

## Validierung der Accelerometer- und GPS-gestützten Erfassung des Verhaltens sowie des Aufenthaltsbereichs von Pferden in Offenlaufställen

Elisabeth Quendler, Ursula Freisler, Sophie Schaffernicht, Christoph Winckler<sup>1</sup> und Thomas Bauer<sup>2</sup>

**Abstract:** Zur Erfassung von tierischem Verhalten können direkte und indirekte Beobachtungsmethoden gewählt werden. Ziel dieser Arbeit war es, das Verhalten und die Aufenthaltsorte von Pferden in zwei unterschiedlichen Offenlaufställen mit digitalen Geräten zu erfassen und die Messsensorik in ihrer Aufzeichnungsqualität zu überprüfen. Die Untersuchung fand auf zwei Versuchsbetrieben mit jeweils vier Pferden unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Rassen statt. Für die Erfassung des Liegeverhaltens wurden HOBO Pendant G Datenlogger mit einem Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden und der Aufenthaltsorte vier Wintec WBT-202 GPS-Geräte gewählt. Die Übereinstimmung der sensorgestützt erhobenen Informationen mit den Ergebnissen der Videoanalyse wurde mit der Cohens-Kappa bestimmt. Mittelwertvergleiche für Aktivitäts- und Aufenthaltsunterschiede sowie Detektionsunterschiede derselben verwendeten Sensoren wurden mittels einfacher Varianzanalyse durchgeführt. Die Pferde verbrachten im Mittel 90 % des Tages im Stehen sowie Gehen und 10 % im Liegen. 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 Analyse der vier HOBO Pendant G Datenlogger ergab für beide Versuchsbetriebe Kappa-Koeffizienten zwischen 0,85 und 0,95, die eine gute Übereinstimmung der Liege-Logger mit den Videoaufzeichnungen belegten, wobei auch signifikante Aufzeichnungsunterschiede für Liegen und Stehen nach verwendeten Geräten gegeben waren. Die GPS-Logger lieferten aufgrund hoher Signalverluste und -verzerrungen lückenhafte und unvollständige Daten zu den Aufenthaltsbereichen der Pferde. In der Signalstärke der GPS-Logger, die unabhängig von der Richtigkeit des erfassten Aufenthaltes überprüft wurde, zeigten sich auch signifikante Unterschiede.

**Keywords:** Pferde, Offenlaufställe, Datenlogger, GPS, Pedometer

### 1 Einleitung

Aussagen über die Tiergerechtigkeit von Haltungsbedingungen erfordern neben der Berücksichtigung von Tiergesundheit und physiologischen Indikatoren die Erfassung

---

<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien  
elisabeth.quendler@boku.ac.at; uschi.freisler@gmx.at, sophie.schaffernicht@boku.ac.at;  
christoph.winckler@boku.ac.at

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Peter-Jordan-Straße 82,  
1190 Wien, t.bauer@boku.ac.at

und Auswertung von verschiedenen Verhaltensweisen. Zur Tierbeobachtung wird in der Forschung zunehmend auf digitale Erfassungstechnik zurückgegriffen, die eine exakte und zuverlässige Aufzeichnung des gezeigten Verhaltens zum Ziel hat.

Die zwei typischen Haltungssysteme der Pferdehaltung sind die Einzel- und Gruppenhaltung [PAZ08]. Etliche Studien über die Bewegungsaktivität bestätigen, dass Pferde, die in Einzelboxen gehalten werden, deutlich weniger Bewegungsaktivität aufweisen als Pferde in Gruppenhaltungssystemen.

Das Ruheverhalten der Pferde folgt einem polyphasischen Tagesrhythmus, was bedeutet, dass Pferde über den 24-Stunden-Tag in mehreren kürzeren Ruheperioden ruhen. Erwachsene Pferde ruhen zwischen fünf und sieben Stunden am Tag und verbringen davon zirka 80 % im Stehen und nur 20 % im Liegen.

Der Einsatz von Videotechnik zur Verhaltensbeobachtung von Tieren (z. B. hinsichtlich Liegen, Stehen, Bewegen) ist eine gängige Methode. Zur Erfassung der Aktivität der Tiere haben sich in der Praxis teils auch Techniken zur Aktivitätsmessung bewährt. In bisherigen Studien an Pferden und Rindern wurden häufig ALT-Pedometer® (ALT steht für Aktivität, Liegen und Temperatur), welche die Position (Stehen, Liegen oder Bewegen) und die Temperatur erfassen können, verwendet [Sc12; AB11; BWH14; Bo08; Ba07; RSH10; Fr94]. Zur Differenzierung von Liegen und Stehen sowie Gehen wurde von Ledgerwood et al. [LWT10] die Erfassungsgenauigkeit von Hobo Pendant G Datenlogger (Onset Computer Corporation, USA) bei 24 Milchkühen getestet. Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet auch der Gemini Tinytag® Datenlogger (Chichester, UK), der mit einem Winkelmessgerät die Beinposition (vertikal oder horizontal) des Tieres misst.

Zur Positionsbestimmung und Verhaltensdifferenzierung – Dokumentation der Bewegungshäufigkeit und -dauer – werden kostengünstige GPS- und Beschleunigungssensoren in der Pensionspferdehaltung als Dienstleistungsangebot den Pferdebesitzern offeriert.

Ziel dieser Studien war es daher, Beschleunigungs- und GPS-Sensoren hinsichtlich der zuverlässigen Erfassung des Verhaltens (Liegen, Stehen, Bewegen) sowie der Aufenthaltsorte von Pferden in Offenlaufställen mittels Videoaufzeichnungen zu validieren.

## **2 Tiere, Material und Methoden**

Für die Untersuchung standen zwei Untersuchungsbetriebe zur Verfügung, die sich in der Stallkonstruktion erheblich unterschieden. Betrieb A lag im südöstlichen Niederösterreich, hatte einen Offenstall aus Holz und war ein Einstellbetrieb für etwa 30 Pferde und aus Holz konstruiert. Versuchsstall B befand sich in derselben Region und hatte eine große, überwiegend aus Beton gebaute, tief eingestreute Liegehalle und

beherbergte acht Pferde.

Der Versuch fand auf beiden Betrieben mit jeweils vier Pferden zeitlich nacheinander statt. Die Versuchsdauer betrug pro Betrieb sechs Tage, wobei der Versuch am Tag 1 jeweils um 10 Uhr startete und am Tag 6 um 15 Uhr endete. An den Tagen 2 bis 5 wurde jeweils über 24 Stunden aufgezeichnet.

Zur Positionsbestimmung und Verhaltensdifferenzierung wurden GPS-, Beschleunigungssensoren und die Videoanalyse gewählt, die in ihrer Aufzeichnungsqualität vergleichend evaluiert wurden. Um die Position der Tiere zu bestimmen, wurden vier handelsübliche GPS (Global Positioning System)-Geräte der Marke Wintec verwendet, die in der Praxis als Tracker von Pferden auf Pensionspferdebetrieben (Pferdeortung) im Einsatz sind.

Für die Aufzeichnung von Stehen und Gehen sowie Liegen der Pferde wurden vier Hobo Pendant G Datenlogger der Firma Onset Computer Corporation, USA (im Weiteren kurz Liegelogger genannt) mit einem Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden genutzt.

Das Anbringen der GPS-Sensoren erfolgte bei zwei Pferden mit Halsriemen (Betrieb A), die während des gesamten Versuchszeitraumes am Pferd blieben. Bei den übrigen sechs Pferden wurden die GPS- und Liege-Logger mit Bandagen am Vorder- und am Hinterbein fixiert.

Um das Verhalten der Pferde zeitgenau zu erfassen und damit die Erfassungsqualität der anderen Sensoren auf Basis dieser Aufnahmen zu evaluieren, 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 Kameras wurden zusätzlich mit Infrarotscheinwerfern (LIR-T120, LIR-T80 und LIR-T60) ausgestattet, um eine 24-Stunden-Beobachtung zu gewährleisten. Für die Analyse der Videoaufnahmen wurde eine spezielle Software (Interact 9, Mangold International GmbH) für das Codieren von Verhaltensmustern herangezogen.

Das Programm ermöglichte eine Cohen's-Kappa-Analyse, die den Vergleich von zwei voneinander unabhängigen Verhaltensbeobachtungen ermöglichte. Zusätzlich zur Kappa-Analyse erfolgte eine statistische Analyse mit SAS 9.2.

Die Rohdaten wurden auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und Varianzhomogenität (Levene-Test) geprüft. Als analytisches Testverfahren für Aktivitäts- und Aufenthaltsunterschiede der beiden Gruppen (Versuchsbetrieb A und B) sowie der Detektionsqualitätsunterschiede der Geräte und des Einflusses der unterschiedlichen Stallkonstruktionen wurde die einfache Varianzanalyse (mit dem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey Kramer) gewählt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Pferde beider Versuchsbetriebe verbrachten im Mittel 90 % des Tages im Stehen und 10 % im Liegen. Im wenig strukturierten Versuchsbetrieb A hielten sie sich zu 92 % im Auslauf auf und nutzten den Stall nur zu 5 %, die übrige Zeit waren diese an der Tränke und am Fressplatz (3 %). 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, 9 % Tränke) genutzt.

Im nicht strukturierten Versuchsstall A lagen die Tiere bis zu sechsmal täglich deutlich öfter, aber mit durchschnittlich 22,9 Minuten auch je Liegephase kürzer als die Pferde im Versuchsstall B, die sich durchschnittlich nur dreimal, dafür aber für jeweils im Mittel 45,5 Minuten zum Ruhen hinlegten.

Die Liegelogger-Werte der vier Liegelogger stimmten in 9.939 bis 10.417 Aufzeichnungspunkten je Pferd über vier Aufzeichnungstage mit dem vom Video ermittelten Stehverhalten sowie 808 bis 1.397 im Liegeverhalten je Pferd überein. In lediglich 87 bis 138 Fällen je Pferd zeigte der Liegelogger für Stehen sowie in 33 bis 101 Fälle je Pferd für Liegen der vier Aufzeichnungstage eine vom Video abweichende Körperposition an. Die Zuverlässigkeit der Liegelogger in der Aufzeichnung der richtigen Körperposition des Pferdes kann nach den vorliegenden Kappa-Koeffizienten für die Geräte 1 bis 4 als ausgezeichnet eingestuft werden, wobei signifikante Unterschiede in der Detektionsqualität nach den Geräten gegeben waren.

Gerät Nr.	k-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

Tab. 1: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen Liegelogger und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max) über vier Aufzeichnungstage

Über die gesamte Aufzeichnungsphase traten bei keinem Gerät Ausfälle auf. Mit baugleichen Loggern stellten auch Ito et al. [IWK09] eine hohe Übereinstimmung mit dem Liegeverhalten von 50 Milchkühen fest.

Im Fall der GPS-Geräte 1 bis 4 stimmten von 103 bis 298 dokumentierten GPS-basierten Aufenthaltsorten je Pferd außerhalb des Offenfrontstalles von Versuchsstall A nur 98 bis 219 der vier Aufzeichnungstage überein. Im Auslauf des Versuchsstalls A deckten sich von 1.575 (Gerät 3) bis 11265 (Gerät 1) GPS-dokumentierten Aufenthaltsorten 1.434 bis 10.735. Ähnliche Situationen trafen auf die anderen Aufenthaltsbereiche (Futterstelle,

Tränke, Stall) sowie jene des Versuchsstalls B, bei dem es noch schlechtere Übereinstimmungen, bedingt durch die anderen Konstruktionsmaterialien (Beton, Stahl), bei denselben Geräten gab, zu. Diese sind auch über die nachfolgend angeführten Kappa-Koeffizienten belegt.

Nur bei drei von insgesamt 8 GPS-Aufzeichnungen überschritt der Kappa-Koeffizient, der den Grad der Übereinstimmung mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung beschreibt, den Grenzwert von 0,4 für eine mittelmäßige aussagekräftige Übereinstimmung.

Gerät Nr.	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

Tab. 2: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen GPS und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max)

Die geringste Interrater-Reliabilität erzielten die Geräte 2 und 3 im Versuchsstall B mit  $k=0,23$ . Den besten Wert von  $k=0,51$  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 einzustufen. Das GPS-Gerät 1 erzielte in beiden Ställen die zuverlässigste Aufzeichnungsquote und hob sich signifikant von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität im Auslauf- und Stallbereich in beiden Versuchsbetrieben ab.

Signifikante Unterschiede ergaben sich auch zwischen den Geräten im Auslaufbereich beider Versuchsbetriebe und im Stallbereich des Versuchsbetriebes B. Gerät 1 hob sich signifikant von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität ab. Die Geräte 2 bis 4 zeigten in beiden Ställen einen häufigen Signalverlust, der eine genaue Lokalisation der Pferde unmöglich machte. Lediglich Gerät 1 zeichnete vergleichsweise zuverlässig auf und zeigte nur selten Signalverzerrungen und Aussetzer.

#### Literaturverzeichnis

- [AB11] Alsaod, M.; Büscher, W.: Sensor based lameness detection in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behaviour. International Society for Animal Hygiene, 88, 2011.
- [BWH14] Bachmann, M., Wensch-Dorendorf, M.; Hoffmann, G.: Pedometers as supervision tools for mares in the prepartal period. Applied Animal Behaviour Science, 151: 51-60. 2014.
- [Ba07] Bahr, C.: Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und

- Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München, 2007.
- [Bo08] Borchers, M.: Untersuchungen zur Eignung des ALT-Pedometers als Fohlengeburtmelder. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2008.
- [Fa01] Fader, C.: Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München, 2001.
- [Fr94] Frentzen, F.: Bewegungsaktivitäten und -verhalten von Pferden in Abhängigkeit von Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1994.
- [IWK09] Ito, K.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G.: Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92 (9): 4412-20, 2009.
- [LWT10] Ledgerwood, D.N.; Winckler, C.; Tucker, C.B.: 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, 2010.
- [PAZ08] Pirkelmann, H.; Ahlswede, L.; Zeitler-Feicht, M.: *Pferdehaltung*. Eugen Ulmer, 2008.
- [RSH10] Rose-Meierhöfer, S.; Standke, K.; Hoffmann, G.: Auswirkungen verschiedener Gruppengrößen auf Bewegungsaktivität, Body Condition Score, Liege- und Sozialverhalten bei Jungpferden. *Züchtungskunde*, 82: 282 – 291, 2010.
- [SF02] Sambras, H. H.; Fader, C.: Das Ausruhverhalten von Pferden in Offenlaufställen. *KTBL-Schrift*, Nr. 418: 109-418, 2002.
- [Sc12] Schlender, K.: Methodischer Vergleich zur Erfassung von Verhaltensdaten beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung einer hochpräzisen Echtzeitpositionserfassung. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, 2012.