

FORSCHUNGSBERICHT AGRARTECHNIK

des Fachausschusses Forschung und Lehre der
Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG)

545

Melanie Junge

Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring für die Gruppenhaltung tragender Sauen

Dissertation

Hohenheim 2015

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Prof. Dr. Thomas Jungbluth

**Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring für die
Gruppenhaltung tragender Sauen**

Dissertation
Zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Agrarwissenschaften

vorgelegt
der Fakultät Agrarwissenschaften
von

Dipl. agr. biol. Melanie Junge
aus Stuttgart-Bad Cannstatt

2015

Die vorliegende Arbeit wurde am 08.06.2015 von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften“ angenommen.

Dekan:	Prof. Dr. R.T. Vögele
Berichterstatter:	Prof. Dr. T. Jungbluth
Mitberichter:	Prof. Dr. W. Büscher
Mündliche Prüfung:	Prof. Dr. T. Jungbluth Prof. Dr. W. Büscher Prof. Dr. V. Stefanski
Leitung Kolloquium	Prof. Dr. M. Rodehutschord
Tag der mündlichen Prüfung:	14.07.2015

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 2813700110).

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des Autors urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2015

Im Selbstverlag:	Melanie Junge
Bezugsquelle:	Universität Hohenheim Institut für Agrartechnik -440- Garbenstr. 9 D-70599 Stuttgart

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens "Indikatorgestütztes Managementsystem zum Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring in der Sauenhaltung" erstellt. Das Ziel des Projekts war die Konzeptionierung und Implementierung eines indikatorgestützten Monitoringsystems zur Bestimmung von Gesundheits- und Verhaltensabweichungen bei tragenden Sauen. In Zusammenarbeit mit zwei Wirtschaftspartnern wurde an einem Versuchs- und Praxisbetrieb ein informationsverarbeitendes System (Projektpartner gridsolut GmbH + Co.KG.) zur einzeltierbezogenen Erfassung der Indikatoren Fressen, Trinken und Laufen geschaffen. Die konsolidierten Sensordaten sowie aufgestellten Monitoringmodelle wurden als pilothafte Module in eine Herdenmanagementsoftware (Projektpartner CLAAS Agrosystems KGaA mbH & Co KG) integriert. Der Schlussbericht des Projektes „Indikatorgestütztes Managementsystem zum Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring in der Sauenhaltung“, welcher die kondensierten Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen enthält, wurde am 06.10.2014 dem Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) zur internen Bearbeitung übermittelt.

Danksagung

Zuerst möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Thomas Jungbluth für das entgegengebrachte Vertrauen, die Bereitstellung hervorragender Arbeitsbedingungen sowie die stets konstruktive Kritik während meiner Zeit am Fachgebiet VTH bedanken.

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Büscher als Mitberichter und Herrn Prof. Dr. Volker Stefanski gilt mein Dank für die Mitwirkung an der mündlichen Prüfung.

Ein besonderer Dank gilt Frau apl. Prof. Dr. Eva Gallmann, die mit ihrem Blick für das „große Ganze“ und wertvollen Ratschlägen in allen fachlichen Belangen zum Gelingen des Projektes sowie durch viele hilfreiche Anmerkungen bei der Anfertigung meiner Promotionsschrift beigetragen hat. Danke, dass deine Tür für mich stets offen stand und du immer die Zeit für lobende und motivierende Worte gefunden hast.

Herrn Dr. Daniel Herd danke ich für die sehr gute fachliche Betreuung und Begleitung bei den ersten Schritten der Projektbearbeitung.

Herrn Jochen Traunecker und Herr Carsten Große-Butenuth danke ich für die stets sehr gute und konstruktive Zusammenarbeit im Projekt „Monigesau“.

Frau Dr. Dagmar Jeziorny möchte ich von ganzem Herzen für ihren tatkräftigen Einsatz sowie ihre unendliche Geduld während der Versuchsdurchführung und die dabei entstandene tiefe Freundschaft danken. Ohne dich wäre „Monigesau“ nicht gelungen.

Für die Unterstützung und Hilfestellung bei den Versuchsvorbereitungen danke ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Werkstatt an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften Standort Unterer Lindenhof sowie der Werkstatt des Instituts für Agrartechnik. Für ihre Einsatzbereitschaft und Unterstützung bei der Versuchsdurchführung möchte ich mich außerdem bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Schweinebereiches auf der Versuchsstation für Agrarwissenschaften Standort Unterer Lindenhof herzlich bedanken.

Den Studierenden die im Rahmen des Projektes „Monigesau“ ihre Abschlussarbeiten anfertigten und mich bei der Versuchsanstellung unterstützten gilt ebenfalls mein Dank.

Herrn Joseph Möst und Familie möchte ich ganz herzlich für die großzügige Unterstützung bei der Versuchsvorbereitung und -durchführung auf ihrem Praxisbetrieb danken.

Frau Mag. Nadine Brachatzek aus dem Institut für Angewandte Mathematik und Statistik der Universität Hohenheim danke ich für ihre engagierte Einarbeitung in die Thematik und die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Weiter möchte ich mich bei allen Doktoranden, Kolleginnen und Kollegen des Fachgebietes VTH für die angenehme Arbeitsatmosphäre, die stets von Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft geprägt war, bedanken. Ich werde meine Zeit dort immer in sehr guter Erinnerung behalten.

Meinen Eltern möchte ich dafür danken, dass Sie mir mein Studium ermöglichten und mich stets in allen Lebenslagen und Entscheidungen unterstützten und ermutigten.

Meinem Freund Kai Gühring möchte ich dafür danken, dass er immer an mich geglaubt hat.

Geh deinen Weg und lass die Leute reden.

Dante Alighieri

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
Abkürzungen und Symbole	IV
Tabellenverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	VIII
1 EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
2 KENNTNISSTAND	3
2.1 Verhaltensparameter von Schweinen	3
2.1.1 Wasseraufnahmeverhalten	4
2.1.2 Futteraufnahmeverhalten	8
2.1.3 Fortbewegungsverhalten	10
2.1.4 Sozialverhalten	17
2.1.5 Sexualverhalten	19
2.1.6 Tagesrhythmen	20
2.2 Monitoring von Verhaltensparametern	23
2.2.1 Monitoringmodelle und Monitoringsysteme	25
2.2.2 Monitoring Wasseraufnahme	26
2.2.3 Monitoring Futteraufnahme	38
2.2.3.1 Monitoring mit Hilfe von tierindividuelle Aufenthaltszeiten an Futtertrögen	38
2.2.3.2 Monitoring mit Hilfe von elektronischen Futterabrufstationen	44
2.2.4 Monitoring Fortbewegung und Lahmheitsdetektion	49
2.2.4.1 Sow stance information system - SowSIS	50
2.2.4.2 Beschleunigungssensoren	53
2.2.4.3 Bildverarbeitung	57

2.2.5	Monitoring Östrus	60
2.3	Fazit	68
3	TIERE, MATERIAL UND METHODEN	69
3.1	Versuchstiere	69
3.2	Versuchsstall	70
3.3	Datenerfassung und Datenaufbereitung	73
3.3.1	Integumentbeurteilungen und Locomotion Scoring	73
3.3.2	Direktbeobachtungen	77
3.3.3	Eberkontakte	80
3.3.4	Trinkereignisse	82
3.3.5	Fressereignisse	85
3.3.6	Wegstrecken	87
3.3.7	Klimadaten	89
3.3.8	Gesamtdatensätze	89
4	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	95
4.1	Trinkereignisse	95
4.1.1	Allgemeine Beobachtungen	95
4.1.2	Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen	110
4.1.2.1	Fußerkrankungen	111
4.1.2.2	Lahmheitsgeschehen	112
4.1.3	Einfluss von Umrauschereignissen	114
4.1.4	Diskussion	116
4.2	Fressereignisse	121
4.2.1	Allgemeine Beobachtungen	121
4.2.2	Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen	125
4.2.2.1	Fußerkrankungen	125
4.2.2.2	Lahmheitsgeschehen	126

4.2.3	Einfluss von Umrauschereignissen	127
4.2.4	Diskussion	128
4.3	Fortbewegung	130
4.3.1	Wegstreckenerfassung im Rahmen von Direktbeobachtungen	130
4.3.2	Allgemeine Beobachtungen	134
4.3.3	Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen	139
4.3.3.1	Fußerkrankungen	139
4.3.3.2	Lahmheitsgeschehen	140
4.3.4	Einfluss von Umrauschereignissen	141
4.3.5	Diskussion	143
4.4	Monitoringmodelle	147
4.4.1	Alarmmodell für Umrauschereignisse	148
4.4.1.1	Schwellenwertmodell	149
4.4.1.2	Diskussion	154
4.4.2	Modelle für Fußerkrankungen und Lahmheitsgeschehen	156
4.4.2.1	Kovariate ausdosierte Wassermengen	159
4.4.2.2	Kovariate Wegstrecke	161
4.4.2.3	Kovariate Fressrang	162
4.4.2.4	Diskussion	163
5	ABSCHLUSSDISKUSSION	165
5.1	Diskussion der eigenen Vorgehensweise	165
5.2	Bewertung und Einordnung der Ergebnisse	168
6	ZUSAMMENFASSUNG	173
7	SUMMARY	176
8	LITERATUR	179

Abkürzungen und Symbole

a	Beschleunigungsvektor
Abb.	Abbildung
AKS	Angebunden im Kastenstand
AS	Altsau
B	In Bewegung
$\hat{\beta}$	Schätzwert des Regressionskoeffizienten
BiB	Bewegung im Bild
BiBS	Status der Bewegung im Bild
bzw.	Beziehungsweise
° C	Grad Celsius
ca.	Circa
csv	Comma separated values (Dateiformat)
CUSUM	Kumulierte Summe der Vorhersagefehler
d	Anzahl der Indikatoren
DFB	Dreiflächenbucht
d.h.	Das heißt
DL	Deutsche Landrasse
EB	Einzelbucht
EF	Einzelfütterung
EFA	Elektronische Futterabrufstation
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
F	Verteilungsfunktion für X
FR	Fressrang
G	Verteilungsfunktion für Y
gemTMW	Gemittelte Tiermittelwerte
GGdyn	Großgruppe dynamisch
GGstat	Großgruppe statisch
GH	Gruppenhaltung
GPS	Global Positioning System
h	Stunde
H_0	Nullhypothese
HF	High Frequency (Hochfrequenz)
iFR	Individueller Fressrang
IGN	Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung
ISO	International Organization for Standardization
jjjj	Jahr
JS	Jungsau
K	Kelvin
k.A.	Keine Angaben
KG	Kleingruppe
kg	Kilogramm
KL	Körperlänge
KS	Kastenstand
KT	Körpertemperatur

L	Liter
LF	Low Frequency (Niedrigfrequenz)
LH	Luteinisierendes Hormon
Log	Logarithmus
LS	Locomotion Score
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mAkt	Logarithmierte mittlere Aktivität
max.	Maximal, Maximum
min	Minute
min.	Minimal, Minimum
mL	Milliliter
mm	Monat, Minute
MMA	Mastitis, Metritis und Agalaktie
MPEG	Moving Picture Experts Group (Videostandardformat)
MW	Mittelwert
n	Stichprobenanzahl
N	Newton
nB	Nicht in Bewegung
Nr.	Nummer
P	(Sicherheits)-Wahrscheinlichkeit;
	Page (Seite)
pp.	Pages (Seiten)
PC	Personal Computer
PIT	Pietrain
PVC	Polyvinylchlorid
R ²	Bestimmtheitsmaß, Menge der reellen Zahlen
R ^d	Indikatorenraum
%	Prozent
RFID	Radiofrequenzidentifikation
rFR	Relativer Fressrang
s	Sekunde
s.	Siehe
S.	Seite
SD	Standarddeviation (Standardabweichung)
sdmAkt	Standardabweichung der logarithmierten mittleren Aktivität
SHA	Schwäbisch Hällisches Landschwein
SowSIS	Sow stance information system (Apparatur zur Aufnahme von Druckverteilung der Extremitäten)
T	Tränke
TM	Trade mark (Eingetragene Marke)
tt	Tag
Tab.	Tabelle
USB	Universal Serial Bus (serieller Bus)
W	Wurf
x	Koordinate, Kovariatenvektor
y	Koordinate, Zielvariable

z
z.B.

Koordinate
Zum Beispiel

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Einflussfaktoren auf das Wasseraufnahmeverhalten von Schweinen.....	8
Tab. 2: Übersicht Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten von Schweinen	10
Tab. 3: Übersicht der Monitoringansätze für das Wasseraufnahmeverhalten	27
Tab. 4: Methoden zur automatisierten Östrusdetektion, basierend auf der Feststellung von Verhaltensveränderungen der Sauen (verändert nach CORNOU, 2006)	61
Tab. 5: Methoden zur Östrusdetektion basierend auf der Feststellung von physikalischen oder physiologischen Veränderungen bei Sauen (CORNOU, 2006)	65
Tab. 6: Definition des Locomotion Scores (nach FEET FIRST™, Zinpro Corporation, 2009).	76
Tab. 7: Masterdatensatz für den Versuchszeitraum 13.04.2012 bis 31.05.2013	92
Tab. 8: Reduzierter Datensatz ohne unvollständige Messtage innerhalb des Versuchszeitraums 13.04.2012 bis 31.05.2013	93
Tab. 9: Datensätze der Direktbeobachtungen 2012 und 2013 zum Fortbewegungsverhalten der Wartesauen	93
Tab. 10: Verteilung der festgestellten Auffälligkeiten innerhalb des analysierten Datensatzes.	148
Tab. 11: Literaturangaben zur Verwendung von Daten von Ebererkennungen (zitiert nach OSTERSEN et al., 2010)	149
Tab. 12: Fallzahlen für k = 300 s.....	153
Tab. 13: Effizienzmessung für die Rohdaten an Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung k = 300 s.....	154
Tab. 14: Mittelwerte für Kenngrößen der Tiere, welche als nicht lahm und lahm eingestuft wurden (n = 8268 Tiertage).....	157
Tab. 15: Gemittelte Tiermittelwerte (gemTMW) (n = 199)	158

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht über Angabe zur täglichen Wasseraufnahme von Jungsauen (JS) und Altsauen (AS), gegliedert nach verschiedenen Produktionsabschnitten (*nullipare und primipare Sauen, **bipare und multipare Sauen)	6
Abb. 2: Vergleich der motorischen Aktivität bei tragenden Zuchtsauen in verschiedenen Haltungsformen (KS = Kastenstand, AKS = Angebunden im Kastenstand, GH = Gruppenhaltung, EB = Einzelbucht, EFA = Elektronische Futterabrufstation, EF = Einzelfütterung, *berechnet)	11
Abb. 3: Zurückgelegte Wegstrecken von Zuchtsauen unterschiedlichen Alters in verschiedenen Produktionsphasen (DFB = Dreiflächenbucht, GH = Gruppenhaltung, GGdyn = Großgruppe dynamisch, GGstat = Großgruppe statisch, KG = Kleingruppe)	14
Abb. 4: Dokumentierte Wegstrecken von Sauen in dynamischen Großgruppen (links: verändert nach WENNER und LEHMANN (1989), rechts: verändert nach TERTRE und RAMONET (2014)).....	16
Abb. 5: Tagesrhythmik Schweine (IGN, 2014)	22
Abb. 6: Übersicht über die biologischen Rhythmen des Wach-Schlafverhaltens, der motorischen Aktivität und des Futteraufnahmeverhaltens von Schweinen (verändert nach TILGER, 2005).....	23
Abb. 7: Beispiel der täglichen Wasseraufnahmen einer gesunden Sau (oben) und einer erkrankten Sauen (unten) (verändert nach KRUSE et al., 2011c).....	28
Abb. 8: Muster des Trinkverhaltens einer beispielhaft ausgewählten Sau (Daten sind für 30 min Einheiten aggregiert, die gestrichelte senkrechte Linie rechts stellt den Zeitpunkt der Geburt dar) (verändert nach APARNA et al., 2011).....	30
Abb. 9: Diagramm für die Vorhersage der zu erwarteten Zeit bis zum Beginn der Geburt (verändert nach APARNA et al., 2011) ¹	32
Abb. 10: Wasserverbrauch [L/ h] im zeitlichen Verlauf [Tage] für eine Bucht von Ferkeln mit ausgelösten Alarmen (vertikale Linien) (verändert nach MADSEN und KRISTENSEN, 2005)	35
Abb. 11: Schematische Darstellung des Funktionsprinzips der Versuchsanlage (verändert nach HOECK und BÜSCHER, 2013b)	36

Abb. 12: Relativer Wasserverbrauch pro Tag im Verlauf einer Aufzuchtperiode bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen (verändert nach HOECK und BÜSCHER, 2013b)	37
Abb. 13: Durchschnittliche Aufenthaltszeit am Futtertrog im Zeitraum einer Pneumoniebehandlung (verändert nach BROWN-BRANDL et al., 2013)	41
Abb. 14: Durchschnittliches Interregistrierungsintervall am Futtertrog [min] je Tag, sowie ausgegebene Alarmer (rote Punkte) für ein lahmes Schwein (verändert nach MASELYNE et al., 2013).....	43
Abb. 15: CUSUM-Kontrollkarte: a) V-Maske mit Einheiten. b) Beispiel für Einsatz von CUSUM-Kontrollkarte (verändert nach CORNOU et al., 2008).....	46
Abb. 16: Ausgaben der vier Kraftmesszellen der SowSIS Messapparatur (blau = linkes Vorderbein, rot = rechtes Vorderbein, grün = linkes Hinterbein, violett = rechtes Hinterbein, orange = Summe aller vier Beine) für eine nicht lahme Sau (oben) und eine Sau mit Lahmheit auf dem rechten Hinterbein (unten) (verändert nach PLUYM et al., 2013)	51
Abb. 17: Kombinierte Zeitreihen der Beschleunigungsmesswerte für die Verhaltensweisen bäuchlings Liegen (oben) und Gehen (unten) in Abhängigkeit von der Zeit mit den Vektoren x, y, z und a (verändert nach ESCALANTE et al., 2013)	55
Abb. 18: Links: Definierte Bereiche des Buchtenbodens (blau) und des Futterautomaten (orange). Rechts: Anpassung der Ellipsen an die Körper der Schweine (verändert nach KASHIHA et al., 2014)	58
Abb. 19: Stallgrundriss Wartesauenstall an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof	71
Abb. 20: Bilder aus dem Wartesauenstall an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften, Standort Unterer Lindenhof. Links oben: Ausgangsbereich der elektronischen Futterabrufstation (EFA) und gegenüber Tränke 1 und Tränke 8. Rechts oben: Elektronische Futterabrufstationen. Links unten: Aktivitätsbereich mit Spaltenboden. Rechts unten: Liegebucht mit planbefestigtem Boden und Minimaleinstreu.	72
Abb. 21: Auslauf des Wartesauenstalls an der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim (Panoramaaufnahme)	73
Abb. 22: Beispiel eines Dokumentationsbogens für die Direktbeobachtungen der Sauen 855 (rot), 856 (grün) und 996 (blau) zwischen 9:30 und 10:00 am 16.04.2012	79
Abb. 23: Ebererkennung im Wartesauenstall an der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim	81

Abb. 24: Wasserdurchflusszähler (Flüssigkeits-Strömungssensor, RS Components) in Einzelbauteilen (links), Schaltkasten mit Stromversorgung und Datenkabeln der Wasserzähler sowie Seriell-zu-Ethernet-Adapter (ICP Con ET-7051, ICP DAS CO., LTD) (rechts)	83
Abb. 25: Links: Abtrennungen neben den Tränken. Mitte: Rechte Abtrennung mit RFID-Antenne. Rechts: Metallplatten auf den Außenseiten zur Abschirmung der Antennenlesefelder.	84
Abb. 26: Konstruierter Gang mit Schleusentür (links) und RFID-Antenne zur Registrierung (mittig) mit dazugehörigem RFID-Lesegerät und Stromversorgung (rechts).....	88
Abb. 27: Schema für die Erstellung der Masterdatei mit allen Datenherkünften	90
Abb. 28: Zeitliche Verteilung der erfassten 69577 Trinkereignisse mit ausdosierter Wassermenge je Trinkereignis über den gesamten Versuchszeitraum (13.04.2012 bis 31.05.2013)...	96
Abb. 29: Größenverteilung der ausdosierten Wassermengen aller erfassten Trinkereignisse im gesamten Versuchszeitraum (13.04.2012 bis 31.05.2013)	97
Abb. 30: Räumliche Verteilung aller erfassten Trinkereignisse mit jeweils ausdosierter Wassermenge an acht verschiedenen Tränken (T1 bis T8)	98
Abb. 31: Verteilung der Anzahl aller ausgewerteten Trinkereignisse (69577) je Tier und Tag für n = 29552 Tiertage	99
Abb. 32: Verteilung der ausdosierten Wassermengen je Trinkereignis, kategorisiert nach der Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag (1: n = 4723, 2: n = 7790, 3: n = 8835, 4: n = 8356, 5: n = 7500, 6: n = 6600, 7: n = 5285, 8: n = 4240, 9: n = 3465, 10: n = 2620 und > 10: n = 10163)	100
Abb. 33: Tagesverlauf der aufsummierten ausdosierten Wassermengen aller Trinkereignisse des 14-monatigen Versuchszeitraums über den 24h-Tag.....	101
Abb. 34: Verteilung der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag für alle Tiertage im Versuchszeitraum, kategorisiert nach Kalendermonaten	102
Abb. 35: Ausdosierte Wassermengen je Trinkereignis für die Kalendermonate April 2012 bis Mai 2013	103
Abb. 36: Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag für alle Tiertage, unterschieden nach den Kalendermonaten April 2012 bis Mai 2013	104
Abb. 37: Größenverteilung aller Trinkereignisse unterschieden für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Schwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT) (n = Beobachtungen)	105
Abb. 38: Größenverteilung aller erfassten Trinkereignisse der Sauen, nach Wurfnummer 2 bis Wurfnummer 10 unterschieden.....	106

Abb. 39: Mittlere ausdosierte Wassermenge je Tier und Tag im Trächtigkeitsverlauf für primipare (W 2) (n = 5592 Tiertage), bipare (W 3) (n = 6463 Tiertage) und multipare (W 4 bis W 11) Sauen (n = 17497 Tiertage); Wassermenge gesamt aus Futtertrog und Tränke bzw. nur an Tränken	107
Abb. 40: Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag an Integrationstagen und an Nichtintegrationstagen	109
Abb. 41: Ausdosierte Wassermengen je Tier und Tag für Sauen, die Futter aufnahmen oder kein Futter aufnahmen	110
Abb. 42: Ausdosierte Gesamtwassermenge an Wasser je Tier und Tag für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen	111
Abb. 43: Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag für Sauen ohne und mit Fußerkrankungen (n = 7090 Tiertage)	112
Abb. 44: Ausdosierte Gesamtwassermengen je Tiertag kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)	113
Abb. 45: Anzahl der Trinkereignisse je Tiertag für Sauen mit jeweilig bonitierten Locomotion Scores (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit).....	114
Abb. 46: Ausdosierte Gesamtwassermengen je Tiertag für unauffällige Tiere und Umrauscher	115
Abb. 47: Anzahl Trinkereignisse je Tiertag für unauffällige Tiere und Umrauscher.....	116
Abb. 48: Ausdosierte Mengen an Wasser und Futter je ausgewertetem Fressereignis in der elektronischen Futterabrufstation.....	122
Abb. 49: Relative Fressränge je Tier und Tag für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Landschwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT)	123
Abb. 50: Relativer Fressrang je Tiertag für Sauen der Würfe W 2 bis W 10	124
Abb. 51: Durchschnittlicher relativer Fressrang je Tier und Tag im Trächtigkeitsverlauf für primipare (W 2, n = 5592 Tiertage), bipare (W 3, n = 6463 Tiertage) und multipare Sauen (W 4 bis W 11, n = 17497 Tiertage)	125
Abb. 52: Relative Fressränge je Tiertag für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen.....	126
Abb. 53: Relative Fressränge, kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores je Tiertag (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)	127
Abb. 54: Relative Fressränge je Tier und Tag für unauffällige Tiere und Umrauscher.....	128

Abb. 55: Beobachtete aufsummierte Wegstrecken (n) während der zweistündigen Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten der Wartesaunen 2012 (an 18 Tagen, von 9:30 bis 11:30) und 2013 (an 12 Tagen, von 6:00 bis 18:00).....	131
Abb. 56: Vergleich der beobachteten Wegstrecken (n) dreier Fokussauen während der jeweils zweistündigen Direktbeobachtungen 2013 mit den im entsprechenden Zeitraum kalkulierten minimalen Wegstrecken.....	132
Abb. 57: Vergleich der durchschnittlichen beobachteten und kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken (in 2 h und 24 h) aus zwölf Beobachtungstagen für die drei Fokustiere während der Direktbeobachtungen 2013	133
Abb. 58: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken vom 20.01. bis 31.05.2013 je Tiertag (n)	134
Abb. 59: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecke je Tier und Tag, kategorisiert nach der Differenz der mittleren Innen- und Außentemperaturen	135
Abb. 60: Kalkulierte minimale Wegstrecken für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Landschwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT) (n = Tiertage)	136
Abb. 61: Kalkulierte minimale Wegstrecken je Tiertag (n) unterschieden nach Wurfnummern W 2 bis W 10	137
Abb. 62: Im Mittel minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tier und Tag im Verlauf der Trächtigkeit (n = 10855 Tiertage)	138
Abb. 63: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Integrationstage und Nichtintegrationstage	139
Abb. 64: Minimale zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen	140
Abb. 65: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Tiere mit bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit).....	141
Abb. 66: Minimale Wegstrecken je Tiertag (n) für unauffällige Tiere und Umrauscher	142
Abb. 67: Verteilung der Kontakte an RFID-Antennen über 24 h für unauffällige Tiere (schwarz) und Umrauscher (grau).....	143
Abb. 68: Verlauf Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung für sechs trächtige Sauen	151
Abb. 69: Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung je Tag für Sau 448 nach drei Deckterminen	152
Abb. 70: Ausdosierte Wassermengen je Tier und Tag nach Trächtigkeitstag für vier Beispieltiere (Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde).....	160

Abb. 71: Minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tag für Tier 218 nach Trächtigkeitstag (rote Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde).....	161
Abb. 72: Minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tag für vier weitere Beispieltiere nach Trächtigkeitstag (farbige Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde)	162
Abb. 73: Verlauf absoluter Fressränge (FR) für fünf Beispieltiere nach Trächtigkeitstag (farbige Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde).....	163

1 EINLEITUNG

Eine Studie basierend auf den Daten des Deutschen Bundesamts für Statistik für die Jahre 1999 bis 2010 (BÄURLE und WINDHORST, 2011) zeigte, dass die Anzahl Betriebe mit Zuchtsauen im genannten Zeitraum kontinuierlich zurückging. Gleichzeitig wurde ein immer größer werdender Prozentsatz deutscher Zuchtsauen auf Betrieben mit mehr als 400 Tieren gehalten. Dieser Trend ist durch das endgültige Inkrafttreten der EU-RICHTLINIE 2001/88/EG, welche die Gruppenhaltung von Wartesauen seit dem 1.1.2013 obligatorisch vorschreibt, noch verstärkt worden (DESTATIS, 2013).

In der aktuellen öffentlichen Diskussion zur Zuchtsauenhaltung in Deutschland werden immer wieder zwei Kritikpunkte angeführt. Dies ist zum einen die Haltung zunehmend größerer Tierbestände an gleichzeitig weniger werdenden Standorten. Zum anderen besteht die Befürchtung, dass das Wohl des individuellen Tieres und eine artgemäße Haltung in großen Beständen nicht mehr zu gewährleisten seien.

Größere Tierbestände stellen einerseits hohe Anforderungen an das Management und die Gesundheitsüberwachung der Einzeltiere, bieten andererseits aber auch Potentiale für die Automatisierung von Arbeitsgängen oder bei der Datengewinnung im Rahmen von indikatorgestützten Systemen und als Managementhilfe. Zunehmend werden in diesem Zusammenhang in der öffentlichen Diskussion, in Forschungsarbeiten und bei der technischen Entwicklung die Möglichkeiten zur Bewertung und Verbesserung der Tiergerechtigkeit, auch als Precision Livestock Farming Ansatz, thematisiert. Die Haupt Herausforderungen liegen mittlerweile weniger in der reinen technischen Entwicklung von Sensorik, sondern in der Aufbereitung und Nutzbarkeit der anfallenden Massendaten mit Hilfe von Echtzeit-Auswertelgorithmen (GALLMANN, 2014).

1.1 Problemstellung

Das Monitoring von Wartesauen in Großgruppen verfolgt den Ansatz, aus dem Verlauf und der Veränderung verschiedener tierindividuell messbarer Indikatoren, Rückschlüsse

auf Gesundheitsbeeinträchtigungen oder Verhaltensabweichungen zu ziehen. Hierzu kann eine sensorgestützte und tierindividuelle Erfassung des Trinkverhaltens (KRUSE et al., 2011c), Fressverhaltens (CORNOU et al., 2008; HINRICHS und HOY, 2011) und Fortbewegungsverhalten (KASHIHA et al., 2014) sinnvoll sein. Einzelne Indikatoren allein schienen jedoch oft nicht aussagekräftig genug zu sein, um vielfältige Gesundheits- und Verhaltensbeeinträchtigungen verlässlich anzuzeigen und vorherzusagen (APARNA et al., 2011). Die Ausprägung und Varianz der Indikatoren sowohl zwischen den Tieren als auch tierindividuell kann sehr unterschiedlich sein. Aus methodischer Sicht ist zudem zu berücksichtigen, dass mit verschiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen unterschiedlichste Symptome und zeitliche Verläufe einhergehen können.

1.2 Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel war die Konzeptionierung, Umsetzung und Bewertung eines indikatorbasierten Monitoringsystems zur Bestimmung von Gesundheitsbeeinträchtigungen und Verhaltensabweichungen bei Wartesauen in Gruppenhaltung. Die Indikatoren sollten zudem mit möglichst geringem Aufwand in einer üblichen Haltungsumwelt der Tiere zu erfassen sein.

Folgende Teilziele wurden definiert:

- Schaffung der sensor- und datentechnischen Infrastruktur zur Erfassung tierindividueller Indikatoren als Fressereignisse, Trinkereignisse und zurückgelegte Wegstrecken in einem Wartesauenstall mit dynamischer Großgruppe.
- Tierindividuelle Beurteilungen des Gesundheitsstatus und der Verhaltensänderungen der Tiere im Rahmen einer Beobachtungsstudie.
- Prüfung von Zusammenhängen zwischen den automatisch erfassten Indikatoren Fressereignisse, Trinkereignisse und Wegstrecken und den Gesundheits- oder Verhaltensänderungen.
- Bewertung des Potentials zur Implementierung eines Monitoring- oder Vorhersagemodelles.

2 KENNTNISSTAND

2.1 Verhaltensparameter von Schweinen

Die Gesamtheit aller Verhaltensweisen einer Tierart wird als Ethogramm bezeichnet und lässt sich weiter in verschiedene Funktionskreise einteilen (FRANCK, 1997). Innerhalb eines Funktionskreises werden alle Handlungen, die einer bestimmten Funktionen zuzuordnen sind, zusammengefasst. Allerdings lassen sich einzelnen Handlungen einer Tierart durchaus auch mehrere Funktionskreise zuordnen, d.h. hier überschneiden sich die Funktionskreise dann (HÖRNING, 1992). Beim Schwein ist beispielsweise die Nahrungsaufnahme häufig mit Wühlen und Umherlaufen verbunden, hier überschneiden sich somit die Funktionskreise Nahrungsaufnahmeverhalten und Fortbewegungsverhalten (HÖRNING, 1992; HARTUNG, 2003).

In Anlehnung an VAN PUTTEN (1978), SAMBRAUS (1978) und HÖRNING (1992) werden die folgenden neun Funktionskreise unterschieden:

- Sozialverhalten
- Futter- und Wasseraufnahmeverhalten
- Fortbewegungsverhalten (Lokomotion)
- Ausscheidungsverhalten
- Fortpflanzungsverhalten
- Explorations- und Spielverhalten
- Ruheverhalten
- Mutter-Kind-Verhalten
- Komfortverhalten und Thermoregulation

Im Folgenden werden die für die hier beschriebenen Untersuchungen relevanten Funktionskreise näher beschrieben. Dazu gehören zum einen die Verhaltensweisen, die als Indikatoren dienen:

- Wasseraufnahmeverhalten
- Futteraufnahmeverhalten
- Fortbewegungsverhalten

sowie die Verhaltensweisen aus folgenden Funktionskreisen

- Sozialverhalten
- Sexualverhalten,

welche einen Einfluss auf die Versuchsanstellung haben.

Relevante Einflüsse aus der Haltungsumwelt oder dem Haltungssystem wie z.B. Stallklima, Bodenbeschaffenheit, Fütterungstechnik und Tagesrhythmen werden im Folgenden näher betrachtet.

2.1.1 Wasseraufnahmeverhalten

Das Schwein wird im Allgemeinen als sogenannter Saugtrinker kategorisiert, da Schweine im Normalfall mit gesenktem Kopf aus einer stehenden Fläche Wasser einsaugen (SAMBRAUS, 1991; HÖRNING, 1992). Eingeleitet wird der Trinkvorgang durch eine schöpfend-kauende Bewegung, wobei der Unterkiefer ins Wasser getaucht wird (PORZIG und SAMBRAUS, 1991). Durch das Rückziehen der Zunge entstehen ein Unterdruck in der Mundhöhle und ein schlürfendes Geräusch (LOEFFLER und GÄBEL, 2013). In den üblichen Haltungssystemen für Wartesauen wird Wasser allerdings meist entweder über Nippel- oder über Schalentränken angeboten und somit nicht über eine offene Wasseroberfläche (ELKMANN, 2007).

Die Wasseraufnahme wird grundsätzlich durch die Körpermasse, das Alter, das Leistungsniveau, die Wasserqualität, die Standortbedingungen, die Futterzusammensetzung und die Tiergesundheit bestimmt (RICHTER et al., 2007) und liegt bei 190 mL je kg^{0,82} und je 24 h (YANG et al., 1981). Die Umgebungstemperatur als Teil der Standortbedingungen hat den größten Einfluss auf die Wasseraufnahme, da das Wasser zur Thermoregulation dient. Bei Krankheitsausbrüchen kann die Wasseraufnahme verändert sein (MADEC et al., 1986; BARANYIOVÁ und HOLUB, 1993; MADSEN und KRISTENSEN, 2005). Es

ist außerdem bekannt, dass in reizarmen Umgebungen stereotype Handlungen an Tränken ausgeführt werden (PEITZ und PEITZ, 1993). Teilweise wird dann übermäßig Wasser aufgenommen oder aber Wasser verspielt (RUSHEN, 1984). Auch durch Änderung der Haltungsbedingungen reduziert sich oft die Häufigkeit und Menge der Wasseraufnahme (ROBERT et al., 1993; DYBKJÆR et al., 2006; HOY et al., 2006). Deswegen ist die Nutzung der Wasseraufnahme als Indikator für Verhaltens- und Gesundheitsveränderungen denkbar.

Abb. 1 gibt einen Überblick zur Charakteristik des Wasseraufnahmeverhaltens leerer, tragender und laktierender Sauen. Grundsätzlich schwanken die Angaben zur Wasseraufnahme von Zuchtsauen von Quelle zu Quelle relativ stark. Häufig wird auch eine große Spannweite von möglichen Wassermengen angegeben (KRUSE et al. 2011a, 2011b, 2011c). Dies liegt aber sicher auch an den unterschiedlichst gearteten Versuchsbedingungen, denn allein durch Unterschiede in der Futterzusammensetzung, -menge und den Futterregimen sind hier große Schwankungen im Wasseraufnahmeverhalten denkbar. Grundsätzlich lässt sich aber die Tendenz erkennen, dass Jungsaunen weniger Wasser aufnehmen als ältere Sauen. Außerdem nehmen laktierende Sauen mehr Wasser auf als tragende Sauen und diese wiederum mehr als leere Sauen (Abb. 1).

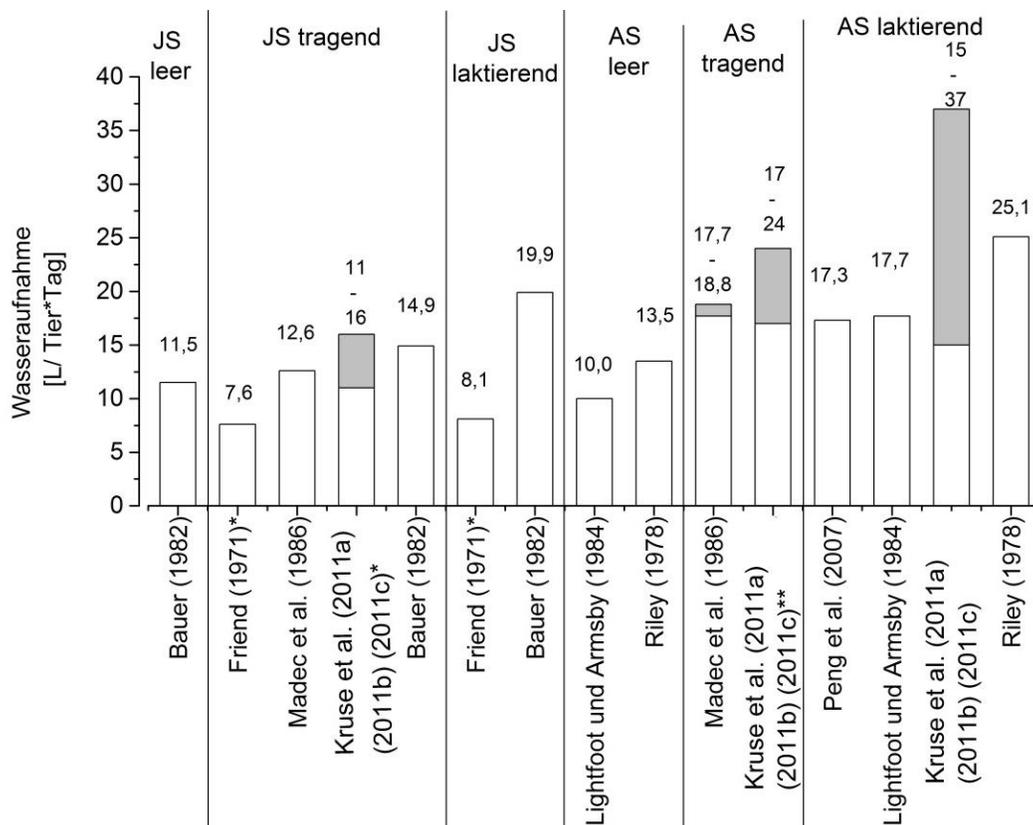


Abb. 1: Übersicht über Angabe zur täglichen Wasseraufnahme von Jungsaugen (JS) und Altsauen (AS), gegliedert nach verschiedenen Produktionsabschnitten (*nullipare und primipare Sauen, **bipare und multipare Sauen)

FRIEND (1971 und 1973) und FRIEND und WOLYNETZ (1981) stellten bei ihren Versuchen zum Wasseraufnahme- und Futteraufnahmeverhalten von Jungsaugen in Kastenstandhaltung fest, dass die Jungsaugen immer dann eine Depression in der Futter- und Wasseraufnahme zeigten, wenn der Östrus eintrat (Tab. 1).

FRIEND (1971) und MADEC et al. (1986) konnten feststellen, dass Sauen mit fortschreitender Trächtigkeit ihre Wasseraufnahme reduzierten. MADEC et al. (1986) beobachteten signifikante Unterschiede ($p=0,05$) für Sauen unterschiedlicher Trächtigkeitsstadien. Sauen die bis zu sechs Wochen tragend waren zeigten eine durchschnittliche Wasseraufnahme von 18,3 L je Tag. Sauen der Trächtigkeitswochen sechs bis elf nahmen im Mittel 18,4 L je Tag an Wasser auf und Sauen, die mehr als elf Wochen trächtig waren, nahmen durchschnittlich nur noch 16,1 L je Tag auf.

In einer aktuelleren Studie, die das Wasseraufnahmeverhalten von Sauen verschiedener Paritäten in Gruppenhaltung verglich, konnte für multipare Sauen eine relativ konstante Wasseraufnahme von etwa 17 bis 24 L je Tag und Sau über den Verlauf der Trächtigkeit festgestellt werden (KRUSE et al., 2011b). Für nulli-, primi- und bipare Sauen zeigte sich hingegen eine deutliche Zunahme in der täglichen Wasseraufnahme von 11 L auf 16 L, von 14 L auf 18 L bzw. von 16,5 L auf 24 L nach dem 80. Trächtigkeitstag (KRUSE et al., 2011b). Während der Laktationsphase fielen bipare Sauen durch konstant höhere tägliche Wasseraufnahmen von 31,2 L im Vergleich zu primi- und multiparen Sauen mit nur 26,1 L bzw. 26,4 L auf (KRUSE et al., 2011a).

MADEC et al. (1986) konnten außerdem feststellen, dass die Sauen vermehrt zu den Fütterungszeiten Wasser aufnahmen. Des Weiteren stellten die Autoren fest, dass Sauen, die Lahmheiten zeigten, mit 15,1 L je Tag signifikant ($p=0,01$) weniger Wasser aufnahmen als Sauen ohne Lahmheiten (17,8 L je Tag). Ebenfalls eine verringerte Wasseraufnahme zeigten Sauen, die an Erkrankungen des Urogenitaltraktes wie z.B. Blasenentzündungen litten (MADEC et al., 1986).

Der deutliche Einfluss von auftretenden Krankheitsgeschehen auf das Wasseraufnahmeverhalten von Ferkeln konnte in zwei Arbeiten gezeigt werden. Beim Vergleich der Flüssigkeitsaufnahme bei Ferkeln (einen Tag nach der Geburt abgesetzt), fielen Ferkel, die unter Durchfall litten, durch eine um 15,8 % pro Ferkel reduzierte Wasseraufnahme auf (BARANYIOVÁ und HOLUB, 1993). In einer zweiten Studie wich die Wasseraufnahme der Gruppe von Ferkeln bereits zwei Tage vor jeglichen klinischen Anzeichen der Durchfallerkrankung von einem Vorhersagemodell ab (MADSEN und KRISTENSEN, 2005). In diesem Fall nahmen die Ferkel im Vorfeld der Durchfallerkrankung aber mehr Wasser auf als das Modell vorhersagte.

Tab. 1: Übersicht der Einflussfaktoren auf das Wasseraufnahmeverhalten von Schweinen

Einflussfaktor	Effekt auf Wasseraufnahme	Quelle
Östrus	Abnahme	FRIEND (1971), FRIEND (1973), FRIEND und WOLYNETZ (1981)
Fortschreitende Trächtigkeit	Abnahme	FRIEND (1971), FRIEND (1973), MADEC et al. (1986)
Fütterungszeiten	Zunahme	
Lahmheit	Abnahme	MADEC et al. (1986)
Erkrankungen des Urogenitaltrakts	Abnahme	
Während Durchfallerkrankung bei Ferkeln	Abnahme	BARANYIOVÁ und HOLUB (1993)
Durchfallerkrankung bei Ferkeln	Abnahme (währenddessen)	MADSEN und KRISTENSEN (2005)
Parität	Nulli-, primi- und bipare Sauen: Zunahme gegen Trächtigkeitseende, Multipare Sauen: konstant während Trächtigkeit	KRUSE et al. (2011b)
Laktation	bipar > primi- und multipar	KRUSE et al. (2011a)

2.1.2 Futteraufnahmeverhalten

Wildschweine sind sogenannte Allesfresser, haben also eine sehr reichhaltige Nahrungspalette, die von Kleintieren über Eier bis hin zu Wurzeln und Gras reicht (VON ZERBONI und GRAUVOGL, 1984; PORZIG und SAMBRAUS, 1991; SAMBRAUS, 1991). Die Nahrungssuche nimmt je nach Quelle dabei zwischen vier bis neun Stunden am Tag ein (VON ZERBONI und GRAUVOGL, 1984; PEITZ und PEITZ, 1993) und wird mit der Schnauze,

die perfekt an die Nahrungssuche in Bodennähe und an das Wühlen im Boden angepasst ist, ausgeführt (HÖRNING, 1992).

In den heute üblichen Haltungssystemen von Hausschweinen ist das Ausleben dieser zeit- und energieaufwändigen Nahrungssuche kaum möglich (HÖRNING, 1992). Meist werden Schweine zudem dabei ad libitum oder rationiert gefüttert, wobei eine ad libitum Fütterung bei der nach VAN PUTTEN (1978) Schweine etwa acht Mal in 24 Stunden fressen, am ehesten, dem natürlichen Nahrungsaufnahmeverhalten entspricht. In der Sauenhaltung kommt die ad libitum Fütterung eher selten vor (ELKMANN, 2007).

Zusätzlich verringert sich die Zeit, die zur Futteraufnahme benötigt wird, wenn das Futter nicht trocken, sondern nass oder feucht angeboten wird (SAMBRAUS, 1991; PEITZ und PEITZ, 1993). Auch wenn durch das dargebotene Futter der Nährstoffbedarf der Tiere gedeckt ist, kann das Erkundungsverhalten im Zusammenhang mit der Futtersuche und -aufnahme nicht ausgelebt werden (VAN PUTTEN, 1978). Deswegen können bei der Nahrungsaufnahme von Zuchtsauen Verhaltensstörungen wie Stangenbeißen und Leerkauen beobachtet werden (HÖRNING, 1992). Als ein wichtiger Faktor in der Fütterung von Schweinen muss der ausgeprägte „Futterneid“ beachtet werden (VON ZERBONI und GRAUVOGL, 1984). Dieser kann zu Aggressionen bei der Futteraufnahme führen, z.B. wenn ranghöhere Tiere rangniedere Tiere von Futterstellen verdrängen wollen (VAN PUTTEN, 1978; VON ZERBONI und GRAUVOGL, 1984; PEITZ und PEITZ, 1993).

In Tab. 2 sind einige Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten von Schweinen zusammengefasst. FRIEND (1973) konnte feststellen, dass rauschende Sauen eine deutliche Depression in der Futteraufnahme aufwiesen. Außerdem zeigte sich, dass Sauen im Verlauf der Trächtigkeit die Trockenmasseaufnahme reduzierten (FRIEND, 1973). HART (1988) beschrieb die Appetitlosigkeit als eine der drei häufigsten Auffälligkeiten, die Tiere zeigen, wenn sie krank sind. NIENABER et al. (1991) konnten bei vergleichenden Untersuchungen an wachsenden Mastschweinen einen Einfluss der Umgebungstemperatur auf das Futteraufnahmeverhalten feststellen. Tiere, die Kältestress ausgesetzt waren, nahmen im Vergleich zu Tieren, die unter thermoneutralen Bedingungen gehalten wurden, kleinere Futtermengen in kürzeren Fressintervallen auf.

Tab. 2: Übersicht Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten von Schweinen

Einflussfaktor	Effekt auf Futteraufnahme	Quelle
Östrus	starker Rückgang der Futteraufnahme	FRIEND (1973)
fortschreitende Trächtigkeit	Rückgang der Trockenmasseaufnahme	FRIEND (1973)
Krankheit	Rückgang der Futteraufnahme	HART (1988)
Kältestress bei Mastschweinen	kleinere Futtermengen & kürzere Fressintervalle im Vergleich zu Tieren, die unter thermoneutralen Bedingungen gehalten wurden	NIENABER et al., (1991)

2.1.3 Fortbewegungsverhalten

Nach HÖRNING (1992) bewegen sich frei lebende Wildschweine meist langsam gehend, aber auch manchmal trabend und hauptsächlich in Zusammenhang mit der Suche nach Futter fort. So legen sie durchschnittlich etwa fünf Kilometer täglich zurück. Wie bereits erwähnt fällt für Schweine unter heutigen Haltungsbedingungen die Fortbewegung im Zusammenhang mit der Suche nach Futter weg. Nach INGRAM und DAUNCEY (1985) ist die motorische Aktivität des Hausschweins in die Photoperiode verschoben und wird stark durch Managementfaktoren wie die Fütterungszeiten beeinflusst (SAMBRAUS, 1978). Dies konnten CARIOLET und DANTZER (1984) in ihren Untersuchungen an angebundenen Zuchtsauen, GRÉGOIRE et al. (2013) an Zuchtsauen in Gruppenhaltung und HÖRNICKE (1981) bei Untersuchungen an Hausschweinen und Wildschweinen ebenfalls feststellen.

In Abb. 2 werden unterschiedliche Angaben aus der Literatur zur motorischen Aktivität von Zuchtsauen verglichen.

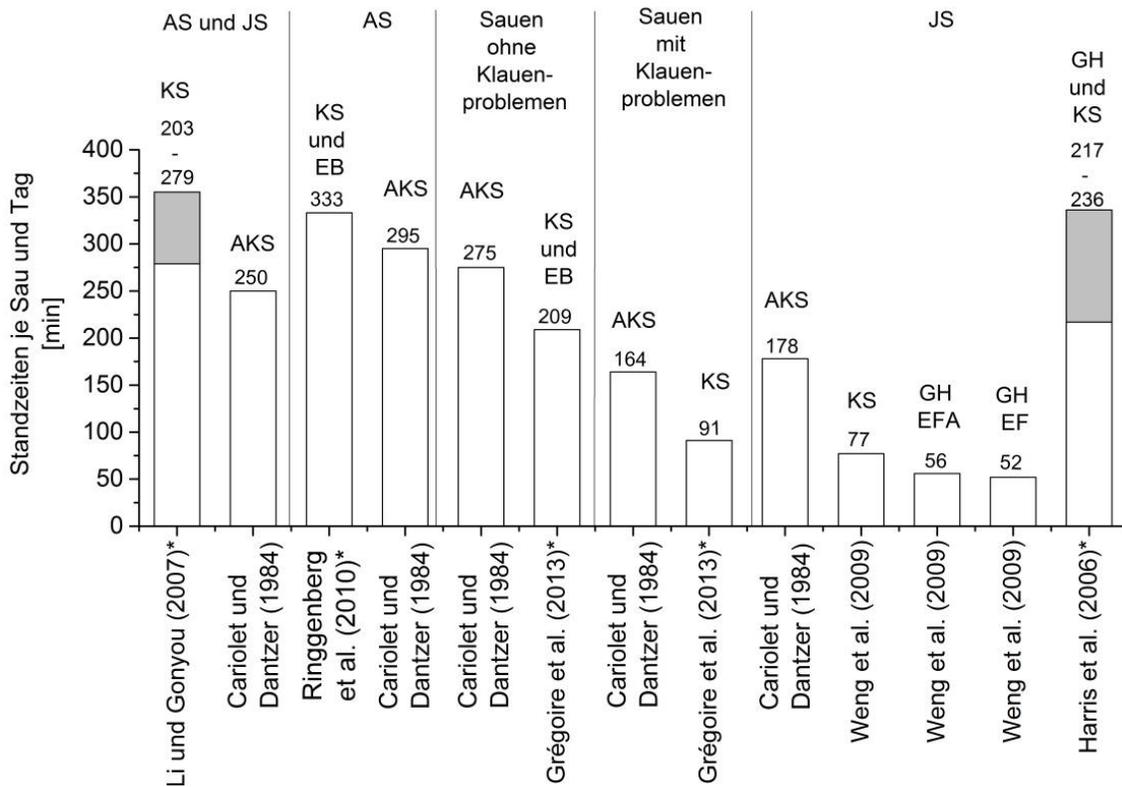


Abb. 2: Vergleich der motorischen Aktivität bei tragenden Zuchtsauen in verschiedenen Haltungsformen (KS = Kastenstand, AKS = Angebunden im Kastenstand, GH = Gruppenhaltung, EB = Einzelbucht, EFA = Elektronische Futterabrufstation, EF = Einzelfütterung, *berechnet)

CARIOLET und DANTZER (1984) stellten Untersuchungen zum Verhalten und zu Verhaltensauffälligkeiten von angebundenen Jung- und Altsauen in Kastenständen an. Dabei stellten sie im Mittel über alle Beobachtungen eine tägliche motorische Aktivität in Form von Stehen mit 250 min je 24 h fest. Beim Vergleich von Jung- und Altsauen fiel auf, dass Jungsauen mit 178 min je 24 h im Vergleich zu Altsauen mit 295 min je 24 h signifikant ($p = 0,01$) kürzere Standzeiten zeigten. Ebenfalls signifikant verschieden ($p = 0,01$) war der Unterschied zwischen Sauen ohne Klauenproblemen, die im Mittel mit 275 min je 24 h deutlich länger standen als Sauen mit Klauenproblemen mit nur 164 min je 24 h (CARIOLET und DANTZER, 1984).

GRÉGOIRE et al. (2013) stellten bei ihren Experimenten zur motorischen Aktivität ebenfalls fest, dass Sauen, die Klauenprobleme aufwiesen, mit nur 91 min Standzeit je 24 h deutlich weniger aktiv waren als Sauen ohne Klauenprobleme, die im Mittel 209 min je

24 h standen. Die Standzeiten von 333 min je 24 h (RINGGENBERG et al., 2010), zwischen 217 und 336 min je 24 h (HARRIS et al., 2006) und von 203 bis 279 min je 24 h (LI und GONYOU, 2007), die in weiteren Studien festgestellt wurden, befinden sich in ähnlichen Größenordnungen.

Deutlich niedrigere Werte stellten WENG et al. (2009) bei Untersuchungen, die die Gruppenhaltung mit Kastenstandhaltung verglichen, fest. Hier wurden für Sauen, die in Kastenständen (KS) gehalten wurden, nur 77 min Stehen innerhalb von 24 h festgestellt (Abb. 2). Des Weiteren wurde für Sauen, die in Gruppen mit Einzelfütterung (GH EF) gehalten wurden, 52 min Standzeit je 24 h und für Sauen, die in Gruppenhaltung mit Elektronischen Futterabrufstationen (GH EFA) gehalten wurden, 56 min Standzeiten je 24 h ermittelt.

Vermutlich ist der große Unterschied zu den vorhergenannten Studien dadurch zu erklären, dass WENG et al. (2009) „Bewegung“ als separate Kategorie auswertete. Als „Bewegung“ wurden für Sauen in KS 9 min Standzeit je 24 h, für Sauen in GH mit EF 27 min Standzeit je 24 h und für Sauen in GH und EFA 28 min Standzeit je 24 h beobachtet. Wenn diese beobachteten Zeiten entsprechend zu den täglichen Standzeiten hinzugezählt würden, lägen die Werte aber noch immer deutlich unterhalb der ermittelten Standzeiten von etwa 160 bis 330 min je 24 h (CARIOLET und DANTZER, 1984; HARRIS ET AL., 2006; LI und GONYOU, 2007; RINGGENBERG et al., 2010; GRÉGOIRE et al., 2013). Da WENG et al. (2009) außer Liegen noch weitere aktive Verhaltensweisen wie Wasser-, Futteraufnahme, Wühlen und Hundesitzigkeit unterschieden, erklärt dies vermutlich die vergleichsweise niedrigen Werte für die motorische Aktivität.

Untersuchungen zur motorischen Aktivität oder Positionsveränderungen wurden in der Vergangenheit häufig durchgeführt. Insgesamt ist aber relativ wenig darüber bekannt, welche Strecken Schweine, insbesondere Wartesauen, in Gruppenhaltungssystemen tatsächlich zurücklegen. In Abb. 3 werden die Angaben einiger wenigen Studien verglichen.

WENNER und LEHMANN (1989) ermittelten mittels Nahbereichsphotogrammetrie in Gruppenhaltungssystemen mit Futterabrufstationen die tierindividuellen Wegstrecken von Wartesauen. Dabei wurden in einer Gruppe von 15 Tieren (Buchtengrundfläche 40 m²,

2,5 m² je Sau) 377 m und in einer Gruppe von 22 Tieren (Buchtengrundfläche 60 m², 2,6 m² je Sau) 589 m durchschnittliche Wegstrecke pro Tier und Tag festgestellt. WENNER und LEHMANN (1989) sahen die höheren durchschnittlichen Wegstrecken im Vergleich zu 206 m pro Tier und Tag von JEPSON et al. (1980, in WENNER und LEHMANN, 1989) in der zentralisierten Fütterung begründet. Da die Sauen bei zentralisierten Fütterungssystemen nicht gleichzeitig Futter aufnehmen konnten, liefen sie mehrmals zur Futterstation, bevor sie tatsächlich Futter aufnahmen. So legten die einzelnen Tiere insgesamt längere Strecken pro Tag zurück (WENNER und LEHMANN, 1989).

SCHENCK et al. (2008) registrierten bei diskontinuierlichen Beobachtungen multiparer Sauen in Gruppenhaltung am Tag (7:30 bis 12:00 und 13:00 bis 17:00 Uhr) bei zunehmender Besatzdichte durchschnittlich zurückgelegte Strecken von 136 m (4,46 m² je Sau), 258 m (3,56 m² je Sau) und 241 m (2,74 m² je Sau) (4 h Beobachtungszeit innerhalb von 8 h Beobachtungsperiode). Die Autoren gingen davon aus, dass die kalkulierten Wegstrecken etwa verdoppelt bis verdreifacht werden müssten, um einen Wert für 24 h zu erhalten (siehe Abb. 3). Eine grundsätzlich signifikant höhere ($p < 0,05$) motorische Aktivität stellten die Autoren zum Zeitpunkt der Fütterung (8:00 Uhr und 8:30 Uhr) fest. Erwähnt werden sollte allerdings, dass die Beobachtungen jeweils an nur zwei Sauen je Stall und an nur zwei aufeinander folgenden Tagen stattfanden und deshalb nur eine begrenzte Aussagekraft besitzen.

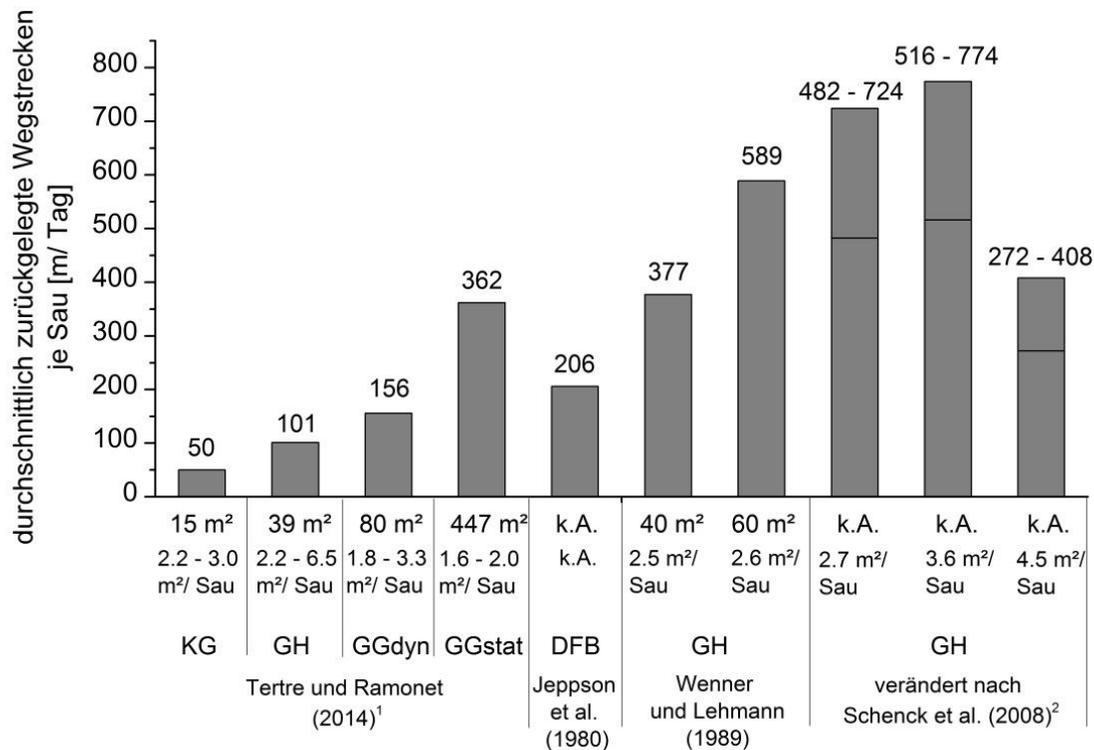


Abb. 3: Zurückgelegte Wegstrecken von Zuchtsauen unterschiedlichen Alters in verschiedenen Produktionsphasen (DFB = Dreiflächenbucht, GH = Gruppenhaltung, GGdyn = Großgruppe dynamisch, GGstat = Großgruppe statisch, KG = Kleingruppe)

¹ innerhalb von 6 Stunden zur Fütterungszeit, ² zwei- bzw. dreifacher Wert der beobachteten Wegstrecken innerhalb von 4 Stunden Beobachtungszeit

TERTRE und RAMONET (2014) verglichen das Fortbewegungsverhalten von Wartesauen, verschiedener Gruppengrößen (min. 5 und max. 280 Sauen), Aufstallungsformen (Kleingruppe, mittlere Gruppengröße, dynamische und statische Großgruppe), Fütterungstechniken (Trogfütterung über Dosierer mit Trennwänden, Selbstfangfressstände, EFA) und Bodenarten (Spaltenboden, Einstreu). Insgesamt wurden in elf verschiedenen Gruppen jeweils zehn Fokussauen innerhalb von 6 h zur Fütterungszeit direkt beobachtet. Dabei wurde die Scan-Sampling Methode angewandt und alle vier Minuten für die Fokustiere die Körperhaltung entweder als Stehen, Liegen oder Sitzen sowie die räumliche Position auf einem Stallgrundrissplan festgehalten.

TERTRE und RAMONET (2014) konnten keinen Einfluss der Bodenbeschaffenheit, dafür aber einen deutlichen Einfluss der Aufstallungsform auf das Verhalten der Sauen feststellen. Sauen, die in Kleingruppen von fünf bis sieben Tieren auf einer Buchtenfläche von etwa 15 m² gehalten wurden (Trogfütterung), fiel auf, dass die Sauen durchschnittlich nur 50 m weit liefen (Abb. 3). Auffällig war außerdem, dass diese Sauen aufstanden und sich auf direktem Weg zum Fressbereich begaben und anschließend direkt wieder in den Liegebereich zurückkehrten. Dies schlug sich auch in dem prozentual geringen Anteil von Stehen (26,5 %) und Sitzen (1,07 %) gegenüber dem hohen Anteil von 72,4 % Liegen nieder.

Sauen, die in 39 m² großen Buchten zu 6 bis 18 Tieren mit Selbstfangfressständen und separatem Liegebereich (n = 1 Spaltenboden, n = 3 Tiefstreu) gehalten wurden, zeigten schon deutlich mehr aktives Verhalten (Stehen, Sitzen). Dies machen sowohl die durchschnittlich 101 m zurückgelegter Wegstrecke (Abb. 3) als auch der merklich höhere Anteil an Stehen von 39,9 % und dem geringeren Anteil an Liegen von 56,8 %, deutlich.

Eine noch höhere Aktivität zeigten die Sauen in den statischen (n = 2 Spaltenboden, n = 1 Tiefstreu) und dynamischen Großgruppen (n = 1 Spaltenboden, n = 1 Tiefstreu) auf einer Buchtengrundfläche von entsprechend 80 m² und 447 m² (Abb. 3). Die beobachteten Fokussauen in den statischen Großgruppen (GGstat) legten im Mittel 156 m und in den dynamischen Großgruppen (GGdyn) sogar 362 m zurück (TERTRE und RAMONET, 2014), was mit den Ergebnissen von WENNER und LEHMANN (1989) durchaus vergleichbar ist. TERTRE und RAMONET (2014) konnten für Großgruppen auch den Trend von abnehmendem Liegen (GGstat 43,1 %, GGdyn 41,9 %) zugunsten von anteiliger Zunahme von Stehen (GGstat 53,1 %, GGdyn 55,7 %) feststellen.

Die eingezeichneten Wegstrecken auf den Grundrissplänen zeigten für die Buchten von GGstat und GGdyn deutlich, dass sich die Sauen viel in der Nähe der EFA auf und ab bewegten. In den Gängen vor den Liegebuchten fand dagegen nur wenig Bewegung statt (TERTRE und RAMONET, 2014). Die vermehrte Aktivität von Sauen in Gruppenhaltung rund um Futterstationen konnten auch WENNER und LEHMANN (1989) feststellen (s. Abb. 4).

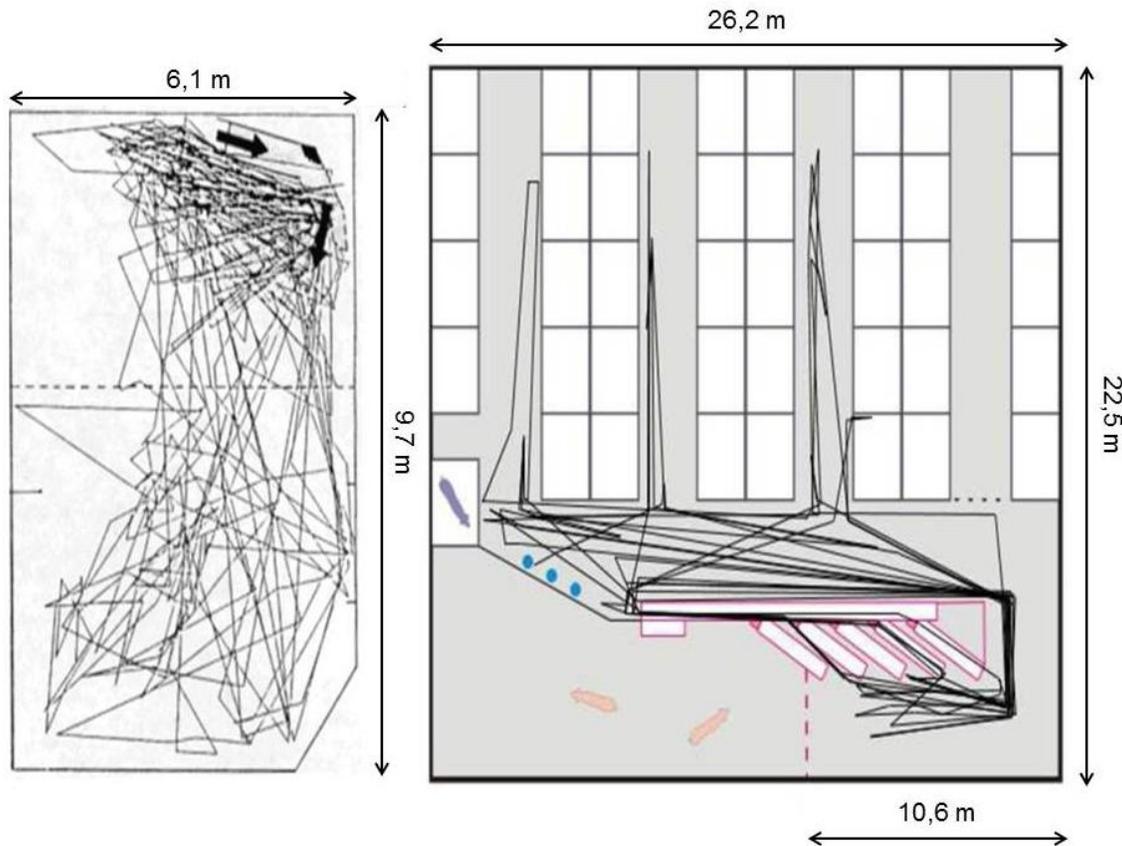


Abb. 4: Dokumentierte Wegstrecken von Sauen in dynamischen Großgruppen (links: verändert nach WENNER und LEHMANN (1989), rechts: verändert nach TERTRE und RAMONET (2014))

Bei TERTRE und RAMONET (2014) zeigte die Häufigkeitsverteilung der zurückgelegten Wegstrecken für die Kleingruppen, mittleren Gruppen und die statischen Großgruppen eine relativ geringe Streuung der Wegstrecken (Interquartilabstand: 20 m, 71 m, 47 m). In den dynamischen Großgruppen konnten dafür sehr große Schwankungen bezüglich der Wegstrecken und ein Interquartilabstand von 255 m festgestellt werden. Die maximal zurückgelegte Wegstrecke innerhalb von 6 h betrug in GGdyn 716 m. WENNER und LEHMANN (1989) stellten maximale Wegstrecken von 651 m und 1139 m fest.

Die mittleren beobachteten Wegstrecken (50 m, 101 m, 156 m und 362 m) unterschieden sich alle signifikant voneinander ($p < 0,05$) (TERTRE und RAMONET, 2014). TERTRE und RAMONET (2014) schlussfolgerten, dass mit zunehmender Vergrößerung der Buch-

tengrundfläche auch die motorische Aktivität der Sauen zunehme. Die Autoren sind deswegen der Überzeugung, dass der energetische Bedarf der Sauen um den Grad der Aktivität korrigiert werden müsse (TERTRE und RAMONET, 2014).

Als weitere Einflussfaktoren auf das Fortbewegungsverhalten bzw. die motorische Aktivität von Sauen konnten HARRIS et al. (2006) die Phase der Trächtigkeit feststellen. Sauen in Trächtigkeitswoche 4 lagen mit 66,3 % noch deutlich weniger im Vergleich zu 72,6 % in der 13. Trächtigkeitswoche. Gleichzeitig reduzierte sich die Verhaltensweise Stehen von 23,3 % in Trächtigkeitswoche 4 auf nur noch 15,1 % in Trächtigkeitswoche 13.

SCHENCK et al. (2008) untersuchten an Jungsauen (JS) den Effekt von unterschiedlich intensivem Lauftraining innerhalb von insgesamt zehn Wochen. Dabei stellte sich heraus, dass JS mit einem geringerem täglichen Lauftraining (zwei Trainingsrunden pro Tag, fünf Tage je Woche), die Trainingsrunden (61 m lang) durchschnittlich mit 0,5 m je Sekunde etwas langsamer zurücklegten, als JS mit höherer Trainingsintensität (ansteigend zwei bis sieben Runden pro Tag, fünf Tage je Woche), die mit durchschnittlich 0,58 m je Sekunde die Trainingseinheiten absolvierten.

2.1.4 Sozialverhalten

Schweine sind sehr soziale Tiere, die in Gruppen zusammenleben (PEITZ und PEITZ, 1993). Schon Wildschweine fallen durch ihr stark ausgeprägtes Sozialverhalten auf (SCHEIBE, 1982). SAMBRAUS (1991) beschreibt Schweine als sogenannte „Kontakttiere“, da sie vor allem beim Liegen stets den Körperkontakt zu ihren Gruppenmitgliedern suchen. Nicht nur bei Wildschweinen bildet sich eine komplexe soziale Ordnung unter den Gruppenmitgliedern einer Rotte aus (ELKMANN, 2007). STOLBA und WOOD-GUSH (1981) konnten bei Untersuchungen an Hausschweinen, die in einem reich strukturierten Freigehege in Familiengruppen gehalten wurden, komplexe Sozialordnungen feststellen. ELKMANN (2007) schlussfolgerte daraus, dass Hausschweine wie Wildschweine in festen Gruppen zusammenlebten, wenn man ihnen die Möglichkeit dazu bietet. Der innere Kern dieser Gruppen bildet nach HÖRNING (1992) die Familiengruppe, die aus einer Bache,

ihren Ferkeln, sowie den Jungtieren des vorangegangenen Wurfes besteht. Mehrere solcher Familiengruppen schließen sich dann zu einem Familienverband, einer Rotte von etwa 30 Tieren zusammen (HÖRNING, 1992). Bei Wild- wie bei Hausschweinen wird eine mehr oder weniger feste Rangordnung innerhalb einer solchen Rotte etabliert. Hat jedes Mitglied der Gruppe seinen festen Platz, kommen aggressive Auseinandersetzungen nur selten vor (PEITZ und PEITZ, 1993). Die erste soziale Rangordnung, die Saugordnung, bildet sich bereits unter Ferkeln innerhalb der ersten Lebensstage aus, da diese um eine bestimmte Zitze oder ein Zitzenpaar kämpfen (VAN PUTTEN, 1978; PEITZ und PEITZ, 1993). Bleiben die Tiere eines Wurfes zusammen, geht die Saugordnung in die Rangordnung über. Treffen sich Tiere, die sich nicht kennen, wird entweder über harmlose Auseinandersetzungen oder letztlich über Rangkämpfe eine neue Rangordnung etabliert (PEITZ und PEITZ, 1993). VON ZERBONI und GRAUVOGL (1984) nennen das Bestreben des einzelnen Individuums, eine möglichst vordere Position in der Rangordnung zu erreichen, als entscheidend für das Entstehen einer sozialen Rangordnung. Dabei haben das Geschlecht und die Körperkraft, die mit Gewicht und Alter ansteigt, entscheidenden Einfluss (VON ZERBONI und GRAUVOGL, 1984; BAUER, 2005 in ELKMANN, 2007), vor allem im Hinblick auf die Gruppenhaltung mit Tieren, die unterschiedlich alt sind.

So passt es ins Bild, dass bei Wildschweinen im Normalfall die älteste und erfahrenste Bache die Führung der Rotte übernimmt (SCHEIBE, 1982). Nach PEITZ und PEITZ (1993) verhalten sich die Mitglieder einer Rotte in der Regel synchron, so dass die Tiere gemeinsam Nahrung suchen und aufnehmen, sich suhlen, Nester bauen und ruhen. Männliche Tiere werden im Gegensatz zu weiblichen Jungtieren in einem Alter von etwa ein bis zwei Jahren aus der Gruppe verdrängt (PEITZ und PEITZ, 1993).

Die Gruppenhaltung von Sauen verschiedenen Alters kann also als durchaus naturgemäß angesehen werden. SAMBRAUS (1982) leitete bereits vor über 30 Jahren aus einer Untersuchung mit Sauen, die die Kastenstandhaltung mit Gruppenhaltung im Auslauf verglich, die Empfehlung ab, leerstehende und tragende Sauen in Gruppen zu halten. SAMBRAUS (1982) war der Meinung, dass leichte Verletzungen, die aus Rangkämpfen entstanden, für die Sauen zumutbar seien, da die Rangkämpfe nach wenigen Tagen beendet sind. Allerdings leitete er die Empfehlungen ab, dass sozial schwächere Sauen dominanten Tieren ausweichen können müssen. Außerdem müssten alle Tiere ge-

schützt und ungestört gleichzeitig Futter aufnehmen können. Diese Empfehlungen entsprechen den Angaben von PORZIG (1969), wonach erwachsene Schweine am häufigsten und härtesten während der Fütterung kämpfen und wenn niedertragende oder abgesetzte Sauen in eine Gruppe eingegliedert werden. PORZIG (1969) gibt weiter an, dass sich die aggressiven Auseinandersetzungen abmildern lassen, wenn alle Tiere am besten nach der Fütterung an einem für alle unbekanntem Ort zusammengebracht werden. BORBERG und HOY (2009a) konnten in Untersuchungen feststellen, dass die Anwesenheit eines Ebers während der Phase der Gruppenbildung die Anzahl und die Länge von Kämpfen zwischen den Sauen deutlich reduzierte. In einer weiteren Studie zu agonistischen Interaktionen während der Gruppenbildungsphase wurde festgestellt, dass Kämpfe meist von den ranghohen Sauen ausgingen und sich vorwiegend gegen rangniedere Tiere richteten (BORBERG und HOY, 2009b). VAN PUTTEN und BURÉ (1997) verglichen das Verhalten von Jungsau, die viermal in der Vergangenheit neugruppiert worden waren und Jungsau, die das Neugruppieren nicht gewohnt waren. Die Autoren konnten feststellen, dass sich durch das häufige Neugruppieren die „social skills“ der Jungsau deutlich verbesserten. Denn im Vergleich zu den Jungsau, die nicht mehrmals umgruppiert worden waren, kämpften sie nur etwa halb so oft (57 %).

2.1.5 Sexualverhalten

Im Allgemeinen tritt die Geschlechtsreife bei Sauen im Alter von sieben Monaten ein. Allerdings beeinflussen Faktoren wie die Rasse, das Alter, das Körpergewicht und die Jahreszeit diesen Zeitpunkt. Grundsätzlich ist die Haussau damit aber deutlich früher geschlechtsreif als weibliche Wildschweine (PORZIG, 1969). Der Brunstzyklus dauert meist 21 Tage an, kann sich aber auch auf bis zu 31 Tage ausdehnen (SIGNORET, 1967 in PORZIG, 1969). Laut PORZIG (1969) gibt es mehrere äußere Anzeichen für die Brunst. Dies ist zum einen die Rötung und Schwellung der Scham, Auftreten von Schleim an der Vagina sowie Veränderungen im Verhalten der Sau.

Zu den Veränderungen im Verhalten zählt eine vermehrte Unruhe und Nervosität der rauschenden Sau. Die Tiere fallen auf, da sie auch unruhig sind, wenn die restlichen

Tiere der Herde ruhen. Außerdem wird während der Phase der Rausche die Nahrungsaufnahme eingeschränkt. Werden Sauen in Gruppen gehalten, verhalten sich die rauschenden Sauen gegenüber ihren Gruppenmitgliedern ähnlich wie ein Eber. Zu diesem Verhalten gehört das Beriechen der Geschlechtsorgane, das Kopfstoßen in Flanken und Bauch und das Aufspringen. Wenn eine Sau, die sich in der Rausche befindet, das Aufspringen einer anderen Sau oder eines Ebers duldet und absolut still steht, bezeichnet man dies als Duldungsreflex. Der Duldungsreflex wird durch die Anwesenheit eines Ebers bzw. durch seine olfaktorischen und akustischen Signale verstärkt. Außerdem besteht ein positiver Zusammenhang zwischen Ausprägung des Duldungsreflexes und des Befruchtungserfolges (PORZIG, 1969).

Durch Sitzen oder Drücken auf den Rücken der Sau kann der Sauenhalter testen, ob die Sau den Duldungsreflex zeigt und beispielsweise die künstliche Besamung (KB) durchführen. Auch das aktive Suchen der Sau nach dem Eber, das etwa zwei Tage vor der Rausche beginnt (PORZIG, 1969), kann in der modernen Schweinehaltung mit Hilfe entsprechender technischer Einrichtungen genutzt werden (Elektronische Ebererkennung, Eberfenster). Dies ist besonders dann von Interesse, wenn das Decken durch den Eber oder die KB nicht zur Befruchtung der Sau geführt haben und die Sau erneut in die Rausche kommt und das sogenannte Umrauschen eintritt.

2.1.6 Tagesrhythmen

Nach FRANCK (1997) unterliegen fast alle Verhaltensweisen genauso wie physiologische Prozesse einer Tagesperiodik. Unter normalen Bedingungen sind die Aktivitätskurven stets zweigipflig. So ist bei tagaktiven Tierarten ein Hauptmaximum am frühen Morgen und ein Nebenmaximum am frühen Abend zu finden. Allgemein wirken bei der Tagesperiodik eine endogene circadiane (ungefähr 24 h) Periodik und exogene Zeitgeber wie Licht oder Temperatur zusammen (FRANCK, 1997).

Zeitgeber sind alle Vorgänge, die auf den Organismus als Reiz wirken (ASCHOFF, 1954 in TILGER, 2005).

Wildschweine sind dämmerungs- bzw. nachtaktive Tiere mit einem Hauptaktivitätsmaximum nach der Dämmerung bis zum Abend und einem Nebenaktivitätsmaximum vor der Morgendämmerung (INGRAM und DAUNCEY, 1985; BRIEDERMANN, 1971 in TILGER, 2005).

BRIEDERMANN (1971 in TILGER, 2005) stellte fest, dass in Gattern gehaltene Wildschweine eine verschobene Hauptaktivitätsphase am Nachmittag zeigten. BRIEDERMANN (1971 in TILGER, 2005) ging deswegen davon aus, dass es sich bei ungestört lebenden Wildschweinen, die nicht durch den Menschen bejagt werden, eigentlich um tagaktive Tiere handele.

INGRAM und DAUNCEY (1985) stellten fest, dass durch die Domestikation die motorische Aktivität des Hausschweins in die Lichtphase der Photoperiode verschoben wurde. Dies wird auch durch die Abb. 5 zum Tageszeitbudget von Schweinen (IGN, 2014) deutlich. Demnach sind Schweine meist am Vormittag und am Nachmittag aktiv und zeigen Verhaltensweisen wie Fressen, Koten und Harnen, Wühlen, Erkunden und Körperpflege. Bei Nacht sowie um die Mittagszeit verhalten sich die Tiere ruhig und schlafen (IGN, 2014; SAMBRAUS, 1978). Nach SAMBRAUS (1978) sind Hausschweine dagegen stark von Managementfaktoren beeinflusst, da der Fütterungszeitpunkt die Verteilung der circadianen Aktivitätsphasen sehr stark bestimmt.

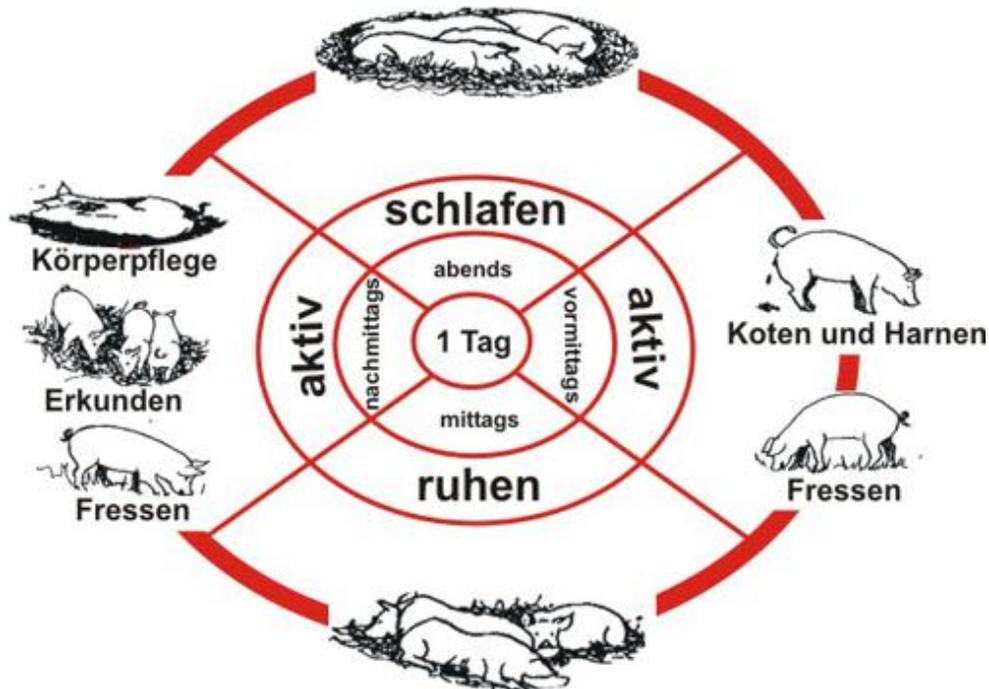


Abb. 5: Tagesrhythmik Schweine (IGN, 2014)

TILGER (2005) beschrieb ausführlich die biologischen Rhythmen u.a. von Schweinen und fasste diese in einer Abbildung zusammen (Abb. 6). Danach zeigen Schweine beginnend um etwa 5 Uhr am Morgen bis etwa 9:30 Uhr motorische Aktivität und nehmen in etwa demselben Zeitfenster Futter auf. Daran schließen sich zwei Phasen von 9 bis 11:30 Uhr und von 12 bis etwa 15 Uhr an, in denen Komfortverhalten gezeigt wird. Kurze Phasen von etwa 2 bis 2,5 h zwischen 9 und 15 Uhr werden schlafend verbracht. Nach einer Art „Mittagspause“ zeigen Schweine von etwa 13:30 bis etwa 18 Uhr wieder motorische Aktivität und nehmen zwischen 15 und 18 Uhr auch wieder Futter auf. Nach 18:30 bis kurz vor 6 Uhr am Morgen des nächsten Tages wird ausschließlich Schlafverhalten gezeigt.

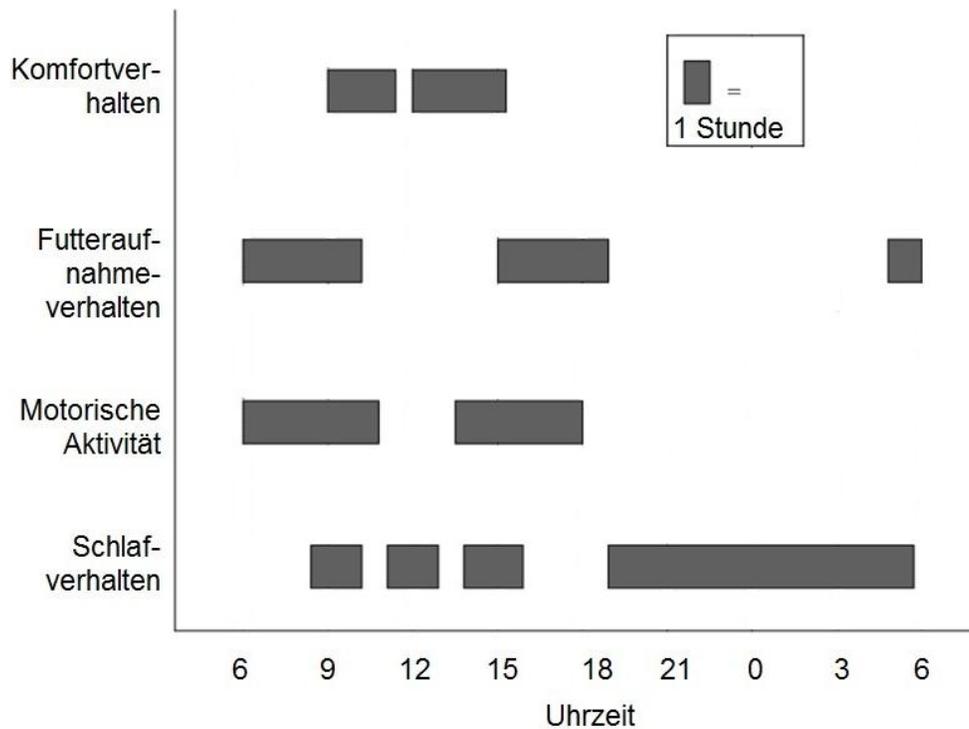


Abb. 6: Übersicht über die biologischen Rhythmen des Wach-Schlafverhaltens, der motorischen Aktivität und des Futteraufnahmeverhaltens von Schweinen (verändert nach TILGER, 2005)

2.2 Monitoring von Verhaltensparametern

Schon immer waren Tierhalter bestrebt, bei der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere ihre Fähigkeiten bezüglich der Krankheits(früh)erkennung zu verbessern. Dazu werden bereits seit langer Zeit Verhaltensveränderungen bei Nutztieren als Anzeiger für Krankheitsgeschehen betrachtet (WEARY et al., 2009). Funde belegen, dass schon die alten Ägypter Dokumente verfassten, in denen sie beobachtete Symptome verschiedener Krankheiten bei unterschiedlichen Tierarten niederschrieben (GRIFFITH, 1898 in WEARY et al., 2009). So sind diese Anzeichen im Sinne von Indikatoren wie z.B. Veränderungen der Futter- und Wasseraufnahme und verminderte Aktivität bei erkrankten Tieren häufig zu beobachten. Allerdings gibt es auch unscheinbarere Anzeichen für Gesundheitsbeeinträchtigungen, die, wenn sie dem Beobachter nicht bekannt sind, schnell übersehen werden können. Durch gezieltes Training und Verfeinerung von Beobachtungen können

Tierhalter aber leicht ihre Fähigkeiten im Gesundheitsmonitoring verbessern (WEARY et al., 2009).

Aussagekräftige Indikatoren des Verhaltens sind dadurch gekennzeichnet, dass sie Erkrankungen eindeutig signalisieren. Dies kann sich durch eine Verstärkung oder Reduktion des Indikators, also der erhöhten bzw. verringerten Frequenz oder Erhöhung bzw. Verringerung eines absoluten Wertes ausdrücken. Im besten Fall besitzen Indikatoren gleichzeitig eine hohe Sensitivität und eine hohe Spezifität. Dabei gelten für die Einteilung von z.B. Krankheitsbefunden folgende Definitionen:

$$\text{Sensitivität} = \frac{\text{richtig Positive}}{\text{richtig Positive} + \text{falsch Negative}}$$

$$\text{Spezifität} = \frac{\text{richtig Negative}}{\text{falsch Positive} + \text{richtig Negative}}$$

Für jegliche Art der Validation eines indikatorgestützten Systems ist es notwendig, den zu prüfenden Wert mit einem sogenannten Goldstandard zu vergleichen (WEARY et al., 2009). Als Goldstandard oder auch Referenzpunkt bezeichnet man eine zeitgemäße wissenschaftliche Methode, die einen Rückschluss auf den Status der eigentlichen interessanten Zielvariablen, also hier die Anwesenheit oder Abwesenheit von Gesundheitsbeeinträchtigungen, zulässt (BERCKMANS, 2013)

2.2.1 Monitoringmodelle und Monitoringsysteme

CORNOU und KRISTENSEN (2013) beschreiben in einem Übersichtsartikel bisher bekannte Monitoringsysteme, Managementhilfen und Entscheidungshilfesysteme für die Schweineproduktion. So sei in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl dieser Systeme auf den Markt gekommen. Mit dem Beginn des statistischen Modellierens in den Agrarwissenschaften im Verlauf der 1950er Jahre sei dies erst möglich geworden und mit der Einführung der Sensortechnologie konnten Daten einfacher und in größeren Mengen gesammelt werden. Dies beschleunigte wiederum die Entwicklung von Modellen und Monitoringsystemen und trug generell sehr stark zur Entwicklung des Precision Livestock Farming bei (CORNOU und KRISTENSEN, 2013).

CORNOU und KRISTENSEN (2013) schreiben weiter, dass momentan die Informationen, die in der Schweineproduktion zur Entscheidungshilfe genutzt werden, auf Beobachtungen der Tiere und deren Haltungsumwelt sowie auf monatlichen oder quartalsgemäßen Produktionsergebnissen basierten. Dabei gehen die Autoren davon aus, dass die reine Menge und die Exaktheit von Informationen dazu beitragen, objektivere Messwerte zu erhalten, die bei Entscheidungsfindung hilfreich sein können. Im Vergleich zu visuellen Beobachtungen könne die Sensortechnologie objektivere und verlässlichere Daten liefern. So ist es möglich, dass integrierte Monitoringmodelle die Stärken des Tierhalters und eines PC-gestützten Systems miteinander kombinieren (FROST et al., 1997 in CORNOU und KRISTENSEN, 2013). Dabei sollte darauf geachtet werden, dass entwickelte Systeme einen signifikanten Effekt auf die Produktion oder das Wohlergehen der Tiere haben (VAN DER STUYFT et al., 1991 in CORNOU und KRISTENSEN, 2013).

CORNOU und KRISTENSEN (2013) geben daher an, dass als Grundvoraussetzung für ein sinnvoll integriertes Monitoringsystem zunächst geklärt werden muss, welchen Vorteil das Implementieren einer neuen Technologie, eines Monitoringsystems oder einer Entscheidungshilfe hat, bzw. wie hoch der Wert der Informationen ist, die diese Systeme liefern können. Relevant hierfür ist zum einen welche Art von Information eine spezielle Technologie liefern kann und ob sich die Information auf ein Individuum oder eine Gruppe von Tieren und/ oder Haltungsumwelt bezieht. Zum anderen gilt es zu bewerten, wie

wertvoll diese Informationen sind. Der Wert der Informationen hängt wiederum stark vom Potenzial der Informationen ab, die Entscheidungen des Tierhalters hinsichtlich des täglichen Herdenmanagement zu verbessern. Es gilt außerdem zu beachten, ob die Informationen oder Daten schon durch tägliche Aufzeichnungen vorliegen, oder ob neue Daten gesammelt und verarbeitet werden müssen. Die Weiterverarbeitung dieser Daten bedeutet Kosten, die dem Wert der Informationen gegenüber gestellt werden müssen (CORNOU und KRISTENSEN, 2013).

Im Folgenden werden nun bisherige Ansätze für das Monitoring von Verhaltensauffälligkeiten, ausgelöst durch Erkrankungen oder andere Gesundheitsbeeinträchtigungen, näher beschrieben. Dabei wird der Status quo an Untersuchungen für das Monitoring des Wasseraufnahme-, Futteraufnahme- und des Fortbewegungsverhaltens bzw. für das Monitoring von Lahmheitsgeschehen sowie das Monitoring von Umrauschereignissen dargestellt.

2.2.2 Monitoring Wasseraufnahme

In den letzten Jahren gab es einige verschiedene Ansätze, das Wasseraufnahmeverhalten von Schweinen zu überwachen. Dies geschah entweder um Gesundheitsbeeinträchtigungen frühzeitig festzustellen (KRUSE et al., 2011c; MADSEN und KRISTENSEN, 2005), um den Beginn des Abferkelns genauer vorhersagen zu können (APARNA et al., 2011) oder um das thermische Wohlbefinden der Tiere zu kontrollieren (HOECK und BÜSCHER, 2013a und 2013b). Tab. 3 legt die wesentlichen Inhalte dieser vier Ansätze kurz dar. Im Anschluss werden die Methodik und die wesentlichen Ergebnisse der vier Versuchsansätze beschrieben.

Tab. 3: Übersicht der Monitoringansätze für das Wasseraufnahmeverhalten

Statistik	Ergebnisse	Quelle
Dynamisches Lineares Model & CUSUM-Kontrollkarten	Durchfallgeschehen 33 h vor Auftreten durch Modellabweichungen vorhergesagt	MADSEN und KRISTENSEN (2005)
Waveletanalyse	Auftreten von MMA Sensitivität: 34 - 83 % Spezifität: 32 - 92 %	KRUSE et al. (2011c)
Hidden-Markov-Model	95 % wahre Alarmer für Geburtsbeginn	APARNA et al. (2011)
ANOVA	Signifikant höhere Wasseraufnahme von gekühltem Wasser bei Temperaturdifferenzen $> 5^{\circ} \text{C}$	HOECK und BÜSCHER (2013a)

KRUSE et al. (2011c) führten für das Monitoring kranker laktierender Sauen eine sogenannte Waveletanalyse durch. Dazu wurde die Wasseraufnahme von 105 laktierenden Sauen der Paritäten 1 bis 6 während insgesamt 122 Laktationsphasen aufgezeichnet. Außerdem wurde täglich die Körpertemperatur der Sauen gemessen und Sauen mit Körpertemperaturen $> 39,5^{\circ} \text{C}$ wurden hinsichtlich MMA (Mastitis, Metritis und Agalaktie) behandelt. Innerhalb von 73 Laktationen war keine Behandlung nötig, jedoch wurde in insgesamt 49 Laktationen mindestens einmal eine MMA-Behandlung durchgeführt. Da die Waveletanalyse eine gewisse Anzahl an Beobachtungen benötigt, um Abweichungen zu erkennen, wurden die Daten der Sauen, die an Tag 1 bis 3 und Tag ≥ 11 der Laktation erkrankten, ausgeschlossen. Deswegen wurden nur die Daten vom 4. bis 10. Laktationstag von $n = 12$ als krank diagnostizierten Sauen und von $n = 73$ gesunden Sauen analysiert. Jeden Morgen wurde der Wasserverbrauch jeder einzelnen Sau notiert, wobei der durchschnittliche Verbrauch während der gesamten Laktation bei 22,1 L je Tag und die Standardabweichung (SD) bei 8,5 lagen. Extremwerte, die um mehr als ± 4 SD von den Durchschnittswerten abwichen, wurden aus dem Datensatz eliminiert (5 von 850 Werten). Der beispielhafte Verlauf der täglichen Wasseraufnahme für eine gesunde und eine kranke Sau ist in Abb. 7 dargestellt.

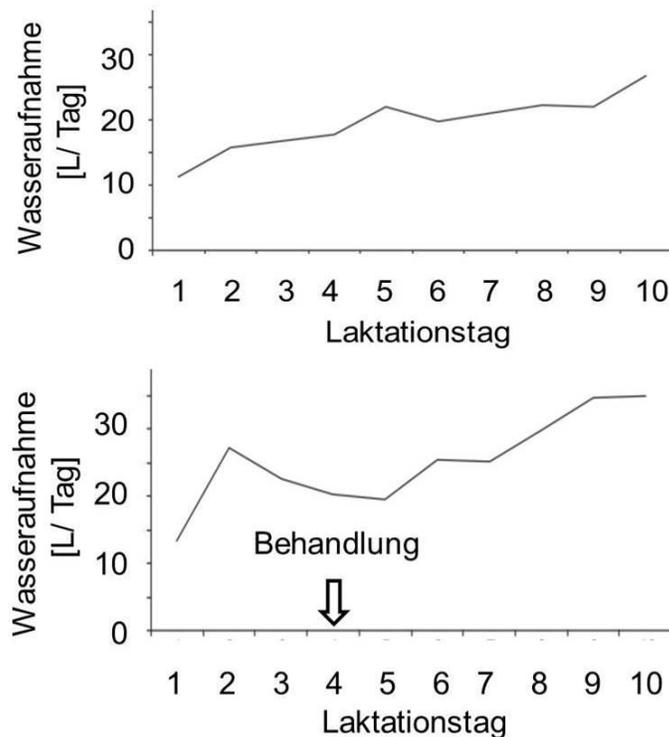


Abb. 7: Beispiel der täglichen Wasseraufnahmen einer gesunden Sau (oben) und einer erkrankten Sauen (unten) (verändert nach KRUSE et al., 2011c)

Nachdem die beste Wavelettransformation ausgewählt worden war, wurden die Werte der tierindividuellen Wasseraufnahme der Sauen in Schätzungskoeffizienten und Details unterteilt. Die Autoren konnten je nach festgelegtem Schwellenwert Sensitivitäten zwischen 34 und 83 % und Spezifitäten von 32 und 92 % zur Unterscheidung von behandelten und gesunden Sauen erreichen. Allerdings war eine hohe Spezifität stets mit einer geringen Sensitivität und vice versa verbunden.

Ziel eines dänischen Forschungsprojekts war es, eine sogenannte intelligente Abferkelbuch für Zuchtsauen zu entwickeln. Dabei sollte dem Landwirt über ein Alarmsystem der Geburtszeitpunkt jeder Sau möglichst genau vorhergesagt werden. In Kombination mit einer „intelligenten Klimasteuerung“ sollte eine gezielte Überwachung der Geburt und die Reduzierung von Ferkelverlusten realisiert werden (PIGPROGRESS, 2014). In einem Konferenzbeitrag stellten APARNA et al. (2011) bereits die Nutzung des Aktivitäts-

und das Wasseraufnahmeverhalten von hochtragenden Zuchtsauen für ein Vorhersagemodell des Geburtszeitpunkts vor. Die Autoren verwiesen dabei auf frühere Ansätze zum Verhaltensmonitoring. So konnte bereits mit Hilfe von Photozellen die erhöhte Aktivität vor der Geburt registriert werden (EREZ und HARTSOCK, 1990 in APARNA et al., 2011). Eine weitere Studie konnte durch Messungen der Körpertemperatur am Ohr signifikante Veränderungen rund um die Geburt feststellen (BRESSERS, 1994 in APARNA et al., 2011). Die Autoren nutzten für ihre Analysen Daten von Wasserdurchflusszählern, die in den Wasserzuleitungen der Futtertröge eingebaut waren und summierten die Durchflussmengen halbstündlich auf. Zusätzlich wurden Videoaufzeichnungen der Sauen, die sich in den 7.5 m² großen Abferkelbuchten frei bewegen konnten, verwendet.

Die Analysen von APARNA et al. (2011) vom 105. Trächtigkeitstag an ergaben ein stark zeitabhängiges Muster der Wasseraufnahme (Abb. 8). Dabei nahmen die Sauen verstärkt Wasser während der Fütterung auf, in der Nacht jedoch sehr wenig. Es zeigte sich ebenfalls, dass vor der Geburt dieses regelmäßige Muster durchbrochen wurde. Dabei nahmen die Sauen am Tag vor der Geburt deutlich mehr Wasser unabhängig von der Tageszeit auf. Am Tag der Geburt nahmen die Sauen dann nur noch sehr wenig Wasser auf (Abb. 8).

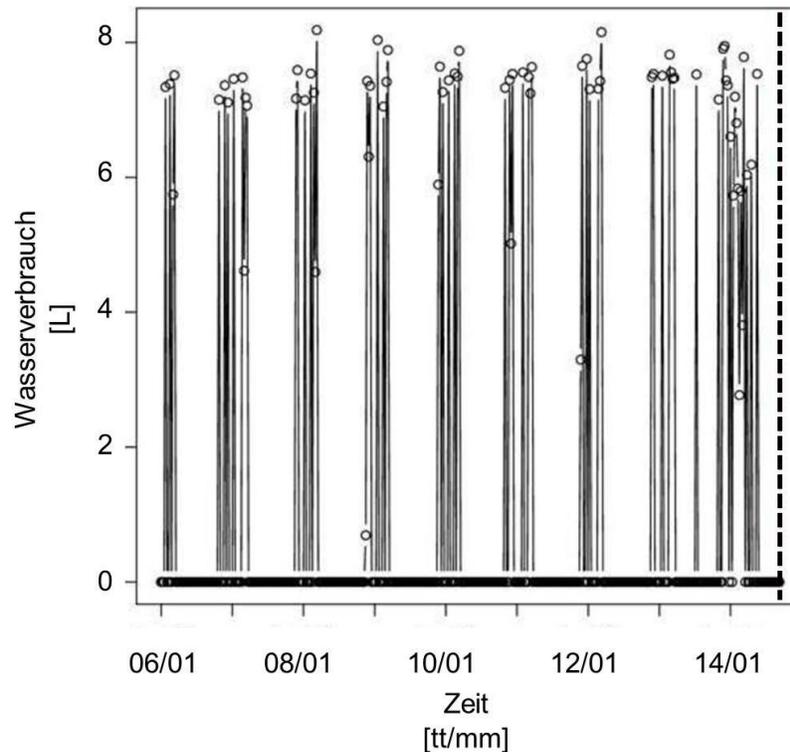


Abb. 8: Muster des Trinkverhaltens einer beispielhaft ausgewählten Sau (Daten sind für 30 min Einheiten aggregiert, die gestrichelte senkrechte Linie rechts stellt den Zeitpunkt der Geburt dar) (verändert nach APARNA et al., 2011)

Für die Aktivitätswerte der Sauen wurden die Videoaufzeichnungen minütlich nach den Pixelveränderungen von einem Einzelbild zum nächsten Einzelbild ausgewertet. Für die weiteren Analysen wurde jeweils die logarithmierte mittlere Aktivität ($mAkt$) innerhalb einer halben Stunde sowie deren Standardabweichung ($sdmAkt$) verwendet. Dabei misst die $mAkt$ die mittlere Positionsveränderungen der Sau in Form von Pixeln, wohingegen die $sdmAkt$ die Größe der Varianz beim Positionswechsel innerhalb einer halben Stunde angibt. Es stellte sich heraus, dass die Sauen nachts weniger aktiv waren als tagsüber. Außerdem stiegen sowohl die Werte für $mAkt$ als auch $sdmAkt$ vor und während der Geburt an.

APARNA et al. (2011) gingen davon aus, dass aufgrund von physiologischen Abläufen des Körpers sich das Verhalten der Sau jeweils charakteristisch verändert. Die Autoren definierten verschiedene Phasen, die jede Sau vor der Geburt durchläuft:

- Phase vor dem Nestbauverhalten

- Phase des Nestbauverhaltens (bis ca. 17 h ante partum)
- Ruhen (bis ca. 30 min ante partum)
- Geburt (beginnend mit der Geburt des ersten Ferkels)

Dabei kann das Ruhen auch der Beginn der Geburtsphase sein. Da es nur sehr kurz andauert, wäre es schwer zu detektieren. Die Phase des Nestbauverhaltens ist dagegen charakterisiert durch den hohen Aktivitätslevel der Sau. Außerdem kann sie in ihrem Beginn und in ihrer Länge starken tierindividuellen Schwankungen unterworfen sein. Für den Modellierungsansatz definierten APARNA et al. (2011) das Fortschreiten innerhalb der Phase vor der Geburt durch einzelne kleine Phasen. So besteht die Möglichkeit, den Mittelwert und die Varianz der Länge dieser Phasen zu modellieren. Für die Vorhersage des Geburtszeitpunkts wurde ein Hidden-Markov-Model mit einer Phasentypverteilung definiert. Dazu wird jeder dieser kleinen Phasen ein entsprechender Beobachtungswert der eingesetzten Sensorik zugeordnet. Die Verteilung dieser Beobachtungswerte wurde modelliert und mit Hilfe dieser Verteilung wurden die vorherigen Wahrscheinlichkeiten für eine bestimmte Phase (in der sich die Sau befand) überprüft. Mit Hilfe der Sensordaten sollte es so auch möglich sein, verschiedene Phasen des Vorgeburtsverhaltens voneinander zu unterscheiden und zu definieren.

Die Analyse der mAkt und der sdmAkt für die Phase vor dem Nestbauverhalten, die Phase des Nestbauverhaltens und der Phase des Ruhens zeigte, dass sich die Tagesverläufe deutlich sowohl im Niveau als auch im Verlauf unterschieden. Für die Analyse der Wasseraufnahme wurde ein Modell mit drei Komponenten aufgestellt (Komponente 1 = hohe Wasseraufnahme, Komponente 2 = geringe Wasseraufnahme, Komponente 3 = keine Wasseraufnahme). Aus der Mischung dieser Komponenten ergab sich die tägliche Wasseraufnahme einer Sau. So hatte Komponente 1 eine hohe Wahrscheinlichkeit zu den Fütterungszeiten (hohe Wasseraufnahme) und Komponente 3 am frühen Morgen und um Mitternacht. Während der Phase des Nestbauverhaltens ergab sich ein anderer Anteil der Komponenten der Wasseraufnahme über den Tagesverlauf. Die durchschnittliche Wasseraufnahme allein unterschied sich nicht sonderlich zur Phase vor dem Nestbauverhalten. Die Verlaufskurven machen deutlich, dass zwischen 20 und 4 Uhr mit einer hohen Wahrscheinlichkeit für Komponente 1 eine hohe Wasseraufnah-

me stattfand. Da die Ruhephase nur sehr kurz andauerte, unterschieden die Autoren hier nicht zwischen verschiedenen Komponenten der Wasseraufnahme.

Für die Validierung des Vorhersagemodells werden die Sensordaten, die in der Abferkelbucht gesammelt wurden, in Abhängigkeit vom Trächtigkeitstag analysiert. In Abb. 9 sind die Daten für eine exemplarische Sau dargestellt. Die horizontale gestrichelte Linie stellt den Vorhersagegrenzwert von 12 Stunden bis zur Geburt dar, zu dem ein Alarm ausgegeben werden soll. Die vertikale Linie gibt den tatsächlichen Zeitpunkt der Geburt wieder. Es ist gut zu erkennen, dass schon kurz nachdem die Sau in die Abferkelbucht kam, die erwartete Zeit bis zum Geburtsbeginn linear abnimmt.

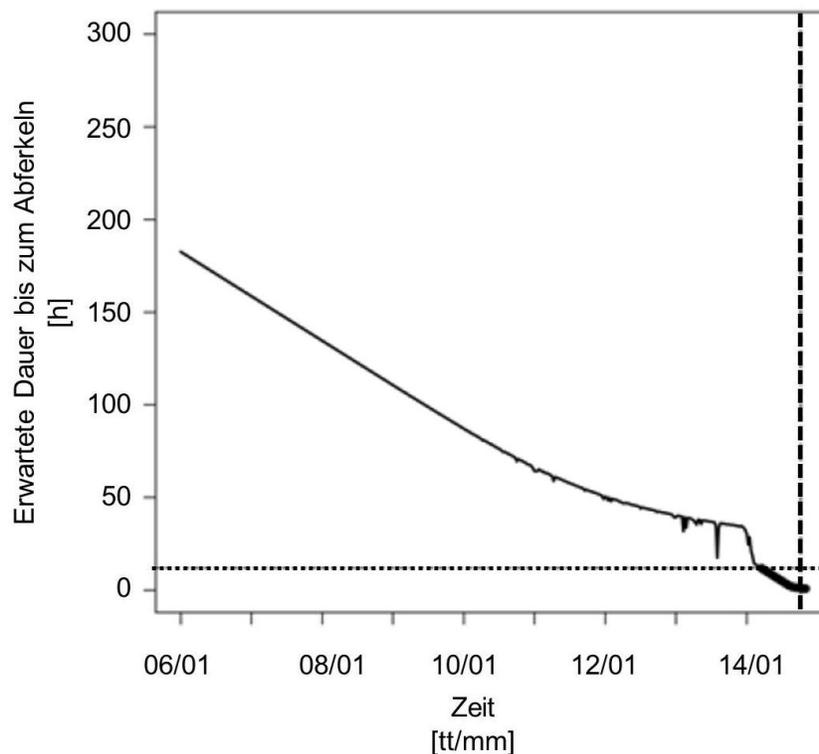


Abb. 9: Diagramm für die Vorhersage der zu erwartenden Zeit bis zum Beginn der Geburt (verändert nach APARNA et al., 2011)¹

¹ gepunktete horizontale Linie = 12 h Grenzwert für Vorhersage, gestrichelte vertikale Linie = tatsächlicher Zeitpunkt der Geburt

Des Weiteren wurde die Vorhersagegenauigkeit für die verschiedenen Sensoren berechnet. Es stellte sich heraus, dass bei Verwendung der Videoaktivität eine maximale Anzahl an zutreffenden Alarmen entstand, allerdings trat hier eine hohe Standardabweichung bei der Alarmzeit auf. Unter Verwendung der Wasseraufnahme allein wurden nur 24 % der Alarme vorhergesagt, dabei trat hier eine sehr geringe Standardabweichung, was die Alarmzeit anging, auf. Unter der Verwendung der Videoaktivität und der Wasseraufnahme wurden etwa 95 % wahre Alarme produziert.

Die Autoren gaben abschließend an, dass zusätzlich zu den verarbeiteten Informationen aus den Videoaufzeichnungen und den Wasserdurchflusszählern das Modell leicht um weitere Sensoren erweitert werden könne. Genauso wäre es denkbar, Faktoren wie den Fütterungszeitpunkt mit einzubeziehen oder tierindividuelle Unterschiede im Modell zu berücksichtigen.

MADSEN und KRISTENSEN (2005) sammelten Daten der Wasseraufnahme von heranwachsenden Mastschweinen, um ein Monitoringmodell aufzustellen. Dieses Monitoringmodell sollte es ermöglichen, die Wasseraufnahme in Echtzeit zu messen und Veränderungen zu detektieren. Schlussendlich sollte dieses Verfahren Teil eines computergestützten Monitoringsystems für schweinehaltende Betriebe werden. Die Datenaufnahme fand auf drei verschiedenen Betrieben während insgesamt vier Mastdurchgängen statt. Die ausdosierten Wassermengen wurden in Litern mittels Wasserdurchflusszähler für jede Bucht in 2-min-Intervallen aufgezeichnet. Alle 24 h wurden die Daten an eine zentrale Datenbank übermittelt. Außerdem wurden alle Auffälligkeiten wie z.B. die Behandlung kranker Tiere oder Futterrationsänderungen durch das Stallpersonal schriftlich festgehalten.

Bei den ersten einfachen Auswertungen zum Wasseraufnahmeverhalten innerhalb von 24 h zeichnete sich ein diskontinuierliches Muster mit deutlichen Zufallseffekten ab (MADSEN und KRISTENSEN, 2005). Deswegen entschlossen sich die Autoren dazu, die Daten zu aggregieren. Die Aggregation der Daten auf 1-h-Intervalle ermöglichte die bessere Verarbeitung in einem Model, ohne jedoch zu viel Informationsverlust zu riskieren. So konnte außerdem ein relativ stabiles Muster der täglichen Wasseraufnahme mit Höhepunkten gegen 9 und 17 Uhr dargestellt werden. Für die vier verschiedenen Buch-

ten auf drei verschiedenen Betrieben konnten trotz deutlicher Haltungsunterschiede hinsichtlich Gruppengrößen, Bodenbeschaffenheit usw. kaum Unterschiede für das Verhaltensmuster der Wasseraufnahme festgestellt werden. Die Autoren stellten zusammengefasst fest:

- Mit dem Wachstum der Schweine nimmt die Wasseraufnahme zu,
- unter Normalbedingungen folgt die Wasseraufnahme einem stabilen Muster,
- in den Daten sind zufällige Effekte durch biologische Variationen und Messfehler enthalten.

Um den zyklischen und dynamischen Einflüssen auf die aufgezeichneten Daten der Wasseraufnahme gerecht zu werden, wandten MADSEN und KRISTENSEN (2005) ein dynamisches lineares Modell an. Das Modell setzte sich aus einem linearen Wachstumsmodell (wachsende Schweine) und einem zyklischen Modell für 24 h (Tagesrhythmus Wasseraufnahme) zusammen. Die Autoren setzten das Modell hier ein, um eine Vorhersage für die Wasseraufnahme (basierend auf allen vorherigen Beobachtungen) zum nächsten Zeitpunkt zu treffen. Der Unterschied, der sich aus diesem Vorhersagewert und dem tatsächlich beobachteten Wert ergab, wurde dann als Wert für die Abweichung vom „normalen“ Level der Wasseraufnahme verwendet. Dieser Vorhersagefehler stieg umso mehr an, je stärker das Wasseraufnahmeverhalten vom „Normalverhalten“ abwich.

Durch die Beobachtungen des Vorhersagefehlers konnten MADSEN und KRISTENSEN (2005) in mehreren Fällen feststellen, dass bereits 33 h bevor ein Durchfallgeschehen durch das Stallpersonal festgestellt wurde die Vorhersagefehler stark anstiegen.

Somit wich die Wasseraufnahme der Schweine schon deutlich vor jeglichen visuellen Anzeichen stark vom vorhergesagten Modell ab. Alarme für steigende Vorhersagefehler wurden auch ausgelöst, als die Fütterung für 12 h ausfiel und die Schweine deswegen deutlich mehr Wasser aufnahmen (Abb. 10). Auch durch den Einsatz von Ameisensäure im Trinkwasser wurde ein Alarm ausgelöst, allerdings reduzierten die Tiere hier kurzfristig die Wasseraufnahme. Es entstanden allerdings auch mehrere Alarme, ohne dass hierfür ein Grund gefunden werden konnte (Abb. 10).

MADSEN und KRISTENSEN (2005) schlussfolgerten daraus, dass sich durch die Anwendung von dynamischen linearen Modellen kombiniert mit CUSUM-Kontrollkarten das Wasseraufnahmeverhalten von jungen Schweinen gut modellieren lässt. Die Vorhersagefehler eignen sich für die Detektion des veränderten Wasseraufnahmeverhaltens bedingt durch Krankheiten oder andere produktionsbedingte Schwierigkeiten.

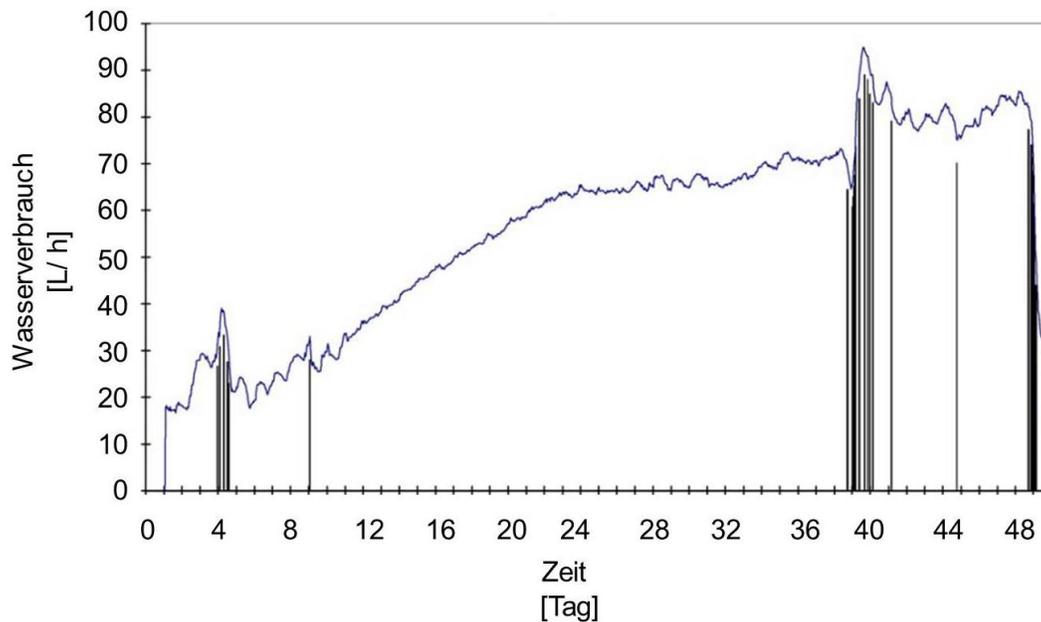


Abb. 10: Wasserverbrauch [L/ h] im zeitlichen Verlauf [Tage] für eine Bucht von Ferkeln mit ausgelösten Alarmen (vertikale Linien) (verändert nach MADSEN und KRISTENSEN, 2005)

Ziel der Arbeit von HOECK und BÜSCHER (2013a und 2013b) war es, die Reaktion von Ferkeln auf ihre Umgebungstemperatur mittels ihres Trinkverhaltens zu überwachen. Die Ferkel waren zwischen fünf und neun Wochen alt, wurden in Gruppen zu 21 Tieren gehalten und hatten über einen Futterautomaten ad libitum Zugang zu Futter. Des Weiteren war jede Bucht mit einem Tränkesystem ausgestattet, welches den Tieren erlaubte drei Tränken mit drei unterschiedlichen Wassertemperaturen auszuwählen.

An einer Tränke wurde stalltemperiertes Wasser angeboten. An einer zweiten Tränke wurde Wasser, welches 10 °C kälter war, angeboten und an einer dritten Tränke wurde 10 °C wärmeres Wasser angeboten. Die Wassertemperaturen orientierten sich jeweils

an der stalltemperierten Tränke und wurden über Temperatursensoren und ein Regelgerät automatisch eingestellt. Es wurden die Stalltemperatur, Außentemperatur, Wassertemperatur und der Wasserverbrauch über digitale Durchflussmesser an allen Tränken aufgezeichnet. In Abb. 11 ist das Funktionsprinzip der Versuchsanlage schematisch dargestellt. Dabei wurden die gesammelten Daten mit Hilfe des Klimacomputers verarbeitet, welcher in Zukunft je nach Messergebnissen z.B. Kühltechniken zuschalten sollte (HOECK und BÜSCHER, 2013b).

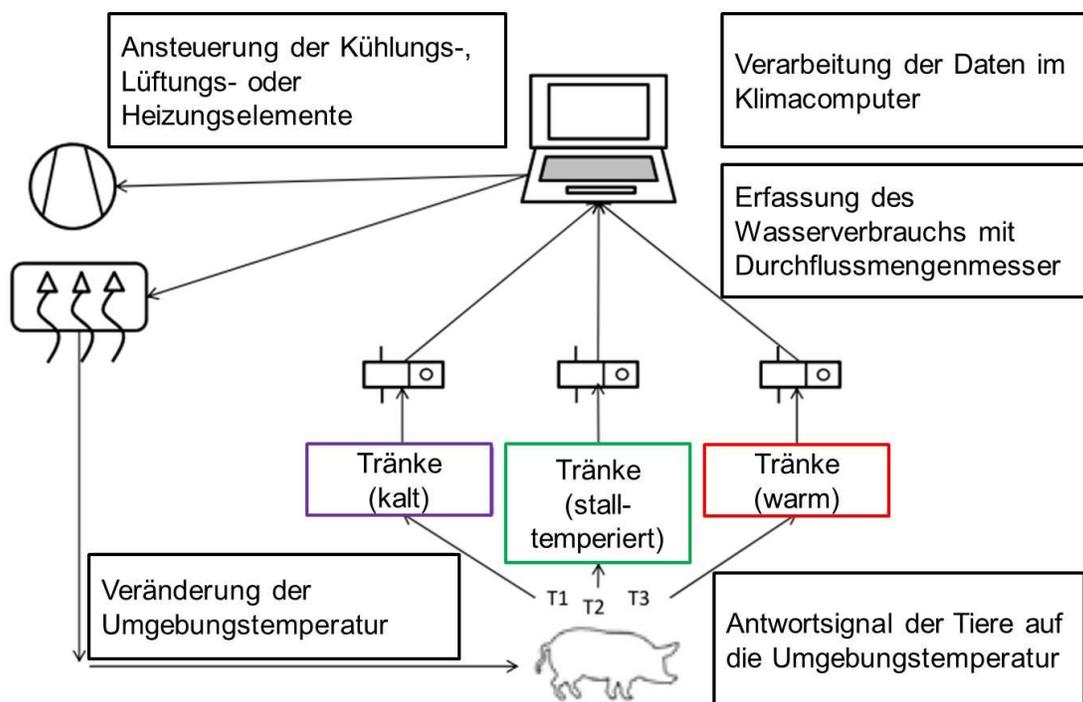


Abb. 11: Schematische Darstellung des Funktionsprinzips der Versuchsanlage (verändert nach HOECK und BÜSCHER, 2013b)

HOECK und BÜSCHER (2013b) stellten fest, dass die Wassertemperaturen nicht immer ganz korrekt eingestellt werden konnten. Dabei wichen die Wassertemperaturen an der Tränke mit kaltem Wasser in 21,6 % der Fälle von der Solltemperatur ab (max. 2-3 °C oberhalb der Solltemperatur), das raumtemperierte Wasser in 4,3 % der Fälle (max. 1,5 °C unterhalb der Solltemperatur). An der Tränke mit warmem Wasser wichen die

Temperaturen in 1,6 % der Fälle (0,4 bis 1,3 °C unterhalb der Solltemperatur) vom Sollwert ab.

Im Durchschnitt verbrauchte jedes Ferkel täglich 4,4 L Wasser. In den Sommermonaten verbrauchten die Tiere mehr Wasser als in den Wintermonaten. Während verschiedener Versuche wurde die Temperatur im Stall um 5 bis 10 K verändert. Dabei ergab sich für jede Gruppe eine deutliche Präferenz für eine Wassertemperatur. In fast 50 % der Fälle bevorzugten die Tiere die Tränke mit dem kalten Wasser. Zu etwa 30 % wurde die Tränke mit raumtemperiertem Wasser genutzt und in nur etwa 20 % der Fälle wurde das erwärmte Wasser abgerufen. Bei der Analyse hinsichtlich der Veränderung des Trinkverhaltens konnten erst bei Differenzen > 5 K signifikante Änderungen festgestellt werden ($p < 0,05$). Bei Stalltemperaturen > 27 °C stieg an der Tränke mit kaltem Wasser der Wasserverbrauch signifikant an und nahm an den Tränken mit warmem Wasser signifikant ab. Entsprechend war der Wasserverbrauch an warmem Wasser bei Temperaturen < 24 °C signifikant höher (Abb. 12).

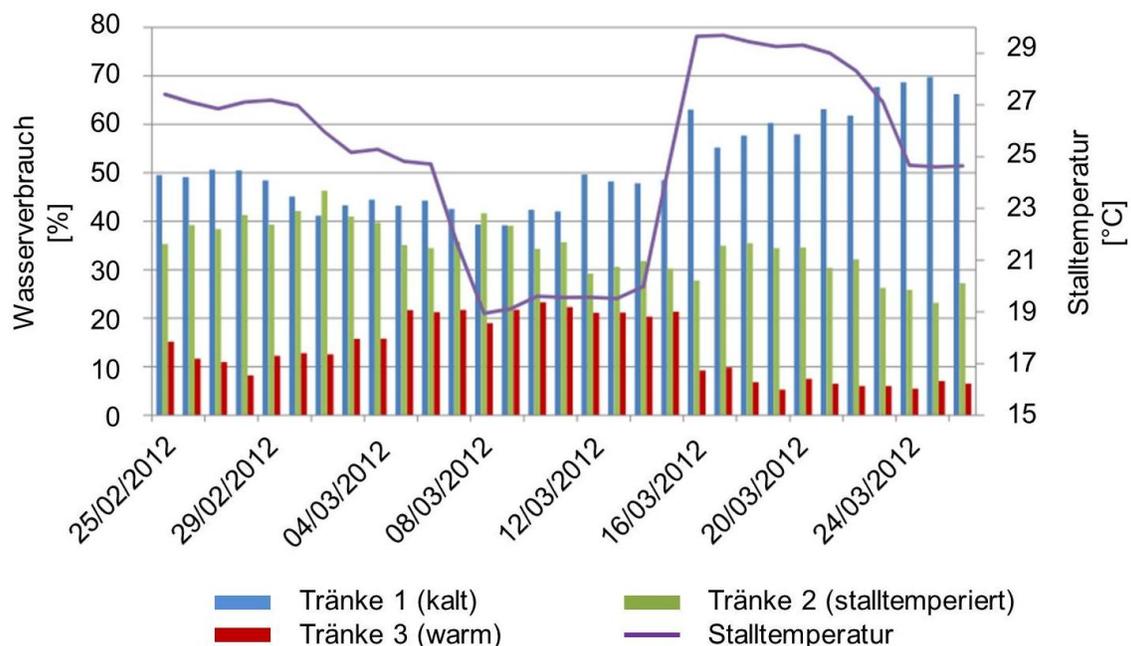


Abb. 12: Relativer Wasserverbrauch pro Tag im Verlauf einer Aufzuchtperiode bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen (verändert nach HOECK und BÜSCHER, 2013b).

HOECK und BÜSCHER (2013b) konnten bezüglich der Aktivitäten an den Tränken außerdem feststellen, dass die Ferkel bei hohen Temperaturen das gekühlte Wasser tranken und an den Tränken mit dem raumtemperierten und warmen Wasser vermehrt spielten.

Die Autoren schlussfolgerten, dass das entwickelte System erfolgreich eingesetzt werden kann. Da die Ferkel signifikante Veränderungen im Wasseraufnahmeverhalten zeigten, sobald die Stalltemperatur um > 5 K verändert wurde und das System es ermöglicht Verbräuche an den verschiedenen Tränken zu differenzieren, kann der angeschlossene Klimacomputer in Zukunft eine Mitteilung an den Landwirt ausgeben. Der Landwirt bekommt durch den Indikator des veränderten Wasseraufnahmeverhaltens die Möglichkeit, die klimatischen Bedingungen im betreffenden Abteil zu verändern und zu verbessern.

2.2.3 Monitoring Futteraufnahme

Neben der Veränderung des Wasseraufnahmeverhaltens ist schon seit langem bekannt, dass auch eine veränderte Futteraufnahme ein Anzeichen für Krankheiten bei Tieren sein kann (WEARY et al., 2009). Im Folgenden werden hier nun einige Ansätze aus dem Precision Livestock Farming dargestellt, bei welchen die Veränderungen im Futteraufnahmeverhalten von Schweinen genutzt werden.

2.2.3.1 Monitoring mit Hilfe von tierindividuelle Aufenthaltszeiten an Futtertrögen

In einer Untersuchung von BROWN-BRANDL et al. (2013) wurde das Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen in Zusammenhang mit Gewichtszunahmen, Geschlecht, Genetik, Alter und auftretenden Krankheitsgeschehen analysiert. Als Messgröße diente die tierindividuelle Aufenthaltszeit am Trog, die mit Hilfe von RFID-(Radio-Frequenz-Identifikation)-Technologie und dem Einsatz einer Serie von Multiplexern (Mehrfachlesegeräten) erfasst wurde. Die Autoren weisen auf mehrere Studien in der Vergangenheit hin, in denen bereits der Einfluss von Temperatur (NIENABER und HAHN, 2000 in BROWN-BRANDL et al., 2013), Futterzusammensetzung (ABIJAOUDE et al., 2000 und FUL-

LER et al., 1995 in BROWN-BRANDL et al., 2013), sozialen Interaktionen (GOETSCH et al., 2010 in BROWN-BRANDL et al., 2013), sozialer Hierarchie (CHAPINAL et al., 2008; SOLTYSIAK und NOGALSKI, 2010; VAL-LAILLET et al., 2008; WALKER et al., 2008 in BROWN-BRANDL et al., 2013), Tieranzahl je Bucht (KORTHALS, 2000 in BROWN-BRANDL et al., 2013) und Gesundheitszustand (GRIFFIN, 2001 in BROWN-BRANDL et al., 2013) auf das Futteraufnahmeverhalten untersucht wurde. Allerdings war es durch den technischen Ansatz von BROWN-BRANDL et al. (2013) möglich, auch in praxisüblichen Gruppengrößen von Schweinen tierindividuelles Futteraufnahmeverhalten zu erfassen. Jede der sechs Buchten war für 40 Schweine, die mit LF-(Niedrigfrequenz)-Ohrmarkentranspondern ausgestattet waren, ausgelegt. Pro Bucht war ein Futtertrog vorhanden, an dem fünf Tiere gleichzeitig fressen konnten. An jedem Trog waren insgesamt fünf RFID-Antennen, geschützt durch eine PVC-Platte, angebracht. Die Einstellungen wurden so vorgenommen, dass alle sechs Multiplexer mit den insgesamt 30 Antennen mit einem zentralen PC verbunden waren. Auf dem zentralen PC wurden die RFID-Lesergebnisse, die alle 20 Sekunden abgefragt wurden, in Tagesprotokollen abgelegt. Es wurden Daten von insgesamt vier Mastdurchgängen (jeweils etwa 240 Tiere) aufgenommen. Die Tiere hatten ad libitum Zugang zu Futter und Wasser und wurden täglich auf mögliche Krankheitsanzeichen hin überprüft.

Die Autoren stellten fest, dass die mittlere tägliche Dauer der Futteraufnahme zu Beginn der Mastperiode 24 min je Tag betrug und bis auf ein Plateau von etwa 77 min je Tag nach 30 bis 42 Tagen anstieg. Nach dem 42. Tag in der Mastgruppe verhielt sich die Dauer der täglichen Futteraufnahme stabil und lag bei etwa 77 min je Tag. Beim Vergleich der täglichen Dauer am Futtertrog von weiblichen Tieren und Börgen ergaben sich signifikante Unterschiede ($p < 0,001$). So hielten sich die Kastraten zwischen dem 26. und 93. Masttag signifikant länger am Trog auf als die weiblichen Tiere. Im Mittel erreichten die Kastraten eine maximale Aufenthaltsdauer am Trog von 85 min je Tier und Tag, junge Sauen erreichten hingegen maximal 71 min je Tier und Tag.

Ebenfalls hochsignifikant waren die Zusammenhänge von Gewichtszunahmen und Aufenthaltsdauern am Futtertrog. Dazu wurden die Tiere in die drei Klassen hohe Tageszunahmen ($\geq 0,94$ kg je Tag, $n = 63$ Tiere), mittlere Tageszunahmen ($0,7$ kg je Tag $< x < 0,94$ kg je Tag, $n = 510$ Tiere) und Tiere mit geringen Tageszunahmen ($< 0,7$ kg je

Tag, n = 63 Tiere) eingeteilt. Entsprechend verbrachten Tiere mit hohen Tageszunahmen 79 min je Tag am Futtertrog, Tiere mit mittleren und geringen Tageszunahmen absteigend 71 min je Tag bzw. 64 min je Tag. Nachdem die Tiere mit den höchsten Zunahmen verkauft worden waren, verbrachten die Tiere, die zuvor geringe Zunahmen gezeigt hatten, sehr schnell deutlich längere Zeitspannen am Futtertrog. Die Autoren führten diese Entwicklung auf die sozialen Interaktionen der Schweine zurück und verdeutlichten deren Bedeutung. Man kann also annehmen, dass die Tiere mit den geringeren Tageszunahmen gleichzeitig die rangniederen Tiere waren und vermutlich weniger Futter aufnahmen, da sie von den ranghöheren Tieren am Fressen gehindert oder verdrängt wurden.

Von insgesamt 960 Tieren wurden 458 Tiere mindestens einmal wegen einer Erkrankung behandelt. Da aber einige der festgestellten Krankheiten nur sehr selten auftraten, wurde nur ein Ausbruch von Lungenentzündung (Pneumonie), bei dem 379 Tiere mit Antibiotika behandelt wurden, ausgewertet. Die Analyse ergab einen signifikanten Zusammenhang für das Auftreten der Erkrankung und den Rückgang der Aufenthaltsdauer am Futtertrog bei behandelten Tieren ($64,1 \pm 0,2$ min) im Vergleich zu den Tieren, die nicht behandelt wurden ($69,4 \pm 0,2$ min) ($p < 0.001$). Die retrospektive Analyse der Daten zeigte, dass die Tiere, die behandelt wurden, bereits zwei Tage vor dem Krankheitsausbruch in den Aufenthaltsdauern am Futtertrog abfielen, sich aber relativ schnell wieder erholten und bereits nach vier Tagen Behandlung wieder ihr altes Niveau der Aufenthaltszeiten am Futtertrog erreichten (siehe Abb. 13).

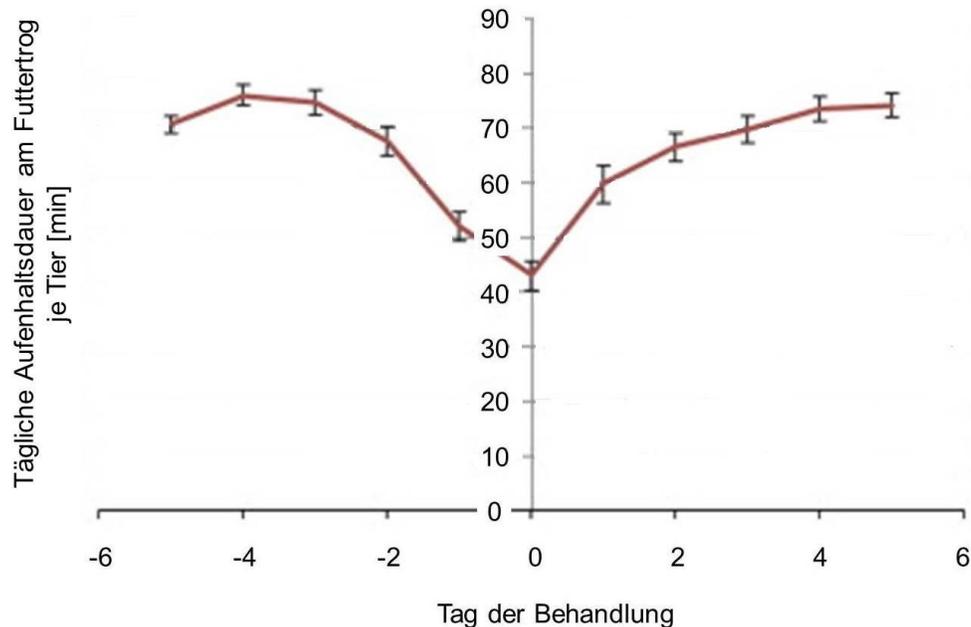


Abb. 13: Durchschnittliche Aufenthaltszeit am Futtertrog im Zeitraum einer Pneumoniebehandlung (verändert nach BROWN-BRANDL et al., 2013)

Da durch die Bildung von Mittelwerten Extremwerte immer aus dem Blick geraten, analysierten die Autoren die Aufenthaltsdauern am Futtertrog auf tierindividueller Basis für einen Zeitraum von sechs Tagen vor bis sechs Tage nach dem Behandlungstag. Dabei stellten sie fest, dass 160 (67 %) der insgesamt 240 Tiere an mindestens einem Tag durch eine Aufenthaltsdauer am Futtertrog von < 33 min je Tag auffielen. 104 dieser Tiere (43 %) hielten sich sogar weniger als 7 min je Tag am Futtertrog auf, 50 Tiere (21 %) wurden überhaupt nicht am Futtertrog registriert.

BROWN-BRANDL et al. (2013) schlussfolgerten daraus, dass die tierindividuelle Überwachung der täglichen Aufenthaltsdauern am Futtertrog eine frühzeitigere Diagnose von Krankheiten, eine schnellere Behandlung und eine bessere Überwachung des Behandlungserfolgs ermöglicht. Die Autoren empfahlen, in Zukunft das Wissen um normale tägliche Schwankungen und Einflussfaktoren des Futteraufnahmeverhaltens näher zu untersuchen. Anschließend sollten Techniken und Modelle entwickelt werden, die Vorsagen bezüglich des Futteraufnahmeverhaltens ermöglichen bzw. Abweichungen von Vorhersagewerten detektieren können. Somit habe das Futteraufnahmeverhaltens als

Indikator Potenzial für das datengestützte Management von Tieren (BROWN-BRANDL et al. 2013).

Einen ähnlichen methodischen Ansatz zur tierindividuellen Überwachung des Futteraufnahmeverhaltens von Mastschweinen verfolgten MASELYNE et al. (2013) bzw. HESSEL und VAN DEN WEGHE (2013). Dabei verwiesen die Autoren auf den methodischen Ansatz von BROWN-BRANDL und EIGENBERG (2011), gaben aber zu bedenken, dass die Verwendung der LF-RFID-Technologie für die Simultanerfassung von mehreren Mastschweinen an einem Trog nicht möglich ist. Daher nutzten MASELYNE et al. (2013) die sogenannte HF(Hochfrequenz)-RFID-Technologie um die Futteraufnahme von Ferkeln an einem Futtertrog zu überwachen. Dazu wurde in vier Buchten über jeweils zwei Futtertrögen eine ringförmige HF-RFID-Antenne angebracht. Gleichzeitig wurden alle Ferkel mit passiven HF-Ohrmarkentranspondern versehen. Insgesamt wurden das Futteraufnahmeverhalten bzw. die Verhaltensmuster von 16 Ferkeln analysiert und als Referenz Videoaufnahmen vom Bereich der Futtertröge zwischen 7:00 und 20:30 Uhr erstellt. Auf die Daten wurde eine synergistische Kontrollprozedur angewandt. Das bedeutet, für jedes Schwein wurden statistische Merkmale analysiert und ein entsprechendes tierindividuelles Modell für das Muster der Futteraufnahme erstellt. Anfangs wurden innerhalb einer kurzen Referenzphase tierindividuelle Daten gesammelt, die Modellparameter geschätzt, Residuen bestimmt und anschließend die Grenzen der Kontrollprozedur während der Referenzphase festgelegt. Später wurden rekursiv mit jedem neuen Messwert die Modellschätzung und die Grenzen der Kontrollprozedur aktualisiert. Dabei wurden Messwerte, die außerhalb der Grenzen liegen, nicht in die Aktualisierungen miteinbezogen.

Die Auswertungen der Autoren ergaben eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Registrierungen des HF-RFID-Systems und der Länge der Futteraufnahme, die mit Hilfe der Video-Aufzeichnungen bestimmt wurden (Bestimmtheitsmaß $R^2=0,88$) (MASELYNE et al., 2013). Daraufhin wurde die synergistische Kontrollprozedur offline auf die Registrierungsdaten an den Futtertrögen von 236 Schweinen angewendet. Dabei wurde die Zeit, die zwischen zwei Registrierungen am Futtertrog verging (Zwischenregistrierzeit), näher betrachtet. Für jeden Tag ergab sich für jedes Tier ein neuer Datenpunkt. Lag dieser Datenpunkt außerhalb der Grenzen der Kontrollprozedur, wurde ein Alarm für das indi-

viduelle Tier ausgegeben. Diese Alarme für die Zwischenregistrierzeiten wurden mit den Aufzeichnungen des Stallpersonals verglichen. In einem Fall wurde schon eine Woche, bevor das Tier durch Appetitlosigkeit und Zittern auffiel, ein Alarm ausgegeben. Für ein anderes Tier konnten bereits drei Tage, bevor eine schwere Beinverletzung festgestellt wurde, deutliche Abweichungen zu den üblichen Zwischenregistrierzeiten am Futtertrog festgestellt werden (Abb. 14). Außerdem traten viele Alarme in einem Zeitraum auf, der durch hohe Temperaturen von über 35 °C gekennzeichnet war. In zukünftigen Analysen wollen die Autoren weitere Veränderungen im Futteraufnahmeverhalten der Schweine untersuchen und die synergistische Kontrollprozedur validieren und optimieren.

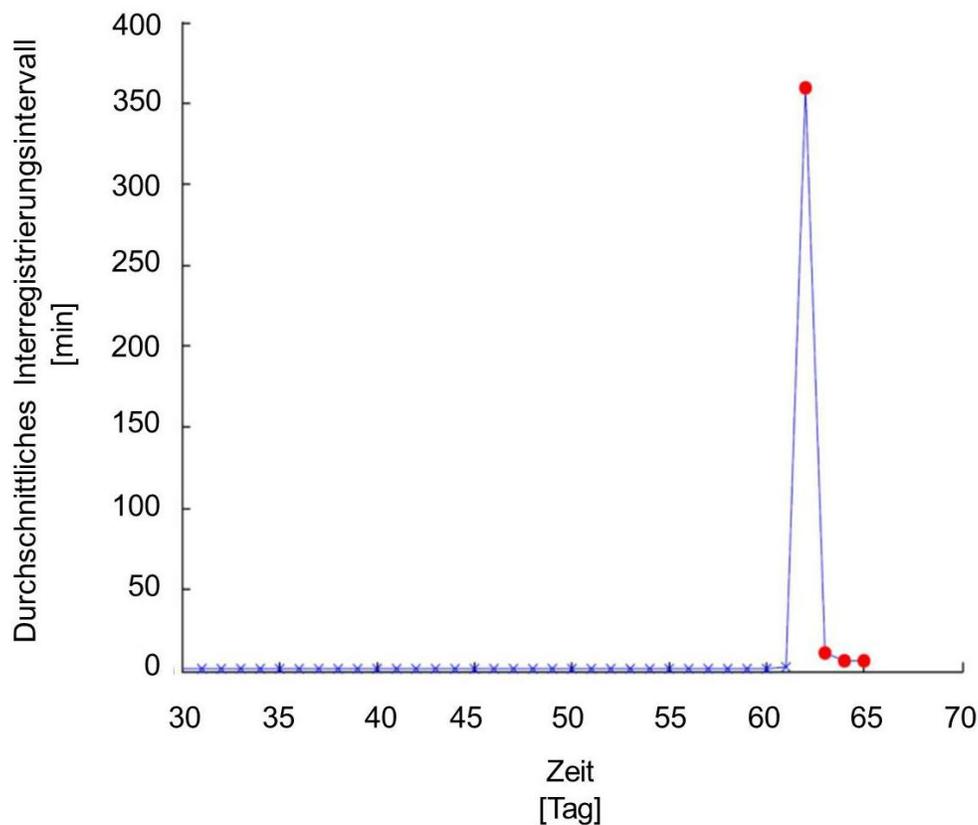


Abb. 14: Durchschnittliches Interregistrierungsintervall am Futtertrog [min] je Tag, sowie ausgegebene Alarme (rote Punkte) für ein lahmes Schwein (verändert nach MASELYNE et al., 2013)

2.2.3.2 Monitoring mit Hilfe von elektronischen Futterabrufstationen

In einer weiteren Untersuchung, in der Informationen aus Elektronischen Futterabrufstationen (EFA) verwendet wurden, überwachten CORNOU et al. (2008) Umrauschen, Lahmheiten und andere Erkrankungen an drei Herden von Wartesauen. Dazu wurden die individuellen Fressränge der Sauen berechnet und analysiert.

An einer EFA müssen die Wartesauen nacheinander Futter aufnehmen. Untersuchungen haben in der Vergangenheit gezeigt, dass die Reihenfolge, in der Sauen an einer EFA Futter aufnehmen, positiv mit der sozialen Rangordnung innerhalb der Gruppe korreliert ist (HUNTER et al., 1988 und O`CONNELL et al., 2003 in CORNOU et al., 2008). Traten keine Störungen oder Veränderungen bezüglich der Gruppenzusammensetzung auf, war diese Reihenfolge relativ stabil (BRESSERS et al., 1993 in CORNOU et al., 2008; EDWARDS et al., 1988 in CORNOU et al., 2008). Ranghohe Tiere fressen in der Regel früher als rangniedere Tiere. Durch die Aufzeichnung der Fressereignisse bzw. der Besuche der Sauen an der EFA können am Ende eines Fresszyklus die Tiere ermittelt werden, die kein Futter aufgenommen haben. Diese Tiere können dann vom Tierhalter in der Herde gesucht und auf eventuelle Beeinträchtigungen hin untersucht werden (CORNOU et al., 2008).

CORNOU et al. (2008) verfolgten den Ansatz, mit Hilfe von individuellen Fressrängen unauffälliger Sauen Vorhersagemodelle für den nächsten Tag aufzustellen. Dafür wurde für jede Sau ein sogenannter relativer Fressrang (rFR) in Abhängigkeit vom Fressrang (FR= Nummer in der Fressreihenfolge) und der Anzahl der Tiere in einer Gruppe (Anzahl Tiere) berechnet ($0 < rFR < 1$):

$$rFR = \frac{FR}{\text{Anzahl Tiere} + 1}$$

Um eine Normalverteilung zu erhalten, wurde der individuelle Fressrang logarithmiert:

$$iFR = \log \left(\frac{rFR}{1 - rFR} \right) = \log \left(\frac{FR}{1 + \text{Anzahl Tiere} - FR} \right)$$

Wenn ein Tier innerhalb eines Fresszyklus nicht zur EFA kam, wurde der individuelle Fressrang iFR mit der Anzahl der Tiere in der Herde gleichgesetzt:

$$\text{iFR} = \log (\text{Anzahl Tiere})$$

So erhielten Sauen, die nicht zum Fressen kamen, einen maximal hohen iFR, so als hätten sie als letztes Tier in der Fressreihenfolge Futter aufgenommen. Managementbedingte Störungen in der Gruppenzusammensetzung durch Ein- und Ausstellungen wurden durch eine kurzfristige Reduktion des Abschlagsfaktors realisiert. So konnte sich das Modell schneller an die neuen Beobachtungswerte anpassen. Auf diese Weise sollte verhindert werden, dass an Ein- und Ausstalltagen zu viele falsch positive Alarme durch die Veränderungen in der Fressreihenfolge entstehen.

Um Auffälligkeiten feststellen zu können, wurden alle Sauen einer Herde täglich bezüglich Östrus bzw. Umrauschen (Duldungsreflex), Lahmheiten und anderen Gesundheitsbeeinträchtigungen (individuelle Beobachtungen) überprüft. Als Detektionsmethode für abweichende Fressränge von Werten des Vorhersagemodells, wurde eine V-Maske an die kumulierten Vorhersagefehler (CUSUM) angepasst (s. Abb. 15).

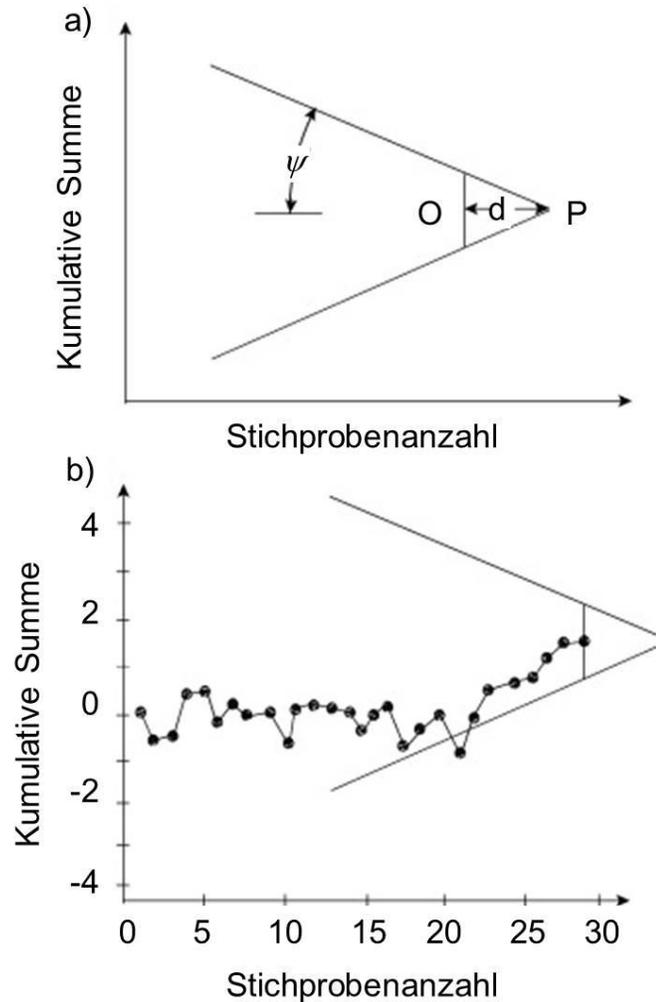


Abb. 15: CUSUM-Kontrollkarte: a) V-Maske mit Einheiten. b) Beispiel für Einsatz von CUSUM-Kontrollkarte (verändert nach CORNOU et al., 2008)

CORNOU et al. (2008) führten eine vergleichende Auswertung mit den ausgegebenen Alarmen und dem tatsächlichen Auftreten der untersuchten Parameter durch. Dabei ergaben sich Sensitivitäten von 59 % bis 75 % für die Östrusdetektion, 41 % bis 70 % für Lahmheiten und 0 % bis 75 % für die sonstigen Erkrankungen. Um diese Ergebnisse besser einordnen zu können, wurden sie mit den Listen von Tieren, die nicht gefressen hatten, verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bei der Verwendung der Listen die Sensitivitäten für Östrus in Herde eins 9 %, in Herde zwei 20 % und in Herde drei 50 % (weniger als fünf Beobachtungen) betragen. Für die Lahmheitsdetektion und andere Erkrankungen ergaben sich Sensitivitäten von 39 % und 71 % (weniger als fünf Beobach-

tungen) in Herde eins, 32 % und 34 % in Herde zwei sowie 22 % und 16 % in Herde drei. Dies macht deutlich, dass die Sensitivitäten des Alarmsystems im Vergleich zu den Listen besser ausfielen. Betrachtet man allerdings die immense Anzahl an falschen Alarmen (falsch Positive), die das Alarmsystem im Vergleich zu den Listen produzierte, relativiert sich dies wieder. CORNOU et al. (2008) resümierten, dass vor allem die Detektion von Östrus, im Vergleich zu früheren Ansätzen, deutlich besser ausfiel (SØLLESTED, 2001 in CORNOU et al., 2008). Die Autoren gingen davon aus, dass der hohe Anteil an falsch Positiven in der geringen Anzahl von Fällen, in denen Östrus auftrat, begründet ist. Um das entwickelte Modell weiter zu verbessern, diskutierten die Autoren die Einführung einer sensitiven Phase, in welcher die Detektion von Östrus wahrscheinlicher ist (Tag 18 bis 22 nach dem Decken).

CORNOU et al. (2008) stellten bezüglich der Detektion von Lahmheiten und anderer Krankheiten insgesamt Sensitivitäten zwischen 41 % und 71 % fest. Doch auch hier entstand durch das modellierte Alarmsystem eine hohe Anzahl von falsch positiven Ergebnissen. Die Autoren schlagen vor, die Referenzperiode in welcher die Sauen bezüglich Lahmheiten (beginnend sechs Tage vor Auftreten der Lahmheit) und anderer Erkrankungen (beginnend drei Tage vor Auftreten bis drei Tage danach) beobachtet wurden, zu vergrößern. Des Weiteren erwogen die Autoren für zukünftige Untersuchungen weitere Parameter wie Aktivität und Körpertemperatur in das Monitoringmodell mit aufzunehmen.

In einer weiteren Untersuchung, in der das Futteraufnahmeverhalten von Wartesauen ebenfalls mit Hilfe von Daten aus einer EFA untersucht wurde, konnten HINRICHS und HOY (2011) einen Einfluss von Behandlungen auf den Besuchszeitpunkt an der EFA belegen. So stellten die Autoren bei ihren eigenen Versuchen fest, dass der Median der Platzziffern (Platz in der Fressreihenfolge) an Behandlungstagen um 20 Plätze höher lag als an Tagen ohne Behandlung. Dabei zeigten Sauen, die früh nach dem Start der Fütterungszeit die Station betraten, eine größere Abweichung als Sauen, die die Station spät betraten. Daraufhin wurde in Zusammenarbeit mit einem Stallausstatter ein Softwareprogramm entwickelt, welches bei Abweichungen von der normalen Besuchsreihenfolge an der EFA ein Alarmsignal ausgibt. Mit diesem Gesundheitsmonitoringtool sollten Sauen, die diese Abweichungen zeigten, automatisch detektiert werden. Für ei-

nen Praxistest des Systems wurden für eine Gruppengröße von etwa 90 Wartesauen innerhalb von 167 Tagen alle Auffälligkeiten und Behandlungen der Sauen dokumentiert und das Gesundheitsmonitoringtool implementiert.

Jeden Tag wurden gegen Ende des Fütterungszyklus zwischen 15 und 17 Uhr die Platzziffern der einzelnen Sauen analysiert und mit den Platzziffern der vergangenen Tage verglichen. Zeigten Sauen eine stark negative Abweichung im Vergleich zu den vorangegangenen Tagen, wurden sie als auffällig eingestuft. Diese Tiere wurden dann vom Betriebsleiter gezielt beim abendlichen Stallgang überprüft. Anschließend wurden die Alarmmeldungen mit den dabei tatsächlich festgestellten Befunden verglichen (HINRICHS und HOY, 2011).

Innerhalb des Beobachtungszeitraums wurden 47 Behandlungen durchgeführt. Der Median der Platzziffern von behandelten Sauen lag an Tagen ohne Behandlung bei 35, an Tagen mit Behandlung hingegen um 18 Plätze höher. 50 % dieser Besuche an Behandlungstagen ($n = 47$) fanden erst im letzten Viertel der jeweiligen Besuchsreihenfolge statt. Das 75-Perzentil an Tagen ohne Behandlungen ($n = 1404$) endet bei Platzziffer 75, an Tagen mit Behandlung bei Platzziffer 85. Für den Autokorrelationskoeffizienten der Platzziffern ergab sich ein Wert von 0,858 ($p < 0,05$), so dass die Platzziffern von Tag zu Tag hochsignifikant miteinander korrelierten. Die partielle Autokorrelation über sieben Tage ergab Werte von 0,211 bis 0,022, allerdings bestand nur noch bis zum 4. Tag eine signifikante Korrelation für die Platzziffern. Somit nahmen Sauen an Behandlungstagen eine tendenziell höhere Platzziffer ein (HINRICHS und HOY, 2011).

HINRICHS und HOY (2011) werteten die Treffsicherheit der entwickelten Software für das Gesundheitsmonitoringtool aus. Es wurden 154 Alarmwerte an den Betriebsleiter übermittelt. Der Betriebsleiter gab Rückmeldungen zu 47 Behandlungen, hauptsächlich aufgrund von Gliedmaßenkrankungen und 18 Auffälligkeiten wie Bissspuren oder Verhaltensauffälligkeiten. Als richtig positive Auffälligkeit oder Behandlung wurden 24 Sauen mit einer Sensitivität von 36,9 % erkannt. Bei 9605 Besuchen durch Sauen wurde an der Futterstation kein Alarmwert ausgegeben. An diesen Tagen wurde aber für 41 Sauen eine Auffälligkeit vom Betriebsleiter dokumentiert. So ergibt sich eine Falsch-Negativ-Rate von 63,1 %. Die Ausfallrate, die Wahrscheinlichkeit für einen Fehlalarm, wenn für

unauffällige Sauen ein Alarm ausgegeben wird, entsprach 3 %. In 9564 Fällen waren die Sauen übereinstimmend vom Gesundheitsmonitoringtool und vom Betriebsleiter als unauffällig eingestuft worden. So ergibt sich eine Spezifität von etwa 97 %.

HINRICHS und HOY (2011) sahen mit der Untersuchung die Realisierung eines softwaregestützten Gesundheitsmonitoringtools gegeben. Auch wenn die Sensitivität für auffällige Sauen bei „nur“ etwa 37 % lag, so konnte doch eine relative hohe Spezifität von 97 % erreicht werden. Die Autoren führten dies auf die relativ geringe Anzahl an auffälligen oder behandelten Tieren im Versuchszeitraum zurück. Weiter sind sie der Meinung, dass das Gesundheitsmonitoringtool den Tierhalter positiv bei der Tierkontrolle unterstützte. Sucht er bei seinen Stallrundgängen nach den durchschnittlich zwei Sauen mit Alarmwerten, sei die Chance, weitere auffällige Tiere zu entdecken, natürlich vergrößert.

2.2.4 Monitoring Fortbewegung und Lahmheitsdetektion

Durch die seit dem 1.1.2013 gesetzlich vorgeschriebene Gruppenhaltung für Wartesauen (EU-RICHTLINIE 2001/88/EG) ist es den Wartesauen nun mindestens elf Wochen innerhalb einer Trächtigkeit möglich, sich frei zu bewegen. Umso wichtiger wird es für den Tierhalter, auf mögliche Beeinträchtigungen im Fortbewegungsverhalten seiner Zuchtsauen, verursacht durch Probleme mit den Klauen oder den Extremitäten, zu achten und diesen vorzubeugen. Reduzieren die Tiere wegen Schmerzen beim Aufstehen und Laufen das Aufsuchen der einzelnen Stallbereiche, in denen Futter und Wasser aufgenommen oder geruht wird, ist nicht nur das Tierwohl sondern auch häufig das Produktionsergebnis beeinträchtigt. Eine Untersuchung von TERTRE UND RAMONET (2014) zeigte, dass bei Haltung großer Gruppen in dementsprechend großen Buchten Wartesauen deutlich längere Wegstrecken zurücklegten als Sauen in Kleingruppen, die in flächenmäßig kleineren Buchten gehalten werden. Allein das mehrmalige „Ansteuern“ einer zentralen EFA bedeutet für die Tiere einen deutlich höheren Anteil an motorischer Aktivität (s. Kapitel 2.1.3).

Durch die steigenden Herdengrößen ist es eine Herausforderung, in einer Gruppe schnell und zielsicher einzelne Tiere mit Lahmheiten oder Verletzungen zu erkennen.

Möglich ist dies für den Tierhalter nur, wenn er jedes einzelne Tier täglich auftreibt und das Laufvermögen beurteilt. Dabei können leichte Lahmheiten allerdings schnell übersehen werden. Deswegen gilt es, Methoden zu entwickeln, die die tierindividuelle Detektion von Lahmheiten technisch unterstützen. Für eine Lahmheitsdetektion müssen ebenfalls geeignete Indikatoren gefunden, technische Lösungen entwickelt und deren Praxis-tauglichkeit getestet werden.

2.2.4.1 Sow stance information system - SowSIS

In den letzten Jahrzehnten hat es eine Vielzahl an Ansätzen gegeben, um Lahmheitsdetektion für andere Tierarten als Schweine zu realisieren. Dabei kamen mehrere Techniken zum Einsatz, bei denen z.B. Hühner über eine Analysematte laufen mussten (CORR et al., 2003 in PLUYM et al., 2013) oder es wurde die Körperhaltung während des Laufens z.B. bei Pferden (KEEGAN et al., 1998 in PLUYM et al., 2013) und Rindern (VAN HERTEM et al., 2013) beurteilt. Dabei gingen alle diese Untersuchungen davon aus, dass die Tiere, wenn eine Extremität schmerzt, diese weniger stark belasten wollen. Um Lahmheitsdetektion für Schweine zu realisieren, stellten zwei Arbeitsgruppen Versuche mit Druckmessplatten an und beurteilten das Laufverhalten von Schweinen auf verschiedenen Bodenarten (THORUP et al., 2007, VON WACHENFELT et al., 2009a und 2009b in PLUYM et al., 2013). PLUYM et al. (2013) gaben aber zu bedenken, dass der gestelzte Gang lahmer Sauen, sowie die Tatsache, dass Sauen versuchen Lahmheiten nicht zu zeigen und sich nicht führen lassen, eine Lahmheitsdetektion mit diesem Versuchsaufbau weiterhin kompliziert macht. Deswegen sahen PLUYM et al. (2013) mehr Potenzial in einem Versuchsansatz, der auf Unterschiede in der Körperhaltung durch ungleiche Gewichtsverteilung abzielt. In einer früheren Untersuchung waren mit einem ähnlichen Versuchsaufbau schon gute Ergebnisse erzielt worden (SUN et al., 2011). Das Ziel der Untersuchung von PLUYM et al. (2013) war also, eine Apparatur zu entwickeln, die es ermöglicht, Unterschiede in der Druckverteilung der vier Extremitäten von Sauen festzustellen und laterale digitale Aufnahmen der Hinterbeine zu erstellen. Die Fotos sollten helfen, Klauen- und Beinstellungen festzuhalten und mit Lahmheitsgeschehen in Zu-

sammenhang zu bringen. Auf die Analyseergebnisse der Fotoaufnahmen soll im Folgenden aber nicht näher eingegangen werden.

PLUYM et al. (2013) entwickelten eine tragbare und demontierbare Box mit verschließbarer Einlasstür (Rückseite) und Auslasstür (Vorderseite). Die Grundplatte der Box bestand aus vier gleichgroßen Quadranten mit Kraftmesszellen, die als Waagen fungierten. Sowohl die Abmessungen der Quadranten als auch die der gesamten Box waren so gewählt, dass Sauen verschiedener Größe Platz fanden und die Extremitäten jeweils auf einer der Kraftmesszellen standen. Die Kraftmesszellen waren über eine USB-Karte an einen Tablet-PC angeschlossen und mit Hilfe eines Programms konnte die Gewichtsverteilung der Sauen auf dem Tablet-PC in Echtzeit verfolgt werden (Abb. 16).

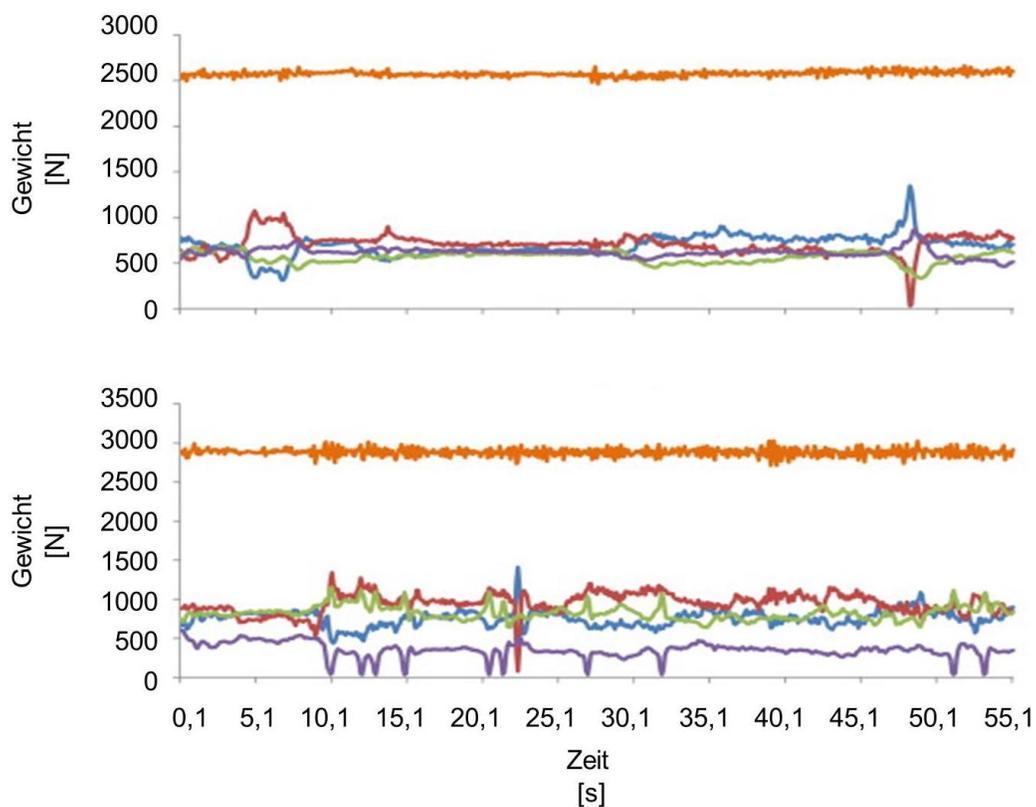


Abb. 16: Ausgaben der vier Kraftmesszellen der SowSIS Messapparatur (blau = linkes Vorderbein, rot = rechtes Vorderbein, grün = linkes Hinterbein, violett = rechtes Hinterbein, orange = Summe aller vier Beine) für eine nicht lahme Sau (oben) und eine Sau mit Lahmheit auf dem rechten Hinterbein (unten) (verändert nach PLUYM et al., 2013)

Nach einer Kalibration der SowSIS (Sow stance information system) Messapparatur mit Gewichten wurden für 20 zufällig ausgesuchte Sauen jeweils Messungen von 5 min Dauer bei 10 Hz durchgeführt. Diese Messungen wurden für jedes Tier fünfmal wiederholt. Die Sauen wurden als Referenz während des Laufens visuell auf eventuelle Lahmheiten hin (WELFARE QUALITY[®], 2009) bewertet. Dabei wurde eine der 20 Sauen als lahm eingestuft. Die Gewichtsaufnahmen der einzelnen Kraftmesszellen wurden kontinuierlich mit den Gesamtgewichtsdaten verglichen. Wichen diese um mehr als 196 N ab, wurden die Messdaten nicht ausgewertet. Es wurde u.a. jeweils das Gewicht jedes Beins festgehalten. Außerdem wurden die Summen des vorderen, hinteren, linken und rechten Extremitätenpaars sowie die Anzahl und Länge der Tritte und verschiedene Varianten an Gewichtsverlagerungen analysiert.

Die Auswertungen der erhobenen Daten für die 20 verschiedenen Sauen ergaben folgende Ergebnisse:

- durchschnittliche Gewichtsverteilung von Vorder- zu Hinterextremitäten von 58 % zu 42 %
- Gewichtsverteilung zwischen linken und rechten Extremitätenpaaren beinahe 50:50
- Anzahl Tritte der Hinterbeine beinahe doppelt so hoch im Vergleich zu denen der Vorderbeine
- Tritte bei Vorderbeinen dauern deutlich kürzer an als Tritte der Hinterbeine
- durchschnittliche Anzahl Gewichtsverlagerungen zwischen Vorderbeinen beinahe doppelt so hoch wie Anzahl Gewichtsverlagerungen zwischen Hinterbeinen
- Gewichtsverlagerungen von Vorderbeinen zu Hinterbeinen gleichmäßig verteilt

In einem Vorversuch wurden Sauen in Wartehaltung über drei Monate hinweg täglich bezüglich Lahmheiten nach dem WELFARE QUALITY[®] (2009) Protokoll bonitiert. Allerdings wurde nur zwischen lahmen und nicht lahmen Tieren unterschieden. Es wurden insgesamt $n = 4$ lahme Sauen bonitiert und mit der SowSIS Messapparatur getestet. Für jede der lahmen Sauen wurde eine Sau vergleichbaren Gewichts, Alters und Produktionsstatus, die als nicht lahm galt, getestet und die Daten für die Kontrollgruppe ($n = 4$) gespeichert. Alle Lahmheiten betrafen das hintere rechte Bein. Daher verwundert es nicht,

dass die Auswertungen des gepaarten t-Tests zwischen lahmen und nicht lahmen Sauen deutliche Unterschiede für die Druckaufnahme der hinteren Extremitäten ergaben. Für lahme Sauen ergaben sich durchschnittlich nur 510 N für das rechte Hinterbein, aber 803 N für das linke Hinterbein. Auch für die absolute Gewichtsverteilung zwischen linker und rechter Seite konnte für die lahmen Sauen eine geringere relative Belastung von nur 45,9 % für die rechte Seite festgestellt werden. Bei den nicht lahmen Sauen teilte sich diese Belastung dagegen wieder etwa 50:50 auf.

Lahme Sauen führten außerdem mit $n = 48$ signifikant mehr Tritte, die signifikant kürzer andauerten, mit dem rechten Hinterbein aus als nicht lahme Sauen $n = 23$. Des Weiteren wurden für lahme Sauen in $n = 127$ Fällen das Gewicht zwischen linkem Vorder- und Hinterbein signifikant häufiger verlagert im Vergleich zu gesunde Sauen mit $n = 88$ Gewichtsverlagerungen. Auch hier fiel die Dauer der Gewichtsverlagerungen bei lahmen Sauen wieder deutlich kürzer aus (PLUYM et al., 2013).

Die Autoren schlussfolgerten, dass durch die statistischen Auswertungen für die 20 untersuchten Sauen eine gute Wiederholbarkeit durch das SowSIS Messsystem gegeben sei (PLUYM et al., 2013). Beim Vergleich von vier gesunden Sauen und vier Sauen, die auf dem rechten Hinterbein lahmten, zeigten sich deutliche Unterschiede für einige Messgrößen, so dass SowSIS für die Detektion von Lahmheiten, die eine Seite betreffen, eingesetzt werden kann. Größer angelegte Untersuchungen werden benötigt, um das Potenzial für die Detektion von beginnender Lahmheit im Vergleich zu visuellen Methoden zu ermitteln.

2.2.4.2 Beschleunigungssensoren

Eine weitere Möglichkeit für die Analyse von Bewegungsabläufen besteht im Einsatz von Beschleunigungssensoren. ESCALANTE et al. (2013) konzentrierten sich bei ihren Versuchen darauf, verschiedene Verhaltensweisen mit Hilfe von Daten aus Beschleunigungssensoren zu klassifizieren. Dabei wurde mit Hilfe eines dynamischen linearen Modells zwischen aktivem Verhalten (Fressen, Wühlen und Laufen) und inaktivem Verhalten (seitlich Liegen und bäuchlings Liegen) unterschieden und durch den Einsatz eines Multi-Prozess Kalman-Filters eine durchschnittliche Erkennungsrate von 64,4 % der

verschiedenen Verhaltensweisen erzielt (CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2008 in ESCALANTE et al., 2013; CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2010 in ESCALANTE et al., 2013).

Diesen Ansatz wollten ESCALANTE et al. (2013) durch den Einsatz überwachter maschineller Lernprozesse weiter verbessern. Der Vorteil wäre, dass die Messungen nicht mehr in gleichmäßigen Zeitintervallen stattfinden müssten, sondern als zeitloses Muster betrachtet werden könnten. So könnten vielerlei Daten aus dem Echtzeit-Monitoring landwirtschaftlicher Nutztiere sehr flexibel und unabhängig von der zeitlichen Auflösung analysiert werden.

Es wurden elf Wartesauen mit Halsbändern, an denen die digitalen Beschleunigungssensoren zusammen mit Batterien für die Energieversorgung befestigt waren, ausgestattet. Die Sauen wurden in einer dynamischen Großgruppe von etwa 100 Sauen gehalten und die Daten der Beschleunigungssensoren wurden viermal je Sekunde für 24 h an 20 Tagen aufgezeichnet. Jeder Messwert eines Beschleunigungssensors bestand aus den Werten eines vierdimensionalen Vektors, nämlich den dreidimensionalen Achsen x , y und z sowie der Länge des Beschleunigungsvektors a . Parallel dazu fanden Videoaufzeichnungen über 24 h statt, mit Hilfe derer die tatsächlichen Verhaltensweisen der elf Sauen aufgezeichnet wurden. ESCALANTE et al. (2013) verwendeten die Datensätze aus den vorangegangenen Studien (CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2008 in ESCALANTE et al., 2013; CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2010 in ESCALANTE et al., 2013) als Lern- und Testdatensätze.

Für die automatisierte Klassifizierung mit Hilfe von maschinellen Lernprozessen ist es entscheidend, die richtigen Kriterien für die Klassifizierung zu bestimmen. Nur so können Muster automatisch erkannt werden. Der überwachte Prozess zur Bestimmung von Mustern macht es nötig, dass eine Beziehung zwischen den Beobachtungen (Input) und den klassifizierten Kriterien (Output) hergestellt werden kann. Dies geschieht anhand eines Datensatzes, bei dem die Verbindungen zwischen Input und Output bekannt sind. In diesem Fall stellten die vier Messwerte des Beschleunigungssensors (x , y , z und a) den Input und die verschiedenen Verhaltensweisen (Wühlen, Fressen, Laufen, seitlich

Liegen und bäuchlings Liegen) den Output dar. In Abb. 17 sind zwei der fünf kombinierten Lerndatensätze dargestellt.

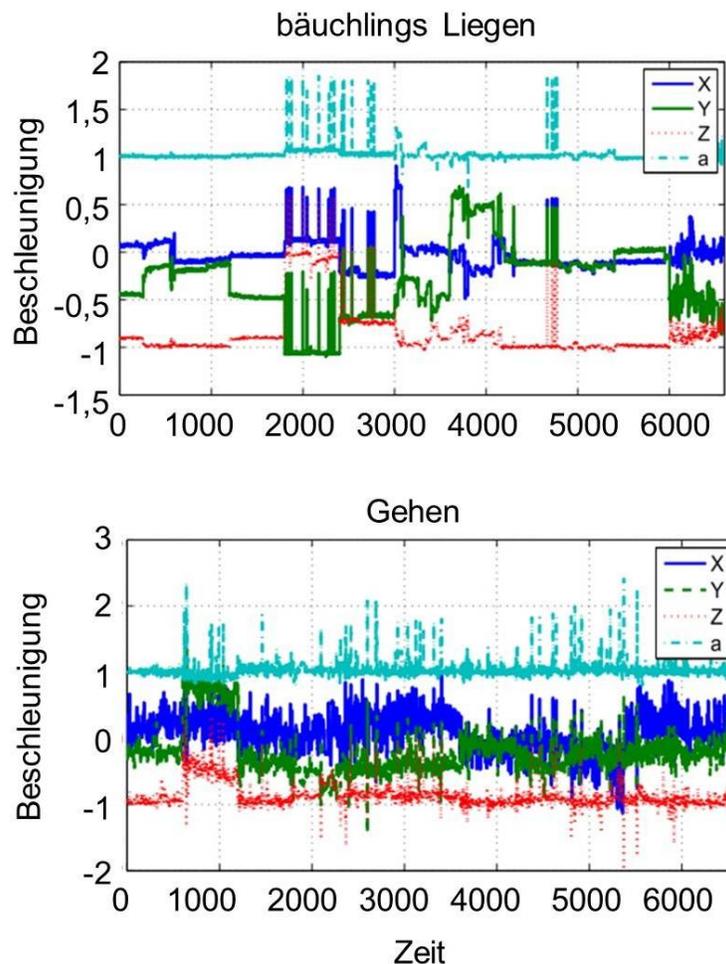


Abb. 17: Kombinierte Zeitreihen der Beschleunigungsmesswerte für die Verhaltensweisen bäuchlings Liegen (oben) und Gehen (unten) in Abhängigkeit von der Zeit mit den Vektoren x , y , z und a (verändert nach ESCALANTE et al., 2013)

Wie zu erwarten, zeigten sich für die passiven Verhaltensweisen (seitlich Liegen und bäuchlings Liegen) geringere Werte hinsichtlich der Beschleunigung im Vergleich zu den aktiven Verhaltensweisen (Fressen, Wühlen und Laufen). Zeitweise wurden aber auch starke Beschleunigungswerte für die passiven Verhaltensweisen festgestellt. Auffällig war, dass etwa alle 10 min, wenn eine neue Serie begann, hohe Beschleunigungswerte auftraten. Dies konnte durch leicht verschiedene Positionierung der Senso-

ren am Hals der Sauen bzw. leicht verschiedene Liegewinkel entstanden sein und erschwerte so die Erstellung von Klassifizierungsmodellen.

Mit Hilfe der Lerndatensätze wurden die Klassifizierungsmodelle trainiert, die Parameter der Klassifizierungsmusterfunktionen zu erkennen. Diese Modelle wurden dann verwendet, um Vorhersagen für die Beobachtungen der einzelnen Verhaltensweisen im Testdatensatz zu treffen. Durch den Vergleich von vorhergesagten Verhaltensweisen und tatsächlich beobachtetem Verhalten im Testdatensatz wurde die Qualität des Klassifizierungsmodells ermittelt. Im Folgenden wurden verschiedene Klassifizierungsmethoden (SAFFARI und GUYON, 2006 in ESCALANTE et al., 2013) auf ihre Fähigkeit, die Verhaltensweisen korrekt zu klassifizieren, untersucht.

Beim Einsatz verschiedener Klassifizierungsmethoden („neural network“, „support vector machine classifier“, „Naïve Bayes classifier“, „linear classifier“, „random forest“ und „logitboost“) ergaben sich für sechs der sieben Klassifizierer im Durchschnitt über alle fünf verschiedenen Verhaltensweisen weniger als 70 % korrekte Klassifizierungen der Verhaltensweisen des Testdatensatzes. Am besten schnitt noch der Klassifizierer „logitboost“ mit durchschnittlich fast 75 % korrekter Klassifizierung ab. Im Einzelnen konnten mit „logitboost“ als Klassifizierer die Verhaltensweisen Fressen zu 91 %, Wühlen zu 67 %, Laufen zu 85 %, seitliches Liegen zu 65 % und bäuchlings Liegen zu 67 % korrekt klassifiziert werden. Generell schienen die passiven Verhaltensweisen wie schon in den vorangegangenen Studien (CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2008 in ESCALANTE et al., 2013; CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2010 in ESCALANTE et al., 2013) schwieriger zu klassifizieren zu sein als die aktiven Verhaltensweisen.

ESCALANTE et al. (2013) verglichen daraufhin für alle sechs Klassifizierer die Vorhersagen mit dem tatsächlichen Verhalten auf Zeitreihenebene. Auch hier zeigte sich, dass der „logitboost“ Klassifizierer zusammen mit dem linearen Klassifizierer alle anderen Methoden übertraf. Auch die Ergebnisse des Multi-Prozess Kalman-Filters aus den vorangegangenen Studien (CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2008 in ESCALANTE et al., 2013; CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN, 2010 in ESCALANTE et al., 2013) wurden dabei deutlich übertroffen. Vor allem für die korrekte Vorhersage der aktiven Verhaltensweisen in Zeitreihen ergaben sich deutlich bessere Ergebnisse. So wurde Fressen zu

100 % korrekt klassifiziert, Wühlen zu 78 %, Laufen zu 91 %, seitliches Liegen und bäuchlings Liegen in 65 % der Fälle. Grundsätzlich ergab sich auch für die Zeitreihen die Tendenz, dass die passiven Verhaltensweisen schlechter vorhergesagt wurden als die aktiven Verhaltensweisen. Der „logitboost“ Klassifizierer erkannte durchschnittlich 95 % der aktiven Verhaltensweisen und 85 % der passiven Verhaltensweisen korrekt. ESCALANTE et al. (2013) werteten abschließend die korrekte Klassifizierung der Verhaltensweisen unter gleichzeitiger Verwendung aller Klassifizierungsmodelle aus. Auch hier schnitt der „logitboost“ Klassifizierer mit 51 % korrekt klassifizierten Beobachtungen ($n = 58800$) und über 60 % korrekt klassifizierte Zeitreihen am besten ab. Somit wurde etwa die Hälfte der beobachteten Verhaltensweisen korrekt klassifiziert. Die Verhaltensweise Laufen wurde mit 93 % am besten klassifiziert, am schwierigsten schien das bäuchlings Liegen (31 %) zu klassifizieren zu sein.

Für das Monitoring des Fortbewegungsverhaltens von Wartesauen scheint der Einsatz von Beschleunigungssensoren vielversprechend, wenn die Energieversorgung der Beschleunigungssensoren und die dauerhafte Anbringung am Tier problemlos zu gewährleisten ist.

2.2.4.3 Bildverarbeitung

Der Gebrauch von Bildverarbeitungstechniken für das Monitoring von landwirtschaftlichen Nutztieren hat den großen Vorteil, dass es sich um eine nicht-invasive Methode handelt, mit der es möglich ist, das Fortbewegungsverhalten von Schweinen genau zu erfassen (KASHIHA et al., 2014). Bisher war es jedoch nur möglich, Tiere als Gruppe bezüglich der Fortbewegung zu analysieren, so dass tierindividuelle Unterschiede nicht erfasst wurden. KASHIHA et al. (2014) setzten es sich deswegen zum Ziel, tierindividuelle Fortbewegung von Schweinen in Gruppenhaltung mit Hilfe von kontinuierlicher Bildanalyse zu messen. Dazu wurden in einer Höhe von 1,80 m mittig über vier Gruppenbuchten mit jeweils zehn Mastschweinen Kameras mit einer Auflösung von 720 x 576 Pixeln angebracht. Mit Hilfe der MPEG Aufnahmesoftware Noldus (NOLDUS, Wageningen, Niederlande) wurden für 13 Tage zu jeweils 12 h zwischen 07:00 und 19:00 Uhr Videoaufnahmen in schwarz-weiß gemacht. Für die Entwicklung der automatisierten Quantifizie-

rung der Fortbewegung wurden die Bildbereiche, die zum Boden und zum Trog gehörten, definiert (s. Abb. 18).

Um Lichteffekte auszuschließen und einen besseren Kontrast der Grauwerte zu ermöglichen, wurden Histogrammausgleiche durchgeführt. Des Weiteren wurde eine Trennung in weiße und schwarze Pixel durchgeführt, um Hintergründe auszublenden. Als dritte Maßnahme wurden in jedem Bild die Schweinekörper ellipsenförmig ausgeschnitten und so vom Hintergrund abgetrennt (ZHANG et al., 2005 in KASHIHA et al., 2014) (Abb. 18).

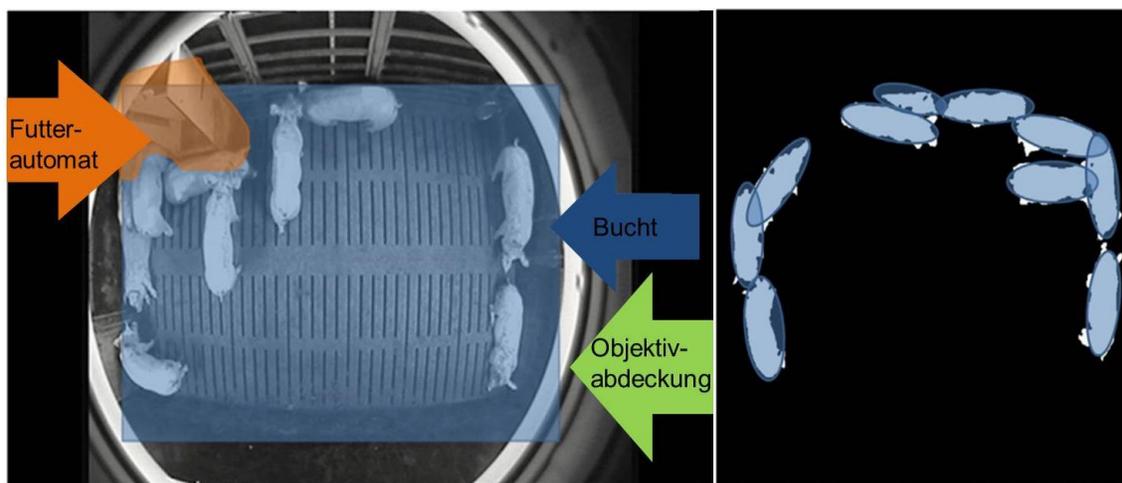


Abb. 18: Links: Definierte Bereiche des Buchtenbodens (blau) und des Futterautomaten (orange). Rechts: Anpassung der Ellipsen an die Körper der Schweine (verändert nach KASHIHA et al., 2014)

Um die Bewegung der Schweine durch eine Bildanalyse zu ermitteln, bestimmten KASHIHA et al. (2014) die Menge an Pixeln, die ein Objekt ausmachten. Diese „Bewegung im Bild“ (BiB) bestand aus zwei Komponenten, der angularen Bewegung in Metern*Pixel und der lateralen Bewegung in Metern*Pixel. Bei einer angularen Bewegung bewegte sich das Schwein auf der Stelle, so dass die Orientierung der angepassten Ellipse verändert wurde. Bei einer lateralen Bewegung veränderte sich die Position des Objektes, d.h. das Schwein lief. Damit die Körpergröße des Schweins keinen Einfluss hatte, wurde die BiB durch die Körperlänge (KL) geteilt. Die Bestimmung der BiB wurde zeitabhängig beobachtet und so der BiB-Status (BiBS) nach folgender Formel bestimmt:

$$\text{BiBS} = \frac{\text{BiB}}{\text{KL}}$$

Im nächsten Schritt definierten KASHIHA et al. (2014) aufgrund von BiBS, ob sich die Schweine bewegten oder nicht. Es wurde ein experimenteller Grenzwert für BiBS von 0,4 festgelegt. Das hieß, wenn sich das Schwein um 40 % oder weniger seiner Körperlänge KL bewegte, ist der $\text{BiBS} \leq 0.4$ und das Schwein befand sich laut Definition nicht in Bewegung (nB). Wenn der $\text{BiBS} > 0.4$ war, dann befand sich das Schwein per Definition in Bewegung (B).

Für den Vergleich mit dem tatsächlich gezeigten Fortbewegungsverhalten wurde das Videomaterial nachträglich von einem Ethologen mit einer Scan-Sampling Methode beurteilt (KASHIHA et al., 2014). Dabei wurden nur ausgewählte Videoausschnitte von 30 min Länge alle 2 Minuten hinsichtlich des Bewegungsverhaltens der Schweine mit Hilfe der Software Observer XT 10.2 (NOLDUS, Wageningen, Niederlande) ausgewertet. Bei jedem Scan-Sampling wurden alle zehn Schweine einer Bucht als entweder in Bewegung (B) oder als nicht in Bewegung (nB) beurteilt. Das Bewegungsverhalten (B) wurde weiter unterteilt in Gehen, Rennen und/ oder Erkunden, Manipulieren der Stalleinrichtung, Manipulieren der Buchtpartner, agonistisches Verhalten, Fressen, Trinken und andere Verhaltensweisen, die mit Körperbewegungen verbunden sind. Insgesamt wurden 5616 Millionen Bilder für die Validierung benutzt.

KASHIHA et al. (2014) stellten beim Vergleich der automatischen Bildanalyse und Videoauswertung eine Sensitivität von durchschnittlich etwa 90 % bei einer Besatzdichte von 1,23 Schweinen pro m^2 fest. Nach der Validierung der Daten wurde eine kontinuierliche Analyse des Videomaterials über die gesamten 13 Tage für jede Bucht separat durchgeführt. Es zeigte sich, dass sich im Durchschnitt etwa 50 bis 55 % der Schweine in Bewegung befanden. An Tag 10 brach das Niveau in allen vier Buchten ein, so dass sich an diesem Tag nur etwa 35 bis 40 % der Schweine in Bewegung befanden. Die Autoren geben hier aber keinen näheren Grund für die Veränderung an.

KASHIHA et al. (2014) resümierten, dass der Ansatz der Ellipsenanpassung an die Körper von Schweinen vielversprechend sei. So wären mannigfaltige Anwendungen des Monitorings auf Gruppenniveau im Bereich der Tierhaltung möglich. Es konnten nahezu 90 % der Schweine in einer Gruppenbucht bei Lichtverhältnissen von 11,7 bis 176,1 Lux und einer relativ geringen Besatzdichte von 1,23 Schweinen je m² korrekt klassifiziert werden. Die Autoren geben aber zu bedenken, dass höhere Besatzdichten zu Schwierigkeiten führen könnten, was die Abgrenzung der einzelnen Schweinekörper angeht.

2.2.5 Monitoring Östrus

Die obligatorische Gruppenhaltung von Zuchtsauen ab vier Wochen nach dem Besamen bis eine Woche vor dem erwarteten Wurftermin stellt den Tierhalter vor neue Herausforderungen in Hinblick auf die Detektion von Umrauschern. Mit den RFID-Technologien ist es möglich, einzelne Tiere innerhalb einer Gruppe elektronisch zu identifizieren, eine Voraussetzung, um die Rausche der Zuchtsau automatisiert festzustellen (NAAS, 2002 in CORNOU, 2006). Grundsätzlich soll die automatisierte Detektion der Rausche für den Tierhalter eine Arbeitserleichterung bei der Auswahl der zu überprüfenden Tiere ermöglichen (CORNOU, 2006). Da die gesetzlichen Vorgaben erlauben, die Sauen bis vier Wochen nach dem Belegen sowohl in Kastenständen als auch schon in Gruppen zu halten, sind die Rahmenbedingungen für die automatisierte Rauschedetektion möglicherweise sehr verschieden. CORNOU (2006) beschreibt in einem ausführlichen Übersichtsartikel die unterschiedlichen Methoden zur automatisierten Rausche- oder Östrusdetektion, die in der Vergangenheit gute Ergebnisse bezüglich Sensitivität und Spezifität erreichten. Dabei unterscheidet CORNOU (2006) Methoden, die auf **Veränderungen des Verhaltens** oder auf **Veränderungen physiologischer bzw. physikalischer Merkmale** beruhen. In Tab. 4 werden bereits erprobte automatisierte und nicht-automatisierte Methoden, die sich auf die Veränderung von Verhalten stützen, zusammengefasst und im Folgenden näher beschrieben und erläutert.

Tab. 4: Methoden zur automatisierten Östrusdetektion, basierend auf der Feststellung von Verhaltensveränderungen der Sauen (verändert nach CORNOU, 2006)

Parameter	Methode	Quelle
Automatisierte Messung der Körperaktivität	Beschleunigungssensoren	BRESSERS (1993) GEERS et al. (1995) SERLET (2004)
	Infrarotsensoren	SERLET (2004) FRESON et al. (1998)
Automatisierte Feststellung Eberkontakte	Kontaktaufnahme über Ebererkennung/-fenster	BURÉ und HOUWERS (1989) HOUWERS et al. (1988) KORTHALS (1999) BLAIR et al. (1994)
	Zugangskontrolle zu separatem Eberbereich	BRESSERS et al. (1991) MARCHAL et al. (1996)
	Automatisierung der Besuche an Futterstation	SØLLESTED (2001)
Nichtautomatisierte Methoden	GPS (Schafe in Freilandhaltung)	RUTTER et al. (1997)
	Videoaufnahmen und Bildanalyse-systeme	HOUWERS et al. (1988) TILLET et al. (1997)

Die erhöhte körperliche Aktivität von Sauen während des Östrus ist schon seit langem bekannt. Eine technische Möglichkeit zur Messung der Körperaktivität ist der Einsatz von Beschleunigungssensoren, die an verschiedenen Körperstellen angebracht werden können (CORNOU, 2006). BRESSERS (1993 in CORNOU, 2006) brachte Beschleunigungssensoren an Halsbändern von abgesetzten Sauen in Gruppenhaltung an, um das Aktivitätsverhalten der Sauen in den Phasen vor und während des Östrus zu vergleichen. Die Autoren konnten dabei feststellen, dass etwa 85 bis 90% der Aktivitätswerte vor dem Östrus niedriger waren als die höchsten Aktivitätswerte während des Östrus. Es war von Vorteil, besonders auf die Zeiträume zu achten, in welchen die Sauen normalerweise ruhten (BRESSERS, 1993 in CORNOU, 2006). GEERS et al. (1995 in CORNOU, 2006) und SERLET (2004 in CORNOU, 2006) testeten Beschleunigungssensoren an Sauen in Einzel-

haltung. Dabei stellte sich heraus, dass die Aktivität während des Östrus um das Zehnfache höher lag als am Tag vor dem Östrus (GEERS et al., 1995 in CORNOU, 2006). SERLET (2004 in CORNOU, 2006) gab in den Untersuchungen, bei denen der Beschleunigungssensor am Rücken der Sauen befestigt war, eine Sensitivität von 53 % für die Östrusdetektion an.

Ebenfalls in der Einzelhaltung kamen in der Vergangenheit Infrarotsensoren zum Einsatz (CORNOU, 2006). FRESON et al. (1998 in CORNOU, 2006) nutzten die durchschnittliche tägliche Aktivität der Sauen und konnten so mit einer Sensitivität von 79 % und einer Spezifität von 68 % 86 % der Sauen korrekt als rauschig klassifizieren. SERLET (2004 in CORNOU, 2006) konnte im Vergleich zum Beschleunigungssensor (53 %) bei Infrarotsensoren eine höhere Sensitivität von 72 % für die Östrusdetektion feststellen.

Für Sauen, die in den Östrus eintreten, ist neben der erhöhten körperlichen Aktivität ebenso bekannt, dass sie den Eber suchen, in seiner Nähe verweilen und sich ihm „anbieten“. Auch diese Verhaltensweise kann durch automatisierte Überwachung von Besuchen an einer Eberbucht für die Östrusdetektion genutzt werden. Sowohl die technische Einrichtung eines „Eberfensters“ bzw. einer „Elektronischen Ebererkennung“ als auch eines separaten überwachten Bereichs im Stall in der Nähe der Eberbucht macht sich die Verstärkung dieser Verhaltensweisen während der Östrusphase zunutze (CORNOU, 2006). Bei der elektronischen Ebererkennung haben die Sauen und der Eber die Möglichkeit, durch eine kleine Öffnung in der Wand zwischen Sauen- und Eberbucht Nasenkontakt aufzunehmen. Die Erkennung der einzelnen Sauen wird heute normalerweise über den RFID-Ohrmarkentransponder der Sau und eine RFID-Antenne im Bereich der Wandöffnung realisiert. In verschiedenen Studien wurden entweder Besuchsfrequenzen (HOUWERS et al., 1988 in CORNOU, 2006) oder summierte Tageszeiträume (BLAIR et al., 1994 in CORNOU, 2006; KORTHALS, 1999 in CORNOU, 2006), die die Sauen an der Ebererkennung verbrachten, analysiert. HOUWERS et al. (1988 in CORNOU, 2006) stellten fest, dass sich die Besuchsfrequenzen über drei Tage hinweg einem Höhepunkt näherten, um dann innerhalb von zwei Tagen auf ein niedrigeres Level abzufallen. BLAIR et al. (1994 in CORNOU, 2006) stellten fest, dass der Östrus für Jungsauen bei einer summierten Aufenthaltszeit von mehr als 4,43 min je Tag und für Altsauen von mehr als

9,3 min je Tag vorhergesagt werden konnte. Auch hier wurde im Zeitraum von zwei Tagen vor der beobachteten Rausche ein Anstieg der Aufenthaltsdauer festgestellt. Anschließend sanken die Aufenthaltsdauern innerhalb von zwei bis drei Tagen wieder auf ein Basisniveau ab. KORTHALS (1999) verwendete als Grenzwert zur Detektion der Rausche einen ähnlichen Schwellenwert von 600 s (= 10 min) täglicher Aufenthaltsdauer. Die Sensitivität lag hier bei über 76 % und die Spezifität bei über 80 %.

Bei der Verwendung von separaten Bereichen mit Eberkontakt kann die Sau durch eine Schleuse zum Eber gelangen und Nasenkontakt aufnehmen. Beim Passieren der Schleusen werden die Sauen registriert. Ihre Aufenthaltsdauer sowie die Besuchshäufigkeit kann so berechnet werden. BRESSERS et al. (1991 in CORNOU, 2006) nutzten für ihre automatische Rauschedetektion allein die Aufenthaltsdauer und konnten bereits 95 % der Sauen, die rauschten, korrekt detektieren. Auch bei der Verwendung der Besuchsfrequenzen allein konnten ähnlich gute Werte bei der Östrusdetektion erzielt werden, allerdings traten hier noch viele falsch positive Ergebnisse auf. Eine Verbesserung des Detektionssystems konnte durch den Ausschluss der Daten, die während der allgemeinen Aktivitätsphasen (am Morgen und Nachmittag) entstanden, erreicht werden. In einer weiteren Untersuchung wurden für den Versuchsaufbau zwei verschiedene Designs für den separaten Bereich mit Eberkontakt getestet und zwei verschiedene Kalkulationsmethoden für die Östrusdetektion durchgeführt (MARCHAL et al., 1996 in CORNOU, 2006). Die Berechnung mit Hilfe eines neuronalen Netzwerks brachte die besseren Ergebnisse hervor. Hiermit wurden 80 % der Sauen, die in die Rausche kamen, detektiert.

Der Versuch, mit Hilfe des hormonell bedingten Rückgangs an Nahrungsaufnahme zum Zeitpunkt des Östrus eine verlässliche Detektion über die Besuche an einer Futterstation zu erreichen, war zunächst erfolglos (SØLLESTED, 2001 in CORNOU, 2006). Hierbei stellte die große Individualität des Nahrungsaufnahmeverhaltens der Tiere das größte Problem dar.

Zu den nichtautomatisierten Systemen zählen nach CORNOU (2006) GPS (Global Positioning System) und Videoaufzeichnungen. Diese Systeme können ebenfalls für das Verhaltensmonitoring bei Sauen eingesetzt werden. RUTTER et al. (1997 in CORNOU,

2006) nutzten GPS, um grasende Schafe zu verfolgen und daraus deren Aktivität abzulesen. Dieses System könnte für Sauen in Freilandhaltung ebenfalls eingesetzt werden.

HOUWERS et al. (1988 in CORNOU, 2006) setzten Videotechniken ein, um das Einsetzen des Östrus zu beobachten. Dabei fiel auf, dass die Länge der Interaktionen an der Eberbucht gleichzeitig mit der maximalen Tagessumme der Aufenthaltsdauer auftrat. Außerdem hielten sich Sauen in der Phase des Östrus auch vermehrt nachts in der Nähe des Ebers auf (HOUWERS et al., 1988 in CORNOU, 2006).

Computergestützte Bildverarbeitungssysteme können dabei helfen, die Analyse der Videoaufnahmen zu automatisieren (CORNOU, 2006). So konnten TILLET et al. (1997 in CORNOU, 2006) bereits die Aktivität von Tieren verfolgen und Körperhaltungen eines einzelnen Schweins herleiten. Es ist also vorstellbar, für einen abgegrenzten Bereich in der Nähe der Eberbucht eine automatisierte Östrusdetektion mittels Bildverarbeitung für Sauen in Gruppenhaltung zu entwickeln. Auch für die Detektion der Aktivität von Sauen, die in Einzelständen gehalten werden, ist eine Anwendung dieser Technik denkbar. Die Limitierung der Bildverarbeitungssysteme besteht darin, ein Schwein zu jeder Zeit zweifelsfrei in einer Gruppe zu identifizieren. Dies wird z.B. durch die veränderbaren Faktoren wie Verschmutzung der Bucht, Verschmutzung des Tieres, Licht und Schatten erschwert (CORNOU, 2006).

Neben den Methoden, die auf der Veränderung des Verhaltens basieren, existieren Methoden, die CORNOU (2006) unter dem Oberbegriff **physiologische bzw. physikalische Veränderungen** zusammengefasst hat. In Tab. 5 sind die einzelnen Methoden mit den entsprechenden Quellen aufgeführt und werden im Folgenden näher erläutert.

Tab. 5: Methoden zur Östrusdetektion basierend auf der Feststellung von physikalischen oder physiologischen Veränderungen bei Sauen (CORNOU, 2006)

Parameter		Methode	Quelle
automatisiert	Körpertemperatur	Ohransatz	GEERS et al. (1995) VERMEER und VAN DER WILT (1999)
		Vaginal	GEERS et al. (1995) JUNGE und HOLTZ (1984) SOEDE et al. (1997)
nicht-automatisiert	Körpertemperatur	Rektal	MICHAEL (1976)
	Vulvarötung	Visuell	STERNING et al. (1994) LANGENDIJK et al. (2000)
	Vaginale Impedanz		LEIDL und STOLLA (1976) KO et al. (1989) STOKHOF et al. (1996) DUSZA et al. (1996) REZAC et al. (2003a,b)

CORNOU (2006) schreibt, dass eine Möglichkeit physiologische oder physikalische Veränderungen bei umrauschenden Sauen festzustellen, die Überprüfungen der Körpertemperatur (KT) ist. Die KT kann an verschiedenen Stellen des Körpers gemessen werden, wobei hier nur drei Varianten beschrieben werden. Die Veränderung der KT um den Zeitpunkt des Östrus herum, wird auf die Veränderungen des Gelbkörpers (KYLE et al. 1998 in CORNOU, 2006) bzw. Gefäßerweiterungen in der Peripherie unter Östrogen Einfluss (CZAJA und BUTERA, 1986 in CORNOU, 2006) zurückgeführt. Die Veränderung der KT kann eigentlich recht gut nachvollzogen werden. Allerdings brachten verschiedene Untersuchungen, die dies mit Hilfe von Implantaten am Ohransatz oder Datenloggern

in der Vagina oder im Rektum versuchten, widersprüchliche Ergebnisse hervor. GEERS et al. (1995 in CORNOU, 2006) konnten bei der Messung zwischen 00:00 und 07:00 am Ohransatz bei 75 % der Sauen einen durchschnittlichen Anstieg der KT um 1,1 °K bis zwei Tage, bevor der Duldungsreflex auftrat, feststellen. JUNGE und HOLTZ (1984 in CORNOU, 2006) stellten einen Abfall der KT um 0,5 °K einen Tag vor Östrus fest. Des Weiteren beschrieben sie ein deutliches Verlaufsmuster mit einem Tiefpunkt der KT zwei Tage vor dem Östrus (Proöstrus) und einen Höhepunkt der KT zwei Tage nach dem Östrus. Dabei fiel auch ein deutlicher diurnaler Rhythmus der KT auf, wobei am Morgen niedrige Werte (38,25 °C; 38,2 °C) und am Abend höhere KT (39 °C; 38,5 °C) festgestellt wurden (JUNGE und HOLTZ, 1984 in CORNOU, 2006; SOEDE et al., 1997 in CORNOU, 2006).

HENNE (1991 in CORNOU, 2006) stellte in den meisten Fällen einen Abfall der KT während des Proöstrus und Östrus fest. Im Gegensatz dazu stellten GEERS et al. (1997 in CORNOU, 2006) einen Anstieg der rektalen KT um 0,65 °K während des Proöstrus fest. Die Autoren führten diese gegensätzlichen Ergebnisse auf eine zu geringe Raumtemperatur zurück, so dass die Sauen es vermieden, unnötige Körperwärme an die Umwelt abzugeben (GEERS et al., 1997 in CORNOU, 2006). Bei weiteren Messungen der KT am Ohransatz (VERMEER und VAN DER WILT, 1999 in CORNOU, 2006), vaginal (SOEDE et al., 1997 in CORNOU, 2006) und rektal (MICHAEL, 1976 in CORNOU, 2006) wurden hingegen keinerlei Veränderungen im Zusammenhang mit Östrus oder Eisprung festgestellt.

Der Nachweis einer Veränderung der KT ist insgesamt schwierig zu bewerkstelligen, da es häufig zu Messungenauigkeiten kommt. Außerdem können externe Faktoren die östrusbedingten Schwankungen der KT überdecken.

Zu den nichtautomatisierten Methoden gehören nach CORNOU (2006) die Messung des elektrischen Widerstands (Impedanz) in der Vulva, die Vulvarötung und endokrinologische Veränderungen. Die Messung der vaginalen Impedanz ist deswegen sinnvoll, weil ihre Veränderungen mit hormonellen Veränderungen einhergehen. So kann die vaginale Impedanz dabei helfen, objektiv den Östrus festzustellen. LEIDL und STOLLA (1976 in CORNOU, 2006) stellten den geringsten Widerstand während des Östrus fest. Konduktivitätsmesser, mit denen die elektrische Leitfähigkeit gemessen werden

kann, sind bereits kommerziell erhältlich. Ko et al. (1989 in CORNOU, 2006) konnten gute Zuchterfolge erreichen, nachdem mit einem Konduktivitätsmesser der Östrus bestimmt worden war. STOKHOF et al. (1996 in CORNOU, 2006) beobachteten einen signifikanten Anstieg der vaginalen Leitfähigkeit im Verlauf des Östrus, schlussfolgerten aber, dass diese Methode keine gute Vorhersage für den Zeitpunkt der Ovulation liefere. Im Gegensatz dazu berichteten DUSZA et al. (1996 in CORNOU, 2006), dass der Wert für den vaginalen Widerstand dabei helfe, den plötzlichen Anstieg von LH (luteinisierendes Hormon) etwa 16.9 h nach den ersten Anzeichen von Östrus, vorherzusagen. CORNOU (2006) gibt zu bedenken, dass je nach Einbringungstiefe der Sonde in die Vagina und Druckintensität der Hand, stark auf die Versuchsergebnisse Einfluss genommen werden kann. Eine Automatisierung der vaginalen Widerstandsmessung könnte durch den Einsatz einer verkleinerten Sonde und deren Fixierung erreicht werden.

Während der Phase des Proöstrus konnte durch die höhere Östrogenkonzentration eine Rötung der Vulva beobachtet werden (SOEDE und KEMP, 1997 in CORNOU, 2006). STERNING et al. (1994 in CORNOU, 2006) nahmen eine Skalierung der Rötung von 0 bis 3 vor und stellten fest, dass die Rötung etwa 48 h andauert. Außerdem trat die Rötung während des zweiten Östrus signifikant länger ($p < 0,025$) und intensiver ($p < 0,001$) auf. Eine weitere Studie berichtete von kürzeren Zeiträumen der Rötung z.B. 31 h, beginnend 52 h vor und endend 21 h nach der Ovulation (LANGENDIJK et al., 2000 in CORNOU, 2006). Dabei wiesen 90 % der Sauen, welche bei Kontakt mit einem Eber Rausche zeigten, auch eine Vulvarötung auf. CORNOU (2006) befand die Vulvarötung für einen guten Indikator, um den Beginn des Östrus anzuzeigen. Allerdings scheint eine automatisierte Methode zur Feststellung der Rötung kaum umsetzbar.

Über Blutproben lassen sich der Eisprung (Höhepunkt der Konzentration von LH) und die Entwicklung des Eis (Östrogenkonzentration) bestimmen (CORNOU, 2006). Bisher sind die Methoden zur Blutuntersuchung unweigerlich mit einem Venenkatheter oder Nasenkatheter und somit einem chirurgischen Eingriff verbunden. Daher folgerte CORNOU (2006), dass der Einsatz von Blutuntersuchungen kaum zu automatisieren sei. Als sogenannter Goldstandard für die Bestimmung des Eisprungs gilt die rektale Untersuchung des Follikelwachstums. Doch auch hier wird ein geübter Techniker benötigt und die Automatisierung ist nicht zu realisieren.

2.3 Fazit

Nach der ausführlichen Betrachtung der bisher in der Literatur beschriebenen Ansätze für das Monitoring von Verhaltensweisen bei Schweinen stellte sich die Frage, welche Methoden für die eigenen Versuchsanstellungen genutzt werden sollten.

Die Literaturrecherche zeigte, dass die Angaben zur Wasseraufnahme von Wartesauen sehr starke Schwankungen hinsichtlich der Mengen aufwiesen und gleichzeitig über die Charakteristik der Trinkereignissen von Wartesauen in Gruppenhaltungssystemen kaum etwas bekannt war. Aus diesen Gründen sollte die Wasseraufnahme so präzise wie möglich hinsichtlich der Tieridentitäten und ausdosierten Wassermengen aufgezeichnet werden um daraufhin Analysen anstellen zu können. Dafür sollten Wasserdurchflusszähler für die Erfassung von ausdosierten Wassermengen und RFID-Antennen zur Identifizierung der Sauen an den Tränken eingesetzt werden. Die Verwendung von RFID-Technologie bot sich an, da diese auch bei der Erfassung von Fressereignissen in zwei elektronischen Futterabrufstationen (EFA) zum Einsatz kommen sollte.

Die Nutzung der Daten, die durch den Einsatz einer EFA zur Futteraufnahme von Wartesauen gewonnen werden können, schienen in der bisherigen Literatur ebenfalls ein vielversprechender Monitoringansatz zu sein. Deswegen sollte bei den eigenen Versuchsanstellungen ebenfalls die Fressreihenfolge an der EFA analysiert, relative Fressränge (rFR) bestimmt und deren Veränderungen mit Auffälligkeiten im Verhalten abgeglichen werden.

Im Bereich der Lahmheitsdetektion bzw. dem Monitoring der Fortbewegung von Wartesauen schien keine der hier vorgestellten Methoden für ein automatisiertes Monitoring ohne hohen Budgetaufwand in einer dynamischen Großgruppe von Wartesauen realisierbar. Deswegen wurde als Lösungsmöglichkeit ein indirekter Ansatz zur Erfassung der Fortbewegung gewählt, bei welchem die bereits vorhandene RFID-Hardware (Antennen und Ohrmarkentransponder) genutzt werden sollte.

3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen zur Entwicklung von indikatorgestützten Monitoringmodellen setzen sich aus einer Verhaltensstudie mit gleichzeitiger Aufzeichnung von tierindividuellen Daten zusammen. Während der Verhaltensstudie wurden über einen Zeitraum von 14 Monaten zwei Mal wöchentlich Verhaltensbeobachtungen und Tierbeurteilungen durchgeführt. Gleichzeitig wurden mit Hilfe von technischen Einrichtungen im Versuchsstall automatisch und kontinuierlich Daten zu den Indikatoren Futteraufnahme-, Wasseraufnahme- und Fortbewegungsverhalten aufgezeichnet, verarbeitet und ausgewertet.

Im Folgenden werden nun die Einzelheiten zu den Versuchstieren, dem Versuchsstall, der angewendeten Methoden, den technischen Lösungen und der Versuchsdurchführung dargelegt.

3.1 Versuchstiere

Die Versuchstiere bestanden aus einer Herde trächtiger Sauen an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof. Trächtige Sauen, auch Wartesauen genannt, wurden hier entsprechend der EU-RICHTLINIE 2001/88/EG in einer sogenannten dynamischen Großgruppe von etwa 70 bis 90 Tieren gehalten. Da die Versuchsstation die Ferkelerzeugung im Ein-Wochen-Rhythmus betrieb, wurden jede Woche neue Sauen in die Herde integriert und Sauen, die sich am Ende ihrer Trächtigkeit befanden, wurden in den Abferkelstall umgestallt. So veränderte sich die Gruppenzusammensetzung wöchentlich um etwa fünf bis zehn Tiere. Insgesamt wurden Daten von 199 verschiedenen Sauen, die sich in Trächtigkeitswoche 2 bis 11 befanden, erhoben. Die Wartesauen gehörten vorwiegend der Deutschen Landrasse an, daneben gab es auch Tiere der Rassen Pietrain und Schwäbisch Hällisches Schwein. Alle Sauen waren mit einem passiven ISO-Ohrmarkentransponder (Niedrigfrequenz) im rechten Ohr markiert. Diese Ohrmarkentransponder wurden benötigt, um

die Sauen an den elektronischen Futterabrufstationen und an der Ebererkennung mit Hilfe von RFID-Technologie identifizieren zu können.

3.2 Versuchsstall

Die Untersuchungen fanden im Wartestall der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof statt. Der Versuchszeitraum erstreckte sich über Februar 2012 über 19 Monate bis September 2013. Der Wartebereich befand sich in Stall Nr. 7, zusammen mit dem Deckzentrum und einigen Einzelbuchten für kranke Tiere bzw. für den Zuchteber. Den Sauen stand eine Stallgrundfläche von ca. 220 m² und zusätzlich ein überdachter Auslauf mit Tiefstreu von 124 m² Grundfläche zur Verfügung. In Abb. 19 ist der Grundriss des Wartebereiches im Versuchsstall mit zentralen Einrichtungsgegenständen wie den elektronischen Futterabrufstationen (EFA), einer Ebererkennung und insgesamt acht Tränken (1 bis 8) dargestellt. Die Aufstallung für die Gruppenhaltung wurde als Umbau einer früheren Einzelhaltung mit Kastenständen in der gegebenen Gebäudehülle im Jahr 2011 realisiert und um den Auslauf erweitert. Aus diesen Gründen waren Kompromisse beim Platzangebot an den EFA sowie bei der Raumhöhe unumgänglich.

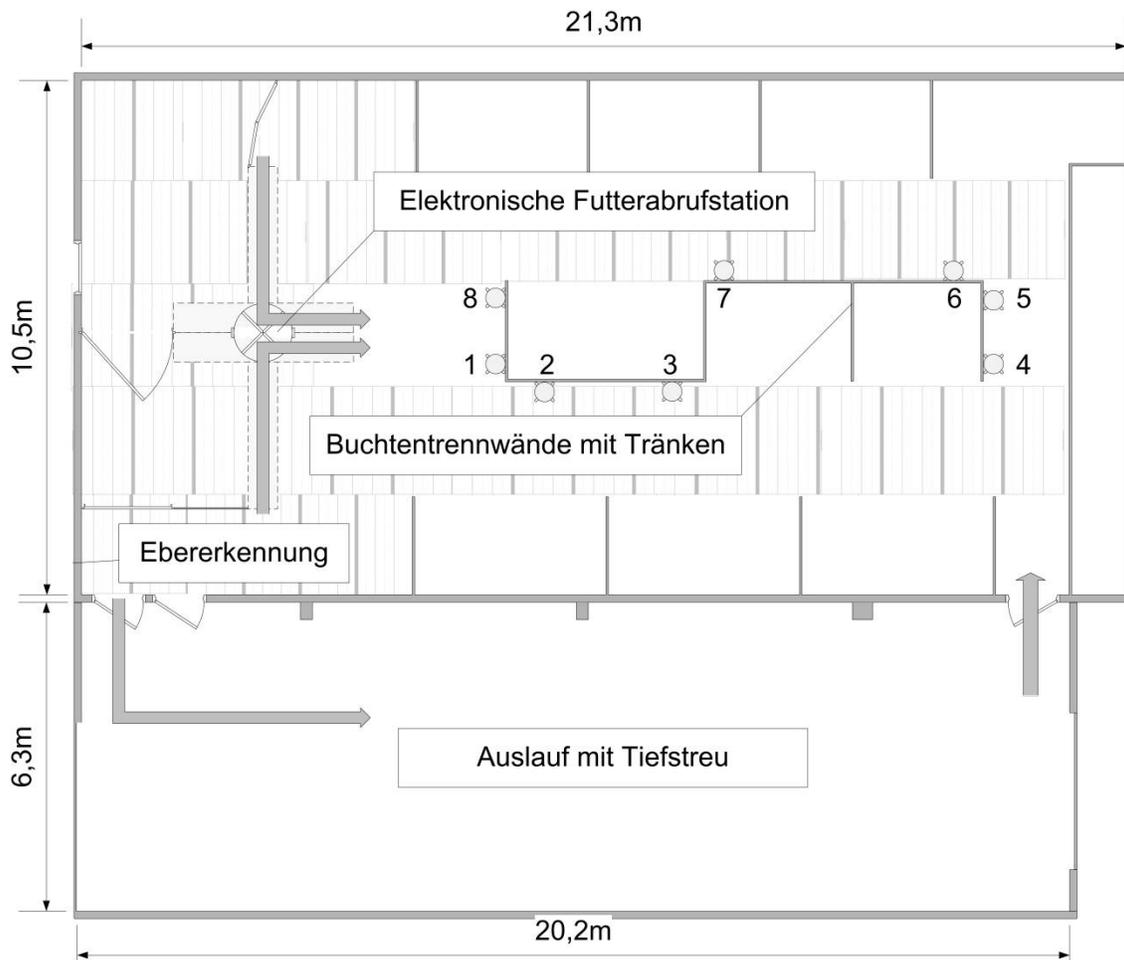


Abb. 19: Stallgrundriss Wartesauenstall an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof

Im Stallinneren teilte sich die Stallfläche in Ruhe- und Aktivitätsbereich. Die Liegebuchten waren mit planem Betonboden mit einem leichten Gefälle und Minimaleinstreu ausgestattet (Abb. 20). Im Aktivitätsbereich sowie im Selektionsbereich der EFA war dagegen hauptsächlich Spaltenboden vorhanden. An beiden Längsseiten des Stallgebäudes befanden sich Lichtbänder (Abb. 20). Zusätzlich wurde der Stall mit 15 Leuchtstoffröhren in der Zeit von 7 bis 17 Uhr erhellt.

Die Fütterungstechnik bestand aus zwei gewinkelten EFA (Compident VII, Schauer Agrotronic) mit einem angegliederten Selektionsbereich (in Abb. 19 links der Futterabrufstationen gelegen). Die Sauen konnten an insgesamt acht Schalen-Tränken mit Stift-

nippeln, die entlang der zentralen Liegebuchtenwände angebracht waren, ad libitum Wasser aufnehmen (Abb. 19).



Abb. 20: Bilder aus dem Wartesauenstall an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften, Standort Unterer Lindenhof. Links oben: Ausgangsbereich der elektronischen Futterabrufstation (EFA) und gegenüber Tränke 1 und Tränke 8. Rechts oben: Elektronische Futterabrufstationen. Links unten: Aktivitätsbereich mit Spaltenboden. Rechts unten: Liegebucht mit planbefestigtem Boden und Minimaleinstreu.

Den Auslauf konnten die Sauen über eine gefederte Tür in der Gebäudehülle und drei Betonstufen erreichen (Abb. 19 links). Über eine weitere dreistufige Treppe und eine Tür (Abb. 19 rechts) konnten die Sauen das Stallinnere wieder betreten. Im Auslauf wurde die plane Betonbodenplatte mit Stroh als Tiefstreu ausgestattet (Abb. 21). Da die Sauen auch im Auslauf Kot und Urin absetzten, wurde wöchentlich mindestens ein weiterer Strohrundballen in den Auslauf gegeben. Neben der Funktion als Tiefstreu diente das

Stroh den Sauen auch als Raufutter und Beschäftigungsmaterial. Mit der Zeit entwickelte sich so eine immer höher werdende Stroh-Mist-Matratze. Etwa alle drei Monate wurde die komplette Einstreu entfernt und erneuert.



Abb. 21: Auslauf des Wartesauenstalls an der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim (Panoramaaufnahme)

3.3 Datenerfassung und Datenaufbereitung

3.3.1 Integumentbeurteilungen und Locomotion Scoring

Um Informationen über den körperlichen Zustand der Sauen zu erhalten, wurde während einer 14-monatigen Verhaltensstudie zwei Mal wöchentlich jede Sau der Herde hinsichtlich ihres körperlichen Zustands, ihres Laufverhaltens und sonstiger Auffälligkeiten begutachtet und beurteilt. Im Rahmen zweier Abschlussarbeiten wurden zusätzlich zwei kürzere Intensivdatenerhebungen zum Fortbewegungsverhalten angestellt. Während dieser Intensivdatenerhebungen wurden auch Direktbeobachtungen einzelner Fokustiere vorgenommen. In der Regel wurden die Bonituren von der Versuchsanstellerin selbst und einer Versuchstechnikerin durchgeführt. Während der Direktbeobachtungen 2012 beobachteten außer der Versuchsanstellerin und Versuchstechnikerin drei weitere Personen das Fortbewegungsverhalten der Sauen. Die Bonituren und Direktbeobachtungen während der Intensivdatenerhebungen 2013 wurden von einer weiteren Person durchgeführt.

Da sich die Daten aus den verschiedenen Ursprüngen nicht unmittelbar auswerten ließen, musste die Daten zuerst aufbereitet werden. Im Folgenden werden hier nun die Details der Versuchsmethoden und die unterschiedliche Aufbereitung einzelner Datenherkünfte dargelegt.

Die Beurteilung des Integuments wurde zusammen mit der Benotung des Laufverhaltens, in der Regel an zwei Tagen in der Woche, zwischen dem 13.04.2012 und dem 31.05.2013, für alle Sauen, die sich an diesen Tagen in der Herde befanden, durchgeführt. Da zu Versuchsbeginn regelmäßig donnerstags neue Sauen in die Herde integriert wurden, war davon auszugehen, dass ab diesem Zeitpunkt für etwa 48 h Rankämpfe stattfanden. Um daraus resultierende Verletzungen möglichst schnell dokumentieren zu können, fanden die Bonituren jeweils freitags und dienstags statt.

Bei der Bonitur des Integuments wurde nach dem Ja-Nein-Prinzip vorgegangen. Das heißt, es wurde nur zwischen der An- oder Abwesenheit von Verletzungen unterschieden, aber nicht die Schwere dieser Verletzungen beurteilt. Dabei wurden folgende Kategorien bzw. Körperpartien unterschieden:

- Kopf, Hals und Ohren
- Schultern und Flanken
- Gesäuge
- Vulva
- Schwanz
- Beine

Wurde eine Verletzung für eine der definierten Kategorien festgestellt, notierte der Beobachter im Bewertungsbogen eine „1“. Konnte keine Verletzung festgestellt werden, dann wurde eine „0“ notiert.

Zusätzlich wurden ebenfalls nach dem Ja-Nein-Prinzip folgende mögliche Auffälligkeiten überprüft:

- Fieber
- Hecheln
- vaginaler Ausfluss

- sonstige Auffälligkeiten

Während einer ersten Phase der Verhaltensstudie wurde jede Art von Verletzung wie Bissspuren oder Kratzer festgehalten, unabhängig davon, wie intensiv oder alt die Auffälligkeiten waren. Mit der Zeit fiel auf, dass selbst kleinste Kratzer über Wochen immer wieder positiv bonitiert wurden und beinahe alle Tiere in jeder der genannten Kategorien mit „1“ bewertet wurden. Die Kategorien Fieber, Hecheln und vaginaler Ausfluss wurden dagegen nie mit „Ja“ bonitiert. So schien der grundsätzliche Gesundheitszustand der Sauen sehr gut zu sein und die Tiere litten unter so gut wie keinen Beeinträchtigungen, die auf die o.g. Kategorien zurückzuführen waren. Deswegen wurde im August 2012 dazu übergegangen nur noch Veränderungen, die von den Beobachtern aufgrund der bisher beobachteten Auffälligkeiten als extrem eingeschätzt wurden, mit „Ja“ bzw. „1“ zu bewerten. Außerdem wurden ab diesem Zeitpunkt nur noch die folgenden drei Kategorien unterschieden:

- tiefe, frische Kratzer am ganzen Körper
- starke Verletzungen der Vulva
- starke Veränderungen am Gesäuge
- sonstige Auffälligkeiten (Klauenverletzungen, Fieber, vaginaler Ausfluss usw.)

Um das Laufverhalten der Sauen beurteilen zu können, wurden auftretende Beeinträchtigungen im Laufverhalten oder -vermögen mit Hilfe eines vierstufigen Bonitursystems gemeinsam mit der Beurteilung des Integuments zwischen dem 13.04.2012 und dem 31.05.2013 durchgeführt. Das Laufverhalten wurde mit vier verschiedenen Locomotion Scores (FEET FIRST™, Zinpro Corporation, 2009) bewertet. Die Definitionen der einzelnen Locomotion Scores (LS) LS 0, LS 1, LS 2 und LS 3 sind in Tab. 6 dargelegt.

Tab. 6: Definition des Locomotion Scores (nach FEET FIRST™, Zinpro Corporation, 2009).

Locomotion Score	Definition
0	Die Sau bewegte sich sicher auf allen vier Beinen. Teilweise musste die Sau ein wenig angetrieben werden.
1	Die Sau bewegte sich relativ sicher, auf einem Bein war aber eine leichte Lahmheit zu erkennen. Sie belastete das Bein nach Möglichkeit nicht, bewegte sich aber sicher im Stall von einem Ort zum nächsten.
2	Die Lahmheit betraf eine oder mehrere Extremitäten. Die Sau zeigte ausgleichendes Bewegungsverhalten wie z.B. den Kopf hängen zu lassen oder den Rücken zu krümmen.
3	Ein Widerwillen gegen Laufen und Belastung einer oder mehrerer Extremitäten war zu erkennen. Es war äußerst schwierig das Tier von einem Ort zum anderen laufen zu lassen.

Jede Sau, die sich am jeweiligen Boniturtermin in der Herde befand, wurde nach diesem System bonitiert. Dazu wurden die Tiere wenn nötig aufgetrieben und angetrieben, so dass sie einige Meter liefen und der Locomotion Score bestimmt werden konnte. Damit eine einheitliche und möglichst objektive Einschätzung des Laufverhaltens gewährleistet werden konnte, wurde anhand von Beispielfideos (FEET FIRST™, Zinpro Corporation, 2009) die Einordnung der verschiedenen LS von den Beobachtern geübt. Während einer mehrwöchigen Phase wurde die Bonitierung von den Beobachtern parallel trainiert. Auch während der laufenden Beobachtungsstudie eichten sich die insgesamt sechs verschiedenen Beobachter mit Hilfe der Beispielfideos (FEET FIRST™, Zinpro Corporation, 2009) regelmäßig.

Da die Integumentbeurteilungen und die Bonituren des Laufverhaltens, das Locomotion Scoring, im Stall und an den Versuchstieren stattfanden, wurden die Ergebnisse zu-

nächst in vorbereiteten Tabellen handschriftlich notiert. Anschließend wurden die Ergebnisse in eine Excel Datei übertragen und über den gesamten Versuchszeitraum fortgeschrieben.

3.3.2 Direktbeobachtungen

Ein Teilziel der Versuchsanstellung war es, das Fortbewegungsverhalten der Wartesauen als Indikator für das Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring zu nutzen. Veränderungen im Fortbewegungsverhalten bzw. eine Reduzierung zurückgelegter Wegstrecken wurden speziell für lahme Sauen erwartet. Videoaufzeichnungen, die einen Großteil des Stallinneren abdecken sollten, waren durch die geringe Raumhöhe technisch nicht möglich. Deswegen wurden Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten der Wartesauen angestellt. Diese fanden im Rahmen zweier Abschlussarbeiten (FEGERT, 2012; BETZ, 2014) statt. Für die Beobachtungen wurden zunächst Fokustiere ausgewählt, mit Markierungsspray eindeutig gekennzeichnet und an jedem Beobachtungstermin deren Locomotion Score bestimmt. Da von möglichst vielen Tieren gleichzeitig Daten mit guter Genauigkeit gesammelt werden sollten, wurde eine Scan-Scampling Methode angewandt. Dabei wurde in Abständen von einer Minute die jeweilige Position dreier Fokustiere gleichzeitig für einen Zeitraum von 30 min auf einem Stallgrundrissplan (Maßstab 1:71) festgehalten. Um die zeitliche Abfolge der Aufenthaltsorte zu dokumentieren, wurden aufsteigenden Zahlen zwischen 1 und 29 entsprechend der vergangenen Minuten in den Plan eingezeichnet. Damit die Tiere möglichst wenig beeinflusst wurden, hielten sich die Beobachter, die den Innenbereich abdecken sollten, im Selektionsbereich der Futterabrufstationen (Abb. 19) auf und Beobachter, die den Auslauf abdecken sollten, befanden sich an der Längsseite des Auslaufs im Beobachtungsgang.

Direktbeobachtungen 2012

Von April bis Juni 2012 fanden sechs Wochen lang an jeweils drei Tagen zwischen 9:30 und 11:30 Uhr Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten von jeweils sechs

Fokustieren statt. Es wurden jede Woche zufällig zwei Tiere aus der bestehenden Gruppe und vier neue Integrationstiere als Fokustiere ausgewählt. Das Zeitfenster erschien hinsichtlich der Beobachtung von Fortbewegungsverhalten als sinnvoll, da die Tiere am Vormittag, wie in der Literatur beschrieben (TILGER, 2005), stets aktiv waren. Jeden Donnerstag wurden vier bis acht neue Sauen in die bestehende Herde integriert und am jeweils folgenden Freitag, Montag und Dienstag wurden die Beobachtungen durchgeführt. Da die Tiere während der Beobachtungen die Möglichkeit hatten, sich sowohl im Stall als auch im Auslauf aufzuhalten, wurden mehrere Beobachter benötigt. Im Auslauf musste ein Beobachter (im Extremfall) alle sechs Fokussauen gleichzeitig beobachten. Im Stallinnenbereich war die Sicht durch die Wände der Liegebuchten deutlich eingeschränkt. Deshalb wurde hier von zwei Beobachtern die Fortbewegung von jeweils drei der Fokussauen dokumentiert. Insgesamt waren sechs Personen (Versuchsanstellerin, Versuchstechnikerin, drei Studierende und ein Gastwissenschaftler) an den Beobachtungen beteiligt. Während der Direktbeobachtungen wurden die Aufenthaltsorte der Fokustiere mit Hilfe von maßstabsgetreuen Grundrissen des Stalls bzw. des Auslaufs festgehalten. Im Anschluss an die Direktbeobachtungen wurden die fortlaufenden Zahlen durch die kürzeste Linie miteinander verbunden, die Länge der Linien vermessen und mit dem entsprechenden Faktor multipliziert (Abb. 22). Dann wurden die minimal zurückgelegten Wegstrecken für jedes Fokustier innerhalb eines 30-Minuten-Intervalls mit Bezug auf den entsprechend bonitierten LS in einer xls-Datei gespeichert.

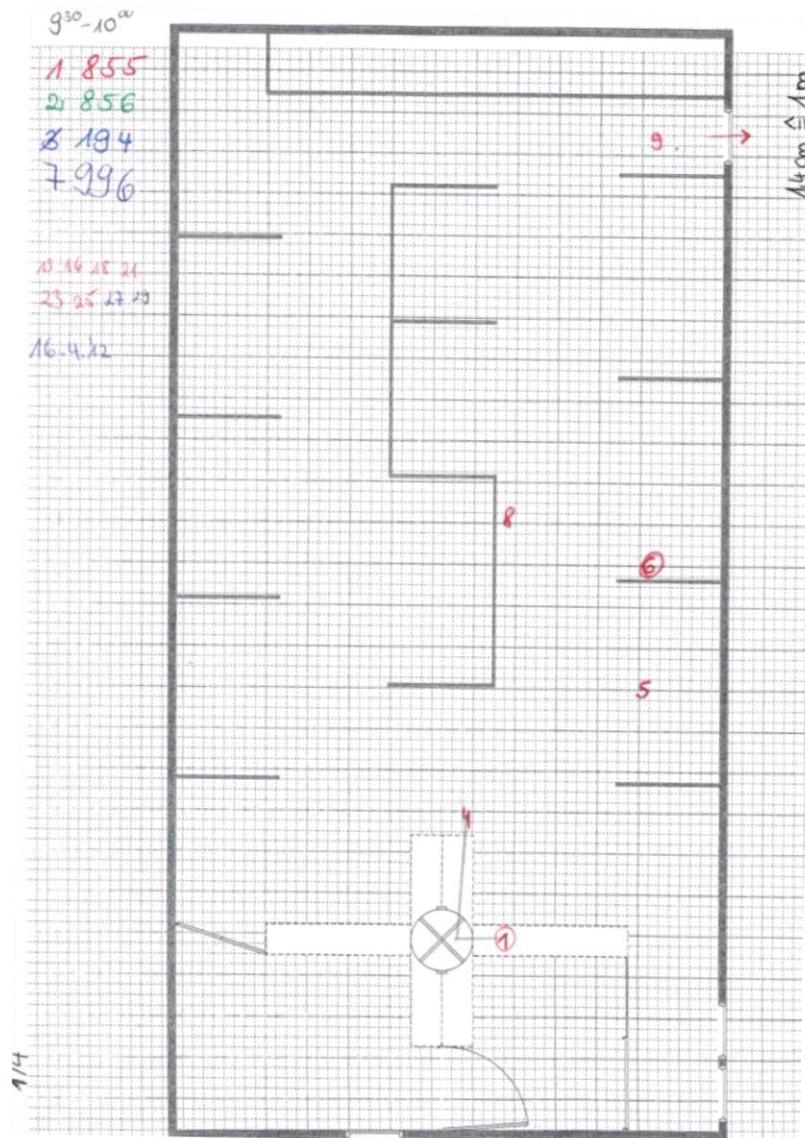


Abb. 22: Beispiel eines Dokumentationsbogens für die Direktbeobachtungen der Sauen 855 (rot), 856 (grün) und 996 (blau) zwischen 9:30 und 10:00 am 16.04.2012

Folgende Fragen sollten durch die Beobachtungen geklärt werden:

- In welcher Größenordnung und Spannweite liegen die zurückgelegten Wegstrecken der Fokussauen?
- Ist ein Einfluss durch Lahmheiten (LS) auf das Fortbewegungsverhalten feststellbar?
- Besteht eine erhöhte Aktivität der Herde am Tag nach der Integration (freitags)?

- Legen Integrationstiere größere Strecken zurück?
- Wie groß sind tierindividuelle Einflüsse?

Direktbeobachtungen 2013

Nach den Auswertungen der ersten Direktbeobachtungen von FEGERT (2012) wurde eine weitere Intensivdatenerhebung im August und September 2013 im Rahmen einer Masterarbeit (BETZ, 2014) durchgeführt. Da diesmal nicht die Möglichkeit bestand mit mehreren Personen zu beobachten, wurden nur drei Fokustiere zwölf Tage lang in Folge jeweils von derselben Person beobachtet. Im Beobachtungszeitraum wurde bewusst aus einem Pool von lahmen Tieren (LS 2 oder LS 3) zufällig eine Sau ausgewählt. Für die bessere Vergleichbarkeit wurden außerdem aus einem Pool von Sauen, die sich in einem ähnlichen Trächtigkeitsstadium befanden, zufällig zwei weitere Sauen ausgewählt. Es wurde wie bei den Direktbeobachtungen 2012 in 2-h-Intervallen beobachtet. Diese begannen immer jeweils um 6:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 oder 16:00 Uhr. Innerhalb der zwölf Beobachtungstage wurde jeweils zweimal zu jedem 2-h-Block beobachtet. Die Beobachtung des Auslaufs wurde diesmal durch Videotechnik abgedeckt. Folgende Fragestellungen sollten abgeklärt werden:

- Zu welcher Tageszeit sind die Sauen am aktivsten?
- Besteht ein Einfluss des Alters bzw. der Wurfnummer?
- Wie stark wirken sich Lahmheiten bzw. LS auf die zurückgelegten Wegstrecken aus?
- In welchem Verhältnis stehen beobachtete Wegstrecken und automatisch erfasste minimale Wegstrecken (s. 3.3.6) zueinander?

3.3.3 Eberkontakte

Als zusätzliches Managementtool war der Versuchsstall mit einer sogenannten Ebererkennung ausgestattet. Die Ebererkennung sollte dabei helfen, Sauen, die sich in der Herde befanden und umrauschten, zu identifizieren. Die Ebererkennung bestand aus

einer Öffnung in der Betonwand zur benachbarten Bucht, in der sich ein Eber befand. So konnten die Sauen den Eber sehen und riechen, Metallstäbe verhinderten aber den direkten Kontakt (Abb. 23).



Abb. 23: Ebererkennung im Wartesauenstall an der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim

Steckte eine Sau ihren Kopf durch die Öffnung in der Wand, wurde sie mittels ihres Ohrmarkentransponders und einer in der Eberbucht angebrachten RFID-Antenne erkannt. Die RFID-Antenne war mit einem RFID-Lesegerät und dieses wiederum mit dem Steuerungs-PC der elektronischen Futterabrufstationen verbunden. So wurden alle Besuche und Aufenthaltsdauern der einzelnen Sauen für jeden Tag aufgezeichnet. Am Ende eines jeden Tages wurde automatisch ein sogenanntes Eberprotokoll vom Steuerungs-PC erstellt. In diesem Protokoll waren folgende Informationen für jeden Besuch eines Tiers zusammengefasst:

- Start [hh:mm:ss]

- Ende [hh:mm:ss]
- Aufenthaltsdauer [ss]

Dieses Eberprotokoll wurde täglich automatisch auf den zentralen Daten-PC als csv-Datei exportiert. Für die weitere Datenauswertung mussten diese csv-Dateien nur geringfügig überarbeitet werden. Dazu gehörten die Formatierung der Zeit- und Datumsangaben sowie das Löschen einiger unwichtiger Spalten.

3.3.4 Trinkereignisse

Für die Erfassung der Trinkereignisse im Versuchsstall mit den Informationen Wassermenge, Tieridentität und Uhrzeit wurden an allen acht Tränken im Versuchsstall spezielle Umbauten vorgenommen. Für die Bestimmung der ausdosierten Wassermengen bei einzelnen Trinkereignissen wurde in jede der acht Wasserzuleitungen ein Wasserdurchflusszähler (Flüssigkeits-Strömungssensor, RS Components) eingebaut (Abb. 24). Der Wasserdurchflusszähler (Abb. 24 links) besteht aus einem Gehäuse mit Ober- und Unterteil, einem Flügelrad mit Magnetkontakten sowie einer Stromversorgung und einem Datenkabel. Wurde an der jeweiligen Tränke Wasser ausdosiert, wurden durch die Magnetkontakte des Flügelrads serielle Signale erzeugt. Die Wasserdurchflusszähler wurden mit Hilfe einer computergesteuerten Testvorrichtung, die ein steuerbares Magnetventil enthielt, kalibriert (QUINCKHARDT, 2010). Dafür wurde die Wasserzufuhr in mehreren definierten Intervallen von 30 s angestellt und abgestellt, die registrierte Anzahl an Signalen aufgezeichnet, das Volumen des geflossenen Wassers bestimmt und so für jeden Wasserdurchflusszähler ein Kalibrationswert errechnet. QUINCKHARDT (2010) stellte die Eignung der hier eingesetzten Wasserdurchflusszähler für einen Messbereich von 0,05 bis 10 L je min fest. Außerdem konnte die Messgenauigkeit nach Hersteller von 0,1 mL bestätigt werden (QUINCKHARDT, 2010).

Um die Anzahl der Signale aufsummieren und in digitale Signale umwandeln zu können, wurden alle Wasserdurchflusszähler mit einem Seriell-zu-Ethernet-Adapter (ICP Con ET-7051, ICP DAS CO., LTD) verbunden (Abb. 24, rechts), so dass die Signale über eine Ethernetleitung an einen zentralen Daten-PC weitergeleitet werden konnten. Mit Hilfe

einer projekteigenen Software wurde sekundlich der Zählerstand jedes Durchflussmessers abgefragt. Wenn eine Veränderung von > 5 Zählerinheiten im Vergleich zur letzten Abfrage festgestellt wurde, wurde der aktuelle Zählerstand mit einem Zeitstempel versehen und abgelegt. Vor dem Beginn und auch während der Versuchsphase wurden alle Wasserdurchflusszähler einmal monatlich auf ihre Funktionstüchtigkeit und Messgenauigkeit hin überprüft. Dazu wurde mehrmals Wasser an den Tränken ausdosiert, das Gesamtvolumen bestimmt und anschließend mit den aufgezeichneten Daten verglichen.

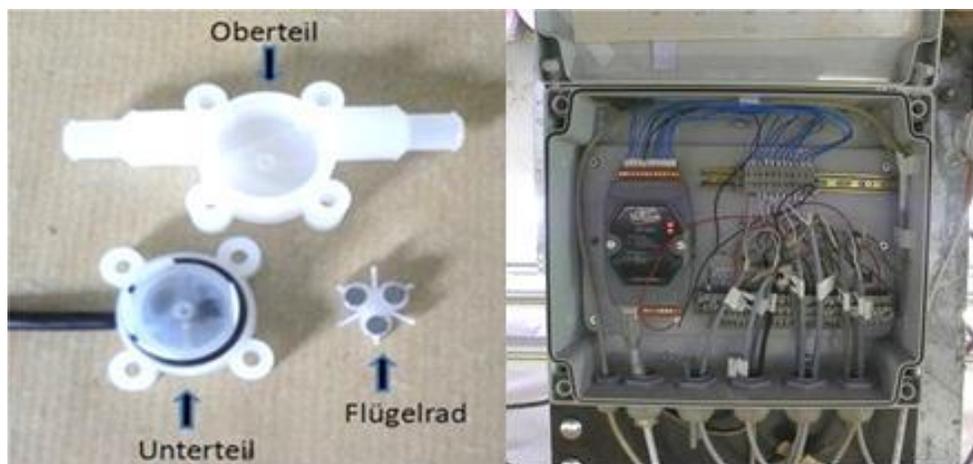


Abb. 24: Wasserdurchflusszähler (Flüssigkeits-Strömungssensor, RS Components) in Einzelbauteilen (links), Schaltkasten mit Stromversorgung und Datenkabeln der Wasserzähler sowie Seriell-zu-Ethernet-Adapter (ICP Con ET-7051, ICP DAS CO., LTD) (rechts)

Für die Ermittlung der tierindividuellen Wasseraufnahme war, neben der Bestimmung des Volumens eines Trinkereignisses, ebenfalls eine Zuordnung zum jeweiligen trinkenden Tier nötig. Deswegen wurden jeweils links und rechts von jeder Tränke Abtrennungen an den Buchtenwänden angebracht, damit immer nur eine Sau an der Tränke stehen und trinken konnte. Die Abtrennungen bestanden aus einer beschichteten Multiplexplatte von ca. 50 cm Breite und 60 cm Länge und war durch einen Stahlrohrrahmen gegen Verbiss geschützt und mit einem Stützfuß versehen (Abb. 25, links). Für die Identifikation des Tieres wurde jeweils an die Abtrennung rechts der Tränken eine

RFID-Antenne angebracht (Abb. 25, Mitte). Die RFID-Antennen bilden im Idealfall nach rechts und nach links jeweils keulenförmige Lesefelder aus. Die hier verwendeten RFID-Antennen konnten die verwendeten RFID-Ohrmarkentransponder in einer Entfernung von etwa maximal 50 cm lesen. Um sicherzustellen, dass nur das jeweilige Tier, das sich unmittelbar an der Tränke befand, erkannt wurde, musste das Lesefeld entsprechend nach außen abgeschirmt werden. Dazu wurden beide Abtrennungen jeweils auf der Außenseite zusätzlich mit einem verzinkten Stahlblech versehen (Abb. 25, rechts).



Abb. 25: Links: Abtrennungen neben den Tränken. Mitte: Rechte Abtrennung mit RFID-Antenne. Rechts: Metallplatten auf den Außenseiten zur Abschirmung der Antennenlesefelder.

Da sich die acht Tränken im Versuchsstall relativ nah beieinander befanden, wurde für die Informationsverarbeitung und Weiterleitung der Antennensignale ein Mehrfachlesegerät eingesetzt. An diesen Multiplexer konnten gleichzeitig acht RFID-Antennen angeschlossen werden. Die Informationen wurden getrennt für jede Antenne ebenfalls an den zentralen Daten-PC weitergeleitet.

Sowohl die erfassten RFID-Leseergebnisse an den acht Antennen als auch die Daten der Wasserzähler für jede Tränke wurden zunächst auf einem zentralen Datenerfassungs-PC getrennt voneinander gesammelt. Aus diesen beiden Datenquellen wurden die Trinkereignisse für jedes Tier generiert werden. Um die Qualität der Daten zu prüfen,

wurden während einer mehrtägigen Testphase die aufgezeichneten Rohdaten mit parallel aufgezeichneten Videoaufnahmen verglichen. Dabei fiel auf, dass die Sauen während des Trinkens häufig das Wasserausdosieren kurz unterbrachen. In einigen Fällen bewegten die Sauen ihren Kopf bzw. ihr Ohr kurz aus dem Lesefeld der entsprechenden RFID-Antenne, so dass für einige Sekunden der entsprechende Ohrmarkentransponder nicht gelesen wurde, obwohl stellenweise Signale des Wasserzählers aufgezeichnet wurden. Teilweise vertrieben sich Sauen auch gegenseitig von den Tränken. So konnte es sein, dass innerhalb von Sekunden nacheinander zwei verschiedene Sauen an der gleichen Tränke Wasser abriefen. Damit die aufgezeichneten Signale den richtigen Tieren zugeordnet werden konnten, mussten logische Regeln für die Bildung von Trinkereignissen aufgestellt werden. Ein Trinkereignis begann dann, wenn ein Tier registriert wurde. Die Zählerstandsänderungen an der entsprechenden Tränke wurden mit 5 s Vor- und Nachlauf diesem Trinkereignis zugeordnet. Sobald der Signalfluss des Wasserzählers länger als 5 s unterbrochen war, galt das Trinkereignis als abgeschlossen. Ein Trinkereignis galt ebenfalls als abgeschlossen, sobald ein anderer RFID-Transponder registriert wurde oder wenn für mehr als 60 s gar kein RFID-Transponder registriert wurde.

3.3.5 Fressereignisse

Die Erfassung der Fressereignisse der Sauen erfolgte mit Hilfe der elektronischen Futtermabrufstation (EFA). An der EFA wurden über die RFID-Ohrmarkentransponder für jedes Tier der Herde täglich Informationen erfasst und in einem Fressprotokoll, welches über den Steuerungs-PC der Abrufstationen einsehbar war, zusammengefasst. Mit Hilfe des Steuerungs-PC konnten die nötigen Einstellungen an den EFA vorgenommen werden.

Dazu gehörte zum einen die Definition der Öffnungszeiten der Abrufstationen, d.h. des Zeitraums, in dem die Sauen die Abrufstationen betreten und Futter aufnehmen konnten. Zum anderen konnte durch den Steuerungs-PC das Ausdosieren des Futters und Wassers eingestellt werden. In diesem Fall startete ein neuer Fütterungszeitraum um

03:00 Uhr und endete um 16:00 Uhr. Als die Herdengröße sich auf ca. 90 Tiere vergrößert hatte, wurde die Öffnungszeit bis 16:30 Uhr verlängert. Des Weiteren war es notwendig, mittels des Steuerungs-PCs jeder Sau ein bestimmtes Futteranrecht zuzuordnen. Dies geschah im Versuchsstall anhand einer definierten Futterkurve, die sich am Trächtigkeitstag der Sauen orientierte. Die Futterkurve startete im Normalfall bei 2,7 kg und erhöhte sich ab dem 76. Trächtigkeitstag auf 3,3 kg. Innerhalb des Versuchszeitraums waren beide EFA so eingestellt, dass die Sauen alle 30 s eine Portion Futter von etwa 70 g erhielten. Gleichzeitig wurde jeweils die dreifache Menge an Wasser über ein zeitlich gesteuertes Magnetventil zudosiert. Dieser Prozess wiederholte sich so lange, wie das Tier in der EFA anwesend war bzw. bis die maximale Futtermenge ausdosiert worden war. Bewegte sich eine Sau vorher aus dem Lesefeld der RFID-Antenne, wurden der Futtertrog weggeschwenkt, die Einlasstüren wieder geöffnet und das nächste Tier konnte die Station betreten.

Wenn alle Tiere vor dem Ende der Öffnungszeit um 16:00 bzw. 16:30 Uhr ihr Futter abgerufen hatten, wurden beide EFA bis zum Beginn des nächsten Fresszyklus verschlossen. Am Ende jedes Fresszyklus wurden vom Steuerungs-PC der EFA zu einem bestimmtem Zeitpunkt mehrere Tagesprotokolle erstellt. Dazu gehörte auch das sogenannte Fressprotokoll. In diesem Fressprotokoll wurden alle Besuche der einzelnen Tiere an den beiden EFA für den aktuellen Tag mit folgenden Informationen aufgelistet:

- Tiername
- Start [hh:mm:ss]
- Ende [hh:mm:ss]
- abgerufene Futtermenge [kg]
- Stationsnummer

Da in den Fressprotokollen nicht die entsprechend ausdosierte Wassermenge je Fressereignis hinterlegt war, wurden diese Volumina berechnet. Um sicherzugehen, dass tatsächlich Wasser und Futter im Verhältnis 3:1 ausdosiert wurde, wurden in mehreren Testläufen die ausdosierten Wassermengen ausgelitert.

Die Fressprotokolle wurden gleichzeitig mit den Eberprotokollen täglich vor dem erneuten Öffnen der EFA automatisch auf den zentralen Daten-PC als csv-Datei exportiert.

Auch die aus den Futterprotokollen erstellten csv-Dateien mussten für die weitere Datenauswertung nur geringfügig überarbeitet werden.

3.3.6 Wegstrecken

Die Erfassung der Wegstrecken geschah über einen indirekten Ansatz mit Hilfe der Tieridentifizierungen an verschiedenen Stellen im Versuchsstall. Insgesamt wurden die Wartsauen mittels RFID-Technologie an den folgenden 13 verschiedenen Orten im Versuchsstall registriert:

- acht Tränken
- zwei elektronische Futterabrufstationen
- zwei Türen zwischen Auslauf und Stall
- eine Ebererkennung

Da bei jeder Registrierung der Sauen der Ort, der Zeitpunkt und die Tieridentität dokumentiert werden konnten, war es möglich, für jedes Tier eine zeitliche Reihenfolge für die nacheinander aufgesuchten Orte zu erstellen. Für die Kalkulation der zurückgelegten Wegstrecken wurde die minimale Entfernung zwischen den Registrierungspunkten ermittelt und festgelegt. Wurde ein Tier zweimal hintereinander an der gleichen RFID-Antenne registriert, wurde davon ausgegangen, dass sich das Tier nicht bewegt hatte und somit 0 m gelaufen war. Um das Betreten und Verlassen des Auslaufs tierindividuell und eindeutig bestimmen zu können, wurden auch im Bereich der Schwingtüren RFID-Antennen angebracht. Allein die Registrierung im Bereich der Türen konnte aber noch nicht das Betreten oder Verlassen des Auslaufs eindeutig bestätigen. Deshalb wurde ein „Einbahnstraßenverkehr“ für das Betreten und Verlassen des Auslaufs eingerichtet. Dies geschah durch die Gestaltung eines Ganges hinter der jeweiligen Schwingtür mit Hilfe einer Buchtentrennwand aus Kunststoff (Abb. 26).

In diesen konstruierten Gängen wurden die Sauen ebenfalls mit je einer weiteren RFID-Antenne registriert (Abb. 26). Damit der jeweilige Gang nur von einer Seite her betreten und nur zur anderen Seite verlassen werden konnte, wurde am Ende eine gefederte

zweigeteilte Schleusentür eingebaut (Abb. 26, mittig), wie sie auch in den Ausgängen der EFA verbaut sind.



Abb. 26: Konstruierter Gang mit Schleusentür (links) und RFID-Antenne zur Registrierung (mittig) mit dazugehörigem RFID-Lesegerät und Stromversorgung (rechts)

In regelmäßigen Abständen wurden die Rohdaten aus den Fressprotokollen und Eberprotokollen des Steuerungs-PCs der EFA und der eigens aufgezeichneten Registrierungen an den RFID-Antennen der Tränken und der Türen zum Auslauf bzw. zum Stall zusammengeführt. Mit Hilfe der definierten Mindestentfernungen aller 13 RFID-Antennen zueinander konnte eine Datei erstellt werden, die die Lokalisierungen der Sauen mit dazugehöriger minimaler Wegstrecke enthielt. Auf diese Weise konnten tierindividuelle Mindestwegstrecken für definierte Zeiträume berechnet werden (s. 4.3.1., Abb. 57).

Die erzeugte Datei, die die minimal zurückgelegten Wegstrecken enthielt, musste ebenfalls nur bezüglich Zeit- und Datumsangaben überarbeitet werden.

3.3.7 Klimadaten

Die klimatischen Bedingungen der Haltungsumgebung stellen wichtige Einflussfaktoren für das Verhalten der Sauen speziell im Hinblick auf den Bedarf an Wasser dar. Sowohl im Stall als auch im Auslauf des Versuchsstalls wurde jeweils ein Datenlogger installiert, so dass alle zehn Minuten sowohl die Temperatur als auch die relative Feuchte der Luft gemessen wurden. Die erfassten Messwerte wurden auf einer Speicherkarte abgespeichert, regelmäßig ausgelesen und in einer xls-Datei abgelegt.

Die Temperatur- und Luftfeuchtedaten der Datenlogger mussten nur geringfügig überarbeitet werden.

3.3.8 Gesamtdatensätze

Nach den Datenaufbereitungen lagen die Daten in verschiedene Excel-Dateien vor, deren Informationen für eine umfassende Auswertung zusammengeführt werden mussten. Dazu wurden die Informationen aus folgenden Dateien in einer Masterdatei zusammengeführt:

- Datei Eberkontakte
- Datei Trinkereignisse
- Datei Fressereignisse
- Datei minimale Wegstrecken
- Datei Boniturergebnisse
- Datenexporte aus Managementprogramm SUPERSAU

Auf dem Versuchsbetrieb wurde für die Bestandsverwaltung der gehaltenen Schweine das Programm SUPERSAU (Claas Agrocom, Deutschland) verwendet. Hier konnten über einen Datenexport zusätzlich benötigte Daten wie Decktermine und Wurfnummern genutzt werden.

In Abb. 27 sind die verschiedenen Datenherkünfte und die verschiedenen Erfassungssysteme in einem Übersichtsschema dargestellt.

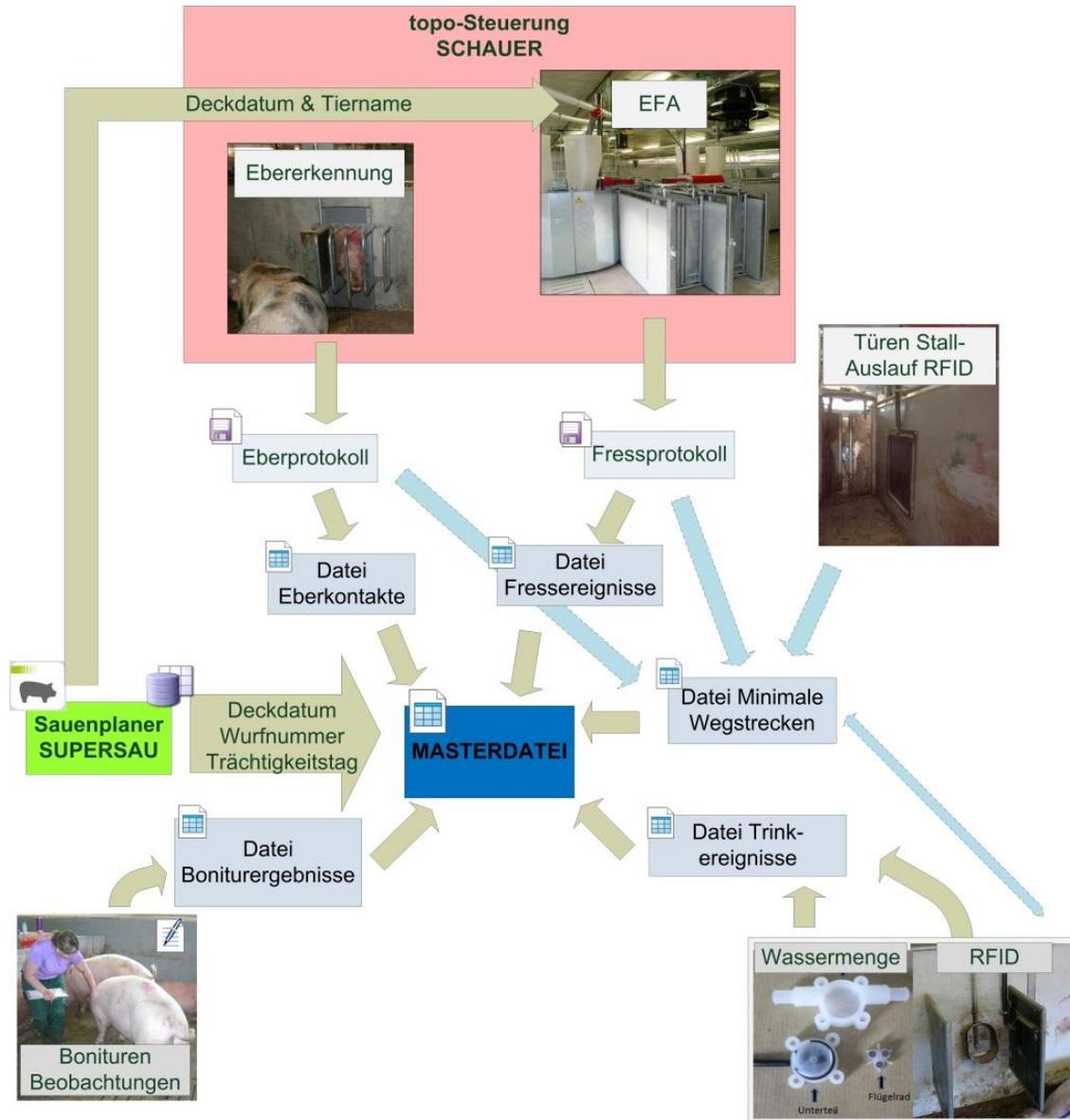


Abb. 27: Schema für die Erstellung der Masterdatei mit allen Datenherkünften

Die Basis der erstellten Masterdatei stellen die verschiedenen Registrierungspunkte der Sauen an den 13 RFID-Antennen dar. Jedem Ereignis wurden entsprechende Attribute zugeordnet. Handelte es sich um die Registrierung in der EFA während der Futterauf-

nahme, wurden die entsprechende Stationsnummer und die dabei aufgenommene Futtermenge angefügt. Außerdem wurde für jede Sau und jeden Tag anhand der täglichen Fressreihenfolge der entsprechende Fressrang (FR) bestimmt. Um bei schwankenden Gruppengrößen eine bessere Vergleichbarkeit zu erhalten, wurden zusätzlich die relativen Fressränge (rFR) in Abhängigkeit vom Fressrang (FR = Nummer in der Fressreihenfolge) und der Anzahl der Tiere in einer Gruppe (Anzahl Tiere) berechnet ($0 < rFR < 1$):

$$rFR = \frac{FR}{\text{Anzahl Tiere} + 1}$$

Des Weiteren wurden Informationen wie der Trächtigkeitstag, die aktuelle Wurfnummer, die Tagessumme an minimal zurückgelegter Wegstrecke, Anzahl Trinkereignisse, Menge an ausdosiertem Wasser usw. entsprechend zugeordnet. Unter dem Sammelbegriff „Fußerkrankungen“ wurden alle Verletzungen, die die Extremitäten der Sauen betrafen, zusammengefasst. Dazu gehörten u.a. Afterklauenabbrisse, Kronsaumverletzungen und anderweitige Wunden, die die Fußregionen bzw. Klauen betrafen.

In der Masterdatei wurden diese Daten dann zu sogenannten Tiertagen aggregiert. Bei der Analyse der Daten wurde sich häufig auf diese Tiertage bezogen. Als Tiertage wurden die aggregierten Tagesdatensätze der Tiere, welche sich in der Wartesauengruppe befanden, bezeichnet. Die weiteren Auswertungen wurden anhand der folgenden Datensätze vorgenommen.

Am 13.04.2012 wurde mit der automatischen Datenerhebung, den Integumentbeurteilungen und dem Locomotion Scoring begonnen. Um mit einem ausreichend großen Datensatz die Modellierung der Monitoringmodelle vornehmen zu können, wurde aus den bis 31.05.2013 durchgeführten Beobachtungen und gesammelten Daten ein Masterdatensatz erstellt. Der Masterdatensatz wurde vom Institut für Angewandte Mathematik und Statistik (Universität Hohenheim) (BRACHATZEK, 2014) hinsichtlich der Möglichkeiten zur Modellierung von Monitoringmodellen untersucht. Die Stich-

probenanzahlen sowie die Anzahl an individuellen Tieren für die verschiedenen Messgrößen des Masterdatensatzes sind in Tab. 7 aufgeführt.

Tab. 7: Masterdatensatz für den Versuchszeitraum 13.04.2012 bis 31.05.2013

	Stichprobenanzahl	Anzahl verschiedener Tiere
Trinkereignisse ¹	71852	188
Fressereignisse ²	32763	199
Minimale zurückgelegte Wegstrecken ²	32763	199
Umrauschen ³	54	40
Locomotion Scores ⁴	8268	192
Lahmheiten (LS 2 & LS 3) ⁴	365	192
Fußkrankheiten (ohne Lahmheiten) ⁴	72	37

¹ 395 Messtage, ² 414 Messtage, ³ 175 verschiedene Boniturtermine, ⁴ 47 verschiedene Boniturtermine

Für die eigenen Analysen wurde dieser Masterdatensatz geringfügig überarbeitet und unvollständige Messtage eliminiert (Tab. 8). Da der Einbau der Schleusen mit RFID-Erkennung an den Ein- und Ausgängen zum Auslauf des Gruppenhaltungsstalls (Abb. 26) erst Ende des Jahres 2012 realisiert werden konnte, entstanden zu diesem Zeitpunkt während der bereits laufenden Datenerhebung zwei neue Registrierungspunkte. In den eigenen Auswertungen in Kapitel 4.3 wurde bzgl. der minimal zurückgelegten Wegstrecken nur auf die Daten zurückgegriffen, die nach dem Einbau der RFID-Antennen bei den Türen und der erfolgreichen Einbindung dieser in die Software entstanden (20.01. bis 31.05.2013).

Tab. 8: Reduzierter Datensatz ohne unvollständige Messtage innerhalb des Versuchszeitraums 13.04.2012 bis 31.05.2013

	Stichprobenanzahl	Anzahl verschiedener Tiere
Trinkereignisse ¹	69577	199
Fressereignisse ¹	28537	192
Minimale zurückgelegte Wegstrecken ²	10872	146
Umrauschereignisse ¹	49	39
Locomotion Scores ³	7128	192
Fußkrankheiten (mit Lahmheiten) ⁴	86	42

¹ 372 Messtage, ² 130 Messtage, ³ 145 Boniturtermine, ⁴ 129 Boniturtermine

In Kapitel 4.3.1 werden die Ergebnisse der Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten der Sauen aus 2012 und 2013 verglichen. Die dabei erhobenen Datensätze sind in Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9: Datensätze der Direktbeobachtungen 2012 und 2013 zum Fortbewegungsverhalten der Wartesauen

	2012	2013
Beobachtungsfenster	09:30 - 11:30 h	6:00 - 18:00 h
Beobachtungsintervall	2 h	2 h
Beobachtungstage	18	12
Fokussauen je Beobachtungsintervall	6	3
Datensätze	132	36
Anzahl verschiedener Tiere	35	3

Für die drei Indikatoren Wasseraufnahmeverhalten, Futteraufnahmeverhalten und Fortbewegungsverhalten wurde mit Hilfe des Programms OriginPro 9.0G eine explorative Datenanalyse durchgeführt, bei der beschreibende Parameter wie Mittelwert, Median, Perzentile und Standardabweichungen bestimmt wurden. Um diese Parameter grafisch darzustellen und Datensätze vergleichen zu können, wurden ebenfalls mit Hilfe von OriginPro 9.0G Säulen- und Verlaufsdiagramme sowie Box-Plots angefertigt. Bei den Box-Plots zeigen die horizontalen Linien der Box die 25-, 50(Median)- und 75-Perzentile an. Das quadratische Symbol in der Box steht für den Mittelwert. Die Begrenzungsstriche an den Fehlerbalken außerhalb der Box symbolisieren die 5- und 95-Perzentile. Die Kreuze außerhalb der Fehlerbalken stehen für die 1- und 99-Perzentile und die Striche für das Minimum und das Maximum.

In Kapitel 4.4 werden die Analyseergebnisse zur Erstellung von Monitoringmodellen, die in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Mathematik und Statistik der Universität Hohenheim (BRACHATZEK, 2014) entstanden, dargestellt.

4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Trinkereignissen, Fressereignissen und zur Fortbewegung präsentiert. Die Auswirkungen möglicher Gesundheitsbeeinträchtigungen und von Umrauschereignissen werden dargestellt und im Kontext der Literatur diskutiert. Schließlich werden beispielhafte Ansätze für indikatorgestützte Monitoringmodelle beschrieben.

4.1 Trinkereignisse

Die 69577 Trinkereignisse werden zuerst allgemein charakterisiert und im Hinblick auf allgemeine Einflussfaktoren wie Tierrasse, Kalendermonat und Wurfnummer analysiert.

4.1.1 Allgemeine Beobachtungen

In Abb. 28 ist die ausdosierte Wassermenge je Trinkereignis über den kompletten Versuchszeitraum dargestellt. Deutlich zu erkennen sind einige Phasen, in denen wegen technischer Störungen keine Daten aufgezeichnet wurden (z.B. Juli 2012). Insgesamt zeigt sich aber ein recht einheitliches Bild über die 14 Monate der Datenerhebung. Nur vereinzelt fallen Trinkereignisse mit hohen Volumina auf.

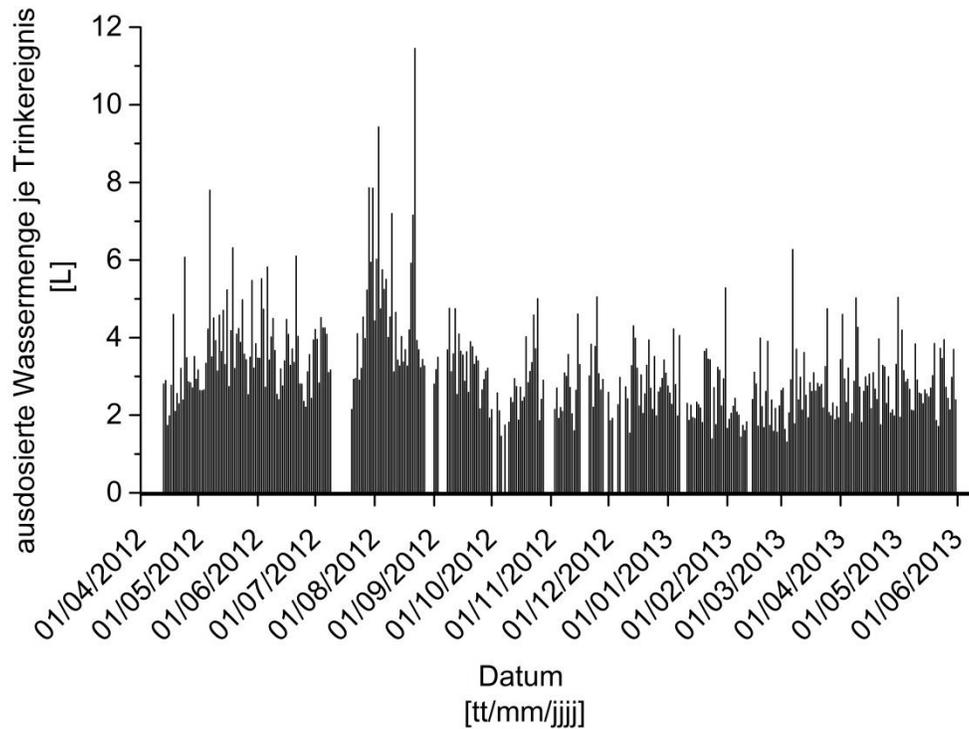


Abb. 28: Zeitliche Verteilung der erfassten 69577 Trinkereignisse mit ausdosierter Wassermenge je Trinkereignis über den gesamten Versuchszeitraum (13.04.2012 bis 31.05.2013)

In Abb. 29 ist die Größenverteilung der ausdosierten Wassermengen je Trinkereignis dargestellt. Über alle erfassten Trinkereignisse wurden Volumina zwischen minimal 2 mL und maximal 11,45 L Wasser ausdosiert. Im Mittel wurden dabei jeweils 0,53 L Wasser ausdosiert und der Median befand sich bei 0,39 L. Die Grenze des 25-Perzentils lag bei 0,19 L und die Grenze des 75-Perzentils bei 0,69 L ausdosierter Wassermenge je Trinkereignis. Die maximal ausdosierte Menge an Wasser von 11,45 L kann als realistisch betrachtet werden, da es für die Sauen physiologisch möglich ist solche Volumina aufzunehmen.

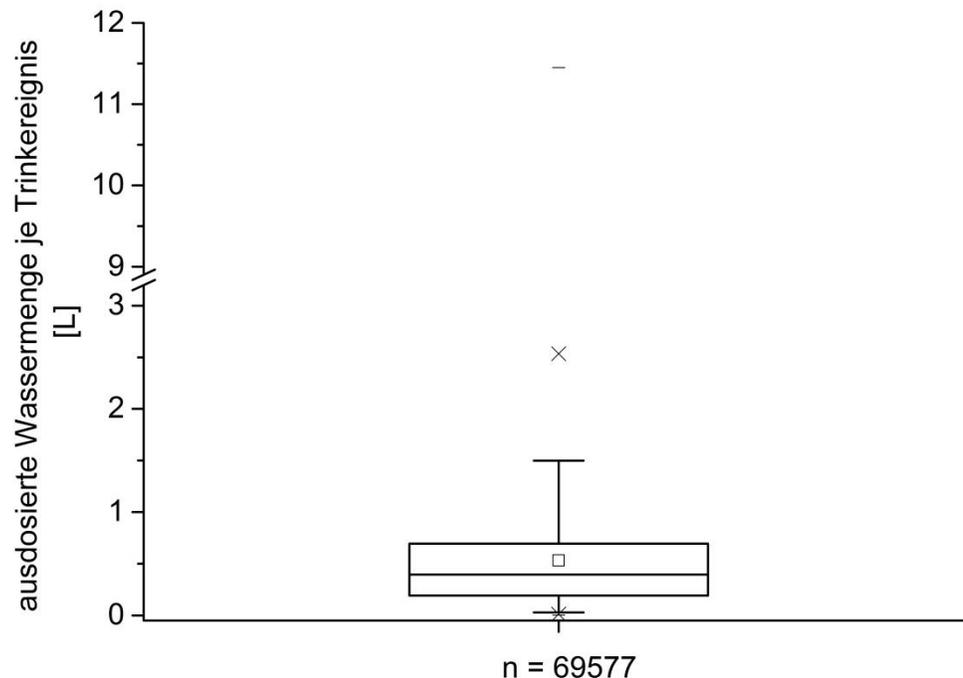


Abb. 29: Größenverteilung der ausdosierten Wassermengen aller erfassten Trinkereignisse im gesamten Versuchszeitraum (13.04.2012 bis 31.05.2013)

Da den Sauen insgesamt acht Tränken im Versuchsstall zur Verfügung standen, ist in Abb. 30 die räumliche Verteilung der Trinkereignisse mit der jeweils ausdosierten Wassermenge auf die Tränken 1 (T1) bis 8 (T8) dargestellt. Die Verteilung der ausdosierten Wassermengen unterschied sich an den acht Tränken nur geringfügig. Sowohl der höchste Mittelwert (0,73 L) als auch der höchste Median (0,56 L) für die ausdosierten Wassermengen wurden an der Tränke 3 (T3) festgestellt. Allerdings verteilten sich die 69577 ausgewerteten Trinkereignisse sehr ungleich auf die acht Tränken, denn 46,8 % der Trinkereignisse wurden an Tränke 1 erfasst und 36 % an Tränke 3. So wurden lediglich 17,2 % der ausgewerteten Trinkereignisse an den restlichen sechs Tränken (T2 und T4 bis T8) erfasst.

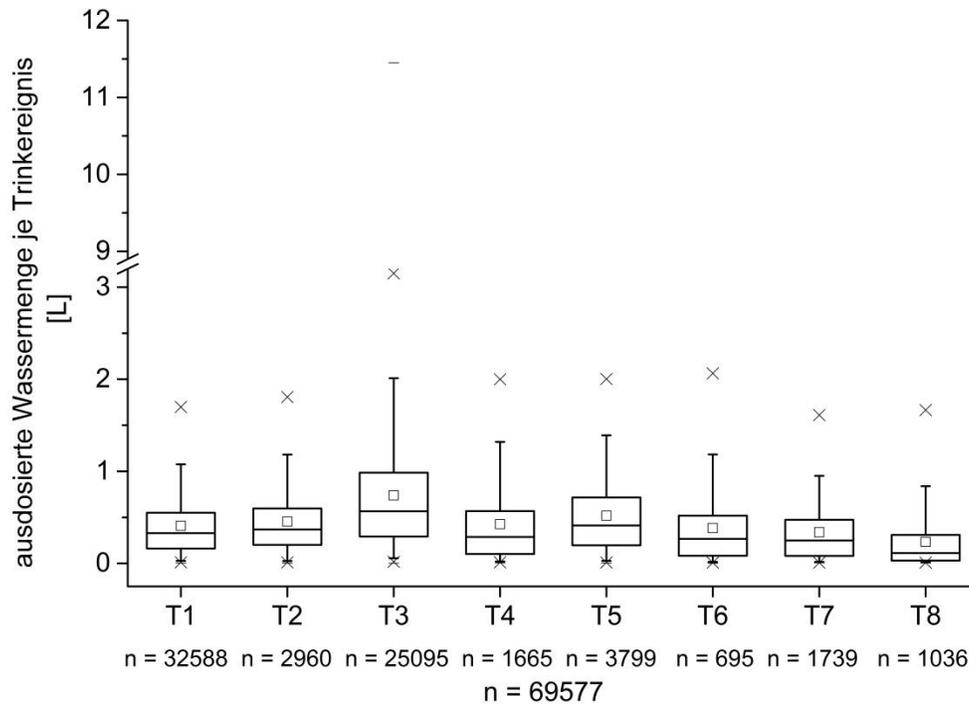


Abb. 30: Räumliche Verteilung aller erfassten Trinkereignisse mit jeweils ausdosierter Wassermenge an acht verschiedenen Tränken (T1 bis T8)

In Abb. 31 ist die Verteilung der ausgewerteten Trinkereignisse je Tier und Tag für 29552 Tiertage (s. Kapitel 3.3.8) dargestellt. Danach wurden für 25 % der Tiertage keine Trinkereignisse festgestellt. Im Durchschnitt trank ein Tier innerhalb des Versuchszeitraums 2,4-mal wobei der Median bei lediglich einem Trinkereignis je Tier und Tag lag. Maximal wurden an einem Tag 37 Trinkereignissen für ein Tier festgestellt.

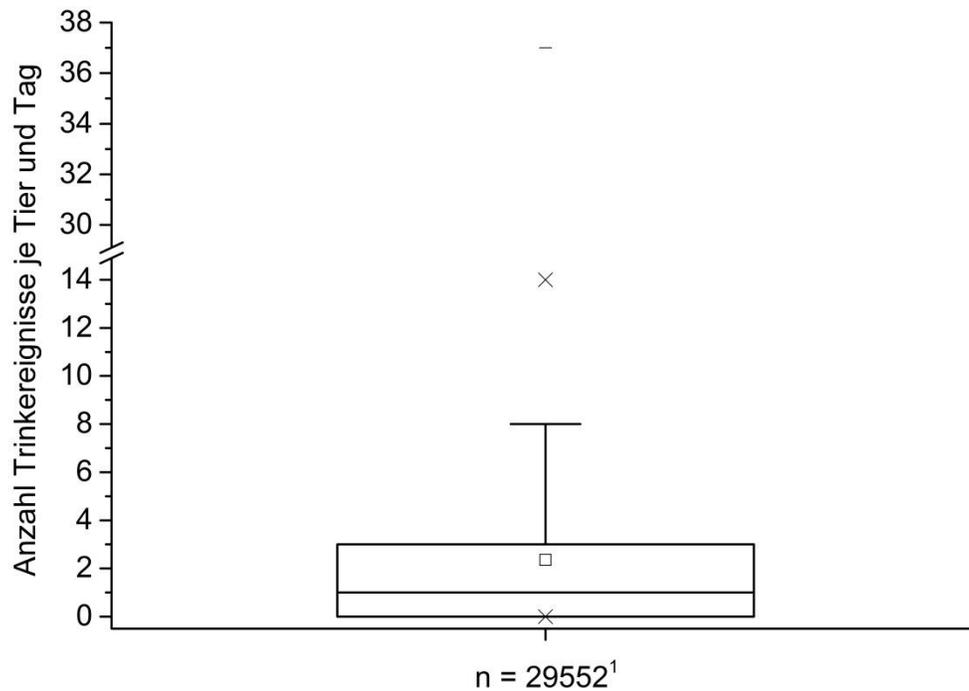


Abb. 31: Verteilung der Anzahl aller ausgewerteten Trinkereignisse (69577) je Tier und Tag für $n = 29552$ Tiertage

¹ 372 Messtage und 199 verschiedene Sauen

Da sich insgesamt eine große Spannweite für die ausdosierte Wassermenge je Trinkereignis (Abb. 29) und die Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag (Abb. 31) ergab, wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Trinkereignisse und der dabei ausdosierten Menge an Wasser bestand (Abb. 32). Dieser Zusammenhang konnte hier aber nicht festgestellt werden, denn es zeigten sich vergleichbare Größenverteilungen der Trinkereignisse unabhängig davon, wie häufig ein Tier innerhalb eines Tages trank (Abb. 32).

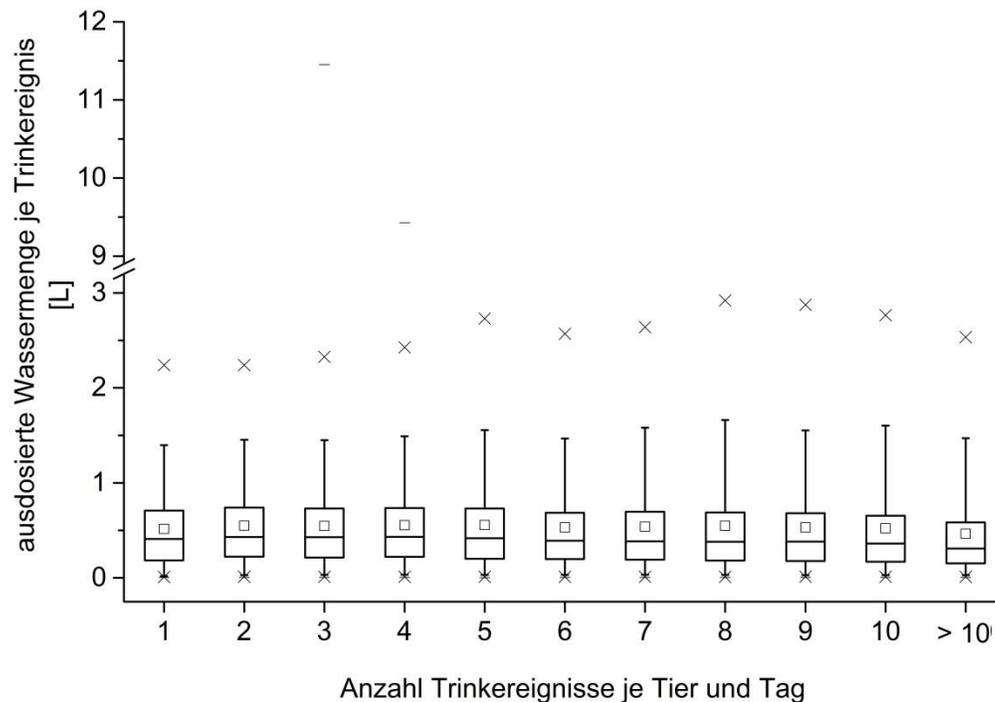


Abb. 32: Verteilung der ausdosierten Wassermengen je Trinkereignis, kategorisiert nach der Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag (1: n = 4723, 2: n = 7790, 3: n = 8835, 4: n = 8356, 5: n = 7500, 6: n = 6600, 7: n = 5285, 8: n = 4240, 9: n = 3465, 10: n = 2620 und > 10: n = 10163)

In Abb. 33 sind die ausdosierten Wassermengen (insgesamt 36986 L) aller Trinkereignisse jeweils im Tagesverlauf aufsummiert. Die Trinkereignisse, und somit die ausdosierten Wassermengen, verteilten sich über den gesamten 24h-Tag. Allerdings ist eine deutliche 24h-Periodik mit Höhepunkten zwischen 9:00 und 10:00 Uhr sowie von 14:00 bis 16:00 Uhr zu erkennen. In den Nachtstunden wurde verhältnismäßig wenig Wasser ausdosiert, die große Mehrheit von 89 % der ausdosierten Volumina wurde zwischen 6:00 und 18:00 Uhr ausdosiert.

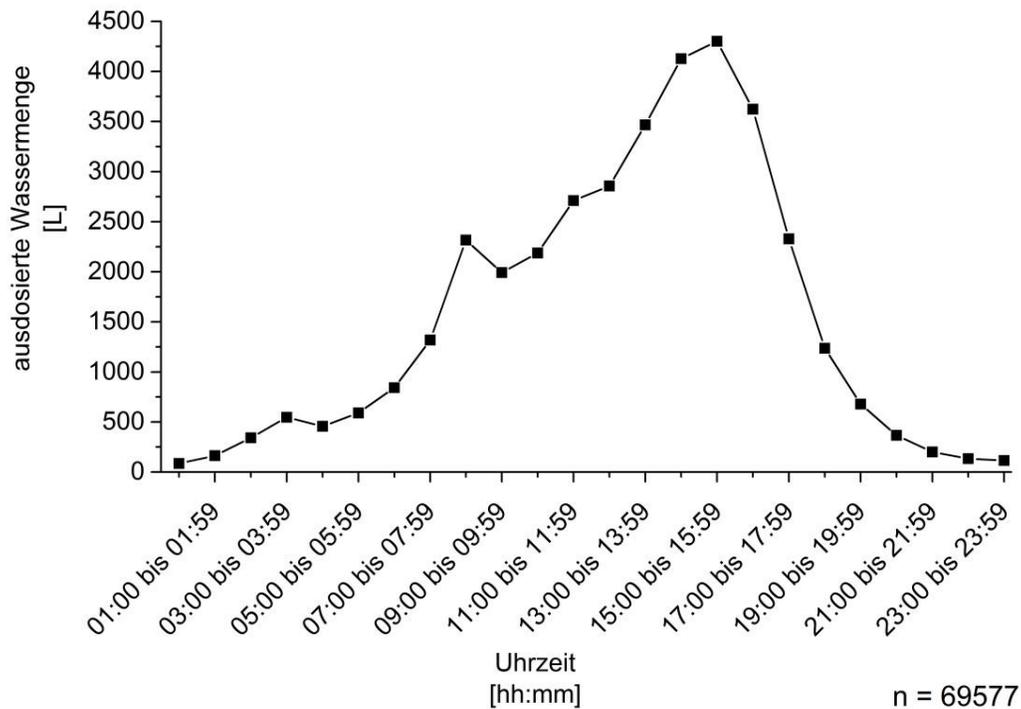


Abb. 33: Tagesverlauf der aufsummierten ausdosierten Wassermengen aller Trinkereignisse des 14-monatigen Versuchszeitraums über den 24h-Tag

Um Veränderungen im Trinkverhalten durch jahreszeitliche Einflüssen darstellen zu können, sind in Abb. 34 die ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag im Versuchszeitraum nach Kalendermonaten April 2012 bis Mai 2013 kategorisiert. Betrachtet man die Verteilung der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag, so können keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Kalendermonaten festgestellt werden. In jedem Kalendermonat lag sowohl das Minimum als auch das 25-Perzentil der Werte bei 0 L ausdosiertem Wasser je Tier und Tag (Abb. 34). Geringe Unterschiede bestanden hinsichtlich der Mediane in den einzelnen Kalendermonaten. So lag der Median im April 2012 bei 0,93 L und nahm in den laufenden Monaten bis August 2012 bis auf 0,34 L stetig ab. Im September betrug der Median 0,44 L, im Oktober 0,59 L und im November bereits 0,78 L. Von Dezember 2012 (Median 0,32 L) bis Februar 2013 (Median 0,30 L) zeigten sich fast identische Verteilungen der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag. Ab März 2013 (Median 0,49) bis Mai 2013 (Median 0,56 L) konnte wieder ein leichter Anstieg bezüglich der täglich ausdosierten Wassermengen festgestellt werden.

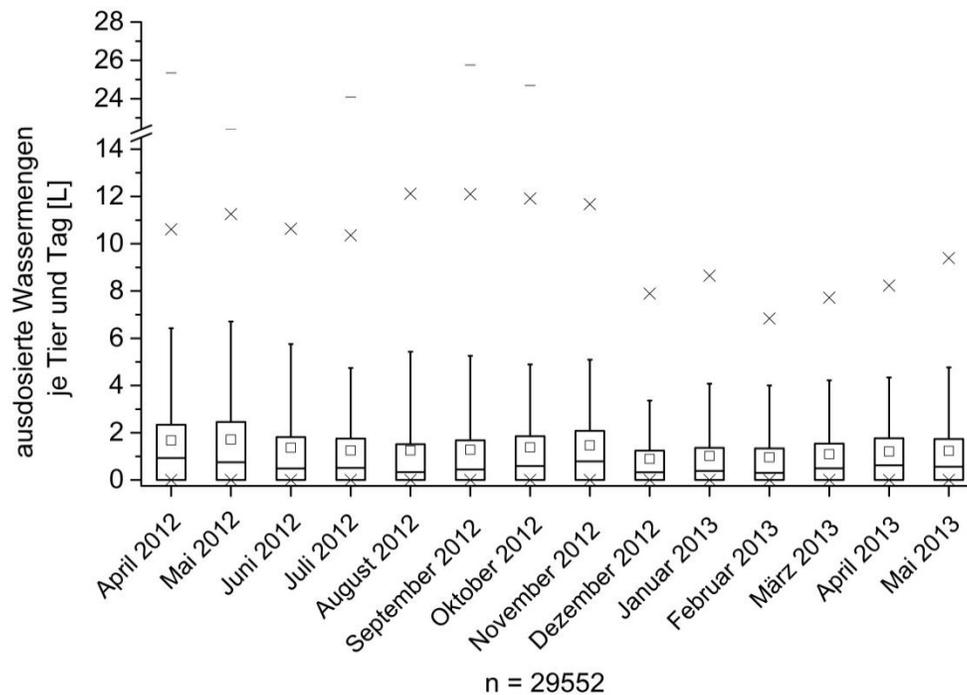


Abb. 34: Verteilung der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag für alle Tiertage im Versuchszeitraum, kategorisiert nach Kalendermonaten

Ein weiterer Ansatzpunkt, um das Trinkverhalten über die verschiedenen Jahreszeiten bzw. Kalendermonate hinweg zu analysieren, ist in Abb. 35 dargestellt. Hier wird die jeweilige Menge an ausdosiertem Wasser für jedes ausgewertete Trinkereignis, kategorisiert nach den Kalendermonaten, dargestellt. Auch hier konnten keine großen Unterschiede über den Versuchszeitraum festgestellt werden. Die Mediane für die einzelnen Kalendermonate schwankten lediglich zwischen minimal 0,31 L im Dezember 2012 und maximal 0,53 L im April 2012 (Abb. 35).

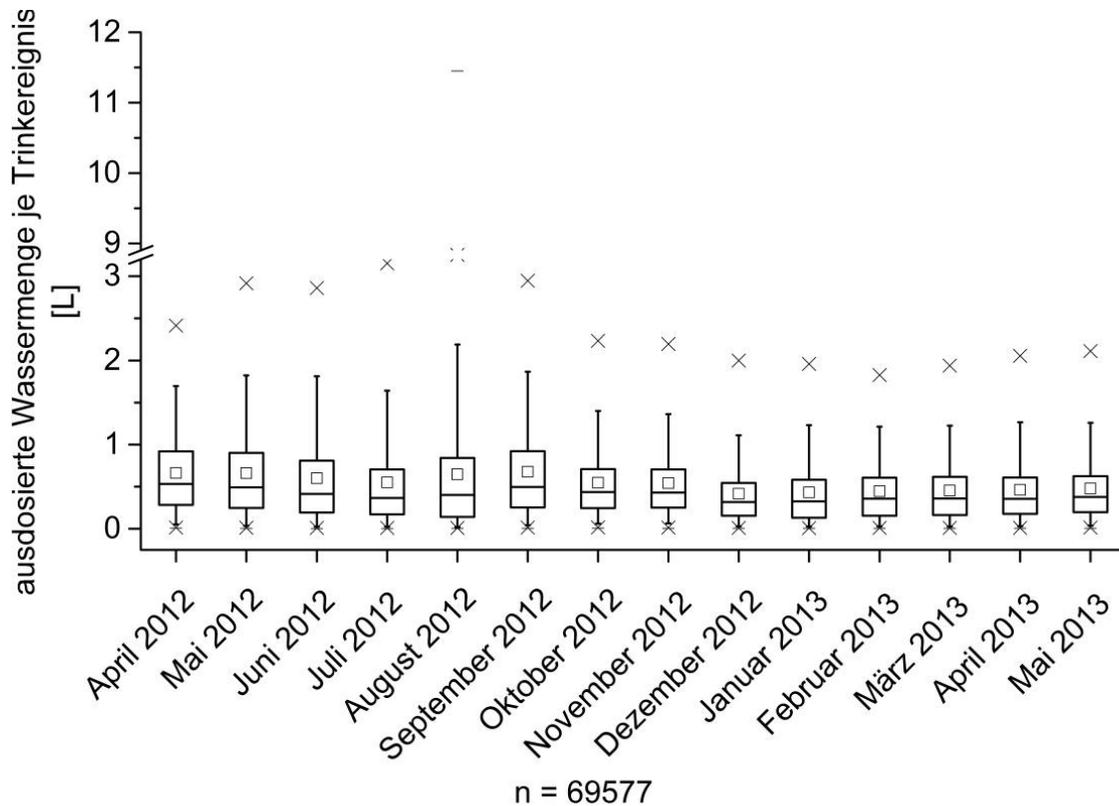


Abb. 35: Ausdosierte Wassermengen je Trinkereignis für die Kalendermonate April 2012 bis Mai 2013

In Abb. 36 sind, ebenfalls unterschieden nach den Kalendermonaten April 2012 bis Mai 2013, die jeweilige durchschnittliche tägliche Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag dargestellt. Zwischen April und Juli 2012 wurden im Durchschnitt etwa 2,5 Trinkereignisse je Tier und Tag registriert. Allerdings sank dieser Durchschnittswert im August und September 2012 deutlich auf 1,9 bzw. 1,8 Trinkereignisse je Sau und Tag ab. Für Oktober und November stieg die mittlere Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag auf 2,5 bzw. 2,7 an, um im Dezember 2012 wieder auf durchschnittlich 2,1 Trinkereignisse je Tier und Tag abzusinken. Etwas höhere Mittelwerte wurden für Januar 2013 (2,3), Februar 2013 (2,1), März 2013 (2,4), April 2013 (2,6) und Mai 2013 (2,5) festgestellt (Abb. 36).

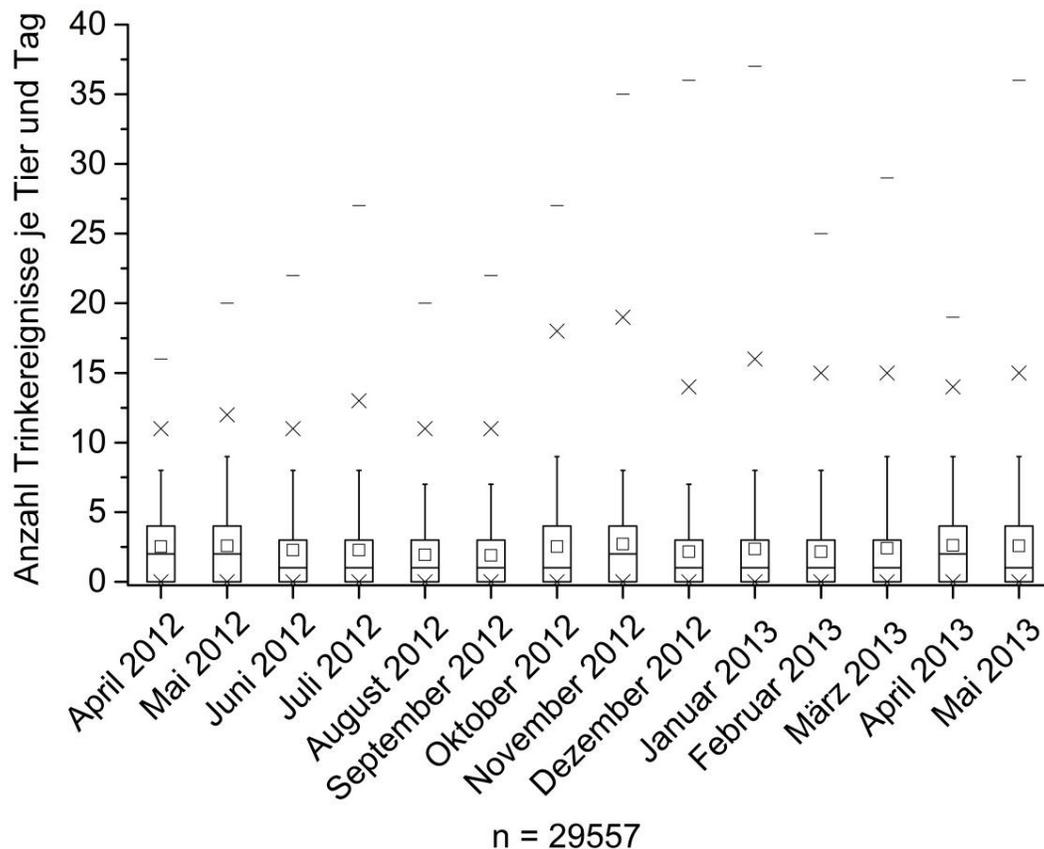


Abb. 36: Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag für alle Tiertage, unterschieden nach den Kalendermonaten April 2012 bis Mai 2013

Da sich in der Herde der Wartesaunen Tiere drei verschiedener Rassen befanden, ist in Abb. 37 ebenfalls mit Hilfe von Box-Plots die Verteilung der ausdosierten Volumina je Trinkereignis für die Rassen Schwäbisch Hällisches Landschwein (SHA), Pietrain (PIT) und Deutsche Landrasse (DL) dargestellt. Sauen der Rasse SHA tranken im Versuchszeitraum insgesamt 4993-mal, wobei sie im Mittel 0,65 L Wasser je Trinkereignis ausdosierten. Die große Mehrheit mit 62322 Trinkereignissen wurde Sauen der Deutschen Landrasse zugeordnet, wobei diese Sauen im Durchschnitt 0,52 L Wasser bei jedem Trinkereignis ausdosierten. Für Sauen der Rasse PIT wurden 2262 Trinkereignisse mit durchschnittlich nur 0,37 L ausdosiertem Wasser je Trinkereignis festgestellt.

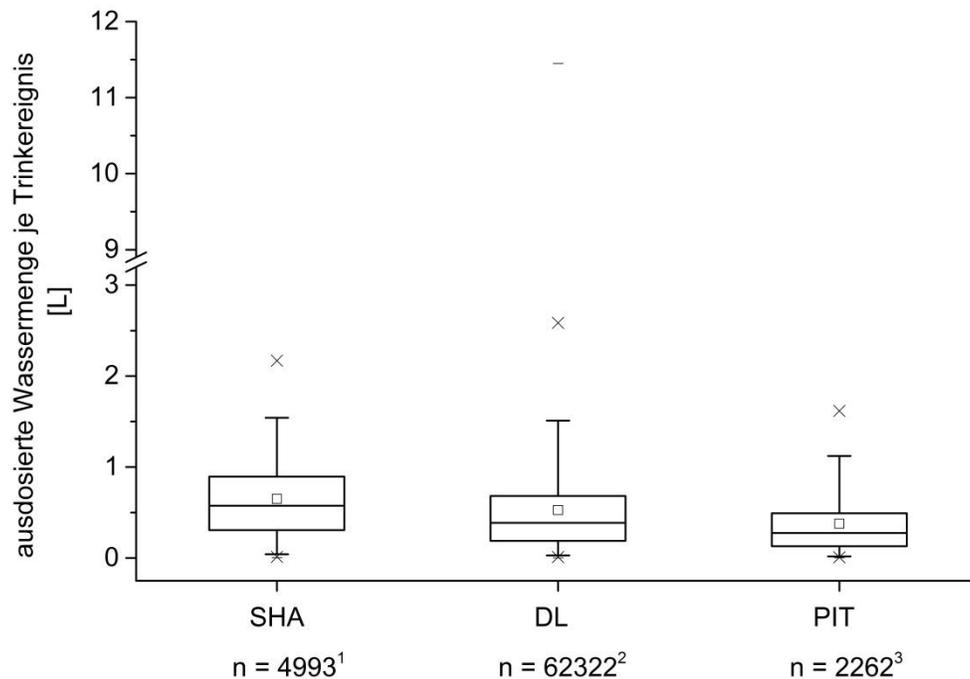


Abb. 37: Größenverteilung aller Trinkereignisse unterschieden für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Schwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT) (n = Beobachtungen)

¹ 9 verschiedene Tiere, ² 171 verschiedene Tiere, ³ 19 verschiedene Tiere

Während des kompletten Versuchszeitraums bestand die Gruppe aus Sauen, die sich in den Wurfnummern zwei bis elf befanden. Da sich im kompletten Versuchszeitraum nur eine Sau in Wurf elf befand und sich außerdem nur wenige Tage in der Gruppe aufhielt, wurden nur Vergleiche für Sauen in Wurf zwei (W 2) bis Wurf zehn (W 10) angestellt. Junge Sauen, die sich erst in der zweiten Trächtigkeit befinden, sind normalerweise deutlich leichter und unter Umständen auch kleiner als ältere Tiere. Da die Lebendmasse einer Sau den physiologischen Wasserbedarf beeinflusst, wird in Abb. 38 die Verteilung der Trinkereignisse für die 192 verschiedenen Sauen, kategorisiert nach Trächtigkeit bzw. entsprechender Wurfnummer W 2 bis W 10, gezeigt. Es ist eine leichte Tendenz zu erkennen, dass mit zunehmender Wurfnummer auch die ausdosierte Wassermenge je Trinkereignis zunimmt. So dosierten Sauen, die sich in W 2 befanden, im Mittel nur 0,36 L Wasser während eines Trinkereignisses aus. Sauen in W 3 dosierten mit 0,46 L schon etwas größere Volumina aus. Sauen, die zum vierten Mal trächtig waren, dosierten im Mittel 0,58 L, Sauen in W 5 0,56 L, Sauen in W 6 durchschnittlich sogar

0,71 L und Sauen in W 7 0,73 L Wasser je Trinkereignis aus. Für Sauen der Wurfnummern ≥ 8 nahmen die ausdosierten Wassermengen je Trinkereignis im Mittel wieder deutlich ab (W 8 Median = 0,54 L, W 9 Median = 0,61 L, W 10 Median = 0,56 L). Vergleichbare Tendenzen lassen sich für die entsprechenden 25- und 75-Perzentile erkennen (Abb. 38). Allerdings ist zu bedenken, dass sich im gesamten Zeitraum der Datenerfassung nur 16 verschiedene Sauen in Wurf 8, sechs verschiedene Sauen in Wurf 9 und lediglich vier verschiedene Sauen in Wurf 10 befanden.

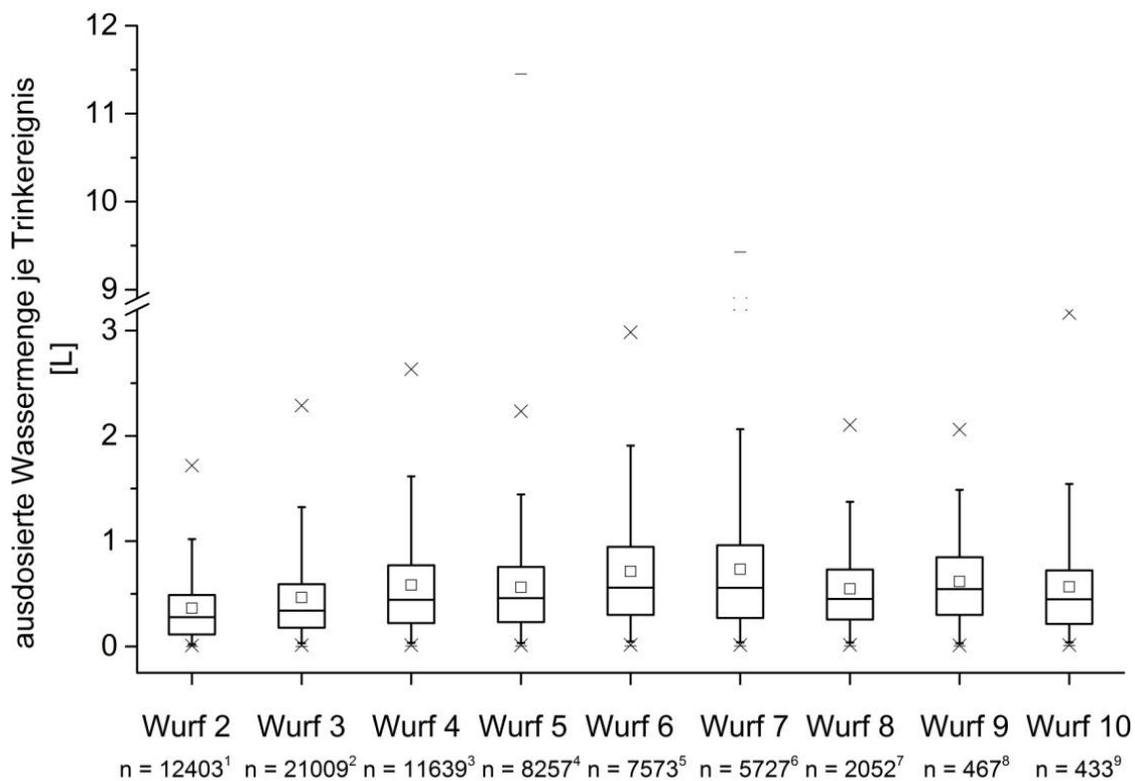


Abb. 38: Größenverteilung aller erfassten Trinkereignisse der Sauen, nach Wurfnummer 2 bis Wurfnummer 10 unterschieden

¹ 99 verschiedene Sauen, ² 87 verschiedene Sauen, ³ 66 verschiedene Sauen, ⁴ 56 verschiedene Sauen, ⁵ 48 verschiedene Sauen, ⁶ 28 verschiedene Sauen, ⁷ 16 verschiedene Sauen, ⁸ 6 verschiedene Sauen, ⁹ 4 verschiedene Sauen

In Abb. 39 sind, kategorisiert für primipare Sauen (W 2), bipare Sauen (W 3) und multipare Sauen (W 4 bis W 11), die durchschnittlich ausdosierten Gesamtwassermengen

(an Futtertrog und Tränken) je Tier und Tag sowie das ausdosierte Wasser an Tränken allein, dargestellt. Da die primiparen Sauen meist erst ca. 30 bis 35 Tage nach dem Decken in die Gruppe integriert wurden, sind hier nur die durchschnittlich ausdosierten Wassermengen ab dem 35. Trächtigkeitstag dargestellt. Insgesamt nahmen sowohl für primi-, bi- und multipare Sauen im Durchschnitt die ausdosierten Gesamtwassermengen im Trächtigkeitsverlauf zu. Für bipare und multipare Sauen ergaben sich recht ähnliche Verläufe.

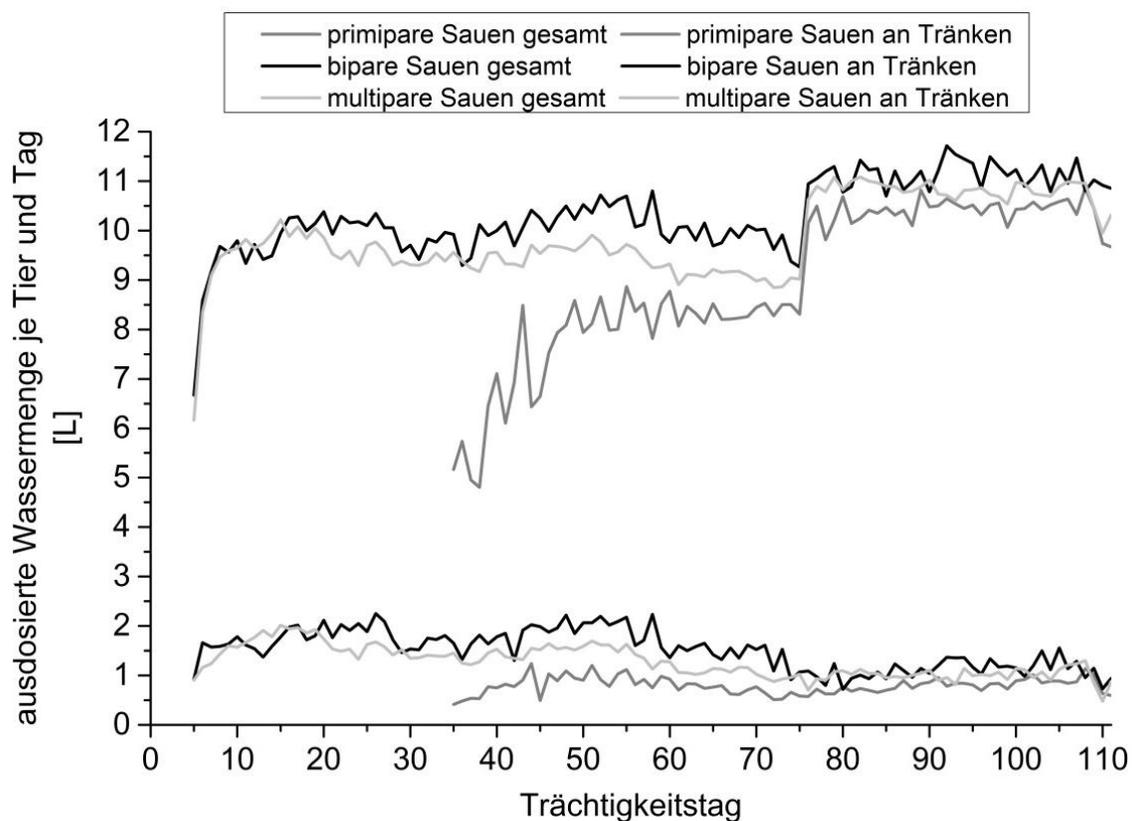


Abb. 39: Mittlere ausdosierte Wassermenge je Tier und Tag im Trächtigkeitsverlauf für primipare (W 2) ($n = 5592$ Tiertage), bipare (W 3) ($n = 6463$ Tiertage) und multipare (W 4 bis W 11) Sauen ($n = 17497$ Tiertage); Wassermenge gesamt aus Futtertrog und Tränke bzw. nur an Tränken

Die Gesamtwassermengen stiegen vom 5. bis zum 15. Trächtigkeitstag für bipare Sauen von 6,6 L auf 9,9 L und für multipare Sauen von 6,1 L auf 10,2 L an. Anschließend

fiel die Verlaufskurve bis zum 75. Trächtigkeitstag auf 9,2 L für bipare Sauen und auf 9,0 L für multipare Sauen leicht ab.

Für primipare Sauen ist hingegen eine deutlich andere Verlaufskurve der ausdosierten Gesamtwassermengen zu erkennen. Diese begann am 35. Trächtigkeitstag bei durchschnittlich 5,1 L und stieg mit Schwankungen bis zum 60. Trächtigkeitstag auf 8,7 L Gesamtwassermenge an. Dann zeigte sich, ähnlich wie für bi- und multipare Sauen, ein leichter Abfall der Kurve bis zum 75. Trächtigkeitstag auf 8,3 L ausdosierter Gesamtwassermenge. Am 76. Trächtigkeitstag stiegen die mittleren ausdosierten Gesamtwassermengen für alle drei Sauengruppen sprunghaft auf 10,1 L (primipare), 10,9 L (bipare) bzw. 10,6 L (multipare) an und schwankten um diese Werte bis zum 111. Trächtigkeitstag. Die mittleren ausdosierten Gesamtwassermengen über den gesamten Trächtigkeitsverlauf betrug für die biparen Sauen 10,3 L, für die multiparen Sauen 9,8 L und für die primiparen Sauen 8,6 L.

Für die täglich ausdosierten Wassermengen allein an den Tränken war nach dem ersten Anstieg zu Beginn eine leichte Abnahme sowohl für primi, bi- als auch für multipare Sauen ab dem 60. Trächtigkeitstag zu beobachten. Insgesamt wurden von biparen Sauen 1,5 L und von multiparen Sauen durchschnittlich 1,3 L je Tier und Tag ausdosiert. Primipare Sauen dosierten im Mittel lediglich 0,8 L je Tier und Tag aus. Die Verlaufskurve startete für primipare Sauen am Trächtigkeitstag 35 bei 0,4 L, stieg auf etwa 0,8 L je Tier und Tag an und schwankte zwischen 0,6 L und 1,0 L bis zum Trächtigkeitstag 111. Im Verlauf ergaben sich für bipare Sauen zwischen dem 10. und 60. Trächtigkeitstag im Durchschnitt 1,5 bis 2 L ausdosiertes Wasser je Tier und Tag. Ab dem 61. Trächtigkeitstag bis hin zum Trächtigkeitseende sanken diese Mengen leicht schwankend von 2 L auf lediglich etwa 1 L je Tier und Tag ab. Für die multiparen Sauen wurden zwischen dem 10. und 20. Trächtigkeitstag Wassermengen zwischen 1,5 und 2 L je Tier und Tag ermittelt. Anschließend sanken die ausdosierten Wassermengen relativ kontinuierlich, aber deutlich flacher bis zum 80. Trächtigkeitstag auf etwa 1,0 L ab. Zwischen dem 80. und 111. Trächtigkeitstag schwankten die ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag durchschnittlich zwischen 0,8 und 1,2 L je multiparer Sau und Tag.

Grundsätzlich stellte sich auch die Frage, ob der Produktionsrhythmus (1-Wochen-Rhythmus) das Verhalten der Tiere beeinflussen könnte und ob es, besonders an Integrationstagen, durch Rangkämpfe und Umbildung der Gruppenhierarchie zu Verhaltensänderungen auf Herdenniveau kommt. In Abb. 40 ist der Vergleich zwischen der Anzahl an Trinkereignissen an Integrationstagen und der an Nichtintegrationstagen dargestellt. Es wird jedoch kein Unterschied in Abhängigkeit des Integrationstages ersichtlich, wobei der Größenunterschied zwischen den Stichproben zu beachten ist.

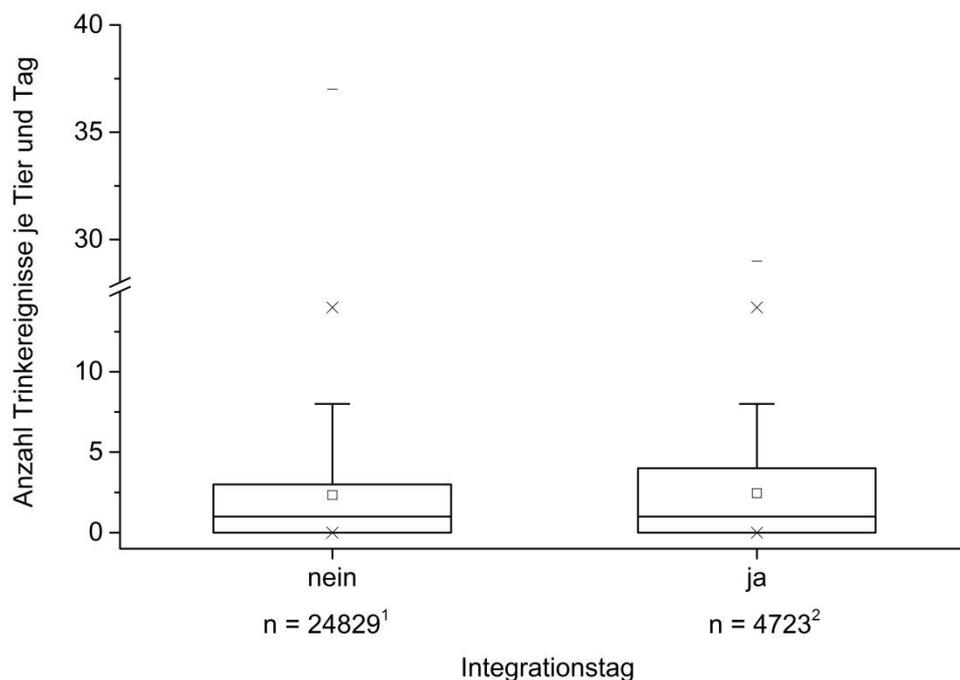


Abb. 40: Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag an Integrationstagen und an Nichtintegrationstagen

¹ 193 verschiedene Sauen, ² 191 verschiedene Sauen

Da das Wasser- und das Futteraufnahmeverhalten eng miteinander verknüpft sind, stellte sich die Frage, ob Sauen an Tagen, an welchen sie nicht zum Fressen an die EFA kamen, unter Umständen ein verändertes Wasseraufnahmeverhalten an den Tränken zeigten. In Abb. 41 werden die ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag von Sauen, die Futter aufgenommen hatten und solchen, die kein Futter aufgenommen hatten, verglichen. In dieser Darstellung sind Integrationstiere allerdings ausgenommen. Es zeigte

sich, dass Sauen, die nicht an die EFA kamen um zu fressen, tendenziell auch weniger Wasser an den Tränken ausdosierten. Der Median für Tiere, die nicht gefressen hatten, lag bei 0 L ausdosiertem Wasser je Tier und Tag, allerdings sind auch hier die Stichprobenumfänge sehr unterschiedlich.

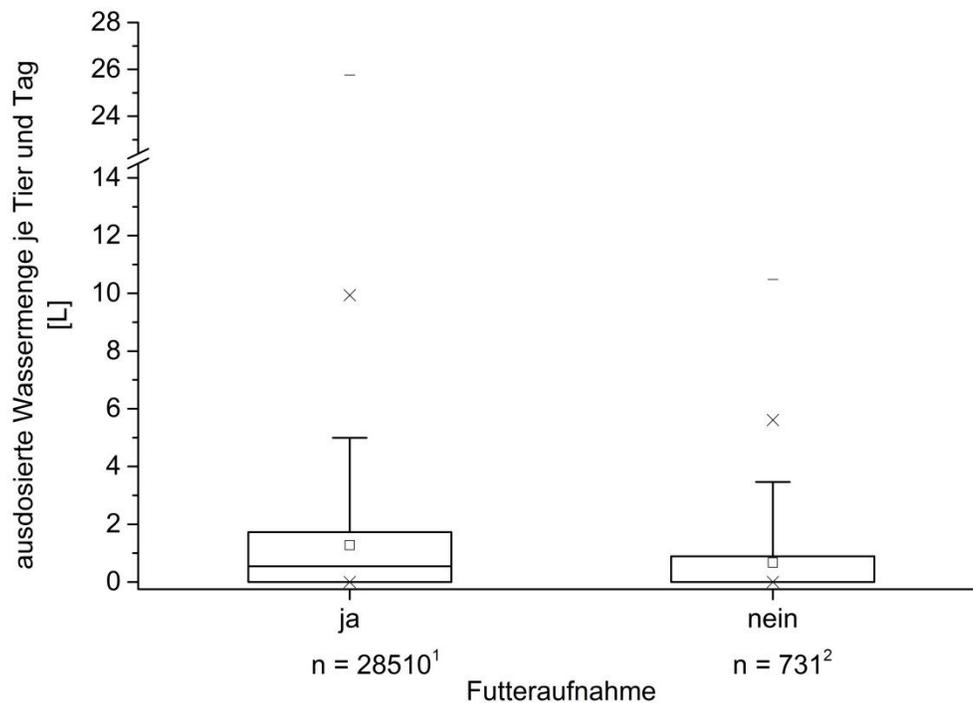


Abb. 41: Ausdosierte Wassermengen je Tier und Tag für Sauen, die Futter aufnahmen oder kein Futter aufnahmen

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 165 verschiedene Sauen

4.1.2 Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen

Während der Datenerhebungen im Stall wurden die Sauen regelmäßig auf Gesundheitsbeeinträchtigungen und Lahmheitsgeschehen überprüft. Des Weiteren wurden diese durch das Stallpersonal dokumentiert. Im Folgenden werden die möglichen Einflüsse von Gesundheitsbeeinträchtigungen, Lahmheitsgeschehen sowie Verletzungen auf die Trinkereignisse analysiert.

4.1.2.1 Fußerkrankungen

In Abb. 42 ist die Verteilung der ausdosierten Gesamtwassermenge je Tier und Tag, unterschieden nach Tieren mit Fußerkrankungen und Tieren ohne Fußerkrankungen, dargestellt. Dabei fiel auf, dass Tiere mit Fußerkrankungen tendenziell weniger Wasser über den gesamten Tag ausdosierten (MW = 0,7 L) als Tiere ohne Fußerkrankungen (MW = 1,2 L).

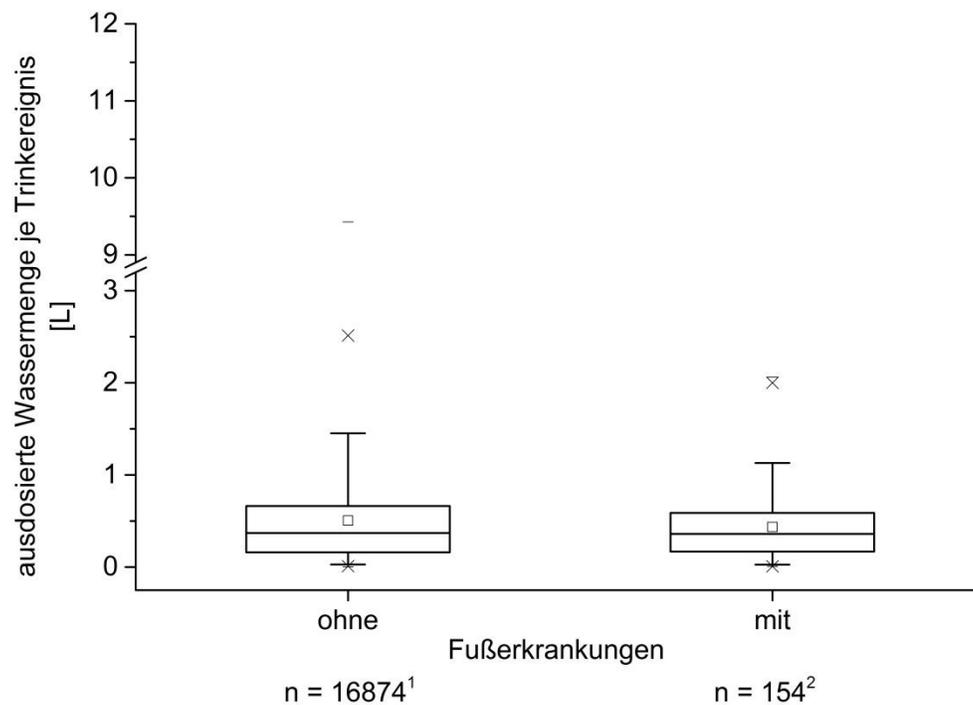


Abb. 42: Ausdosierte Gesamtwassermenge an Wasser je Tier und Tag für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 42 verschiedene Sauen

Auch beim Vergleich der reinen Anzahl an registrierten Trinkereignissen je Tier und Tag für Sauen mit und ohne Fußerkrankungen (Abb. 43) zeigt sich, dass Sauen mit Fußerkrankungen (MW = 1,9) tendenziell seltener tranken als Sauen ohne Fußerkrankungen (MW = 2,4).

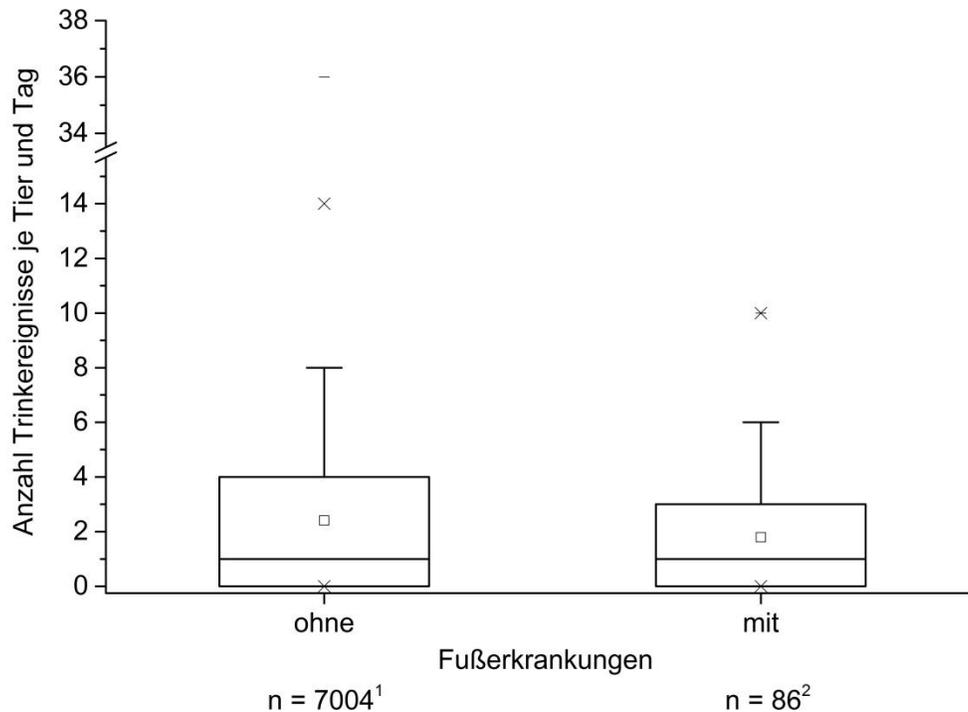


Abb. 43: Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag für Sauen ohne und mit Fußerkrankungen (n = 7090 Tiertage)

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 42 verschiedene Sauen

Da insgesamt nur wenige Fälle von Fußkrankheiten auftraten, können in Abb. 42 und Abb. 43 nur wenige Tiertage fußkranker Sauen mit einer großen Anzahl Tiertagen unauffälliger Tiere verglichen werden.

4.1.2.2 Lahmheitsgeschehen

In Abb. 44 sind die ausdosierten Gesamtwassermengen je Tier und Tag, kategorisiert nach den jeweilig bonitierten LS, dargestellt. Tendenziell dosierten die Sauen mit zunehmendem LS, also mit zunehmenden Lahmheiten, weniger Wasser über den gesamten Tag aus.

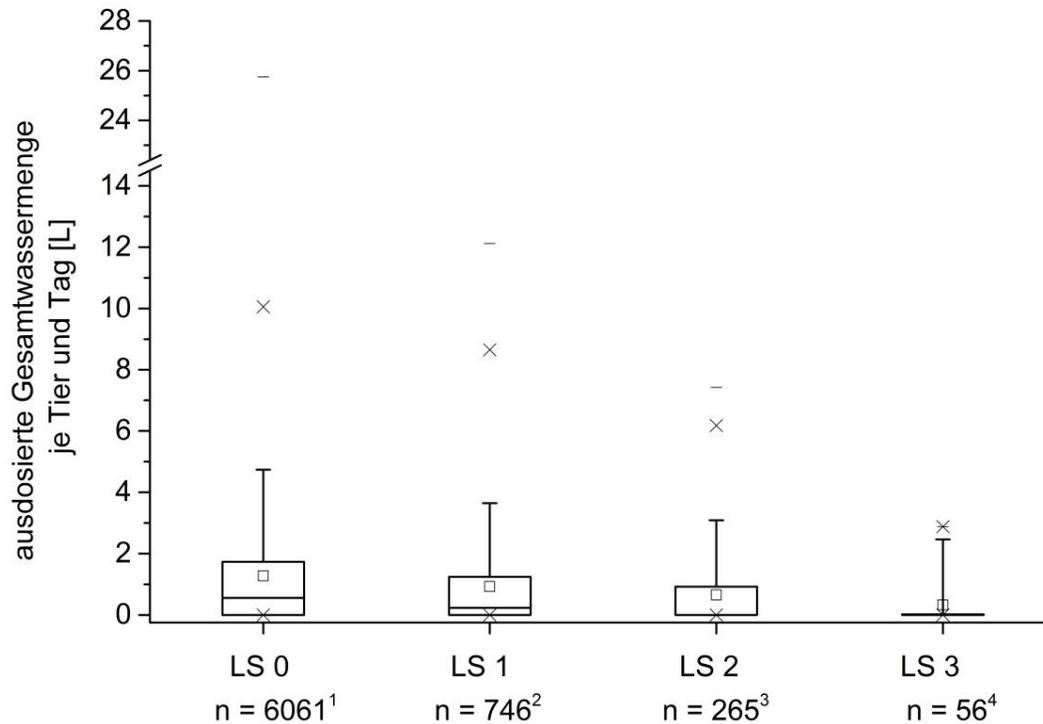


Abb. 44: Ausdosierte Gesamtwassermengen je Tiertag kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 155 verschiedene Sauen, ³ 87 verschiedene Sauen, ⁴ 33 verschiedene Sauen

Auch die Anzahl an Trinkereignissen je Tier und Tag (Abb. 45) nahm mit zunehmenden LS und somit stärkeren Beeinträchtigungen beim Laufen ab. Auch hier ist zu beachten, dass in mehr als 6000 Fällen Sauen mit LS 0 bonitiert wurden und gleichzeitig insgesamt nur in etwa 1000 Fällen leichte (LS 1), deutliche (LS 2) und nur ganz selten starke Lahmheiten (LS 3) festgestellt wurden.

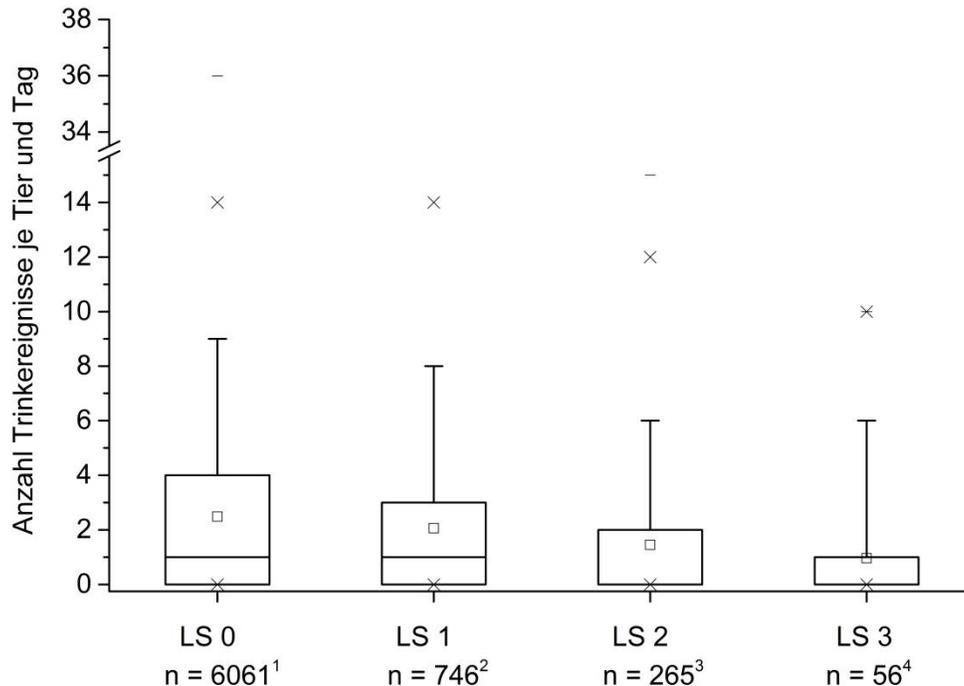


Abb. 45: Anzahl der Trinkereignisse je Tiertag für Sauen mit jeweilig bonitierten Locomotion Scores (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 155 verschiedene Sauen, ³ 87 verschiedene Sauen, ⁴ 33 verschiedene Sauen

Somit konnte ein Einfluss von Lahmheitsgeschehen und Fußkrankungen bei den Sauen auf die Wasseraufnahme sowohl bezüglich der täglich ausdosierten Gesamtwassermenge als auch bezüglich der Anzahl an Trinkereignissen der Wartesauen festgestellt werden.

4.1.3 Einfluss von Umrauschereignissen

Verhaltensveränderungen bei der Wasseraufnahme von Sauen können auch durch die Rausche und entsprechend in der Wartesauenhaltung durch das sogenannte Umrauschen entstehen. In Abb. 46 und Abb. 47 wird der Einfluss von Umrauschereignissen auf die Trinkereignisse dargestellt. Tiere, die für den entspre-

chenden Tag als Umrauscher bestimmt wurden, dosierten insgesamt weniger Wasser pro Tag aus. Durchschnittlich dosierten Umrauscher 0,28 L je Tier und Tag an den Tränken aus, oftmals riefen die Umrauscher sogar gar kein Wasser ab. Als unauffällig eingestufte Tiere dosierten im Mittel 1,25 L Wasser je Tier und Tag an den Tränken aus. Allerdings gilt es zu beachten, dass die beiden Stichproben sehr ungleich sind und im Verhältnis nur sehr wenige Sauen überhaupt als Umrauscher bestimmt wurden.

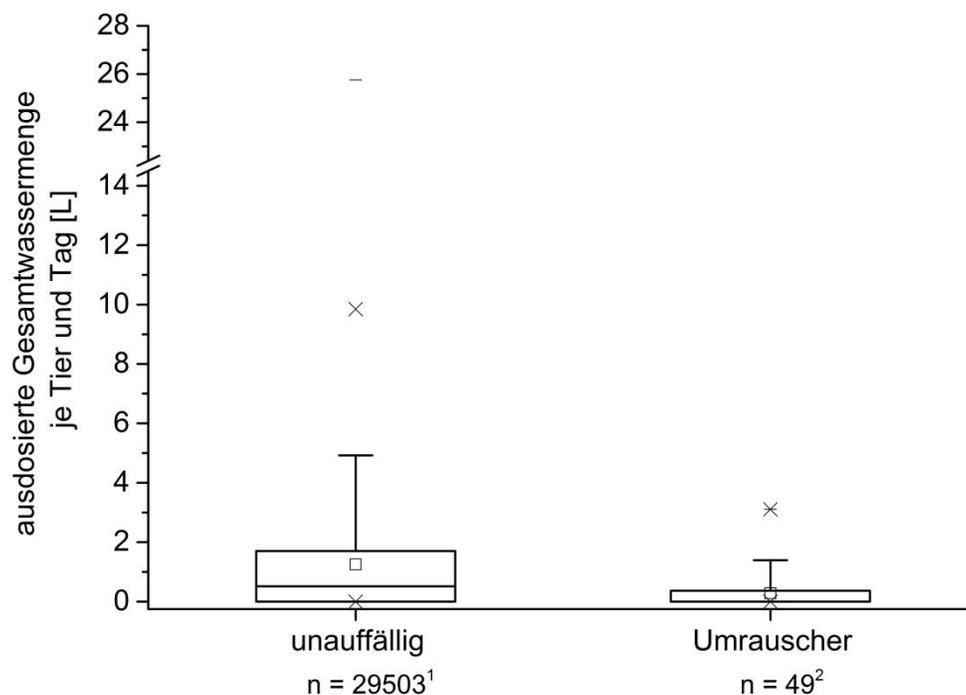


Abb. 46: Ausdosierte Gesamtwassermengen je Tiertag für unauffällige Tiere und Umrauscher

¹ 199 verschiedene Sauen, ² 39 verschiedene Sauen

Auch bei der Betrachtung der Anzahl an registrierten Trinkereignissen je Tiertag kann festgestellt werden, dass für Umrauscher mit lediglich MW = 0,7 Trinkereignissen im Vergleich zu unauffälligen Tieren mit MW = 2,4 Trinkereignissen deutlich weniger Trinkereignisse registriert wurden (Abb. 47).

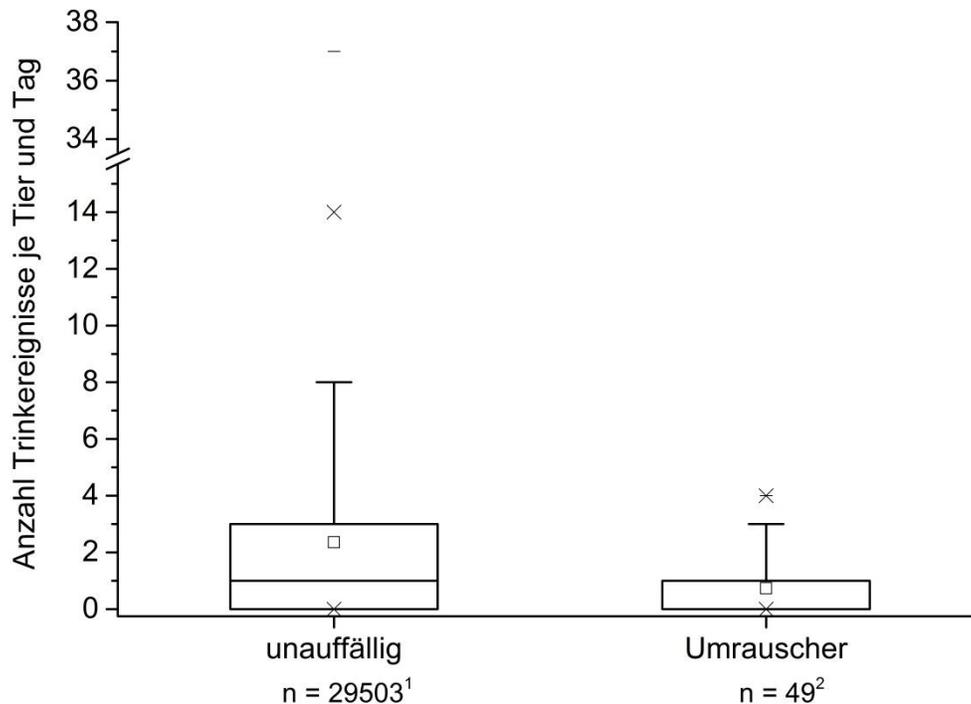


Abb. 47: Anzahl Trinkereignisse je Tiertag für unauffällige Tiere und Umrauscher

¹ 199 verschiedene Sauen, ² 39 verschiedene Sauen

4.1.4 Diskussion

Betrachtet man die zeitliche Verteilung aller erfassten Trinkereignisse der Wartesauen über den kompletten Versuchszeitraum (Abb. 28), so zeigt sich ein recht gleichmäßiges Bild, geprägt durch den Tag-Nacht-Rhythmus (Abb. 33). Dabei wurde die große Mehrheit der Trinkereignisse zwischen 6:00 und 18:00 Uhr registriert, mit Höhepunkten am Vor- und Nachmittag in den ausdosierten Wassermengen. Auch KRUSE et al. (2011d) und APARNA et al. (2011) konnten bei ihren Untersuchungen an Wartesauen in Gruppenhaltung bzw. hochträchtigen Sauen in Abferkelbuchten feststellen, dass nachts nur sehr selten bzw. wenig Wasser aufgenommen wurde. KRUSE et al. (2011d) stellten für die Wartesauengruppe eine Zunahme an ausdosierten Wassermengen mit dem Beginn des Fütterungszyklus um 6:00 Uhr fest. Gegen 8:00 Uhr erreichten die ausdosierten Wassermengen dann den Tageshöhepunkt um anschließend kontinuierlich abzufallen (KRUSE et al., 2011d). Hier zeigten sich bei den eigenen Untersuchungen für die ausdo-

sierten Wassermengen ein deutlich anderer Verlauf sowie ein deutlich späterer Anstieg der Wasseraufnahme gegen 7:00 Uhr im Verhältnis zum Start des Fütterungszyklus (3:00 Uhr). MADSEN und KRISTENSEN (2005) hingegen stellten bei ihren Untersuchungen an Mastferkeln ebenfalls fest, dass ein 24h-Rhythmus mit Höhepunkten um 9:00 und 17:00 Uhr die tägliche Wasseraufnahme der Tiere prägte.

Die Jahreszeiten und die Temperaturen schienen keinen wesentlichen Einfluss auf das Wasseraufnahmeverhalten zu haben. Für die insgesamt 14 Kalendermonate innerhalb des Versuchszeitraums konnten weder für die mittlere ausdosierte Wassermenge je Tiertag von durchschnittlich 0,9 bis 1,7 L (Abb. 34) noch für die durchschnittlich ausdosierten Wassermengen je Trinkereignis von 0,4 bis 0,7 L (Abb. 35) oder für die mittlere Anzahl an Trinkereignissen je Tiertag von 1,9 bis 2,6 (Abb. 36) deutliche Unterschiede festgestellt werden. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass die Sauen allein mit den ausdosierten Wassermengen in der EFA (8 bis 10 L je Tiertag) bereits den Großteil ihres Wasserbedarfs abdeckten. Allerdings konnten Unterschiede bei den Trinkereignissen festgestellt werden, je nachdem welcher Rasse die Sauen angehörten (Abb. 37) und in welcher Trächtigkeit sie sich befanden (Abb. 38 und Abb. 39). Allerdings konnten zu rassebedingten Unterschieden des Wasseraufnahmeverhaltens keine Hinweise in der Literatur gefunden werden.

Unterschiede in der Wasseraufnahme je nach Wurfnummer (Abb. 38) lassen sich teilweise dadurch erklären, dass sich die Sauen zumindest in W 2 (primipare Sauen) noch im Wachstum befanden. Der Vergleich der Literaturangaben zur täglichen Wasseraufnahme von Sauen (Abb. 1) macht ebenfalls deutlich, dass jüngere Sauen tendenziell weniger Wasser aufnehmen als ältere Sauen mit höheren Wurfnummern. KRUSE et al. (2011a, 2011b und 2011c) stellten für tragende bipare (W 3) und multipare Sauen (\geq W 4) durchschnittliche Wasseraufnahmen von 17 bis 24 L je Tier und Tag fest. In den eigenen Untersuchungen ergaben sich hier deutlich geringere Werte bzgl. der ausdosierten Gesamtwassermenge (an Tränken und in den EFA) von durchschnittlich 10,3 L für bipare Sauen und 9,8 L für multipare Sauen. Für nulli- und primipare Sauen stellten KRUSE et al. (2011a, 2011b und 2011c) Wasseraufnahmen von 11 bis 16 L fest. In den eigenen Untersuchungen ergaben sich für primipare Sauen vergleichbare, aber auch geringere durchschnittlich ausdosierte Gesamtwassermengen von 8,6 L.

FRIEND (1971) und MADEC et al. (1986) stellten hingegen eine Abnahme der Wasseraufnahme über den Trächtigkeitsverlauf fest. Dieser Trend konnte bei den eigenen Untersuchungen nur für die ausdosierten Wassermengen an den Tränken bis etwa zum 80. Trächtigkeitstag festgestellt werden (Abb. 39). MADEC et al. (1986) ermittelten für Sauen, die ≤ 6 Wochen tragend waren, eine Wasseraufnahme von 18,3 L, FRIEND (1971) für nulli- und primipare Sauen eine Wasseraufnahme von etwa 8,3 L je Tier Tag (abgeleitet aus FRIEND, 1971). Diese reduzierten sich dann für Sauen, die > 11 Wochen tragend waren, auf 16,1 L je Tier und Tag (MADEC et al., 1986) bzw. auf eine Wasseraufnahme von etwa 5,7 L je Tier und Tag (abgeleitet aus FRIEND, 1971). In den eigenen Untersuchungen konnte jedoch im Mittel eine leichte Zunahme von 9,2 L ausdosiertes Wasser je Tier und Tag bis zum 42. Trächtigkeitstag (≤ 6 Wochen tragend) auf 10,8 L ausdosiertes Wasser je Tier und Tag zwischen dem 78. und 111. Trächtigkeitstag (> 11 Wochen tragend) festgestellt werden. Diese Zunahme wurde jedoch im Wesentlichen durch die Erhöhung der Futtermengen ab dem 76. Trächtigkeitstag und somit auch die entsprechend ausdosierten Wassermengen in der EFA verursacht. Bemerkenswerterweise dosierten alle Sauen auch nach dieser Erhöhung weiterhin relativ konstante Wassermengen an den Tränken aus. KRUSE et al. (2011b) stellten fest, dass nullipare Sauen die geringsten Mengen an Wasser aufnahmen, gefolgt von primi-, bi- und multiparen Sauen. Diese Abstufungen konnten in den eigenen Untersuchungen in ähnlicher Form beobachtet werden, allerdings dosierten hier bipare Sauen durchschnittlich das meiste Wasser aus, knapp gefolgt von multiparen und mit deutlichem Abstand von primiparen Sauen (Abb. 39).

Managementbedingte Einflüsse auf die Wasseraufnahme der gesamten Herde, z.B. durch die Integration neuer Sauen, konnten nicht beobachtet werden. So unterschied sich die Verteilung der Trinkereignisse je Tier und Tag an Integrationstagen nicht von der Verteilung der Trinkereignisse an den übrigen Tagen (Abb. 40).

Auffällig war hingegen, dass die Sauen an Tagen, an denen sie nicht fraßen, tendenziell geringere Mengen Wasser an den Tränken ausdosierten (Abb. 41). FRIEND (1971) stellte bei seinen Untersuchungen zum Wasser- und Futteraufnahmeverhalten von Sauen ebenfalls fest, dass ein Rückgang der Futteraufnahme meist mit einem gleichzeitigen Rückgang der Wasseraufnahme einherging.

Des Weiteren ergaben die Auswertungen Unterschiede in der Wasseraufnahme bei Tieren mit Gesundheitsbeeinträchtigungen. So dosierten Sauen, die Fußerkrankungen aufwiesen, mit 0,8 L durchschnittlich weniger Wasser pro Tag aus als Sauen ohne Fußerkrankungen, welche durchschnittlich 1,2 L Wasser je Tier und Tag ausdosierten (Abb. 42). Entsprechend wurden auch nur 1,8 Trinkereignisse je Tag für fußkranke Sauen registriert im Vergleich zu durchschnittlich 2,4 Trinkereignissen für Sauen ohne Fußerkrankungen (Abb. 43).

Auch für lahme Sauen (LS 2 und LS 3) konnte im Vergleich zu nicht lahmen Sauen (LS 0 und LS 1) eine Verringerung der täglich ausdosierten Wassermenge (Abb. 44) sowie der Anzahl der täglichen Trinkereignisse (Abb. 45) festgestellt werden. Lahme Sauen dosierten an den Tränken im Mittel nur 0,7 L Wasser aus, wohingegen Sauen ohne Beeinträchtigungen beim Laufen durchschnittlich 1,2 L ausdosierten. MADEC et al. (1986) konnten für Sauen in Anbindehaltung ebenfalls feststellen, dass Tiere mit Lahmheitsbeschwerden eine signifikant geringere Wasseraufnahme gegenüber Tieren ohne Lahmheitsbeschwerden aufwiesen. Es ist möglich, dass die Sauen mit zunehmenden Lahmheitsbeschwerden „unnötige“ Besuche an den Tränken vermieden und so im Endeffekt weniger Wasser aufnahmen als Sauen, die keine Lahmheiten aufwiesen.

Mit den eigenen Untersuchungen konnte durch den vierstufigen Boniturschlüssel (LS 0 bis LS 3) das Wasseraufnahmeverhalten noch differenzierter analysiert werden. Dabei zeigten sich sowohl für die ausdosierten Wassermengen an den Tränken (Abb. 44) als auch für die Anzahl an Trinkereignissen je Tiertag (Abb. 45) noch feinere Abstufungen zwischen den vier Kategorien. So nahmen die Sauen im Mittel mit zunehmenden Laufbeschwerden auch immer weniger Wasser auf (Abb. 44) bzw. reduzierten die Anzahl an Trinkereignissen immer weiter (Abb. 45).

Da außer Lahmheitsgeschehen kein Krankheitsausbruch wie beispielsweise Durchfall bei MADSEN und KRISTENSEN (2005) innerhalb der Versuchsphase auftrat, konnte auch kein tierindividuelles Monitoring mit Hilfe der Trinkereignisse für anderweitige Krankheitsgeschehen durchgeführt werden. Allerdings bestätigten sich grundsätzlich die Beobachtungen von MADEC et al. (1986), BARANYIOVÁ und HOLUB (1993) sowie MADSEN

und KRISTENSEN (2005), nach denen sich Gesundheitsbeeinträchtigungen generell auf die Wasseraufnahme von Wartesauen auswirkten.

Ein weiterer Ansatzpunkt für die Analysen der Trinkereignisse bezog sich auf die Detektion von Umrauschern. FRIEND (1971 und 1973) beobachtete bei seinen Untersuchungen, dass nulli- und primipare Sauen immer dann eine Depression in der Futter- und Wasseraufnahme zeigten, wenn der Östrus einsetzte. Auch bei den eigenen Untersuchungen konnte dieser Trend festgestellt werden. Sauen, die als Umrauscher detektiert wurden, dosierten tendenziell deutlich geringere Wassermengen an den Tränken aus (Abb. 46) und zeigten eine reduzierte Anzahl an Trinkereignissen (Abb. 47) gegenüber Sauen, die nicht umrauschten. Insgesamt ist aber zu beachten, dass auch ein relativ großer Anteil der Tiere, die weder Gesundheitsbeeinträchtigungen aufwiesen noch umrauschten, entweder sehr geringe Wassermengen oder gar kein Wasser an den Tränken ausdosierten bzw., dass für diese Tiere grundsätzlich keine Trinkereignisse registriert wurden. So ist eine Unterscheidung von auffälligen und unauffälligen Tieren anhand des Indikators Trinkereignisse nicht grundsätzlich zuverlässig bestimmbar.

4.2 Fressereignisse

Zunächst werden die Daten zu den Fressereignissen allgemein charakterisiert und beschrieben. Anschließend werden die unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die Fressereignisse wie Rasse, Jahreszeiten, Wurfnummer usw. näher betrachtet. Zuletzt werden die Einflüsse durch Gesundheitsbeeinträchtigungen und Umrauschereignisse dargestellt.

4.2.1 Allgemeine Beobachtungen

Insgesamt wurden 101759 Besuche an den EFA registriert, aber nur bei 28537 Besuchen (28,0 %) wurde auch Futter aufgenommen. Somit wurden je Tiertag die EFA durchschnittlich 3,4-mal pro Tag aufgesucht, wovon aber durchschnittlich nur bei etwa einem Besuch Futter ausdosiert wurde. Die 73222 Besuche ohne Futterausdosierung verteilten sich zu 49,5 % auf die Station 1 und zu 50,5 % auf Station 2.

Während der 28537 dokumentierten Fressereignisse wurden unterschiedlich große Mengen an Futter und Wasser ausdosiert. Die Fressereignisse fanden zu 51,0 % an der Station 1 und zu 49,0 % an Station 2 der EFA statt. In der großen Mehrzahl der Fälle riefen die Sauen ihre gesamten täglichen Futtermengen bei nur einem einzelnen Besuch ab. In Abb. 48 sind die ausdosierten Futter- und Wassermengen je Fressereignis dargestellt. Da die Einstellungen der EFA so gewählt waren, dass stets Futter und Wasser im Verhältnis 1:3 ausdosiert wurden, erklärt sich der Unterschied der Mengen an ausdosiertem Futter und Wasser. Die Verteilung der ausdosierten Futtermengen zeigt deutlich, dass die Sauen nur selten weniger als die maximal mögliche Futtermenge von 2,7 bis 3,3 kg abriefen. Im Mittel wurden bei jedem Fressereignis 2,9 kg Futter und gleichzeitig 8,7 L Wasser ausdosiert. An einem einzelnen Tag entstanden deutlich höhere Mengen an ausdosiertem Futter (bis zu 4,92 kg). Allerdings konnte nicht endgültig geklärt werden, wie es zu diesen ungewöhnlich hohen ausdosierten Mengen kam.

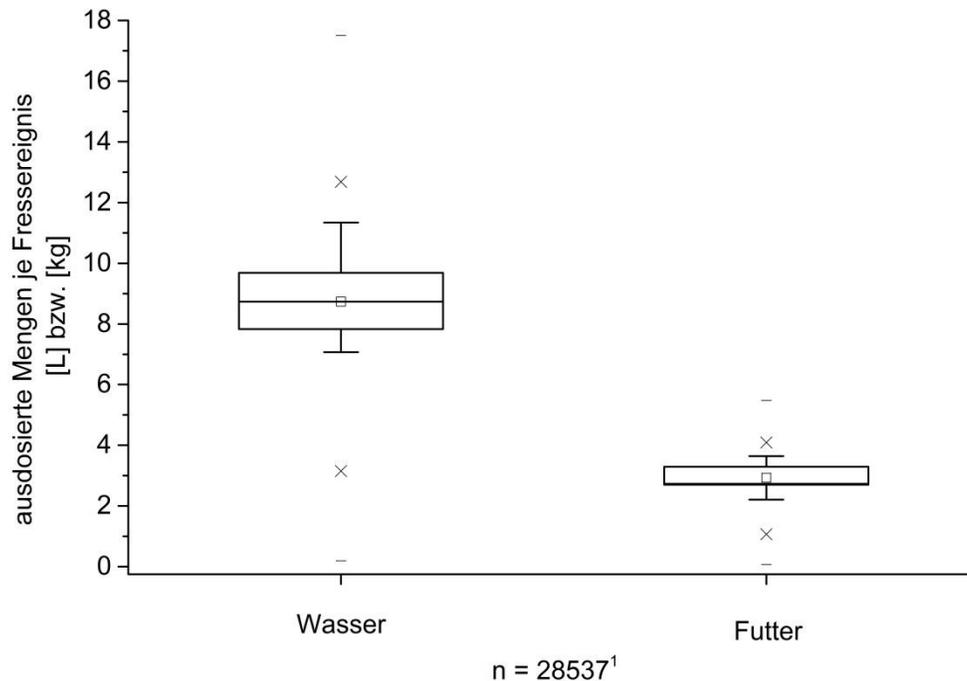


Abb. 48: Ausdosierte Mengen an Wasser und Futter je ausgewertetem Fressereignis in der elektronischen Futterabrufstation

¹ 192 verschiedene Sauen

Da sich in Kapitel 4.1.1 schon gezeigt hatte, dass bei den Trinkereignissen Unterschiede zwischen den Sauen der drei verschiedenen Rassen bestanden, sollten auch hier grundsätzliche Unterschiede der Futteraufnahme an den EFA geklärt werden. In Abb. 49 sind alle 28537 berechneten relativen Fressränge (rFR), kategorisiert nach der jeweiligen Rassenzugehörigkeit der Sauen (SHA, DL und PIT), dargestellt. Insgesamt zeigte sich, dass Sauen der Rasse SHA tendenziell die niedrigsten relativen Fressränge einnahmen (MW = 0,36) und somit eher früh an der EFA ihr Futter aufnahmen. Unwesentlich höhere mittlere relative Fressränge erzielten die Sauen der Rasse PIT (MW = 0,43), wobei hier eine sehr breite Streuung für die relativen Fressränge zu verzeichnen war. Mit einem mittleren relativen Fressrang von 0,51 für Sauen der Rasse DL riefen diese tendenziell später ihr Futter ab. Allerdings bestand auch für die Sauen der Rasse DL eine breite Streuung der relativen Fressränge (Abb. 49).

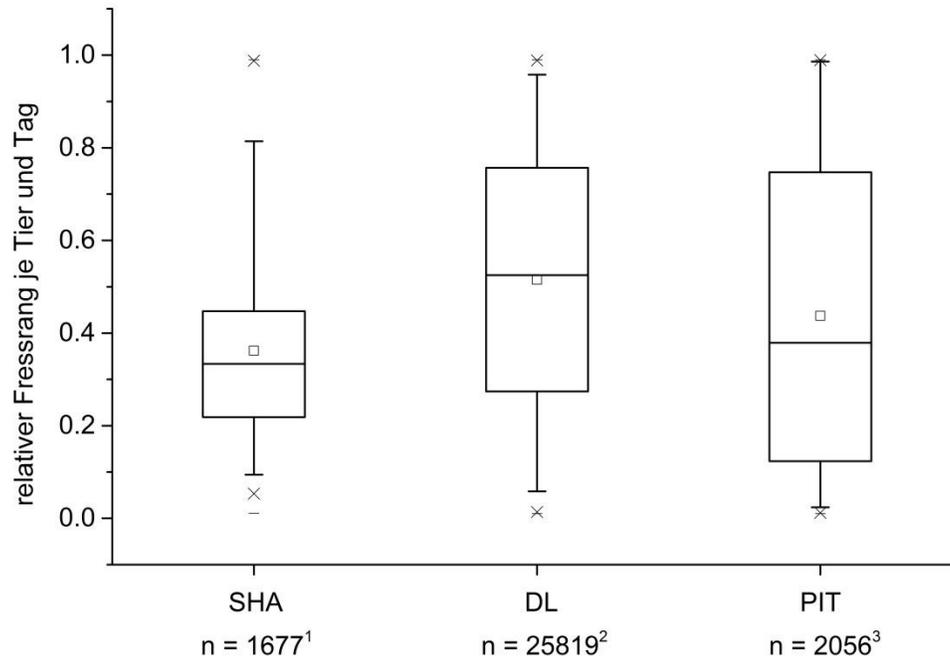


Abb. 49: Relative Fressränge je Tier und Tag für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Landschwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT)

¹ 9 verschiedene Sauen, ² 171 verschiedene Sauen, ³ 19 verschiedene Sauen

Der Einfluss der aktuellen Wurfnummer oder Trächtigkeit der jeweiligen Sau auf den relativen Fressrang ist in Abb. 50 dargestellt. Sauen, die sich in Wurf 2 befanden, erzielten im Allgemeinen die höchsten rFR, d.h. diese Tiere kamen spät zum Fressen an die EFA. Mit zunehmender Wurfnummer suchten die Sauen die EFA früher auf, so dass Sauen im dritten Wurf (W 3, MW = 0,58) bis hin zu Sauen im sechsten Wurf (W 6, MW = 0,33) im Durchschnitt immer niedrigere rFR erzielten. Eine ähnliche Verteilung der rFR wie für Sauen in W 6 zeigte sich bei Sauen für W 7 (MW = 0,34) und W 8 (MW = 0,35). Sauen in W 9 (MW = 0,40) und in W 10 (MW = 0,35) erreichten im Durchschnitt wieder etwas höhere rFR, kamen somit im Vergleich zu W 7 und W 8 tendenziell etwas später zur Futteraufnahme an die EFA. Allerdings ist die Streuung für W 8, W 9 und W 10 sehr breit, sicherlich auch durch den deutlich geringeren Stichprobenumfang (Anzahl rFR und Sauen) bedingt.

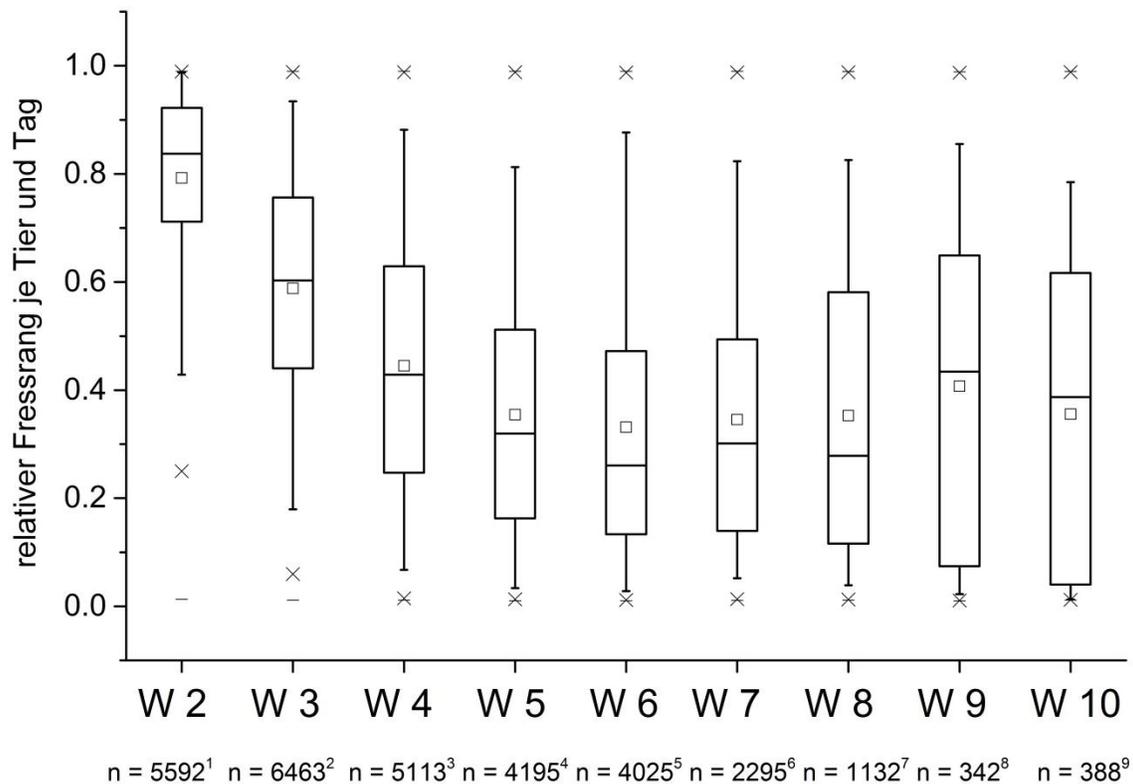


Abb. 50: Relativer Fressrang je Tiertag für Sauen der Würfe W 2 bis W 10

¹ 112 verschiedene Sauen, ² 89 verschiedene Sauen, ³ 69 verschiedene Sauen, ⁴ 59 verschiedene Sauen, ⁵ 49 verschiedene Sauen, ⁶ 31 verschiedene Sauen, ⁷ 18 verschiedene Sauen, ⁸ 6 verschiedene Sauen, ⁹ 4 verschiedene Sauen

Da sich der rFR auch im Verlauf der Trächtigkeit bzw. mit der Anwesenheit in der Wartesauengruppe verändert, ist in Abb. 51 dieser Zusammenhang für primi-, bi- und multipare Sauen dargestellt. Gut zu erkennen ist sowohl für primi- und bipare Sauen ein kontinuierlicher Rückgang des mittleren rFR im Verlauf der Trächtigkeit bzw. je länger sich die Sauen in der Herde befanden. Für die multiparen Sauen ergab sich ein starker Abfall der durchschnittlichen relativen Fressränge bis etwa zum 20. Trächtigkeitstag, dann sank der mittlere rFR nur noch leicht ab und schwankte um 0,35. Insgesamt wiesen multipare Sauen mit durchschnittlich rFR = 0,36 die geringsten relativen Fressränge auf, gefolgt von biparen Sauen mit rFR = 0,58 und primiparen Sauen mit rFR = 0,78.

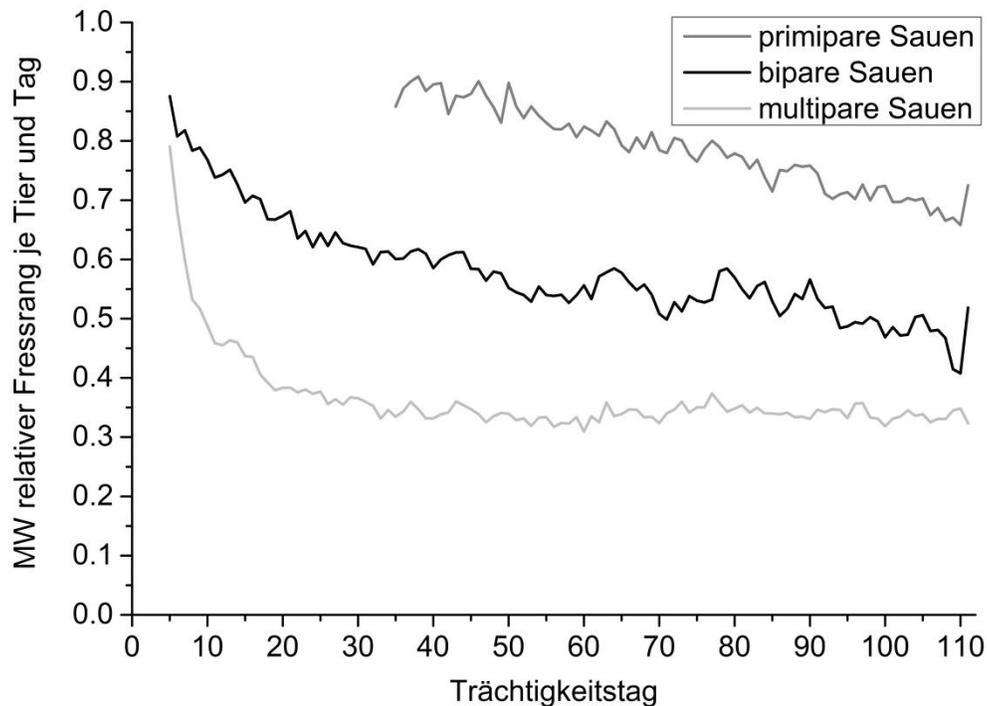


Abb. 51: Durchschnittlicher relativer Fressrang je Tier und Tag im Trächtigkeitsverlauf für primipare (W 2, n = 5592 Tiertage), bipare (W 3, n = 6463 Tiertage) und multipare Sauen (W 4 bis W 11, n = 17497 Tiertage)

4.2.2 Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen

4.2.2.1 Fußerkrankungen

In Abb. 52 ist die Verteilung der berechneten rFR je Tier und Tag, unterschieden nach Tieren mit Fußerkrankungen und Tieren, die an den jeweiligen Tagen unauffällig waren, also keine Fußerkrankungen aufwiesen. Es fiel auf, dass Tiere mit Fußerkrankungen tendenziell höhere rFR erreichten und somit im Mittel später am Tag zum Fressen an die EFA kamen als Tiere, die keine Fußerkrankungen aufwiesen. Die große Streuung der relativen Fressränge für beide Gruppen bzw. der sehr geringe Stichprobenumfang für Tiere mit Fußerkrankungen ist hierbei zu beachten (Abb. 52).

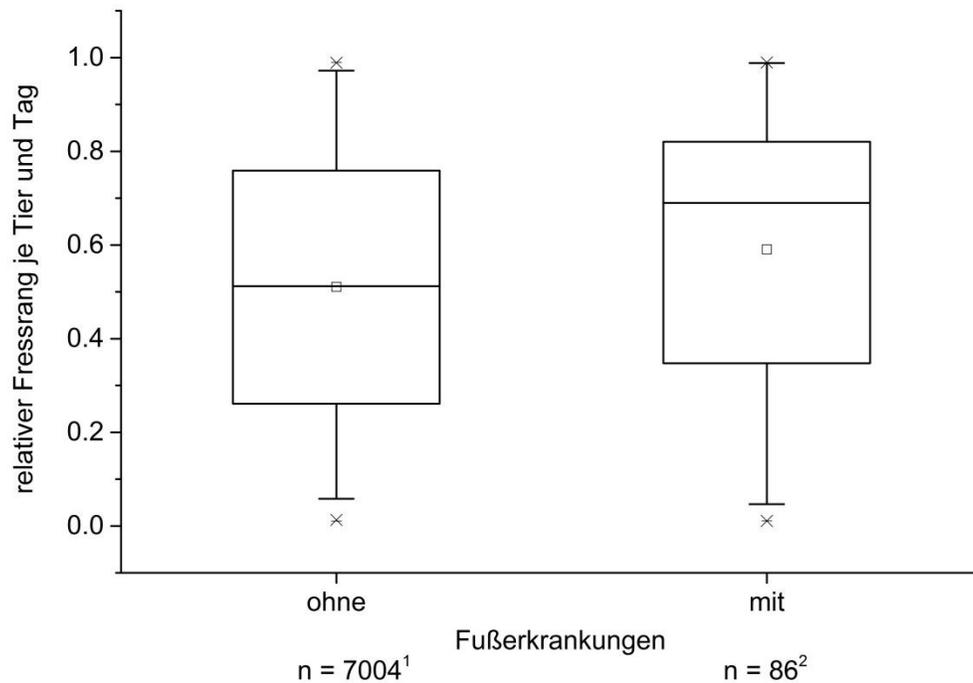


Abb. 52: Relative Fressränge je Tiertag für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen

¹ 191 verschiedene Sauen, ² 42 verschiedene Sauen

4.2.2.2 Lahmheitsgeschehen

In Abb. 53 sind die errechneten rFR je Tier und Tag in Abhängigkeit der jeweilig bonitierten LS dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass die Sauen mit zunehmender Schwere der Lahmheit höhere rFR erreichten und später an die EFA kamen. Sauen mit einwandfreiem Laufverhalten (LS 0) wiesen niedrigere rFR auf, da sie tendenziell früher innerhalb einer Fütterungsperiode zum Fressen kamen. Allerdings streuten die rFR für alle vier LS stark, besonders bei LS 0 und LS 1. Die deutlich geringere Anzahl Fälle für Sauen mit nennenswerter Lahmheit ist wieder zu beachten.

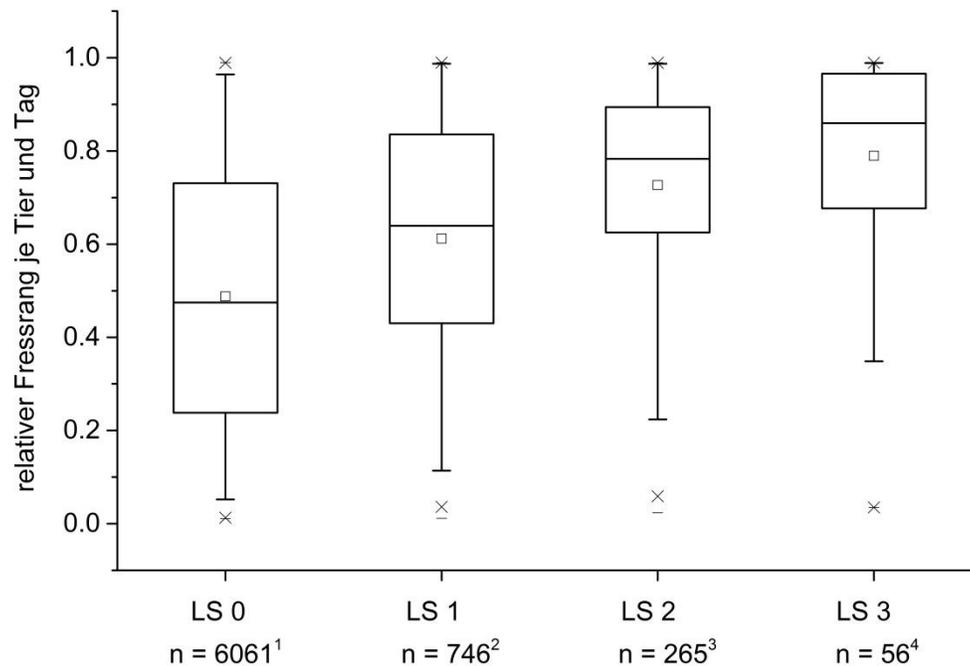


Abb. 53: Relative Fressränge, kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores je Tiertag (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)

¹ 192 verschiedene Sauen, ² 155 verschiedene Sauen, ³ 87 verschiedene Sauen, ⁴ 33 verschiedene Sauen

4.2.3 Einfluss von Umrauschereignissen

Mögliche Veränderungen in der Futteraufnahme durch das Umrauschen werden in Abb. 54 dargestellt. Die Auswertungen ergaben etwas höhere durchschnittliche rFR für Umrauscher (MW = 0,55, Median = 0,59) im Vergleich zu Tieren, die als unauffällig eingestuft wurden (MW = 0,50, Median = 0,50). Insgesamt streuen die rFR aber für beide Kategorien sehr weit und eine klare Abgrenzung ist nicht erkennbar.

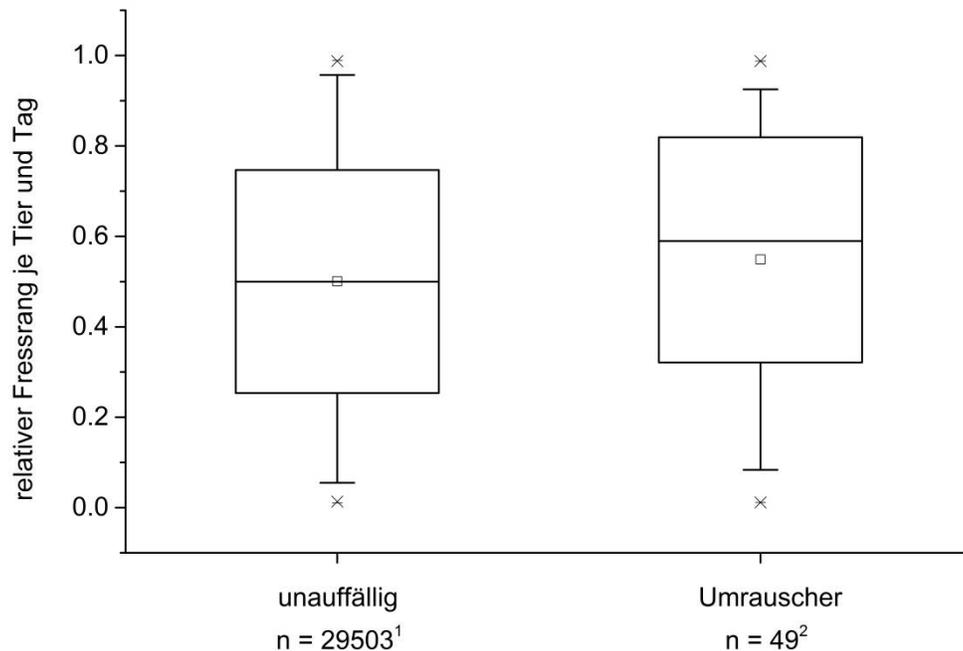


Abb. 54: Relative Fressränge je Tier und Tag für unauffällige Tiere und Umrauscher

¹ 199 verschiedene Sauen, ² 46 verschiedene Sauen

4.2.4 Diskussion

Die beiden Stationen der EFA wurde von den Sauen sehr gleichmäßig sowohl zur Futteraufnahme, als auch für Besuche ohne Futteraufnahme genutzt. WENNER und LEHMANN (1989) berichteten von einer durchschnittlich Besuchsfrequenz an den EFA ohne Futteraufnahme von 2,7-mal je Tier und Tag bei Öffnungszeiten von 12 h, bzw. 9,7 Besuchen ohne Futteraufnahme bei Öffnungszeiten von 24 h. Bei den eigenen Untersuchungen wurden bei Öffnungszeiten der EFA von etwa 13 h täglich, vergleichbare Ergebnisse von durchschnittlich 2,4 Besuchen ohne Futteraufnahme je Sau und Tag ermittelt. Vermutlich suchen Sauen so lange die EFA nicht geschlossen ist diese immer wieder aus Langeweile heraus auf, so dass auch extreme Besuchsfrequenzen ohne Futteraufnahme wie bei WENNER und LEHMANN (1989) entstehen können.

In Kapitel 4.1.1 wurde bereits festgestellt, dass je nach Rassezugehörigkeit unterschiedliche Wasseraufnahmen für Wartesauen festgestellt wurden. Auch bzgl. der Fressrei-

henfolge an der EFA zeigten sich rasseabhängige Unterschiede. So erreichten Sauen der Rasse SHA vor den PIT-Sauen und den DL-Sauen die niedrigsten rFR (Abb. 49). Somit setzten sich die SHA-Sauen in der Fressreihenfolge an der EFA tendenziell besser gegen die Sauen der anderen Rassen durch. Allerdings wurden in der Literatur mögliche Einflüsse der Rasse auf die Gruppenhierarchie von Wartesauen noch nicht beschrieben.

Der Einfluss der Wurfnummer bzw. des damit verbundenen Lebensalters und meist auch höheren Körpergewichts ist gut beschrieben (HUNTER et al., 1988 in CORNOU et al., 2008; O'CONNELL et al., 2003 in CORNOU et al., 2008) und konnte hier ebenfalls abgebildet werden (Abb. 50). Besonders deutlich waren die Unterschiede im rFR zwischen Sauen der Wurfnummern W 2, W 3 und W 4 gegenüber den übrigen Wurfnummern W 5 bis W 10. Neben dem Einfluss von Wurfnummern bzw. Paritätenklassen zeigten KRUSE et al. (2011d) bereits, dass sich Wartesauen mit zunehmender Aufenthaltsdauer in der Gruppe in der Fressreihenfolge an der EFA und gleichzeitig dem rFR verbessern. Dieser Umstand konnte durch die eigenen Auswertungen bestätigt werden (Abb. 51). Dabei schienen multipare Sauen relativ schnell einen etwa gleichbleibenden Rangplatz in der Gruppe und einen entsprechenden Fressrang einzunehmen. Primi- und bipare Sauen hingegen schienen sich kontinuierlich über die gesamte Trächtigkeit hinweg immer weiter in der Fressreihenfolge „vorkämpfen“ und erzielten so nach und nach immer niedrigere mittlere rFR.

Des Weiteren konnte die Tendenz, dass sich gesundheitlich beeinträchtigte Tiere, z.B. durch eine Fußerkrankung oder ein Lahmheitsgeschehen, weniger gut an der EFA durchsetzen und somit erst später in der Fressreihenfolge Futter aufnehmen (HINRICHS und HOY, 2011), bestätigt werden (Abb. 52 und Abb. 53). Es gilt allerdings zu beachten, dass die Streuung der rFR innerhalb der gleichen Kategorien sehr groß war. Somit war eine allgemeingültige Schwelle, durch die Tiere mit oder ohne Lahmheiten oder Fußerkrankungen voneinander unterschieden werden könnten, nicht ersichtlich. Auch durch das Umrauschen (Abb. 54) schien ein gewisser Einfluss auf den Fressrang vorhanden zu sein. CORNOU et al. (2008) hatten ebenfalls beobachten können, dass Umrauscher tendenziell später zum Fressen an die EFA kamen. FRIEND (1971 und 1973) stellte eine Depression in der Futteraufnahme während des Östrus fest. Aber auch hier streuten die

eigenen Ergebnisse des rFR sowohl für unauffällige Tiere als auch für Umrauscher sehr stark, was vermutlich dadurch zu erklären ist, dass gleichzeitig auch andere Einflüsse mitwirkten und starke tagesbasierte Schwankungen auftraten. Es liegt nahe, dass hier, wie es HINRICHS und HOY (2011) bereits durchgeführt hatten, der jeweilige tierindividuelle Verlauf für die rFR beobachtet werden sollte, um Veränderungen zu überwachen. Die Tatsache, dass die Rausche der Sauen mehr als 24 h lang anhält und der rFR nur einmal täglich kalkuliert wurde, lässt vermuten, dass der rFR als Indikator allein nicht ausreicht, um Umrauschereignisse mit großer Sicherheit und geringen Fehlerraten zu detektieren. Grundsätzlich ist zu vermuten, dass die Dynamik der Gruppe, bedingt durch den 1-Wochen-Produktionsrhythmus, zu starken Schwankungen hinsichtlich der FR und somit auch der rFR führte. So lassen sich auch die generell starken Streuungen innerhalb der gleichen Kategorien bei den rFR erklären. Weitere Ansätze zur Detektion von rauschenden Sauen in der Literatur sowie ein eigener Modellansatz werden im Kapitel 4.4.1 näher beschrieben.

4.3 Fortbewegung

Als zentrales Element für die Analyse des Fortbewegungsverhaltens der Wartesauen dienten die kalkulierten minimalen Wegstrecken (s. 3.3.6). Diese wurden für jedes Tier und jeden Tag im Hinblick auf verschiedene allgemeine Einflussgrößen ebenso wie für tierspezifische Eigenheiten analysiert.

4.3.1 Wegstreckenerfassung im Rahmen von Direktbeobachtungen

Um einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, wie weit Wartesauen in einem Gruppenhaltungssystem laufen, sind in Abb. 55 die ermittelten zurückgelegten Wegstrecken aus den jeweils zweistündigen Direktbeobachtungen von Fokussauen in den Jahren 2012 und 2013 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist die große Schwankungsbreite der beo-

bachteten Wegstrecken zwischen 0 m und 363 m im Jahr 2012 (MW = 75 m) und 0 m bis maximal 119 m während der Direktbeobachtungen im Jahr 2013 (MW = 22 m).

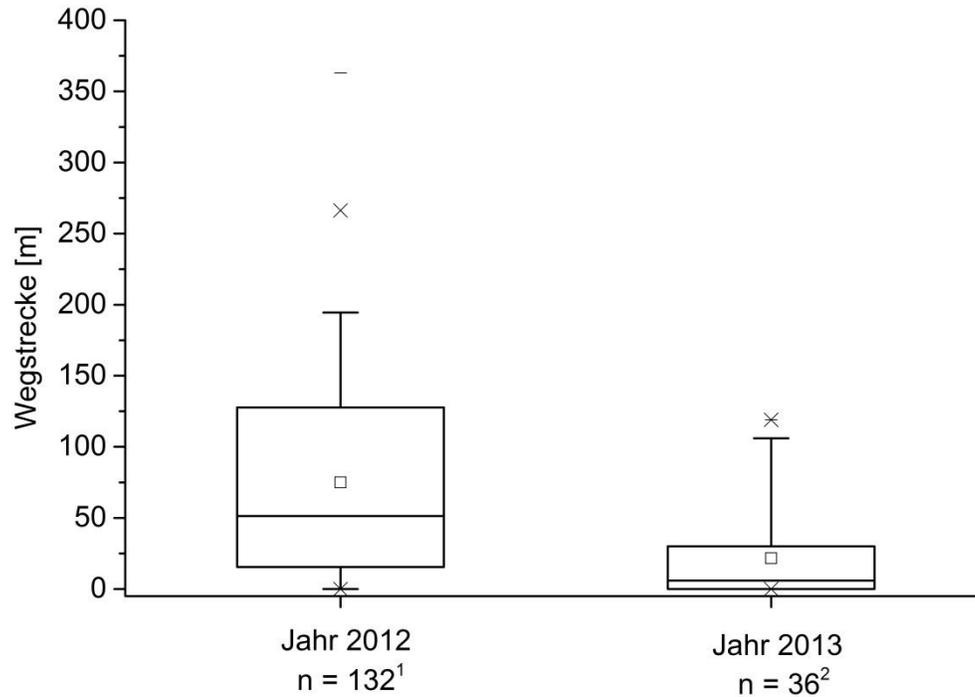


Abb. 55: Beobachtete aufsummierte Wegstrecken (n) während der zweistündigen Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten der Wartesauen 2012 (an 18 Tagen, von 9:30 bis 11:30) und 2013 (an 12 Tagen, von 6:00 bis 18:00)

¹ 35 verschiedene Sauen, ² 3 verschiedene Sauen

In Abb. 56 ist ein Vergleich von der tatsächlich zurückgelegten Wegstrecke bzw. beobachteten Wegstrecke, ermittelt durch die Direktbeobachtung, mit den entsprechend kalkulierten minimalen Wegstrecken dargestellt. Durch die rote Linie wird die Wertereihe beschrieben, bei der die beobachteten Wegstrecken den minimal zurückgelegten Wegstrecken entsprechen.

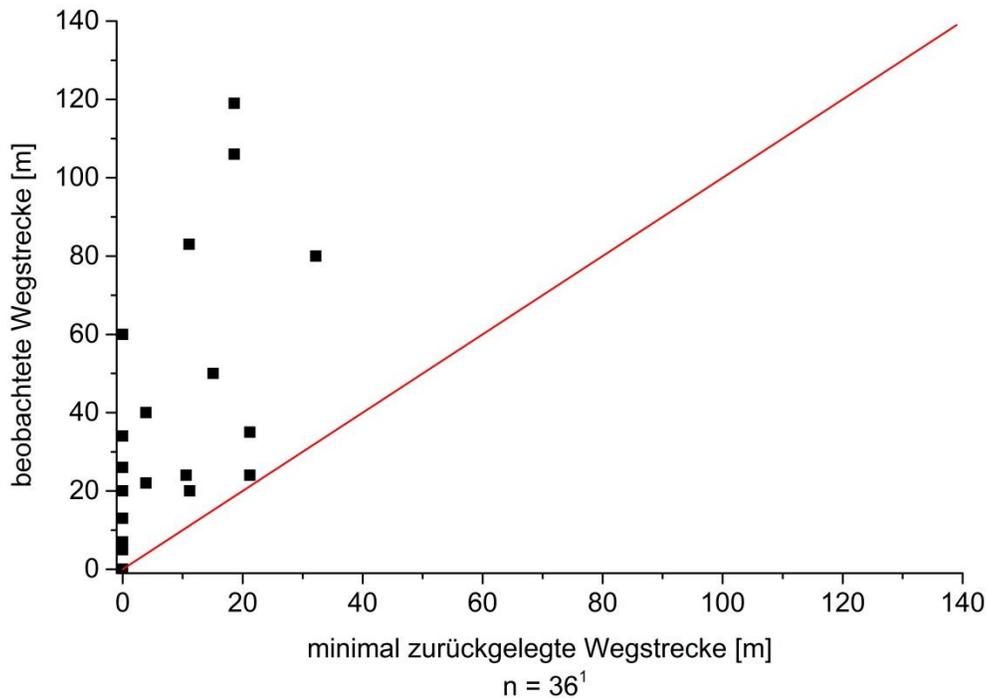


Abb. 56: Vergleich der beobachteten Wegstrecken (n) dreier Fokussauen während der jeweils zweistündigen Direktbeobachtungen 2013 mit den im entsprechenden Zeitraum kalkulierten minimalen Wegstrecken

¹ 3 verschiedene Sauen

Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass die beobachteten Wegstrecken stets größer ausfielen als die entsprechenden berechneten minimal zurückgelegten Wegstrecken. Allerdings konnte ebenfalls beobachtet werden, dass die Differenzen zwischen beobachteten und minimal zurückgelegten Wegstrecken sehr unterschiedlich ausfielen. In einigen Fällen wurde eine minimal zurückgelegte Wegstrecke von 0 m festgestellt, wobei die Direktbeobachtungen aber Wegstrecken von 0 m bis hin zu 60 m ergeben hatten. Liefen die Sauen viel umher ohne dabei an einer der 13 RFID-Antennen registriert zu werden, ergaben sich bei dieser Methodik Wegstrecken von 0 m.

Da in der Regel Tageswerte aussagekräftiger sind als 2h-Werte, wurden die beobachteten und die minimal kalkulierten zurückgelegten Wegstrecken für die während der Direktbeobachtungen 2013 erhobenen Daten sowie die minimal zurückgelegten Wegstrecken der Fokustiere für die kompletten Tage miteinander verglichen (Abb. 57). Dabei zeigte sich, dass für das Tier 1 (MW = 40 m) durchschnittlich während der zwölf Beobachtungen

bachtungsphasen die weitesten beobachteten Wegstrecken, gefolgt von Tier 2 (MW = 13 m) und Tier 3 (MW = 11) ermittelt wurden. Auch für die Kategorien minimal zurückgelegte Wegstrecken in 2 h und in 24 h wurden die höchsten Durchschnittswerte für Tier 1 vor Tier 2 und Tier 3 ermittelt.

Dies legte den Schluss nahe, dass eine Unterscheidbarkeit von Sauen anhand der kalkulierten minimalen Wegstrecken möglich sei. Die minimale Wegstrecke ist jedoch kein Parameter für die realen Wegstrecken, die die Sauen gelaufen sind, sondern nur eine Hilfsgröße.

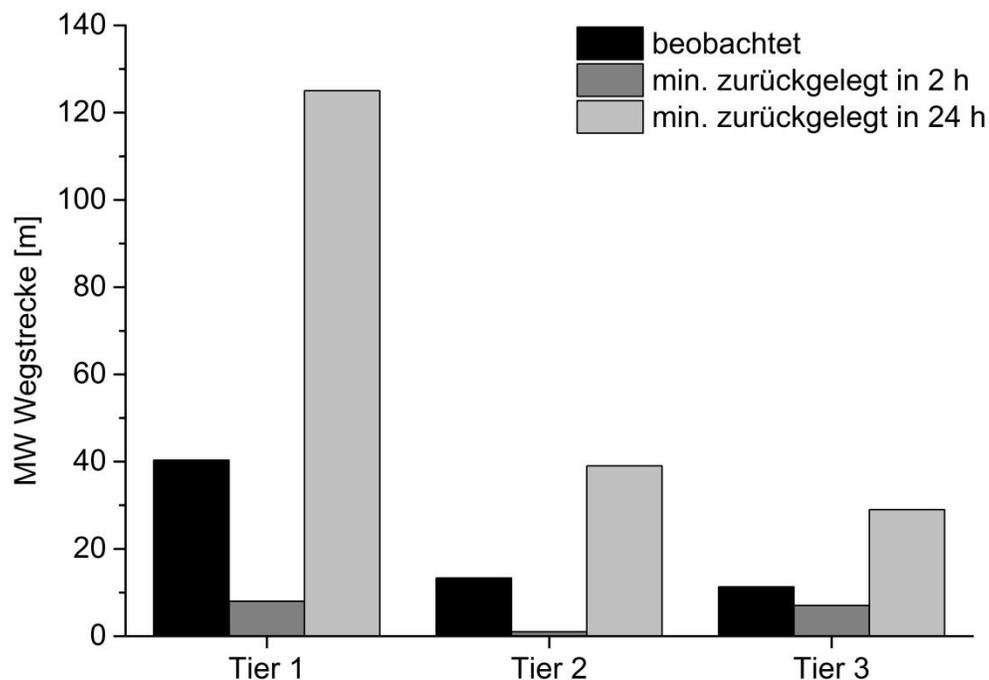


Abb. 57: Vergleich der durchschnittlichen beobachteten und kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken (in 2 h und 24 h) aus zwölf Beobachtungstagen für die drei Fokustiere während der Direktbeobachtungen 2013

4.3.2 Allgemeine Beobachtungen

In Abb. 58 sind alle ausgewerteten kalkulierten minimalen Wegstrecken je Tier und Tag dargestellt. Dabei wurden für die Sauen minimale Wegstrecken von durchschnittlich 171 m, minimal 0 m und maximal 1712 m je Tier und Tag bestimmt.

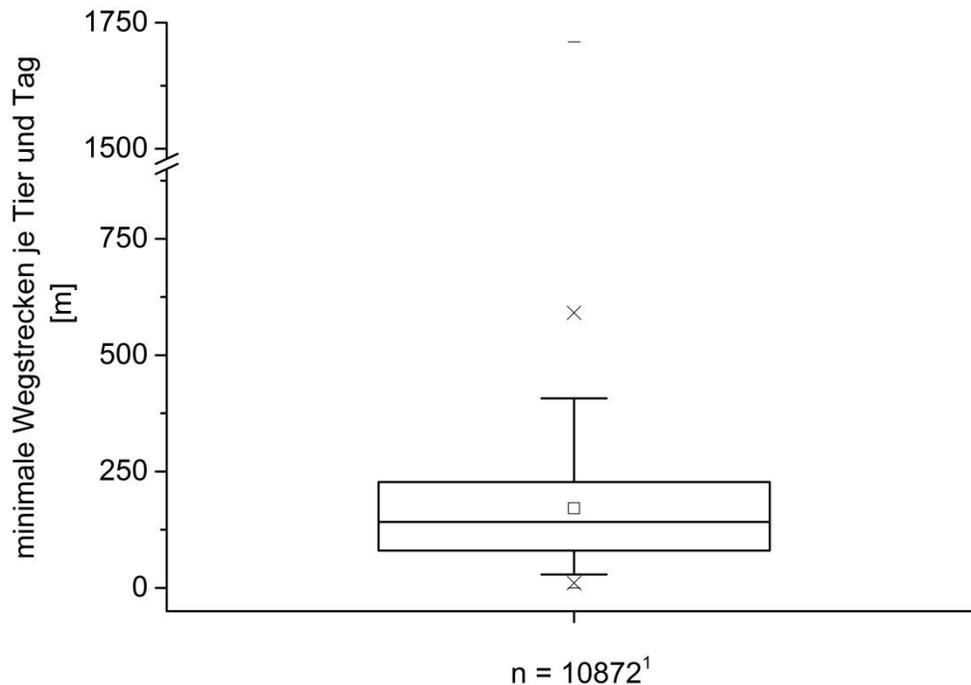


Abb. 58: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken vom 20.01. bis 31.05.2013 je Tiertag (n)

¹ 146 verschiedene Sauen

Da auch die Umgebungstemperatur einen möglichen Einfluss auf das Fortbewegungsverhalten der Sauen haben könnte, sind die minimalen Wegstrecken je Tier und Tag in Abb. 59 in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz dargestellt. Da die Temperatur im Stallinneren durch die Lüftungseinstellungen und durch Heizen reguliert wurde, wurde die Differenz zwischen den täglichen Mittelwerten der Innen- und Außentemperatur gebildet. Je kleiner die Differenzen, desto ähnlicher waren sich an diesen Tagen die durchschnittlichen Temperaturen im Innen- und Außenbereich. Je

größer die Differenzen waren, desto kälter waren die Temperaturen im Außenbereich. In Abb. 59 werden aber keine Unterschiede in der Fortbewegung für Tage mit kleinen und großen Temperaturdifferenzen ersichtlich.

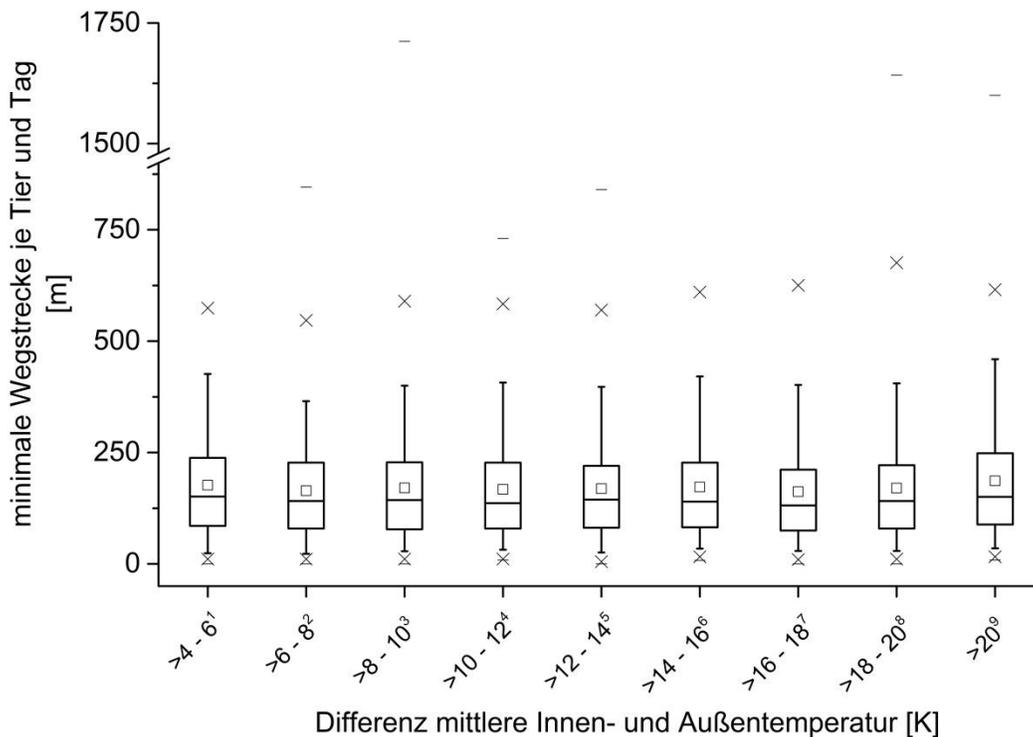


Abb. 59: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecke je Tier und Tag, kategorisiert nach der Differenz der mittleren Innen- und Außentemperaturen

¹ n = 978, ² n = 1188, ³ n = 1617, ⁴ n = 728, ⁵ n = 771, ⁶ n = 1647, ⁷ n = 1240, ⁸ n = 1653, ⁹ n = 1050

Auch für das Fortbewegungsverhalten werden in Abb. 60 die kalkulierten minimalen Wegstrecken zwischen dem 20.01. und 31.05.2013 für die Sauen der Rassen SHA, DL und PIT dargestellt. Dabei legten die SHA-Sauen im Mittel 156 m je Tier und Tag zurück. Etwas längere minimale Wegstrecken wurden für DL-Sauen mit durchschnittlich 179 m und deutlich geringere durchschnittliche minimale Wegstrecken je Tier und Tag wurden für die Sauen der Rasse PIT mit lediglich 98 m festgestellt.

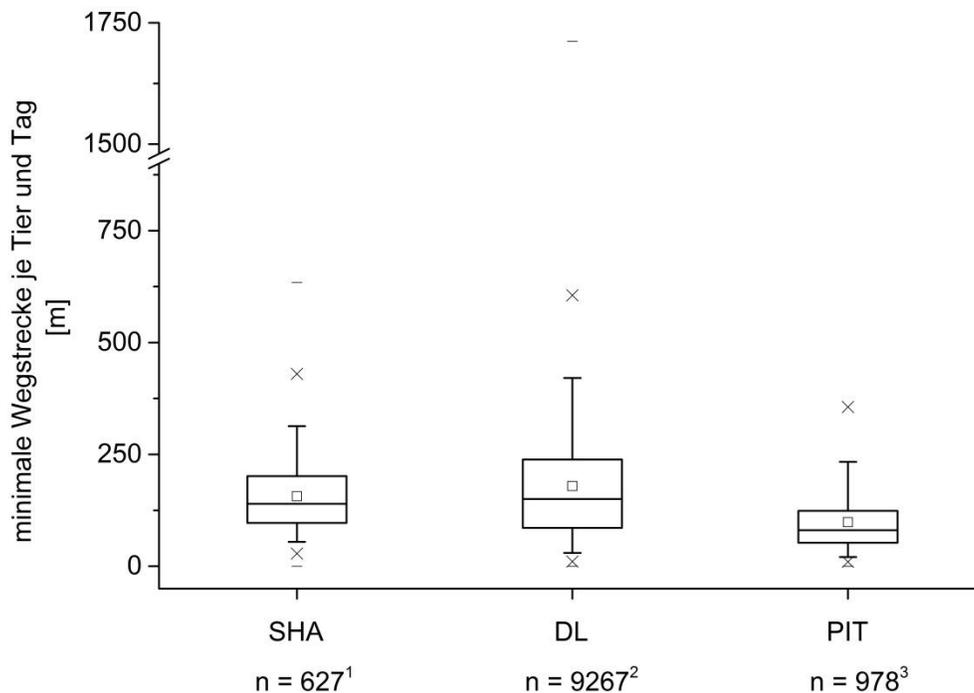


Abb. 60: Kalkulierte minimale Wegstrecken für Sauen der Rassen Schwäbisch Hällisches Landschwein (SHA), Deutsche Landrasse (DL) und Pietrain (PIT) (n = Tiertage)

¹ 7 verschiedene Sauen, ² 125 verschiedene Sauen, ³ 14 verschiedene Sauen

Bei der Betrachtung der minimalen Wegstrecken für Sauen verschiedener Wurfnummern (Abb. 61) fällt auf, dass für Sauen im zweiten Wurf (W 2) deutlich geringere mittlere minimale Wegstrecken kalkuliert wurden als für Sauen höherer Wurfnummern. So wurden im Durchschnitt für Sauen in der 2. Trächtigkeit 106 m kalkuliert, für Sauen in der 3. Trächtigkeit 214 m und für Sauen in der 4. Trächtigkeit 209 m. Für Sauen höherer Wurfnummern wurden wieder durchschnittlich abnehmende minimale Wegstrecken von 187 m für Sauen in W 5, 146 m für Sauen in W 6, 149 m für Sauen in W 7, 164 m für Sauen in W 8, 178 m in W 9 und 110 m in W 10 festgestellt.

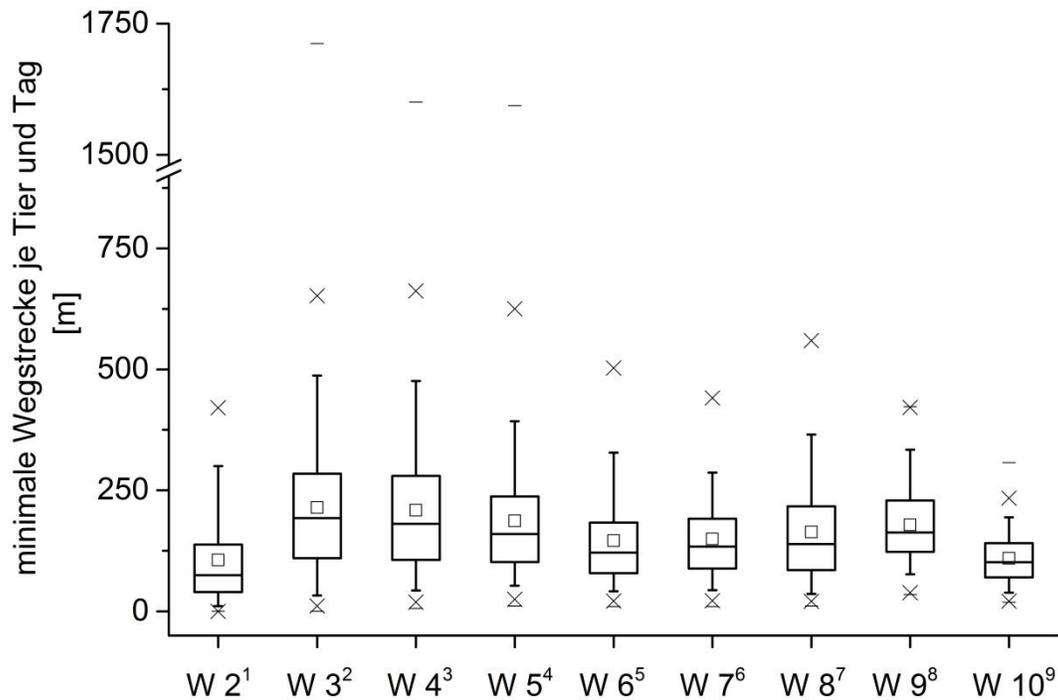


Abb. 61: Kalkulierte minimale Wegstrecken je Tiertag (n) unterschieden nach Wurfnummern W 2 bis W 10

¹ n = 18991, 44 verschiedene Sauen, ² n = 21922, 39 verschiedene Sauen, ³ n = 19753, 34 verschiedene Sauen, ⁴ n = 14714, 25 verschiedene Sauen, ⁵ n = 12265, 20 verschiedene Sauen, ⁶ n = 11766, 21 verschiedene Sauen, ⁷ n = 5967, 13 verschiedene Sauen, ⁸ n = 1368, 3 verschiedene Sauen, ⁹ n = 2019, 2 verschiedene Sauen

Unabhängig von der Wurfnummer ist in Abb. 62 klar die Tendenz abnehmender minimaler Wegstrecken bei zunehmender Trächtigkeitsdauer zu erkennen. So legten Sauen im Durchschnitt am 25. Trächtigkeitstag noch mindestens 223 m, am 50. Trächtigkeitstag mindestens 178 m, am 70. Trächtigkeitstag 149 m und am 95. Trächtigkeitstag nur noch minimal 127 m zurück.

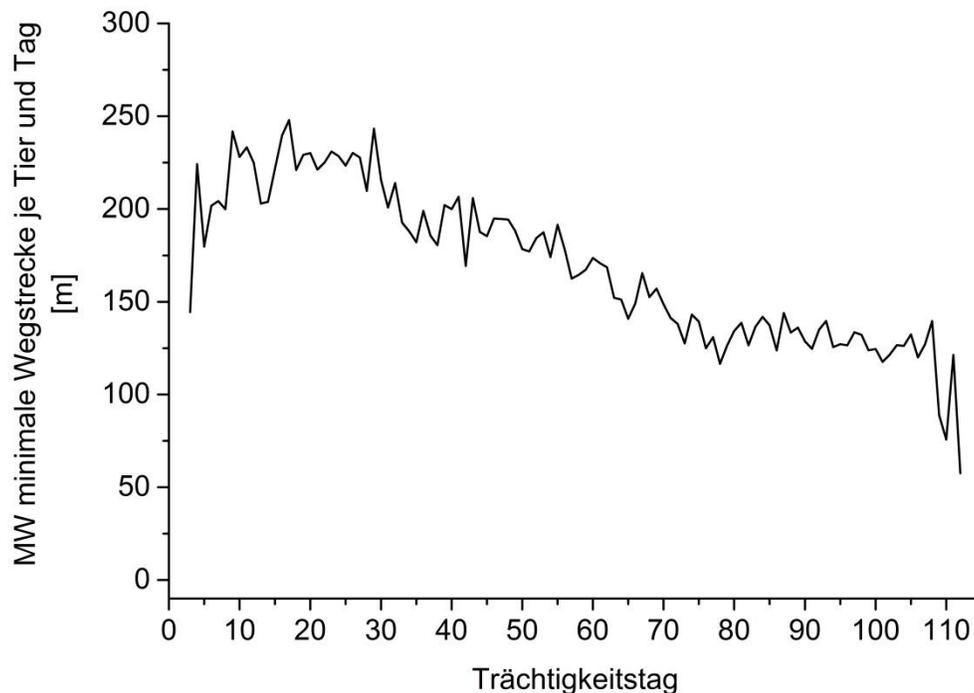


Abb. 62: Im Mittel minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tier und Tag im Verlauf der Trächtigkeit (n = 10855 Tiertage)

In Abb. 63 wird ein möglicher Einfluss durch die Integration neuer Sauen auf die minimalen Wegstrecken je Tier und Tag untersucht. Die Integration von neuen Sauen in eine bestehende Wartesauenherde erzeugt normaler Weise Unruhe, so dass ein Anstieg der Bewegungsaktivität und somit auch der zurückgelegten Wegstrecken denkbar sind. Dieser Effekt konnte hier jedoch nicht beobachtet werden. Dies liegt vermutlich daran, dass die neuen Sauen üblicherweise erst am Nachmittag in die Gruppe integriert wurden. Ein möglicher Anstieg der Tieraktivität spiegelt sich dann bei Bezug auf einen ganzen Kalendertag (bzw. Integrationstag) nicht deutlich in den Daten wieder. Weiterhin benötigt die Methode der minimalen Wegstrecken eine Datenerfassung an den verschiedenen RFID Erkennungspunkten. Rangkämpfe und eine erhöhte Bewegungsaktivität im Stall oder Auslauf werden damit nicht erfasst.

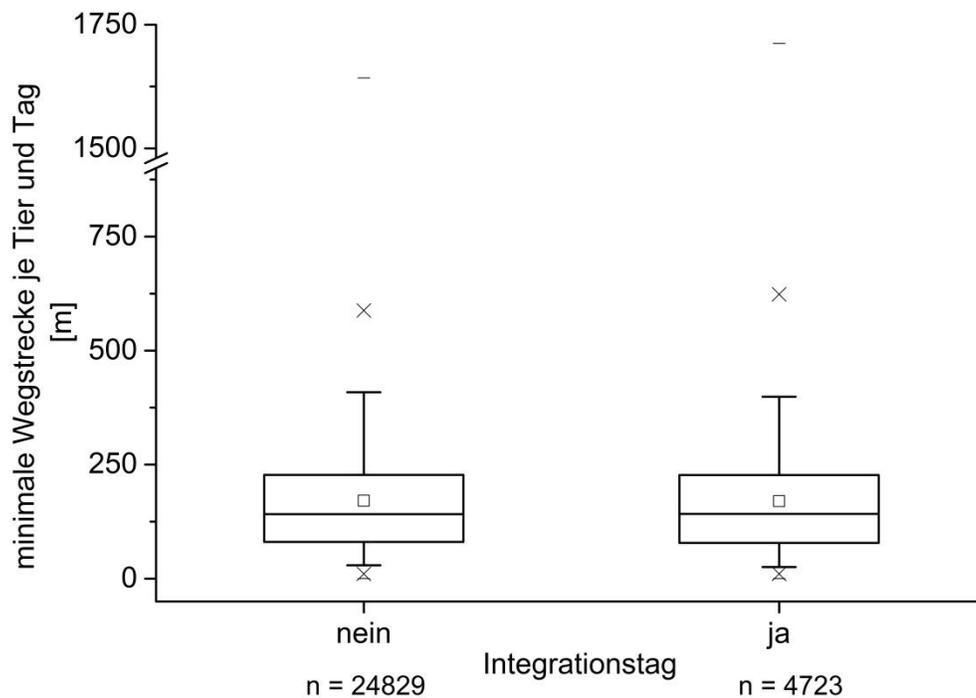


Abb. 63: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Integrationstage und Nichtintegrationstage

4.3.3 Einfluss von Gesundheitsbeeinträchtigungen

Im Folgenden wird der Einfluss von Fußerkrankungen bzw. Lahmheitsgeschehen auf die kalkulierten minimalen Wegstrecken näher betrachtet.

4.3.3.1 Fußerkrankungen

Für Sauen, für die Fußerkrankungen zwischen dem 20.01. und 31.05.2013 festgestellt wurden, konnte im Mittel kaum ein Unterschied in den kalkulierten minimalen Wegstrecken festgestellt werden. Sauen ohne Fußerkrankungen legten durchschnittlich mindestens 173 m, Sauen mit Fußerkrankungen mindestens 175 m je Tier und Tag zurück (Abb. 64). Hierbei ist wiederum die geringe Stichprobe für Tiere mit Fußerkrankungen zu beachten.

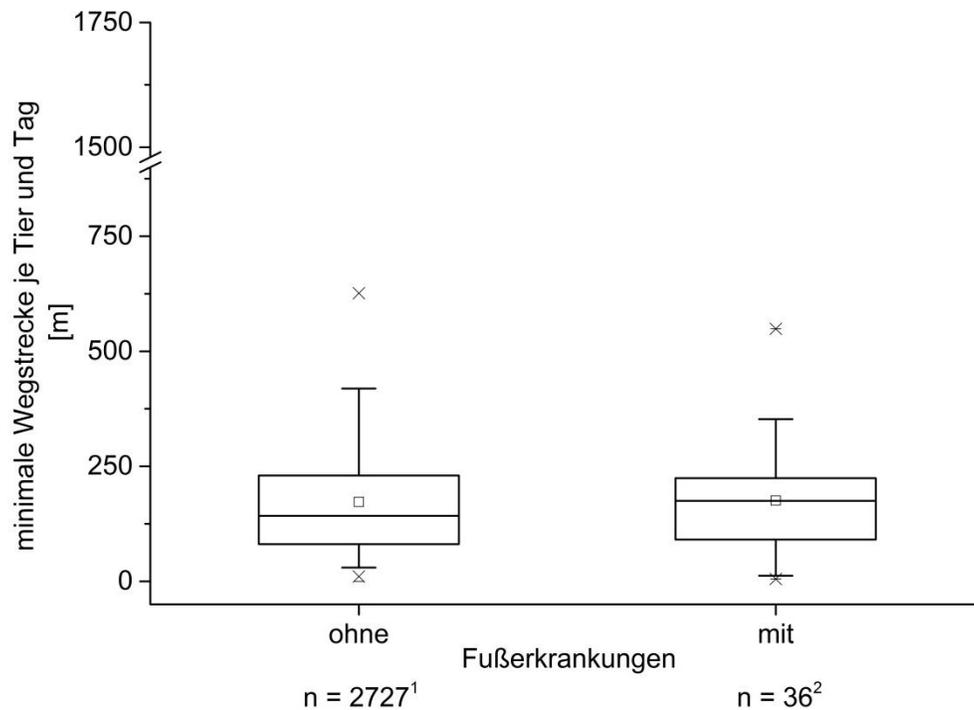


Abb. 64: Minimale zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Tiere ohne und mit Fußerkrankungen

¹ 142 verschiedene Sauen, ² 17 verschiedene Sauen

4.3.3.2 Lahmheitsgeschehen

In Abb. 65 sind die kalkulierten minimalen Wegstrecken je Tier und Tag entsprechend dem jeweilig bonitierten LS geordnet. Dabei ist zu erkennen, dass Sauen, die bei der Bonitur des Laufvermögens keine Auffälligkeiten zeigten (LS 0), im Durchschnitt die weitesten minimalen Wegstrecken mit MW = 185 m zurücklegten. Sauen, die durch leichte Lahmheiten auffielen (LS 1), legten im Durchschnitt mit 140 m je Tier und Tag bereits geringere minimale Wegstrecken zurück. Dieser Trend setzte sich bei Sauen mit deutlichen Lahmheiten (LS 2, MW = 113 m) und bei Sauen mit starken Lahmheiten (LS 3, MW = 81 m) fort. Andererseits legten einige Tiere trotz einer relevanten Lahmheit (LS 2 und LS 3) vergleichbare minimale Wegstrecken zurücklegten wie Tiere ohne Lahmheit.

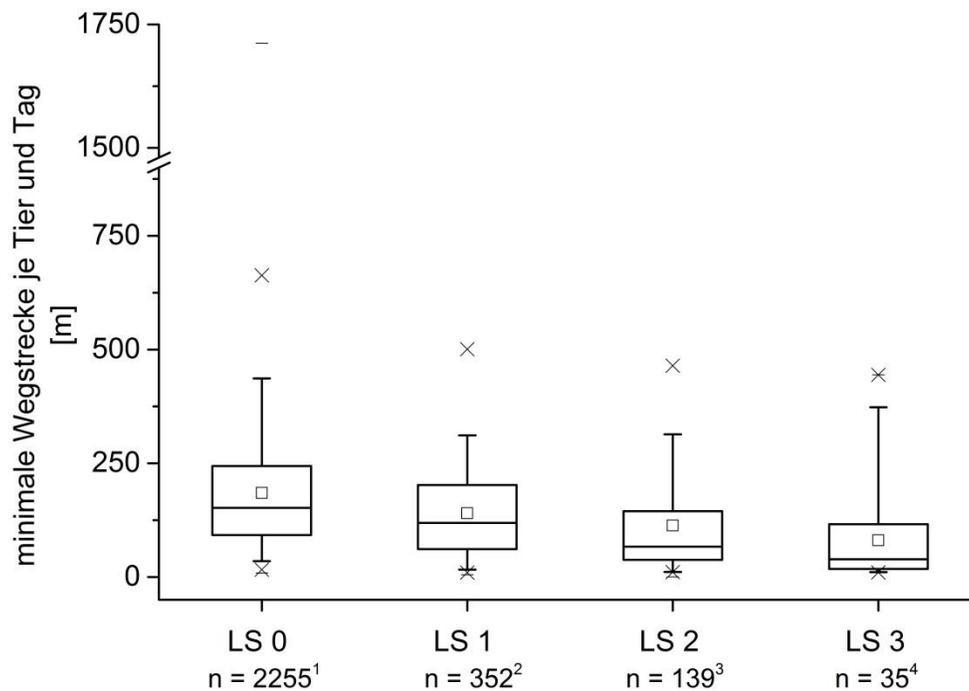


Abb. 65: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Tiere mit bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit, LS 1 = leichte Lahmheit, LS 2 = deutliche Lahmheit, LS 3 = starke Lahmheit)

¹ 141 verschiedene Sauen, ² 103 verschiedene Sauen, ³ 51 verschiedene Sauen, ⁴ 20 verschiedene Sauen

4.3.4 Einfluss von Umrauschereignissen

In Abb. 66 sind die minimalen Wegstrecken für Tiere, die als unauffällig eingestuft wurden und für Tiere, die umrauschten, dargestellt. Es lässt sich deutlich erkennen, dass die Umrauscher längere minimale Wegstrecken zurücklegten, auch wenn der Stichprobenumfang für Umrauscher sehr viel geringer ist als für unauffällige Tiere. So legten Umrauscher im Durchschnitt minimale Wegstrecken von 591 m und unauffällige Sauen im Durchschnitt 170 m zurück.

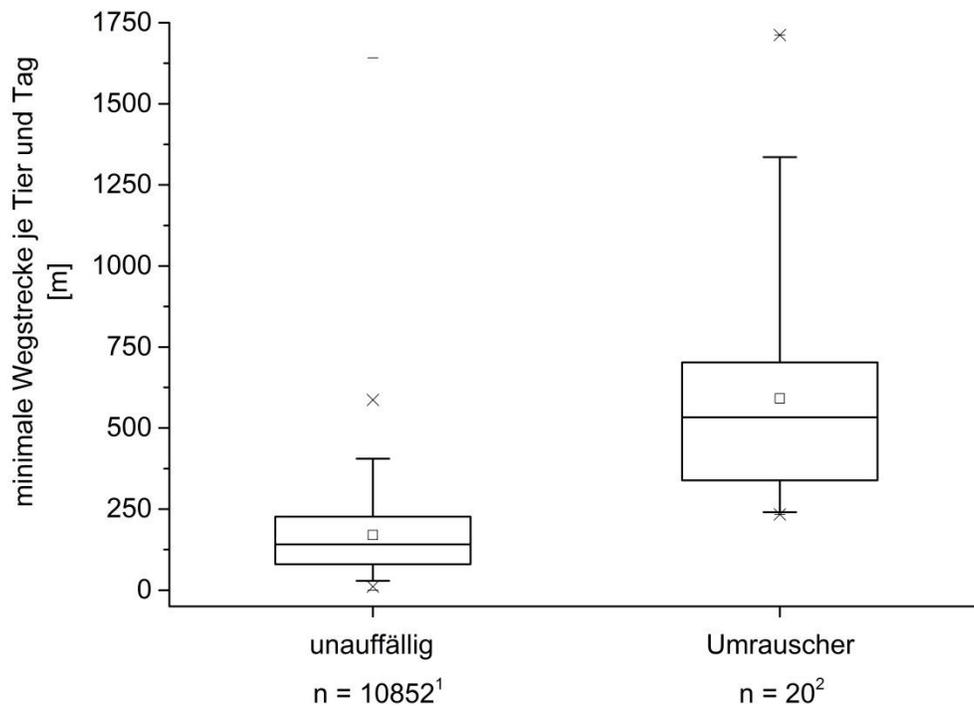


Abb. 66: Minimale Wegstrecken je Tiertag (n) für unauffällige Tiere und Umrauscher

¹ 146 verschiedene Sauen, ² 17 verschiedene Sauen

In Abb. 67 ist die prozentuale Verteilung von Kontakten an den RFID-Antennen, mit Hilfe derer die minimalen Wegstrecken kalkuliert wurden, über den 24h-Tag dargestellt. Insgesamt über alle Beobachtungen fanden 88 % der Aktivitäten zwischen 6 und 18 Uhr statt.

Für unauffällige Tiere (schwarz) konnte eine biphasische Verteilung der Registrierungen über den kompletten 24h-Tag festgestellt werden. So wurden während des ersten Höhepunkts zwischen 8 und 9 Uhr insgesamt 7,9 % der Kontakte für unauffällige Tiere über den gesamten Versuchszeitraum registriert. Ein zweiter Höhepunkt der Registrierungen lag jeweils am Nachmittag zwischen 14 und 16 Uhr (24,1 %). Nach 18 und vor 3 Uhr am nächsten Morgen, wenn ein neuer Fütterungszyklus an den EFA startete, wurden anteilig nur sehr wenige Registrierungen an den RFID-Antennen festgestellt. Die Verteilung der Kontakte für Sauen, die als Umrauscher (grau) bonitiert wurden, zeigte deutliche Unterschiede (Abb. 67). Für Umrauscher konnten im Gegensatz zu unauffälligen Tieren relativ viele Kontakte an den RFID-Antennen, meist an der Ebererkennung

sowie vermehrt in den Nachtstunden, vor allem zwischen 0 und 3 Uhr am Morgen, festgestellt werden. Allerdings wurden zwischen 16 und 24 Uhr für umrauschende Sauen keine Kontakte an den RFID-Antennen registriert.

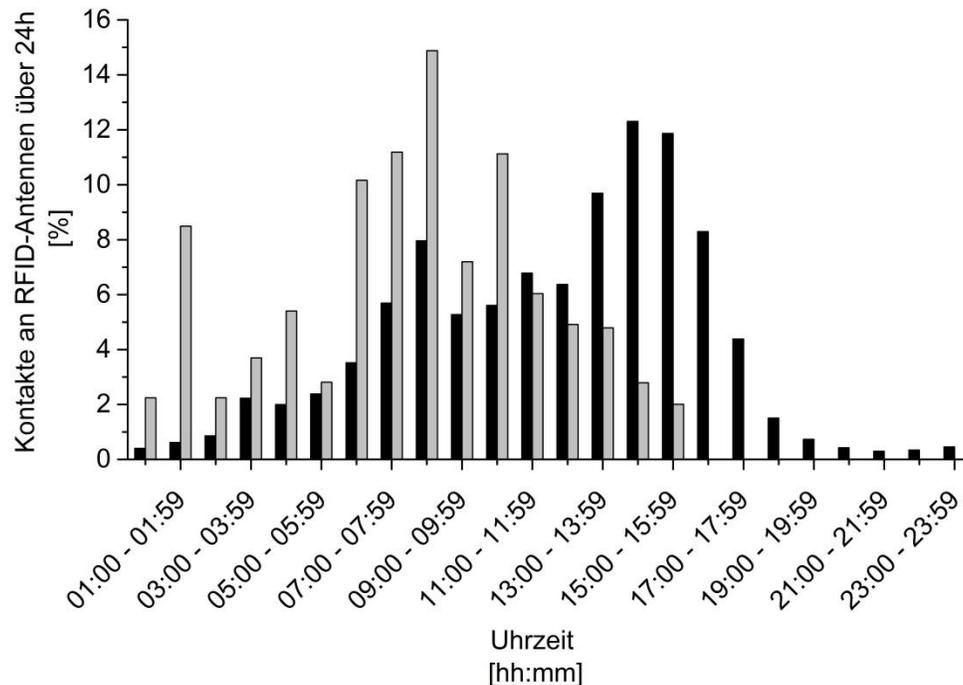


Abb. 67: Verteilung der Kontakte an RFID-Antennen über 24 h für unauffällige Tiere (schwarz) und Umrauscher (grau)

4.3.5 Diskussion

Grundsätzlich ist relativ wenig dazu bekannt, welche Wegstrecken Wartesauen in Gruppenhaltungen üblicherweise laufen. Bei den eigenen Untersuchungen wurde die vorhandene RFID-Hardware genutzt und ein indirekter Ansatz für die Kalkulation der Fortbewegung der Wartesauen gewählt, indem die „minimal zurückgelegte Wegstrecke“ als Hilfsgröße kalkuliert wurde. Klar ist, dass diese Hilfsgröße nur ein grober Anhaltspunkt sein kann, um die Fortbewegung von Wartesauen darzustellen. Deswegen wurden zusätzlich in geringerem Umfang Direktbeobachtungen zur Fortbewegung der Wartesauen durchgeführt. Der Vergleich der dabei ermittelten Wegstrecken (Abb. 55) ergab zurück-

gelegte Wegstrecken zwischen 0 m und 363 m innerhalb von jeweils 2 h Direktbeobachtungen an 35 verschiedenen Sauen.

Um einen Anhaltspunkt dafür zu haben, wie stark sich beobachtete Wegstrecken von den kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken unterscheiden, wurde in den Direktbeobachtungen 2013 der direkte Vergleich angestellt (Abb. 56). Dabei zeigte sich erwartungsgemäß, dass die beobachteten Wegstrecken grundsätzlich höher ausfielen als die entsprechenden minimal zurückgelegten Wegstrecken. Beim Vergleich der beobachteten Wegstrecken (2 h) und kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken (2 h und 24 h) bei den Direktbeobachtungen 2013 (Abb. 57) ergaben sich für die MW der drei Fokustiere gute Vergleichbarkeiten. So wurden für Tier 1 mit den weitesten durchschnittlichen beobachteten Wegstrecken im Durchschnitt auch die weitesten minimalen Wegstrecken über 24 h ermittelt. Nützlich wäre eine Art Korrekturfaktor, mit dem realistische Tageswerte für Wegstrecken einzelner Tiere abgeschätzt werden könnten. Ungenauigkeiten bei der Entwicklung eines solchen Faktors entstehen jedoch vor allem dann, wenn die Sauen viel umher laufen, aber nie an einem der 13 Registrierungspunkte (RFID-Antennen) erkannt werden.

Beim Vergleich der eigens ermittelten minimalen Wegstrecken mit Literaturwerten muss beachtet werden, dass für die Studien, die in Kapitel 2.1.3 aufgeführt wurden, ausnahmslos gilt, dass nur tagsüber innerhalb einiger Stunden Daten zur Fortbewegung erhoben wurden. Dabei basierten die Tagesangaben teilweise auf Hochrechnungen und Schätzungen. Allerdings wurde bei den eigenen Untersuchungen festgestellt, dass nur 12 % der Wegstrecken zwischen 18 und 6 Uhr registriert wurden, weswegen Beobachtungen zur Fortbewegung tagsüber grundsätzlich sinnvoller sind.

Bei den eigenen Erhebungen ergaben sich mittlere minimal zurückgelegte Wegstrecken von 171 m je Tier und Tag (Abb. 58). TERTRE und RAMONET (2014) ermittelten zurückgelegte Wegstrecken innerhalb von 6 h der Aktivitätsphase bei Wartesauen und stellten vergleichbare Wegstrecken von 156 bis 362 m je Sau und Tag in Großgruppen fest. Aber auch JEPSON et al. (1980), WENNER und LEHMANN (1989) und SCHENCK et al. (2008) machten zu durchschnittlichen täglichen Wegstrecken für Wartesauen vergleichbare Angaben von etwa 200 bis 750 m je Sau und Tag.

Es wäre vorstellbar gewesen, dass die Sauen auf steigende Temperaturen mit einer Reduktion der Fortbewegung reagieren. Dies konnte so jedoch nicht festgestellt werden (Abb. 59). Allerdings wurde während des Versuchszeitraums auch keine Hitzestressphase beobachtet.

Deutlichere Unterschiede schienen sich im Fortbewegungsverhalten für Sauen unterschiedlicher Rassen abzuzeichnen (Abb. 60). Dass für Sauen der Rasse DL längere minimale Wegstrecken im Vergleich zu Sauen der Rassen SHA und PIT kalkuliert wurden, lässt sich möglicherweise durch charakterliche Unterschiede erklären. Zu beachten ist allerdings, dass die Stichprobenumfänge für die drei verschiedenen Rassen sehr unterschiedlich und keinesfalls ausgewogen waren. Ein rein zufälliger Unterschied zwischen den Rassen hinsichtlich der Fortbewegung kann also nicht ausgeschlossen werden.

Weiter ergaben die Analysen hinsichtlich der Fortbewegung Unterschiede für Sauen unterschiedlicher Wurfnummern (Abb. 61). Dabei wurden für Sauen in der zweiten Trächtigkeit und somit jüngere Tiere etwas geringere minimale Wegstrecken im Vergleich zu Sauen, die sich in der dritten bis zehnten Trächtigkeit befanden, festgestellt. Für diese Tendenz konnten keine entsprechenden Hinweise in der Literatur gefunden werden. Denkbar wäre, dass die Sauen, welche sich in der 2. Trächtigkeit befanden und neu in die Wartesauengruppe integriert wurden, unruhiger waren, weil sie einen niederen Rang innerhalb der Gruppe einnahmen. Rangniedere Sauen würden beispielsweise häufiger von den EFA vertrieben und so gezwungenermaßen mehr Wegstrecke zurücklegen. Möglicherweise entstanden die größeren Wegstrecken auch schlicht dadurch, dass die jüngeren Sauen sich grundsätzlich aktiver verhielten als ältere Sauen höherer Wurfnummern.

HARRIS et al. (2006) hatten eine Reduktion der Verhaltensweise Stehen und einen Anstieg des Liegens bei Sauen von Trächtigkeitswoche 4 im Vergleich zu Trächtigkeitswoche 13 festgestellt. Einen vergleichbaren Trend konnte auch für die kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken, bezogen auf die Trächtigkeitstage, festgestellt werden (Abb. 62). So legten Sauen am 25. Trächtigkeitstag (Trächtigkeitswoche 4) im Mittel minimal 223 m zurück. Diese mittleren minimal zurückgelegten Wegstrecken reduzierten sich kontinuierlich, bis die Sauen am 95. Trächtigkeitstag (Trächtigkeitswoche 13) im

Durchschnitt nur noch 127 m liefen. Dies lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass die Sauen gegen Ende der Trächtigkeit immer schwerfälliger werden und deswegen ungerne laufen.

Die Integration neuer Tiere in die Gruppe schien keinerlei Einfluss auf die Fortbewegung der Sauen zu haben (Abb. 63), denn der Vergleich der minimalen Wegstrecken an Integrationstagen und Nichtintegrationstagen zeigte eine beinahe identische Verteilung. Möglicherweise führte das häufige Ein- und Ausstallen von Sauen (1-Wochen-Produktionsrhythmus) zu einer Art „Verwässerung“ der üblicherweise vermehrt auftretenden agonistischen Interaktionen an Integrationstagen, im Vergleich zu Gruppensystemen, die weniger dynamisch geprägt sind und bei denen seltener Sauen ein- und ausgestallt werden. So würden sich Integrationstage weniger deutlich durch eine gesteigerte Aktivität bzw. gesteigerte Fortbewegung von Nichtintegrationstagen abheben.

In den vorangegangenen Kapiteln 4.1.2 und 4.2.2 konnten bereits Einflüsse von Lahmheiten auf Trink- und Fressereignisse gezeigt werden. Beim Vergleich der minimalen Wegstrecken konnten für die Daten aus dem eigens ausgewerteten Zeitraum (20.01. bis 31.05.2013) keine klaren Unterschiede zwischen unauffälligen Tieren und von Fußkrankheiten betroffenen Sauen festgestellt werden (Abb. 64). Beim Vergleich der minimal zurückgelegten Wegstrecken zeigten sich allerdings klare Unterschiede für Sauen mit unterschiedlich bonitierten Locomotion Scores. Dabei legten Sauen ohne Beeinträchtigungen (LS 0) tendenziell längere Wegstrecken zurück als Sauen mit leichten Beeinträchtigungen (LS 1), deutlichen Lahmheiten (LS 2) und starken Lahmheiten (LS 3) (Abb. 65). Für eine spätere Nutzung in einem Monitoringmodell bleiben die großen Streubreiten innerhalb der gleichen Kategorien jedoch problematisch.

Es ist außerdem anzunehmen, dass sich je nach Aufstallungssystem bzw. Buchtengrundfläche auftretende Lahmheiten in sehr unterschiedlichem Maße bemerkbar machen. Lahme Sauen, die in einer Großgruppe gehalten werden, müssen allein um Tränken und den Ort der Futtergabe zu erreichen im Vergleich zu Sauen, die in Kleinbuchten gehalten werden, deutlich weitere Strecken zurücklegen. Allerdings ist auch denkbar,

dass dieser „Zwang“ zu mehr Bewegung eine Art Trainingseffekt hat, sich positiv auf die Beweglichkeit und Fitness der Sauen auswirkt und so auch Lahmheiten vermieden werden könnten.

Das Verhalten von Sauen, die sich in der Rausche befinden, geht im Normalfall mit vermehrter Unruhe und somit einer erhöhten Aktivität einher. So stellten GEERS et al. (1995 in CORNOU, 2006) beispielsweise bei Sauen eine zehnfache Erhöhung der Aktivität während des Östrus im Vergleich zum Tag vor dem Östrus fest. Eine erhöhte Aktivität konnte durch die eigens erhobenen Daten auch festgestellt werden. So legten Sauen, die umrauschten, durchschnittlich mindestens 591 m je Tag zurück. Für die als unauffällig eingestuften Sauen wurden im Mittel hingegen nur minimale Wegstrecken von 170 m je Tag kalkuliert (Abb. 66). Die Verteilung der Kontakte an RFID-Antennen über den Tag war für Umrauscher und unauffällige Tiere ebenfalls unterschiedlich (Abb. 67). Umrauscher waren im Vergleich zu unauffälligen Tieren zwischen 0:00 und 3:00 Uhr sehr aktiv. HOUWERS et al. (1988 in CORNOU, 2006) stellten fest, dass Sauen in der Östrusphase auch vermehrt nachts an einer Ebererkennung registriert wurden. Eine gewichtete Analyse solcher Registrierungen für definierte Zeiträume, wie es auch schon BRESSERS et al. (1991 in CORNOU, 2006) erfolgreich anwendeten, kann für zukünftige Monitoringanwendungen ein sinnvoller Ansatz sein.

4.4 Monitoringmodelle

Das Ziel der durchgeführten Versuche war es, die aufgezeichneten Daten bzw. Indikatoren für Monitoringmodelle im Sinne eines Frühwarnsystems in der Wartesauenhaltung nutzen zu können.

Im Rahmen des Projekts wurde hierfür das Institut für Angewandte Mathematik und Statistik an der Universität Hohenheim beauftragt, entsprechende Auswertemöglichkeiten zu prüfen. Die folgenden Ausführungen sind im Wesentlichen dem Bericht (BRACHATZEK, 2014) entnommen. Als Basisdatensatz diente der sogenannte Masterdatensatz (Tab. 7)

mit Zuordnung der Indikatoren auf Tiertage. Die Excel-Daten wurden in eine Datenbank integriert. Tab. 10 fasst die wichtigsten Kenngrößen des Datensatzes zusammen.

Tab. 10: Verteilung der festgestellten Auffälligkeiten innerhalb des analysierten Datensatzes

Auffälligkeiten	Anzahl der beobachteten Auffälligkeiten	Anzahl Tiertage insgesamt	Relativer Anteil auffälliger Beobachtungstage
Lahmheiten	365	8268	4,40 %
Fußerkrankungen	95	8225	1,20 %
Umrauscher	54	32763	0,16 %
Sonstige Erkrankungen	2	61	3,30 %

Da neben Fußerkrankungen, Lahmheiten und Umrauschen nur in zwei Fällen andersartige Erkrankungen auftraten, wurden nachfolgend nur Alarmmodelle für das Auftreten dieser drei Erkrankungen untersucht.

Als Ansatz wurde ein Alarmdesign verwendet, da es trotz seiner Einfachheit effizienter als seitherige vorgefundene komplexe Modelle in der Literatur arbeiten könnte.

4.4.1 Alarmmodell für Umrauschereignisse

In der Praxis hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass die Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung ein guter Indikator für das Umrauschen ist. Es wird üblicherweise eine Einstellung von $k = 300$ s, als Schwellenwert benutzt. Tab. 11 zitiert aus der Literatur unter Verwendung von Daten aus der Ebererkennung, Sensitivität, Spezifität und Fehlerrate diverser Studien mit unterschiedlichen Methoden der Datenauswertung.

Tab. 11: Literaturangaben zur Verwendung von Daten von Ebererkennungen (zitiert nach OSTERSEN et al., 2010)

Kriterien	Sensitivität	Spezifität	Fehlerrate	Quelle
Erhöhte Eberaktivität max. 5 Tage	96 %	93 %	n.n.	BURÉ und HOUWERS (1989 in CORNOU, 2006)
Häufigkeit und Dauer	96 %	93 %	n.n.	BRESSERS et al. (1991 in CORNOU, 2006; 1995 in OSTERSEN et al., 2010)
Fressrang	75 %	95 %	n.n.	CORNOU et al. (2008)
Wahrscheinlichkeitskomponente	56 %	99,4 %	91 %	OSTERSEN et al. (2010)

Dabei wurden die Daten mit Hilfe von Indexbildungen, individuellen Aktivitätsleveln mittels Mittelwertbereinigungen oder auch Konstruktionen mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Elementen zur Umrauschererkennung genutzt. Die Ansätze ergaben insgesamt gute Werte für die Sensitivitäten und Spezifitäten. Allerdings machten nur OSTERSEN et al. (2010) Angaben zur Fehlerrate welche sich als sehr hoch erwies. In der wissenschaftlichen Diskussion wird diese nach wie vor hohe Fehlerrate diskutiert bzw. kritisiert, denn in der Praxis kann es sich als schwierig erweisen, Akzeptanz für ein System zu erhalten, welches eine Fehlerrate von deutlich > 50 % mit sich bringt.

4.4.1.1 Schwellenwertmodell

Für die Detektion von Umrauschereignissen mit Hilfe der Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung wurde aufgrund der hohen Fehlerrate ein einfaches zweiparametrisches Modell verwendet. Falls die Verweildauer an der Ebererkennung (k) in einem definierten Zeitraum (A) einen bestimmten Schwellenwert überschritt, sollte Alarm gegeben werden.

x_t = Dauer der Eberkontakte im Zeitintervall $[t-A, t]$

Falls $x_t > k \rightarrow$ Alarm

Dabei sind die Parameter A (Zeitraum) und k (Verweildauer an der Ebererkennung) geeignet zu bestimmen.

Zur Analyse der Lahmheit wurde ein binomiales logistisches Regressionsmodell (Logit-Modell) verwendet.

$X \in \mathbb{R}^d$ Indikatoren

$Y \in \{0,1\}$ mit 0 = unauffällig, 1 = auffällig

$$P(Y=1|X=x) = \frac{e^{\beta'(1,x)}}{1 + e^{\beta'(1,x)}}, \beta \in \mathbb{R}^{d+1}$$

mit $\beta'(1,x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_d x_d$

Für alle x mit $\hat{\beta}(1,x) > 0 \rightarrow \hat{y}=1$

Für alle x mit $\hat{\beta}(1,x) \leq 0 \rightarrow \hat{y}=0$

mit

x = Kovariatenvektor (unabhängige Variable)

y = Zielvariable (abhängige Variable)

\mathbb{R}^d = Indikatorenraum

\mathbb{R} = Menge der reellen Zahlen

d = Anzahl der Indikatoren

P = Wahrscheinlichkeit

$\hat{\beta}$ = Regressionskoeffizient bzw. Schätzwert des Regressionskoeffizienten

Nach BRACHATZEK (2014) soll, wenn der Schätzwert der Regressionskoeffizienten $\hat{\beta}$ multipliziert mit dem Kovariatenvektor x größer Null ist Alarm gegeben werden. Mögliche Modellspezifikationen und Kovariaten werden in den Abschnitten der konkreten Datenanalyse angesprochen.

Abb. 68 zeigt exemplarisch für sechs Tiere den Verlauf der Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung. Es sind dabei die Aufenthaltsdauern pro Tag für sechs tatsächlich trüchtige Sauen (Sau 112, Sau 114, Sau 115, Sau 118, Sau 119 und Sau 120) dargestellt. Der Großteil der Besuche beläuft sich dabei auf Dauern unter 200 Sekunden pro Tag.

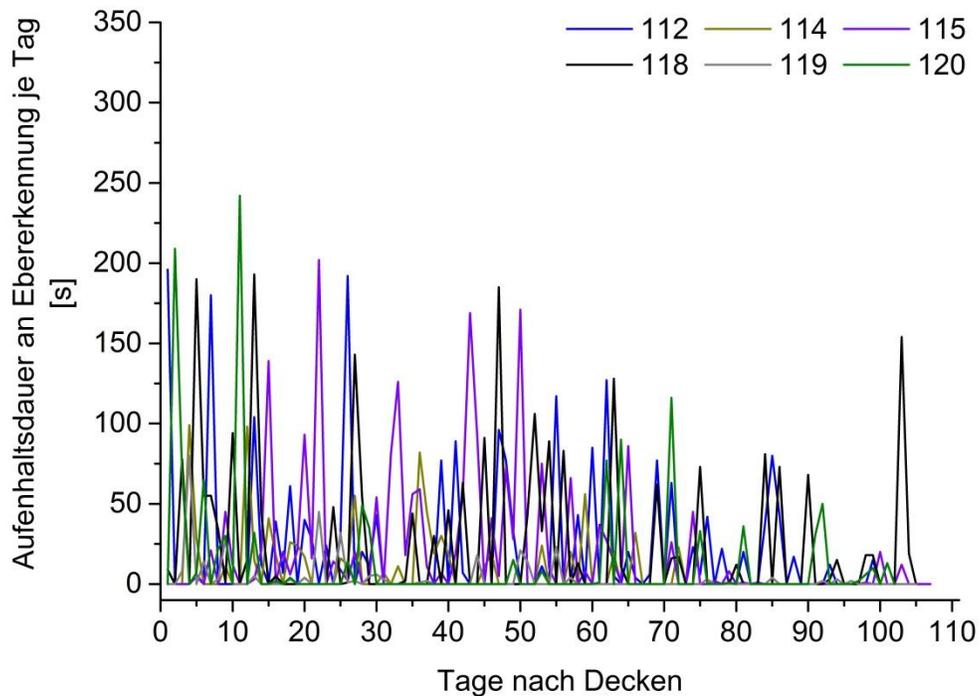


Abb. 68: Verlauf Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung für sechs trüchtige Sauen

In Abb. 69 wird die idealtypische Verlaufsform der Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung für eine umrauschende Sau (hier Sau 488) verdeutlicht. Zum Vergleich ist der Verlauf für die Sau 488 sowohl in trüchtigem als auch in nicht trüchtigem Zustand dargestellt. Im Normalfall zeigt eine Sau in der zwei bis drei Tage andauernden Rausche, bei einer Zykluslänge von ca. 21 Tagen, für etwa zwei bis drei Tage erhöhte Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung. Deutlich zu erkennen ist, dass für die Sau 488 sowohl 38 bis 40 als auch 57 bis 59 Tage nach dem Decken auffällig lange Aufenthaltsdauern (> 300 s) an der Ebererkennung festgestellt werden konnten. Ein weiteres Mal konnten solche lange Aufenthaltsdauern 77 und 78 Tage nach dem Decken festgestellt werden.

Zu diesem Zeitpunkt wurde das Tier von Stallmitarbeitern als Umrauscher erkannt und aus der Herde entfernt.

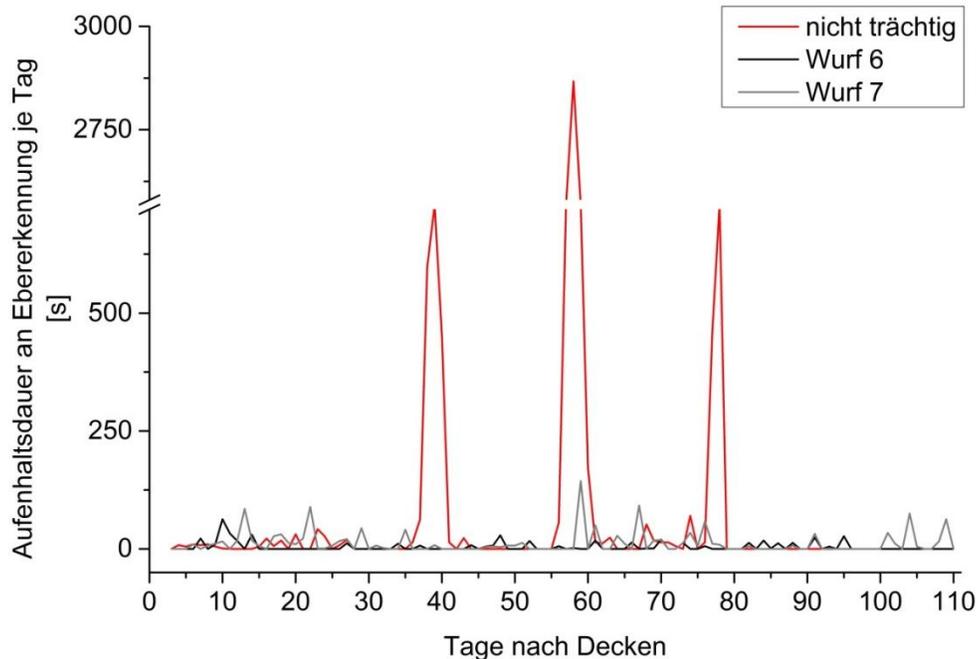


Abb. 69: Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung je Tag für Sau 448 nach drei Deckterminen

Die Fallzahlen für die Rohdaten und den bereinigten Datensatz für ein Alarmsystem mit $k = 300$ s Verweildauer an der Ebererkennung sind in Tab. 12 aufgeführt.

Im Gesamtdatensatz waren 54 Fälle von Umrauschen dokumentiert, wovon 5 Fälle, vermutlich wegen der Entfernung des Tieres aus der Herde, wiederum in einem Alarmsystem mit $k = 300$ s nicht auffällig geworden wären. Das automatisierte Monitoringsystem hätte 368 Alarmmeldungen ausgegeben. Aus Herdenbeobachtung und Alarmsystem ergaben sich insgesamt 373 Meldungen, wobei in 49 Fällen eine Übereinstimmung von Herdenbeobachtung und Alarmsystem vorlag. Somit wurde lediglich in fünf Fällen das Umrauschen durch Herdenbeobachtungen, aber nicht vom Alarmsystem detektiert. Die restlichen 319 Fälle von Umrauschen wurden nur durch das Alarmsystem gemeldet.

Der bereinigte Datensatz berücksichtigt zusätzliche Fälle, die aus der sogenannten dokumentarischen Lücke bei der Feststellung eines Umrauschereignisses abgeleitet werden können. Fälle in der Stallbeobachtung (z.B. Fehltag bei erhöhter Eberaktivität für > 300 Sekunden am Tag der Stallentfernung) werden als dokumentarische Lücken der Stallbeobachtung interpretiert. Falls ein Tier von der Stallbeobachtung als Umrauscher erkannt wurde, werden etwaige weitere Tage in rauschigem Zustand anhand des spezifischen „Schweinezyklus“ mit einer biologischen Periodendauer von 21+/-5 Tagen und einer erhöhten Eberbesuchsaktivität von bis zu max. 5 Tagen abgeglichen. Falls ein Tiertag in dieses Raster passt, wird ein Umrauschen angenommen und eine Observationslücke unterstellt.

Zur Datenbereinigung wurde eine Mikrosimulation verknüpft mit dem Prinzip der optimalen Skalierung genutzt, die für die gegebene Stallsituation bei einer durchschnittlichen Herdengröße von 80 Tieren eine grobe Abschätzung für den Anteil nicht erkannter Umrauschereignisse liefern kann. Optimale Skalierung ist eine Datenanalysetechnik, welche Observationskategorien numerische Werte zuweist und zwar auf eine Art und Weise, welche die Relation zwischen den Observationen und dem Datenanalysemodell maximiert und dabei charakteristische Eigenschaften der Messung berücksichtigt (YANG et al., 1981).

Nach Bereinigung der angenommenen Observations- und Dokumentationslücken steigt der Anteil der Übereinstimmungen von Beobachtungsdaten mit Monitoringdaten im Alarmsystem im Gesamtdatensatz von 49 auf 153 Fälle an.

Tab. 12: Fallzahlen für $k = 300$ s

Fallzahlen für $k = 300$	richtig positiv	falsch negativ	falsch positiv	richtig negativ	Gesamt-meldungen
Rohdaten	49	5	319	32390	373
Bereinigt	153	5	215	32390	373

Die klassischen Kenngrößen der Effizienzmessung für die Rohdaten der Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung sowie nach einer Datenbereinigung sind in Tab. 13 dargestellt. Die hohe Spezifität von 0,99 lässt sich in diesem Fall auf die hohe Anzahl an „richtig negativen“ Fällen bei einer gleichzeitig geringen Fallanzahl von $n = 54$ Umrauschereignissen zurückführen. Dabei ist die Fehlerrate mit 0,87 noch deutlich zu hoch. Die Sensitivität, die Spezifität und vor allem die Fehlerrate konnten durch die oben beschriebene Datenbereinigung noch deutlich verbessert werden.

Tab. 13: Effizienzmessung für die Rohdaten an Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung $k = 300$ s

Datengrundlage	Sensitivität	Spezifität	Fehlerrate
Rohdaten Datensatz	0,91	0,99	0,87
Bereinigter Datensatz	0,97	0,99	0,58

4.4.1.2 Diskussion

In der Vergangenheit wurde bereits in einigen Studien dargelegt, dass die summierten Aufenthaltsdauern oder Besuchsfrequenzen an Ebererkennungen (HOUWERS et al., 1988 in CORNOU, 2006; BURÉ und HOUWERS, 1989 in CORNOU, 2006; BLAIR et al., 1994 in CORNOU, 2006; KORTHALS, 1999 in CORNOU, 2006) bzw. in abgegrenzten Bereichen mit Zugang zum Eber (BRESSERS et al., 1991 in CORNOU, 2006; MARCHAL et al., 1996 in CORNOU, 2006) bei der Detektion von umrauschenden Wartesauen gute Ergebnisse erzielt hatten.

Bei den eigenen Untersuchungen zeigte sich bei der Analyse der summierten Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung, dass Sauen sowohl in trächtigem Zustand als auch in nicht trächtigem Zustand (Umrauscher) den Eber gelegentlich aufsuchten. Teilweise suchten auch trächtige Tiere in größerem Umfang den Eber auf (Abb. 68), dabei unterschieden sich aber die Aufenthaltsdauern idealerweise für rauschende und trächtige Sauen charakteristisch voneinander. Es wurde für Sauen während der Phase des Umrauschens für etwa drei Tage erhöhte tägliche Aufenthaltsdauern an der Ebererken-

nung von ≥ 300 s beobachtet (Abb. 69). In früheren Studien wurden hingegen Zunahmen, Höhepunkte und Abnahmen von Aufenthaltsdauern (BLAIR et al., 1994 in CORNOU, 2006) oder Besuchsfrequenzen (HOUWERS et al., 1988 in CORNOU, 2006) über fünf Tage hinweg beobachtet.

Durch die Anwendung eines Schwellenwerts von 300 s (= 5 min) summierte Aufenthaltsdauer je Tier und Tag auf die eigenen Daten wurden gute Ergebnisse für die Detektion von Umrauschern erzielt. Einen ähnlichen Schwellenwert legten BLAIR et al. (1994 in CORNOU, 2006) mit 4,43 min für Jungsauen fest. Für Sauen bestimmten KORTHALS (1999 in CORNOU, 2006) mit 10 min und BLAIR et al. (1994 in CORNOU, 2006) mit 9,3 min je Tag für die summierte Aufenthaltsdauer an einer Ebererkennung jedoch deutlich höhere Schwellenwerte. Bei den eigenen Untersuchungen dokumentierten Aufenthaltsdauern von ≥ 300 s sehr zuverlässig das sonst unbemerkte Umrauschen (Abb. 69) und es zeigte sich, dass durch eine automatisierte Verarbeitung der dokumentierten Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung zu Recht Alarme ausgelöst worden wären. Durch die in Tab. 13 dargestellten klassischen Kenngrößen der Effizienzmessung wurde außerdem deutlich, dass bei den eigenen Untersuchungen sowohl hohe Spezifitäten (97 %) als auch Sensitivitäten (99 %) für die Detektion von Umrauschereignissen erreicht werden konnten. Ähnliche Werte konnten auch in der Vergangenheit bereits durch die Studien von BURÉ und HOUWERS (1989 in CORNOU, 2006), BRESSERS et al. (1991 in CORNOU, 2006) und BRESSERS et al. (1995 in OSTERSEN et al., 2010), CORNOU et al. (2008) und OSTERSEN et al. (2010) erreicht werden (Tab. 11). Allerdings wurden nur bei OSTERSEN et al. (2010) auch Angaben zur Fehlerrate gemacht. Diese betrug bei OSTERSEN et al. (2010) hohe 91 %. Somit wurde für die Fehlerrate durch das eigene Alarmmodell mit „lediglich“ 56 % nach Datenbereinigung (Tab. 13) schon eine deutliche Verbesserung erreicht. Insgesamt schien das Monitoring mit Hilfe eines Alarmmodells unter der Verwendung des Indikators Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung der menschlichen Beobachtung überlegen gewesen zu sein. Um sich dem Ziel einer Effizienzsteigerung in einem Alarmsystem anhand der gegebenen Datenlage anzunähern, wird für die Zukunft empfohlen, außerdem eine detaillierte Fehlalarmanalyse durchzuführen.

4.4.2 Modelle für Fußerkrankungen und Lahmheitsgeschehen

Auch bei der Analyse des Laufverhaltens wurden Daten von 8268 Tiertagen (Tab. 10) verwendet. Bei einem Wilcoxon-Rangsummentest wurden zwei Stichproben vom Umfang miteinander verglichen. Die Zufallsvariablen X_1, \dots, X_n beschrieben das Merkmal der gesunden Tiere und die Zufallsvariablen Y_1, \dots, Y_m das entsprechende Merkmal der kranken Tiere.

Annahme war dabei:

$$X_1, \dots, X_n \text{ iid } F(x) = P(X_0 \leq x) \quad \text{und} \quad Y_1, \dots, Y_m \text{ iid } G(x) = P(Y_1 \leq x)$$

mit $F(x) = G(x + \Delta)$ für alle x und ein $\Delta \in \mathbb{R}$

mit

F = Verteilungsfunktion für X

P = Wahrscheinlichkeit

G = Verteilungsfunktion für Y

Als Nullhypothese H_0 wurde überprüft, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Stichprobe bestand:

$$H_0: \Delta = 0, \quad H_1: \Delta < 0$$

Die in Tab. 14 aufgeführten Mittelwerte für lahme und nicht lahme Tiere zeigten deutlich signifikante Unterschiede bei der täglichen minimal zurückgelegten Wegstrecke, der ausdosierten Wassermengen an den Tränken, beim Fressrang und bei den Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung. Für die ausdosierte Futtermenge ergaben sich allerdings keine Unterschiede.

Tab. 14: Mittelwerte für Kenngrößen der Tiere, welche als nicht lahm und lahm eingestuft wurden (n = 8268 Tiertage)

Variablen	nicht lahm (LS 0, LS 1) (n = 7903)	lahm (LS 2, LS 3) (n = 365)	P-Wert
Minimal zurückgelegte Wegstrecke [m]	130,2	102	< 0,000
Ausdosierte Wassermenge an Tränken [L]	1,1	0,8	< 0,000
Anzahl Trinkereignisse je Tier und Tag	2,3	2,0	< 0,000
Absoluter Fressrang	39,3	59,4	< 0,000
Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung [s]	35,1	23,6	< 0,000
Ausdosierte Futtermenge [kg]	2,8	2,8	0,934

Für jedes Tier wurden für alle Merkmale Mittelwerte über die Beobachtungstage gebildet (Tiermittelwerte). Betrachtete man die Mittelwerte dieser Tiermittelwerte (gemTMW) jeweils für den Zustand gesund (LS 0 und LS 1), fußkrank (aber nicht lahm) und lahm (LS 2 und LS 3) erhält man die in Tab. 15 aufgeführten Werte. Das heißt, bei der Berechnung der gemTMW war ein Tiermittelwert, der sich nur aus wenigen Tiertagen zusammensetzte, genauso schwer gewichtet wie ein Tiermittelwert, der durch einen langen Aufenthalt eines Tieres in der Gruppe gebildet wurden.

Beim Vergleich der gemTMW in Tab. 15 fällt auf, dass für die minimal zurückgelegten Wegstrecken, die ausdosierten Wassermengen und für die Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung gesunde Tiere stets höhere gemTMW als fußkranke Tiere und diese wiederum höhere gemTMW als lahme Tiere aufwiesen. Bei der Anzahl der Trinkereignisse ergaben sich für gesunde und fußkranke Tiere gleich große gemTMW und in beiden Fällen lagen diese über der Anzahl an Trinkereignissen der lahmen Tiere. Für die ausdosierten Futtermengen ergab sich für alle drei Kategorien der gleiche gemTMW. Es

zeigte sich außerdem, dass die gemTMW (Tab. 15) für die Kategorie gesund und fußkrank etwas höher ausfallen als die Mittelwerte über die Tiertage.

Tab. 15: Gemittelte Tiermittelwerte (gemTMW) (n = 199)

Variablen	gesund (n = 192)	fußkrank (n = 37)	lahm (n = 101)
Minimal zurückgelegte Wegstrecke [m]	117,8	111,5	96,4
Ausdosierte Wassermenge an Tränken [L]	1,06	0,95	0,67
Anzahl der Trinkereignisse	2,1	2,1	1,3
Absoluter Fressrang	45,7	47,4	54,2
Aufenthaltsdauer an der Ebererkennung [s]	35,7	24,4	16,8
Ausdosierte Futtermenge [kg]	2,8	2,8	2,8

Auf dieser Basis wurde das Logit-Modell auf tierindividueller Ebene für die Analyse der Lahmheit für die Kovariaten ausdosierte Wassermenge, minimal zurückgelegte Wegstrecke und Fressrang folgendermaßen aufgestellt:

$X \in \mathbb{R}^d$ Indikatoren

$Y \in \{0,1\}$ mit 0 = unauffällig, 1 = auffällig

$$P(Y=1|X=x) = \frac{e^{\beta'(1,x)}}{1 + e^{\beta'(1,x)}}, \beta \in \mathbb{R}^{d+1}$$

mit $\beta'(1,x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_d x_d$

Für alle x mit $\hat{\beta}(1,x) > 0 \rightarrow \hat{y} = 1$

Für alle x mit $\hat{\beta}(1,x) \leq 0 \rightarrow \hat{y} = 0$

mit

x = Kovariatenvektor (unabhängige Variable)

y = Zielvariable (abhängige Variable)

R^d = Indikatorenraum

R = Menge der reellen Zahlen

d = Anzahl der Indikatoren

P = Wahrscheinlichkeit

$\hat{\beta}$ = Schätzwert des Regressionskoeffizienten

Wenn der Schätzwert der Regressionskoeffizienten $\hat{\beta}$ multipliziert mit dem Kovariatenvektor x dabei größer Null ist, soll Alarm gegeben werden.

Auf individueller Ebene ließen sich aber anhand der Daten, obwohl im Mittel insgesamt signifikante Unterschiede vorlagen, keine praxistauglichen Alarmsysteme modellieren. Im Folgenden wird die hier gegebene Datensituation erläutert.

4.4.2.1 Kovariate ausdosierte Wassermengen

Für die 8268 ausgewerteten Tiertage (Tab. 10) wurden an 3296 Tiertagen (das entspricht 40 %) keine Trinkereignisse verzeichnet. Auf diese 3296 Tiertage ohne Trinkereignisse entfielen 218 der insgesamt 365 festgestellten Fälle von Lahmheit. Somit dosierten 60 % der als lahm eingestuften Tiere kein Wasser aus, wohingegen unauffällige Tiere nur in 43 % (3078 von 7903) der Fälle kein Wasser ausdosierten.

Am Beispiel von vier Tieren wird in Abb. 70 der Verlauf der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag während der Trächtigkeit dargestellt. Betrachtet man die gesamte Trächtigkeitsphase, erkennt man auch hier, dass „kein Wasser ausdosieren“ nicht nur bei Lahmheit (farbige Sterne) auftrat. Tier 1 und Tier 2 zeigten sehr schwankende Werte hinsichtlich der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag. So wäre es bei Tier 1 durch die hohen tagesindividuellen Schwankungen schwer, mit Hilfe des Indikators Wasseraufnahme bzw. ausdosierte Wassermenge die auftretende Auffälligkeit an Tag

36 zu detektieren. Als weiteres Beispiel dosierte Tier 2 in einem Zeitraum von Trächtigkeitstag 53 bis 60 und ab Trächtigkeitstag 100 kein Wasser aus. An Tag 83 wurde allerdings eine Auffälligkeit erkannt, die sich aber nicht in einer Veränderung des Trinkverhaltens darstellte. Ebenso dosierte Tier 3 fast nie bzw. nur in sehr geringen Mengen Wasser an den Tränken aus, so dass die Auffälligkeit an Tag 93 auch nicht durch einen Rückgang in den ausdosierten Wassermengen auffiel. Auch für Tier 4 konnte eine Auffälligkeit festgestellt werden, nämlich an Trächtigkeitstag 66. Da es aber von Trächtigkeitstag 38 bis 40 und 93 bis 97 kein Wasser ausdosierte, zeigte sich auch hier kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Rückgang an ausdosiertem Wasser und entsprechender Auffälligkeit des Tieres.

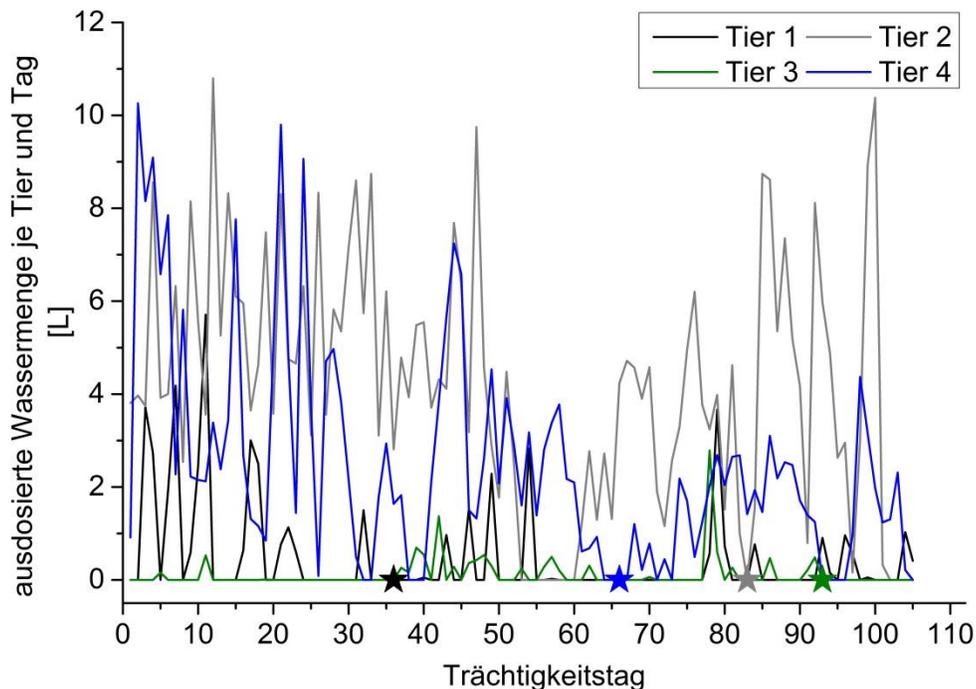


Abb. 70: Ausdosierte Wassermengen je Tier und Tag nach Trächtigkeitstag für vier Beispieltiere (Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde)

4.4.2.2 Kovariante Wegstrecke

Die täglich minimal zurückgelegte Wegstrecke war sehr starken täglichen Schwankungen unterworfen. Dies soll hier am Beispiel von vier unauffälligen Tieren über den Verlauf der Trächtigkeit verglichen werden.

Abb. 71 stellt die minimal zurückgelegte Wegstrecke je Tag für Tier 218 dar. Zu erkennen ist an den Tagen 8, 11 und 83 eine Auffälligkeit (rote Sterne), wobei diese einmal in einem Aufwärtstrend, einmal in einem lokalen Minimum und einmal bei einem lokalen Maximum für die minimal zurückgelegten Wegstrecken auftrat.

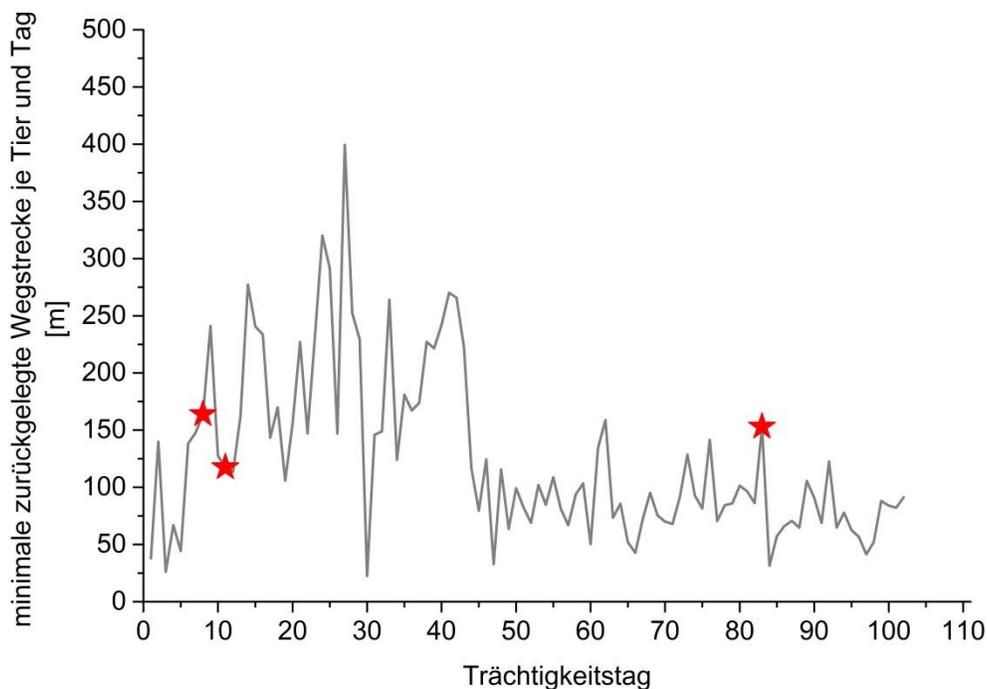


Abb. 71: Minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tag für Tier 218 nach Trächtigkeitstag (rote Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde)

Die minimal zurückgelegten Wegstrecken weiterer auffälliger Tiere sind in Abb. 72 dargestellt. Tier 2 wurde an Tag 90 und Tier 5 an Tag 37 mit Laufproblemen bonitiert. Es gibt jedoch zahlreiche Trächtigkeitstage dieser und anderer Tiere, an welchen die Tiere gleich bzw. noch inaktiver waren, aber keine Auffälligkeit festgestellt wurde. Tier 3 wurde an Tag 56 auffällig, bei Tag 79 wurde allerdings keine Auffälligkeit beobachtet, ob-

wohl ein ähnliches Muster im zeitlich umgebenden Verlauf vorliegt. Tier 4 wurde bei der höchsten festgestellten minimalen täglichen Wegstrecke im Trächtigkeitsverlauf (Tag 3) mit Laufproblemen auffällig.

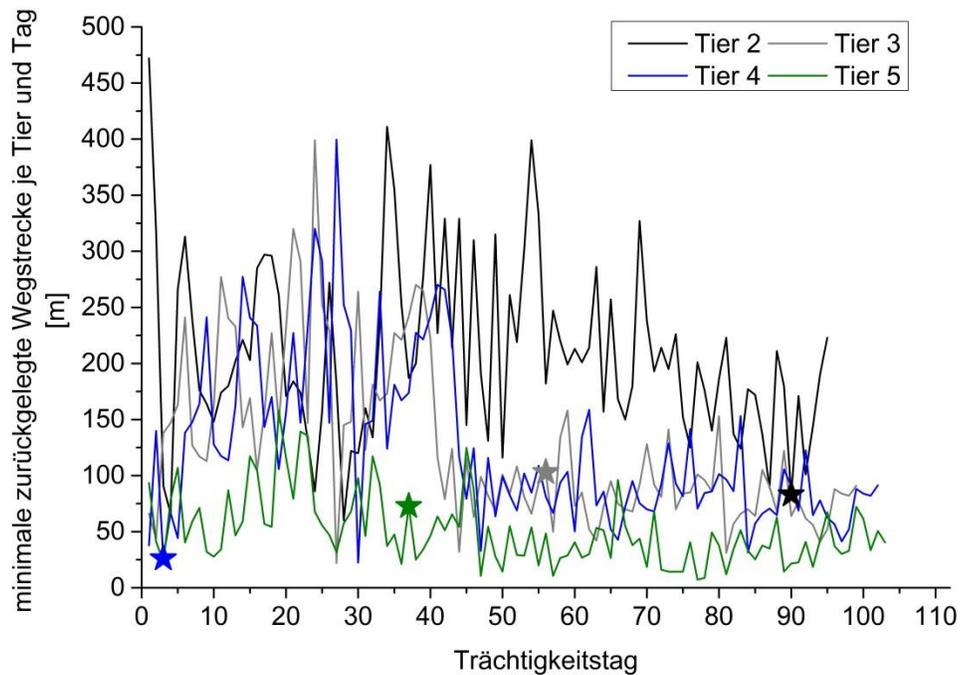


Abb. 72: Minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tag für vier weitere Beispieletiere nach Trächtigkeitstag (farbige Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde)

4.4.2.3 Kovariante Fressrang

Für die Kovariante Fressrang wurde ebenfalls für mehrere Beispieletiere der Verlauf der Fressränge über die Trächtigkeit hinweg in Abb. 73 dargestellt. Jeweils an den mit roten Sternen gekennzeichneten Tagen wurden Tier 1, Tier 2 bzw. Tier 3 auffällig (Tier 1 an Tag 38, Tier 2 an Tag 91 und Tier 3 an Tag 16). Tier 4 und Tier 5 zeigten keine Auffälligkeiten, zeigten aber ebenso Schwankungen im Verlauf der Fressränge über die Trächtigkeit hinweg.

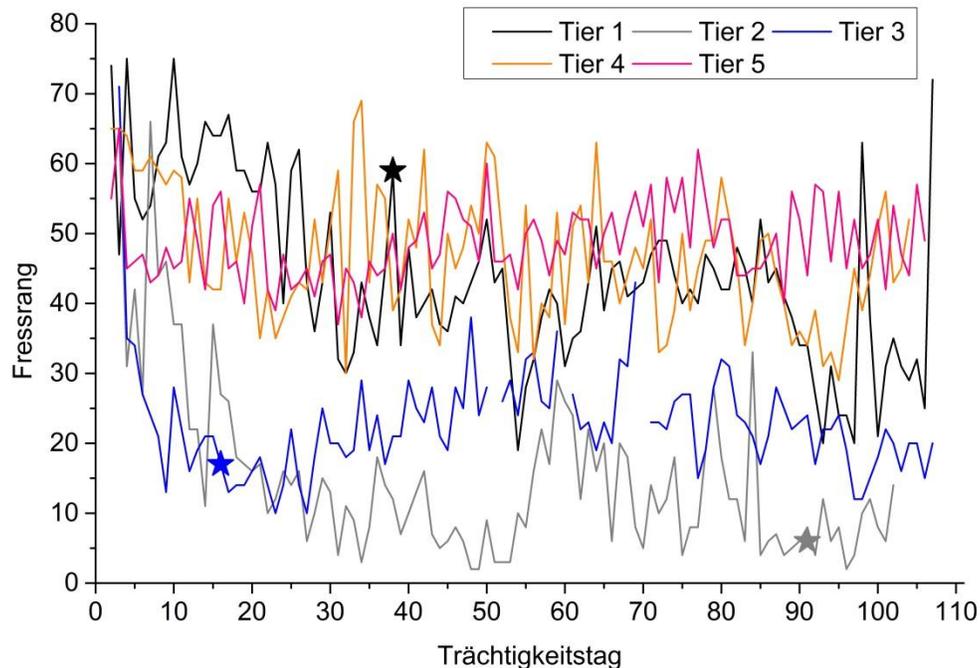


Abb. 73: Verlauf absoluter Fressränge (FR) für fünf Beispieltiere nach Trächtigkeitstag (farbige Sterne kennzeichnen Lahmheitsbefunde)

4.4.2.4 Diskussion

Für die automatisierte Klassifizierung verschiedener Verhaltensweisen existieren in der aktuellen Literatur viele verschiedene Ansätze. Der eigene Datensatz wurde zunächst für die Analyse von Lahmheiten und Fußerkrankungen in unauffällige und auffällige Tiere geteilt. Im Anschluss daran wurden diese Datensätze auf signifikante Unterschiede der Mittelwerte hin untersucht. Grundsätzlich ergaben sich beim Vergleich dieser zwei Datensätze für die lahmen Tiere signifikante Unterschiede in der ausdosierten Wassermenge, den minimalen Wegstrecken, jedoch nicht im Fressrang (Tab. 14). Außerdem ergab sich beim Vergleich von gemittelter Tierdatensätze gesunder, lahmer und fußkranker Sauen der grundsätzliche Trend, dass Fußkrankheiten das Fortbewegungsverhalten weniger stark beeinträchtigten als Lahmheiten (Tab. 15). Gesunde Sauen dosierten mehr Wasser aus als fußkranke und lahme Sauen. Außerdem legten gesunde Sauen weitere minimale Wegstrecken zurück im Vergleich zu fußkranken und lahmen Sauen. Bei der täglichen Anzahl an Trinkereignissen wurden für die gemittelten Tiermittelwerte von gesunden und fußkranken Tieren gleiche Werte festgestellt und erneut höhe-

re Werte als für lahme Sauen festgestellt. Aufgrund hoher tagesbasierter Schwankungen der möglichen Indikatoren konnten trotz der gefunden Signifikanzen auf tierindividueller Ebene keine praxistauglichen Alarmsysteme modelliert werden. Dies ließ sich bei der näheren Betrachtung der Verlaufsmuster der verwendeten Kovariaten ausdosierte Wassermenge (Abb. 70), minimale Wegstrecke (Abb. 71 und Abb. 72) und Fressrang (Abb. 73) darstellen. Insgesamt dosierten viele Tiere, ob auffällig oder nicht, an den Tränken (auch über mehrere Tage hinweg) gar kein Wasser aus. Im Zustand auffällig waren es zwar 60 % der Tiertage, an denen nichts getrunken wurde, aber insgesamt ist bei Tieren, die kein Wasser ausdosierten, zu 93 % (3078 von 3296) eben **nicht** auf eine Auffälligkeit zu schließen.

Auch für die Kovariaten minimale Wegstrecke und Fressrang zeigte sich bei der Betrachtung tierindividueller Verläufe, dass trotz auftretender Auffälligkeiten keine entscheidenden Verlaufsveränderungen zu erkennen waren bzw. zum Zeitpunkt von aufgetretenen Auffälligkeiten keine Veränderungen zu erkennen waren. So konnten die hier dargestellten Kovariaten auf der Basis des hier untersuchten Datensatzes nicht als Indikator in einem Alarmsystem für das Auftreten von Auffälligkeiten eingesetzt werden.

5 ABSCHLUSSDISKUSSION

Hauptziel der Arbeit war die Entwicklung von indikatorgestützten Monitoringmodellen zur Überwachung von Verhaltens- und Gesundheitsveränderungen bei Wartesauen in Gruppenhaltungssystemen. Dazu wurden zum einen das Wasseraufnahme-, Futteraufnahme und Fortbewegungsverhalten der Wartesauengruppe an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim aufgezeichnet. Zum anderen wurden Verhaltensbeobachtungen und Bonituren des Laufverhaltens (Locomotion Scoring) und des Integuments durchgeführt. Die Ergebnisse im Einzelnen wurden bereits in Kapitel 4 detailliert diskutiert. In der Abschlussdiskussion werden diese in den Gesamtkontext eingeordnet, bewertet und das eigene Vorgehen reflektiert.

5.1 Diskussion der eigenen Vorgehensweise

Wahl des Versuchsstandorts

Die Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim Standort Unterer Lindenhof, wurde aus mehreren Gründen als Versuchsstandort gewählt. Durch die Umsetzung der EU-RICHTLINIE 2001/88/EG (2001) wurde auch an der Versuchsstation die Wartesauenhaltung von der Kastenstandhaltung auf ein Gruppenhaltungssystem umgestellt. Das vorhandene Stallgebäude wurde dazu umgebaut. Es wurde eine elektronische Futterabrufstation mit einer angeschlossenen Ebererkennung eingebaut sowie die technischen Voraussetzungen für die zukünftig eingesetzte Versuchsmesstechnik realisiert. Des Weiteren konnte auf die Daten aus der eingesetzten Managementsoftware SUPERSAU zurückgegriffen werden. Auch die Gruppengröße der Wartesauenherde von bis zu 90 Tieren stellte einen Vorteil für die eigene Versuchsanstellung dar, denn so konnte ein ausreichend großer Stichprobenumfang gewährleistet werden. Der zu Beginn noch angewendete 1-Wochen-Produktionsrhythmus (später 2-Wochen-Produktionsrhythmus) war insofern als nachteilig anzusehen, da er in der Pra-

xis eher selten anzutreffen ist. Außerdem wurde hierdurch die Zusammensetzung und Hierarchie der Herde teilweise mehrmals innerhalb einer Woche verändert. Die Unterbringung des Deckzentrums in der gleichen Gebäudehülle war ebenfalls als praxisunüblich zu beurteilen. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die dort routinemäßig durchgeführten Arbeiten (Decken, künstliche Besamung usw.) war nicht gänzlich auszuschließen. Der angegliederte Auslauf mit Tiefstreu ist aus Tierwohlsicht als eine gute Maßnahme anzusehen, kann aber ebenfalls nicht als praxisüblich bezeichnet werden. Außerdem stand der Gruppe im Versuchsstall durch das Angebot des Auslaufs rechnerisch deutlich mehr Stallgrundfläche als gesetzlich erforderlich zur Verfügung.

Versuchsplan und Versuchsdurchführung

Die parallel zu den automatisch erfassten Daten angewendeten Methoden des Locomotion Scorings und der Integumentbeurteilungen sind durch den subjektiven Einfluss des Beobachters geprägt. Auch wenn für die vier Locomotion Scores (LS 0 bis LS 3) genaue Definitionen und Beispielfideos vorhanden waren, entstand durch die beobachtende Person immer ein gewisser Einfluss. Eine mögliche „Verfälschung“ der Integumentbeurteilungen und der Bewertungen des Fortbewegungsverhaltens kann durch die Ermüdung des Beobachters oder durch die Verharmlosung von beobachteten Verletzungen oder Lahmheiten entstehen.

Vor allem hinsichtlich der Beurteilungen des Laufverhaltens ist kritisch anzumerken, dass der Gang der Sauen nicht innerhalb eines standardisierten Laufgangs mit gleichbleibenden Bodenverhältnissen durchgeführt wurde. Phasenweise auftretende stärker verschmutzte oder feuchtere Bodenoberflächen innerhalb der Gruppenhaltungsbucht können zu einem unsicheren Gang bei den Sauen und somit zu einer Verfälschung bei der Vergabe der LS geführt haben. Teilweise fielen bei den Auswertungen der bonitierten LS stark schwankende Verläufe bei einzelnen Tieren auf. Parallel auftretende Veränderungen des Verhaltens konnten jedoch häufig nicht festgestellt werden. Hier wäre es teilweise wünschenswert gewesen, mehr als nur zwei Beobachtungstermine je Tier und Woche auswerten zu können. Gleichzeitig muss bedacht werden, dass bereits das zweimalige Bonitieren innerhalb einer Woche über 14 Monate hinweg einen enormen

personellen wie auch zeitlichen Aufwand darstellte. Außerdem stand die Untersuchung des natürlichen Verhaltens der Wartesaunen im Vordergrund, so dass tägliches Bonitieren der Tiere eine Untersuchung des normalen Verhaltensablaufs des einzelnen Tieres sowie der Gruppe sicher stark beeinflusst hätte. Der Aufwand belief sich auf etwa vier Stunden je Woche für das Bonitieren von Integument und Laufverhalten der gesamten Herde. So wurden in noch relativ kurzer Zeit Informationen von hoher Dichte gesammelt.

Hinsichtlich der durchgeführten Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten einzelner Fokussaunen sind sicherlich die geringe Stichprobenanzahl sowie die geringe Anzahl verschiedener Tiere zu bedenken. Auch bei dieser Beobachtungsmethode kann eine subjektive Beeinflussung der erhobenen Daten nicht ausgeschlossen werden, vor allem da verschiedene Beobachter an den Direktbeobachtungen zum Fortbewegungsverhalten beteiligt waren. Basierend auf Literaturrecherchen und eigenen Erkenntnissen, wurde darauf verzichtet das Fortbewegungsverhalten zu den Nachtstunden zu beobachten. Die angewandte Scan Sampling Methode für die minütliche Positionsbestimmung der Fokustiere kann nicht die Genauigkeit liefern, wie es beispielsweise mit einer Echtzeitortung der Tiere möglich wäre. Die Budgetierung sah keinen großen finanziellen Aufwand für die Aufzeichnung des Fortbewegungsverhaltens vor. So wurde mit der angewendeten minütlichen Positionsbestimmung noch eine sehr gute Informationsdichte innerhalb der Beobachtungsphasen erreicht, die teilweise einer Echtzeitortung der Fokustiere sehr nahe kam.

Das parallel eingesetzte Instrument der minimalen Wegstrecken konnte leider erst relativ spät innerhalb der Versuchsphase realisiert werden. Beim Vergleich der Wegstrecken aus Direktbeobachtungen mit den kalkulierten minimalen Wegstrecken ergaben sich teilweise große Spannweiten. Dies kann unter anderem daran gelegen haben, dass die Registrierungspunkte in Form von RFID-Antennen die Stallgrundfläche nicht gleichmäßig abdeckten. Zu erwähnen ist außerdem, dass durch den zusätzlichen Einbau von zehn RFID-Antennen bereits sehr hohe Kosten entstanden. Durch die Weiterentwicklung von Ultrahochfrequenten (UHF)-RFID-Systemen könnten hier Vorteile hinsichtlich der dann unnötigen Vereinzelung der Tiere entstehen. Es konnte kein fester Faktor bestimmt werden, der die Berechnung der tatsächlich zurückgelegten Wegstrecken indivi-

dueller Tiere, ausgehend von den kalkulierten minimalen Wegstrecken, zuließ. Die bonitierten Lahmheitsgeschehen ließen sich im Mittel durch die Kalkulation der minimal zurückgelegten Wegstrecken allerdings recht gut abbilden.

Die tierindividuelle Anwesenheitsdauer je Tag an der Ebererkennung bildete das Umrauschen der Sauen gut ab. Allerdings ist zu bemerken, dass die Ebererkennung innerhalb des Stalls an einer Engstelle und somit ungünstig positioniert war.

5.2 Bewertung und Einordnung der Ergebnisse

Insgesamt lag für die Auswertungen eine große und detaillierte Stichprobe vor, die über einen ausreichend langen Zeitraum von insgesamt 14 Monaten erhoben worden war. Dennoch bestand durch das insgesamt seltene Vorkommen von gesundheitlichen Beeinträchtigungen grundsätzlich ein Problem beim Vergleich der Stichproben „auffälliger“ Tiere im Hinblick auf Lahmheiten, Umrauschereignissen und sonstiger Erkrankungen und der deutlich größeren Stichprobe „unauffälliger“ Tiere. Außerdem stellten sich die Tierintra- und die Tierintervariabilität für die erhobenen Kenngrößen ausdosierte Wassermengen, minimal zurückgelegte Wegstrecken und relative Fressränge als sehr groß dar. So ließen sich zwar vergleichenden Auswertungen für zwei oder mehrere Gruppen von Tieren durchführen und Unterschiede darstellen, aber eindeutig geltende Grenz- oder Schwellenwerte konnten nicht bestimmt werden. So verwundert es nicht, dass es insgesamt zu deutlichen Limitationen kam, verlässliche Monitoringmodelle aufzustellen.

Für die Nutzung der Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung konnte ein einfaches Schwellenwertmodell getestet werden und schien für den hier untersuchten Datensatz sowie nach der Durchführung einiger Maßnahmen zur Datenbereinigung gute Werte hinsichtlich der Effizienzmessung (Sensitivitäten und Spezifitäten) zu ergeben. Dabei wurden im Vergleich zu früheren Studien bessere Fehlerraten erzielt. Allerdings erscheinen auch die eigenen Fehlerraten immer noch zu hoch um in der praktischen Anwendung akzeptiert zu werden.

Die hier untersuchten Indikatoren ausdosierte Wassermenge, relativer Fressrang und minimal zurückgelegte Wegstrecke je Tier und Tag bei Wartesauen eigneten sich unterschiedlich gut, um krankheits- oder rauschebedingte Veränderungen entsprechend für das Wasseraufnahme-, das Futteraufnahme- und das Fortbewegungsverhalten zu detektieren.

Die Erfassung der ausdosierten Wassermengen je Tier und Tag gestaltete sich als relativ einfach. Allerdings sollte bei zukünftigen Anwendungen die Bildung von sogenannten Trinkereignissen aus den Informationen Tieridentität und Wassermenge automatisch realisiert werden. Für die aufgezeichneten Trinkereignisse konnte eine hohe Datendichte erzielt werden und detaillierte Erkenntnisse bzgl. der Tränkennutzung, Tränkenbesuche und ausdosierte Wassermengen gewonnen werden. Bis zu einem gewissen Grad bleibt aber ungewiss, ob und wenn ja welcher Anteil der ausdosierten Wassermengen durch die Tiere verspielt oder verschwendet wurde. Es sollte allerdings erwähnt werden, dass bei den eigenen Voruntersuchungen in Form von Videoaufnahmen der Tränken lediglich „tolerierbare“ Verluste beobachtet wurden. Die Auswertungen zeigten aber auch, dass ein nicht unerheblicher Teil der Tiere gar kein Wasser an den Tränken ausdosierte und scheinbar der gesamte tierindividuelle Wasserbedarf über das ausdosierte Wasser in den EFA gedeckt wurde. Dies ließe sich möglicherweise aber durch eine Reduktion der ausdosierten Wassermengen in den EFA dahingehend beeinflussen, dass die Sauen zunehmend auch an den Tränken Wasser aufnehmen würden.

Die Berechnung der relativen Fressränge war einfach und praktikabel, macht aber das Vorhandensein einer EFA obligatorisch und kann deswegen auch gleichzeitig als Nachteil angesehen werden. Da die Sauen normalerweise nur einmal täglich Futter an den EFA abriefen, fällt die Datendichte hier im Vergleich zur Aufzeichnung der Trinkereignisse relativ gering aus. Insgesamt schwankten die rFR innerhalb gebildeter Kategorien von Tier zu Tier und von Tag zu Tag grundsätzlich sehr stark. Vermutlich wurden diese Schwankungen durch den hier angewendeten 1-Wochen- bzw. 2-Wochen- Produktionsrhythmus und die häufige Veränderung der Gruppenzusammensetzung noch verstärkt. Deswegen sind rFR für das hier beschriebene Haltungsverfahren einer dynamischen Wartesauengruppe im Vergleich zur Haltung von Wartesauen in statischen Gruppen ein weniger gut geeigneter Indikator für ein Gesundheitsmonitoring.

Bei der Bewertung der kalkulierten minimalen Wegstrecken als Indikator muss bedacht werden, dass diese Methode stark davon abhängig ist, an wie vielen Stellen im Stall die Tiere mittels RFID-Technologie registriert werden und wie diese Registrierungsorte über die Grundfläche verteilt sind. Liegen beispielsweise die Orte der Futter- und der Wasseraufnahme nah beieinander und fehlen weitere neuralgische Punkte wie Türen oder Schleusen zu einem Auslauf, sinkt die Aussagekraft solcher minimaler Wegstrecken extrem ab. Bei den eigenen Untersuchungen verteilten sich die Erkennungspunkte relativ gut über den Stallgrundriss, allerdings wären weitere Erkennungsorte im Auslauf wünschenswert gewesen. Auch ist ein separater Auslauf genauso wie eine Ebererkennung in der Wartesauenhaltung nicht als Standard vorauszusetzen. Ein direkter Vergleich der kalkulierten minimal zurückgelegten Wegstrecken von Stall zu Stall wird so kaum möglich sein. Denkbar ist allerdings ein herdenindividuelles Monitoring der Tierintra- und der Tierintervariabilität. Möglich wäre auch der Einsatz einer weiterentwickelten elektronischen Ohrmarke (MKWELECTRONICS, Weibern, Österreich), die eine kontinuierliche Wegstreckenaufzeichnung im Stall grundsätzlich möglich macht (KARSTEN et al., 2013). Solche Ohrmarken befindet sich momentan noch in der Entwicklungsphase. Kritisch zu sehen sind bei diesem Lösungsansatz für die Wegstreckenüberwachung allerdings der große Anfall von zu übermittelnden Daten, hohe Anschaffungskosten und häufige Wechsel der energieliefernden Batterien. Die kontinuierliche technische Weiterentwicklung wird in der Zukunft aber sicherlich Lösungsmöglichkeiten für die aufgezählten Hemmnisse hervorbringen.

Grundsätzlich als schwierig anzusehen ist das zeitnahe Monitoring von Auffälligkeiten kurz nach Eintreten einer Beeinträchtigung der Tiergesundheit. Wünschenswert wäre, dass bereits subklinische Fälle von Gesundheitsbeeinträchtigungen detektiert werden könnten. Durch die eigene Dokumentation von Lahmheitsgeschehen mittels Locomotion Scoring zeigte sich allerdings, dass erst beim Auftreten von deutlichen bis schweren Lahmheitsgeschehen (LS 2 und LS 3) eine sichtbare Veränderung für die kalkulierten minimalen Wegstrecken, ausdosierten Wassermengen und rFR festgestellt werden konnte. Bisher bleibt also auch bei der Betrachtung der aktuellen Literatur die wirkliche „Früherkennung“ von Gesundheitsbeeinträchtigungen noch Wunschdenken. Es ist fraglich, ob man für das menschliche Auge kaum sichtbare Veränderungen wie z.B. die

Entwicklung von „Laufen ohne Beeinträchtigung“ (LS 0) hin zu einer „leichten Lahmheit“ (LS 1) mit Hilfe von Sensoren besser, genauer und schneller detektieren und anschließend korrekt bewerten können wird. Soll dies in der Zukunft gelingen, müssen hier noch geeignetere Indikatoren gefunden werden, welche dabei helfen Verhaltensveränderungen feiner zu detektieren. Bis solche Indikatoren und entsprechende Messsysteme gefunden und etabliert sind, können die bisherigen Methoden des Gesundheitsmonitorings dafür eingesetzt werden bereits erkrankte Tiere noch relativ schnell zu detektieren, so dass die Tiere nicht unnötig lang und unbemerkt unbehandelt bleiben und leiden müssen.

Damit ein Monitoringsystem, aufbauend auf elektronischen tierindividuellen Fütterungssystemen monetär darstellbar ist, müssen einige Voraussetzungen erfüllt werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde ebenfalls eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt (SIEGEL und WAGNER, 2013). Bei dieser Kosten-Nutzen-Analyse ergab sich meist eine absolute Vorteilhaftigkeit der Investition, was bedeutet, dass der Nutzen die Kosten überstieg, also ein positiver Nettonutzen entstand und die Investition damit lohnenswert war. Dies galt vor allem für Betriebe in der Größenordnung von 200 bis 1000 Sauen mit bereits vorhandener EFA, welche als Zielgruppe für ein solches Monitoringsystem identifiziert wurden. Wenn jedoch vorab ein kompletter Umbau der Haltungs- und insbesondere Fütterungstechnik nur zum Zweck des Gesundheitsmonitoring stattfinden müsste, wäre die Investition nicht mehr lohnenswert. Die reine Betrachtung der Aufwandsseite ergibt jedoch kontinuierlich abnehmende Kosten pro Platz bei gleichzeitig steigender Betriebsgröße.

Ein weiterer möglicher Vorteil, abgesehen vom Gesundheits- und Verhaltensmonitoring der eigenen Tiere, besteht in der Möglichkeit, über Benchmarking den eigenen Betrieb mit anderen Betrieben zu vergleichen und daraus Rückschlüsse und Verbesserungsoptionen für das eigene Handeln zu ziehen.

Wichtige Faktoren für die Verbreitung und Nutzung von automatischen Monitoringsystemen sind sicher zum einen die Technikaffinität des Tierhalters und zum anderen die gute Verständlichkeit und möglichst intuitive Bedienung der Benutzeroberfläche des dabei eingesetzten Programms. Betriebe mit geringeren Tierzahlen (weniger

als 200 Sauen) werden auch im Hinblick auf die möglicherweise hohen Anschaffungskosten ein automatisiertes Managementprogramm zum Gesundheits- und Verhaltensmonitoring eher ablehnen. Realistisch sinnvoll könnte der Einsatz bei Betrieben mit mittleren bis großen Sauenzahlen sein, wobei durch den möglicherweise nötigen Einsatz von Fremdarbeitskräften wieder die Affinität und das Verständnis für die Technik Hemmnisse darstellen könnten. Grundsätzlich jedoch werden auch Halter großer Sauenherden den Nutzen eines solchen Monitoringsystems daran messen, wie hoch die Kosten je Tierplatz ausfallen, welcher (monetäre) Nutzen durch den Einsatz entsteht und wie hoch die Verlässlichkeit des Systems ist bzw. wie gering die Fehlerraten sind.

Durch das Interesse des Gesetzgebers und des Lebensmittelhandels das Tierwohl auch in der Zuchtsauenhaltung zu verbessern, zu dokumentieren und zu kontrollieren, bietet sich ebenfalls der Einsatz eines solchen Monitoringsystems an. Denn mit dem dokumentierten Einsatz eines automatischen Monitoringsystems zur tierindividuellen Gesundheits- und Verhaltensüberwachung der Sauen, könnte der Tierhalter diesen erhöhten Anforderungen und der Verpflichtung zur betrieblichen Eigenkontrolle nachkommen sowie sich möglicherweise weitere oder andere Vermarktungswege erschließen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Anzahl deutscher Zuchtsauenhalter hat in den vergangenen 15 Jahren kontinuierlich abgenommen und gleichzeitig stiegen die Bestandsgrößen an. Dieser Trend wurde durch die obligatorische Umstellung auf die Gruppenhaltung von Wartesauen verstärkt. Größere Tierbestände stellen einerseits hohe Anforderungen an das Management und die Gesundheitsüberwachung der Einzeltiere, bieten andererseits aber auch Potentiale für die Automatisierung von Arbeitsgängen oder bei der Datengewinnung im Rahmen von indikatorgestützten Systemen.

Das übergeordnete Ziel der Arbeit war die Konzeptionierung, Umsetzung und Bewertung eines Monitoringsystems zur Bestimmung von Gesundheits- und Verhaltensabweichungen bei Wartesauen in Gruppenhaltung. Hierzu wurde die sensor- und datentechnische Infrastruktur zur Erfassung tierindividueller Indikatoren als Fressereignisse, Trinkereignisse und zurückgelegte minimale Wegstrecken in einem Wartesauenstall mit dynamischer Großgruppe geschaffen.

Es wurde die vorhandene RFID-Technik zweier elektronischer Futterabrufstationen (EFA) und einer Ebererkennung genutzt. Diese wurden durch den Einbau von zusätzlichen RFID-Antennen an den Tränken und den beiden Türen zwischen Auslauf und Stall ergänzt. Für die Bestimmung ausdosierter Wasservolumina wurden Durchflusszähler in die Zuleitungen aller acht Tränken eingebaut. Für die Auswertung der Fressereignisse und Berechnung von relativen Fressrängen wurden die Datenprotokolle der EFA genutzt. Über die kombinierte zeitliche Abfolge der Registrierungen an den 13 RFID-Antennen innerhalb des Wartesauenstalls wurden die tagesbezogenen tierindividuellen minimalen Wegstrecken kalkuliert.

Die tierindividuelle Beurteilung des Gesundheitsstatus und der Verhaltensänderungen der Sauen erfolgte im Rahmen einer Beobachtungsstudie. Zusammenhänge zwischen den automatisch erfassten Indikatoren Fressereignisse, Trinkereignisse und Wegstrecken sowie den Gesundheits- oder Verhaltensänderungen wurden geprüft und das Potential zur Implementierung eines Monitoring- oder Vorhersagemodelles wurde bewertet.

Vom 13.04.2012 bis 31.05.2013 wurden 29552 Tagesdatensätze von 199 verschiedenen Wartesauen der Paritäten 2 bis 11 erfasst und analysiert. In diesem Zeitraum wurden hinsichtlich der Gesundheitsbeeinträchtigungen nur wenige Krankheitsfälle dokumentiert, allerdings wurden bei den zweimal wöchentlich durchgeführten Beurteilungen des Fortbewegungsverhaltens mittels Locomotion Scoring teilweise mittlere und schwere Lahmheiten bei den Sauen festgestellt.

Während der 372 ausgewerteten Messtage wurden 69577 Trinkereignisse mit Volumina von 2 mL bis 11,45 L aufgezeichnet. Durchschnittlich dosierten die Sauen 2,4-mal je Tag 0,53 L Wasser aus, allerdings wurden für 25 % der Tagesdatensätze keine Trinkereignisse festgestellt. Des Weiteren konnte eine deutliche 24 h-Periodik der Wasseraufnahme mit Maxima am Vor- und Nachmittag beobachtet werden. Nahmen Sauen kein Futter an der EFA auf, dosierten sie tendenziell auch geringere Wassermengen an den Tränken aus. Parität und Temperaturdifferenzen schienen die Wasseraufnahme nur geringfügig zu beeinflussen. Im Gegensatz dazu ergaben die Auswertungen für lahme Sauen eine höchstsignifikante geringere Anzahl an tierindividuellen Trinkereignissen, ausdosierten Wassermengen an den Tränken, geringere kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken und Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung im Vergleich zu nicht lahmen Sauen.

Die Detektion von Umrauschern über die Betrachtung tierindividueller Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung mit Hilfe eines Schwellenwertmodells war gut möglich. Beim Vergleich von unauffälligen Sauen und Umrauschern konnte tendenziell ebenso ein Rückgang der ausdosierten Wassermengen und Anzahl an Trinkereignissen festgestellt werden.

Die Auswertungen der Fressreihenfolge an den elektronischen Futterabrufstationen und die Bestimmung von relativen Fressrängen ergaben keine signifikanten Unterschiede für auffällige und unauffällige Tiere. Es konnten tendenzielle Einflüsse durch Alter, Lahmheit und Umrauschen auf die Besuchsreihenfolge an den EFA bzw. auf die relativen Fressränge beobachtet werden.

Für das Fortbewegungsverhalten von Wartesaunen in Großgruppen konnten Anhaltswerte für mögliche zurückgelegte Wegstrecken gewonnen werden. Bisher waren hier nur sehr wenige Literaturwerte zu finden.

Managementbedingte Maßnahmen wie z.B. die Integration neuer Tiere in die Gruppe schienen kaum einen Einfluss auf die untersuchten Indikatoren zu haben.

Die Machbarkeit eines tierindividuellen Monitoringansatzes durch die Echtzeitverarbeitung von Sensordaten in einer Wartesaunengruppe sowie die Anbindung an eine Managementsoftware konnten gezeigt werden. Insgesamt erschwerte jedoch die sehr großen Tierinter- und Tierintravariabilität für die Parameter Trinkereignisse, Fressereignisse und minimale Wegstrecken die Definition einzeltierbezogener Monitoringmodelle zur indikatorgestützten Krankheitsfrüherkennung. Hier sind noch weiterführende Untersuchungen zu Indikatoren, Sensoren und Auswertelgorithmen denkbar.

7 SUMMARY

The number of pig farmers in Germany with breeding sow herds has continually reduced over the past 15 years. Simultaneously, herd size has increased. This trend is intensified through the introduction of mandatory group housing for gestating sows. While larger herds represent high demands on management and monitoring of individual animal health, the situation also offers potential for automation of work procedures or in data recording as part of indicator-based systems.

The primary objective of this work was conception, implementation and evaluation of a monitoring system for determining health and behaviour deviations of gestating sows in group housing. Hereby, sensor and data technology infrastructure was to be designed for recording animal-individual indicators as feeding or drinking events as well as minimum distances travelled within a sow gestation stable for a large dynamic group.

Materials used were the available RFID technology of two electronic feeding stations (EFS) and a boar recognition system. These were supplemented by the mounting of additional RFID antennae besides drinkers and on the two doors between exercise and indoor areas. For determining volumes of water metered out, flowmeters were fitted in the supply pipelines for all eight drinkers. The EFS data protocols were used for assessment of feeding events and calculation of relative eating ranks. Over the combined time-related sequencing of registration of the 13 RFID antennae within the sow gestation stable, the animal-individual minimum distances travelled were calculated on a daily basis.

Animal-individual assessment of health status and changes in behaviour of the sows was conducted as part of an observation study. Examined were relationships between the automatically recorded indicators feeding events, drinking events and distances travelled, in addition to changes in health and behaviour were examined. The potential for implementation of a monitoring or prediction model was then assessed.

From 13.04.2012 to 31.05.2013, recorded and analysed were 29,552 day data sets from 199 gestating sows (parity 2 to 11). In this period, only a few effects on sow health

through cases of disease were documented. However, during the twice-weekly gait assessment of the sows via locomotion scoring, some cases of medium to serious lameness were identified.

During 372 days, 69,577 drinking events with water volumes of from 2 ml to 11.45 l were recorded. On average, the sows drank 0.53 l water 2.4 times per day although, for 25% of the daily data sets, no drinking events were determined. In addition, a clear 24-hour cycle of water consumption was established with maxima during morning and afternoon. Where sows did not take feed from the EFS, they then tended to drink less water from the drinkers. Parity and temperature differences appeared to have only a limited influence on water consumption. Contrary to this, the sows identified as lame showed a highly significant reduced count of animal-individual drinking events, metered amounts of water at the drinkers, lower calculated distances travelled and time spent at the boar recognition in comparison with sows showing no symptoms of lameness.

Detection of sows returning to heat via observation of animal-individual periods of attendance at the boar recognition and then applying a threshold value model proved very effective. Comparing standard-behaviour sows and those returning to heat also led to identifying a tendency towards reduction in metered drinking water consumption and number of drinking events for the latter.

The assessments of feeding sequences at the EFS and calculation of relative eating ranks gave no significant differences between non-standard behaviour and standard behaviour animals. A tendency for influences of age, lameness and return to heat on EFS feeding sequence, or on relative eating ranks, was observed.

For locomotion behaviour of gestating sows kept in large groups, reference values for possible distances travelled could be collected. Up to now, only very little literature was available on this subject.

Management-associated measures such as the integration of new animals in the group appeared to have very little influence on the investigated indicators.

The feasibility of animal-individual monitoring through real time processing of sensor data recorded from a group of gestating sows and of integration with a management software program, could be demonstrated. In total, however, the very large animal intra and inter variability for the parameters drinking events, feeding events and minimum distances travelled complicated the definition of the individual-animal monitoring models for indicator-based early identification of health problems. Conceivable here are further follow-up investigations regarding indicators, sensors and assessment algorithms.

8 LITERATUR

ABIJAOUDE, J.A., MORAND-FEHR, P., TESSIER, J., SCHMIDELY, P. and SAUVANT, D. (2000): Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. *Livestock Production Science*, 64(1), pp. 29-37. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

ALAMDARI, A.R.S.A. and GUYON, I. (2006): Quick Start Guide for CLOP. Technical Report. Institute for Computer Graphics and Vision. Graz University of Technology. Graz, Austria. 21 pp. Zitiert in: ESCALANTE, H.J., RODRIGUEZ, S.V., CORDERO, J., KRISTENSEN, A.R. and CORNOU, C. (2013): Sow-activity classification from acceleration patterns: A machine learning approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 93, pp. 17-26.

APARNA, U., PEDERSEN, L.J. and JØRGENSEN, E. (2011): Pre-parturition behaviour of sows measured by sensors. 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Czech Centre for Science and Society, 11.-14.7.2011, Prague, pp. 223-239.

ASCHOFF, J. (1954): Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwissenschaften* 41(3), S. 49-56. Zitiert in: TILGER, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren – Eine Literaturstudie. Dissertation Universität München. 281 S..

BARANYIOVÁ, E. and HOLUB, A. (1993): Effects of diarrhoea on water consumption of piglets weaned on the first day after birth. *Acta Veterinaria Brno* 62(1-2), pp. 27-32.

BAUER, J. (2005): Untersuchungen zur Gruppenbildung von Sauen unter Verhaltens-, Gesundheits- und Leistungsaspekten. Dissertation Universität Gießen. 129 S.. Zitiert in: ELKMANN, A. (2007): Haltungsbioologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung. Dissertation Universität Gießen. 279 S..

BAUER, W. (1982): Der Tränkwasserverbrauch güster, hochtragender und laktierender Jungsaunen. *Archiv für experimentelle Veterinärmedizin* 36(6), S. 823-827.

BÄURLE, H. und WINDHORST, H.-W. (2011): Analysen zu Struktur und Entwicklung in der Schweine- und Sauenhaltung in Deutschland. Institut für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA). Universität Vechta. Heft 77, S. 40-41.

BERCKMANS, D. (2013): Basic principles of PLF: gold standard, labelling and field data. 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2013, 10.-12.9.2013, Leuven, pp. 21-29.

BETZ, M. (2014): Erfassung des Fortbewegungsverhaltens in der Wartesauenhaltung. Masterarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 61 S..

BLAIR, R.M., NICHOLS, D.A. and DAVIS, D.L. (1994): Electronic animal identification for controlling feed delivery and detecting estrus in gilts and sows in outside pens. *Journal of Animal Science* 72(4), pp. 891-898. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

BORBERG, C. and HOY, S. (2009a): Mixing of sows with or without the presence of a boar. *Livestock Science* 125(2-3), pp. 314-317.

BORBERG, C. and HOY, S. (2009b): Analysis of agonistic interactions between sows with different rank position during mixing. *Archiv Tierzucht* 52(6), pp. 603-612.

BRACHATZEK, N. (2014): Ergebnisskizze zur Datenanalyse Indikatorgestütztes Managementsystem zum Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring in der Sauenhaltung. Institut für Angewandte Mathematik und Statistik, Universität Hohenheim. 21 S..

BRESSERS, H.P.M. (1993): Monitoring individual sows in group housing: Possibilities for automation. *Rapport Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek "Schoonoord"* 396, 135 p.. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

BRESSERS, H.P.M (1994): Monitoring individual sows in group-housing: possibilities for automation. Wageningen University. PhD Thesis, Wageningen University. Zitiert in: APARNA, U., PEDERSEN, L.J. and JØRGENSEN, E. (2011): Pre-parturition behaviour of sows measured by sensors. 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Czech Centre for Science and Society, 11.-14.7.2011, Prague, pp. 223-239.

BRESSERS, H.P.M., TE BRAKE, J.H.A. and NOORDHUIZEN, J.P.T.M. (1991): Oestrus detection in group-housed sows by analysis of data on visits to the boar. *Applied Animal Behaviour Science* 31(3-4), pp. 183-193. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

BRESSERS, H.P.M., TE BRAKE, J.H.A., ENGEL, B. and NOORDHUIZEN, J.P.T.M. (1993): Feeding order of sows at an individual electronic feed station in a dynamic group housing system. *Applied Animal Behaviour Science* 36(2-3), pp. 123-134. Zitiert in: CORNOU, C., VINTHER, J. and KRISTENSEN, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. *Livestock Science* 118(3), pp. 262-271.

BRESSERS, H.P.M., TE BRAKE, J.H.A. and NOORDHUIZEN, J.P.T.M. (1995): Automated oestrus detection in group-housed sows by recording visits to the boar. *Livestock Production Science* 41(2), pp. 183-191. Zitiert in: OSTERSEN, T., CORNOU, C. and KRISTENSEN, A.R. (2010): Detecting oestrus by monitoring sows' visits to a boar. *Computers and Electronics in Agriculture* 74(1), pp. 51-58.

BRIEDERMANN, L. (1971): Ermittlung zur Aktivitätsperiodik des Mitteleuropäischen Wildschweines (*Sus s. scrofa* L.). *Zool.Garten N.F.*, Leipzig 40(6), S. 302-327. Zitiert in: TILGER, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren – Eine Literaturstudie. Dissertation Universität München. 281 S..

BROWN-BRANDL, T.M. and EIGENBERG, R.A. (2011): Development of a livestock feeding behavior monitoring system. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 54(5), pp. 1913-1920.

BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

BURÉ, R.G. and HOUWERS, H.W.J. (1989): Automation in group housing of sows. DODD, V.A and GRACE, P.A. (Eds.), *Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*, Dublin, 4.-8.9.1989, Balkema, Rotterdam, pp. 827–830. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

CARIOLET, R. and DANTZER, R. (1984): Motor activity of pregnant tethered sows. *Annales de recherches vétérinaires* 15(2), pp. 257-261.

CHAPINAL, N., RUIZ-DE-LA-TORRE, J., CERISUELO, A., BAUCCELLS, M.D., GASA, J. and MANTECA, J. (2008): Feeder use patterns in group-housed pregnant sows fed with an unprotected electronic sow feeder (Fitmix). *Journal of Applied Animal Welfare Science* 11(4), pp. 319-336. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

CORNOU, C. and LUNDBYE-CHRISTENSEN, S. (2008): Classifying sows' activity types from acceleration patterns: an application of the Multi-Process Kalman Filter. *Applied Animal Behaviour Science* 111(3-4), pp. 262-273. Zitiert in: ESCALANTE, H.J., RODRIGUEZ, S.V., CORDERO, J., KRISTENSEN, A.R. and CORNOU, C. (2013): Sow-activity classification from acceleration patterns: A machine learning approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 93, pp. 17-26.

CORNOU, C., VINTHER, J. and KRISTENSEN, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. *Livestock Science* 118(3), pp. 262-271.

CORNOU, C. and LUNDBYE-CHRISTENSEN, S. (2010): Classification of sows' activity types from acceleration patterns using univariate and multivariate models. *Computers and Electronics in Agriculture* 72(2), pp. 53-60. Zitiert in: ESCALANTE, H.J., RODRIGUEZ, S.V., CORDERO, J., KRISTENSEN, A.R. and CORNOU, C. (2013): Sow-activity classification from acceleration patterns: A machine learning approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 93, pp. 17-26.

CORNOU, C. and KRISTENSEN, A.R. (2013): Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. *Livestock Science* 157(2-3), pp. 552-567.

CORR, S.A., MCCORQUODALE, C.C., MCGOVERN, R.E., GENTLE, M.J. and BENNETT, D. (2003): Evaluation of ground reaction forces produced by chickens walking on a force plate. *The American Journal of Veterinary Research* 64(1), pp. 76-82. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

CZAJA, J.A. and BUTERA, P.C. (1986): Body temperature and temperature gradients: Changes during the estrous cycle and in response to ovarian steroids. *Physiology and Behavior* 36(4), pp. 591-596. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

DESTATIS (2013): Zahl der Betriebe mit Schweinehaltung um 7,5 % gesunken. Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung vom 23. Januar 2013 - 211/13. 2 S..

DUSZA, L., OPALKA, M., KAMIŃSKA, B., KAMIŃSKI, T. and CIERESZKO, R.E. (1996): The relationship between electrical resistance of vaginal mucus and plasma hormonal parameters during periestrus in sows. *Theriogenology* 45(8), pp. 1491-1503. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

DYBKJÆR, L., JACOBSEN, A.P., TØGERSEN, F.A. and POULSEN, H.D. (2006): Eating and drinking activity of newly weaned piglets: Effects of individual characteristics, social mixing, and addition of extra zinc to the feed. *Journal of Animal Science* 84(3), pp. 702-711.

EDWARDS, S.A., ARMSBY, A.W. and LARGE, J.W. (1988): Effects of feed station design on the behaviour of group-housed sows using an electronic individual feeding system. *Livestock Production Science* 19(3-4), pp. 511-522. Zitiert in: CORNOU, C., VINTHER, J. and KRISTENSEN, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. *Livestock Science* 118(3), pp. 262-271.

ELKMANN, A. (2007): *Haltungsbiologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung*. Dissertation Universität Gießen. ISBN: 3-8359-5241-2. 279 S..

EREZ, B. and HARTSOCK, T.G. (1990): A microcomputer-photocell to monitor periparturient activity of sows and transfer data to remote location. *Journal of Animal Science* 68(1), pp. 88-94. Zitiert in: APARNA, U., PEDERSEN, L.J. and JØRGENSEN, E. (2011): Preparturition behaviour of sows measured by sensors. 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Czech Centre for Science and Society, 11.-14.7.2011, Prague, pp. 223-239.

ESCALANTE, H.J., RODRIGUEZ, S.V., CORDERO, J., KRISTENSEN, A.R. and CORNOU, C. (2013): Sow-activity classification from acceleration patterns: A machine learning approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 93, pp. 17-26.

FEGERT, D.C. (2012): *Untersuchung zum Einfluss des Gesundheitszustands auf das Fortbewegungsverhalten tragender Sauen in der Gruppenhaltung*. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 79 S..

FRANCK, D. (1997): *Verhaltensbiologie*. 3. Auflage. Verlag Thieme, Stuttgart. 225 S..

FRESON, L., GODRIE, S., BOS, N., JOURQUIN, J. and GEERS, R. (1998): Validation of an infra-red sensor for oestrus detection of individually housed sows. *Computers and Electronics in Agriculture* 20(1), pp. 21-29. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus

detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

FRIEND, D.W. (1971): Self-selection of feeds and water by swine during pregnancy and lactation. *Journal of Animal Science* 32(4), pp. 658-666.

FRIEND, D.W. (1973): Self-selection of feeds and water by unbred gilts. *Journal of Animal Science* 37(5), pp. 1137-1141.

FRIEND, D.W. and WOLYNETZ, M.S. (1981): Self-selection of salt by gilts during pregnancy and lactation. *Canadian Journal of Animal Science* 61(2), pp. 429-438.

FROST, A.R., SCHOFIELD, C.P., BEAULAH, S.A., MOTTRAM, T.T., LINES, J.A. and WATHES, C.M. (1997): A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 17(2), pp. 139-159. Zitiert in: CORNOU, C. and KRISTENSEN, A.R. (2013): Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. *Livestock Science* 157(2-3), pp. 552-567.

FULLER, M.F., FRANKLIN, M.F., McWILLIAM, R. and PENNIE, K. (1995): The responses of growing pigs, of different sex and genotype, to dietary energy and protein. *Animal Science* 60, pp. 291-298. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

GALLMANN, E. (2014): Technik in der Schweinehaltung. In: FRERICHS, L. (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2013*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-10.

GEERS, R., JANSSENS, S., SPOORENBERG, S., GOEDSEELS, V., NOORDHUIZEN, J., VILLE, H. and JOURQUIN, J. (1995): Automated oestrus detection of sows with sensors for body temperature and physical activity. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

GEERS, R., PUERS, R. and GOEDSEELS, V. (1997): Electronic identification and monitoring of pigs during housing and transport. *Computers and Electronics in Agriculture* 17(2), pp. 205-215. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

GOETSCH, A.L., GIPSON, T.A., ASKAR, A.R. and PUCHALA, R. (2010): Invited review: Feeding behavior of goats. *Journal of Animal Science* 88(1), pp. 361-373. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

GRÉGOIRE, J., BERGERON, R., D'ALLAIRE, S., MEUNIER-SALAÜN, M.-C. and DEVILLERS, N. (2013): Assessment of lameness in sows using gait, footprints, postural behaviour and foot lesion analysis. *Animal* 7(7), pp. 1163-1173.

GRIFFIN, D. (2001): How health status and environment influence the feeding behavior of feedlot cattle. 3rd Annual Intermountain Nutrition Conference, Utah State University, Logan, Utah, pp. 117-124. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

GRIFFITH, F.L.L. (Hrsg) (1898): *The Petrie Papyri-Hieratic Papyri from Kahun and Gorub. 124 S.* Zitiert in: WEARY, D.M., HUZZEY, J.M. and VON KEYSERLINGK, M.A.G. (2009): Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science* 87(2), pp. 770-777.

HARRIS, M.J., PAJOR, E.A., SORRELLS, A.D., EICHER, S.D., RICHERT, B.T. and MARCHANT-FORDE, J.N. (2006): Effects of stall or small group gestation housing on the production, health and behaviour of gilts. *Livestock Science* 102(1-2), pp. 171-179.

HART, B.L. (1988): Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 12(2), pp. 123–137.

HARTUNG, E. (2001): Konzeption, Realisierung und Evaluierung einer Versuchseinrichtung zur Entwicklung und differenzierten Beurteilung von Haltungssystemen für Mastschweine. VDI-MEG Schrift 392 (Habilitation). 235 S..

HENNE, I. (1991): Body temperature of gilts in close-to-ovulation period. Monatshefte für Veterinärmedizin 46, p. 674-676. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. Livestock Science 105(1-3), pp. 1-11.

HESSEL, E.F. and VAN DEN WEGHE, H.F.A. (2013): Simultaneous monitoring of feeding behaviour by means of high frequent RFID in group housed fattening pigs. 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2013, 10.-12.9.2013, Leuven, pp. 812-818.

HINRICHS, B. und HOY, S. (2011): Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens von Sauen an Abrufstationen für das Gesundheitsmonitoring. In: Aktuelle Arbeiten zur Artgemäßen Tierhaltung 2011. KTBL-Schrift 489. KTBL 2011. Darmstadt. S. 128-136.

HOECK, J. und BÜSCHER, W. (2013a): Temperaturabhängiges Wasseraufnahmeverhalten von Aufzuchtferkeln. 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.-26.9.2013. KTBL 2013. Darmstadt. S. 342-347.

HOECK, J. und BÜSCHER, W. (2013b): Die Wasseraufnahme von Schweinen als Indikator für die Klimasteuerung. Landtechnik 68(3), S.178-182.

HÖRNICKE, H. (1981): Gaswechselfmessungen an Haus- und Wildschweinen. Einflüsse von Tageszeit, Fütterung und Aktivität. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 88(10), S. 411-415.

HÖRNING, B. (1992): Artgemäße Schweinehaltung: Grundlagen und Beispiele aus der Praxis (Beratung artgerechte Tierhaltung e.V.). C.F. Müller Verlag. Karlsruhe. 256 S..

HOY, S., GAULY, M. und KRIETER, J. (2006): Nutztierhaltung und –hygiene. 1. Auflage. UTB Grundwissen Bachelor. Stuttgart. 304 S..

HOUWERS, H.W.J., UNSHELM, J., VAN PUTTEN, G., ZEEB, K. and EKESBO, I. (1988): Locality registration as a way of heat detection in an integrated group housing system for pigs. Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals. 16.-18.6.1988 Skara, pp. 44-55. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

HUNTER, E.J., BROOM, D.M., EDWARDS, S.A. and SIBLY, R.M. (1988): Social hierarchy and feeder access in a group of 20 sows using a computer-controlled feeder. *Animal Production* 47(1), pp. 139-148. Zitiert in: CORNOU, C., VINTHER, J. and KRISTENSEN, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. *Livestock Science* 118(3), pp. 262-271.

INGRAM, D.L. and DAUNCEY, M.J. (1985): Circadian rhythms in the pig. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 82(1), pp. 1-5.

JEPPSON, M., SVENDSEN, J. and ANDREASSON, B. (1980): Behaviour studies of "loose" and "fixed" dry sows maintained under the same husbandry, feeding and stable conditions. Schwedische Agraruniversität Lund, Report 10 (auf schwedisch). ISSN 0348-0259. 53 S.. Zitiert in: WENNER, H.L. und LEHMANN, B. (1989): Das Verhalten von Sauen bei Ab-ruffütterung. In: DODD, V.A. (Hrsg.): Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering, Dublin, 4.-8.9.1989, pp. 831-836.

JUNGE, W.S. und HOLTZ, W. (1984): Body temperature as a means to monitor reproductive functions in sows and cows. 10th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, 10.-14.6.1984, University of Illinois at Urbana Champaign, Illinois, USA. Volume II. Brief communication, 1984, Paper: 141, 3 pp.. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

KARSTEN, S., STAMER, E., HAGEMANN, K., NEWE, F., AUER, W. und KRIETER, J. (2013): Optimierung des Gesundheitsmanagement von tragenden Sauen auf Basis serieller Informationen. 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.-26.09.2013. KTBL 2013. Darmstadt. S. 330-335.

KASHIHA, M.A., BAHR, C., OTT, S., MOONS, C.P.H., NIEWOLD, T.A., TUYTTENS, F. and BERCKMANS, D. (2014): Automatic monitoring of pig locomotion using image analysis. *Livestock Science* 159, pp. 141-148.

KEEGAN, K.G., WILSON, D.A., WILSON, D.J., SMITH, B., GAUGHAN, E.M., PLEASANT, R.S., LILLICH, J.D., KRAMER, J., HOWARD, R.D., BACON-MILLER, C., DAVIS, E.G., MAY, K.A., CHERAMIE, H.S., VALENTINO, W.L. and VAN HARREVELD, P.D. (1998): Evaluation of mild lameness in horses trotting on a treadmill by clinicians and interns or residents and correlation of their assessments with kinematic gait analysis. *American Journal of Veterinary Research* 59(11), pp. 1370-1377. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

KO, J.C.H., EVANS, L.E. and HOPKINS, S.M. (1989): Vaginal conductivity as an indicator for optimum breeding time in the sow after weaning. *Theriogenology* 32(6), pp. 961-968. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

KORTHALS, R.L. (1999): The effectiveness of using electronic identification for identification of estrus in swine. *ASAE-Paper No. 99-4213*. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

KORTHALS, R.L. (2000): Evaluation of space requirements for swine finishing feeders. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 43(2), pp. 395-398. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

KRUSE, S., TRAUlsen, I. and KRIETER, J. (2011a): Analysis of water, feed intake and performance of lactating sows. *Livestock Science* 135(2-3), pp. 177-183.

KRUSE, S., STAMER, E., TRAULSEN, I. and KRIETER, J. (2011b): Relationship between feed, water intake, and body weight in gestating sows. *Livestock Science* 137(1-3), pp. 37-41.

KRUSE, S., TRAULSEN, I., SALAU, J. and KRIETER, J. (2011c): A note on using wavelet analysis for disease detection in lactating sows. *Computers and Electronics in Agriculture* 77(1), pp. 105-109.

KRUSE, S., STAMER, E., TRAULSEN, I. and KRIETER, J. (2011d): Temporal pattern of feeding and drinking behaviour of gestating sows. *Archiv Tierzucht* 54(5), pp. 490-503.

KYLE, B.L., KENNEDY, A.D. and SMALL, J.A. (1998): Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. *Theriogenology* 49(8), pp. 1437-1449. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

LANGENDIJK, P., SOEDE, N.M., BOUWMAN, E.G. and KEMP, B. (2000): Responsiveness to boar stimuli and change in vulvar reddening in relation to ovulation in weaned sows. *Journal of Animal Science* 78(12), pp. 3019-3026. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

LEIDL, W. and STOLLA, R. (1976): Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. *Theriogenology* 6(2-3), pp. 237-249. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

LI, Y.Z. and GONYOU, H.W. (2007): Effects of stall width and sow size on behaviour of gestating sows. *Canadian Journal of Animal Science* 87, pp. 129-138.

LIGHTFOOT, A.L. and ARMSBY, A.W. (1984): Water consumption and slurry production of dry and lactating sows. *Animal Production* 38, p. 541 (Abstract).

LOEFFLER, K. und GÄBEL, G. (2013): Anatomie und Physiologie der Haustiere. 13. Auflage. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 448 S..

MADEC, F., CARIOLET, R. and DANTZER, R. (1986): Relevance of some behavioural criteria concerning the sow (motor activity and water intake) in intensive pig farming and veterinary practice. *Annales de recherches vétérinaires. Annals of veterinary research* 17(2), pp. 177-184.

MADSEN, T.N. and KRISTENSEN, A.R. (2005): A model for monitoring the condition of young pigs by their drinking behaviour. *Computers and Electronics in Agriculture* 48(2), pp. 138-154.

MARCHAL, P., LOISEL, P. and BRAUX, M. (1996): Automatic oestrus detection in a group housing system for sows. *Institute Technique du Purc, Paris*, pp. 325-329. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

MASELYNE, J., VAN NUFFEL, A., DE KETELAERE, B., MERTENS, K., SONCK, B., HESSEL, E. and SAEYS, W. (2013): Individual pig health monitoring based on automated registration of feeding pigs and synergistic control. 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.-26.09.2013. KTBL 2013. Darmstadt. S. 450-455.

MICHAEL, A. (1976): Measurement of the electrical resistance and temperature of the vaginal mucosa of sows during oestrus. Thesis, Fachbereich Tiermedizin, München. 87 pp.. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

MKWELECTRONICS, Weibern, Österreich. Zitiert in: KARSTEN, S., STAMER, E., HAGEMANN, K., NEWE, F., AUER, W. und KRIETER, J. (2013): Optimierung des Gesundheitsmanagement von tragenden Sauen auf Basis serieller Informationen. 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.-26.09.2013. KTBL 2013. Darmstadt. S. 330-335.

NAAS, I. (2002): Applications of mechatronics to animal production. CIGR Journal of Scientific Research and Development 4. pp.1-14. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. Livestock Science 105(1-3), pp. 1-11.

NIENABER, J.A. and HAHN, G.L. (2000): Feeding Behavior and Energetics of Growing-Finishing Swine as Influenced by Environmental Temperature. ASABE-Paper No. 87-4512. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. Computers and Electronics in Agriculture 96, pp. 246-252.

NIENABER, J.A., MC DONALD, T.P., HAHN, G.L. and CHEN, Y.R. (1991): Group feeding behavior of swine. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 34(1), pp. 289-294. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. Computers and Electronics in Agriculture 96, pp. 246-252.

NOLDUS, Wageningen, Niederlande. Zitiert in: KASHIHA, M.A., BAHR, C., OTT, S., MOONS, C.P.H., NIEWOLD, T.A., TUYTTENS, F. and BERCKMANS, D. (2014): Automatic monitoring of pig locomotion using image analysis. Livestock Science 159, pp. 141-148.

O`CONNELL, N.E., BEATTIE, V.E. and MOSS, B.W. (2003): Influence of social status on the welfare of sows in static and dynamic groups. Animal Welfare 12(2), pp. 239-249. Zitiert in: CORNOU, C., VINTHER, J. and KRISTENSEN, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. Livestock Science 118(3), pp. 262-271.

OSTERSEN, T., CORNOU, C. and KRISTENSEN, A.R. (2010): Detecting oestrus by monitoring sows' visits to a boar. Computers and Electronics in Agriculture 74(1), pp. 51-58.

PEITZ, B. und PEITZ, L. (1993): Schweine halten. 1. Auflage. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 151 S..

PENG, J.J., SOMES, S.A. and ROZEBOOM, D.W. (2007): Effect of system of feeding and watering on performance of lactating sows. *Journal of Animal Science* 85(3), pp. 853-860.

PLUYM, L.M, MAES, D., VANGEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

PORZIG, E. (1969): *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 430 S..

PORZIG, E. und SAMBRAUS H.H. (1991): *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere- Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis*. 1. Auflage. Verlag Paul Parey. Berlin-Hamburg. 404 S..

QUINCKHARDT, S. (2010): *Entwicklung, Implementierung und Validierung eines Mess- und Prüfstands für Tränketeknik und Durchflussmesser*. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 43 S..

ŘEZÁČ, P., VAŠIČOVÁ, D. and PÖSCHL, M. (2003a): Changes of electrical impedance in vaginal vestibule in cyclic sows. *Animal Reproduction Science* 79(1-2), pp. 111-119. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

ŘEZÁČ, P., PÖSCHL, M. and KŘIVÁNEK, I. (2003b): Effect of probe location on changes in vaginal electrical impedance during the porcine estrous cycle. *Theriogenology* 59(5-6), pp. 1325-1334. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

RICHTER, G., DUNKEL, S., LÖHNERT, H.-J., OCHRIMENKO, W.I. und ARNHOLD, W. (2007): Zum Wasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Tierärztliche Umschau 62(7), S. 369-373.

RILEY, J.E. (1978): Drinking "straws": A method of watering housed sows during pregnancy and lactation. Animal Production 26, p. 386 (Abstract).

RINGGENBERG, N., BERGERON, R. and DEVILLERS, N. (2010): Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. Applied Animal Behaviour Science 128(1-4), pp. 37-44.

ROBERT, S., MATTE, J.J., FARMER, C., GIRARD, C.L. and MARTINEAU, G.P. (1993): High-fibre diets for sows: effects on stereotypies and adjunctive drinking. Applied Animal Behaviour Science 37(4), pp. 297-309.

RUSHEN, J. (1984): Stereotyped behaviour, adjunctive drinking and the feeding periods of tethered sows. Animal Behaviour 32(4), pp. 1059-1067.

RUTTER, S.M., BERESFORD, N.A. and ROBERTS, G. (1997): Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. Computers and Electronics in Agriculture 17(4), pp. 177-188. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. Livestock Science 105(1-3), pp. 1-11.

SAMBRAUS, H.H. (1978): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. 1. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg. 315 S..

SAMBRAUS, H.H. (1982): Sauenhaltung – Wie sie ist und wie sie sein könnte. In: FÖLSCH, D.W und NABHOLZ, A. (Hrsg.): Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung. Tierhaltung Band 13. Verlag Birkhäuser, Basel-Boston-Stuttgart. S. 49-70.

SAMBRAUS, H.H. (1991): Nutztierkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 377 S..

SCHEIBE, K.M. (1982): Nutztierverhalten. Rind-Schwein-Schaf. 1. Auflage Verlag Gustav Fischer, Jena. 232 S..

SCHENCK, E.L., MCMUNN, K.A., ROSENSTEIN, D.S., STROSHINE, R.L., NIELSEN, B.D., RICHERT, B.T., MARCHANT-FORDE, J.N. and LAY JR., D.C. (2008): Exercising stall-housed gestating gilts: Effects on lameness, the musculo-skeletal system, production, and behavior. *Journal of Animal Science* 86, pp. 3166-3180.

SERLET, S. (2004): Optimalisatie van bronstdetectie bij zeugen. Dissertation. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

SIEGEL, A. und WAGNER, K. (2013): Kosten-Nutzenanalyse eines Monitoringsystems für Wartesauen. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 86 S..

SIGNORET, J.-P. (1967): Durée du cycle œstrien et de l'œstrus chez la truie. Action du benzoate d'œstradiol chez la femelle ovariectomisée. *Annales De Biologie Animale, Biochimie, Biophysique* 7(4), pp. 407-421 Zitiert in: PORZIG, E. (1969): Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 430.

SOEDE, N.M. and KEMP, B. (1997): Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *Journal of reproduction and fertility, supplement* 52, pp. 91-103. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

SOEDE, N.M., HAZELEGER, W., BROOS, J. and KEMP, B. (1997): Vaginal temperature is not related to the time of ovulation in sows. *Animal Reproduction Science* 47(3), pp. 245-252. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

SØLLESTED, T. (2001): Automatic oestrus detection by modelling eating behaviour of group-housed sows in electronic sow feeding systems. Master Thesis. Zitiert in: COR-

NOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

SOLTYSIAK, T. and NOGALSKI, Z. (2010): The effects of social hierarchy in a dairy cattle herd on milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences* 25(1), pp. 22-30. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

STERNING, M., RYDHMER, L., EINARSSON, S. and ANDERSSON, K. (1994): Oestrous symptoms in primiparous sows. 1. Duration and intensity of external oestrous symptoms. *Animal Reproduction Science* 36(3-4), pp. 305-314. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

STOLBA, A. and WOOD-GUSH, D. (1981): Verhaltensgliederung und Reaktion auf Neureize als ethologische Kriterien zur Beurteilung von Haltungsbedingungen bei Hauschweinen. In: *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 264*. KTBL. Darmstadt. S. 110-128.

STOKHOF, S.J.H. (1996): Vaginal mucus conductivity as measured by the Walsmeta MKIV does not accurately predict the moment of ovulation or the optimum time for insemination in sows. *Animal Reproduction Science* 41(3-4), pp. 305-310. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

SUN, G., FITZGERALD, R.F., STALDER, K.J., KARRIKER, L.A., JOHNSON, A.K. and HOFF, S.J. (2011): Development of an embedded microcomputer-based force plate system for measuring sow weight distribution and detection of lameness. *Applied Engineering in Agriculture* 27(3), pp. 475-482. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGHEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

TERTRE, A. and RAMONET, Y. (2014): Assessment of the motor activity of group-housed sows in commercial farms. JRP 46th Research Swine Days, Paris (Frankreich), 4.-5. 2.2014 (unveröffentlicht).

THORUP, V.M., TØGERSEN, F.A., JØRGENSEN, B. and JENSEN, B.R. (2007): Biomechanical gait analysis of pigs walking on solid concrete floor. *Animal* 1(5), pp. 708-715. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

TILGER, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren – Eine Literaturstudie. Dissertation Universität München. 281 S..

TILLET, R.D., ONYANGO, C.M. and MARCHANT, J.A. (1997): Using model-based image processing to track animal movements. *Computers and Electronics in Agriculture* 17(2), pp. 249–261. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

VAL-LAILLET, D., VEIRA, D.M. and VON KEYSERLINGK, M.A.G. (2008): Short communication: Dominance in free-stall-soused dairy cattle is dependent upon resource. *Journal of Dairy Science* 91(10), pp. 3922-3926. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

VAN DER STUYFT, E., SCHOFIELD, C.P., RANDALL, J.M., WAMBACQ, P. and GOEDSEELS, V. (1991): Development and application of computer vision systems for use in livestock production. *Computers and Electronics in Agriculture* 6(3), pp. 243-265. Zitiert in: CORNOU, C. and KRISTENSEN, A.R. (2013): Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. *Livestock Science* 157(2-3), pp. 552-567.

VAN HERTEM, T., MALTZ, E., ANTLER, A., ALCHANATIS, V., SCHLAGETER-TELLO, A.A., LOKHORST, C., ROMANINI, C.E.B., VIAZZI, S., BAHR, C., BERCKMANS, D. and HALACHMI, I. (2013):

Automatic lameness detection based on 3D-video recordings. 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2013, 10.-12.9.2013, Leuven, pp. 59-67.

VAN PUTTEN, G. (1978): Schwein. In: SAMBRAUS, H.H. (Hrsg.) Nutztierbiologie, Verlag Paul Parey. Berlin-Hamburg.

VAN PUTTEN, G. and BURÉ, R.G. (1997): Preparing gilts for group housing by increasing their social skills. *Applied Animal Behaviour Science* 54(2-3), pp. 173-183.

VERMEER, H.M. and VAN DER WILT, F.J. (1999): Transponder and rectal body temperature measurement in sows around parturition. ASAE CSAE SCGR Annual Meeting, Toronto, Ontario, Canada, 18.-21.7.1999, 8 pp.. Zitiert in: CORNOU, C. (2006): Automated oestrus detection methods in group housed sows: Review of the current methods and perspectives for development. *Livestock Science* 105(1-3), pp. 1-11.

VON WACHENFELT, H., PINZKE, S. and NILSSON, C. (2009a): Gait and force analysis of provoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosystems Engineering* 104(4), pp. 534-544. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGHEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

VON WACHENFELT, H., PINZKE, S., NILSSON, C., OLSSON, O. And EHLORSSON, C.-J. (2009b): Force analysis of unprovoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosystems Engineering* 104(2), pp. 250-257. Zitiert in: PLUYM, L.M, MAES, D., VANGHEYTE, J., MERTENS, K., BAERT, J., VAN WEYENBERG, S., MILLET, S. and VAN NUFFEL, A. (2013): Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems Engineering* 116(1), pp. 64-74.

VON ZERBONI, H.N. und GRAUVOGL, A. (1984): Schwein. In: BOGNER, H. und GRAUVOGL, A.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 435 S..

WALKER, S.L., SMITH, R.F., ROUTLY, J.E., JONES, D.N., MORRIS, M.J. and DOBSON, H. (2008): Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91(12), pp. 4552-4559. Zitiert in: BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A. and EIGENBERG, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252.

WEARY, D.M., HUZZEY, J.M. and VON KEYSERLINGK, M.A.G. (2009): Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science* 87(2), pp. 770-777.

WELFARE QUALITY® (2009): Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Niederlande. 123 pp.

WENG, R.C., EDWARDS, S.A. and HSIA, L.C. (2009): Effect of individual, group or ESF housing in pregnancy and individual or group housing in lactation on sow behavior. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 22(11), pp. 1574-1580.

WENNER, H.L. und LEHMANN, B. (1989): Das Verhalten von Sauen bei Abruffütterung. In: DODD, V.A. (Hrsg.): *Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*, Dublin, 4.-8.9.1989. S. 831-836.

YANG, T.S., HOWARD, B. and MACFARLANE, W.V. (1981): Effects of food on drinking behaviour of growing pigs. *Applied Animal Ethology* 7(3), S. 259-270.

ZHANG, G., JAYAS, D.S. and WHITE, N.D.G. (2005): Separation of touching grain kernels in an image by ellipse fitting algorithm. *Biosystems Engineering* 92(2), pp. 135-142. Zitiert in: KASHIHA, M.A., BAHR, C., OTT, S., MOONS, C.P.H., NIEWOLD, T.A., TUYTTENS, F. and BERCKMANS, D. (2014): Automatic monitoring of pig locomotion using image analysis. *Livestock Science* 159, pp. 141-148.

Internetquellen

IGN (2014): <http://www.ign-nutztierhaltung.ch/schweinehaltung/verhalten/verhalten11.php>, 07.04.2014

PIGPROGRESS (2014): <http://www.pigprogress.net/Home/General/2008/8/Scientists-develop-Intelligent-Farrowing-Pen-PP001869W/>, 07.04.2014

Gesetzliche Richtlinien

EU-RICHTLINIE 2001/88/EG (2001) des Rates vom 23.10.2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 316/36 - L 316/38 vom 1.12.2001.

CD-ROM

FEET FIRST™, Zinpro Corporation (2009) Eden Prairie, Minnesota, USA.

Publikationen

JUNGE, M., HERD, D., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. und JUNGBLUTH, T. (2012): Gruppenhaltung von tragenden Sauen: Indikatoren zum Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring. Landtechnik, 67, S. 326-331.

Konferenzbeiträge

JUNGE, M., HERD, D., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. and JUNGBLUTH, T. (2012): Water intake and behavior of pregnant sows. Proceedings "Ninth International Livestock Environment Symposium"; 8.-12.7.2012, Valencia, Spanien, p. 236-241.

JUNGE, M., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. und JUNGBLUTH, T. (2012): Indikatorgestütztes Managementsystem zum Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring in der Sauenhaltung. BLE-Innovationstage 29.-30.10.2012, Bonn, S. 117-121.

JUNGE, M., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. and JUNGBLUTH, T. (2013): Monitoring of group housed sows based on indicators for feeding, drinking and locomotion behavior. 6th European Conference on Precision Livestock Farming, 10.-12.9.2013, Leuven, Belgien, p. 731-736.

JUNGE, M., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. und JUNGBLUTH, T. (2013): Wasseraufnahmeverhalten als Indikator für das Gesundheitsmonitoring tragender Zuchtsauen. 11. Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, 24.-26.9.2013, Vechta, KTBL, Darmstadt; S. 336-341.

JUNGE, M., JEZIERNY, D., GALLMANN, E. and JUNGBLUTH, T. (2014): Comparison of feed and water intake in static and dynamic groups of gestating sows as indicators for health monitoring. International Conference of Agricultural Engineering, 6.-10.7.2014, Zürich, Schweiz.

Betreute Abschlussarbeiten

WEISS, J. (2011): Analyse von Trinkprofilen in der Gruppenhaltung von tragenden Sauen. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 40 S..

REUTLINGER, A. (2011): Analyse des Wasseraufnahmeverhaltens in der Gruppenhaltung von tragenden Sauen. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 39 S..

FEGERT, D.C. (2012): Untersuchung zum Einfluss des Gesundheitszustands auf das Fortbewegungsverhalten tragender Sauen in der Gruppenhaltung. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 66 S..

SCHMIDT, M. (2012): Futter- und Wasseraufnahme als Indikatoren für ein Gesundheitsmonitoring bei tragenden Sauen. Masterarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 90 S..

SIEGEL, A. und WAGNER, K. (2013): Kosten-Nutzenanalyse eines Monitoringsystems für Wartesauen. Bachelorarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 86 S..

BETZ, M. (2014): Erfassung des Fortbewegungsverhaltens in der Wartesauenhaltung. Masterarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 61 S..

BECKER, R. (2014): Intensiverhebung zum Gesundheitsmonitoring von Wartesauen. Masterarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 89 S..

ZEEB, A. (2014): Intensiverhebung zum Gesundheitsmonitoring von Wartesauen in statischen Großgruppen. Masterarbeit. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme. 91 S..

ISSN 0931-6264