf das Auftreten bestimmter Verhaltensweisen in einer Tiergruppe, die für ein Thema relevant sind und vorher festgelegt wurden, liegt *behaviour sampling* vor.

2.3.2 Elektronische Erfassung des Bewegungsverhaltens

Für die Aufzeichnung der Bewegung im Außenbereich eignet sich nach Roth (2005) die Satellitennavigation am besten. Die globalen Navigationssatellitensysteme (GNSS) umfassen GPS (USA), Glonass (Russland) und Galileo (EU). Die Genauigkeit dieser Systeme hängt unter anderem von der Sichtbarkeit zu den Satelliten ab, sowie deren Zahl und Konstellation. Freie Sicht zu den Satelliten ist in der Regel in Innengebäuden nicht gegeben was häufig zu ungenauen und fehlerhaften Messungen führt. Mehrfachreflexionen an Gebäuden oder in Berggebieten stören das Signal und es kommt zu Verzerrungen. Ebenso kann es bei stark bewaldeten Gebieten zu Signalstörungen kommen. In einer Untersuchung von Rutter et al. (1997) wurde der Aufenthalt und die Nutzung der Weideflächen von Bergschafen mit einem GPS-System dokumentiert. Die sehr hügelige Landschaft verzerrte bis verhinderte das Satellitensignal. Aus diesem Grund wurde das DGPS (differential GPS), ein Korrekturverfahren, das durch das Ausstrahlen von Korrekturdaten die Genauigkeit der GPS-Navigation steigern kann, benutzt. Mit dessen Verwendung wurde die Position der Tiere bis unter fünf Meter genau festgestellt.

Weitere Systeme, die im Innenbereich genutzt werden können, basieren auf Funkwellen, Infrarot oder Ultraschall. Die Erfassung mittels Funksystemen ist sehr zuverlässig und die Funkwellen durchdringen bei niedrigen Frequenzen auch Wände. Infrarotsignale können bei starker Sonneneinstrahlung ihre Signalstärke verlieren und Ultraschallsysteme sind in der Regel sehr unzuverlässig aufgrund ihrer hohen und Empfindlichkeit und damit Störanfälligkeit.

In vielen Studien wurde die Eignung von GPS-Geräten für das Erfassen von zurückgelegten Wegstrecken und die Ortung von Tieren auf Weiden getestet (Ganskopp 2001; A. Werhahn 2011; von Hühnerbein u. a. 2000; Shamoun-Baranes u. a. 2012; Schwager u. a. 2007; Putfarken u. a. 2008; Schlecht u. a. 2004). Turner

et al. (2000) versuchten mittels GPS das Weideverhalten von Milchkühen zu dokumentieren und kamen zu dem Schluss, dass die GPS-Technologie eine effektive Beobachtungsmethode darstellt und viele andere Systeme übertrumpft.

Auch Hampson et al. (2010) verwendeten ein GPS-Gerät, um das Bewegungsverhalten von Stuten in unterschiedlich großen Paddocks und auf einer 4000 Hektar großen Weide zu untersuchen. Die Geräte wurden an einem Halsband mit freiem Blick zum Himmel befestigt, es wurde alle fünf Sekunden die Position aufgezeichnet und über 6,5 Tage beobachtet. Mittels GPS wurde herausgefunden, dass sich die Pferde auf der Weide durchschnittlich 7,5 Kilometer bewegten. Die GPS-Technologie erwies sich in allen untersuchten Paddocks und auf der Weide als 100-prozentig zuverlässig. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch Hebenbrock (2005), der eine Gruppe an Hochleistungsvielseitigkeitspferden über eine Trainingssaison beobachtete und versuchte, mithilfe der GPS-Technologie tiefere Einblicke zur Belastung von Pferden im Wettkampf und Training zu erhalten. Das GPS-System eignete sich zur Erfassung der Bewegungsaktivität gut und Trainingsdaten waren zur Geschwindigkeitsverteilung gut evaluierbar.

In den Untersuchungen von Schlender (2012) wurde ein methodischer Vergleich zur Erfassung von Verhaltensmustern beim Pferd in Gruppenauslaufställen unter Berücksichtigung einer hochpräzisen Echtzeitpositionserfassung angestellt, bei dem unter anderem die GPS- und Funkortungstechnologie getestet wurden. Es wurde das Verhalten von neun Pferden über einen Zeitraum von 24 Stunden im Innen- wie auch im Außenbereich erfasst. Durch den schlechten Satellitenempfang im Stallinneren ging das GPS-Signal bei häufigem Wechsel der Pferde zwischen innen und außen regelmäßig verloren. Auf der Weide kam es zu Datenverlusten, die auf den hohen und dichten Baumbewuchs in der direkten Umgebung der Weide zurückgeführt wurden. Die GPS-Messdaten wurden aufgrund der Vielzahl lückenhafter Aufzeichnungen und Fehlmessungen aus dem Methodenvergleich herausgenommen. Die Funkortung stellte sich als sehr zeitintensiv im Aufbau heraus, zudem mussten die Pferde beim Tragen der Geräte permanent beaufsichtigt werden, um die Gefahr der Beschädigung an der Technik zu minimieren. Mithilfe der Funktechnologie konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden, es wurden Bewegungszustände der Tiere, deren Aufenthaltsbereiche, zurückgelegte Wegstrecken und Geschwindigkeiten erfasst. Lediglich in der aufwendigen

Vorbereitung und in der Tiergerechtheit der Anwendung der Geräte lag noch Verbesserungsbedarf vor.

Um die Aktivität der Tiere aufzuzeichnen, haben sich in der Praxis teils auch Techniken zur Aktivitätsmessung bewährt. In der Literatur sind viele Studien zu finden, in denen für die Erfassung von Bewegungsdaten ALT-Pedometer[®] (ALT steht für Aktivität, Liegen und Temperatur), die die Position (Stehen, Liegen oder Bewegen) und die Temperatur erfassen können, verwendet wurden (Schlender 2012; Alsaad and Büscher 2011; Bachmann et al. 2014; Borchers 2008; Bahr 2007; Rose-Meierhöfer, et al. 2010b; Frentzen 1994). Sie besitzen einen Piezosensor, der die Schritttaktivität erfasst, zwei digitale Lagesensoren, die Liegezeiten erfassen und ein Thermometer zur Messung der unmittelbaren Umgebungstemperatur. Die Sensoren werden meist an den Vorderextremitäten der Tiere angebracht, können im Hinblick auf ihre Größe als tiergerecht bewertet werden und sind an jedem Ort anwendbar (Schlender 2012).

ALT-Pedometer[®] finden auch in der Lahmheitsdetektion von Milchkühen (Alsaad und Büscher 2011), als Vorhersageinstrument für Abkalbungen (Bahr 2007) und als Fohleugeburtsmelder (Borchers 2008) ihren Einsatz.

Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet der von IceRobotics Limited entwickelte IceTag[™] 3-Achsen-Beschleunigungsmesser. Dieser wurde von Trénel et al. (2009) auf das korrekte Differenzieren und Erfassen von Liegen, Stehen und Gehen in einem Versuch mit neun Kälbern validiert. Gute Ergebnisse erhielten die Autoren MacKay et al. (2012) und Gibbons et al. (2012), die den Ice-Tag[™] als eine sehr nützliche und tiergerechte Technik sehen, um das Verhalten von Tieren korrekt zu erfassen, ohne dass sie das Verhalten zu stark beeinflussen. Von Endres & Barberg (2007) wurde mit dem bereits validierten Beschleunigungssensor das Liegeverhalten von 147 Kühen in einem Kompostmiststall aufgezeichnet. Die Logger wurden an den Hinterextremitäten befestigt und die Aktivität wurde alle acht Sekunden aufgezeichnet.

Auch Systeme wie Actiwatch[®] (Activity Monitoring System), das auf einem allseitig empfindlichen (omnidirektionalen) Beschleunigungssensor basiert und Anzahl und Dauer von Beschleunigungsimpulsen misst, die im Bereich von über $0,49 \text{ m/s}^2$ liegen, haben sich in der Praxis als durchaus zufriedenstellend in der Aufzeichnung der Bewegungsaktivität von Milchkühen erwiesen (Müller and Schrader 2005; Müller and

Schrader 2003). Die Erfassung des Liegeverhaltens war mit diesem Sensor nicht möglich.

2.3.3 Elektronische Erfassung des Liegeverhaltens

Um das Liegeverhalten von Tieren elektronisch zu erfassen, kommen ähnliche Positionsmesser zum Einsatz wie bei der Messung der Bewegungsaktivität. Viele getestete Beschleunigungssensoren ermöglichen bereits eine Differenzierung der Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Gehen, wie das im vorherigen Kapitel angesprochene ALT[®]-Pedometer oder der IceTag[™] Beschleunigungsmesser.

Zur Differenzierung von Liegen und Stehen/Gehen wurde von Ledgerwood et al. (2010) die Erfassungsgenauigkeit von Hobo Pendant G Datenlogger (Onset Computer Corporation, USA) bei 24 Milchkühen getestet. Dieser Logger besitzt einen internen Sensor, der aus einem 3-Achsen-Beschleunigungsmesser mit einem Messbereich von ± 3 g besteht, mithilfe dessen die Beschleunigungskraft entlang der x-, y- und z-Achse gemessen wird. Durch die Bewegung des Loggers während der Aufzeichnung, werden Veränderungen entlang dieser Achsen festgehalten und gespeichert. Im bewegungslosen Zustand des Loggers, bleibt die Erdanziehungskraft (1 g) weiterhin entlang der Achse senkrecht zum Boden bestehen. Bei Veränderung des Winkels des Loggers ermöglicht die Erdanziehung die Anzeige eines Neigungsgrades entlang einer benutzerdefinierbaren Achse oder Achsenkombination. Die Logger wurden lateral oder medial am Hinterbein, oberhalb des Metatarsus, befestigt. Um die Genauigkeit zu überprüfen, wurden die Verhaltensweisen der Tiere per Video aufgezeichnet. Die Logger zeichneten in 6, 30, 60 und 300 Sekunden Erfassungsintervallen über 1,5 Tagen auf. Die Auswertung zeigte, dass im 30 Sekunden Intervall die Aufzeichnungsgenauigkeit mit über 99 % Übereinstimmung mit der Videobeobachtung am höchsten war. Der Logger erkannte alle Steh- und Liegevorgänge korrekt und erwies sich als sehr zuverlässig. Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangte auch Ito et al. (2009), die in ihrem Experiment Hobo-Logger an 50 Milchkühen ausgiebig testete. Die Logger wurden mittig am Hinterbein positioniert, so dass die x-Achse des Loggers parallel zum Boden und die y-Achse senkrecht zum Boden gerichtet waren. Das Aufzeichnungsintervall entsprach einer Minute und einem Zeitraum von fünf Tagen. Die Logger lieferten zuverlässige Schätzungen des Liegeverhaltens.

Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet auch der Gemini Tinytag[®] Datenlogger (Chichester, UK), der mit einem Winkelmesser die Beinposition (vertikal oder horizontal) des Tieres misst. O'Driscoll et al. (2008) überprüften die Aufzeichnungsgenauigkeit des Loggers bei Kühen auf der Weide. Die Übereinstimmung von über 96,3 % des Steh- und Liegeverhaltens zwischen Direktbeobachtung und der Aufzeichnung der Datenlogger weist auf eine exakte Differenzierung der Verhaltensweisen hin. Dieses Ergebnis fand sich auch in Studien von Drissler et al. (2005) und Huzzey et al. (2005).

3 Zielsetzung

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist das Erfassen und der Vergleich von Liege- und Bewegungsverhalten sowie der Aufenthaltsorte von Pferden in Offenlaufställen mit dem Einsatz von Beschleunigungssensoren zum Messen von Liegen und Stehen und von GPS-Sensoren. Zusätzlich sollen die eingesetzten Messgeräte auf ihre Zuverlässigkeit sowie Genauigkeit der Datenerfassung validiert und auf signifikante Detektionsunterschiede getestet werden.

Die Genauigkeit der Erfassung wurde mittels Videotechnik überprüft. Mit der Videobeobachtung sollen zusätzlich Daten über das Liegeverhalten und den Aufenthalt der Pferde gesammelt und auf signifikante Unterschiede zwischen den Ställen geprüft werden.

4 Material und Methode

Für die Untersuchung standen zwei Untersuchungsbetriebe zur Verfügung, die sich in der Stallkonstruktion erheblich unterschieden. Als Methoden zur Erfassung des Liegeverhaltens und der Aufenthaltsbereiche der Pferde wurden elektronische Messgeräte (Beschleunigungssensor und GPS-System) gewählt, die in diesem Abschnitt ausführlicher beschrieben werden.

4.1 Untersuchungsbetriebe

Bevor der Versuch mit den Pferden stattfand, wurden die Reitstallbesitzer und die Pferdebesitzer um ihr Einverständnis gebeten und genauestens über den Ablauf informiert. Alle anderen Anwesenden wurden über ein Informationsschreiben, das deutlich sichtbar in den Reitställen angebracht wurde, über die Versuchsabläufe und die Videobeobachtung in Kenntnis gesetzt.

4.1.1 Versuchsstall A

Betrieb A liegt mit einer Gesamtfläche von zwei Hektar im Bezirk Baden im südöstlichen Niederösterreich und stellt einen Einstellbetrieb für etwa 30 Pferde dar. Auf dem Hof befinden sich ein Offenstall für 5 Pferde, mehrere Stalltrakte mit Einzel- und Paddockboxen und mehrere Koppeln als Auslaufmöglichkeit für die am Betrieb lebenden Pferde. Ebenso sind ein Roundpen, ein Reitplatz und eine Schrittmachine am Hof zu finden. In dieser Arbeit wird lediglich der Offenstall für den Versuch herangezogen.

4.1.1.1 Haltungsbedingungen

Der Offenlaufstall mit einer Größe von 1430 m² eignete sich für die Untersuchung bestens, da er seinen fünf Bewohnern genügend Fläche und freie Bewegungsmöglichkeit bietet. Die gesamte Fläche ist nicht befestigt, der Boden ist naturbelassen und besteht hauptsächlich aus Schwarzerde (eBOD, 2013). Der Offenstall gliedert sich in drei Funktionsbereiche: einen Unterstand, einen Tränkebereich und einen Auslauf (Abbildung 1). Der Liegebereich in Form eines Unterstandes aus Holz hat eine Grundfläche von 60 m² (12 m² Liegefläche/Pferd), die die geforderten Maße der Tierhaltungsverordnung übersteigen. Laut THV muss dem ersten und zweiten Pferd, die in Gruppenhaltung gehalten werden, eine

Mindestboxenfläche von 8,5 m² und jedem weiteren Tier eine Fläche von 6,00 m² zur Verfügung stehen (1. Tierhaltungsverordnung BGBl. II Nr. 485/2004). Der Unterstand ist auf drei Seiten durch Holzpaneele geschlossen, die Stirnseite, die zum Auslauf hin gerichtet ist, ist offen. Der Liegebereich ist zum Teil mit Matten aus Kunststoff ausgestattet und wird nicht eingestreut. An den Liegebereich angrenzend befindet sich der Auslauf, der eine Größe von 1370 m² hat; somit beläuft sich die Lauffläche pro Tier auf 274 m². Besteht wie in diesem Fall eine Bewegungsmöglichkeit in den freien Auslauf, muss mindestens die zweifache Fläche wie für die Einzelbox gefordert vorhanden sein, also 17 m² pro Pferd. Der Auslauf untergliedert sich in den reinen Auslauf- und in den Tränkebereich.

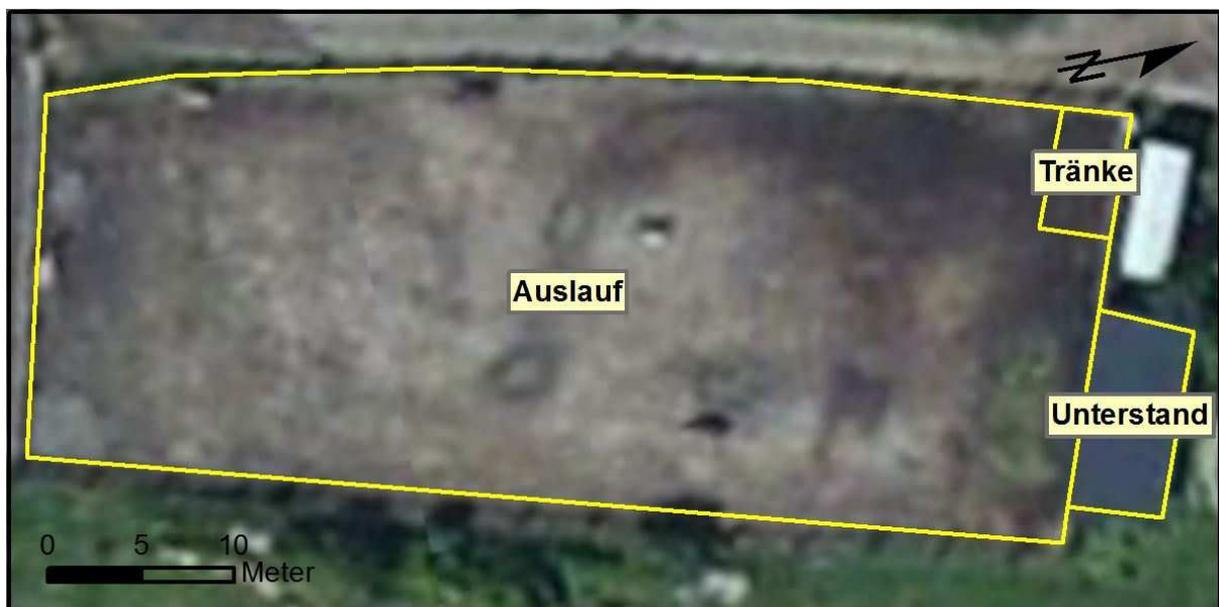


Abbildung 1: Offenstall Betrieb 1 mit Funktionsbereichen

Die Vorlage des Raufutters erfolgt am Boden im Fressbereich. Die Rauffutterfütterung im Offenstall findet dreimal täglich statt, Kraffutter wird nicht verabreicht. Einmal täglich wird im gesamten Offenstallbereich per Hand Kot abgesammelt und Heureste werden vom Boden entfernt.

Die Umzäunung hat eine Gesamthöhe von 1,50 m und besteht aus 3 Holzlatten in den Höhen von 40, 80 und 140 cm und einem zusätzlichen Elektrozaunseil direkt über den drei Latten, um das Anknabbern der Holzlatten zu verhindern.

4.1.1.2 Tiere

Vier Kleinpferde unterschiedlicher Rasse und Alters wurden für die Untersuchung herangezogen. Genauere Angaben zu den einzelnen Tieren können Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Daten der Versuchstiere von Stall A

Nr.	Pferd	Rasse	Alter (J)	Stockmaß (cm)
1	Carino	Fjordpferd	19	147
2	Brandy	Haflinger	10	140
3	Lucy	Haflinger / Tinker	8	144
4	Monti	Haflinger / Tinker	8	148

Das Durchschnittsalter der Pferde im Versuchsstall A belief sich auf 11,3 Jahre und das Stockmaß lag im Mittel bei 145 cm.

4.1.2 Versuchsstall B

Versuchsstall B liegt im südöstlichen Niederösterreich, im Bezirk Baden, und umfasst eine Gesamtgröße von 7 ha. Der Betrieb hat zwei Stalltrakte mit Boxen- und Paddockboxenhaltung, einen Offenstall, eine Schrittmachine, eine Reithalle und einen Reitplatz. Für den Versuch ist nur der Offenlaufstall relevant.

4.1.2.1 Haltungsbedingungen

Der Offenlaufstall hat eine Grundfläche von 1850 m² und ist ebenfalls räumlich in einzelne Funktionsbereiche (Liegehalle, Auslauf, Tränke und Fressstände) gegliedert (Abbildung 2). Als Ruheraum dient eine 150 m² große Liegehalle aus Beton, die täglich mit Stroh eingestreut wird. Alle drei Monate wird diese nach dem Tiefstreusystem mit dem Frontlader gemistet. Sie bietet eine Raumhöhe von 4 m an der Rückseite und 2,8 m an der Frontseite. Sie ist auf vier Seiten geschlossen und kann von den Pferden an der Vorderseite durch zwei Ein- sowie Ausgänge betreten werden. Die Ein- sowie Ausgänge sind etwa 2 Meter breit und mit Plastikstreifenvorhängen verschlossen. An die Liegehalle angrenzend erstreckt sich eine 1680 m² große Auslaufläche, in der mittig die Tränkevorrichtung sowie eine Strohraufe zu finden sind. Der Auslaufbereich wird einmal wöchentlich gereinigt. Die frostsichere Tränke ist an einer schmalen Betonwand montiert, um sie vor starken Witterungseinflüssen zu schützen. Außerdem findet sich am Rande des

Auslaufbereichs ein überdachter Holzunterstand, der den Pferden zum Schutz vor Regen, Schnee, Wind und starker Sonneneinstrahlung dient und in dem Salzlecksteine angeboten werden. Die Liegefläche und ein Teil der Auslauffläche sind betoniert, der übrige Bereich ist naturbodenbelassen und besteht hauptsächlich aus Schwarzerde (eBOD 2013).



Abbildung 2: Offestall Betrieb 2 mit Funktionsbereichen

Angrenzend an den Auslauf sind zehn Fressstände zu finden, die eine individuelle Fütterung und eine ungestörte Fressdauer jedes einzelnen Pferdes ermöglichen. Die Fressstände befinden sich im überdachten Bereich und sind ebenfalls betoniert. In diesen wird zweimal täglich Krafffutter und dreimal täglich Raufutter zur Verfügung gestellt. Die Einzäunung setzt sich aus Elektrozaunseilen, die innen entlang der Auslauffläche verlaufen und aus starken Stahlseilen, die außerhalb der Elektroseile angebracht sind, zusammen. Die Höhe beträgt 1,5 m.

4.1.2.2 Tiere

Insgesamt hat der Offestall Kapazität für zehn Pferde. Während der Dauer des Versuchs waren acht Pferde im Stall. Vier Großpferde unterschiedlicher Rasse und Alters wurden für den Versuch herangezogen. Nähere Details sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Daten der Versuchstiere von Stall B

Nr.	Pferd	Rasse	Alter (J)	Stockmaß (cm)
5	Sokrates	Trakehner	10	172
6	Jac Vulkan	Noriker	10	162
7	Frederico Fellini Elmar	Noriker	4	165
8	Wallenstein	Österr. Warmblut	11	183

Das Durchschnittsalter der Versuchstiere belief sich hier auf 8,75 Jahre und das Stockmaß im Mittel auf 170,5 cm.

4.2 Versuchsdesign

Das Versuchsdesign umfasste den Versuchszeitraum und –aufbau für das digitale Erfassen der Verhaltensdaten und der Aufenthaltsbereiche der Pferde in Offenlaufställen.

4.2.1 Versuchszeitraum

Der Versuch fand auf beiden Betrieben zeitlich nacheinander statt. Die Versuchsdauer betrug pro Betrieb 6 Tage, wobei der Versuch am Tag 1 jeweils um 10 Uhr startete und am Tag 6 um 15 Uhr endete. Tag 2 bis Tag 5 wurden jeweils 24 Stunden aufgezeichnet. Der Durchgang im Versuchsstall A begann am 12. April 2013 und endete am 17. April 2013, im Versuchsstall B wurde am 24. April 2013 die Erfassung gestartet und am 29. April 2013 diese beendet.

4.2.2 Versuchsaufbau

Jeweils eine Woche vor dem Start des Versuches wurden die Kameras im Stallbereich installiert. Innerhalb dieser Woche wurden die Feineinstellungen (Schärfe, Helligkeit, Kontrast, Blickwinkel) der Kameras durchgeführt und den örtlichen Bedingungen angepasst. Im Vorfeld wurden die GPS-Geräte und Liegelogger auf ihre Funktionalität und Akkulaufzeit überprüft.

4.3 Methodik

Zur Positionsbestimmung und Verhaltensdifferenzierung wurden GPS-, Beschleunigungssensoren und die Videoanalyse gewählt, die in ihrer Aufzeichnungsqualität vergleichend evaluiert wurden.

4.3.1 GPS

Um die Position der Tiere zu bestimmen, wurden vier handelsübliche GPS (Global Positioning System)-Geräte der Marke Wintec verwendet. Diese wurden für den Versuch ausgewählt, da sie kostengünstig und einfach in ihrer Anwendung sind. Es handelt sich um den Wintec WBT- 202 GPS Datenlogger (im Weiteren kurz GPS-Datenlogger genannt) mit den Maßen 40 x 64 x 14 mm und einem Gewicht von 55 g (Abbildung 3). Diese Logger werden zur Speicherung von geographischen Koordinaten auf einer microSD-Speicherkarte (2 GB) genutzt. Der Logger verfügt auch über einen Bewegungssensor, der für diese Arbeit aber nicht genutzt wurde.



Abbildung 3: Wintec WBT-202 GPS Datenlogger

Durch den im Gerät eingebauten u-blox 5 GPS Chipsatz kann in Verbindung mit der integrierten Keramik-Antenne eine Tracking-Empfindlichkeit von bis zu 160 dBm erreicht werden. Das Gerät verfügt über einen internen Speicher für zirka 260000 Wegpunkte und einen externen Speicher (microSD-Speicherkarte mit 2 GB) für etwa 134 Millionen Wegpunkte. Der mitgelieferte Akku reicht laut Hersteller für 28 Stunden Aufnahmezeit, der Akku musste während des Versuches täglich gewechselt und aufgeladen werden und machte den Kauf von Ersatzakkus und eines externen Ladegeräts notwendig. (Wintec Wireless Electronics 2013).

Die GPS-Logger wurden bei sechs Pferden mittels Bandage an den Hinterbeinen, genauer am äußeren Röhrbein, wie die Anbringung der Liege-Logger, befestigt. Bei zwei Pferden wurde der GPS-Logger in einem kurzen Kunststoffrohr (HT-Überschiebmuffe für HAT-Rohr DN 50 mm), das an einem Halsriemen (Bucas) mit Kabelbindern fixiert wurde, angebracht. Eine zusätzliche Fixierung an der Mähne des Pferdes verlieh dem Halsriemen mehr Halt und bot Schutz vor seitlichem Verrutschen. Die jeweilige Anbringungsmethode richtete sich nach dem Wunsch der

Besitzer. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verdeutlicht die Anbringung des Liege- und GPS-Loggers.



Abbildung 4: Befestigung der Liegelogger am linken Vorderbein und Befestigung GPS-Logger am Halsriemen

Bei den GPS-Loggern wurden alle 24 Stunden die Bandage gewechselt, gereinigt und am anderen Bein montiert. Im Gegensatz zum Liegelogger musste beim Wechsel der Wintec-Geräte nicht auf die Position des GPS-Senders geachtet werden. Aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** geht hervor, welche Logger an welchem Pferd mit welcher Befestigung versehen waren.

Tabelle 5: Nummerierung und Befestigung der Logger

	Pferd	GPS-Logger			Liegelogger	
		Interne Nr.	Seriennr.	Befestigung	Interne Nr.	Seriennr.
Versuchsstall A	Monti	1	W207000077	Halsriemen	1	9795230
	Lucy	2	W207000063	Halsriemen	2	9795216
	Carino	3	W210000186	Bandage	3	9795202
	Brandy	4	W210000181	Bandage	4	9795205
Versuchsstall B	Wallenstein	1	W207000077	Bandage	1	9795230
	Sokrates	2	W207000063	Bandage	2	9795216
	Jac Vulkan	3	W210000186	Bandage	3	9795202
	Frederico	4	W210000181	Bandage	4	9795205

Der tägliche Bandagenwechsel wurde außerdem dazu genutzt, die Daten beider Logger auszulesen, Akkus beim Wintec-Gerät zu wechseln und die korrekte Aufzeichnung beider Logger zu überprüfen. Dieser Vorgang dauerte zirka 10 Minuten

pro Pferd und wurde als Zeit außerhalb des Offenstallbereiches (adO) mitaufgezeichnet.

Das Wintec-Gerät wurde mit der mitgelieferten Software WBT-Tool so konfiguriert, dass es alle 10 Sekunden die Position des Pferdes aufzeichnen sollte. Auch die Satellitenfeinadjustierung wurde über die Software eingestellt. Über die im Wintec WBT integrierte mini USB-Schnittstelle erfolgte die Übertragung der Daten zum Computer. Nach vollständiger Übertragung wurden die aufgezeichneten Koordinaten mithilfe der Geoinformationssoftware ArcMap von Esri den jeweiligen Funktionsbereichen der Außenlaufställe zugeordnet (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Grafische Dokumentation der Nutzung des Außenlaufstallbereiches mit GPS durch 1 Pferd*

***Punkte außerhalb der gekennzeichneten Grenzen sind Ausreißer (=Verzerrungen des Signals)**

Nach vollständiger Zuordnung wurden die Daten als csv-File exportiert und in Excel (Microsoft Office) weiterbearbeitet.

4.3.2 Liegelogger

Für die Aufzeichnung der Liegeposition der Pferde wurden 4 Hobo Pendant G Datenlogger der Firma Onset Computer Corporation, USA (im Weiteren kurz Liegelogger genannt) mit den Maßen 5,8 x 3,3 x 2,3 cm und einem Gewicht von 17 g verwendet (Abbildung 6).



Abbildung 6: HOBO Pendant G Datenlogger

Dieser Logger besitzt einen internen Sensor, der aus einem 3-Achsen-Beschleunigungsmesser mit einem Messbereich von ± 3 g besteht, mit dessen Beschleunigungskraft entlang der x-, y- und z-Achse gemessen wird. Durch die Bewegung des Loggers während der Aufzeichnung, werden Veränderungen entlang dieser Achsen festgehalten und gespeichert. Wenn der Logger nicht bewegt wird, bleibt die Erdanziehungskraft (1 g) weiterhin entlang der Achse senkrecht zum Boden bestehen. Mit Veränderung des Winkels des Loggers ermöglicht die Erdanziehung die Anzeige eines Neigungsgrades entlang einer benutzerdefinierbaren Achse oder Achsenkombination. Der Datenlogger wird mit einer austauschbaren Lithium-Batterie CR-2032 betrieben und kann bis zu 21.333 Messwerte dreiaxsig speichern, wodurch die Aufzeichnung über mehrere Tage möglich war. Um die Daten des Loggers auf ein Computermedium zu kopieren, war eine Base Station BASE-U-1, die an den USB-Port des Computers angeschlossen wurde, nötig. Die zugehörige Software HOBOWare lite wurde für die korrekte Einstellung des Loggers und das Auslesen genutzt (Onset Computer Corporation 2009). Der Logger wurde zur Aufnahme der Position des Pferdes im 30 Sekundenintervall programmiert. Da für die Differenzierung zwischen Liegen und Stehen nur zwei Achsen benötigt wurden, waren für diese Arbeit lediglich die x- und die y-Achse von Relevanz, die z-Achse wurde nicht vom Logger aufgezeichnet.

Für die Anbringung der Liegelogger wurden Bandagierunterlagen (Showmaster), selbsthaftende Bandagen (VetRap 3M Bandaging Tape), Fleecebandagen (Felix Bühler) und Schwammtücher (Wettex) verwendet. Die Liegelogger wurden an den Vorderbeinen am äußeren Röhrbein befestigt. Um Hautirritationen und Druckstellen vorzubeugen, wurden die Bandagierunterlage und ein gefaltetes Schwammtuch unter dem Logger am Bein angebracht, anschließend mit einer Haftbandage

umwickelt, um dem Logger ausreichend Stabilität zu verleihen. Am Ende wurde alles mit einer Fleecebandage einbandagiert, um den Logger vor äußeren Einflüssen wie Nässe, Schlamm und Tritten von anderen Pferden zu schützen. Die Anbringung wurde alle 24 Stunden abgenommen, von Verschmutzungen gesäubert und am anderen Vorderbein montiert, um das Auftreten von Druckstellen zu verhindern.

Die aufgenommenen Daten wurden mit der HOBO-Software auf den Computer importiert und anschließend in Excel (Microsoft Office) überarbeitet. Die Daten lagen bei beiden Achsen innerhalb eines Datenbereiches von -1 bis +1 vor. Zuerst wurden die Daten auf- oder abgerundet, so dass alle Werte 0 und ± 1 entsprachen. Anschließend erfolgte eine Kategorisierung nach Liegen und Stehen (siehe Abbildung 7).

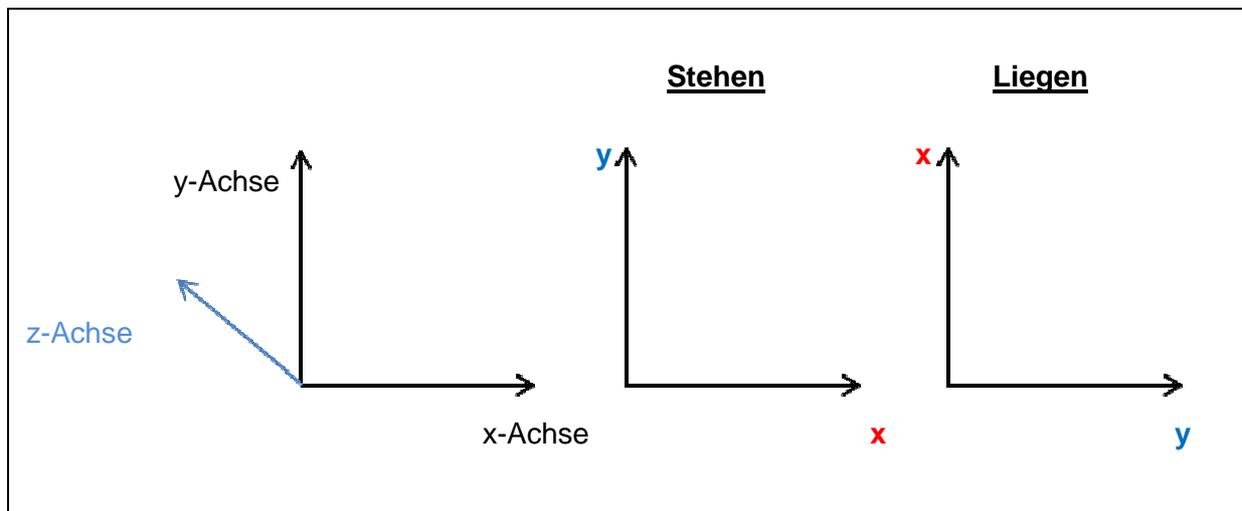


Abbildung 7: Dreidimensionale Aufzeichnung des Liegeloggers

Beim Stehen sieht die y-Achse nach oben und unten, beim Liegen wird das Bein abgewinkelt, der Logger abgekippt und die x-Achse zeigt nach oben oder unten. Mit der entsprechenden x-Achse mit dem Wert 0 und y-Achse mit dem Wert ± 1 wurde die Position Stehen zugeordnet. Lag für die y-Achse der Wert 0 und die x-Achse der Wert ± 1 vor, wurde die Position Liegen erfasst. Im darauffolgenden Schritt wurden alle nicht plausiblen Einzelwerte korrigiert, jene Werte entfernt, die kurzzeitiges Liegen darstellten (unter einer Minute). Diese Werte traten auf, wenn das Pferd sein Bein in eine waagrechte Lage bringt, beim Kratzen, Scheren oder bei schneller Bewegung.

4.3.3 Videoaufzeichnung und -analyse

Um das Verhalten der Pferde zeitgenau zu erfassen, wurden in beiden Versuchsbetrieben Kameras installiert. Es wurden Kameras der Marke Sanyo (Sanyo VCC-HD2300P, 1/3" T/N-Full HD Megapixelkamera) verwendet, die in staub- und feuchtigkeitsfesten Gehäusen montiert waren. Die Aufnahmen wurden über eine Schnittstelle (PoE Switch 8/8) an einen im Stall deponierten PC (NUUO NVRmini 2) weitergeleitet, über den auch die Feineinstellung der Kameras vorgenommen werden konnte. Die Kameras wurden zusätzlich mit Infrarotscheinwerfern (LIR-T120, LIR-T80 und LIR-T60) ausgestattet, um eine 24-Stunden Beobachtung zu gewährleisten.

Im Versuchsstall A wurden zwei Kameras mit Infrarotscheinwerfer in den oberen Ecken des Stalles montiert, zwei Kameras inkl. Infrarotscheinwerfern kamen im Auslaufbereich zum Einsatz. Die gesamte Fläche des Offenstalles konnte mit vier Kameras abgedeckt werden.

Betrieb B wurde mit insgesamt fünf Kameras inklusive Infrarotscheinwerfern ausgestattet, wobei zwei wiederum in der Liegehalle ihren Platz in den oberen Ecken gegenüber den Aus- und Eingängen fanden und drei an der Stallaußenwand, auf den Auslauf gerichtet, montiert wurden. Für den Bereich der Fressstände wurden keine weiteren Kameras installiert, da von den Außenkameras gut zu erkennen war, wann ein Pferd den Fressstand betrat und ihn verließ.

Eine Woche vor Start der Datenerhebung wurden die Kameras in den Ställen positioniert und angebracht und auf Schärfe, Sicht und Helligkeit in den darauffolgenden Tagen überprüft. Die Tiere konnten sich während dieser Zeit an die montierten Kameras gewöhnen..

4.3.4 Datenbearbeitung und statistische Analyse

4.3.4.1 Videoaufzeichnung

Für die Analyse der Videoaufnahmen wurde eine spezielle Software (Interact 9, Mangold International GmbH) für das Codieren von Verhaltensmustern herangezogen. Die Beobachtung der Tiere erfolgte kontinuierlich. Jedes untersuchende Verhaltensmuster erhielt einen Code, der nach dem jeweiligen Aufenthaltsbereich differenziert wurde. Die verwendeten Codes sind in Tabelle 6 ersichtlich. Für den Code „Liegen“ wurden alle Liegevorgänge protokolliert, die von

den Tieren gezeigt wurden. Der Liegevorgang wurde als ein zeitlich unabhängiges Ereignis definiert, bei dem der Rumpf des Pferdes mindestens 1 Minute komplett mit dem Boden in Berührung war. Jeder Liegevorgang begann mit dem Abliegen und endete mit dem Aufstehen. Das Wälzen des Pferdes wurde nicht als Liegevorgang erfasst, da die Berührung des Rumpfes mit dem Boden keine Minute andauerte. Es wurde nicht nach der Liegeseite, der Lage des Körpers und der Position der Extremitäten unterschieden. Für den Code „Stehen“ wurden alle Aktivitäten erfasst, bei denen der Rumpf des Pferdes nicht mit dem Boden in Berührung war. Auf eine Differenzierung zwischen Stehen und Bewegen wurde in diesem Versuch verzichtet, da diese von den eingesetzten Loggern nicht erkannt wurde.

Code	Klasse
Stehen	Auslauf
Liegen	Auslauf
Stehen	Stall
Liegen	Stall
Stehen	Tränke
Stehen	Fressplatz *)
Stehen	adS **)
*) nur in Versuchsstall B	
**) außerhalb des Offenstallbereiches	

Tabelle 6: Codes für Interact 9 (Mangold): Differenzierung nach Liegen und Stehen (Code) und nach Aufenthaltsbereichen (Klasse)

Insgesamt wurden fünf 24h-Perioden ausgewertet. Eine 24h-Periode begann um 10 Uhr morgens und dauerte bis 10 morgens am Folgetag. Nach vollständiger Codierung der Videos wurden die Daten in Excel (Microsoft Office) exportiert und weiterbearbeitet. Die Daten lagen pro Pferd vor und wurden nach Aktivitäten in Aufenthaltsbereichen gruppiert. Für jede Gruppe (Stehen im Auslauf, Stehen im Stall, Stehen an der Tränke, Stehen am Fressstand und Stehen außerhalb des Stalles sowie Liegen im Auslauf und Liegen im Stall) wurde die Gesamtdauer von fünf 24h-Perioden als Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die jeweiligen Minima (Min) und Maxima (Max) und die Häufigkeiten berechnet.

Außerdem wurden die gesamte Steh- und Liegezeit (unabhängig vom Aufenthaltsbereich) sowie die gesamte Aufenthaltsdauer in den jeweiligen Bereichen ermittelt und auch hierfür wieder Mittelwerte, Standardabweichung, Minima und Maxima sowie Häufigkeiten bestimmt.

Bei Pferd 7 des Versuchsstalles B mussten am 27. 4. 2013 um 14 Uhr die Logger aufgrund eines Kutschenunfalls abgenommen und konnten erst am Folgetag um 9 Uhr wieder befestigt werden. Diese 24h-Periode (Tag 4, 10:00 – 10:00) wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Nach Aufbereitung der Daten in Excel erfolgte die statistische Analyse mit SAS (Statistical Analysis System) 9.1 für Windows. Die Rohdaten wurden zuerst auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und auf Varianzhomogenität (Levene-Test) geprüft. Lagen diese vor, erfolgte die Auswertung mit einer einfachen Varianzanalyse für zwei Gruppen (Versuchsbetrieb A und B) gemäß nachfolgend angeführtem Modell 1.

Merkmalsmodell 1:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = beobachteter Merkmalswert der Variablen Y

μ = arithmetisches Mittel der Erwartungswerte in den Gruppen

D_i = fixer Effekt des Betriebes i (i = 1,2)

ε_{ij} = zufälliger Resteffekt

Die zu testende Nullhypothese lautet: H_0 = Die Mittelwerte der beiden Betriebe hinsichtlich Aktivität und Aufenthalt sind gleich.

4.3.4.2 Übereinstimmung GPS- und Liegelogger mit der Videoaufzeichnung

Mit Interact 9 wurde die Übereinstimmungsgenauigkeit der Loggerdaten mit den Videoaufzeichnungsdaten (= Interrater-Reliability) errechnet und veranschaulicht. Das Programm verfügt über die Cohen's-Kappa-Analyse, die den Vergleich von zwei voneinander unabhängigen Verhaltensbeobachtungen ermöglicht. Die Kappa-Kalkulation errechnet das Ausmaß an Übereinstimmungen (= Konkordanzen) der Einschätzungsergebnisse zweier Beobachter. Übereinstimmende und abweichende Bewertungen wurden graphisch in einer Übereinstimmungsmatrix (= Klassifikationstabelle) (siehe Abbildung 8) dargestellt.

	Beschäftigungslos	Gemeinsam	Gruppe	Parallel	Zurückgezogen	SUM
Beschäftigungslos	8					8
Gemeinsam	1	20	1	2	1	25
Gruppe			14	1		15
Parallel			2	27		29
Zurückgezogen		1			24	25
SUM	9	21	17	30	25	102

Klasse 1

Abbildung 8: Beispiel für Ergebnismatrix von Interact 9 (Mangold 2013)

Die Hauptdiagonale (grau hinterlegte Zellen) zeigt alle übereinstimmenden Beurteilungen, alle übrigen Zellen die abweichenden Bewertungen.

Die Formel, auf der die Cohen's-Kappa-Analyse beruht, kann Abbildung 9 entnommen werden.

$$K = (P_{\text{obs}} - P_{\text{exp}}) / (1 - P_{\text{exp}})$$

Abbildung 9: Formel für die Cohen's-Kappa-Analyse in Interact 9

P_{obs} stellt in der Berechnung den Anteil der Übereinstimmungen der tatsächlichen Beobachtungen dar, P_{exp} ist der zufällig erwartete Anteil der Übereinstimmung. Die Werte P_{obs} und P_{exp} werden mit der Ergebnismatrix berechnet, wobei für P_{obs} die Anzahl der übereinstimmenden Werte summiert und durch die Gesamtzahl der Randsummenwerte geteilt wird. Für P_{exp} wird für jedes Ereignis die Spaltensumme mit der Zeilensumme multipliziert, diese Werte anschließend summiert und durch die Gesamtzahl der Randsummenwerte im Quadrat geteilt. Die Werte P_{exp} und P_{obs} werden in die Formel der Cohen's-Kappa-Analyse (Abbildung 9) eingesetzt, um den gesamten Kappa-Wert zu erhalten. Mit dessen Hilfe können Aussagen über die Höhe der Beobachterübereinstimmung getroffen werden. Bei der Berechnung ist zu beachten, dass ein gewisses Maß an Übereinstimmung zu erwarten ist, wenn die beiden Rater rein zufällig bewerten würden. Bei $k = 1$ stimmen alle Rater in allen Kategorien überein. Bei einem Kappa von 0 sind nur Übereinstimmungen der beiden

Rater vorhanden, die mathematisch dem Ausmaß des Zufalles entsprechen. Ein negativer Kappa-Wert kann so gedeutet werden, dass die Übereinstimmung noch kleiner als die zufällig zu erwartende Übereinstimmung ist (Grouven u. a. 2007; Sim und Wright 2005; Burn, Pritchard, und Whay 2009).

Zur Interpretation der Werte kann Tabelle 7 herangezogen werden.

Tabelle 7: Interpretation der Kappa-Werte (k)

k	Stärke der Übereinstimmung
< 0,2	schwach
0,21 - 0,4	leicht
0,41 - 0,6	mittelmäßig
0,61 - 0,8	gut
0,81 - 1,0	sehr gut

(Quelle: Grouven et al. 2007)

Kappa ist von der Anzahl der Klassifikationskategorien abhängig, das heißt je mehr Kategorien, umso schwieriger wird eine übereinstimmende Klassifikation, umso kleiner wird der Kappa-Wert (Grouven u. a. 2007).

Zusätzlich zur Kappa-Analyse erfolgte eine statistische Auwertung mit SAS 9.2 für Windows. Die Rohdaten wurden auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und auf Varianzhomogenität (Levene-Test) geprüft. Lagen die beiden Voraussetzungen vor, wurde mit der einfachen Varianzanalyse gemäß dem nachfolgend angeführtem Merkmalsmodell auf signifikante Unterschiede in der Detektionsqualität der Geräte (Liegelogger und GPS-Sensoren) und den Einfluss der unterschiedlichen Stallkonstruktionen auf die Signalstärke der GPS-Logger geprüft.

Merkmalsmodell 2:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + S_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = beobachteter Merkmalswert der Variablen Y

μ = arithmetisches Mittel der Erwartungswerte in den Gruppen

G_i = fixer Effekt der Logger i (i = 1,2,3,4)

S_j = fixer Effekt der Betriebe j (j = 1,2)

ϵ_{ij} = zufälliger Resteffekt

Ergab die Varianzanalyse signifikante Unterschiede, wurden die einzelnen Geräte mit multipltem Mittelwertvergleich nach Tukey Kramer miteinander verglichen.

5 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Aufzeichnungsgenauigkeit der eingesetzten Methoden (GPS, Beschleunigungssensor und Videoaufzeichnung) und die daraus resultierende Zuverlässigkeit jedes Einzelgerätes aufgezeigt und diskutiert.

5.1 Ergebnisse und Diskussion der Videoanalyse

Mittels Videoaufzeichnung wurden Aktivität und Aufenthaltsort der Pferde in beiden Versuchsbetrieben erfasst und daraus resultierend die Aufzeichnungsgenauigkeit der Logger überprüft.

5.1.1 Aktivität und Aufenthaltsort

Alle Pferde von Versuchsstall A verbrachten im Durchschnitt 1258,9 ($\pm 76,2$) Minuten pro Tag stehend und 132,2 ($\pm 53,8$) Minuten pro Tag liegend (Tabelle 8). Prozentuell betrachtet bedeutet das, dass sie 90 % des Tages im Stehen und 10 % des Tages im Liegen zubrachten. Im Mittel lagen sie 6 Mal täglich und durchschnittlich 22,9 ($\pm 8,1$) Minuten pro Liegeperiode. Die meiste Zeit des Tages hielten sie sich im Auslauf auf (1299,9 $\pm 77,7$ Minuten pro Tag), wohingegen sie nur einen geringen Anteil im Stall (79,8 $\pm 56,6$ Minuten pro Tag), an der Tränke (11,3 $\pm 4,7$ Minuten) und außerhalb des Offenstallbereiches (40,5 $\pm 12,5$ Minuten) verbrachten.

Der Auslauf wurde 32-mal von den Pferden in Stall A aufgesucht, wohingegen der Stall lediglich 7-mal täglich genutzt wurde. Die Tränke wurde durchschnittlich 10-mal pro Tag zum Trinken besucht.

Im Versuchsstall B betrug die mittlere Gesamtstehzeit 1212,5 ($\pm 59,2$) Minuten pro Tag und die Gesamtliegedauer schwankte zwischen 49,1 und 201,2 Minuten pro Tag. Die Pferde verbrachten wie im Versuchsstall A, 10 % des Tages im Liegen. Im Mittel lagen sie 3 Mal, wobei eine Liegeperiode im Schnitt 45,5 ($\pm 20,0$) Minuten dauerte. In Versuchsstall B fand im Gegensatz zu Versuchsstall A eine gleichmäßigere Verteilung der Aufenthalte statt, so befanden sich die Pferde 523,4 (\pm

218,5) Minuten pro Tag im Auslauf, den sie 39-mal aufsuchten, 454,4 (\pm 240,3) Minuten im Stall, den sie 23-mal am Tag nutzten und zu 352,9 (\pm 75,3) Minuten am Fressplatz, der von ihnen 16-mal täglich betreten wurde. Die Tränke wurde im Schnitt 7 Mal am Tag von den Pferden aufgesucht, an der sie 10,9 (\pm 3,5) Minuten verbrachten. Durchschnittlich 97,5 (\pm 30,2) Minuten des Tages befanden sich die Tiere nicht im Offenstallbereich.

Die Tabellen mit allen Einzelwerten pro Pferd und Tag sind im Anhang zu finden (Kap. 13.).

Tabelle 8: Durchschnittliche Gesamtliche- und -stehzeit pro Tag in Minuten, deren Minima (Min), Maxima (Max) und mittleren Häufigkeiten, die durchschnittliche Liegezeit pro Liegeperiode je Pferd und Tag in Minuten sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer pro Tag in Minuten

Stall		Aktivität			Aufenthalt				
		GSZ ^a	GLZ ^b	LZ/LP ^c	ZiA ^d	ZiS ^e	ZadT ^f	ZaF ^g	ZadO ^h
A	\bar{x}	1258.9	132.2	22.9	1299.9	79.8	11.3	-	40.5
	$\pm s$	76.2	53.8	8.2	77.7	56.6	4.7	-	20.6
	Min	1075.2	57.2	7.2	1097.9	0,6	6.7	-	
	Max	1357.3	251.7	38.0	1389.5	183,9	22.2	-	
	Häufigkeit (\bar{x})	42	6		32	7	10	-	
B	\bar{x}	1212.5	129.0	45.5	523.4	454.4	10.9	352.9	97.5
	$\pm s$	59.2	51.3	20.0	218.5	240.3	3.5	75.3	30.2
	Min	1091.8	49.1	16.3	199.5	45.6	5.1	227.7	
	Max	1323.3	201.2	94.5	909.7	882.1	17.6	493.2	
	Häufigkeit (\bar{x})	83	3		39	23	7	16	
Ges	\bar{x}	1236.3	130.6	34.0	921.6	262.3	11.1	352.9	97.5
	$\pm s$	71.5	51.9	18.8	424.3	254.8	4.1	75.3	30.2
	Min	1075.2	49.1	7.2	199.5	0.6	5.1	227.7	
	Max	1357.3	251.7	94.5	1389.5	882.1	22.2	493.2	
	Häufigkeit (\bar{x})	62	5		35	15	9	16	

- a) Gesamtstehzeit
- b) Gesamtlichezeit
- c) Liegezeit pro Liegeperiode
- d) Zeit im Auslauf
- e) Zeit im Stall
- f) Zeit an der Tränke
- g) Zeit am Fressplatz
- h) Zeit außerhalb des Offenstalles

Werhahn (2011) stellte in einer Studie zum Auslaufmanagement von Sportpferden fest, dass die Pferde im Schnitt 14 bis 16 % des Tages im Liegen und den restlichen

Tag im Stehen verbringen. Carson und Wood-Gush (1983) bezifferten die Gesamtschlafzeit mit 12 %, was dem Wert von 10 % der untersuchten Pferde beider Versuchsbetriebe weitestgehend entspricht. Untersuchungen über den Tagesrhythmus einer wildlebenden Przewalski-Pferdeherde von Wischer (2009) ergaben lediglich 5,4 % Gesamtliegezeit. Die durchschnittliche Liegedauer der beobachteten Pferde lag mit 132,2 Minuten pro Tag (Versuchsstall A) sowie 129,0 Minuten pro Tag (Versuchsstall B) über den von Muggenthaler und Zeitler-Feicht (2010) gefundenen Werten von 112 Minuten Liegedauer am Tag. Auch Schlender (2012) stellte fest, dass sich die mittlere tägliche Gesamtliegezeit bei Pferden in Gruppenauslaufhaltung auf etwa 2 Stunden beläuft. Die mittleren Liegezeiten pro Liegeperiode von 22,9 Minuten des Betriebes A und 45,5 Minuten des Betriebes B liegen beide in den ermittelten Bereichen von Baumgartner (2012) und Fader (2001). Der Stall des Versuchsbetriebes A wurde mit durchschnittlich 79,8 Minuten verhältnismäßig sehr wenig benutzt, dies wurde auf die geringe Größe zurückgeführt. Fehlende Raumstruktur und nicht vorhandene Gliederung der Offenstallfläche in Funktionsbereiche wird von Fürst et al. (2006) als nicht empfehlenswert für die Offenstallhaltung für Pferde angesehen, da so ein natürlicher Anreiz zu einer gesunden Bewegung fehlt.

Im Versuchsbetrieb B lässt sich eindeutig eine gleichmäßigere Verteilung der Aufenthalte zwischen den einzelnen Funktionsbereichen erkennen. Durch die Gliederung des Offenstalles in drei Hauptbereiche Auslauf, Stall und Fressbereich wurde ein häufiger Wechsel dieser und ein hohes Maß an Bewegung erreicht, was nach den Studien von Wilke (2003) über den Zusammenhang zwischen mangelnder Bewegung und Beeinträchtigung des Bewegungsapparates ein wesentliches gesundheitsförderndes Ziel in der Laufstallhaltung von Pferden darstellt.

Auffallende Unterschiede zwischen den Betrieben A und B liegen für die Anzahl und die Dauer der Liegeperioden vor. Im nicht strukturierten Versuchsstall A lagen die Tiere bis zu 6 Mal täglich mit 22,9 Minuten deutlich öfter, aber um einiges kürzer als die Pferde im Versuchsstall B, die sich durchschnittlich nur 3 Mal, dafür aber für jeweils im Mittel 45,5 Minuten zum Ruhen ablegten. Fader (2001) stellte fest, dass die Länge der einzelnen Liegeperioden stark von der Rangordnung der Offenstallherde abhängt. Ranghohe Tiere lagen im Durchschnitt länger und häufiger als rangniedere, die Liegeperioden wurden seltener von anderen Tieren gestört. Bei

mangelnder Strukturierung der Offenstallfläche wird den Pferden weniger Rückzugsmöglichkeit geboten, dies bedeutet, dass es zu häufigeren Störungen der Schlafphasen durch andere, möglicherweise ranghöheren Pferden kommt. In vorliegender Studie kann die These der Abhängigkeit der Länge der Liegeperioden von der Rangordnung der Tiere bestätigt werden. In beiden Ställen lagen die ranghöheren Pferde häufiger und länger als die ihnen untergeordneten. Außerdem wurde beobachtet, dass die Liegephasen der rangniederen Pferde häufig von ihren höheren Artgenossen gestört wurden.

Die prozentuale Verteilung der Aufenthaltszeit der Pferde in Versuchsstall A und B zeigt Abbildung 10 und Abbildung 11. Im Versuchsstall A hielten sich die vier Versuchspferde an den 5 Beobachtungstagen zu 92 % im Auslauf auf. Der Stallbereich wurde innerhalb des gleichen Zeitraumes lediglich zu 5 % genutzt. Die restlichen 3 % wurden an der Tränke und außerhalb des Offenstallbereiches verbracht.

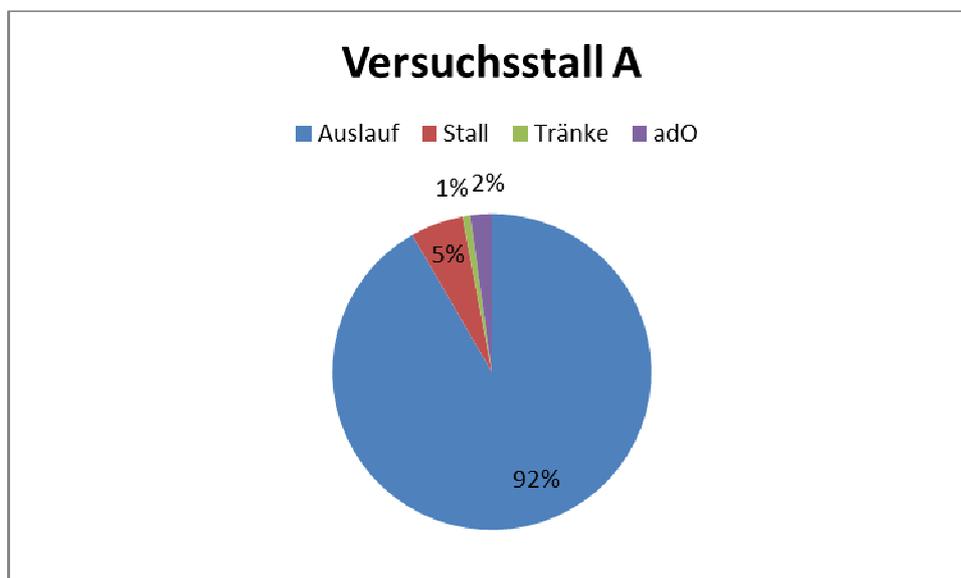


Abbildung 10: Prozentuale Verteilung der Aufenthaltszeit der Pferde (n = 4) des Versuchsstalls A pro Tag

In Stall B hingegen wurde über den Beobachtungszeitraum von 5 Tagen eine divergente Aufenthaltsverteilung festgestellt. So wurde der Stallbereich mit 32 % ähnlich oft wie der Auslauf mit 37% der Zeit des Tages genutzt. Auch an den

Fressplätzen, die nur in Stall B vorhanden waren, wurden 23 % der Zeit des Tages verbracht.

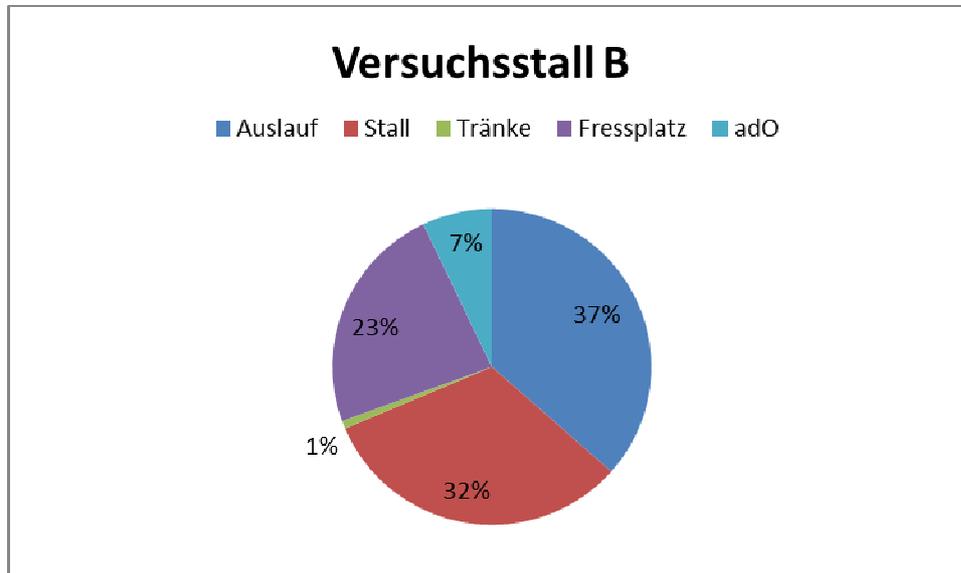


Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Aufenthaltszeit der Pferde (n = 4) des Versuchsstalls B pro Tag

Die Tränke wurde nur während 1 % der Zeit des Tages aufgesucht und weitere 7 % der Zeit befanden sich die Tiere nicht im Offenstallbereich.

5.1.2 Aktivität nach Aufenthalt

Der Auslauf von Versuchsstall A wurde durchschnittlich $1169,2 \pm 63,8$ Minuten und der Stall $78,4 \pm 56,8$ Minuten im Stehen genutzt (Tabelle 9). Von den 132,2 Minuten, die im gesamten Offenstallbereich liegend verbracht wurden, wurde der Auslauf mit durchschnittlich $130,7 \pm 53,5$ Minuten gegenüber dem Stall mit $1,5 \pm 6,6$ Minuten als Liegeplatz von den Pferden bevorzugt. Im Schnitt legten sich die Pferde 6-mal im Auslaufbereich und nur 1-mal im Stallbereich nieder. Lediglich von einem Pferd wurde während des Versuchszeitraumes der Stall als Liegefläche gewählt. Im Bereich der Tränke fanden keine Liegevorgänge statt.

Die Zeit, die die Pferde im Versuchsstall B stehend verbrachten, teilte sich auf den Auslauf (durchschnittlich $500,9 \pm 195,4$ Minuten pro Tag), den Stall (durchschnittlich $347,9 \pm 213,5$ Minuten pro Tag) und den Fressplatz ($352,9 \pm 75,3$ Minuten pro Tag) auf. Im Gegensatz zu Versuchsstall A (Tabelle 8) wurde im Versuchsstall B der

Stallbereich mit $106,5 \pm 74,9$ Minuten pro Tag dem Auslauf mit $22,5 \pm 35,8$ Minuten als Liegeplatz vorgezogen.

Tabelle 9: Durchschnittliche Dauer der Aktivität (Stehen und Liegen) nach Aufenthaltsbereich Auslauf, Stall, Tränke, Fressplatz und ads (außerhalb des Offenstallbereiches) pro Tag in Minuten, deren Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die zugehörigen Häufigkeiten

Stall		Aktivität und Aufenthaltsort						
		SiA ^a	LiA ^b	SiS ^c	LiS ^d	SadT ^e	SaF ^f	SaO ^g
A	\bar{x}	1169.2	130.7	78.4	1.5	11.3	-	40.6
	$\pm s$	63.8	53.5	56.8	6.6	4.8	-	32.4
	Min	994.1	57.2	0,6	0.0	6.7	-	
	Max	1267.1	251.7	183.9	29.7	22.3	-	
	Häufigkeit (\bar{x})	26	6	7	1	10	-	
B	\bar{x}	500.9	22.5	347.9	106.5	10.9	352.9	97.9
	$\pm s$	195.4	35.8	213.5	74.9	3.5	75.3	56.5
	Min	199.5	0.0	45.6	0.0	5.1	227.7	
	Max	838.6	116.1	715.9	201.2	17.7	493.2	
	Häufigkeit (\bar{x})	38	1	21	3	7	16	
Ges	\bar{x}	843.6	78.0	209.7	52.7	11.1	352.9	69.2
	$\pm s$	366.9	71.0	204.5	74.2	4.1	75.3	44.4
	Min	199.5	0	0.6	0	5.1	227.7	
	Max	1267.1	251.7	715.9	201.2	22.3	493.2	
	Häufigkeit (\bar{x})	32	3	14.	1	9	16	

- a) Stehzeit im Auslauf
- b) Liegezeit im Auslauf
- c) Stehzeit im Stall
- d) Liegezeit im Stall
- e) Stehzeit an der Tränke
- f) Stehzeit am Fressplatz
- g) Stehzeit außerhalb des Offenstallbereiches

Bei einem Pferd des Versuchsstalles B wurde Liegen während des Beobachtungszeitraumes nur im Auslauf beobachtet. Im Mittel legten sich die Pferde 3-mal täglich im Stall und 1-mal täglich im Auslauf nieder. Ähnlich wie in Versuchsstall A wurden die Tränke und der Fressplatz nur im Stehen genutzt.

Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsbetrieben fanden sich in den Kategorien Stehzeit, Zeit im Auslauf, Zeit im Stall sowie Stehzeit im Stall und im Auslauf und Liegezeit im Stall und im Auslauf. Im Versuchsstall A lagen die Pferde mit 22,9 Minuten pro Liegeperiode signifikant kürzer als im Versuchsstall B mit 45,5 Minuten. Die zugehörigen Werte sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: LS Means beider Versuchsbetriebe (1 + 2) für Aktivität und Aufenthalt, Standardabweichung innerhalb der Betriebe (S) sowie F- und P-Werte

Beobachtung	Einheit	LSMeans Betriebe		S	F-Wert	P-Wert
		1	2			
Stehzeit	min/24 h	1258,87	1212,5	71,5	4,47	0,0413
Liegezeit	min/24 h	132,2	129,0	51,9	0,03	0,8532
Zeit im Auslauf	min/24 h	1299,9	523,4	424,5	223,28	< 0,0001
Zeit im Stall	min/24 h	79,8	454,4	254,8	45,98	< 0,0001
Zeit an der Tränke	min/24 h	11,3	10,9	4,1	0,12	0,7347
Zeit am Fressplatz	min/24 h	/	352,9	75,3		
Stehzeit im Auslauf	min/24 h	1169,2	523,4	366,9	210,59	< 0,0001
Liegezeit im Auslauf	min/24 h	130,7	22,5	71,0	54,51	< 0,0001
Stehzeit im Stall	min/24 h	78,4	347,9	204,5	29,71	< 0,0001
Liegezeit im Stall	min/24 h	1,5	106,5	74,2	39,12	< 0,0001
Liegezeit/Liegeperiode	min/24 h	22,9	45,5	18,8	21,68	< 0,0001

Deutlich zu erkennen ist im Versuchsstall A, dass die Pferde hauptsächlich den Auslauf zum Liegen nutzten. Während des gesamten Versuchszeitraumes wurde nur ein Pferd ein einziges Mal beim Liegen im Stall beobachtet. Zahlreiche Faktoren können einen Einfluss auf das Liegeverhalten haben. Der Untergrund des Liegebereiches soll sauber, trocken und weich sein (Pirkelmann et al. 2008) und die Fläche sollte großzügig bemessen und strukturiert sein, um den Pferden ein ungestörtes Liegen zu ermöglichen (Baumgartner 2012). Versuchsstall A entspricht diesen Faktoren offensichtlich nicht. Der Untergrund des Stallbereiches ist nicht eingestreut, er besteht teils aus harten Gummimatten und Naturboden. Abgesehen von der Bodenbeschaffenheit ist die Gesamtfläche für die Gruppengröße zu klein bemessen und die relativ lange, aber schmale Grundfläche erschwert ein ungestörtes Liegen zusätzlich.

Anders zeigte sich die Liegesituation im Versuchsstall B. Der Liegebereich war während des Untersuchungszeitraumes tief mit Stroh eingestreut, trocken und sauber und die Liegefläche für die Anzahl der Pferde ausreichend. Hier wurde von drei der vier beobachteten Pferde der Stall ausschließlich zum Liegen genutzt, lediglich ein Pferd, das in der Rangordnung eine tiefere Stellung hatte, bevorzugte das Liegen im Auslauf.

Auch die Gruppengröße nimmt einen Einfluss auf das Liegeverhalten in Gruppenhaltungen. In Untersuchungen von Fader (2001) lagen Pferde in größeren

Gruppen (10 – 15 Pferde) wesentlich kürzer als in kleineren (5 – 6 Pferde). Ihre Beobachtung deckt sich allerdings nicht mit den Beobachtungen der aktuellen Studie, da die Pferdegruppe des Versuchsstalles A mit insgesamt 5 Pferden kleiner war und diese im Schnitt deutlich kürzere Liegephasen als die im Versuchsstall B mit insgesamt 8 im Offenstall lebenden Pferden zeigte.

In Abbildung 12 ist die durchschnittliche Dauer des Liegens aller acht Versuchspferde pro Tag unabhängig vom Aufenthaltsort ersichtlich. Sie lagen zwischen $75,9 \pm 24$ (Pferd 6) und $182,7 \pm 30$ (Pferd 2).

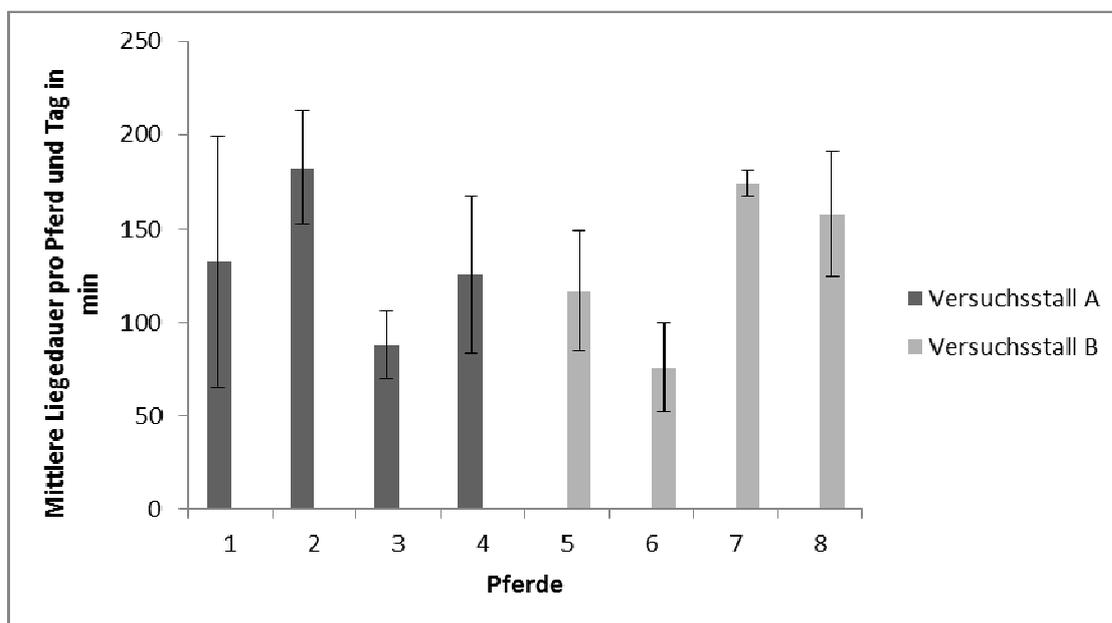


Abbildung 12: Mittlere Gesamtliegedauer je Pferd (n = 8) und Tag in Minuten

Das Mittel aller acht Pferde ergab $130,6 \pm 51,9$ Minuten pro Tag.

Auffallend ist hier, dass in beiden Ställen die scheinbar ranghöchsten Tiere (Pferd 2 und Pferd 8) die längsten und die rangniederen (Pferd 3 und Pferd 6) die kürzesten Liegedauern zeigten. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen von Fader (2001) und Sambras und Fader (2002), dass der soziale Rang einen deutlichen Einfluss auf das Liegeverhalten von Pferden nimmt. Je höher die Stellung in der Gruppe, umso länger ist die Liegezeit. Nach Sambras und Fader (2002) werden bis zu 45 % der Liegeperioden durch eine Störung durch andere Pferde unterbrochen. Diesem kann mit einer durchdachten Strukturierung der Liegefläche entgegengewirkt werden.

Die durchschnittliche Gesamtliegedauer der Versuchspferde in Abhängigkeit des Aufenthaltsbereiches ist in Abbildung 13 dargestellt.

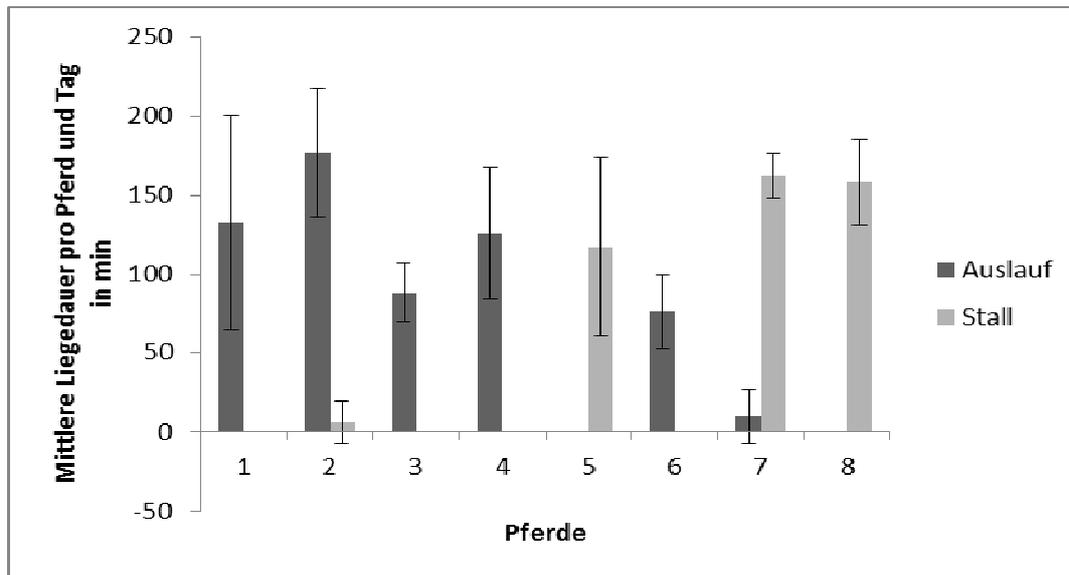


Abbildung 13: Mittlere Gesamtliegedauer pro Pferd (n = 8) und Tag in Minuten in Abhängigkeit des Aufenthaltes (Auslauf und Stall)

Die durchschnittliche Liegezeit je Liegeperiode pro Tag zeigt Abbildung 14. Sie war zwischen den Pferden 1 bis 8 sehr unterschiedlich und reichte von $12,9 \pm 4$ (Pferd 3) bis $49,3 \pm 24$ Minuten.

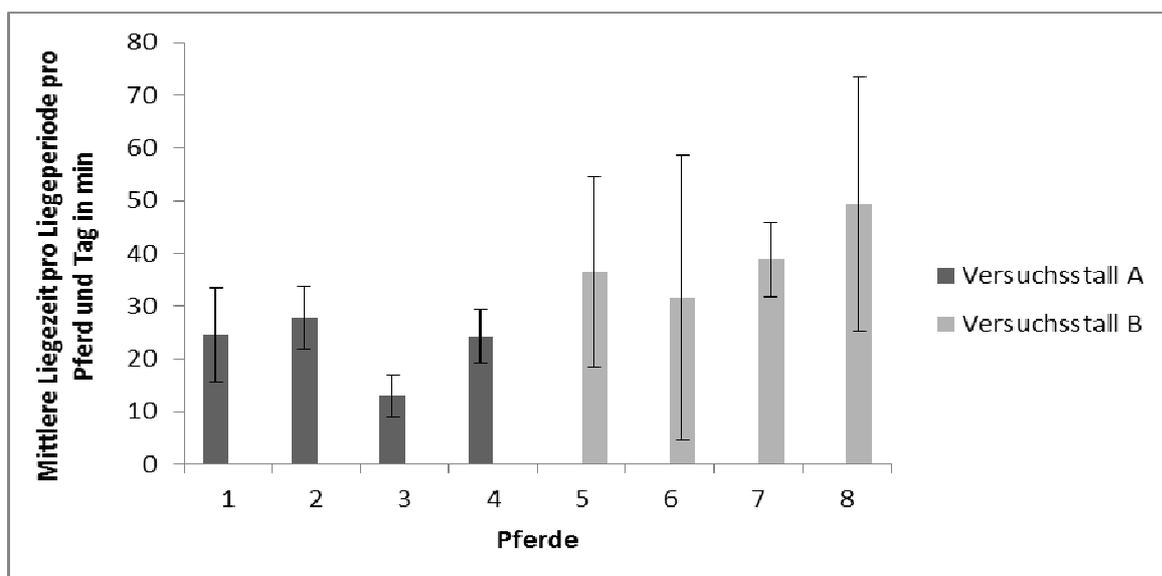


Abbildung 14: Mittlere Liegezeit je Liegeperiode pro Pferd (n = 8) und Tag in Minuten

Die Pferde 1 bis 4 des Versuchsstalles A zeigten mit einem Mittel von $22,9 \pm 8,2$ Minuten deutlich kürzere Liegephasen als die Pferde 5 bis 6 des Versuchsstalles B mit $45,5 \pm 20,0$.

Abbildung 15 verweist darauf, wie oft sich die Versuchspferde je 24-Stunden Tag zum Ruhen ablegten. Unter den untersuchten Tieren gab es kein Pferd, das sich nicht wenigstens 1-mal am Tag niederlegte. Die höchste Liegehäufigkeit von 7 Liegephasen wurde bei einem einzigen Pferd beobachtet.

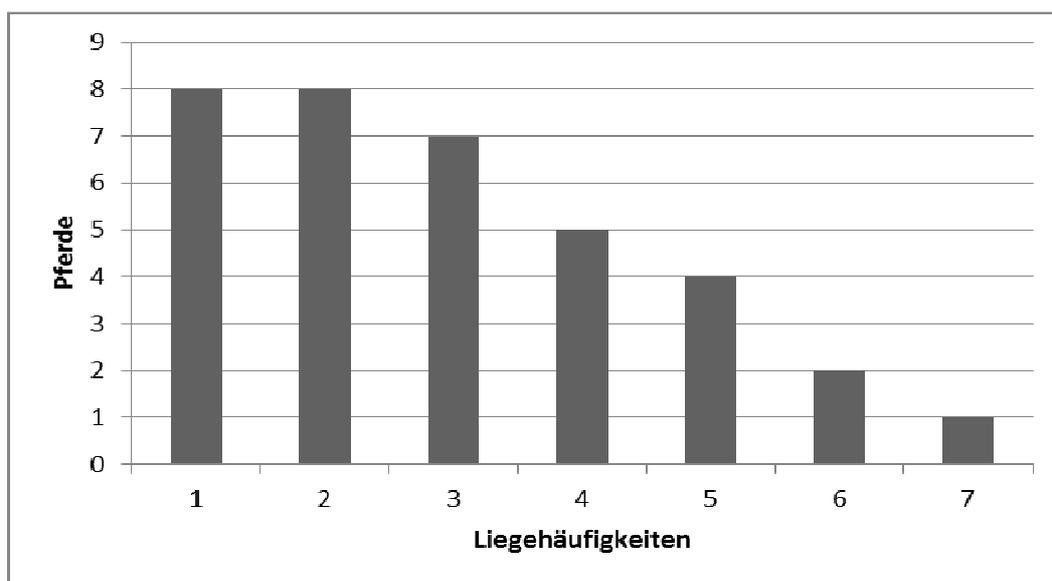


Abbildung 15: Mittlere Anzahl an Liegeperioden aller Pferde (n = 8) pro Tag (7 = maximale Liegehäufigkeit)

Im Bezug auf das Liegeverhalten zeigten sich während des Versuchszeitraumes von 5 Tagen bestimmte Tendenzen der acht Pferde im Tages- und Nachtverlauf (

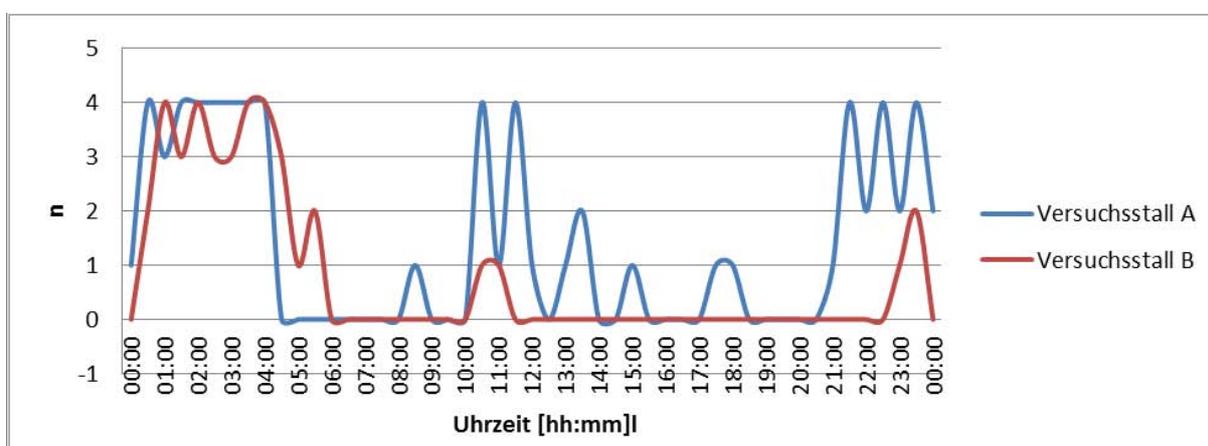


Abbildung 16). Anhand der Tiere des Versuchsstalles A wurden deutlich drei Hauptruhephasen erkannt.

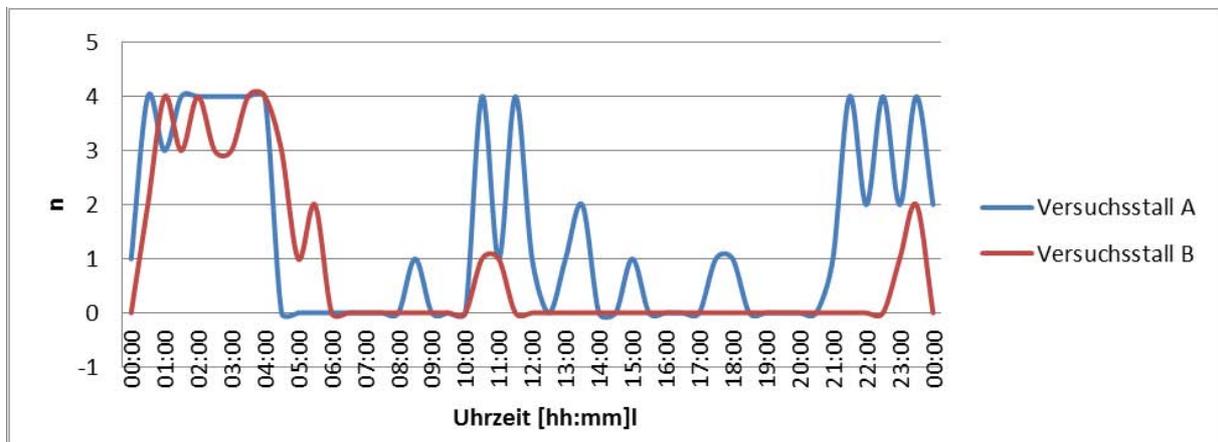


Abbildung 16: Tages- und Nachtverlauf der Pferde (n) beim Liegen im Versuchsstall A sowie B

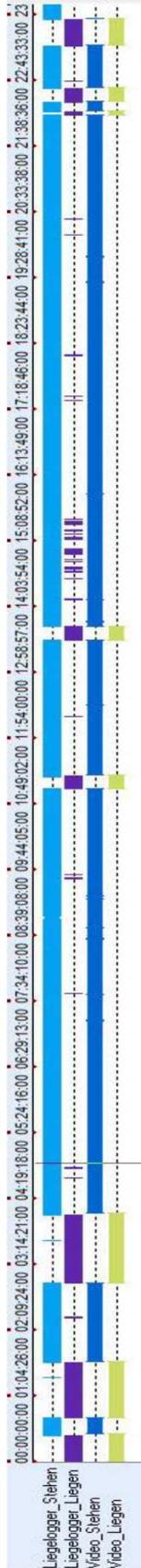
Die erste Phase ließ sich nachts zwischen 0 und 4 Uhr identifizieren, die zweite lag um die Mittagszeit zwischen 10 und 14 Uhr und die letzte zwischen 21 und 24 Uhr. Stall B hebt sich ein wenig vom Tagesrhythmus von Stall A ab. Zum Liegen bevorzugten die Pferde des Stalles B die Zeit zwischen 1 und 5 Uhr 30, während des Tages sowie kurz vor Mitternacht wurde nur vereinzelt im Liegen geruht.

Der ermittelte Liegetagesverlauf deckt sich mit den Ergebnissen der Literatur. Nach Kuhne (2004), Obergfell (2012) und Fader (2001) liegen die Pferde vermehrt zwischen 24:00 und 06:00 Uhr früh. Auch Pollmann (2005) gab als Hauptliegeperiode den Zeitraum von zwei Stunden vor Sonnenaufgang (05:00 – 07:00 Uhr) an.

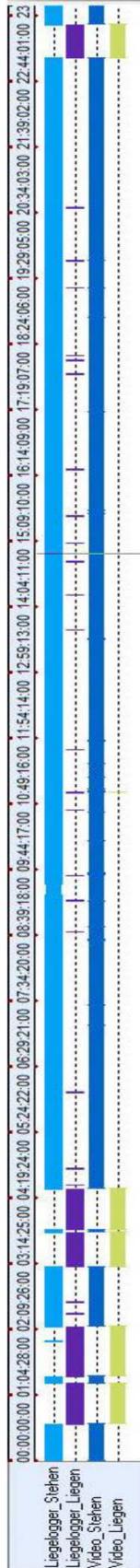
5.2 Ergebnisse und Diskussion der Liegeloggeraufzeichnung

Die Liegelogger wurden vier Tage lang auf ihre Zuverlässigkeit in der korrekten Differenzierung zwischen Liegen und Stehen bei acht Pferden überprüft. Dieselben Geräte wurden in Versuchsstall A und in Versuchsstall B verwendet. In Abbildung 17 sind vier Aufzeichnungstage desselben Gerätes dargestellt.

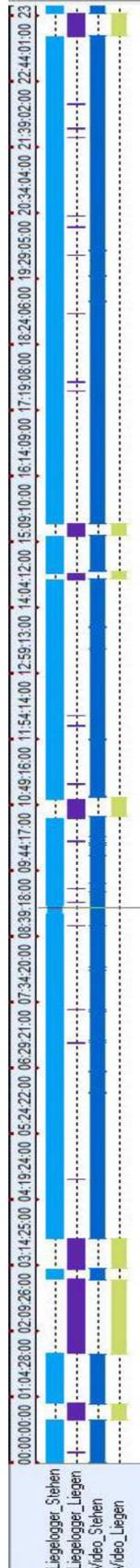
Tag 1:



Tag 2:



Tag 3:



Tag 4:

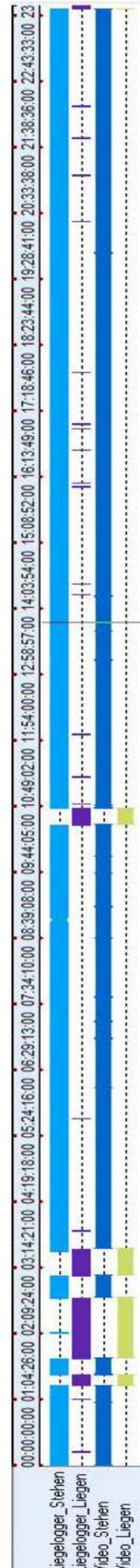


Abbildung 17: Gegenüberstellung der Liegeloggeraufzeichnung (Liegelogger) mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung (Video) von Gerät 1 (Tag 1 - 4) im Versuchsstall A

Die Gegenüberstellung der manuell kodierten Videoaufzeichnung mit den Aufzeichnungen des Liegeloggers ergab, dass sowohl die Liege- als auch die Stehphasen sehr genau vom Logger erkannt wurden.

Um die Ergebnisse besser darzustellen, wurden die in Tabelle 11 und Tabelle 12 angeführten Ergebnismatrizen verwendet. Hiermit ist die Übereinstimmung und Abweichung in den Kategorien „Liegen“ und „Stehen“ deutlich zu erkennen. Unter Beobachter 1 (Rater 1) ist die manuelle Kodierung der Videoaufzeichnung mit Interact 9 (Mangold), unter Beobachter 2 (Rater 2) die Aufzeichnung des Liegeloggers zu verstehen. Die grau hinterlegten Zellen der jeweiligen Hauptdiagonalen weisen auf übereinstimmende Bewertungen der beiden Rater hin, alle übrigen Zellen stellen abweichende Beurteilungen dar.

Tabelle 11: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und Liegeloggermessung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten).

Gerät	Beobachter 1 *)	Beobachter 2 **)		
		Liegen	Stehen	SUM
1		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	938	87	1025
	Stehen	45	10391	10436
	SUM	983	10478	11461
2		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	808	136	944
	Stehen	101	10417	10518
	SUM	909	10553	11462
3		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	905	103	1008
	Stehen	33	10401	10434
	SUM	938	10504	11442
4		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	1397	94	1491
	Stehen	38	9939	9977
	SUM	1435	10033	11468

*) manuelle Kodierung der Videoaufzeichnung

**) Liegeloggeraufzeichnung

Die Übereinstimmungswerte beider Beobachter sind grau hinterlegt, die übrigen Zellen entsprechen abweichenden Beurteilungen.

SUM = Summe der Randhäufigkeiten

Bei Gerät 1 stimmten 938 Aufzeichnungspunkte mit den Kodierungen der Videoaufzeichnungen in der Kategorie „Liegen“ überein, für 45 Aufzeichnungspunkte gab es keine Übereinstimmung, da der Liegelogger „Liegen“ dokumentierte, aber „Stehen“ kodiert wurde. Ein vergleichbares Szenario zeigte sich bei der Kategorie „Stehen“. Der Liegelogger verzeichnete in 10478 Aufzeichnungspunkten, dass das Pferd gestanden ist, wohingegen die Videoaufzeichnung in 10391 Fällen übereinstimmte und in 87 Fällen vom Liegelogger abwich. Dies bedeutet, dass der Liegelogger in 10391 Punkten die richtige Position des Pferdes erkannte und es in 87 Fällen zu Fehlauzeichnungen kam. Mit diesen Ergebnismatrizen wurden alle Kappa-Werte für die Geräte 1 bis 4 ermittelt (siehe Kap. 4.3.4.2).

Tabelle 12: Versuchsstall B: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und der Liegeloggermessung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 – Spalten).

Gerät	Beobachter 1	Beobachter 2		
		Liegen	Stehen	SUM
1		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	1304	99	1403
	Stehen	1	10065	10066
	SUM	1305	10164	11469
2		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	853	154	1007
	Stehen	1	10483	10484
	SUM	854	10637	11491
3		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	528	112	640
	Stehen	42	10798	10840
	SUM	570	10910	11480
4		Liegen	Stehen	SUM
	Liegen	1087	183	1270
	Stehen	24	8009	8033
	SUM	1111	8192	9303

Tabelle 13 enthält die errechneten Kappa-Werte für die Übereinstimmung (Interrater-Reliabilität) jeweils für Versuchsstall A und B. Die errechneten Koeffizienten befinden sich teils weit über einem Wert von 0,8 (siehe Kap. 4.3.4.2), der auf ein sehr zuverlässiges Übereinstimmungsergebnis schließen lässt.

Die Zuverlässigkeit der Liegelogger in der Aufzeichnung der richtigen Körperposition des Pferdes kann nach den vorliegenden Kappa-Koeffizienten als ausgezeichnet eingestuft werden. Mittels einer Fehlerkorrektur der von den Loggern aufgezeichneten sehr kurzen Liegephasen (vgl. Ledgerwood et al, 2010), die durch starke Abwinkelung des Beines beispielsweise beim Reiten hervorgerufen wurden, könnte vermutlich die Übereinstimmung noch weiter verbessert werden.

Tabelle 13: Kappa-Koeffizienten für die Interrater-Reliabilität zwischen Liegelogger und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B, sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max)

Gerät	<i>k</i> -Koeffizient					
	Stall A			Stall B		
	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max
1	0.92 ± 0.02	0.91	0.95	0.95 ± 0.02	0.93	0.97
2	0.85 ± 0.03	0.83	0.89	0.90 ± 0.03	0.87	0.93
3	0.92 ± 0.02	0.90	0.95	0.88 ± 0.02	0.85	0.89
4	0.94 ± 0.02	0.91	0.96	0.88 ± 0.06	0.80	0.93

Um die Höhe der Aufzeichnungsqualität in der Kategorie „Liegen“ zu ermitteln, wurde die Anzahl der möglichen Aufzeichnungspunkte mit der Anzahl der korrekt aufgezeichneten Punkte ins Verhältnis gesetzt. Die Ergebnisse sind in **Fehler!**
Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. ersichtlich.

Tabelle 14: Anteil der von den Geräten 1 - 4 richtig aufgezeichneten Punkte (%) sowie der Mittelwert und die Standardabweichung in der Kategorie 'Liegen' vom Versuchsstall A und B

Versuchsstall	Gerät				MW	S
	1	2	3	4		
A	95,9	96,3	93,1	96,3	95,4	1,5
B	93,0	84,8	89,1	87,5	88,6	3,4

Die übereinstimmenden Werte schwanken zwischen 93,1 % und 96,3 % im Versuchsstall A sowie zwischen 84,8 % und 93 % im Versuchsstall B. Die geringen

Unterschiede in der Erfassungsgenauigkeit hängen offensichtlich nicht vom verwendeten Liegelogger ab.

Die Anwendung der Logger am Pferd war höchst zufriedenstellend. Die aufgezeichneten Daten wurden einfach mit der mitgelieferten Software auf den Computer übertragen und weiterbearbeitet. Über die gesamte Aufzeichnungsphase wurden bei keinem Gerät Ausfälle ausgemacht, die Funktion war einwandfrei. Durch eine stabile Anbringung am Pferdebein wurde ein Verrutschen der Logger verhindert, so dass sich eine Fehlaufzeichnung als Resultat ergeben hätte. Es waren keine Auswirkungen am Pferdebein, wie Druckstellen oder Verletzungen zu verzeichnen, ebenso wenig konnte eine offensichtliche Beeinflussung des Verhaltens durch die Loggeranbringung eruiert werden.

Die einzelnen falsch aufgezeichneten Punkte können auf kurze ruckartige, starke Bewegungen der Pferdebeine zurückgeführt werden. Sehr deutlich zeigen sich die Abweichungen der Loggeraufzeichnung von der Videobeobachtung in den Zeitabschnitten, in denen die Pferde geritten wurden und sich im Auslauf schneller bewegten. In der Gangart Galopp kommt es zu einer stärkeren Abwinkelung des Vorderbeines als in den langsameren Gangarten Schritt und Trab, was zu einem kurzzeitigen Drehen des Loggers sowie zu einer falschen Aufzeichnung führt. Da alle Liegelogger an den Vorderbeinen befestigt waren, kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Aufzeichnungsabweichungen verhindert hätten werden können, wenn die Logger an den Hinterbeinen der Pferde angebracht worden wären. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass es Unterschiede zwischen den Geräten gibt, mögliche Fehlerquellen sind eher in anderen hier bereits erwähnten Bereichen zu suchen (Verrutschen des Loggers unter der Bandage).

Die Handhabung der Logger war einfach, allerdings muss erwähnt werden, dass diese, um Scheuerstellen zu verhindern, einmal am Tag vom Pferdebein abgenommen und am anderen angebracht werden mussten, was einen relativ hohen Zeitaufwand darstellte. Mehr Zeit in Anspruch nahm es vor allem bei den Versuchspferden, die nicht an das Einbandagieren der Beine gewöhnt waren.

Die hohe Übereinstimmung und sehr genaue Aufzeichnungsqualität der Liegelogger stellten auch Ito et al. (2009) in ihrer Studie zur Validierung der baugleichen Logger

an 50 Milchkühen fest. Die Logger wurden mittig am Hinterbein montiert und die Ergebnisse mit einem bereits validierten bauähnlichen Liegelogger verglichen. Sie kamen zu dem Schluss, dass bereits nach drei Tagen kontinuierlichen Beobachtens bei einem 1-Minuten-Aufzeichnungsintervall sehr zuverlässige Schätzungen des Liegeverhaltens gemacht werden konnten.

Das Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden wurde für diese Arbeit gewählt, da Ledgerwood et al. (2010) zur Validierung eines baugleichen Liegeloggers bei einem 30-Sekunden-Intervall eine Beobachtungsübereinstimmung mit der Videoaufzeichnung von über 99 % nach einer Korrektur von falsch aufgezeichneten Bewegungen bekamen.

5.3 Ergebnisse und Diskussion der GPS-Aufzeichnung

Mit der GPS-Technologie wurde der Aufenthaltsort von acht Pferden innerhalb von vier Tagen in zwei unterschiedlichen Offenställen (A und B) ermittelt. Um die aufgezeichneten Daten zu überprüfen, wurden mitlaufende Videoaufnahmen nach den jeweiligen Aufenthaltsorten der Pferde kodiert und den GPS-Aufzeichnungen mithilfe von Interact 9 (Mangold) gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung geht aus Abbildung 18 hervor.

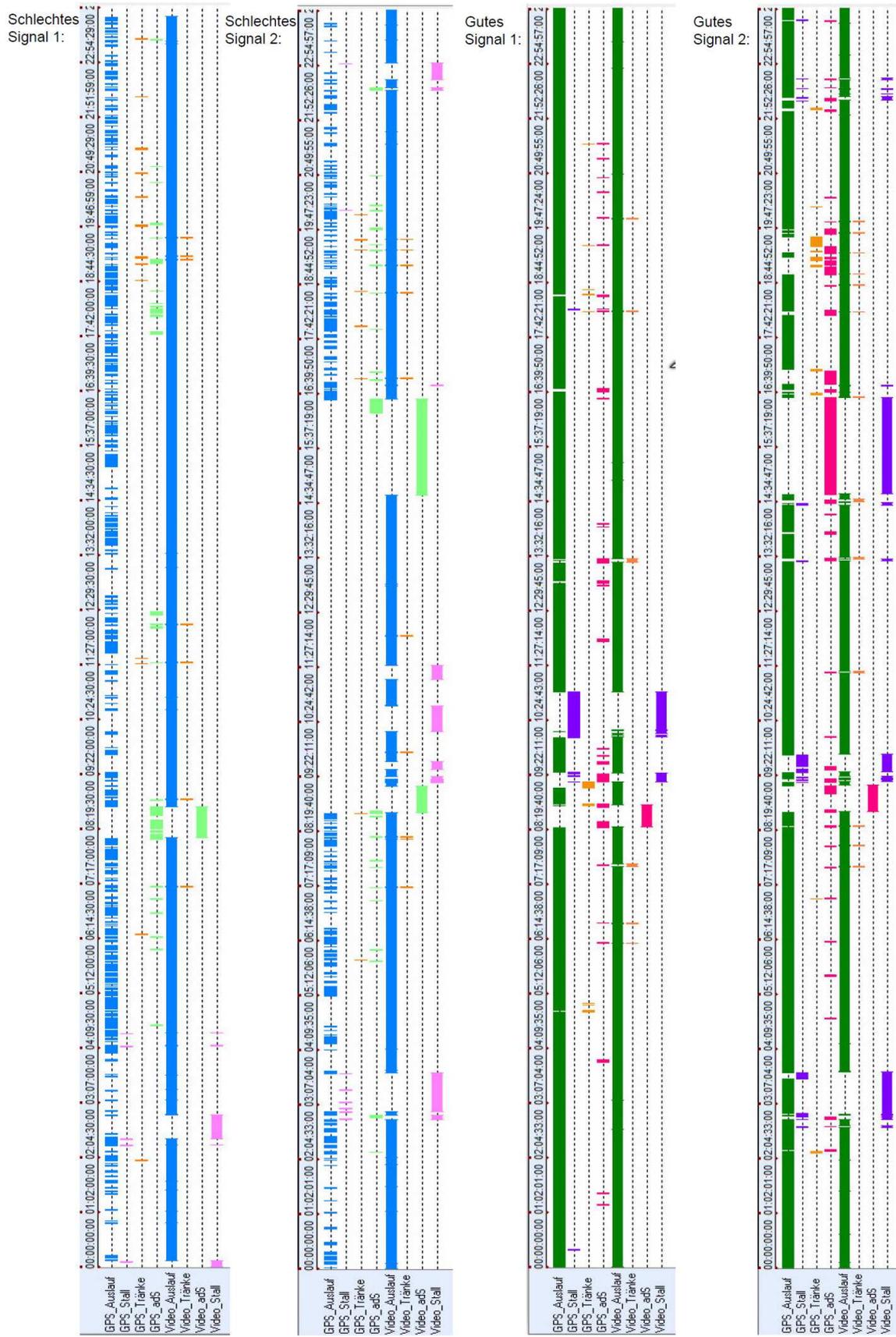


Abbildung 18: Gegenüberstellung der GPS-Aufzeichnung (GPS) mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung (Video) mit gutem und schlechtem GPS-Signal im Versuchsstall A

Die ersten beiden Aufzeichnungsbalken in Abbildung 18 zeigen die GPS-Messung mit mäßiger Signalstärke. Zu erkennen ist deutlich, dass die Aufzeichnung des Gerätes lückenhaft war und teilweise ganz abbrach (Signal 2). Die häufigen Einschränkungen des GPS-Empfanges führten zu Fehlmessungen und Ungenauigkeiten in der Aufzeichnung.

Die beiden Balken rechts in Abbildung 18 stellen eine GPS-Messung mit guter Signalstärke dar, die in Summe nur bei einem einzigen Gerät gegeben war. Die mit diesem Gerät aufgezeichneten Daten waren eindeutig zuverlässiger und wiesen deutlich weniger Messungslücken als die Daten mit schlechtem Empfang auf. Hier ist auch ersichtlich, dass es vor allem im Stallbereich häufig zu Fehlmessungen, Signalverzerrungen und -abbrüchen kam.

Die Übereinstimmungsmatrizen (Tabelle 15 und Tabelle 16) belegen die Übereinstimmungs- und Abweichungsbewertungen der manuell kodierten Videoaufzeichnung (in Zeilen) mit den Aufzeichnungen des GPS-Gerätes (in Spalten).

Tabelle 15: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und GPS-Aufzeichnung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten). Grau hinterlegt sind die Übereinstimmungswerte beider Beobachter, die übrigen Zellen entsprechen abweichenden Beurteilungen, SUM (= Summe der Randhäufigkeiten)

Gerät	Beobachter 1 *)	Beobachter 2 **)				
		adO ***)	Auslauf	Stall	Tränke	SUM
1		adO	Auslauf	Stall	Tränke	SUM
	adO	128	348	262	33	771
	Auslauf	161	10735	120	39	11055
	Stall	7	36	284	0	327
	Tränke	2	146	0	1	149
	SUM	298	11265	666	73	12302
2		adO	Auslauf	Stall	Tränke	SUM
	adO	98	129	24	24	275
	Auslauf	5	2121	41	13	2180
	Stall	0	12	21	0	33
	Tränke	0	36	0	2	38
	SUM	103	2298	86	39	2526
3		adO	Auslauf	Stall	Tränke	SUM
	adO	155	68	3	19	245
	Auslauf	28	1434	30	21	1513
	Stall	5	31	48	0	84
	Tränke	10	42	1	11	64
	SUM	198	1575	82	51	1906
4		adO	Auslauf	Stall	Tränke	SUM
	adO	219	149	5	20	393
	Auslauf	10	2106	12	28	2156
	Stall	0	51	26	8	85
	Tränke	2	70	0	3	75
	SUM	231	2376	43	59	2709

*) manuelle Kodierung der Videoaufzeichnung

**) GPS-Aufzeichnung

***) außerhalb des Offenstallbereiches

Die Übereinstimmungswerte beider Beobachter sind grau hinterlegt, die übrigen Zellen entsprechen abweichenden Beurteilungen.

SUM = Summe der Randhäufigkeiten

Die grau hinterlegten Felder markieren die Übereinstimmung der beiden Rater, alle übrigen Felder der jeweiligen Matrix stellen abweichende Bewertungen dar. Im Fall des GPS-Gerätes 1 wurden von 298 Aufzeichnungspunkten nur 43 % korrekt außerhalb des Offenstallbereiches aufgezeichnet, die übrigen 57 % befanden sich laut Videoaufzeichnung im Auslauf, Stall und an der Tränke. Im nicht-überdachten Auslauf wurden nur 95 % der Punkte, im Stallbereich lediglich knapp 43 % dieser

vom GPS-Gerät richtig erkannt. Im Bereich der Tränke wurden nur 1,39 % der Punkte richtig aufgezeichnet.

Tabelle 16: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und GPS-Aufzeichnung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten) erweitert um die Kategorie „Fressplatz“.

Gerät	Beobachter 1	Beobachter 2					
		adO	Auslauf	Fressplatz	Stall	Tränke	SUM
1		adO	Auslauf	Fressplatz	Stall	Tränke	SUM
	adO	83	202	1078	837	4	2204
	Auslauf	12	3573	1451	654	65	5755
	Fressplatz	4	144	473	31	6	658
	Stall	38	157	5	1511	1	1712
	Tränke	0	14	12	5	10	41
	SUM	137	4090	3019	3038	86	10370
2		adO	Auslauf	Fressplatz	Stall	Tränke	SUM
	adO	179	108	282	558	4	1131
	Auslauf	1	386	302	489	35	1213
	Fressplatz	4	33	35	49	3	124
	Stall	18	41	49	796	0	904
	Tränke	0	16	5	22	2	45
	SUM	202	584	673	1914	44	3417
3		adO	Auslauf	Fressplatz	Stall	Tränke	SUM
	adO	75	45	298	71	1	490
	Auslauf	44	873	398	146	12	1473
	Fressplatz	166	78	71	4	1	320
	Stall	45	76	6	145	1	273
	Tränke	0	22	2	3	10	37
	SUM	330	1094	775	369	25	2593
4		adO	Auslauf	Fressplatz	Stall	Tränke	SUM
	adO	182	103	376	292	3	956
	Auslauf	36	661	317	287	18	1319
	Fressplatz	10	27	76	12	0	125
	Stall	55	64	11	557	0	687
	Tränke	0	17	4	3	9	33
	SUM	283	872	784	1151	30	3120

Mithilfe der Werte der Ergebnismatrizen wurden Kappa-Koeffizienten berechnet, die den Grad der Übereinstimmung der manuell kodierten Videoaufzeichnung mit der GPS-Aufzeichnung beschreiben (Tabelle 17).

Tabelle 17: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen GPS und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max)

Gerät	k-Koeffizient					
	Stall A			Stall B		
	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max
1	0.44 ± 0.13	0.36	0.64	0.36 ± 0.08	0.30	0.48
2	0.40 ± 0.21	0.35	0.44	0.23 ± 0.09	0.16	0.35
3	0.51 ± 0.17	0.41	0.76	0.23 ± 0.03	0.20	0.26
4	0.35 ± 0.03	0.3	0.37	0.31 ± 0.05	0.24	0.37

Die Kappa-Analyse unterstützt den Eindruck der Grafik (Abbildung 18), da die mittleren k-Koeffizienten nicht über den Wert von 0,51 hinausgehen, was lediglich eine geringe bis mittelmäßige Übereinstimmung bedeutet. Nur drei von insgesamt 8 Werten überschritten den Grenzwert von 0,4 für eine mittelmäßig aussagekräftige Beziehung. Den geringsten Wert zeigten die Geräte 2 und 3 im Versuchsstall B mit 23 % Interrater-Reliabilität, den besten Wert von 51% erreichte Gerät 3 im Versuchsstall A. Die Zuverlässigkeit der Aufzeichnung der Aufenthaltsorte der Pferde mit dem GPS-Gerät ist nach vorliegender Kappa-Analyse als sehr gering anzusehen.

Mithilfe der Zeitanteile, die die Pferde im Auslauf- und Stallbereich verbrachten, wurde die theoretisch mögliche Anzahl an Aufzeichnungspunkten, die die Geräte bei einem voreingestellten 30-Sekunden-Aufzeichnungsintervall erfassen sollten, ermittelt und mit den tatsächlich aufgezeichneten Logs ins Verhältnis gesetzt. Ebenso wurde die Anzahl an tatsächlich korrekten Aufzeichnungspunkten wurde mit den möglichen Punkten ins Verhältnis gesetzt. Die ermittelten Werte können Tabelle 18 entnommen werden.

Tabelle 18: Möglichen (n), tatsächliche (n*) und tatsächlich korrekt (n) aufgezeichnete Punkte der GPS-Geräte 1 bis 4 im Stall und im Auslauf, sowie der Anteil der tatsächlich (V*) und tatsächlich korrekt (V**) aufgezeichneten an möglichen Punkten im Versuchsbetrieb A und B**

Betrieb	GPS	Tag	Zeit im Af ¹ (min)	Zeit im S ² (min)	n ³		n* ⁴		n** ⁵		V* ⁶ (%)		V** ⁷ (%)	
					Af	S	Af	S	Af	S	Af	S	Af	S
A	1	1	1397	0	2794	0	3669	0	3502	0	131,3	100,0	125,3	100,0
A	1	2	1195	201	2389	403	2395	404	2192	60	100,2	100,3	91,8	14,9
A	1	3	1346	58	2691	116	2694	117	2598	100	100,1	100,5	96,5	85,9
A	1	4	1336	71	2672	142	2507	143	2443	124	93,8	100,4	91,4	87,1

Betrieb	GPS	Tag	Zeit im Af ¹ (min)	Zeit im S ² (min)	n ³		n ^{*4}		n ^{**5}		V ^{*6} (%)		V ^{**7} (%)	
					Af	S	Af	S	Af	S	Af	S	Af	S
A	2	1	1363	35	2727	69	778	9	708	1	28,5	13,0	26,0	1,4
A	2	2	1159	132	2318	263	351	24	307	8	15,1	9,1	13,2	3,0
A	2	3	1284	116	2568	232	582	41	559	9	22,7	17,6	21,8	3,9
A	2	4	1297	109	2593	217	589	12	547	3	22,7	5,5	21,1	1,4
A	3	1	1288	104	2576	208	178	13	167	14	6,9	6,2	6,5	6,7
A	3	2	1126	64	2251	129	460	19	411	15	20,4	14,7	18,3	11,6
A	3	3	1322	81	2644	162	504	18	460	13	19,1	11,1	17,4	8,0
A	3	4	1241	146	2482	293	433	15	396	6	17,4	5,1	16,0	2,0
A	4	1	1301	0	2601	0	566	0	489	0	21,8	100,0	18,8	100,0
A	4	2	1359	43	2718	85	583	19	484	16	21,5	22,3	17,8	18,8
A	4	3	1323	68	2646	136	622	15	568	6	23,5	11,0	21,5	4,4
A	4	4	1355	45	2710	90	605	9	565	4	22,3	10,0	20,9	4,4
B	1	1	318	583	636	1166	644	942	538	521	101,2	80,8	84,5	44,7
B	1	2	358	551	716	1103	822	888	704	334	114,8	80,5	98,4	30,3
B	1	3	825	408	1649	816	1536	673	1316	396	93,1	82,5	79,8	48,5
B	1	4	557	422	1114	844	1088	535	1015	260	97,6	63,4	91,1	30,8
B	2	1	225	755	450	1510	138	598	96	245	30,7	39,6	21,4	16,2
B	2	2	292	718	583	1437	145	501	86	211	24,9	34,9	14,8	14,7
B	2	3	445	640	890	1280	134	569	89	242	15,1	44,4	10,0	18,9
B	2	4	435	432	871	864	167	246	115	98	19,2	28,5	13,2	11,3
B	3	1	563	282	1126	564	188	194	146	71	16,7	34,4	13,0	12,6
B	3	2	762	179	1524	358	246	65	158	32	16,1	18,1	10,4	8,9
B	3	3	922	98	1843	197	343	51	296	22	18,6	25,9	16,1	11,2
B	3	4	957	54	1914	108	317	59	273	20	16,6	54,7	14,3	18,6
B	4	1	260	548	519	1097	187	542	125	270	36,0	49,4	24,1	24,6
B	4	2	447	494	893	988	279	365	198	181	31,2	36,9	22,2	18,3
B	4	3	581	196	1163	392	250	148	200	58	21,5	37,8	17,2	14,8
B	4	4	464	98	927	197	156	96	138	48	16,8	48,8	14,9	24,4

¹ Zeit im Auslauf

² Zeit im Stall

³ n = Anzahl möglicher Aufzeichnungspunkte bei einem 30-Sekunden Aufzeichnungsintervall (Minuten*2)

⁴ n* = Anzahl tatsächlicher Aufzeichnungspunkte

⁵ n** = Anzahl tatsächlich korrekter Aufzeichnungspunkte

⁶ V* = Anteil von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten in %

⁷ V** = Anteil von tatsächlich korrekt aufgezeichneten Punkten an möglichen Punkten in %

Hier zeigt sich deutlich, dass das GPS-Gerät 1 in beiden Ställen die beste Aufzeichnungsquote hat. Im Versuchsbetrieb A loggte es teilweise häufiger als alle 30 Sekunden, dies kann durch einen Gerätefehler bedingt sein. Beachtenswert ist

ebenso, dass das Gerät vor allem im Auslaufbereich über 80 % der möglichen Aufzeichnungspunkte korrekt erfasste.

Um Detektionsunterschiede zwischen den Geräten zu ermitteln, wurden die LS-Means der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten und tatsächlich korrekt aufgezeichneten an möglichen Punkten ermittelt und diese einer ANOVA unterzogen.

Tabelle 19 zeigt, dass bei beiden Versuchsbetrieben signifikante Unterschiede (< 0,05) in der Aufzeichnungsqualität der Geräte im Auslauf- sowie im Stallbereich bestanden.

Tabelle 19: LS Means der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich (%), Standardabweichung (S) sowie F- und P-Werte getrennt nach Versuchsbetrieb A und B

Betrieb	Aufenthaltort	LS Means - Geräte				S	F-Wert	P-Wert
		1	2	3	4			
A	Auslauf	106,4	22,3	16	22,3	43,2	84,35	< 0,0001
	Stall	75,3	11,3	9,3	10,8	32,1	6,34	0,008
B	Auslauf	101,7	22,5	17	26,4	40,1	120,91	< 0,0001
	Stall	76,8	36,8	33,3	43,2	19,9	15,07	0,0002

Tabelle 20 gibt Aufschluss darüber, welche Geräte sich voneinander unterscheiden. Es wird nochmals untermauert, dass sich das Gerät 1 signifikant von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität im Auslauf- und Stallbereich in beiden Versuchsbetrieben abhebt. Zwischen den Geräten 2 bis 4 wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt.

Tabelle 20: Multiple Mittelwertvergleiche der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich, getrennt nach Versuchsbetrieb A und B

Betrieb	Aufenthaltort	Tukey-Kramer Test					
		1 - 2	1 - 3	1 - 4	2 - 3	2 - 4	3 - 4
A	Auslauf	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,7809	1	0,7809
	Stall	0,0193	0,0159	0,0184	0,9995	1	0,9998
B	Auslauf	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,7204	0,8685	0,3101
	Stall	0,0007	0,0003	0,0028	0,9602	0,816	0,5416

Um Unterschiede in der Qualität der Aufzeichnung zwischen den Geräten zu ermitteln, wurden die LS-Means der Anteile von tatsächlich korrekt aufgezeichneten an möglichen Punkten ermittelt und einer statistischen Analyse unterzogen (Tabelle 21).

Signifikante Unterschiede ($< 0,05$) lassen sich auch hier zwischen den Geräten im Auslaufbereich beider Versuchsbetriebe und im Stallbereich des Versuchsbetriebes B erkennen.

Tabelle 21: LS Means der Anteile von tatsächlich korrekt aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich (%), die Standardabweichung (S), sowie F- und P-Werte getrennt nach Versuchsbetrieb A und B

Betrieb	Aufenthaltort	LS-Means - Geräte				S	F-Wert	P-Wert
		1	2	3	4			
A	Auslauf	101,3	20,5	14,5	19,7	41,6	85,52	< 0,0001
	Stall	47	2,4	7,1	6,9	20,9	3,16	0,0644
B	Auslauf	88,4	14,8	13,4	19,6	36,3	188,86	< 0,0001
	Stall	38,6	15,3	12,8	20,5	11,7	15,64	0,0002

Anhand eines multiplen Mittelwertvergleiches nach Tukey-Kramer (siehe Tabelle 22) wird sichtbar, dass das Gerät 1 sich signifikant ($<0,05$) von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität abhebt. Zwischen Gerät 2 und 4 lassen sich bezüglich der Anzahl von korrekt aufgezeichneten Punkten keine Unterschiede ermitteln.

Tabelle 22: Multiple Mittelwertvergleiche der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich, getrennt nach Versuchsbetrieb A und B

Betrieb	Aufenthaltort	Tukey-Kramer Test					
A	Auslauf	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,7832	0,9993	0,8444
	Stall	0,0815	0,1297	0,1272	0,9918	0,9928	1
B	Auslauf	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,9807	0,5971	0,39
	Stall	0,0006	0,0002	0,0046	0,9318	0,6037	0,2971

In Tabelle 23 und

Tabelle 24 wurde die Zuverlässigkeit des GPS-Signals detaillierter beschrieben. Es wurden bestimmte Zeitgrenzen gewählt und geprüft, wie regelmäßig sowie unregelmäßig das GPS-Gerät den Aufenthaltort der Pferde aufgezeichnet hat. Die

Zeitgrenzen befanden sich bei 30 Sekunden (≤ 30), bei 60 Sekunden (> 30), bei 120 Sekunden (> 60) und über 120 Sekunden (> 120). Die GPS-Werte wurden nach ihrem zeitlichen Abstand zueinander den Schwellen zugeordnet (n und %) und anschließend ihre zeitlichen Anteile an vier 24-Stunden Tagen zu insgesamt 96 Stunden berechnet. Ein zeitlicher Abstand von über 120 Sekunden hatte auf die Gesamtstundenzahl einen höher gewichteten Einfluss als ein geringerer. Als zusätzliche Information darüber, in welchen Bereichen das Signal oft gestört und verzögert war, diente eine weitere Kategorisierung der Zeitanteile nach Aufenthaltsbereichen in Stunden.

Tabelle 23: Anzahl (n) und prozentualer Anteil (%) an GPS-Signalknoten (Messungen) nach definierten Signal-Schwellen (≤ 30 , > 30 , > 60 , > 120 Sekunden [sec] und Randsummen (Σ) in Versuchsstall A sowie deren Zeitanteile an der 96 Stunden Aufzeichnung in Stunden (h) und Prozent (%)

Stall	Gerät	Signal-Schwelle	Messungen		Zeitanteile		Zeitanteile nach Aufenthaltsbereich (h)				
		(sec)	(n)	(%)	(h)	(%)	Auslauf	Tränke	Stall	Fressplatz *)	adO **)
A	1	≤ 30	12180	99.9	94.5	98.5	87.3	5.5	0.6		1.1
		> 30	8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0		0.0
		> 60	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
		> 120	4	0.0	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0		1.3
		Σ	12193	100.00	96.0	100.00	87.4	5.5	0.6		2.4
	2	≤ 30	504	20.3	3.6	3.7	3.0	0.1	0.0		0.4
		> 30	804	32.3	9.7	10.2	8.9	0.3	0.2		0.4
		> 60	505	20.3	12.3	12.8	11.6	0.4	0.1		0.2
		> 120	673	27.1	70.4	73.3	57.0	4.7	0.3		8.3
		Σ	2486	100.00	96.0	100.00	80.5	5.5	0.6		9.3
	3	≤ 30	395	21.4	3.1	3.2	2.2	0.1	0.1		0.7
		> 30	485	26.3	5.9	6.2	4.8	0.1	0.7		0.3
		> 60	413	22.4	10.0	10.4	7.7	0.4	1.4		0.5
		> 120	549	29.8	77.0	80.2	66.0	2.7	6.0		2.4
		Σ	1842	100.00	96.0	100.00	80.7	3.2	8.2		3.8
	4	≤ 30	494	18.4	3.8	4.0	2.4	0.0	0.1		1.3
		> 30	884	32.9	10.8	11.3	10.1	0.1	0.2		0.4
		> 60	629	23.4	14.9	15.5	14.0	0.2	0.2		0.5
		> 120	676	25.2	66.4	69.2	62.2	2.3	0.4		1.4
		Σ	2683	100.00	96.0	100.00	88.8	2.7	0.9		3.6

Tabelle 24: Anzahl (n) und prozentualer Anteil (%) an GPS-Signalpunkten (Messungen) nach definierten Signal-Schwellen (<= 30, > 30, > 60, > 120 Sekunden [sec] und Randsummen (Σ) in Versuchsstall B sowie deren Zeitanteile an der 96 Stunden Aufzeichnung in Stunden (h) und Prozent (%)

Stall	Gerät	Signal-Schwelle	Messungen		Zeitanteile		Zeitanteile nach Aufenthaltsbereich (h)				
		(sec)	(n)	(%)	(h)	(%)	Auslauf	Tränke	Stall	Fressplatz *)	adO **)
B	1	<= 30	10194	99.4	85.7	89.3	33.8	24.9	0.7	25.2	1.1
		> 30	44	0.4	0.5	0.5	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0
		> 60	4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		> 120	14	0.1	9.7	10.1	0.5	1.1	0.0	7.2	0.9
		Σ	10256	100.00	96.0	100.00	34.4	26.4	0.7	32.4	2.0
	2	<= 30	1063	32.4	9.0	9.4	1.1	1.8	0.0	4.8	1.3
		> 30	1191	36.3	13.9	14.5	2.0	2.6	0.1	8.9	0.3
		> 60	546	16.7	12.8	13.4	2.5	2.7	0.1	7.2	0.3
		> 120	477	14.6	60.2	62.8	18.1	14.2	0.9	18.9	8.2
		Σ	3277	100.00	96.0	100.00	23.7	21.2	1.1	39.9	10.0
	3	<= 30	581	22.9	4.9	5.1	1.6	1.8	0.0	0.8	0.6
		> 30	899	35.4	10.6	11.1	3.9	4.2	0.0	1.9	0.6
		> 60	531	20.9	12.6	13.1	5.2	5.3	0.3	1.4	0.5
		> 120	526	20.7	67.9	70.7	39.8	12.4	1.0	5.5	9.2
		Σ	2537	100.00	96.0	100.00	50.5	23.6	1.3	9.6	11.0
	4	<= 30	1063	32.4	7.8	9.4	1.8	1.4	0.0	3.1	1.5
		> 30	1191	36.3	13.9	14.5	3.8	3.5	0.1	5.7	0.9
		> 60	546	16.7	12.3	13.4	3.5	4.5	0.2	3.8	0.3
		> 120	477	14.6	52.5	62.8	21.1	10.4	0.2	9.0	11.9
		Σ	3277	100.00	86.5	100.00	30.2	19.8	0.5	21.6	14.5

*) nur im Stall B vorhanden **) außerhalb des Offenstallbereiches

Das Gerät 1 zeigte eine hervorragende Signalstärke in beiden Ställen, da es in 99,9 % (Versuchsstall A) und 99,4 % (Versuchsstall B) der Fälle sehr zuverlässig in einem Aufzeichnungsintervall von unter 30 Sekunden die Position der Pferde erfasste. Das entsprach einer Gesamtaufnahmezeit von 94,5 Stunden im Versuchsstall A und 85,7 Stunden im Versuchsstall B. Im ersten Stall wurden lediglich 4 Aufzeichnungspunkte in einem größeren Abstand als 120 Sekunden aufgezeichnet, was einem Zeitwert von 1,3 Stunden entsprach und dem Bereich außerhalb des Offenstallbereiches zukam. Im zweiten Stall ergab sich bei 44 Punkten ein Aufzeichnungsabstand von über 30 Sekunden, welcher einem Zeitwert von 0,5 Stunden entsprach und hauptsächlich im Bereich der Tränke (0,4 h) und im Fressplatzbereich (0,1 h)

vorkam. Bei 14 Erfassungspunkten wurde über einem Abstand von 120 Sekunden aufgezeichnet, das heißt über 9,5 Stunden hatte das GPS-Gerät einen schlechten Signalempfang und konnte nicht häufiger loggen.

Bei den Geräten 2 bis 4 kam es sehr häufig zu Signalverzerrungen. Gerät 2 beispielsweise loggte im Versuchsstall A in nur 20,3 % aller Aufzeichnungspunkte unter 30 Sekunden, als Zeitwert entsprach dies lediglich 3,6 der gesamten 96 Stunden. Fast ein Drittel, nämlich 32,3 % der Aufzeichnungspunkte wurden mit einem Zeitintervall von über 30 Sekunden, 20,3 % mit einem Zeitabstand von über 60 Sekunden und 27,1 % bei einem Intervall von über 120 Sekunden aufgenommen. Aufgrund des lückenhaften GPS-Empfangs loggte das Gerät in 70,4 von 96 Stunden nicht im Abstand von unter 120 Sekunden. Von diesen 70,4 Stunden verteilten sich 57 Stunden auf den Auslauf, 4,7 Stunden auf die Tränke, 0,3 auf den Stall und 8,3 Stunden auf den Bereich außerhalb des Offenstalles.

Im Versuchsstall B wurden von 3277 Aufzeichnungspunkten 32,4 % unter 30 Sekunden, 36,3 % über 30 Sekunden, 16,7 % über 60 Sekunden und 14,6 % über 120 Sekunden aufgezeichnet. Eine stark lückenhafte Aufzeichnung lag im Stall (18,1 Stunden), im Bereich an der Tränke (14,2 Stunden) und im Fressplatzbereich (18,9 Stunden) vor.

Von Gerät 4 im Versuchsstall B wurden nur 86,5 Stunden aufgezeichnet, da es aufgrund eines Kutschenunfalls für 9,5 Stunden vom Pferd abgenommen wurde.

Für den Versuch, die Aufenthaltsorte von Pferden in Offenlaufställen aufzuzeichnen, kamen GPS-Geräte zum Einsatz, die einfach zu bedienen und mit geringem finanziellen Aufwand frei erhältlich sind. In der Handhabung waren die Geräte einfach, die Einstellungen und das Auslesen der Daten erfolgten über die mitgelieferte Bedienungssoftware am Computer. Die Daten selbst mussten für die Weiterbearbeitung in einem Tabellenkalkulationsprogramm aufbereitet werden, was sich als kompliziert herausstellte. Die Anbringung erfolgte bei zwei Pferden mit Halsriemen, der während des gesamten Versuchszeitraumes am Pferd blieb und bei den übrigen sechs Pferden mit Bandage am Hinterbein. Um die Logger auszulesen wurden sie einmal täglich abgenommen und anschließend am anderen Bein montiert. Die Befestigung nahm keinen sichtlichen Einfluss auf das Normalverhalten der Pferde, ebenso wenig kam es zu Druckstellen oder Verletzungen.

Die Geräte verfügen über einen u-blox 5 Chipsatz, der EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) unterstützt, welches ein europäisches Differential Global Positioning System zur Steigerung der Positionsgenauigkeit von GPS von 10 bis 20 Metern auf 1 bis 3 Metern darstellt. Durch die Chipsatzerweiterung soll ein Aufzeichnen der Position auch im Inneren von Gebäuden möglich sein. Leider stellte sich während des Versuchs heraus, dass die Geräte 2 bis 4 in beiden Ställen einen häufigen Signalverlust zeigten, der eine genaue Lokalisation der Pferde unmöglich machte. Lediglich das Gerät 1 zeichnete zuverlässig auf und zeigte äußerst selten Signalverzerrungen und Aussetzer.

Die lückenhafte Aufzeichnung ist möglicherweise auf die häufigen Wechsel der Pferde vom Auslauf in den Stall-, sowie überdachten Fressbereich zurückzuführen, bei dem das Signal zum Satelliten abbricht und die Geräte teilweise über mehrere Stunden keine Signale mehr fanden. Im Versuchsstall A sind die Kappa-Werte mit 0,35 – 0,51 deutlich höher als im Versuchsstall B mit 0,23 – 0,36. Gründe hierfür stellen der kleinere Stall aus Holz, längere Aufenthaltszeiten der Pferde im Auslauf und das Fehlen eines überdachten Fressplatzes im Versuchsstall A dar. Trotz besserer Ortung zeigte sich ebenfalls eine gravierende Signalschwäche wie im Versuchsstall B, die zur Folge hatte, dass die Aufzeichnung sehr lückenhaft und unvollständig war.

Ein weiterer möglicher Grund für die schlechte Signalstärke der Logger könnte auch der Einfluss der Anbringung am Pferdebein oder am Halsriemen sein. Möglicherweise kam es durch das Anbringungsmaterial zu Abschirmungen, die die Signalwiederfindung zusätzlich erschwerten.

Ähnliche Probleme mit der Anwendung hatte auch Schlender (2012) in ihrem methodischen Vergleich zur Erfassung von tierischen Verhaltensmustern beim Pferd in Offenställen. Die von ihr eingesetzte GPS-Technik hatte sehr häufig schlechten Empfang und lieferte in ihrem Versuch keine aussagekräftigen Ergebnisse. Die lückenhafte Aufzeichnung ließ keine vollständige Datenauswertung zu. Schlender machte den häufigen Wechsel zwischen dem Innen- und Außenbereich und den starken Baumbewuchs rund um den Auslauf und die Weide für die Signalschwäche verantwortlich.

Ein weiterer limitierender Faktor war die Akku-Laufzeit der Geräte. Es musste jeden Tag der Akku gewechselt werden, obwohl der Hersteller weitaus längere Akku-

Kapazitäten verspricht. In einer Studie von Hampson et al. (2010) über das Bewegungsverhalten von Pferden auf unterschiedlichen Paddockgrößen, in der das Vorgängermodell des Wintec WBT 202 zum Einsatz kam, reichte der Akku bei einem Aufzeichnungsintervall von fünf Sekunden bis über 6,5 Tage. Ein möglicher Grund für die schwache Akkuleistung der vorliegenden Studie kann das häufige Signalsuchen des GPS-Empfängers sein.

6 Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Accelerometer und GPS-Sensoren auf ihre Zuverlässigkeit in der Genauigkeit der Aufzeichnung des Liegeverhaltens und der Aufenthaltsorte von Pferden in zwei unterschiedlichen Offenlaufställen validiert. Mittels kontinuierlicher Videobeobachtung wurden die Ergebnisse der sensorgestützten Erfassung validiert. Als Nebeneffekt der Videoaufzeichnung wurden Daten über das Liegeverhalten und über den Aufenthalt der Pferde gesammelt.

Die eingesetzten Liegelogger (HOBO Pendant G) arbeiteten einwandfrei ohne nennenswerte Störungen. Es wurden alle Abliege- und Aufstehvorgänge der Pferde korrekt aufgezeichnet, Ausnahme stellten vereinzelte Fehlaufzeichnungen dar, wenn das Pferd bei schneller Bewegung das Vorderbein zu stark abwinkelte. Auf eine weitere Differenzierung zwischen Bauch- und Seitenlage wurde in dieser Studie verzichtet. Aufgrund der hohen Übereinstimmung zwischen der Logger- und der Videoaufzeichnung kann die Zuverlässigkeit der Geräte als sehr hoch eingestuft werden und für den weiteren Einsatz in der Praxis weiterempfohlen werden.

Die GPS-Technik (Wintec WBT-202) wurde als weniger zuverlässig identifiziert. Der Einsatz war geprägt von häufigem Signalverlust und -verzerrungen, möglicherweise bedingt durch die Stallgebäude, Einrichtungsgegenstände und durch die Anbringungsweise. Die Aufzeichnungen waren lückenhaft und unvollständig. Die Ergebnisse waren größtenteils enttäuschend und nicht aussagekräftig. Die Verwendung der GPS-Technik kann aufgrund der hohen Störanfälligkeit im stallnahen Bereich nicht empfohlen werden.

7 Weiterführende Arbeiten

Diese Arbeit diene der Validierung der automatischen Erfassung des Liege- und Bewegungsverhaltens von Pferden in Offenlaufställen, es sollten keine Rückschlüsse der beiden Versuchsställe auf ihre Tiergerechtheit ermittelt werden. Die gesammelten Daten waren für die Überprüfung der Logger auf die Qualität ihrer Aufzeichnung ausreichend, ließen jedoch nur Vermutungen über das Wohlbefinden der Tiere zu. Um aussagekräftige Daten zur Tiergerechtheit der Stallkonzeptionen zu erhalten, müsste die Dauer der Beobachtung verlängert und das gesamte Verhaltensrepertoire der Tiere miteinbezogen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass der eingesetzte HOBO Pendant G Positionssensor korrekt zwischen Liegen und Stehen beim Pferd differenziert hat. Es wurde lediglich auf das Gesamtliegen des Pferdes eingegangen, nicht auf die Liegeposition. Die dreidimensionale Aufzeichnung des Loggers (x-, y- und Achse) würde eine weitere Validierung auf die jeweilige Liegeseite möglich machen. Die Liegelogger wurden bei allen Pferden am Vorderbein angebracht, ein möglicher Effekt der Anbringung am Vorder- oder Hinterbein auf die korrekte Aufzeichnung wurde außer Acht gelassen, wäre aber für weiterführende Arbeiten von Interesse.

Die Auswertung der von der GPS-Technik erfassten Daten ergab gravierende Mängel in der Qualität der Ortung aufgrund enormer Signalschwächen, die in beiden Versuchsbetrieben auftraten. Da die Geräte nur auf ihre korrekte Aufzeichnung der Aufenthalte der Pferde in Offenlaufställen validiert und nicht näher auf den Einfluss der Stallbaukonstruktion (Holz- oder Betonstall) eingegangen wurde, wäre eine Untersuchung des Effektes von verschiedenartigen Stallbaumaterialien auf das GPS-Signal denkbar.

Die Verbesserung des Geräteempfanges durch die Montage von Signalverstärkern im stallnahen Bereich könnte zu einer höheren Trefferquote des Aufenthalts der Pferde führen, bedarf aber möglicherweise des Einsatzes besser geeigneter GPS-Sensoren und daraus folgend höheren Anschaffungskosten.

Da die lückenhafte Aufzeichnung der GPS-Geräte stark vom Satellitenempfang abhängt, wirft die Anwendung dieser Technik die Frage auf, inwiefern die

Anbringungsmaterialien (Bandagen, PVC-Röhren) einen Einfluss auf das Signal nehmen. Von großem Interesse wäre der Vergleich der Höhe der Signalabschirmung durch unterschiedliche Anbringungsmethoden.

In dieser Arbeit wurden nicht die Effekte auf das Bewegungs- und Liegeverhalten der Pferde durch die Anbringung untersucht. Eine Beeinflussung des Normalverhaltens durch die Logger wäre durchaus denkbar und würde einer wissenschaftlichen Prüfung bedürfen.

8 Zusammenfassung

Validierung der automatischen Erfassung des Liege- und Bewegungsverhaltens von Pferden in Offenlaufställen

Freisler Ursula, 2014

Um tierisches Verhalten präzise zu erfassen, kann zwischen direkten und indirekten Beobachtungsmethoden gewählt werden. In der heutigen Forschung werden mit zunehmender Beliebtheit unterschiedliche Datenlogger zur Aufzeichnung des Verhaltens eingesetzt, die erst auf ihre Erfassungsgenauigkeit validiert werden müssen, bevor sie in der Praxis verwendet werden und zuverlässige Ergebnisse liefern können.

Ziel dieser Arbeit war es, das Liegeverhalten und die Aufenthaltsorte von Pferden in zwei unterschiedlichen Offenlaufställen mit digitalen Geräten zu erfassen und die eingesetzte Messsensorik in ihrer Aufzeichnungsqualität zu überprüfen. Für die Erfassung des Liegeverhaltens wurden vier HOBOPendant G Datenlogger eingesetzt, die mit ihrer zweidimensionalen Aufzeichnungsfunktion zwischen Liegen und Stehen differenzieren können. Für die Erfassung der Aufenthaltsorte der Pferde wurden vier Wintec WBT-202 GPS-Geräte gewählt, die frei über den Handel erhältlich sind. Die Liegelogger wurden mit einer Bandage am Vorderbein, die GPS-Logger teilweise am Hinterbein und am Hals der Pferde befestigt. Kontinuierliche Beobachtung des Verhaltens mittels Videoaufzeichnungen diente der Validierung der digitalen Erfassung.

Pro Versuchsbetrieb wurden jeweils vier Pferde unterschiedlichen Alters und Rasse für die Versuchsreihe herangezogen. Die Videobeobachtung belief sich auf fünf Tage, die Aufzeichnungsdauer der Logger auf vier Tage. Von den Videoaufnahmen ließen sich auch Aussagen zu Aktivität und Aufenthalt der Pferde ableiten. Es zeigte sich, dass die Pferde beider Versuchsbetriebe 90 % des Tages im Stehen und 10 % im Liegen verbrachten. Im wenig strukturierten Versuchsbetrieb A hielten sie sich zu 92 % im Auslauf auf und nutzten den Stall nur zu 5 %. Im besser strukturierten Versuchsbetrieb B wurden der Auslauf, der überdachte Fressbereich und der Stall zu

annähernd gleichen Zeitanteilen (37 % Auslauf, 32 % Stall und 23 % Fressplatz) genutzt.

Die Aufzeichnungsqualität der Messsensorik wurde der Videoaufzeichnung gegenübergestellt und mit der Cohens-Kappa-Analyse evaluiert. Die Analyse der Liegeloggerdaten ergab für beide Versuchsbetriebe Kappa-Koeffizienten zwischen 0,85 und 0,95. Somit liegt für alle Geräte gemäß den Richtwerten aus Tabelle 7 (siehe Kapitel 4.3.4.2) eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen der Liegelogger und der Videoaufzeichnung vor. Alle eingesetzten Geräte konnten mit sehr hoher Zuverlässigkeit zwischen Liegen und Stehen beim Pferd differenzieren und sind für den weiteren Einsatz am Pferd ohne Videokontrolle geeignet.

Die GPS-Technik lieferte aufgrund hohen Signalverlusts und –verzerrungen sehr lückenhafte und unvollständige Daten. Die hohe Ungenauigkeit in der Detektion zeigten auch die ermittelten Werte der Kappa-Analyse. Im Versuchsstall A kam es aufgrund des längeren Aufenthalts der Pferde im Auslauf zu einer Übereinstimmungsgenauigkeit mit der Videoaufzeichnung von maximal 51 %, was als mittelmäßig eingestuft werden kann. Im Versuchsbetrieb B wurde nur eine Übereinstimmungsgenauigkeit von maximal 31 % erreicht, da sich die Pferde häufiger unter überdachten Flächen aufhielten, und der Empfang der GPS-Geräte dadurch gestört war. Die Geräte wurden zusätzlich auf ihre Signalstärke, unabhängig von der Richtigkeit des erfassten Aufenthaltes, überprüft. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den baugleichen Geräten 1 und 2 bis 4, wobei das Gerät 1 in beiden Ställen eine hoch signifikant geringere Ausfallsrate in der Aufzeichnung als die Geräte 2, 3 und 4 aufwies.

Aufgrund der hohen Signalstöranfälligkeit und der daraus resultierenden unzuverlässigen und falschen Erfassung der Aufenthalte eignete sich die GPS-Technik nicht für den Einsatz am Pferd in stallnahen Bereichen.

9 Abstract

Validation of the automatic recording of lying behavior and activity of horses in open barn systems

Freisler Ursula, 2014

To record the behaviour accurately, there are two different opportunities: the direct and indirect observation. Actually the use of different dataloggers will be popular to record animal behaviour indirectly. Before the loggers provide reliable results, they should be checked on the accuracy of their detection.

The aim of this study was to record the lying behavior and the abode of horses in two different open barns using digital datalogger and to check the quality of recording of the instruments. Four HOBO Pendant G dataloggers were used for the detection of lying behavior, which can differ between lying and standing due to 2-dimensional recording. For detecting the abode of the horses four WIntec WBT-202 dataloggers were used, which are economical and are freely available from retailers. The lyinglogger was fixed with a bandage on the front and the GPS-logger partially on the hind leg or the neck of the horses. In addition, a camera technology was mounted in the open barns to check on recording correctness.

From each test stable, four horses, differing in age and breed, had been chosen for the experiment. The duration of observation was 4 days with the dataloggers and 5 days with video. The video analyses allowed to make statements about the activity and the abode of the animals. Based on the results of the video observation, the horses spent 90 % of the day standing and only 10 % lying. The stable of the open barn A was only visited for 5 % in contrast to the open air area. In open barn B the time horses spent in the stable, the open air area and the indoor feeding place was equally divided (32 % of the day in stable, 37 % open air area and 23 % indoor feeding place).

The collected data of the loggers were analyzed with the Cohens Kappa Analyse, that compared the recording of the loggers with the recording of the video observation. The kappa-coefficients from the lyingloggers were between 0,85 and 0,95, so it shows a very good accordance between loggers and videorecording. This

means that every logger was able to differ with a high reliability between standing and lying and the use of them is possible without video control.

The recording of the GPS-sensors was influenced by high signal loss and distortions and for this reason the data was incomplete and fragmentary. The determined values of the Kappa Analyses showed the high inaccuracy in the detection. The interrater-reliability between the video observation and the logger data in test barn A was not over 51 %, which showed a moderate accordance. In test barn B, the accordance was lower than in barn A and was only 31 %. Reason for this could be found in the longer time, the horses spent in covered areas of barn B, and as a result, the higher malfunctions of the GPS-system. Additionally, the signal quality of the GPS-loggers was also verified in this study, regardless of the correctness of the recorded abode. The analyses showed that the identical GPS-logger number 1 had significant fewer signal losses than the others.

Therefore the GPS-system is unsuitable for the use on horses living in open barn systems due to the high susceptibility and, as a result, the unreliable and wrong detection of the abode in areas near by and in stables.

10. Danksagung

Ich möchte all jenen danken, die mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit in jeglicher Art und Weise unterstützt und begleitet haben.

Mein erster Dank geht an meine Hauptbetreuerin Frau Dr. Elisabeth Quendler, die immer ein offenes Ohr für meine Probleme hatte und mich mit ihrer konstruktiven Kritik gut durch die Arbeit leitete.

Besonderer Dank gilt auch meinen Zweitbetreuern Herrn Dr. Christoph Winckler und Herrn Dr. Thomas Bauer für den interessanten Input und die stets passenden Lösungsvorschläge.

Für die gute Beratung und Hilfe bei statistischen Fragen danke ich Herrn Dr. Karl Moder vom Methodenzentrum Versuchsplanung.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei den Mitarbeitern des NUWI-Institutes für die Hilfe und Unterstützung beim Auf- und Abbau der Gerätschaften in den Versuchsbetrieben.

Den Betriebsleitern beider Versuchsställe sei herzlichst gedankt, dass sie mir ihre Betriebe für diese Studie zur Verfügung gestellt haben. Auch den Besitzern der Versuchspferde danke ich für ihr Vertrauen, mich alleine mit ihren Schützlingen arbeiten zu lassen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Lebensgefährten und meiner Familie, ohne deren großzügige Unterstützung die Fertigstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Danke auch für die Geduld, die offenen Ohren, die Aufmunterung und Bestärkung!

10 Literaturverzeichnis

1. Tierhaltungsverordnung BGBl. II Nr. 485/2004 (2013): Gesamte Rechtsvorschrift für 1. Tierhaltungsverordnung. StF: BGBl. II Nr. 485/2004, idF BGBl. II Nr. 530/2006 idF BGBl. II Nr. 213/2010. Online: <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003820>, Zugriff am 20.8.2013
- Alsaad, M.; Büscher, W. (2011): Sensor based lameness detection in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behaviour. *International Society for Animal Hygiene* 88.
- Autio, E.; Heiskanen, M.-L. (2005): Foal behaviour in a loose housing/paddock environment during winter. *Applied Animal Behaviour Science* 91, 3-4: 277 – 288.
- Bachmann, I.; Stauffacher, M. (2002): Haltung und Nutzung von Pferden in der Schweiz: Eine repräsentative Erfassung des status quo. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 144 (7): 331 – 347.
- Bachmann, M., Wensch-Dorendorf, M.; Hoffmann, G. (2014): Pedometers as supervision tools for mares in the prepartal period. *Applied Animal Behaviour Science* 151: 51 – 60.
- Bachmann Rieder, I. (2002): Pferde in der Schweiz: Prävalenz und Ursachen von Verhaltensstörungen unter Berücksichtigung der Haltung und Nutzung. Dissertation, Eidgenössische technische Hochschule Zürich.
- Bahr, C. (2007): Sensorbasierte Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Milchkühen. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin.
- Baumgartner, M. (2012): Liegeverhalten von Pferden im Offenlaufstall auf unterschiedlichen Bodenmaterialien (Gummimatten, Späne und Sand). Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- BMELV (2009). Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Referat Tierschutz Bonn.

- Borchers, M. (2008): Untersuchungen zur Eignung des ALT-Pedometers als Fohlengeburtsmelder. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Borstel, U. K.; Kassebaum, L.; Ladewig, K.; Gauly, M. (2010): Arbeitszeitaufwand in der Pferdehaltung: ein Vergleich von Einzelboxen-, Laufstall- und Bewegungsstallhaltung. *Züchtungskunde* 82: 417 – 427.
- Burn, C.C., Pritchard, J.C.; Whay, H.R. (2009). Observer reliability for working equine welfare assessment: problems with high prevalences of certain results. *Animal Welfare* 18 (177 - 187).
- Carson, K.; Wood-Gush, D.G.M. (1983): Equine behaviour: II. A review of the literature on feeding, eliminative and resting behaviour. *Applied Animal Ethology* 10 (3): 179–190.
- Chaplin, S. J.; Gretgrix, L. (2010): Effect of housing conditions on activity and lying behaviour of horses. *Animal* 4 (5): 792–95.
- Cooper, J. J.; Mason, G. J. (2010): The identification of abnormal behaviour and behavioural problems in stabled horses and their relationship to horse welfare: a comparative review. *Equine Veterinary Journal* 30 (S27): 5–9.
- Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (2003): Orientierungshilfen Reitanlagen- und Stallbau. 10. Aufl. FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf.
- Drissler, M.; Garowski, M.; Tucker, C.B.; Weary, D.M. (2005): Freestall maintenance: Effects on lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 88: 2381 – 2387.
- eBOD. (2013): Digitale Bodenkarte von Österreich. Online: http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD. Zugriff am 13.8.2013.
- Endres, M.I.; Barberg, A.E. (2007): Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded_Pack Housing System. *Journal of Dairy Science* 90: 4192 – 4200.
- Fader, C. (2001): Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München.
- Frentzen, F. (1994): Bewegungsaktivitäten und -verhalten von Pferden in Abhängigkeit von Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

- Frickh, J. J. (2012): Bedeutung der Pferdewirtschaft in Österreich. Tagungsband Österreichische Pferdefachtagung 2012.
- Fürst, A.; Knubben, J.M.; Kurtz, A.; Auer, M. (2006): Pferde in Gruppenhaltung: Eine Betrachtung aus tierärztlicher Sicht unter besonderer Berücksichtigung des Verletzungsrisikos. *Pferdeheilkunde* 22 (3): 254 – 258.
- Ganskopp, D. (2001): Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 73 (4): 251–62.
- Gibbons, J.; Medrano-Galarza, C.; de Passillé, A. M.; Rushen, J. (2012): Lying laterality and the effect of IceTag data loggers on lying behaviour of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 136 (2-4): 104–7.
- Grouven, U.; Bender, R.; Ziegler, A.; Lange, S. (2007): Der Kappa-Koeffizient. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 132: 65 – 68.
- Haidn, B.; Berger, N.; Gruber, V.; Lindenau, G. (2002): Arbeitszeitbedarf für die Pensionspferdehaltung in landwirtschaftlichen Betrieben. Sonderveröffentlichung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Darmstadt
- Hampson, B.; Morton, J.; Mills, P.; Trotter, M.; Lamb, D.; Pollitt, C. (2010): Monitoring Distances Travelled by Horses Using GPS Tracking Collars. *Australian Veterinary Journal* 88 (5): 176–81.
- Hebenbrock, M. (2005): GPS gestütztes Monitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden in Wettkampf und Training. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Hoffmann, G. (2008): Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden in Auslaufhaltungssystemen mit verschiedenen Bewegungsangeboten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Haupt, K. A.; O'Connell, M. (1986): Night-time behavior of stabled and pastured periparturient ponies. *Applied Animal Behaviour Science* 15: 103 – 111.
- Hoy, S. (2009): Nutztierethologie. Stuttgart: Ulmer.
- Huzzey, J.M.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M. (2005): Changes in feeding, drinking and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science* 88: 2454 – 2461.

- Ito, K.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G. (2009): Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92 (9): 4412–20.
- Korries, O.C. (2003): Untersuchung pferdehaltender Betriebe in Niedersachsen - Bewertung unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit bei Trennung in verschiedene Nutzungsgruppen und Beachtung haltungsbedingter Schäden. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Krapp, A. (2007): Der Einfluss verschiedener Einstreumaterialien im Liegebereich einer Gruppenhaltungsanlage auf das Liegeverhalten und das Ausscheideverhalten von Pferden. Bachelorarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- Kuhne, F. (2004): Tages- und Jahresrhythmus ausgewählter Verhaltensweisen von Araberpferden in ganzjähriger Weidehaltung. Dissertation, Freie Universität Berlin.
- Ledgerwood, D.N.; Winckler, C.; Tucker, C.B. (2010): Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93 (11): 5129–39.
- Löbbing, C. (2003): *Pferdehaltung in Zahlen*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- MacKay, J. R. D.; Deag, J.M.; Haskell, M.J. (2012): Establishing the extent of behavioural reactions in dairy cattle to a leg mounted activity monitor. *Applied Animal Behaviour Science* 139: 35 – 41.
- Marten, J.; Salewski, A. (1989): *Handbuch der modernen Pferdehaltung*. Stuttgart: Francksche Verlagshandlung.
- Martin, P.; Gordon Bateson, P. P. (2007): *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press.
- Mills, D. S.; Nankervis, K. J. (1998). *Equine Behaviour: Principles and Practice*. Wiley.
- Muggenthaler, K.; Zeitler-Feicht, M.H. (2010): Sägespäne versus Liegematten - Untersuchungen zum Ausruh- und Ausscheideverhalten in der Liegehalle von Mehrraumaußenlaufställen mit Auslauf. *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung KTBL-Schrift* (482).
- Müller, R.; Schrader, L. (2003): A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 83: 247–58.

- Müller, R.; Schrader, L. (2005): Individual Consistency of Dairy Cows Activity in their Home Pen. *Journal of Dairy Science* 88: 171–75.
- Naguib, M. (2006): *Methoden der Verhaltensbiologie*. Springer London, Limited.
- Ninomiya, S.; Aoyama, M.; Ujiie, Y.; Kusunose, R.; Kuwano, A. (2008): Effects of Bedding Material on the Lying Behavior in Stabled Horses. *Journal of Equine Science* 19 (3): 53–56.
- O’Driscoll, K.; Boyle, L.; Hanlon, A. (2008): A brief note on the validation of a system for recording lying behaviour in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 111 (1-2): 195–200.
- Obergfell, J. (2012): Einfluss von Strukturelementen auf das Liegeverhalten von Pferden in Gruppenhaltung unter Berücksichtigung des Aggressionsverhaltens. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig.
- Onset Computer Corporation (2009): *Hobo Pendant G Acceleration Data Logger (UA-004-64) Manual*.
- Piotrowski, J. (1983): Zum Einfluss der Raumstruktur auf das Verhalten von Pferden in Auslaufhaltung. *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift* 299, 117 – 128.
- Piotrowski, J. (1987). *Neue Haltungsformen für Pferde unter alten Dächern*. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- Pirkelmann, H.; Ahlswede, L.; Zeitler-Feicht, M. (2008): *Pferdehaltung*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Pollmann, U. (2000): Einfluss der Strukturierung des Liegebereiches einer Gruppenauslaufhaltung auf das Verhalten der Pferde. *Tagungsband zur 5. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, 518 – 521.
- Pollmann, U. (2005): *Datenerhebung in Offenlaufställen für Pferde*. Freiburg: Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt.
- Putfarken, D.; Dengler, J.; Lehmann, S.; Härdtle, W. (2008): Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 111: 54 – 67.

- Rehm, G. (1980): Auswirkungen verschiedener Haltungsverfahren auf die Bewegungsaktivität und auf die soziale Aktivität bei Hauspferden. Aktuelle Aspekte der Ethologie in der Pferdehaltung.
- Rose-Meierhöfer, S.; Klaer, S.; Ammon, C.; Brunsch, R.; Hoffmann, G. (2010a): Activity Behavior of Horses Housed in Different Open Barn Systems. *Journal of Equine Veterinary Science* 30 (11): 624–34.
- Rose-Meierhöfer, S.; Standke, K.; Hoffmann, G. (2010b): Auswirkungen verschiedener Gruppengrößen auf Bewegungsaktivität, Body Condition Score, Liege- und Sozialverhalten bei Jungpferden. *Züchtungskunde*, Nr. 82: 282 – 291.
- Roth, J. (2005). *Mobile Computing. Grundlagen, Technik, Konzepte*. Heidelberg: dpunkt-Verlag.
- Rutter, S.M.; Beresford, N.A.; Roberts, G. (1997): Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep“. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 177 – 188.
- Sambraus, H.H. (1997): Normalverhalten und Verhaltensstörungen. In: *Das Buch vom Tierschutz*. Hrsg. Sambraus H.H.; Steiger, A., Stuttgart: Enke-Verlag.
- Sambraus, H.H.; Fader, C. (2002): Das Ausruhverhalten von Pferden in Offenlaufställen. *KTBL-Schrift*, Nr. 418: 109 – 418.
- Schäfer, M. (1978): Spezielle Ethologie Pferd. In: *Nutztierethologie*, Hrsg. H.H. Sambraus, Hamburg: Verlag Paul Parey.
- Schlecht, E.; Hülsebusch, C.; Mahler, F.; Becker, K. (2004): The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 85: 185 – 202.
- Schlender, K. (2012): *Methodischer Vergleich zur Erfassung von Verhaltensdaten beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung einer hochpräzisen Echtzeitpositionserfassung*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Schmidt, R. (2011): *Pferde artgerecht halten. Offenstall - Laufstall - Bewegungsstall*. 1. Aufl. Stuttgart: Müller Rüschnikon.
- Schwager, M.; Anderson, D.M.; Butler, Z.; Rus, D. (2007): Robust classification of animal tracking data. *Computers and Electronics in Agriculture* 56: 46 – 59.
- Shamoun-Baranes, J.; Bom, R.; van Loon, E.E.; Ens, B.J.; Oosterbeek, K.; Bouten, W. (2012): From Sensor Data to Animal Behaviour: An Oystercatcher Example.. *PLoS ONE* 7 (5): e37997.

- Sim, J.; Wright, C.C. (2005): The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. *Physical Therapy* 85 (3): 257–68.
- Søndergaard, E.; Ladewig, J. (2004): Group housing exerts a positive effect on the behaviour of young horses during training. *Applied Animal Behaviour Science* 87, 1-2: 105 – 118.
- Statistik Austria (2009): Pferdebestand nach Bundesländern von 1946 bis 2003.
- Steidele, N. (2011): Beobachtungen einer Przewalski-Junggesellenherde im Jahresverlauf unter besonderer Berücksichtigung von Ruheverhalten und Rangordnung. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Szivasz, B. (2012): Untersuchungen zur Offenlaufstallhaltung von Pferden unter dem Aspekt des Zusammenhangs zwischen Haltung und Gesundheit. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Trénel, P.; Jensen, M.B.; Decker, E.L.; Skjøth, F. (2009): Technical note: Quantifying and characterizing behavior in dairy calves using the IceTag automatic recording device. *Journal of Dairy Science* 92: 3397 – 3401.
- Turner, L.; Udal, M.; Larson, B.; Shearer, S. (2000): Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *CANADIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE* 80 (3): 405–13.
- Von Hühnerbein, K.; Hamann, H.-J.; Rüter, E.; Wlitschko, W. (2000): A GPS-Based system for recording the flight paths of birds. *Naturwissenschaften* 87: 278 – 279.
- Voswinkel, L. (2009): Einfluss der Bewegungsaktivität auf Wachstum- und Ausdauerparameter beim Pferd. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Werhahn, A. (2011): Variation im Auslaufmanagement von Sportpferden in Einzelhaltung: Beurteilung der Auswirkungen auf die Tiergerechtigkeit an Hand des Tierverhaltens und der Stressbelastung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- Werhahn, H.; Hessel, E.F.; Bachhausen, I.; Van den Weghe, H.F.A. (2010): Effects of Different Bedding Materials on the Behavior of Horses Housed in Single Stalls. *Journal of Equine Veterinary Science* 30 (8): 425–31.

- Wilke, A. (2003): Der Einfluss von Aufzucht und Haltung auf das Auftreten von Osteochondrose (OC) beim Reitpferd. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- Wille, E. (2010): Vergleichende Untersuchungen von Pferden in zeitweiliger Anbindehaltung, Einzelboxenhaltung und Gruppenhaltung unter besonderer Berücksichtigung des Liegeverhaltens. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Wintec Wireless Electronics (2013): Wintec WBT-202“. Online: http://www.wintec-gps.de/wintec_wbt-202.php, Zugriff am 13.8.2013.
- Wischer, D. (2009): Tages- und Jahresrhythmus ausgewählter Verhaltensweisen von Przewalskipferden unter seminatürlichen Haltungsbedingungen. Dissertation, Freie Universität Berlin.
- Wollenweber, K. (2007): Das Verhalten einer Pferdeherde (Liebenthaler Pferde) unter naturbelassenen Lebensbedingungen im Hinblick auf chronologische Aspekte, klimatische Einflüsse sowie deren Raumnutzung. Dissertation, Freie Universität Berlin.
- Zeitler-Feicht, M.H.; Prantner, V. (2000): Liegeverhalten von Pferden in Gruppenauslaufhaltung. Arch. Tierz 43: 327–35.
- Zeitler-Feicht, M.H. (2001): Handbuch Pferdeverhalten. Ursache, Therapie und Prophylaxe von Problemverhalten. Eugen Ulmer.
- Zeitler-Feicht, M.H.; Buschmann, S. (2003): Zur Tierschutzrelevanz der dauerhaften Anbindehaltung von Pferden. Kongressbericht der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Nürtingen.
- Zeitler-Feicht, M.H.; Miesbauer, D.; Dempfle, L. (2002): Zur Prävalenz von Verhaltensstörungen bei Reitpferden in Deutschland. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL (418): 86 – 93.
- Zeitler-Feicht, M.H. (2012): Artgemäße Pferdehaltung in Bezug auf Rassen und Leistungsklassen. Tagungsband 1. Österreichische Pferdefachtagung, 7–9.
- Zeitler-Feicht, M.H. (2008): Handbuch Pferdeverhalten. 2. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.

11 Anhang

Tabelle 25: Durchschnittliche Gesamtliche- und -stehzeit pro Pferd (1 bis 4) und Tag in Minuten, Min, Max, mittlere Häufigkeiten, durchschn. Liegezeit pro Liegeperiode sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer

Pferd		Aktivität			Aufenthalt			
		Stehzeit	Liegezeit	Liegezeit/ Liegeperiode	Zeit im Auslauf	Zeit im Stall	Zeit an der Tränke	Zeit adS *)
1	\bar{x}	1240,5	132,3	24,5	1248,1	108,4	16,3	42,0
	$\pm s$	102,3	66,7	9,0	108,2	70,6	5,4	23,0
	Min	1102,5	91,0	13,8	1097,9	4,2	11,6	
	Max	1319,3	251,7	36,0	1389,4	175,4	22,3	
	Häufigkeit (\bar{x})	56,2	5,4		37,6	11,2	12,8	
2	\bar{x}	1207,4	182,7	27,7	1342,6	37,0	10,5	48,0
	$\pm s$	78,2	30,0	6,0	42,2	34,5	6,2	35,1
	Min	1075,2	152,9	22,4	1302,3	0,6	6,7	
	Max	1253,7	234,3	38,0	1389,5	86,3	19,1	
	Häufigkeit (\bar{x})	33,0	7,0		27,0	3,0	10,0	
3	\bar{x}	1300,6	88,0	12,9	1285,2	94,2	9,3	48,0
	$\pm s$	48,0	18,3	4,0	76,9	54,0	0,0	18,0
	Min	1223,3	57,2	7,2	1184,3	42,8	6,8	
	Max	1357,3	111,7	18,6	1360,4	183,9	12,4	
	Häufigkeit (\bar{x})	41,6	6,8		32,6	7,8	8,0	
4	\bar{x}	1287,0	125,7	24,2	1323,6	79,8	9,2	24,0
	$\pm s$	48,8	42,2	5,0	50,0	47,0	5,2	6,2
	Min	1229,6	71,5	19,2	1266,9	18,6	6,8	
	Max	1342,9	174,0	32,9	1378,2	132,2	15,4	
	Häufigkeit (\bar{x})	38,2	5,2		28,8	6,8	7,8	

Tabelle 26: Durchschnittliche Gesamtliche- und -stehzeit pro Pferd (5 bis 8) und Tag in Minuten, Min, Max, mittlere Häufigkeiten, durchschn. Liegezeit pro Liegeperiode sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer

Pferd		Aktivität			Aufenthalt				
		Stehzeit	Liegezeit	Liegezeit/ Liegeperiode	Zeit im Auslauf	Zeit im Stall	Zeit an der Tränke	Zeit am Fressplatz)	Zeit adS)
5	\bar{x}	1213,9	117,0	36,5	369,3	637,5	12,0	312,0	108,0
	$\pm s$	23,0	32,1	18,0	382,6	687,8	13,2	284,5	85,0
	Min	1124,1	50,1	23,1	262,9	469,6	7,2	227,7	
	Max	1283,1	184,4	74,1	473,2	739,7	15,0	478,3	
	Häufigkeit (\bar{x})	87,0	3,2		39,8	29,8	8,8	11,8	
6	\bar{x}	1235,5	75,9	31,6	764,1	188,0	10,0	349,3	126,0
	$\pm s$	71,4	75,9	27,0	175,6	203,8	8,3	57,2	5,9
	Min	1129,3	49,1	16,3	478,7	45,6	5,7	282,0	
	Max	1323,3	116,1	78,0	909,7	549,4	17,6	420,9	
	Häufigkeit (\bar{x})	78,8	2,4		41,8	15,4	6,4	17,6	
7	\bar{x}	1161,1	174,5	38,8	454,9	500,8	10,7	369,1	102,0
	$\pm s$	70,5	7,3	7,0	225,1	263,5	7,1	69,9	6,0
	Min	1091,8	166,2	30,2	199,5	295,0	5,1	311,8	
	Max	1242,0	181,3	45,3	668,9	882,1	14,8	464,7	
	Häufigkeit (\bar{x})	80,0	4,5		36,5	24,3	7,3	16,3	
8	\bar{x}	1229,2	157,9	49,3	491,4	500,6	10,8	384,3	54,0
	$\pm s$	22,5	32,5	24,0	169,2	133,4	0,2	68,5	23,9
	Min	1189,2	108,8	35,3	309,3	362,7	7,2	290,1	
	Max	1253,0	201,2	94,5	718,4	684,4	14,5	493,2	
	Häufigkeit (\bar{x})	84,0	3,2		38,2	23,4	7,2	18,0	
B	\bar{x}	1209,9	131,3	39,1	519,9	456,7	10,9	353,7	97,5
	$\pm s$	46,9	37,0	19,0	238,1	322,1	7,2	120,0	30,2
	Min	1133,6	93,5	26,2	312,6	293,2	6,3	277,9	
	Max	1275,4	170,7	73,0	692,5	713,9	15,5	464,3	
	Häufigkeit (\bar{x})	82,5	3,3		39,1	23,2	7,4	15,9	
Ges	\bar{x}	1234,4	131,7	30,7	909,9	268,3	11,1	197,1	97,5
	$\pm s$	58,1	38,1	12,5	153,7	186,8	5,7	70,3	30,2
	Min	1145,6	93,3	21,0	762,7	154,9	7,1	277,9	
	Max	1296,8	181,8	52,2	1035,9	429,2	16,4	464,3	
	Häufigkeit (\bar{x})	62,4	4,7		35,3	15,2	8,5	15,9	

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Haltungsverfahren für Pferde (BMELV 2009)	6
Tabelle 2: Empfohlene Mindestabmessungen (BMELV 2009)	10
Tabelle 3: Daten der Versuchstiere von Stall A	32
Tabelle 4: Daten der Versuchstiere von Stall B	34
Tabelle 5: Nummerierung und Befestigung der Logger	36
Tabelle 6: Codes für Interact 9 (Mangold): Differenzierung nach Liegen und Stehen (Code) und nach Aufenthaltsbereichen (Klasse).....	41
Tabelle 7: Interpretation der Kappa-Werte (k)	44
Tabelle 8: Durchschnittliche Gesamtliche- und -stehzeit pro Tag in Minuten, deren Minima (Min), Maxima (Max) und mittleren Häufigkeiten, die durchschnittliche Liegezeit pro Liegeperiode je Pferd und Tag in Minuten sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer pro Tag in Minuten	46
Tabelle 9: Durchschnittliche Dauer der Aktivität (Stehen und Liegen) nach Aufenthaltsbereich Auslauf, Stall, Tränke, Fressplatz und ads (außerhalb des Offenstallbereiches) pro Tag in Minuten, deren Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die zugehörigen Häufigkeiten	50
Tabelle 10: LS Means beider Versuchsbetriebe (1 + 2) für Aktivität und Aufenthalt, Standardabweichung innerhalb der Betriebe (S) sowie F- und P-Werte.....	51
Tabelle 11: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und Liegeloggermessung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten).	58
Tabelle 12: Versuchsstall B: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und der Liegeloggermessung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 – Spalten).....	59
Tabelle 13: Kappa-Koeffizienten für die Interrater-Reliabilität zwischen Liegelogger und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B, sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max).....	60
Tabelle 14: Anteil der von den Geräten 1 - 4 richtig aufgezeichneten Punkte (%) sowie der Mittelwert und die Standardabweichung in der Kategorie 'Liegen' vom Versuchsstall A und B	60

Tabelle 15: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und GPS-Aufzeichnung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten). Grau hinterlegt sind die Übereinstimmungswerte beider Beobachter, die übrigen Zellen entsprechen abweichenden Beurteilungen, SUM (= Summe der Randhäufigkeiten)	66
Tabelle 16: Versuchsstall A: Übereinstimmungsmatrizen zwischen manueller Kodierung der Videoaufzeichnung (Beobachter 1 - Zeilen) und GPS-Aufzeichnung (Gerät 1 – 4) (Beobachter 2 - Spalten) erweitert um die Kategorie „Fressplatz“	67
Tabelle 17: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen GPS und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max)	68
Tabelle 18: Möglichen (n), tatsächliche (n*) und tatsächlich korrekt (n**) aufgezeichnete Punkte der GPS-Geräte 1 bis 4 im Stall und im Auslauf, sowie der Anteil der tatsächlich (V*) und tatsächlich korrekt (V**) aufgezeichneten an möglichen Punkten im Versuchsbetrieb A und B	68
Tabelle 19: LS Means der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich (%), Standardabweichung (S) sowie F- und P-Werte getrennt nach Versuchsbetrieb A und B	70
Tabelle 20: Multiple Mittelwertvergleiche der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich, getrennt nach Versuchsbetrieb A und B	70
Tabelle 21: LS Means der Anteile von tatsächlich korrekt aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich (%), die Standardabweichung (S), sowie F- und P-Werte getrennt nach Versuchsbetrieb A und B	71
Tabelle 22: Multiple Mittelwertvergleiche der Anteile von tatsächlich aufgezeichneten an möglichen Punkten der Geräte 1 bis 4 nach Auslauf- und Stallbereich, getrennt nach Versuchsbetrieb A und B	71
Tabelle 23: Anzahl (n) und prozentualer Anteil (%) an GPS-Signalpunkten (Messungen) nach definierten Signal-Schwellen (≤ 30 , > 30 , > 60 , > 120 Sekunden [sec] und Randsummen (Σ) in Versuchsstall A sowie deren	

Zeitanteile an der 96 Stunden Aufzeichnung in Stunden (h) und Prozent (%)	72
.....	
Tabelle 24: Anzahl (n) und prozentualer Anteil (%) an GPS-Signalpunkten (Messungen) nach definierten Signal-Schwellen (≤ 30 , > 30 , > 60 , > 120 Sekunden [sec] und Randsummen (Σ) in Versuchsstall B sowie deren Zeitanteile an der 96 Stunden Aufzeichnung in Stunden (h) und Prozent (%)	73
.....	
Tabelle 25: Durchschnittliche Gesamtliege- und -stehzeit pro Pferd (1 bis 4) und Tag in Minuten, Min, Max, mittlere Häufigkeiten, durchschn. Liegezeit pro Liegeperiode sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer.....	93
.....	
Tabelle 26: Durchschnittliche Gesamtliege- und -stehzeit pro Pferd (5 bis 8) und Tag in Minuten, Min, Max, mittlere Häufigkeiten, durchschn. Liegezeit pro Liegeperiode sowie die durchschnittliche Aufenthaltsdauer.....	94

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Offenstall Betrieb 1 mit Funktionsbereichen	31
Abbildung 2: Offenstall Betrieb 2 mit Funktionsbereichen	33
Abbildung 3: Wintec WBT-202 GPS Datenlogger.....	35
Abbildung 7: Befestigung der Liegelogger am linken Vorderbein und Befestigung GPS-Logger am Halsriemen.....	36
Abbildung 4: Grafische Dokumentation der Nutzung des Außenlaufstallbereiches mit GPS durch 1 Pferd*	37
Abbildung 5: HOB0 Pendant G Datenlogger.....	38
Abbildung 6: Dreidimensionale Aufzeichnung des Liegeloggers	39
Abbildung 8: Beispiel für Ergebnismatrix von Interact 9 (Mangold 2013)	43
Abbildung 9: Formel für die Cohen's-Kappa-Analyse in Interact 9.....	43
Abbildung 10: Prozentuale Verteilung der Aufenthaltszeit der Pferde (n = 4) des Versuchsstalls A pro Tag	48
Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Aufenthaltszeit der Pferde (n = 4) des Versuchsstalls B pro Tag	49
Abbildung 12: Mittlere Gesamtliegedauer je Pferd (n = 8) und Tag in Minuten	52
Abbildung 13: Mittlere Gesamtliegedauer pro Pferd (n = 8) und Tag in Minuten in Abhängigkeit des Aufenthaltes (Auslauf und Stall)	53
Abbildung 14: Mittlere Liegezeit je Liegeperiode pro Pferd (n = 8) und Tag in Minuten	53
Abbildung 15: Mittlere Anzahl an Liegeperioden aller Pferde (n = 8) pro Tag (7 = maximale Liegehäufigkeit)	54
Abbildung 16: Tages- und Nachtverlauf der Pferde (n) beim Liegen im Versuchsstall A sowie B.....	55
Abbildung 17: Gegenüberstellung der Liegeloggeraufzeichnung (Liegelogger) mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung (Video) von Gerät 1 (Tag 1 - 4) im Versuchsstall A	57
Abbildung 18: Gegenüberstellung der GPS-Aufzeichnung (GPS) mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung (Video) mit gutem und schlechtem GPS-Signal im Versuchsstall A	64

