

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: Professur für Waldbau

Analyse des Raum- und Zeitverhaltens von Rindern und Pferden in Weidewäldern

Transpondergestützte Fallstudie im ‚Wilde Weiden‘-Projekt im Taubergießen

Anna-Lea Ortmann
Matrikelnummer: 3930416
Freiburg
11.04.2018

Referent: Prof. Dr. Dr. h.c. Jürgen Huss

Korreferent: Prof. Dr. Rainer Luick

Zusammenfassung

Anhand von GPS-Halsbändern wurde das Raum-Zeitverhalten von Rindern und Pferden in extensiver Mischbeweidung in einem südwestdeutschen Waldweideprojekt in einem Auengebiet (NSG Taubergießen) untersucht. Von Dezember 2017 bis Januar 2018 wurden die GPS-Positionen von 4 Rinder (Salers) und 2 Pferde (Konik, Islandpferd) geloggt, mit dem Ziel das Potenzial von GPS-tracking für das Monitoring des Raum-Zeitverhaltens der Weidetiere zu analysieren. Anhand von Analysen in R und QGIS wurde die Beweidungsintensität auf der Fläche (34 ha) visualisiert und mit Strukturen der Waldbestände verglichen. Die Ausnutzung der Fläche variierte kleinräumig und unterschied sich zwischen Rindern und Pferden. Alle besenderten Tiere hielten sich etwa 5-mal so lange in der stellenweise lichterem, von Altholz geprägten nördlichen Waldweidehälfte auf als in der von Stangen- und schwachem Baumholz bestimmten, weniger lichten, südlichen Waldweidehälfte. Eine Auswertung der Tracks zeigte, dass die Pferde sich mehr entlang der Wege bewegten als die Rinder. Die Pferde waren mit durchschnittlich 6,8 km/Tag zurückgelegter Wegstrecke agiler als die Rinder, die täglich 4,4 km zurücklegten. Die winterliche Zufütterung hatte einen starken Einfluss auf die zurückgelegten Strecken der Tiere. Während die Rinder nach Tagen der Zufütterung noch 64 % der durchschnittlichen Strecke zurücklegten, waren es bei den Pferden 86 %. Über eine Klassifizierung der GPS-Daten nach Random Forest-Verfahren wurden die Zeitbudgets der besenderten Tiere für die Aktivitäten ‚Ruhen‘, ‚Gehen‘ und ‚Grasen‘ ermittelt. Die Überprüfung dieser anhand von Beobachtungsdaten ergab, dass die Aktivität Ruhen für die Rinder zu 83 %, Gehen zu 72 % und Grasens zu 55 % richtig klassifiziert wurden.

Abstract

The behaviour of cattle and horses in an extensive wood pasture (34 ha) on a floodplain in southwest Germany (NSG Taubergießen) was studied by GPS-tracking. From December 2017 to January 2018 the positions of 4 cattle (Salers) and 2 horses (Konik, Icelandic horse) were logged with the aim of analysing the potential of GPS-collars in monitoring spatial behaviour. Using R and QGIS pasture use was visualized and compared to the structures and characteristics of the pasture's forest stands. Animal behaviour was classified into "resting", "walking" and "grazing" using a random forest classification algorithm. All animals spent five times longer in the older, more open forest stands, than in the younger, denser stands, but horses and cattle differed in space use and behaviour. Results show the horses were more active and covered longer distances, with a higher concentration of tracks on existing roads and trails. While horses covered 6.8 km/day, cattle covered 4.4 km/day, on average. Cattle were more influenced by supplementary feeding, with cattle walking 64 % of that average on days preceded by feed days, as compared to the horses at 86 %. Using observation data a validation of the random forest classification was carried out showing that 83 % of the classification into resting, 72 % of walking and 55 % of grazing were properly classified.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Einführung	1
1.2	Lichte Wälder und Weidewälder in Baden-Württemberg.....	2
1.3	Bedeutung GPS-gestützter Ansätze zur Untersuchung des Raum-Zeitverhaltens von Weidetieren	4
1.4	Leitfragen für die eigenen Untersuchungen.....	5
2	MATERIAL UND METHODEN.....	6
2.1	Erläuterungen zum ‚Wilde Weiden‘-Projekt.....	6
2.2	Untersuchungsgebiet: Waldweidefläche.....	7
2.3	Material.....	15
2.3.1	Beschreibung der besenderten Rinder und Pferde	15
2.3.2	Beschreibung der Technik: GPS-Halsbänder	17
2.4	Methoden.....	18
2.4.1	Vorbereitung des Versuchsvorhabens	18
2.4.2	Datenerhebung	20
2.4.2.1	Be- und Entsenderung der Versuchstiere	20
2.4.2.2	Beobachtung der Versuchstiere	21
2.4.3	Räumliche Analysen	22
2.4.3.1	Datenaufbereitung	22
2.4.3.2	Klassifizierung der GPS-Ortungen in Ruhen, Gehen und Grasen	24
2.4.3.3	Visuelle Analyse der Tracks.....	25
2.4.3.4	Count in Polygon Analysen	25
2.4.3.5	Erstellung von Dichteplots.....	27
3	ERGEBNISSE	28
3.1	Eigenschaften der erhobenen GPS-Daten	28
3.2	Erkenntnisse aus den Beobachtungen der Herde	28
3.3	Einflussfaktoren auf das Raum-Zeitverhalten der besenderten Tiere.....	29
3.3.1	Zufütterung	29
3.3.2	Temperatur und Niederschlag	31
3.3.3	Tierart und Individuum	31
3.3.4	Dauer der Besenderung	35
3.3.5	Helligkeit und Dunkelheit.....	35
3.4	Count in Polygon Analysen	36
3.5	Klassifizierung der GPS-Daten in Ruhen, Gehen, Grasen.....	38
4	DISKUSSION	42
4.1	Herausstellung der wichtigsten Ergebnisse	42
4.2	Kritische Beurteilung der eigenen Ergebnisse	43
4.2.1	Klassifizierung der GPS-Daten	44
4.2.2	Raum-Zeitverhaltens der besenderten Tiere	46
4.2.3	Wirkung der Beweidung auf der Waldweidefläche.....	50
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	53

5.1	Für das weitere Weidemanagment	53
5.2	Für die weitere Forschung	53
6	QUELLENVERZEICHNIS.....	55
7	ANHANG	62

Abbildungsverzeichnis

Nr.		S.
Abb. 2.1-1	Lage des Schonwaldes „Lichter Wald“ im FFH-Gebiet „Taubergießen, Elz und Ettenbach“	6
Abb. 2.1-2	Ausschnitt der Gebietskulisse um das Projektgebiet	7
Abb. 2.2-3	Einteilung des Schonwaldes in Abteilung 4 und 5	9
Abb. 2.2-4	Altersstufen der Bestände auf der Waldweidefläche	9
Abb. 2.2-5	Hauptbaumart der Bestände auf der Waldweidefläche	10
Abb. 2.2-6	Wegenetz und Position der Futterraufen	11
Abb. 2.2-7	Geschützte Waldbiotopie: Feuchtwald und Stillgewässer	12
Abb. 2.2-8	Historische Karte der Rheinaue bei Kappel-Grafenhausen um 1838	13
Abb. 2.3-9	Salers-Kuh, Konik-Stute und Islandstute	15
Abb. 2.3-10	Besenderungshalsbänder	18
Abb. 2.4-11	Kooperationspartner bei der Vorbereitung und Durchführung des Versuchs	18
Abb. 2.4-12	Fanganlage am Tag der Besenderung	21
Abb. 2.4-13	Visuelle Analyse in QGIS: Beispiel einer Entfernungsmessung	24
Abb. 2.4-14	Puffer um die Futterraufen: 5m-Puffer (gelb), 15m-Puffer (braun)	26
Abb. 2.4-15	Pufferbereiche um das Wegenetz	27
Abb. 3.3-16	Tracks von 4 Besenderungstagen: 1 Tage und 4 Tage nach Heugabe	30
Abb. 3.3-17	Zurückgelegte Strecke der besenderten Tiere pro Tag, Zeitpunkt der Zufütterung und Tageswerte für Temperatur und Niederschlag	31
Abb. 3.3-18	Tracks für die gesamte Besendungsperiode	32
Abb. 3.3-19	Durchschnittliche Aufenthaltsdichte auf der Waldweidefläche: (a) Rinder und Pferde, (b) Rinder und (c) Pferde	33
Abb. 3.3-20	Dichteplots der einzelnen Tiere: gesamte Besendungsperiode und alle Tagesstunden	34
Abb. 3.3-21	Dichteplots eines Rindes und Pferdes für die hellen und dunklen Tagesstunden	35
Abb. 3.3-22	Fotos strauchreicher Bestände Abteilung 4 und Ausschnitt aus dem Dichteplot der Rinder und Pferde in diesem Bereich	36
Abb. 3.5-23	Anteil der richtig klassifizierten GPS-Datenpunkte der Rinder	39
Abb. 3.5-24	Anteil der richtig klassifizierten GPS-Datenpunkte der Pferde	40
Abb. 3.5-25	Anteil der Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasens am gesamten GPS-Datensatz je Tier	40
Abb. 3.5-26	Dichteplots für die Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasens	41

Abb. 6.6-27	Tracks aller Tiere für die gesamte Besenderungsperiode	64
Abb. 7.-28	Foto: Bereich der Futterraufen und Mineraleimer	65
Abb. 7.-29	Foto: Rinder und Pferde unter Alteiche	65
Abb. 7.-30	Foto: Rind 1 beim Durchwaten einer wenige cm tiefen Wasserfläche	66
Abb. 7.-31	Foto: Trittpfade entlang der Schlut bilden sich aus	66
Abb. 7.-32	Foto: Trittpfade verbinden Elzufer und Futterraufen	67
Abb. 7.-33	Foto: Pferde auf Wegen	67

Tabellenverzeichnis

Nr.		S.
Tab. 2.2-1	Kennzahlen zum Untersuchungsgebiet im südlichen Oberrheintiefland	8
Tab. 2.2-2	Baumartenverteilung der Abteilungen 4 und 5 des Schonwaldes „Lichter Wald“	10
Tab. 2.3-3	Besenderte Tiere und Umfang der erhobenen GPS-Daten	16
Tab. 2.4-4	Absolute und relative Streuung der GPS-Halsbänder	19
Tab. 3.1-5	Wetterdaten für den Besenderungszeitraum	28
Tab. 3.3-6	Zurückgelegte Strecken der besenderten Rinder und Pferde	29
Tab. 3.4-7	Ergebnisse der Count in Polygon Analysen	37
Tab. 3.5-8	Anzahl der Beobachtungsstunden nach Aktivität und Tierart	38
Tab. 4.2-9	Vergleich der Klassifizierung des Weideverhaltens von Alm-Rindern und den besenderten Rindern und Pferden der Taubergießen-Herde	45
Tab. 7. -10	Liste wissenschaftlicher Artnamen	62
Tab. 7. -11	Eigenschaften der GPS-Datensätze	63

Fremdwörter- und Abkürzungsverzeichnis

Corral	kleinräumige Umzäunung für Weidetiere
CSV	Comma Separated Values (Text-Dateiformat)
DGPS	Differential Global Positioning System
DWD	Deutscher Wetterdienst
FFH	Flora Fauna Habitat
Geopackage	Dateiformat zur Verarbeitung von Geodaten
GIS	Geoinformationssystem
GPS	Global Positioning System
Natura 2000	EU-Schutzgebietsnetz aus FFH- und Vogelschutzgebieten
RDS	R Data Structure (Dateiformat für R-Objekte)
Track	aufgezeichneter Weg, den das besenderte Tier zurückgelegt hat
Tracking	(hier): Aufzeichnung von GPS-Daten über GPS-Halsbänder an Weidetieren
QGIS	Geoinformationssystem-Software

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei Manuel Schneider für die Bereitstellung der Technik, ein stets offenes Ohr und die große Unterstützung bei der Datenauswertung bedanken. Für die Hilfe vor Ort und diverse Tipps in Sachen QGIS und R, einen ganz lieben Dank an Florian Frosch. An Tilman Windecker richte ich einen lieben Dank für sein Vertrauen und Interesse am Versuchsvorhaben und die Hilfe beim Besendern der Tiere. Einen weiteren Dank möchte ich an Familie Ihle für Ihre Gastfreundschaft während der Datenaufnahme richten. Vielen Dank an Nicolas Schoof für die Unterstützung bei der Sendersuche. Einen herzlichen Dank an Lena Carlson und Mattias Rupp für die große Unterstützung während der gesamten Zeit, Bereitstellung diverser Infos zum Projekt und vor allem die schönen Ausflüge ins ‚Wilde Weiden‘. Nicht zuletzt möchte ich meinen Betreuern Herrn Huss und Herrn Luick für Ihr Interesse und die Ermöglichung der Arbeit danken. Einen lieben Dank auch an Herrn Huss für die zahlreichen Tipps zum wissenschaftlichen Schreiben.

1 EINLEITUNG

1.1 Einführung

Die Waldweide stellte bis ins 19. Jahrhundert, lokal sogar ins 20. Jahrhundert hinein eine wichtige Form der Waldnutzung dar und war bis dahin für das südwestdeutsche Landschaftsbild mitbestimmend (RUPP, 2013; VERA, 2000). Ein moderner, extensiver Waldweideansatz wird in Naturschutzprojekten in den letzten Jahrzehnten auch in Deutschland vermehrt angewendet und bietet sich besonders auf Grenzertragsstandorten ökonomisch und ökologisch an (LUICK, 2002; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008, 2015; RÖDDE, 2015; FORSTBW, 2017). Ziel ist es hierbei, lichte Weidewälder als selten gewordene Lebensräume und Biodiversitätshotspots als Teil der Landschaft zu erhalten. So auch im ‚Wilde Weiden‘-Projekt in der ehemaligen Rheinaue bei Kappel-Grafenhausen, wo in einem Multispeziesansatz Rinder und Pferde gemeinsam weiden. Im Sinne der Auenrenaturierung soll sich aus einer Kombination von ökologischen Flutungen des ‚Integrierten Rheinprogrammes‘, forstlichen Auflichtungsmaßnahmen und Beweidung ein standortangepasster, naturnaher Eichen-Ulmen-Auwald mit reichem Lebensraumangebot der für Tieflagenflüsse typischen, dynamischen Auewald-Lebensräume entwickeln. Die Weidetiere und die Auswirkungen ihres Raum-Zeitverhaltens auf der Projektfläche stellen dabei einen wichtigen Schlüsselfaktor dar. Diese Arbeit untersuchte das Raum-Zeitverhalten von 4 Rindern und 2 Pferden gestützt durch Beobachtungen und GPS-Technik während eines Wintermonats. Ein erstes Ziel war es, den Einsatz von GPS-Technik im Weidewald zu erproben und einen Eindruck über mögliche Erkenntnisgewinne zu erlangen. Für die Beantwortung der Frage, inwiefern die Weidetiere Lichtwaldstrukturen gestalten und erhalten können, wurde das Raum-Zeitverhalten der Weidetiere analysiert.

1.2 Lichte Wälder und Weidewälder in Baden-Württemberg

Es folgt ein Abriss zur Geschichte, Bedeutung und heutigen Verbreitung lichter Wälder, wobei insbesondere auf die Rolle von Großherbivoren und dem Menschen beim Erhalt von Lichtwaldstrukturen eingegangen wird.

Bedeutung und Verbreitung lichter Wälder

Lichte Wälder zeichnen sich durch einen geringen Kronenschluss der Bäume und Sträucher aus. Von der Besonnung bis auf den Boden und der großen Bandbreite verschiedener Mikrohabitate profitieren zahlreiche Pflanzen-, Vogel- und Insektenarten, insbesondere Schmetterlinge. So stellen lichte Wälder in Baden-Württemberg Orte konzentrierter naturräumlicher Biodiversität dar, sind nach Stand der Waldbiotopkartierung 2014 allerdings mit einer Fläche von 25.000 ha nur noch auf weniger als 0,2 % der Landeswaldfläche anzutreffen (RUPP, 2013; FORSTBW, 2015). Langfristig stocken Lichtwälder von Natur aus nur auf Extremstandorten, wie sie aus Trockenheit, Nährstoffmangel oder Nässe hervorgehen. Auch durch Großherbivoren, Insekten oder den Biber können Lichtwaldstrukturen entstehen (MICHIELS, 2015). Der Biber ist als Ökosystemingenieur bekannt und kann Wälder besonders effizient auflichten (MICHIELS, 2015; NEUBECK, 2014). Großherbivoren können das Aufkommen von Naturverjüngung durch Fraß und Tritt mosaikartig verhindern oder auch ältere Bäume durch Schälen zum Absterben bringen. In höheren Dichten wirken Weidetiere wie Rind und Pferd als ökologischer Störfaktor im Ökosystem, drosseln die natürliche Sukzession Richtung Schlusswald und können somit mosaikartige Wald-Offenland-Landschaften schaffen (WALLIS DE VRIES, 1999; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2001; VERA, 2009).

Rolle natürlicher Großherbivoren

Bei der Beantwortung der Frage, wie die Landschaft der tiefen Ebenen Mitteleuropas vor der landschaftsgestaltenden Einflussnahme des Menschen aussah, beziehen sich einige Autoren auf das Wissen zu Flora, Fauna und Umweltbedingungen vor und nach der letzten Eiszeit, die vor rund 12.000 Jahren endete. Der Auffassung, Mitteleuropa wäre in den Tieflagen bei gemäßigttem Klima ohne Einwirken des Menschen abgesehen von Sonderstandorten (darunter z.B. Moore und Flussauen) mit geschlossenen Urwäldern bedeckt (ELLENBERG, 1996: 24) steht die Megaherbivorentheorie gegenüber. Letztere spricht der urzeitlichen Großtierfauna einen landschaftsprägenden Einfluss auf die Verteilung von Offenland und Wald zu. Zur holozänen Großherbivoren Fauna gehörten neben Wisent, Rothirsch, Reh, Elch, Wildschwein auch Auerochse und Tarpan. Im Zuge der quartären Aussterbewelle im Übergang vom **Pleistozän** zum **Holozän** waren Megaherbivoren wie der Europäische Waldelefant und das Waldnashorn verschwunden. Laut Megaherbivorentheorie hat die artenreiche Großherbivoren Fauna durch Tritt und Verbiss aufkommender Verjüngung zu Verbreitung und Erhalt lichter Waldökosysteme beigetragen. Dies habe lichtliebenden Arten wie Eichen und Hasel das ununterbrochene Fortbestehen neben schattentoleranteren Arten seit der letzten Eiszeit ermöglicht (VAN KOLFSCHOTEN, 1999; VERA, 2000: 85; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 13). Ob die über Jahrtausende währende Koevolution zwischen der

ursprünglichen Großherbivoren Fauna und zahlreichen Pflanzen, Tier- und Pilzarten ein Grund für den Artenreichtum der Triften, Heiden und Hutewälder ist, wird diskutiert (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 5). Anhand dessen wird die Natürlichkeit parkartiger Weidelandschaften inklusive diversen Lichtwaldstrukturen begründet. Die beiden Großherbivorenarten Tarpan und Auerochse als wilde Vorfahren von Pferd und Rind verschwanden aus unserer Landschaft vor verhältnismäßig kurzer Zeit. Der Tarpan war in der Landschaft Mitteleuropas bis ins 16. Jahrhundert präsent (JEZIERSKI und JAWORSKI, 2008: 15). Der Auerochse verschwand in West- und Mitteleuropa zwischen 1200 und 1400 (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 80). Heute können Pferd und Rind als autochthone Arten die ökologische Funktion ihrer ausgestorbenen Vorfahren übernehmen (WALLIS DE VRIES, 1999).

Einfluss des Menschen über die Weidewirtschaft

Seit Beginn seiner Sesshaftigkeit im **Neolithikum** wurde der Mensch durch seine Eingriffe in die Landschaft zunehmend bedeutsam für den Erhalt von Lichtwaldstrukturen, z.B. durch die Holznutzung nach Niederwald- und Mittelwald-Bewirtschaftungsform oder aber die Beweidung von Wald (MICHIELS, 2015). Die Waldweide stellte in Mitteleuropa seit der Frühbronzezeit (2200 v. Chr.) bis ins 18. Jahrhundert eine wesentliche Form der Nutztierhaltung dar (HABER, 2014: 19). Lichte Eichenmisch- und Buchenwälder mit alten Mastbäumen als Überhälter fungierten über Jahrhunderte hinweg als wichtige Weidestandorte und waren für das südwestdeutsche Landschaftsbild prägend. Bis Ende des 19. Jahrhunderts war ein Großteil unserer Landschaft eine Weidelandschaft mit Allmenden (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 169; RUPP, 2013). Lichte Wälder und Auen stellten neben Schotterebenen, Magerfluren, Heideflächen, Mooren, Rainen, Zwickeln und Stoppelfeldern wichtige Weidelandschaftstypen dar (PIEK, 1998; KONOLD, 2008; Vera, 2009; RUPP, 2013).

Rückgang lichter Wälder und Verschwinden der Waldweide

Neben der Waldweide diente der mittelalterliche Wald einer Vielzahl weiterer Teilnutzungen wie der Bauholz-, Brennholz-, Holzkohle-, Laubheu-, Bodenstreugewinnung oder Zeidlererei um nur einige zu nennen. Infolge der Übernutzung, Überweidung und flächenweisen Degradation von Wäldern waren forstliche Zielsetzungen stellenweise kaum zu erreichen (FREIST, 1999; FORSTBW, 2015). Durch das Badische Forstgesetz von 1833 wurde die Beweidung von Wäldern verboten. Die daraus resultierende strikte Trennung von Forst- und Landwirtschaft bleibt bis heute durch Bundeswald- und Landeswaldgesetz aufrechterhalten. Trotz der gesetzlichen Trennung bestehen in Baden-Württemberg weiterhin einzelne Waldweiden mit zum Teil 1000-jähriger Tradition (RUPP, 2013). Diese stellen allerdings Seltenheiten dar, sind historische Waldnutzungsformen wie Mittel-, Nieder- und Hutewälder in ganz Baden-Württemberg doch nur noch auf 850 ha Waldfläche vertreten (MICHIELS, 2015). So ging trotz der Tatsache, dass die ganzjährige Freilandhaltung in lichten Wäldern die wohl älteste landwirtschaftliche Tierhaltungsform in Mitteleuropa darstellt, ein großer Teil des Wissens zur Waldweidepraxis verloren (WALLIS DE VRIES, 1999; RUPP, 2013; WOLF, 2010).

1.3 Bedeutung GPS-gestützter Ansätze zur Untersuchung des Raum-Zeitverhaltens von Weidetieren

Die Forschung an GPS- basierten Telemetrie Systemen zum Tracken von Tieren begann 1991. Aufgrund des Forschungs- und Erfahrungsvorsprungs im Bereich des Wildtier-Trackings, waren Richtlinien und Ansätze hiervon auch für das Tracking von domestizierten Tieren im 20. Jahrhundert wegweisend. Seit Ende der 90er Jahre werden Studien zur Weideökologie von Freilandrindern vermehrt unterstützt durch satellitengestützte Transpondertechnik durchgeführt, sodass ANDERSON *et al.* (2013) von 99 bereits durchgeführten Studien, mit diesem Ansatz im Monitoring des Verhaltens von Freilandrindern, sprachen. Im Jahr 2000 nannten TURNER *et al.* eine einfachere und genauere Aufnahme von GPS-Daten als Hauptziele für die Weiterentwicklung von Methoden im Bereich der GPS-gestützten Verhaltensforschung an Weidetieren. Die Fortschritte in der Speichertechnologie und im Energieverbrauch ermöglichen heute eine längere Dauer bzw. höhere Frequenz des Monitorings (HAMPSON *et al.*, 2010; IRONSIDE *et al.*, 2017; Schneider, 2017). GPS-Technik wird in einigen Studien mit weiteren Sensoren (z.B. Beschleunigungs- oder Urinsensoren) kombiniert, um Fragestellungen zu spezifischen Aktivitäten von Weidetieren auf der Weidefläche genauer untersuchen zu können (BETTERIDGE *et al.*, 2010; UNGAR *et al.*, 2011).

Die Beobachtung von Tieren ist weiterhin eine wichtige Methode, jedoch zur Erhebung von Daten bei eingeschränkter Sicht und über lange Zeiträume hinweg dem Tracking mittels GPS-Technik unterlegen (KILGOUR, 2012; FISCHER *et al.*, 2008). GPS-Daten können weitgehend ohne Anwesenheit des Menschen aufgenommen werden, sodass eine Beeinflussung durch diesen weniger problematisch als bei reinen Beobachtungsstudien erscheint (COSYNS *et al.*, 2001; ANDERSON *et al.*, 2013). So ist das Tracking mit Hilfe von GPS-Technik heute die gängigste Methode, um das Raum-Zeitverhalten von Huftieren zu untersuchen (ANDERSON *et al.*, 2013).

Das Wissen zum Weideverhalten von Rindern und Pferden stammt zum einen aus Erfahrungen von Tierhaltern und Beteiligten in Beweidungsprojekten, zum anderen aus Beobachtungs- und Telemetrie-basierten Studien. Ergebnisse aus GPS-Studien zum Verhalten und zur Raumnutzung von Rindern und Pferden in extensiver Ganzjahresmischbeweidung auf Waldweiden in südwestdeutschen Weideprojekten liegen zum heutigen Zeitpunkt nicht vor. Ergebnisse von Beobachtungs- und Telemetriestudien in anderen Untersuchungsgebieten mit womöglich anderen Rinder- und Pferderassen sind nur begrenzt auf das Raum- und Zeitverhalten der Rinder und Pferde im ‚Wilde Weiden‘-Projekt übertragbar. Im Anschluss an die Vorstellung der eigenen Studie folgt jedoch ein Vergleich mit Erkenntnissen anderer Studien.

1.4 Leitfragen für die eigenen Untersuchungen

Zuerst wurde das **Raum-Zeitverhalten der Weidetiere** anhand von Leitfragen untersucht:

- Haben folgende Faktoren einen Einfluss auf das Raum- und Zeitverhalten der Tiere:
 - Natürliches Nahrungsangebot des Schonwaldes,
 - Zufütterung,
 - Tierart,
 - Witterung?
- Wurden bestimmte Bereiche des Schonwaldes häufiger aufgesucht als andere?
- Eignet sich der Einsatz von GPS-Technik im lichten Wald, um Fragen zum Raum-Zeitverhalten von Weidetieren zu klären und das Herdenmanagement zu optimieren?

In einem zweiten Schritt wurde versucht, Rückschlüsse zur **Einwirkung der Weidetiere auf die Fläche** zu ziehen:

- Leisten die Weidetiere einen Beitrag zur Erreichung der Zielsetzungen des Schonwaldes hinsichtlich:
 - Auflichtung,
 - Zurückdrängen von Unterwuchs,
 - vorbereitende Flächenpflege für die anschließende Pflanzung /Naturverjüngung von Eiche,
 - Erhöhung des Strukturangebotes,
 - Vernetzung der Teilflächen?
- Kann aus dem Raum-Zeitverhalten der Tiere ein Bezug zur Gestaltung eines mosaikartigen Lebensraumes hergestellt werden?

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Erläuterungen zum ‚Wilde Weiden‘-Projekt

Das Projekt ‚Wilde Weiden‘ liegt innerhalb der Auenlandschaft zwischen Elz, Taubergießen und Altrhein und innerhalb des Rückhalteraumes „Elzmündung“, in einer Entfernung von etwa 500 m Luftlinie östlich zum Rhein auf Flächen der Gemeinde Kappel-Grafenhausen. Die Rheinniederung bei Kappel gehört zur naturräumlichen Haupteinheit der „Offenburger Rheinebene“. Der Rückhalteraum „Elzmündung“, 469 ha groß, ist einer der 13 Staubereiche der ehemaligen Rheinaue¹, in denen im Rahmen des ‚Integrierten Rheinprogrammes‘ ökologische Flutungen und die Rückhaltung von Hochwassern im Sinne der Auenrenaturierung geplant sind². Einen Überblick über Lage und Teilflächen des Gesamtprojektgebietes und des Untersuchungsgebietes geben Abbildung 2.1-1 und 2.1-2. Die aktuell beweideten Flächen des ‚Wilde Weiden‘-Projektgebietes umfassen ca. 33 ha Offenland und 34 ha Wald. Die Projektflächen sind dem FFH-Gebiet 7712-341 „Taubergießen, Elz und Ettenbach“³, Vogelschutzgebiet 7712-401 „Rheinniederung Sasbach - Wittenweier“⁴ sowie dem Naturschutzgebiet „Taubergießen“⁵ zugehörig. Die Beweidung mit Rindern und Pferden läuft seit 2015 extensiv im Offenland und wird seit 2017 auch im Schonwald „Lichter Wald“ angewendet. Letztes ist über einen Schonwalderlass von 2016 geregelt, der Teile des „Faschinenwaldes“ am Rhein auf der Gemarkung Kappel der Gemeinde Kappel-Grafenhausen zum Schonwald „Lichter Wald“

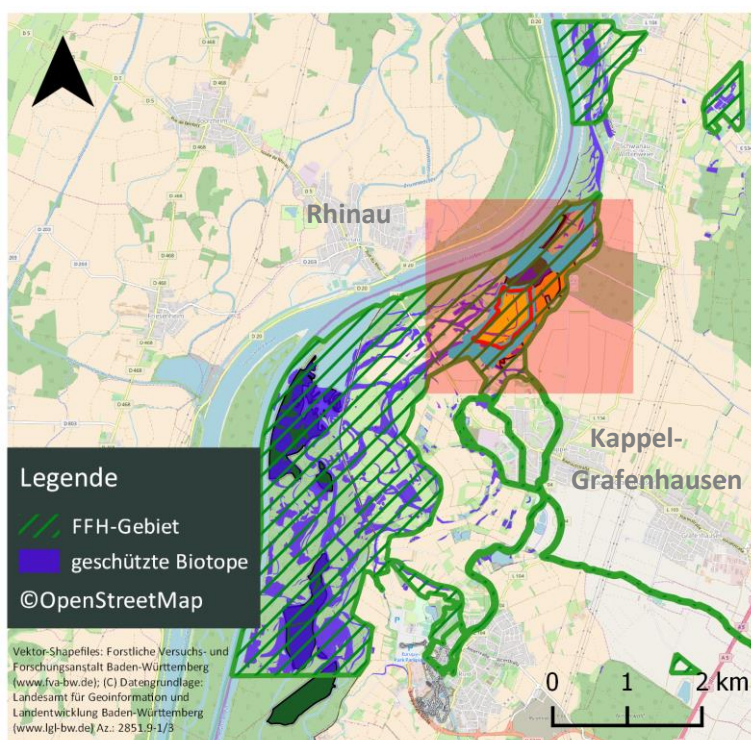


Abb. 2.1-1 Lage des Schonwaldes „Lichter Wald“ im FFH-Gebiet „Taubergießen, Elz und Ettenbach“, roter Ausschnitt vergrößert in Abbildung 2.1-2 dargestellt

erklärte. Dieser wird durch den bereits 1986 verordneten Bannwald „Breitsand“⁶ in „Schonwald Nord“ und „Schonwald Süd“ geteilt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen stellten Abteilung 4 und Abteilung 5, zugehörig zu „Schonwald Süd“, die Waldweidefläche⁷. Neben den östlich des Schonwaldes angrenzenden Offenlandflächen gehören zur Projektkulisse auch Niederwaldflächen, die sich im aktuell nicht beweideten „Schonwald Nord“ rheinseitig an den Rhein-Hochwasserdamm anschließen. Zwischen „Schonwald Süd“ und den Offenland-Weideflächen fließt die Elz unter der Schollenbrücke, auf der die Weidetiere zwischen Offenland und Schonwald wechseln

^{1,2} RP Baden-Württemberg

^{3,6} LUBW

⁷ ‚Wilde Weiden‘- Projekthomepage

können. Bei den Offenlandflächen handelt es sich um FFH-Mähwiesen, auf denen der Landwirt und Tierhalter auch Raufutter für die Zufütterung im Winter gewinnt. Letzte ist tierschutzrechtlich dann notwendig, wenn eine ausreichende natürliche Nahrungsgrundlage für die Weidetiere fehlt (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 100).

Ziel des ‚Wilde Weiden‘-Projektes ist es, eine halboffene Weidelandschaft mit auentypischem Lebensraumangebot zu schaffen. Die waldbauliche und weideökologische Entwicklung des Schonwaldes hin zu einem lichten, biodiversen Wald sind Teil dessen. Für diesen bodenfrischen Waldstandort mit vorgelagertem Offenland eignet sich der Multispeziesansatz mit Rindern und Pferden besonders gut. Rinder können im Wald, Pferde mehr im Offenland ihre arttypischen Eigenschaften entfalten. Die Waldweide soll als Instrument gezielt eingesetzt werden.

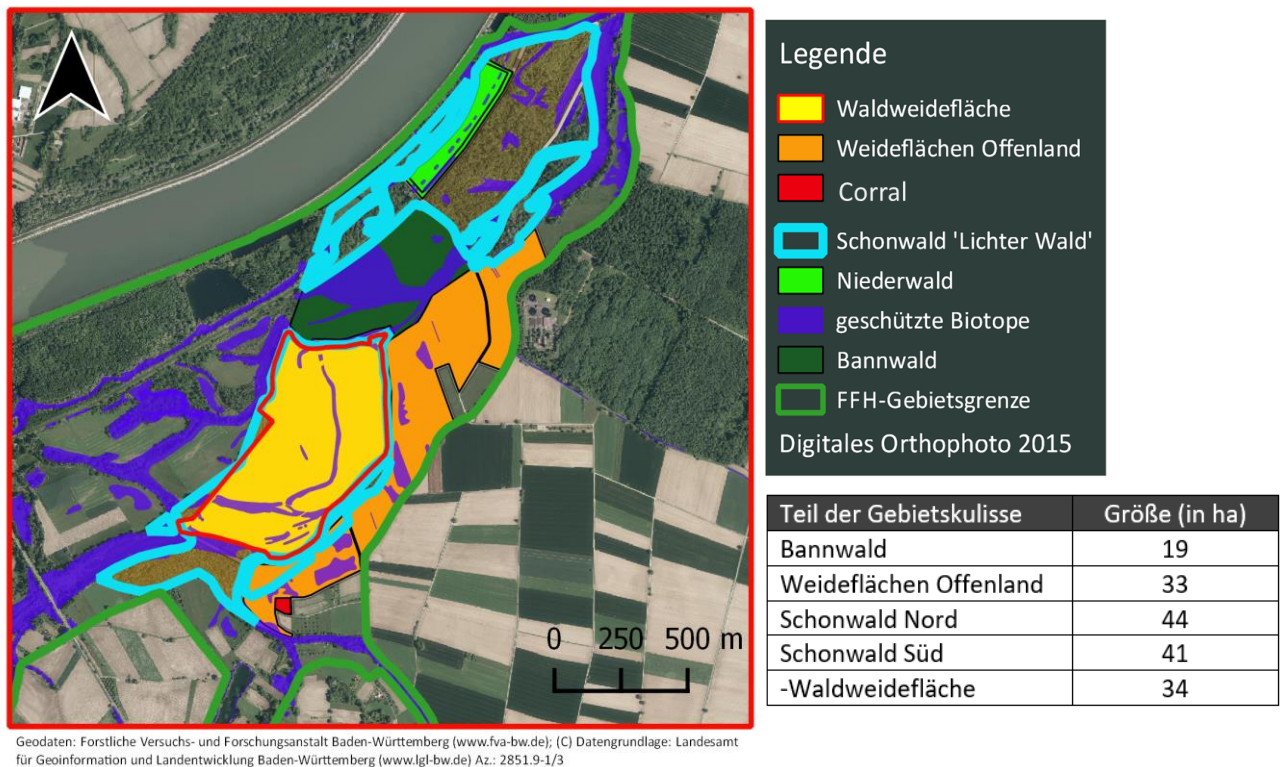


Abb. 2.1-2 Ausschnitt der Gebietskulisse um das Projektgebiet, bestehend aus Wald- und Offenlandflächen. Die gelbe Fläche zeigt die Waldweidefläche (Stand Dezember 2017) und damit das Untersuchungsgebiet.

2.2 Untersuchungsgebiet: Waldweidefläche

Naturraum

Der Schonwald befindet sich im Klimagebiet „südliches Oberrheintiefland“. Die südliche Oberrheinregion gehört mit ihren vergleichsweise heißen Sommern und milden Wintern zu den wärmsten Gebieten Mitteleuropas (REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN, 2006). Wichtige Kennzahlen sind Tabelle 2.2-1 zu entnehmen.

Tab. 2.2-1 Kennzahlen zum Untersuchungsgebiet im südlichen Oberrheintiefland (REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN, 2006; COPPEL, 2016)

Parameter	Wert
Höhe	155-159 m.ü.NN.
Mittlere jährliche Lufttemperatur	9-10°C
Mittlere Lufttemperatur Vegetationsperiode	17,6-18,2°C
Frostfreie Periode	Mai – Oktober (Ausnahme: Eisheilige)
Anzahl der Frosttage	55-70
Mittlerer jährlicher Niederschlag	600-700 mm

Geologisch gehört das Untersuchungsgebiet zur Großeinheit der Hochwassersedimente auf Flussschotter. Die überwiegend aus schluffigem, teilweise feinsandigem Lehm bestehenden Auengleye sind wechselnd stark bis gering grundwasserbeeinflusst. Es dominieren Standortverhältnisse der höchsten Hartholzaue, die nach Norden in die der hohen und mittleren, partiell der tiefen Aue übergehen (COPPEL, 2016).

Topographie und Wasserhaushalt des Untersuchungsgebiets werden durch Altarme von Elz und Tauber geprägt. Von Südosten nach Norden und Südosten nach Südwesten durchziehen Schluten den „Schonwald Süd“. Eine Schlut ist eine je nach Jahreszeit und Niederschlag mehr oder weniger wasserführende Rinne mit stehendem Wasser, die meist aus abgeschnittenen Flussarmen entstanden ist. Die geplanten ökologischen Flutungen sollen das Wasserregime dynamisieren und die Lebensraumbedingungen im Sinne der Auenrenaturierung verändern.

Begrenzung der Waldweidefläche

Die Waldweidefläche (Stand Dezember 2017) als Untersuchungsgebiet des Transponderversuches umfasste Abteilung 4 und Teile der Abteilung 5 des Schonwaldes „Lichter Wald“ (Abb. 2.1-2 und -3). Aufgrund des zum Zeitpunkt der Untersuchungen geschlossenen Weidetors an der Schollenbrücke, war den Weidetieren ein Wechsel auf die Offenlandweideflächen während der Untersuchungen nicht möglich. Die Gliederung der Waldweidefläche in Abteilungen und Bestände in den folgenden Graphiken (Abb. 2.2-3, -4 und -5) soll dem Verständnis der kleinräumigen Unterschiede innerhalb des Waldes dienen. Für die Tiere ist die Waldweide eine zusammenhängende Fläche ohne räumliche Trennung zwischen Abteilungen oder Beständen durch einen Zaun.

Abteilung 4 bildet den nördlichen Teil der aktuellen Waldweidefläche. Sie wird von einer Flussschlinge des Taubergießens im Norden und der Elz im Osten begrenzt und reicht im Süden bis zum Fahrkopfweg (Abb. 2.2-3 und -6). **Abteilung 5** schließt sich südlich des Fahrkopfweges an. Die Waldweidegrenze ist hier die Elz im Osten, der Tauber im Süden und eine Zaunpassage entlang verlandender Bereiche eines Schilfgürtels der Elz im Südosten. Im Westen begrenzt ebenfalls ein Zaun die Waldweidefläche. Der Fluss wird von den Tieren derzeit als Weidegrenze akzeptiert, sodass eine Auszäunung zum Tauber und dem Großteil der Uferzone der Elz hin nicht nötig ist.

Beschreibung des Waldbestandes im Untersuchungsgebiet

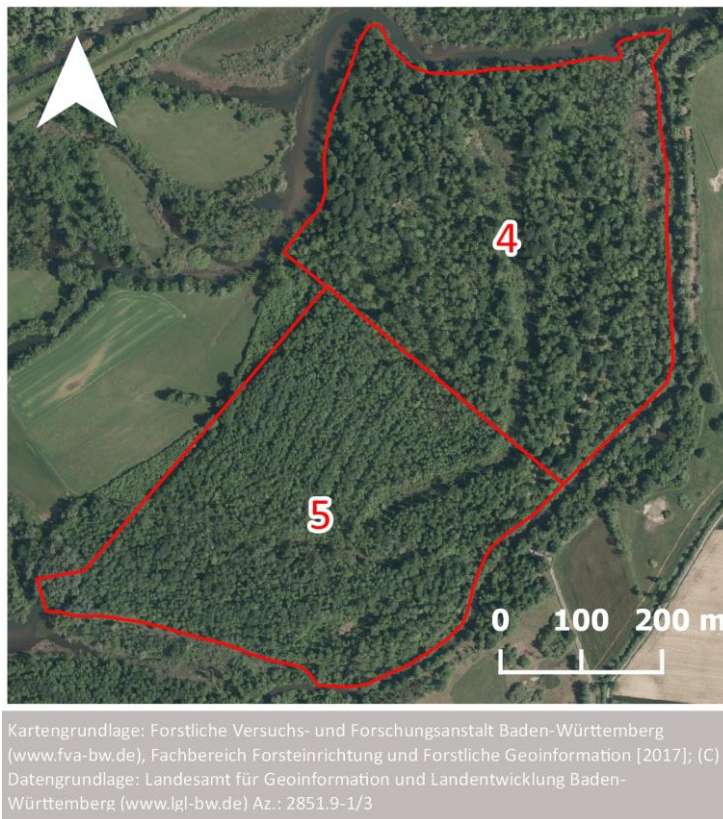


Abb. 2.2-3 Einteilung des Schonwaldes in Abteilung 4 und 5 (Digitales Orthophoto 2015)

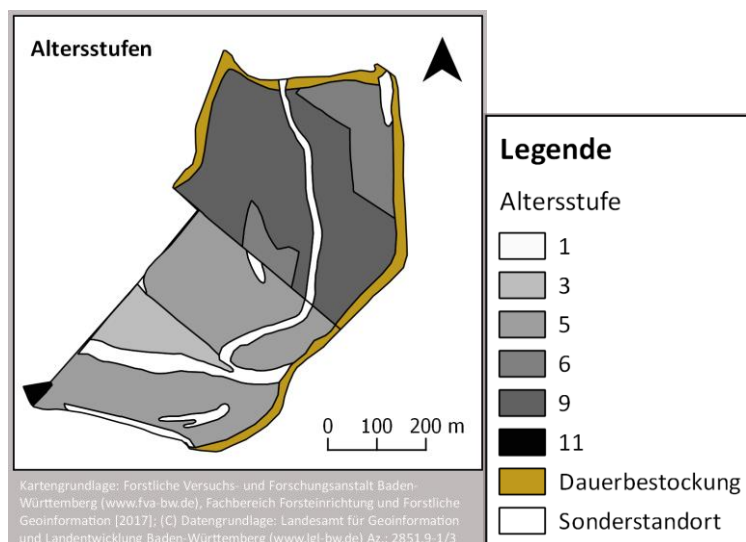


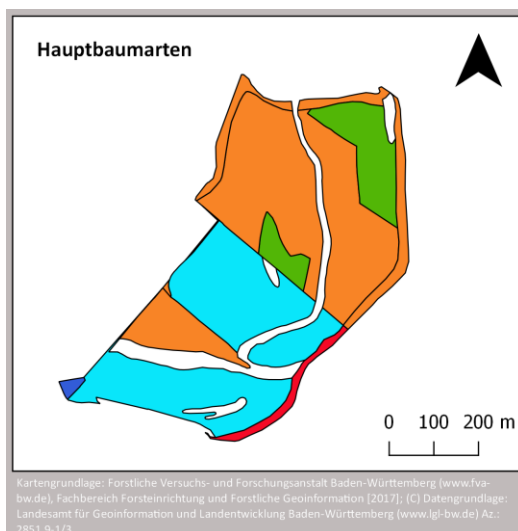
Abb. 2.2-4 Altersstufen der Bestände auf der Waldweidefläche

In **Abteilung 4** überwiegen Bestände mit altholzreichem Baumholz, die sich der Altersstufe 9 zuordnen lassen (Abb. 2.2-4). Bis zum Beginn des Eschentriebsterbens stellten Esche (*Fraxinus excelsior*) und Stiel-Eiche (*Quercus robur*) in gleichen Anteilen die Hauptbaumarten (Tab. 2.2-2). Derzeit prägen Stiel-Eichen-Überhälter mit einer unterständigen, flächenweise dichten Strauchschicht das Bestandesbild (Abb. 2.2-5). Daneben sind die Gewöhnliche Esche, Buche (*Fagus sylvatica*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) in abnehmender Reihenfolge vertreten. Entlang der von Nord nach Süd verlaufenden Schlut (Abb. 2.2-4: Sonderstandort) sind auf ehemaligen Wegen Flächen ohne überschirmende Baumschicht vorhanden. Hier wachsen mancherorts Sträucher, darunter die Gewöhnliche Hasel (*Corylus avellana*), der Blutrote Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Gewöhnlicher Liguster (*Ligustrum vulgare*) und der Eingriffliche Weißdorn (*Crataegus monogyna*). Im Norden findet sich eine größere durch Entnahme von Eschen entstandene Freifläche. Auf den nasseren Sonderstandorten, zum einen im Nordosten wo Tauber und Elz aufeinandertreffen und zum anderen im Bereich der Grenze zu Abteilung 5 am Fahrkopfweg (Abb. 2.2-6) dominieren Buntlaubholzbestände mit überwiegend abgängiger Esche, Pappeln (*Populus*

spec.) sowie verschiedene Straucharten. Die holzigen Hauptarten der Ufervegetation entlang von Tauber und Elz stellen Eichen, Hänge-Birke (*Betula pendula*) sowie vorrangig die Gewöhnliche Hasel in der Strauchschicht dar.

Die von Stangenholz bis schwachem Baumholz geprägten Bestände in **Abteilung 5** sind überwiegend den Altersstufen 3 und 5 zuzuordnen (Abb. 2.2-4). Es dominieren Buntlaubholz- und Eichenbestände (Abb. 2.2.-5). Die Hauptbaumarten sind auf einem Großteil der Fläche Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Winter-Linde (*Tilia cordata*) und Vogel-Kirsche (*Prunus avium*). Im Bestand zwischen Bingenkopfweg (Abb. 2.2-5 und -6) und des von der Elz aus Richtung Westen verlaufenden Altarmes ist die Eiche als Hauptbaumart vertreten. Mittig in Abteilung 5 in einem weitgehend verlandeten Altwasser ist ein naturnaher Bruchwald anzutreffen. Der Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Feuchtwald ist eines der geschützten Waldbiotope (Abb. 2.2-7). Im Osten in der Uferzone zur Elz ist die Strauchschicht dichter als in Abteilung 4. Der Uferbereich zur Elz ist hier nass, während er in Abteilung 4 als frisch bis feucht kartiert ist. Die Ufervegetation dominieren Sträucher neben Eschen und Zitter-Pappeln (*Populus tremula*) in der Baumschicht. Der Kronenschlussgrad der Bestände in Abteilung 5 ist überwiegend locker bis geschlossen. Die jeweils dominierende Baumart der Bestände ist Abbildung 2.2-4 zu entnehmen.

Die Baumartenverteilung innerhalb der Abteilungen 4 und 5 sind der Würdigung des Schonwaldes durch COPPEL (2016) entnommen und in Tabelle 2.2-2 aufgeführt. Seit der damaligen Aufnahme ist der Anteil der lebenden Eschen aufgrund des Eschentriebsterbens stark zurückgegangen. Infolge motormanueller Auflichtungen hat sich der Anteil der Esche in den Beständen verringert.



Legende

Hauptbaumart

- Spitz-Ahorn
- Gewöhnliche Esche
- Pappel (autochthon)
- Stiel-Eiche
- Sträucher

Abb. 2.2-5
Hauptbaumart der Bestände auf der Waldweidefläche

Tab 2.2-2 Baumartenverteilung (in %) der Abteilungen 4 und 5 des Schonwaldes „Lichter Wald“ (nach COPPEL, 2016)

Gattung und Arten	Abteilung	
	4	5
Eiche	28	12
Esche	26	13
Spitz-Ahorn	0	21
Strauchholz	13	4
Linde	4	13
Berg-Ahorn	3	10
Birke	9	3
Vogel-Kirsche	0	10
Hainbuche	7	1
Rotbuche	7	0
Sonstiges Laubholz	3	13

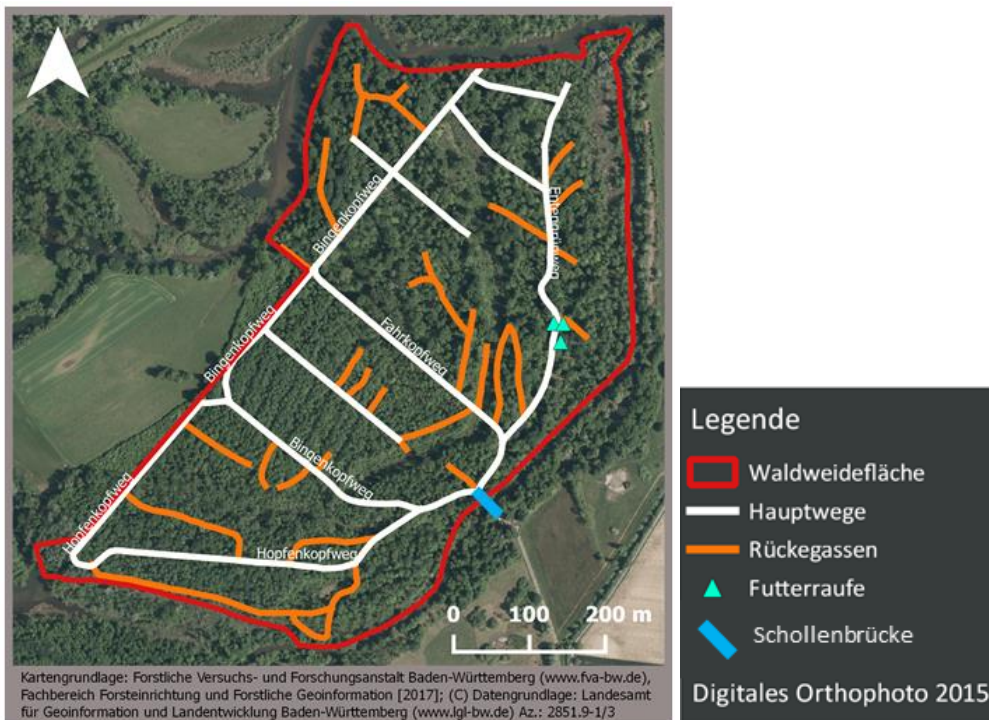


Abb.2.2-6 Wegenetz und Position der Futterraufen

Flächennutzung und Zielsetzungen des Schonwaldes

Der Schonwald wird heute vielschichtig genutzt. „Schonwald Süd“, die Waldweidefläche inbegriffen, ist zu etwa 90 % als Erholungswald der Stufen 1 und 2 ausgewiesen. Das Schonwaldgebiet ist durch ein enges Wegenetz geprägt (Abb. 2.2-6). Neben der Nutzung durch Naherholungssuchende findet im Rahmen von Bewegungsjagden eine jagdliche Nutzung statt. Das jagdliche Management wird mit dem Weidemanagement abgestimmt. Die Waldweidefläche soll zukünftig durch „Schonwald Nord“ erweitert werden. Daneben verbleiben gewählte Bereiche (z.B. Waldrefugien) unbeweidet. Forstliche Eingriffe finden im Sinne der in der Schonwaldverordnung festgehaltenen Zielsetzungen, unter Beachtung der NATURA 2000-Managementpläne, statt (UNTERE NATURSCHUTZBEHÖRDE FREIBURG, 2016), an denen sich auch die Leitfragen der Arbeit orientieren (Abschnitt 1.4).

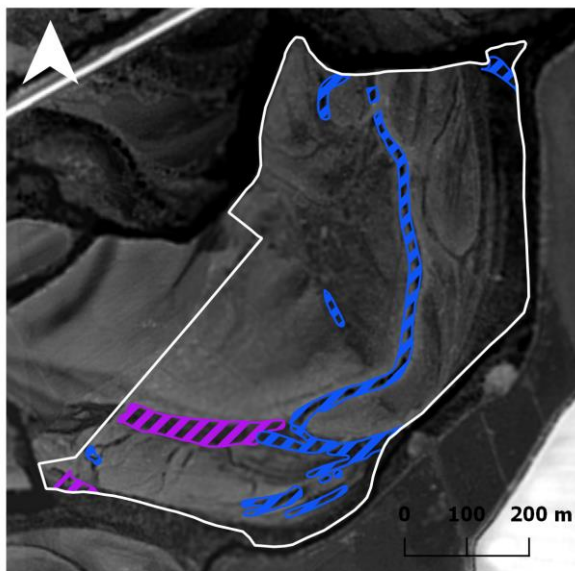
Als Hauptziele sind zu nennen Entwicklung, Erhalt und Pflege von:

1. großflächigen lichten Waldstrukturen, insbesondere von Eichen-Mittelwäldern in der Hartholzauze,
2. Eichen-Ulmen-Hartholzauenwäldern mit Stiel-Eiche als führender, standortsangepasster Baumart,
3. charakteristischen Wald- und Offenland-Biotopen der Weichholz- und Hartholzauze

Durch Beweidung sollen die infolge der Auflichtung (Eschentriebsterben und forstliche Eingriffe) aufkommende, teilweise üppige Kraut- und Strauchschicht zurückgedrängt werden. Dies stellt eine wichtige Voraussetzung für die Etablierung von Eichennachwuchs dar. Der bevorstehende Polderbetrieb und einhergehenden Überflutungen legen eine Verringerung der besonders in Abteilung 5 hohen Berg- und Spitz-Ahornanteile zugunsten der Stieleiche nahe. Die im Projektgebiet angestrebte Entwicklung hin zu einem Stieleichen-Ulmen-Wald als natürliche Waldgesellschaft der Hartholzaue, soll einen dynamischen, artenreichen, in Mitteleuropa selten gewordenen Lebensraum schaffen (SCHERZINGER, 1996: 78; REIF *et al.*, 2013).

Naturschutzwert des Waldes

Durch den Rheinausbau erreichen die Hochwässer des Rheins den Waldbereich heute nicht mehr. Die vom Fluss geschaffenen Geländestrukturen sind jedoch noch in Teilen erhalten. Taubergießen und Elz umfließen den Schonwald und sorgen bei Hochwasser bisher nur in ihren ufernahen Be-



Geodaten: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (www.fva-bw.de); (C) Datengrundlage: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (www.lgl-bw.de) Az.: 2851.9-1/3



Abb. 2.2-7 Geschützte Waldbiotope: Feuchtwald und Stillgewässer

reichen für autotypische Dynamiken. Kleine zeitweise austrocknende Stillgewässer bieten Biotopstrukturen für Rote Liste Arten wie die Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) oder den Laubfrosch (*Hyla arborea*) (Abb. 2.2-7). Die Artenvielfalt der Baum- und Strauchschicht soll sich im Zuge der Auflichtungen zu Gunsten von Licht- und Halbschattarten weiter erhöhen. Zum Beispiel der Holzapfel (*Malus sylvestris*) und die Wildbirne (*Pyrus pyraster*) sind schon heute in geringen Anteilen auf den Flächen vorkommend. Der Schonwald ist mit seinen stellenweise reichen Alt- und Totholzvorkommen als Lebensraum der streng geschützten Fledermausarten Großes Mausohr (*Myotis myotis*) und Große Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*) von besonderer Bedeutung. Von den Auflichtungen und der weiteren Diversifizierung der Lebensräume sollen Zielarten wie die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), Wendehals (*Jynx torquillader*) und koprophage Käferarten profitieren (COPPEL, 2016).

Nutzungsgeschichte

Eine Beweidung über Jahrhunderte hinweg ist für Auengebiete in Süddeutschland bekannt (KONOLD, 2008; HABER, 2014: 18; LUICK, 2002) und lässt sich auch für den Projektstandort nachweisen. Eine historische Karte des Jahres 1838 (Abb. 2.2-8) zeigt den Rhein und die Rheinaue vor der Rheinbegradigung durch Tulla, die Mitte des 19. Jahrhunderts der Dynamik des mäandrierenden Flusses weitestgehend ein Ende setzte. Große, von Natur aus waldfreie Flächen, wie sie die damalige Flussaue bot, stellten verglichen mit geschlossenen Wäldern eine reichhaltige Kraut- und Grasschicht zur Verfügung und waren wertvolle Weidestandorte (HABER, 2014: 18). Wiesen auf feuchten, nährstoffreichen Auenstandorten boten nach dem Winter früh austreibendes Gras, sodass sie bedeutsam für die erste nachwinterliche Weide waren. Im Wald entwickelt sich die Krautschicht erst später im Jahr (KAPFER, 2010). Auf der historischen Karte geben Ortsbezeichnungen wie „Sau Kopf“, „Fahr-Kopf“, „Hirzen Kopf“ oder „Ochsen Acker“ Hinweise auf eine damalige landschaftsprägende Weidenutzung. „Fahr“ und „Hirz“ sind Dialektbezeichnungen für „Jungbulle“ und „Hirsch“. Im Forsteinrichtungswerk von 1930 wird die „Holzzucht“ für den Beginn des 19. Jahrhunderts nachrangig bezeichnet [FORSTEINRICHTUNGSWERKE DER GEMEINDE KAPPEL BZW. KAPPEL-GRAFENHAUSEN VON 1872 – 2010, zit. n. COPPEL, 2016].

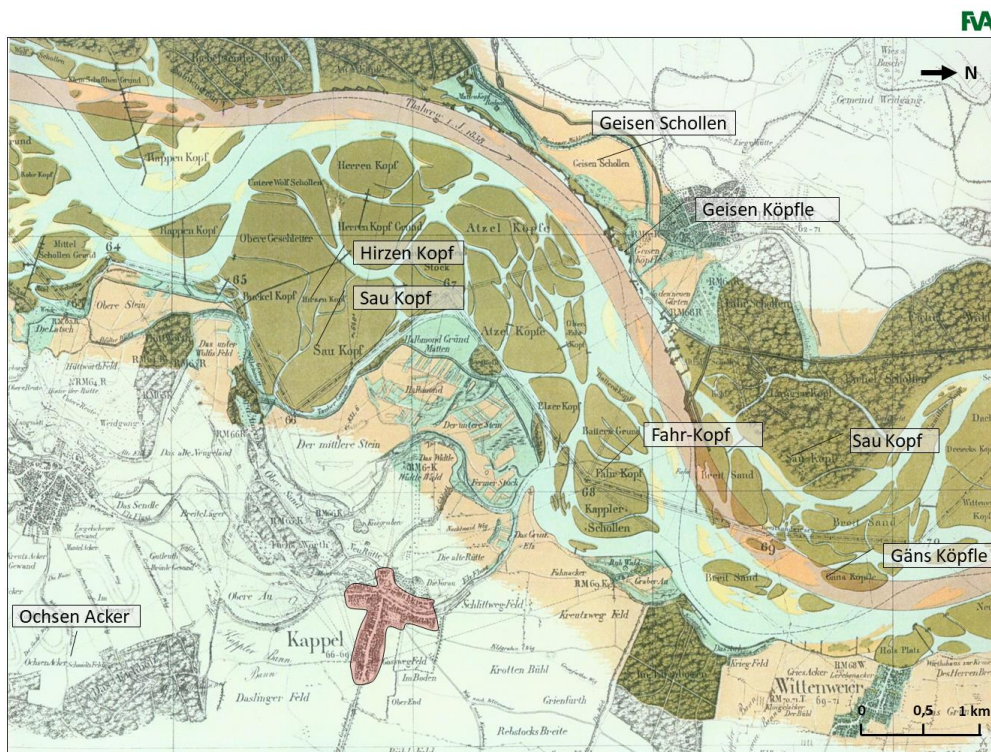


Abb. 2.2-8 Historische Karte der Rheinaue bei Kappel-Grafenhausen um 1838, Kappel rot hervorgehoben, ausgewählte Gewinnamen herausgestellt. (Quelle: Gemeindeverwaltung Kappel-Grafenhausen, bearbeitet RUPP, FVA).

Neben der Waldweide diente der Rheinauenwald bis 1870 der Faschinengewinnung die im **Niederwaldbetrieb** stattfand. Die damalige Bedeutung für die Herstellung dieser, der Böschungsbefestigung dienenden Reisigbündel, lässt heute noch der Name „Faschinenwald“ erahnen. Mit dem Bau des Rheinschutzdammes im Zuge der Rheinbegradigung verlor die Faschinengewinnung an Bedeutung. In den 1840ern und 50er Jahren versuchte man die durch Gestrüpp mit einzelnen Alteichen, sowie Weidenstock- und Kopfhölzern in tieferen Lagen geprägte Bestockung mit Hilfe von Eichen- und Hainbuchensaam aufzuwerten. Später wurden Eichen, Eschen, Ulmen und andere Buntlaubhölzer zur Stammholzgewinnung und Schwarzpappeln, Weiden und Weißerlen, primär für die Brennholznutzung, gepflanzt. Man verfolgte nun Bewirtschaftungsformen des **Mittelwaldbetriebes** und versuchte, die Strauchschicht durch Rodungen zurückzudrängen. Entlang der Schluten und Wege wurden Pappeln gepflanzt, ab 1920 die ersten als „Kanadapappeln“ bekannten Hybridpappeln. Ab 1930 wurde der Umstieg auf die **Hochwaldwirtschaft** über mehrere Hiebe in Unterholz und Oberholz veranlasst. In den 1930er Jahren wurde die Rotbuche in den Rheinwald eingebracht. Gleichzeitig stellte man den Hainbuchenanbau ein und drängte das Weichlaubholz zu Gunsten des Hartlaubholzes zurück. Diese Entwicklung wurde unterstützt durch das Ausbleiben der auendynamischen Überflutungen. In den 1970er Jahren, wurden Eschen auf großer Fläche durch Ahorn, Birke, Linde und Kirsche ersetzt. Die Eiche wurde, da sie aus ökonomischer Sicht bei gegebenen Standortverhältnissen als nicht wuchsstark genug gesehen wurde, bis in die 1980er Jahre nicht gefördert. (COPPEL, 2016)

2.3 Material

2.3.1 Beschreibung der besenderten Rinder und Pferde

Es wurden 4 weibliche Rinder der Rasse Salers, 1 Stute der Rasse Islandpferd und 1 Stute der Rasse Konik besendert. Die besenderten Tiere lebten zum Zeitpunkt der Untersuchungen in einer insgesamt 30 Rinder und 4 Pferde starken Herde in extensiver Mischbeweidung. Die Auswahl der Rinder beschränkte sich auf adulte Tiere. Die besenderten Stuten unterscheiden sich neben der Rasse erheblich in ihrem Alter (Tab. 2.3-3).

Salers-Rinder

Die Rinder-Rasse Salers stammt aus Frankreich, wo sie ursprünglich im Zentralmassiv als Dreinutzungsrind eingesetzt wurde. Mittlerweile zählt die Rasse zu den Fleischrindern. Sie gelten als eventuelle Nachfolger neolithischer Langhornrinder. Äußerlich charakteristisch sind das rotbraune, leicht krause Fell sowie die dünnen, leierförmigen Hörner der Kühe und die massiveren kürzeren, konisch geformten Hörner der Bullen (Abb. 2.3-9 a). Die Rasse eignet sich für den Einsatz in ökologisch ausgerichteten Weideprojekten aufgrund ihrer Robustheit und Winterhärte. Die Kühe der Herde Taubergießen werden in Mutterkuhhaltung geführt. Salers sind für ihre Intelligenz, Temperamentfreude und Lernfähigkeit bekannt.

Kühe haben eine Widerristhöhe von durchschnittlich 140 cm und wiegen zwischen 600 und 800 kg, Bullen messen 150 cm und sind durchschnittlich zwischen 900-1100 kg schwer (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 83).



a



b

Abb. 2.3-9 Salers-Kuh (a), Konikstute (b, links) und Islandstute (b, rechts)

Tab. 2.3-3 Besondere Tiere und Umfang der erhobenen GPS-Daten

Tierart/ Rasse	Geschlecht	Alter (in Jahren)	Dauer der Datenerhebung (in Tagen)	N Datenpunkte des bereinigten Datensatzes	N Gelöschte Datenpunkte	Grund
Rind 1- Kuh/ Salers	weiblich	5,5	25	106.965	0	-
Rind 2- Kuh/ Salers		5	25	106.965	0	-
Rind 3- Kuh/ Salers		3	32	106.965	3	Visuelle Ausreißer
Rind 4- trächtiges Rind/ Salers		2	30	135.895	Insg. 2003 2000 3	Zeitsprung Visuelle Ausreißer
Altstute/ Islandpferd		24,5	25	128.631	0	-
Jungstute/ Konik		2	25	106.965	0	-

Robust-Pferderassen

Koniks stammen aus Ostpolen, wo kleine, robuste Bauernpferde den Ursprung der Rasse bildeten. Sie wurden als Zug- und Transportpferde eingesetzt, wurden oft ohne Stall gehalten und ohne Kraftfutter ernährt. Sie gelten als Nachfahren der letzten um 1780 bei Bialowieza eingefangenen Tarpane, wobei der Status des Tarpans als Wild- oder Haustier nicht endgültig geklärt ist (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 34; JEZERSKI *et al.*, 2008: 15; ISENBÜGEL, 1966). Während der Tarpan in Westeuropa bereits im 16. Jahrhundert verschwand, war er in Waldgebieten in Nord- und Osteuropa noch bis ins 18. Jahrhundert gegenwärtig. Aufgrund natürlicher und menschlicher Auslese der polnischen Bauernpferde bildete sich in Polen eine Population an Kleinpferden heraus, die sich durch äußerste anspruchslosigkeit auszeichnet. In den 20iger Jahren führte der polnische Biologe Tadeusz Vetulani den Namen Konik Polski („Polnisches Pferdchen“) in die Fachliteratur für die polnischen Primitivpferde ein (JEZERSKI und JAWORSKI, 2008). Gegenüber Rindern sind Koniks meist verträglich, wobei sie diese oft dominieren. Koniks sind für den Einsatz in extensiven Weideprojekten aufgrund ihrer Robustheit, Genügsamkeit und Winterhärte beliebt.

Die mittlere Widerristhöhe der Koniks liegt zwischen 133 und 135 cm. Koniks sind durchschnittlich zwischen 330-360 kg schwer (JEZERSKI und JAWORSKI, 2008; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 36). (Abb. 2.3-9 b, links).

Eine weitere beliebte, jedoch in Deutschland seltenere Robustrasse in Extensiv-Weideprojekten ist das **Islandpferd**, auch als Islandpony bekannt (Abb. 2.3-9 b, rechts). Die Entstehung der nordeuropäischen Ponyrasse wurden von JANSEN *et al.* (2002) anhand genetischer Analysen auf die glaziale bis postglaziale Zeit bis vor 15.000-10.000 Jahren zurückgeführt. Die mit den ersten Siedlern Ende des 9. Jahrhunderts nach Island eingeführten norwegischen und keltischen Ponys entwickelten sich auf der Insel mit ihrem maritimen, rauen Klima zu einer robusten besonders an Feuchtigkeit angepassten, konsolidierten Pferdepopulation. Bis 1900 fußte die Pferdezucht über eine damit beinahe 1000-jährige Zeitspanne fast ausschließlich auf Naturauslese (ISENBÜGEL 1966). Durch ein weitgehendes Verbot der Einfuhr von Pferden nach Island nach dem Jahre 1000 konnte sich die Rasse auf Island unabhängig von anderen europäischen Pferderassen entwickeln und wurde vorwiegend als Reit- und Transportpferd, zu einem geringen Teil auch als Lastenzugpferd eingesetzt (ADALSTEINSON, 1980). Islandpferde haben eine mittlere Widerristhöhe von 135-145 cm. Ihr Körpergewicht liegt im Durchschnitt zwischen 350 und 450 kg (ECKERT, 2018).

2.3.2 Beschreibung der Technik: GPS-Halsbänder

Die eingesetzten GPS-Halsbänder entsprechen der Technik, die im Rahmen der Studien HOMBURGER *et al.* (2012, 2014, 2015) und SCHNEIDER *et al.* (2013) entwickelt wurden. Jedes der 6 GPS-Halsbänder setzt sich aus den folgenden Modulen zusammen (Abb. 2.3-10):

- nicht-elastisches Leder-Halsband mit Metall-Schnalle
- wasserdichter Hartplastikkasten beinhaltet einbaubaren Datenlogger (Qstarz BT-Q1000XT, Qstarz Ltd., Taipei, Taiwan) mit MTK II Chipsatz, Schaltzelle und pro Logger 2 Lithium/Thionyl Chloride Batterien 3.6V (Hersteller EVE- Energy Very Endure). Der Hartplastikkasten wurde nach dem Schließen mit Panzertape umwickelt und dadurch zusätzlich abgedichtet.

Die Position des Datenloggers wird mit Hilfe der Satelliten-basierten DGPS-Systeme WAAS (Wide-Angle Augmentation System) und EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) bestimmt. Hierbei werden mehrere terrestrische Referenzstationen in die Berechnung der GPS-Position einbezogen, was die Genauigkeit der so ermittelten Position gegenüber einfachen GPS-Systemen erhöht (TURNER *et al.*, 2000; WITTE und WILSON, 2005).

Die GPS-Halsbänder wiegen, alle Einzelteile inbegriffen, zwischen 700 und 900 g. Die Halsbandlänge ließ sich durch einsetzbare lederne Verlängerungen auf jedes Tier anpassen (Abb. 2.3-10 a). Lithium/Thionyl Chlorid Batterien sind bei Temperaturen von -55 bis 70 °C einsetzbar (JAIN *et al.*, 1999). Sie waren damit für den Einsatz bei winterlichen Temperaturen geeignet (Abb. 2.3-10 b).

Mit Hilfe der vom Hersteller des Datenloggers bereitgestellten Software QTravel wurde das gewünschte Aufnahmeintervall von 20 Sekunden eingestellt. Gleichzeitig wurde die Aufnahme der Parameter PDOP und NSAT festgelegt (siehe Erläuterungen unter 2.4.2.1). Es handelt sich um passive Datenlogger, auf denen die Daten gespeichert werden und nach Abnahme der Halsbänder mittels Kabel ausgelesen werden können.

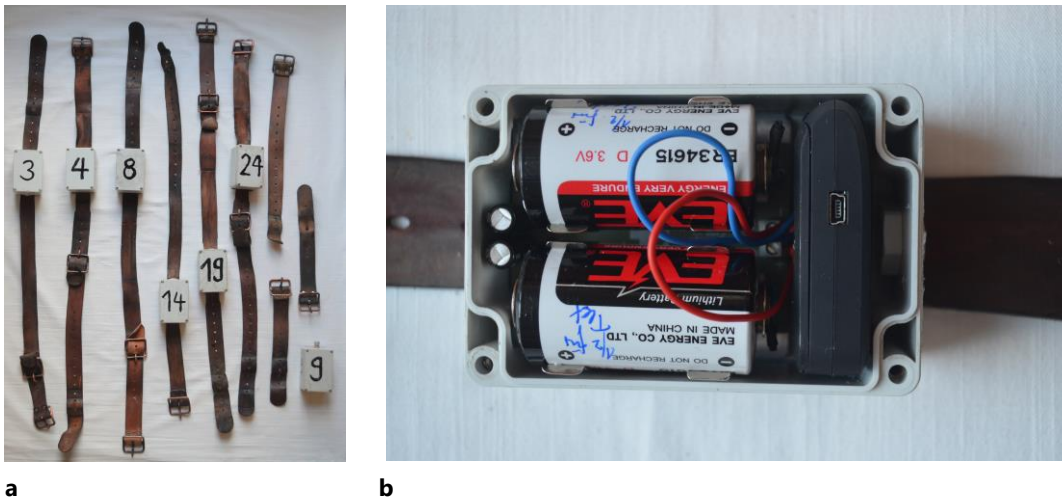


Abb. 2.3-10 Besenderungshalsbänder: GPS-Halsbänder mit zusammengebauten Hartplastikkästen und Verlängerungsteilen (a), herausnehmbarer Datenlogger und Batterieset in Hartplastikkasten (b) (nach HOMBURGER *et al.*, 2015)

2.4 Methoden

2.4.1 Vorbereitung des Versuchsvorhabens

Vorbereitung und Durchführung des Versuchs	Kooperationspartner
<p>Vorbereitung</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gespräche [1-11] -Organisation der Transponder-Technik und Testläufe [1,8] -Antragsstellung und Genehmigung eines Tierversuchsantrags [2,4,6,9,11] -Bereitstellung von Geo-Daten zum Gebiet [4,5,8] -Bereitstellung von Daten zu den Tieren [9] 	<ul style="list-style-type: none"> [1] Agroscope Zürich, -Forschungsgruppe Futterbau und Graslandssysteme [2] Albert-Ludwigs-Universität Freiburg -Professur für Waldbau [3] Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg -Professur für Natur- und Umweltschutz [4] FVA -Abteilung Waldnaturschutz -Abteilung Wald und Gesellschaft [5] Forstamt Offenburg Regierungspräsidium Freiburg [6] -Abt. 3 Veterinärwesen [7] -Abt. 5 Naturschutz [8] -Abt. 8 Forstdirektion [9] Tierhalter [10] Tierschutzbeauftragter [11] Verfasserin der Arbeit
<p>Versuchsvorhaben</p> <ul style="list-style-type: none"> -Besenderung der Tiere [9,11] -Beobachtung der Tiere (an 5 Tagen) [11] -Entsenderung der Tiere [9,11] 	

Abb. 2.4-11 Kooperationspartner bei der Vorbereitung und Durchführung des Versuchs

Abbildung 2.4-11 fasst die Teilschritte der Vorbereitung und Durchführung der Datenaufnahme sowie die darin involvierten Kooperationspartner zusammen. GPS-Besenderungstechnik ist teuer und die Auswertung von GPS-Daten komplex. Die Leihgabe der GPS-Halsbänder und Bereitschaft zur Unterstützung bei der Datenauswertung durch das Agroscope Zürich und die FVA waren wichtige Voraussetzungen für das Versuchsvorhaben.

Testläufe

Im Rahmen von Testläufen in Freiburg und im Untersuchungsgebiet wurden alle GPS-Halsbänder vor der Besenderung mindestens einmal getestet. Die während der Testläufe gewonnenen Daten wurden visuell ausgewertet. Somit konnte die Qualität der im Untersuchungsgebiet aufgenommenen GPS-Daten abgeschätzt und zudem sichergestellt werden, dass alle Datenlogger zumindest zu Beginn der Besenderungsperiode funktionstüchtig waren. HOMBURGER *et al.* (2014) hatten die Messgenauigkeit dreier Logger an Punkten bekannter Koordinaten in hügeligem Terrain in der Schweiz unter verschiedenen Bedingungen, eingeschränkter und uneingeschränkter Satellitenreichbarkeit untersucht. Als Maß für die Streuung der aufgezeichneten GPS-Datenpunkte wurden die absolute Abweichung von Fixpunkten der Landesvermessung und zusätzlich die relative Abweichung der GPS-Punkte vom Zentroid aller geloggtten GPS-Punkte berechnet (Tab. 2.4-4).

Tab. 2.4-4 Absolute und relative Streuung der GPS-Halsbänder, gemessen an Schweizer Punkten der Landesvermessung (entnommen aus HOMBURGER *et al.*, 2014)

Perzentil	Abweichung (in m)	
	absolut	relativ
0,5	3,1	1,49
0,95	4,39	2,44

Vorgespräche und Tierversuchsantrag

In Vorgesprächen mit dem Tierhalter der Rinder und Pferde wurden die Möglichkeiten und potenziellen Schwierigkeiten eines Besenderungsversuches besprochen. Gleichzeitig wurden über Telefonate und persönliche Gespräche mit Wild- und Weidetierökologen (HENNING, 2017; SCHNEIDER, 2017; STREIF, 2017; THOMA, 2017; ZIELKE, 2017) Informationen zum tiergerechten Besendern von Weide- und Wildtieren gesammelt. Da die Besenderung von Rindern und Pferden nach Tierschutzgesetz (§8) als genehmigungspflichtiger Tierversuch gilt, wurde in zeitlichem Vorlauf von 6 Wochen zum Versuchsvorhaben ein entsprechender Antrag gestellt.

2.4.2 Datenerhebung

2.4.2.1 Be- und Entsenderung der Versuchstiere

Die Tiere wurden im Beisein des Tierhalters besendert. Hierbei war Empfehlungen von ANDERSON *et al.* (2013) und SCHNEIDER (2017) nach mit Ausfällen von GPS-Datenloggern (z.B. Probleme bei der Energieversorgung oder Verlust des Halsbandes) für die spätere Datenauswertung gerechnet worden. Die Anzahl der besenderten Tiere wurde an eventuelle Datenausfälle angepasst. Ziel war es, Daten für mindestens zwei Rinder und ein Pferd zu erhalten. Die Tiere waren in der Woche vor der Besenderung über Anlockfütterungen immer wieder ins Corral im Süden der Offenland-Weiden gelockt worden (siehe Abb. 2.1-2), sodass sie hieran am Tag der **Besenderung** bereits gewohnt waren. Während alle Rinder der Herde am Tag der Besenderung mit Hilfe der Anlockfütterung in den Fangstand gelockt werden konnten, gelang dies nur bei einem der Pferde (Abb. 2.4-12). Mit Hilfe des Fangstandes, über den eine Fixierung des Kopfes der behornten Rinder erfolgte, wurden 4 Rinder (Tab.2.3-3) besendert. Die Auswahl erfolgte mit Hilfe des Tierhalters und seiner Kenntnisse zu den Tieren. Gewählt wurden charakterlich weniger temperamentvolle adulte, weibliche Rinder, von denen erwartet wurde, dass sie sich das Halsband in Ruhe umlegen ließen. Die besenderte Kuh 1 ist eine der Leitkühe der Herde. Neben den Rindern wurde ein Konik im Fangstand besendert (Abb. 2.4-12). Eine Fixierung des Kopfes war bei ihr nicht notwendig. Da die 2 anderen Koniks den Fangstand trotz Anlockfütterung mieden und sich gleichzeitig nicht ohne Fangstand besendern ließen, wurde als zweites Pferd die Isländer-Altstute gewählt, die sich das Halsband mithilfe einer Anlockfütterung auch ohne den Fangstand umlegen ließ.

Ein optimaler Sitz der GPS-Halsbänder ist wichtig, damit die Tiere ihren alltäglichen Aktivitäten möglichst uneingeschränkt nachgehen können. Daneben ist er aufgrund folgender Ausführungen dringend notwendig. Pferde und Rinder sind sehr gelenkig und können sich mit ihren Hufen an vielen Körperstellen, u.a. am Kopf kratzen (JEZIEWSKI und JAWORSKI, 2008). Sitzt das Halsband zu weit besteht die Gefahr, dass das Tier sich mit dem Lauf im Halsband verhakt oder an der Vegetation hängenbleibt (HENNING, 2017). Auch ein Nachschwingen des Halsbandes bei einem zu lockeren Sitz sollte vermieden werden (AIGNER, 2013). Die Halsbänder wurden so eng geschnallt, dass zwischen Halsband und Pferdehals eine liegende Faust, zwischen Halsband und Rinderhals eine stehende Faust passte. In mehreren Untersuchungen wird darauf hingewiesen, dass die Genauigkeit der GPS-Daten darunter leiden kann, wenn der GPS-Logger ähnlich wie eine Kuhglocke unter dem Tierhals hängt, anstatt auf der Halsoberseite frei Richtung Horizont aufzuliegen (AIGNER, 2013; ANDERSON *et al.*, 2013). Bei der Entwicklung der GPS-Halsbänder im Rahmen der Studien von HOMBURGER *et al.* (2012, 2014, 2015) und SCHNEIDER *et al.* (2013) wurden verschiedene Varianten bezüglich der Platzierung des GPS-Loggers am Tierhals ausgetestet. Mit dem Hängen des GPS-Loggers unterm Hals des besenderten Tieres konnte kein Verlust an Datenqualität in Verbindung gebracht werden (SCHNEIDER, 2017).



Abb. 2.4-12 Fanganlage am Tag der Besenderung, eines der Koniks und Rinder im Fangstand, Islandstute außerhalb des Fangstandes

vorgeschriebenen Tierkontrolle eine Anlockfütterung in Futterwannen neben den Futterraufen (Abb. 2.2-6) aus. Während der gesamten Periode standen den Tieren Mineralfuttermittel (Viehsalz) in Eimern in unmittelbarer Nähe zu den Futterraufen bereit (Foto im Anhang: Abb. 7.-28).

Wenige Stunden nach der Besenderung wurden die Tiere auf die Waldweidefläche im Schonwald „Lichter Wald“ gelassen. Für die **Entsenderung** aller Tiere waren drei Anläufe notwendig. Für die einzelnen Tiere konnten GPS-Daten über jeweils 25 bis 32 Tage hinweg gewonnen werden (Tab. 2.3-3). Die Herde wurde während der Besendungsperiode mit Heuballen zugefüttert (ca. alle 3 Tage). Der Zeitpunkt hierfür wurde vom Tierhalter tabellarisch festgehalten. Zusätzlich brachte der Tierhalter bei der täglichen, gesetzlich

2.4.2.2 Beobachtung der Versuchstiere

Die 6 besenderten Tiere wurden an mehreren Tagen innerhalb des Besendungszeitraums über mehrere Stunden beobachtet. Dies diente zum einen dazu, potenzielle Schwierigkeiten beim Tragen der Halsbänder zu erkennen, zum anderen der Aufnahme von Aktivitätsdaten zum Verhalten der besenderten Tiere. Die aufgenommenen Daten wurden für die Überprüfung der später anhand der GPS-Daten erstellten Klassifizierung der GPS-Punkte verwendet (Abschnitt 2.4.3.2.). Es wurde jeweils ein Tier kontinuierlich beobachtet. Die direkte Beobachtung kann dazu führen, dass die Tiere in ihrem natürlichen Verhalten gestört werden, worunter die Aussagekraft eines Vergleichs zwischen Beobachtungsdaten und den später klassifizierten Daten leiden könnte (Abschnitt 2.4.4.2). Daher hielt die Beobachterin sich möglichst weit entfernt vom Tier auf und verhielt sich unauffällig. Der Zeitpunkt, an dem das Tier sein Verhalten änderte, wurde notiert.

2.4.3 Räumliche Analysen

2.4.3.1 Datenaufbereitung

Die nach Abnahme der Halsbänder ausgelesenen CSV-Dateien enthalten neben den Koordinaten mit Längen- und Breitengrad (WGS 84 kodierten, EPSG 4326) weitere Metainformationen für jeden einzelnen GPS-Punkt. Zu diesen gehören der Aufnahmezeitpunkt des jeweiligen Koordinatenpaares sowie die Parameter PDOP (Positional Dilution of Precision) und NSAT (Number of Satellites), die der Aufarbeitung der Daten dienen. Die CSV-Dateien wurden mit R 3.3.2 (© The R Foundation) in tageweise untergliederte Geopackages umgewandelt. Hierbei wurden die GPS-Daten in das Projizierte Koordinatensystem GK Zone 3 (EPSG 31467) umprojiziert, was eine anschließende Berechnung von Flächen und Strecken ermöglichte. Hierfür wurden die R-Pakete ‚sf‘, ‚sp‘, ‚rgdal‘ und ‚data.table‘ verwendet.

Die Geopackages für jedes der 6 Tiere wurden anschließend in die Software QGIS 2.18.13 eingelesen, sodass eine visuelle Analyse nach Ausreißern und ein Überschneiden mit verschiedenen in Form von Shapefiles vorliegenden Gebietsinformationen (z.B. Digitales Geländemodell, Digitales Orthophoto) möglich war.

Alle nicht benötigten GPS-Punkte wurden in QGIS entfernt. Dazu gehörten solche, die sich außerhalb des Untersuchungsgebietes (Abb. 2.2-6) befanden (die Tiere wurden im Offenland besendert und erst nach einigen Stunden auf die Waldweidefläche gelassen) und alle Punkte, die außerhalb des Untersuchungszeitraumes aufgenommen wurden. Der Untersuchungszeitraum und die Anzahl der einbezogenen Datenpunkte sind Tabelle 2.3-3 zu entnehmen. Da es sich empfiehlt, den Tieren Zeit zu geben, sich an die Fremdkörper um ihren Hals zu gewöhnen (ANDERSON *et al.*, 2013), wurden die ersten 4 Stunden nach Anlegen des Halsbandes nicht in die Datenauswertung einbezogen.

Aussortieren von Ausreißern (PDOP, NSAT, visuell)

Die Genauigkeit der GPS-Punkte hängt von der Signalstärke des Satellitenempfanges ab. Das NAVigation Satellite Timing And Ranging (NAVS-TAR) System, bekannt als Global Positioning System (GPS) ist heute das gängigste Satelliten basierte Tracking System dar. Insgesamt umkreisen 31 NAVSTAR-Satelliten die Erde. Diese senden stetig Informationen in Richtung Erdoberfläche, aus denen die GPS-Datenlogger ihre Positionen berechnen können (AIGNER, 2013; ANDERSON *et al.*, 2013). Topographie, Bewölkung, Nebel und Vegetation können die Übertragung von Signalen zwischen Satellit und GPS-Datenlogger beeinträchtigen, da es zu Ablenkungen, Reflektionen oder Schwächung der Signale kommen kann (TURNER *et al.*, 2000; IRONSIDE *et al.*, 2017). Da angenommen wurde, dass im Untersuchungsgebiet besonders überschirmende Sträucher und Bäume zu einer verminderten Datengenauigkeit führen könnten, wurden die Datensätze einer visuellen Analyse nach Ausreißern unterstützt durch die Maße PDOP und NSAT unterzogen. Ziel war es, offensichtliche GPS-Ortungsfehler zu löschen und den Verlust an Informationen gering zu halten. Mittels Voreinstellung in der Datenlogger-Software QTravel waren für jedes Koordinatenpaar auch ein Wert für PDOP und NSAT abgespeichert worden.

Die Brauchbarkeit der Parameter **PDOP**, **NSAT** sowie **Taktfehler** (clock error) als Indikatoren für die Genauigkeit der geloggtten GPS-Punkte und Hilfsmittel beim Aussortieren von Datenpunkten ist Untersuchungsobjekt verschiedener Studien (IRONSIDE *et al.*, 2017; LEWIS *et al.*, 2007; ANDERSON *et al.*, 2013).

PDOP

Über das Maß PDOP (Positional Dilution of Precision) wird die Geometrie der für den GPS-Punkt-Fixierung genutzten Satelliten berechnet und die Maße HDOP (error in the horizontal plane, Fehler in der Horizontalen, x und y) und VDOP (error in the vertical plane or elevation/height, Fehler in der Vertikalen, Höhe) zusammengefasst ($PDOP^2=HDOP^2+VDOP^2$). Je mehr Satelliten in günstig verteilter Position am Himmel verfügbar sind, desto besser (niedriger) ist der Wert für PDOP. Befinden sich die Satelliten in ungünstig geclusteter oder linearer Anordnung zueinander, erhält PDOP einen schlechteren (hohen Wert) (IRONSIDE *et al.*, 2017; ANDERSON *et al.*, 2013).

NSAT

NSAT gibt die Anzahl der für den GPS-fix verfügbaren Satelliten an. Bei einem NSAT-Wert von ≥ 4 kann vom GPS-Datenlogger eine 3D-Position berechnet werden. Sind ≤ 3 Satelliten verfügbar, spricht man von einem 2D-fix, bei dem die Position in der horizontalen Ebene berechnet wird und die Höhe geschätzt wird. PDOP und NSAT sind miteinander hochkorrelierte Werte.

Taktfehler

Die GPS-Datenlogger waren darauf programmiert, alle 20 Sekunden die GPS-Position zu berechnen und abzuspeichern. GPS-Datenlogger (oder Empfänger) benötigen zur korrekten Abspeicherung eines GPS-Punktes die zeitliche Differenz zwischen Absenden des Signals vom Satelliten und Empfang des Signals durch den GPS-Datenlogger. Die zeitliche Differenz wird genutzt, um die Entfernung zwischen GPS-Satellit und GPS-Datenlogger zu erfassen. Dies geschieht basierend auf der geschätzten Geschwindigkeit, der durch die Atmosphäre gesendeten Radiowellen. Fehler bei dieser Übertragung haben somit Einfluss auf Richtigkeit und Genauigkeit der GPS-Fixierung. Auffälligkeiten in der zeitlichen Abfolge (z.B. Zeitsprünge) können Indikatoren für Fehler bei der GPS-Positionsberechnung sein (IRONSIDE *et al.*, 2017).

IRONSIDE *et al.* (2017) stellten heraus, dass die Richtigkeit und Genauigkeit des GPS-Datenpunktes nur unzureichend anhand des Parameters PDOP erklärt werden kann und bewerteten NSAT ebenso wie ANDERSON *et al.* (2013) als geeigneteren Indikator einer schlechten GPS-Datenqualität. Die Untersuchungen von IRONSIDE *et al.* (2017) zeigten, dass 2D-fixes signifikant mehr Lokalisierungsfehler als 3D fixes aufwiesen. Auf ein wie in LEWIS *et al.* (2007) vorgeschlagenes automatisiertes Löschen von Datenpunkten anhand ihrer Werte für PDOP und NSAT wurde verzichtet. Stattdessen wurden alle 2D-fixes und GPS-Punkte mit einem PDOP Wert über 5 in QGIS im zeitlichen und räumlichen Zusammenhang mit ihren Nachbarpunkten visuell analysiert. Über eine zusätzliche visuelle Analyse der Tracks wurden diese nach erkennbaren, allerdings nicht anhand von PDOP oder NSAT-Werten herausgefilterten Punkten untersucht. Hierfür wurde zunächst der komplette Datensatz je Tier in

QGIS eingelesen und in einem zweiten Schritt tageweise auf visuelle Ausreißer überprüft. Es wurden nur Punkte gelöscht, die augenscheinlich und anhand von Entfernungsmessungen und den hieraus berechneten Geschwindigkeiten nicht korrekt sein konnten (Abb. 2.4-13).

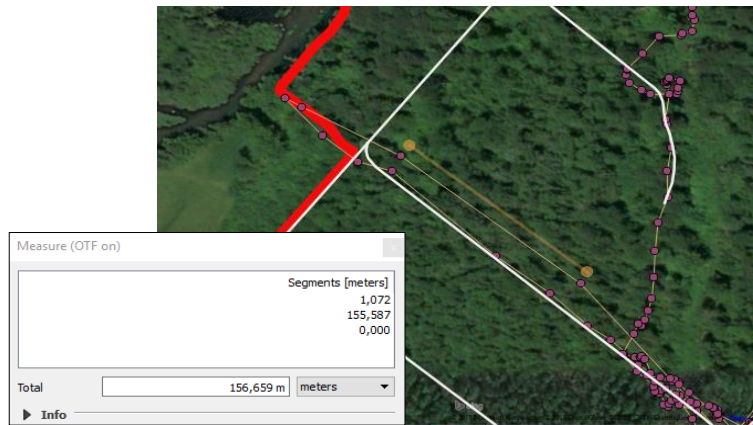


Abb. 2.4-13 Visuelle Analyse in QGIS: Beispiel einer Entfernungsmessung

2.4.3.2 Klassifizierung der GPS-Ortungen in Ruhen, Gehen und Grasen

Die GPS-Datenpunkte jedes Tieres wurden anhand eines Random Forest Algorithmus, der anhand der Studien von HOMBURGER *et al.* (2012, 2014, 2015) und SCHNEIDER *et al.* (2013) erarbeitet worden war, in die drei Verhaltenskategorien ‚Ruhen‘, ‚Gehen‘ und ‚Grasen‘ klassifiziert. Bei der Klassifizierung durch das Random Forest-Verfahren werden mehrere Klassifizierungsbäume (*classification trees*) für die Vorhersage (*prediction*) der Verhaltensweisen genutzt, um die Genauigkeit der Klassifizierung, in diesem Fall nicht beobachteter GPS-Punkte in die drei Verhaltensklassen Ruhen, Gehen, Grasens, zu erhöhen (CUTLER *et al.*, 2007). Der verwendete Random Forest Klassifikationsalgorithmus (HOMBURGER *et al.*, 2014: Model C) basiert auf Beobachtungsdaten von Rindern auf 6 verschiedenen Almen in der Schweiz (HOMBURGER *et al.*, 2012; SCHNEIDER *et al.*, 2013). Da die bei den besenderten Tieren im ‚Wilde Weiden‘-Projekt beobachteten Aktivitäten Rennen, Liegen, Riechen am Boden, Reiben mit dem Rücken, Hals oder Kopf am Baum, Trinken, Interaktion mit anderen Tieren der Herde, Koten, Urinieren im Rahmen der an die Klassifizierung der Daten vorangehenden Beobachtungen der Tiere im Rahmen der Studien von HOMBURGER *et al.* (2014) nicht oder für eine anschließende Klassifizierung der Daten nur unzureichend beobachtet wurden, konnten diese selteneren Aktivitäten nicht gesondert klassifiziert werden. Sie wurden stattdessen den Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasens untergeordnet:

- Ruhen: umfasste die Aktivitäten längeres Stehen und Liegen.
- Gehen: Das Tier bewegte sich mit mehr als 5 Schritten und mit erhobenem Kopf fort. Rennen wurde damit der Aktivität Gehen zugeordnet.
- Grasens: Abbeißen von Kräutern und Gräsern oder Aufsuchen von Nahrung mit geneigtem Kopf, wobei sich das Tier auch mit wenigen Schritten fortbewegen konnte.

HOMBURGER *et al.* (2012, 2014) hatten zur Erstellung des Random Forest Algorithmus verschiedene Bewegungsmaße berechnet, die die geometrische Position jedes GPS-Punktes im Verhältnis zu den 15 zeitlich vorhergehenden und 15 folgenden GPS-Punkten beschreiben. Hierzu gehörte die akkumulierte Distanz entlang aufeinanderfolgender GPS-Punkte, die euklidische Distanz zwischen GPS-Punkten und die Mittelwerte beider Maße. Das somit erstellte Random Forest-Klassifizierungsverfahren wurde anhand der Beobachtungsdatensätze von Schweizer Almen (mit bekanntem Verhalten für jeden GPS-Punkt) optimiert (HOMBURGER *et al.*, 2014). Die der Optimierung dienenden Datensätze waren hinsichtlich der 3 Aktivitäten balanciert, das heißt alle 3 Aktivitäten kamen darin gleich häufig vor. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Aktivitäten, unabhängig ihrer Häufigkeit klassifiziert werden können. Die an die Klassifizierung anschließende Überprüfung der Daten erfolgte mit R. Weiterhin kam für die Auswertung von Felddaten Microsoft Excel 2016 zum Einsatz.

2.4.3.3 Visuelle Analyse der Tracks

Die in QGIS eingelesenen Geopackages liegen je Tier einzeln vor. Neben allen geloggten GPS-Punkten enthalten sie diese verbindende Linien. Letztere ergeben ein Bild der, von den Tieren gelaufenen Strecken. Mit Hilfe von Orthophotos und weiteren Shapefiles mit Gebietsinformationen, bereitgestellt von der Forstdirektion Freiburg und Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, wurden Karten erstellt (Abb. 2.2-3 - 2.2-7). Mit diesen wurden die Tracks und Dichteplots verglichen. Wie letztere erstellt wurden, wird in Abschnitt 2.4.3.5 beschrieben.

2.4.3.4 Count in Polygon Analysen

Anhand des Geometrischen Analyse Tools ‚Count in Polygons‘ der Software QGIS wurde berechnet, welcher Anteil der GPS-Ortungen sich in gewählten Bereichen der Waldweidefläche befanden:

Futterraufen

Da die Tiere einer ersten Sichtung der Daten zufolge viel Zeit in unmittelbarer Nähe zu den Futterraufen verbrachten, wurde die Anzahl der GPS-Ortungen innerhalb zwei verschiedener Pufferbereiche um die Futterraufen bestimmt. Die Position der Futterraufen wurden über das GPS-Handgerät ‚Garmin gpsmap 60csx‘ (Genauigkeit $\pm 4\text{m}$) ermittelt. Als enger Pufferbereich um die Futterraufen wurde ein Umkreis von 5 m definiert. Ein größerer Pufferbereich wurde im 15m-Umkreis um die Pufferrauen definiert (Abb. 2.4-14). Da eine der zwei Futterraufen während der Besenderungsperiode aufgrund des matschigen Untergrundes umgestellt werden musste, wurden die Datensätze der einzelnen Tiere aufgesplittet, sodass eine Analyse mit Einbezug der jeweiligen Position der Futterraufen möglich war.

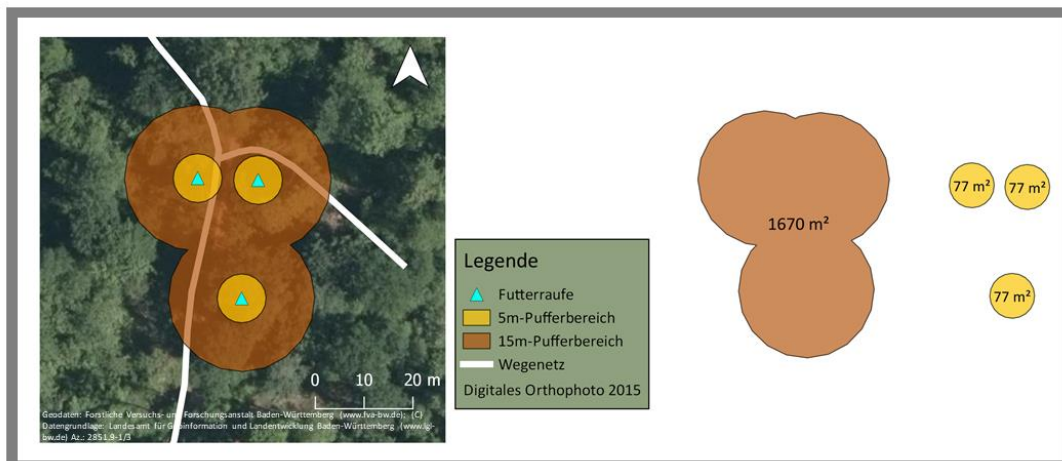


Abb. 2.4-14 Puffer um die Futterraufen: 5m-Puffer (gelb), 15m-Puffer (braun)

Abteilung 4 und 5

Die Waldweidefläche lässt sich in die Abteilungen 4 und 5 gliedern (Abb. 2.2-3). Für beide wurde die Anzahl der GPS-Ortungen bestimmt. Da die Futterraufen in Abteilung 4 stehen, wurde der Anteil, der innerhalb des 15m-Pufferbereiches um die Futterraufen liegenden GPS-Ortungen in einem zweiten Schritt von der insgesamten Anzahl an GPS-Ortungen in Abteilung 4 abgezogen. Hierdurch kann verglichen werden, wie viel Zeit die Tiere insgesamt in Abteilung 4 verbrachten und wie lange sich die Tiere in den Beständen, außerhalb des 15m-Pufferbereichs des Futterstandes in Abteilung 4 aufhielten.

Wege

Das Hauptwegenetz lag als Shapefile des Forst Geoinformations System vor und wurde durch davon abzweigende Rückegassen ergänzt. Hierfür wurden alle Gassen mit 2 GPS-Loggern des unter Abschnitt 2.3.2 beschriebenen Typs aufgenommen und in QGIS eingefügt. Abbildung 2.4-15 gibt einen Überblick über das enge Wegenetz, für das nach einer ersten Sichtung der Daten vermutet wurde, dass es das Raum-Zeitverhalten der Tiere mitbestimmt. Um das komplette Wegenetz wurden 3 Pufferzonen 5, 10 und 15 m breit gelegt. Die Anzahl der Punkte innerhalb der verschiedenen Bereiche wurde berechnet.

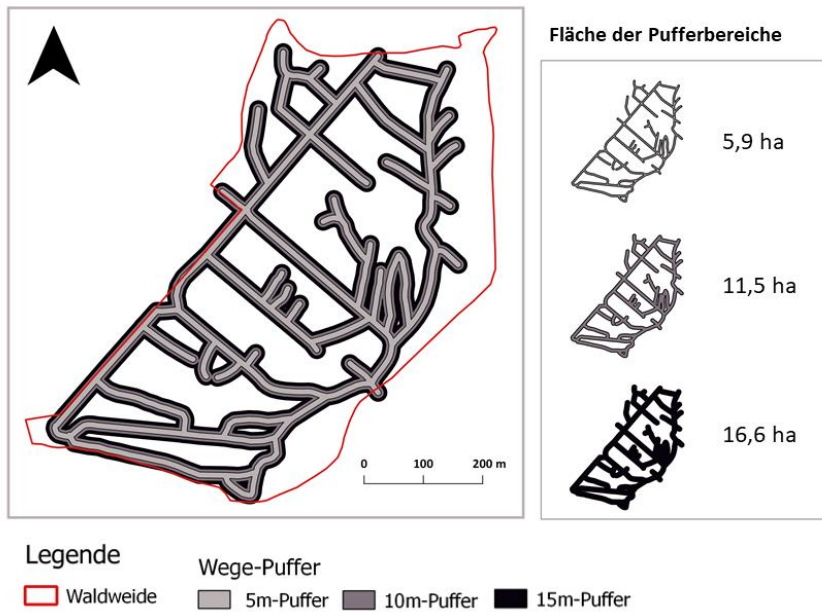


Abb. 2.4-15 Pufferbereiche um das Wegenetz

2.4.3.5 Erstellung von Dichteplots

Mittels der Software R wurden Dichteplots für alle Tage unter Einbezug aller 24 Tagesstunden sowie des von Helligkeit (8:00 bis 17:00 Uhr) und Dunkelheit (17:00 bis 8:00 Uhr) bestimmten Zeitraums erstellt. Während des Zeitraums der Datenerhebung war die Sonne im Schnitt um 8:15 aufgegangen und um 16:41 Uhr untergegangen. Für die Darstellung der Daten wurde das Untersuchungsgebiet in 10x10 m große Rasterzellen eingeteilt. Pro Rasterzelle wurde anschließend die Dichte (Anzahl Aufenthalte/Rasterzelle) berechnet. Mit der gleichen Methode wurden Dichteplots, aufgeteilt nach den klassifizierten Aktivitäten, erstellt. Hierdurch soll ersichtlich werden, wo die besenderten Tiere ruhten, grasten oder gingen.

3 ERGEBNISSE

3.1 Eigenschaften der erhobenen GPS-Daten

Die Eigenschaften der nach zuvor beschriebenem Verfahren bereinigten Datensätze sind in Tabelle 2.3-3 aufgeführt. Je Tier wurden jeweils rund 110.000-140.000 Datenpunkte aufgenommen, von denen abgesehen von Rind 4 fast keine gelöscht werden mussten. Der Datensatz von Rind 4 wurde

Tab. 3.1-5 Wetterdaten für den Besenderungszeitraum: 9.12.2017-10.01.2018
(DWD: STATION LAHR⁸)

Parameter	Wert
Mittlere tägliche Lufttemperatur	5,8 °C
Mittlerer täglicher Niederschlag	2,5 mm
Niederschlag total	82,5 mm

am Ende der Besenderungsperiode eingekürzt, da es, vermutlich aufgrund der fast leeren Batterien, zu einer zeitlichen Lücke bei der Aufnahme der GPS-Punkte gekommen war. Alle GPS-Datenlogger erwiesen sich trotz verhältnismäßig viel Regen als wasserdicht. Daten zum Wetter während der 4 Besenderungswochen sind Tabelle 3.1-5 zu entnehmen.

3.2 Erkenntnisse aus den Beobachtungen der Herde

Bei der Aufnahme von Aktivitätsdaten zu den 6 besenderten Tieren (Abschnitt 3.5), konnte ein Eindruck zum Herdenverhalten während der 5 Beobachtungstage zur Tageszeit gewonnen werden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf Erkenntnisse hieraus.

Die besenderten Tiere waren innerhalb der Bestände meist nicht in der kompletten Herde unterwegs, da sich diese immer wieder in Gruppen aufteilte. Die gesamte Herde versammelte sich vorwiegend im Bereich der Futterraufen und am Tor in Ruhephasen. Die Herde spaltete sich auf, wenn sich eine Teilgruppe auf Nahrungssuche machte und der Rest der Herde am Sammelplatz zurückblieb oder erst später loszog. Auch während die Tiere (anfangs noch in räumlicher Nähe) im Schonwald weideten vereinzelt sie sich teils. Meist weideten die Tiere einer Teilgruppe etwa in die gleiche Himmelsrichtung orientiert, bewegten sich aber unterschiedlich schnell fort, sodass einige Tiere zurückblieben. Es konnte mehrmals beobachtet werden, wie einzelne Rinder über Muhen Kontakt zu nicht einsehbaren Rindern aufnahmen oder auf Laute derer reagierten. Fand eine solche erste Kommunikation zwischen zwei Tieren, die sich nicht sahen, statt, stimmten oft weitere Rinder ein und brachten die Rinder in ihrer Nähe dazu, sich gemeinsam in Richtung der Laute einer anderen Teilgruppe zu bewegen. Das geschah über eine Kombination aus Lautgeben (Muhen), Loslaufen, Warten, Körperhaltung und Schauen. Durch die vokale Kommunikation zwischen der beobachteten Rinderteilgruppe und mindestens einem anderen Tier außer Sichtweite, wurden andere Teile der Herde demnach geortet. Auf Fahrzeuge, die ab und an von Forstangestellten oder dem Tierhalter in den Schonwald fuhren, reagierten die Tiere, wenn sie sich in Hörweite befanden, durch Laute und Bewegung in Richtung des Fahrzeuges, da sie hiermit die täglichen Anlockfütterungen verbanden. An den ersten zwei Beobachtungstagen mit größeren Niederschlagsmengen (Abb. 3.3-17, Tag 2 und 3)

(DWD: STATION LAHR), legten sich die Tiere nicht nieder. Erst am 4. Tag der Besenderung regnete es kaum noch und so legten sich mehrere Rinder zum Ruhen ab.

Die Rinder fraßen hauptsächlich den besonders in Abteilung 4 in der Krautschicht anzutreffenden Winter-Schachtelhalm (*Equisetum hyemale*). Die Pferde hielten sich vermehrt auf den Wegen auf, wo sie das für die Rinder zu kurze Gras abweideten, teilweise aufgrund der Kürze sogar samt Wurzeln ausrupften und durch Schütteln von Erde befreiten. Später im Besenderungszeitraum fiel auch bei den Pferden auf, dass sie Winter-Schachtelhalm fraßen. Gleichzeitig fraßen sowohl Rinder und Pferde die Eicheln unter älteren Eichen in Abteilung 4. Bei einer Kleingruppe von 4 Rindern konnte beobachtet werden, wie diese die Streu des Waldbodens in einem durch Eichen-Altholz geprägten Bestand in Abteilung 4 mit ihrer Schnauze aufwühlten, um vermutlich die unter der Streu befindlichen Eicheln zu finden. Daneben grasten die Rinder an Grasbüscheln, die in lichterem Bereichen am Stammfuß der Bäume wuchsen. Sowohl Rinder als auch Pferde fraßen die noch vorhandenen längeren Gräser in lichterem Bereichen um die Schluten. Die Rinder fraßen auch Laub vom Waldboden oder rankendes Efeu. Das Niederreiten oder Umknicken von Sträuchern, konnte besonders bei massigeren Rindern in, von einer dichten Strauchschicht geprägten Beständen beobachtet werden. Vereinzelt wurde das Weideverhalten der Rinder in dichteren Beständen als lustlos wahrgenommen. Hier fanden sich in der Krautschicht neben Winter-Schachtelhalm und Laub nur vereinzelte Reste von Gräsern. Das „Lustlose Weiden“ wurde an vermehrtem Schnuppern am Boden ohne eigentliches Abweiden festgemacht.

3.3 Einflussfaktoren auf das Raum-Zeitverhalten der besenderten Tiere

3.3.1 Zufütterung

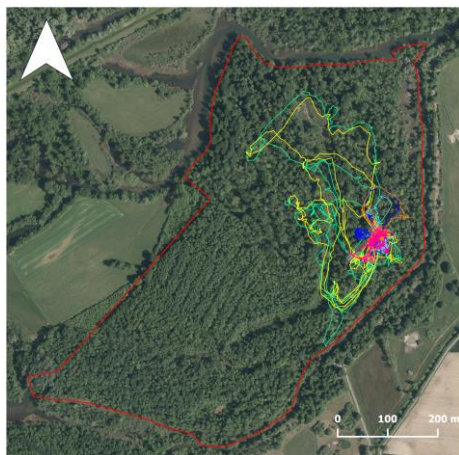
Die Zufütterung mit autochthonem Heu, das auf den Offenlandflächen des Projektes gewonnen wird, beeinflusste die von den Tieren zurückgelegten täglichen Wegstrecken. Die in R berechnete Wegstrecke der Tiere unter verschiedenen Bedingungen ist als Mittelwert für Rinder und Pferde in Tabelle 3.3-6 aufgeführt.

Tab. 3.3-6 Zurückgelegte Strecken der besenderten Rinder und Pferde

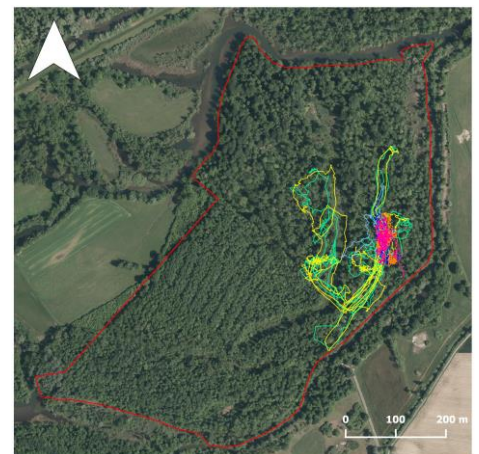
Bedingung	Strecke (km/24 h)	
	Rinder	Pferde
Ø alle Tage	4,4	6,8
Ø 1 Tag nach Heugabe	2,8	5,9
Ø 2-3 Tage nach Heugabe	4,7	7,6
Ø 4 Tage nach Heugabe	7,8	8,8

Die Pferde legten durchschnittlich weitere Strecken zurück als die besenderten Rinder. Anhand der Tracks konnte visuell nachvollzogen werden, dass die Pferde noch am ersten Tag der Besenderung die südliche, südwestliche, südöstliche und nordöstliche Begrenzung der Waldweide erkundeten. Die 4 besenderten Rinder liefen, nachdem sie die Waldweidefläche erreicht hatten, geleitet von der von

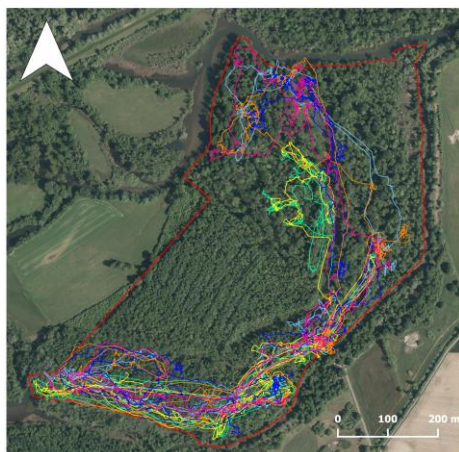
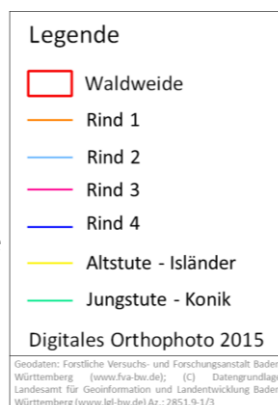
Süden nach Norden verlaufenden Schlut zunächst in den nördlichen Teil des Schonwaldes, hielten sich während der ersten Besenderungstage jedoch vorwiegend in Abteilung 4 auf und waren erstmals an Tag 5 an der südlichen Zaunbegrenzung der Schonwaldfläche in Abteilung 5. Nach den Zufütterungsgaben hielten sich die Rinder in den darauffolgenden 1,5 Tagen hauptsächlich im nahen Umfeld der Futterraufen auf. Waren die Heuraufen leer und die letzte Zufütterung lag bereits 4 Tage zurück liefen die Rinder fast 3-mal so weite Strecken wie an Tagen, an denen Heu in den Futterraufen verfügbar war (Tab. 3.3-6). Auch die Pferde liefen bedingt durch die Zufütterung weniger, allerdings ist der relative Unterschied zwischen Tagen mit verfügbarem Heu und ohne bei den Pferden geringer. Beschriebene Tendenzen lassen sich auch anhand der Tracks nachvollziehen. Die Abbildung 3.3-16 a-d zeigen beispielhaft die gelaufenen Strecken und Aufenthaltsorte der Tiere, an auf Zufütterung folgenden Tagen. Abbildung 3.3-16 c und d zeigen die Tracks zweier Besenderungstage, an denen die letzte Heugabe bereits 4 Tage zurücklag. Eine visuelle Analyse der Tracks für jeden Tag ergab, dass der Bereich der Futterraufen an allen Tagen der Besenderung von allen besenderten Tieren zumindest aufgesucht wurde.



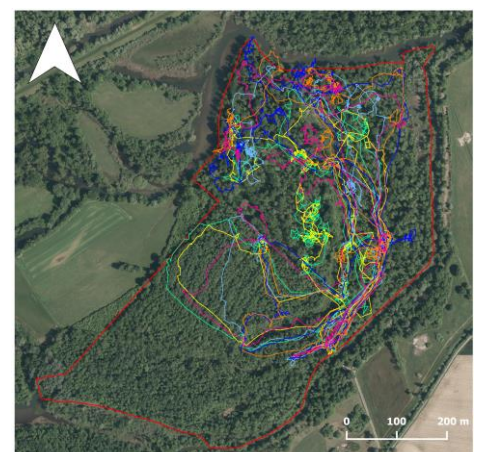
a Besenderungstag 7: 1 Tag nach Heugabe



b Besenderungstag 14: 1 Tag nach Heugabe



c Besenderungstag 5: 4 Tage nach letzter Heugabe



d Besenderungstag 12: 4 Tage nach letzter Heugabe

Abb. 3.3-16 Tracks von 4 Besenderungstagen: 1 Tag (a,b) und 4 Tage (c, d) nach Heugabe

3.3.2 Temperatur und Niederschlag

Abbildung 3.3-17 zeigt die zurückgelegten Strecken der besenderten Rinder (Rind 1-4) und Pferde (Altstute-Isländer, Jungstute-Konik) im Verlauf der Besenderung. Neben dem klar erkennbaren Einfluss der Zufütterung auf die zurückgelegten Distanzen scheinen Temperatur und Niederschlag keinen direkt ersichtlichen Effekt auf die pro Tag zurückgelegten Strecken zu haben.

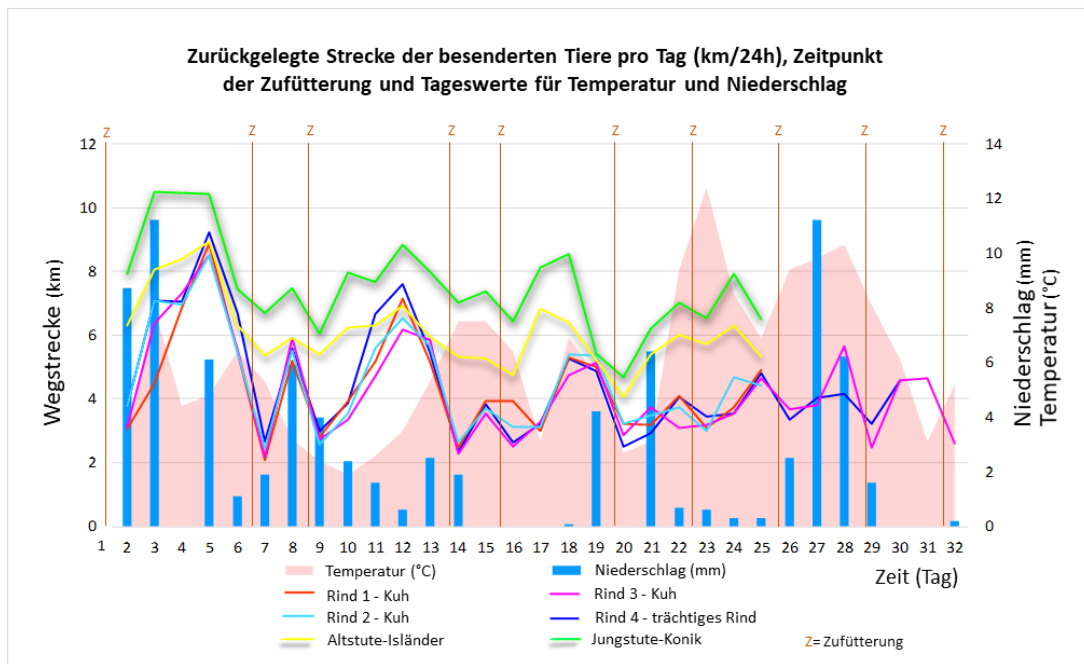


Abb. 3.3-17 Zurückgelegte Strecke der besenderten Tiere pro Tag (km/24h), Zeitpunkt der Zufütterung und Tageswerte für Temperatur und Niederschlag (DWD: STATION LAHR)

3.3.3 Tierart und Individuum

In Abbildung 3.3-17 fällt auf, dass die Kühe sehr ähnliche tägliche **Wegstrecken** zurücklegten und diese im Verlauf der Besenderung beinahe synchron stiegen und sanken. Die von den beiden Pferden zurückgelegte Distanz steigt und sinkt ebenfalls fast synchron, die Jungstute legte jedoch allgemein größere Distanzen zurück als die Altstute. Die visuelle Auswertung der **Tracks** zeigt, dass die beiden Pferde während der Besendungsperiode hauptsächlich gemeinsam und oftmals unabhängig der besenderten Rinder unterwegs waren. Dass die zurückgelegten Strecken, der Jungstute stets höher als jene der Altstute waren, ist auch in den Tracks ersichtlich. Diese zeigen, dass die Jungstute sich häufig auf „längeren Wegen“ im Umkreis der Altstute bewegte. Die Tracks zeigen, dass die besenderten Rinder nicht über die komplette Besendungsperiode gemeinsam unterwegs waren. Die 4 Rinder waren zwar häufiger gemeinsam unterwegs als eines der Rinder mit einem der Pferde, jedoch ist auch in den Tracks die zweitweise Aufspaltung der Herde ersichtlich. Ob die besenderten Pferde größtenteils mit nicht besenderten Rindern unterwegs waren, kann nicht geklärt werden. Beobachtungen und den bisherigen Projekterfahrungen zufolge, sind die Pferde jedoch oft ohne die

Rinder unterwegs, wofür auch die Unterschiede in der Raumausnutzung sprechen. Vergleicht man die Tracks der besenderten Rinder und Pferde, fällt auf, dass die Pferde sich viel auf und entlang der Wege bewegen. Die Rinder scheinen eher querfeldein zu laufen. Das Wegenetz des Schonwaldes ist anhand ihrer Tracks weniger deutlich erkennbar. Beispielhaft hierfür ist in Abbildung 3.3-18 a und b der Vergleich zwischen den Tracks der gesamten Besenderungsperiode eines Rindes (Kuh 3) und eines Pferdes (Jungstute) dargestellt (Abb. der restlichen Tiere im Anhang). Anhand der Tracks ist ebenfalls erkennbar, dass die den Schonwald durchziehende, von Süd nach Nord verlaufende Schlut eine wichtige Leitstruktur für das Raumverhalten der Tiere darstellt (Abb. 2.2-7: Stillgewässer). Während kleine Wasserflächen von den Rindern durchlaufen werden, wird die 2-3 m breite Schlut von den Tieren nicht durchquert. Entlang der Schlut bilden sich von Tritt gestaltete Trampelpfade aus (Abb. 7.-31). Das Flussufer wurde von den Weidetieren hauptsächlich in Abteilung 4 aufgesucht, am häufigsten im Bereich der Elz zwischen Schollenbrücke und Futterraufen.

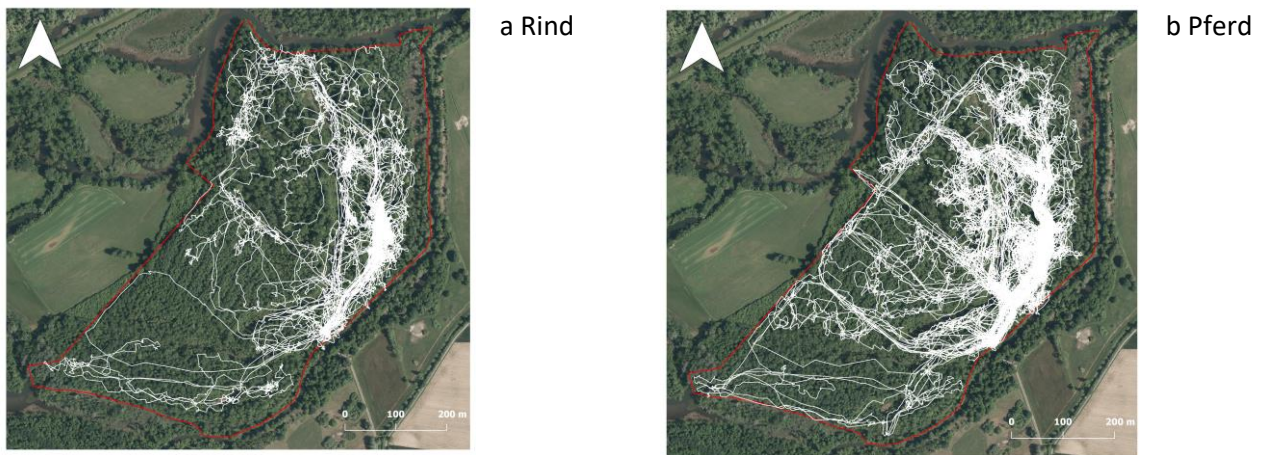


Abb. 3.3-18 Tracks für die gesamte Besenderungsperiode

Unterschiede in den Aufenthaltsdichten

Abbildung 3.3-19 fasst die Aufenthaltsdichte auf der Waldweidefläche für die Rinder (b) und Pferde (c) sowie artübergreifend (a) zusammen. Die Skala von weiß nach schwarz gibt die Anzahl der Aufenthalte pro 10x10m Rasterzelle an. Je stärker der Grauton ins Schwarze geht, desto mehr Zeit verbrachten die Tiere in diesem Teil des Schonwaldes. Zunächst ist zu erkennen, dass sich sowohl Rinder als auch Pferde viel mehr im Osten als im Westen des Schonwaldes aufhielten. Gleichzeitig scheint der südliche Teil der Waldweidefläche von den Rindern und Pferden weniger stark besucht zu sein als der Norden. Der Bereich um den Futterstand stellt bei allen Tieren den Bereich der höchsten Aufenthaltsdichte dar (Abb.2.2-6). Während sich bei den Rindern eine höhere Dichte an der nördlichen Begrenzung der Weidefläche, die durch eine Flussschlinge des Taubers gestellt wird, abzeichnet, scheinen die Pferde das Ufer des Taubers (nördliche Begrenzung der Waldweidefläche) weniger besucht zu haben. Das Hauptwegenetz ist anhand des Pferde-Dichteplots besonders im nordwestlichen Schonwald gut erkennbar. Hier haben die Pferde weniger das Wegenetz verlassen als die Rinder. Auch der die Weide im Westen von Abteilung 5 begrenzende Zaun entlang des Hopfen -

und Bingenkopfweges (Abb. 2.2-6) zeichnet sich im Dichteplot der Pferde mit einer höheren Aufenthaltsdichte ab. Auffallend ist des Weiteren, dass sich die Pferde mehr im Bestand nördlich der Feuchtwaldfläche in Abteilung 5 aufhielten als die Rinder. Die Feuchtwaldfläche scheint besonders für die Pferde eine räumliche Barriere für das weitere Vordringen in den Süden der Abteilung 5 darzustellen (Abb. 2.2-7, 3.3-19).

Das Raum-Zeitverhalten der Pferde und Rinder unterscheidet sich also nicht nur in den zurückgelegten Distanzen, es wurden unterschiedliche Bereiche der Waldweidefläche vermehrt, andere vermindert aufgesucht.

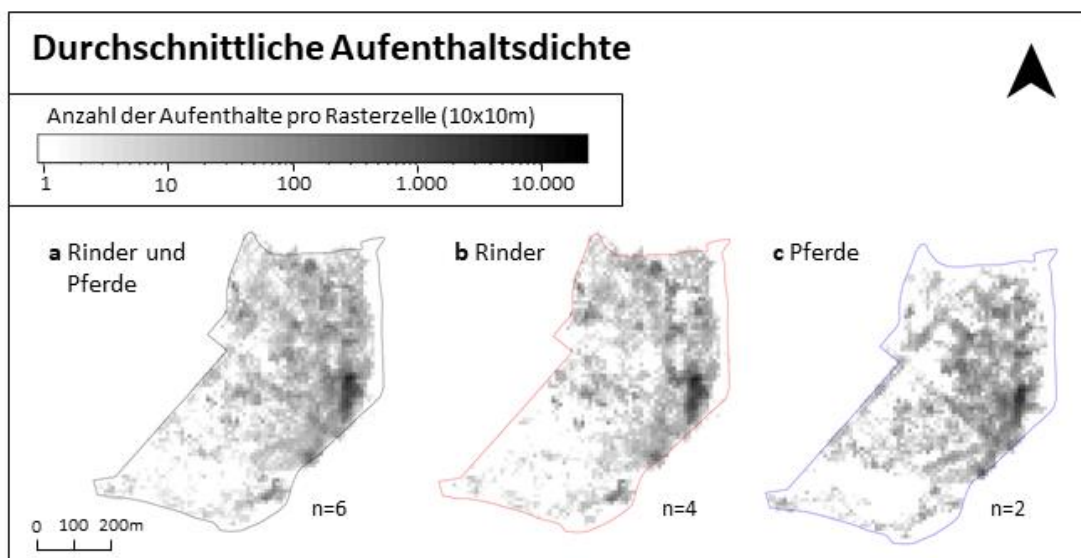


Abb. 3.3-19 Durchschnittliche Aufenthaltsdichte (a) tierartenübergreifend: Rinder und Pferde, (b) Rinder und (c) Pferde, n=Anzahl der Tiere; einbezogen wurden alle GPS-Punkte der ersten 3 Besederungswochen.

Individuen abhängige Unterschiede

Die Dichteplots in Abbildung 3.3-20 geben einen Eindruck über die Aufenthaltsdichte der einzelnen Tiere in verschiedenen Bereichen des Schonwaldes während der kompletten Besederungszeit. Vergleicht man die Dichteplots der einzelnen Tiere mit dem Rinder-Dichteplot (b) und Pferde-Dichteplot (c) in Abbildung 3.3-19, so fällt auf, dass die Aufenthaltsdichten je nach Tier auch innerhalb der Arten kleinräumig variieren. Auch in Abb. 3.3-20 sind Unterschiede zwischen Rinder- und Pferde-Dichteplots im Allgemeinen erkennbar. Zum Beispiel fällt im Vergleich der Dichteplots der 3-wöchig besedernten Rinder (Rind 1 und 2) und Pferde auf, dass die Raumnutzung der beiden Stuten im Vergleich zu den gleichlang besedernten Rindern flächiger wirkt. „Flächig“ meint, auf einer größeren Fläche als bei den Rindern finden sich Bereiche dunklerer Grautöne. Gleichzeitig fallen im Dichteplot der gleichlang besedernten Rinder (Rind 1 und 2) „dunkle Flecken“ als Bereiche konzentrierter, höherer Aufenthaltsdichte auf. Auf diese Bereiche, die durch längere Ruhephasen der

Rinder zustande kamen, wird nach der Vorstellung der Ergebnisse der Klassifizierung noch eingegangen (Abschnitt 3.5, Abb. 3.5-26 b).

Ersichtlich ist in den Dichteplots der Abbildung 3.3-20 auch, dass die Rinder als auch die Pferde Individuen sind, die an bestimmten Stellen mehr oder weniger Zeit verbrachten.

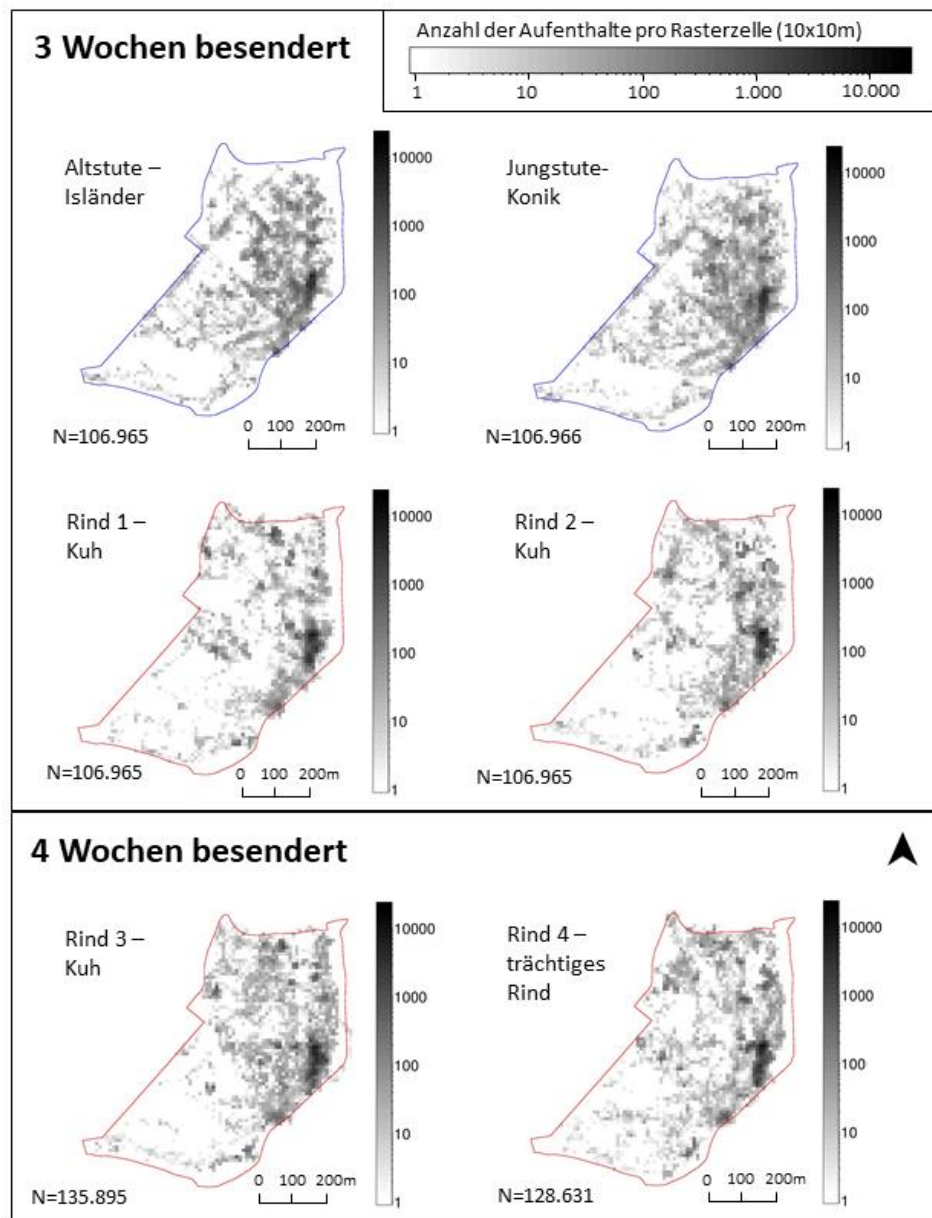


Abb. 3.3-20 Dichteplots der einzelnen Tiere für gesamte Besenderungsperiode und alle Tagesstunden: der Farbverlauf gibt die Anzahl der Ortungen pro Rasterzelle (10x10m) an. Rinder (rote Waldweidegrenze), Pferde (blaue Waldweidegrenze): N=Anzahl der GPS-Datenpunkte.

3.3.4 Dauer der Besenderung

Vergleicht man die Dichteplots der 4-wöchig besenderten Rinder (Abb. 3.3-20, Rind 3 und 4) mit denen der 3-wöchig besenderten Rinder (Rind 1 und 2), fällt besonders bei Rind 3 im Unterschied zu den 3-wöchig besenderten Rindern auf, dass die von ihr innerhalb der 4 Wochen ausgenutzten Waldweidefläche größer ist als jene von Rind 1 und 2 während der 3 Wochen besuchten Fläche. Dies spricht dafür, dass nach 3 Wochen bis dahin unbesuchte Orte erst aufgesucht wurden. Zwischen Rind 4 und den 3-wöchig besenderten Rindern ist dieselbige Tendenz nicht erkennbar.

3.3.5 Helligkeit und Dunkelheit

Im Vergleich der Aufenthaltsdichte während der Stunden mit Tageslicht (8:00-17:00 Uhr) und während der von Dunkelheit geprägten Tagesstunden (17:00-8:00 Uhr) ist sowohl bei den Rindern als auch den Pferden erkennbar, dass die Tiere sich tagsüber wie auch nachts insgesamt viel an den Heuraufen aufhielten. Beispielhaft für den Helligkeit-Dunkelheit-Vergleich sind die Dichteplots einer Kuh und einer Stute in Abbildung 3.3-21 dargestellt. In den Dichteplots der 4 Rinder sind neben dem

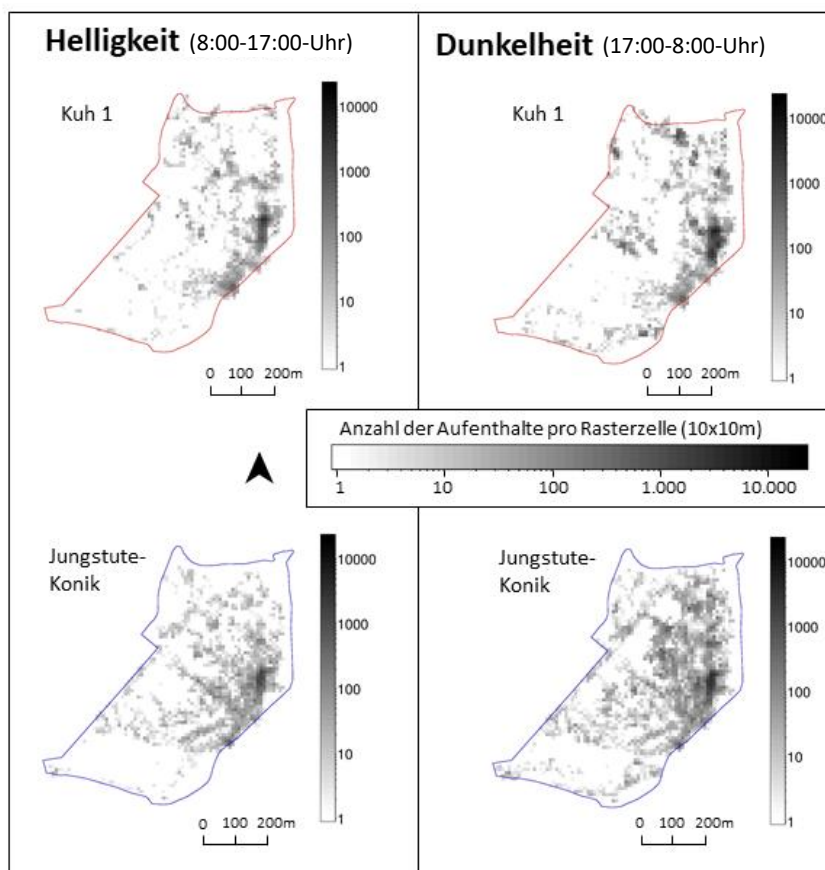


Abb. 3.3-21 Dichteplots für ein Rind und ein Pferd für die hellen und dunklen Tagesstunden: der Farbverlauf gibt die Anzahl der Ortungen pro Rasterzelle (10x10m) an

Bereich um die Futterraufen weitere dunkel eingefärbte, das heißt insgesamt über mehrere Stunden besuchte Orte auf der Waldweidefläche erkennbar. Diese sind auch in den Dichteplots der Klassifizierungskategorie ‚Ruhe‘ ersichtlich (Abschnitt 3.5). Während der von Dunkelheit geprägten Tagesperioden standen die Rinder also über mehrere Stunden an einem Ort, während der von Helligkeit geprägten Tagesperiode sind derartig lange Ruhephasen an einem Ort auf der Waldweidefläche (bzw. innerhalb einer Rasterzelle von 10x10m) abgesehen von einer

hohen Aufenthaltsdichte in der Nähe des Futterstandes selten. Die Ausnutzung der Waldweidefläche durch die Pferde wirkt im Helligkeit-Dunkelheit-Vergleich für die längere Dunkelheitsperiode flächiger. Eine Konzentration an bestimmten Orten wie bei den Rindern ist kaum erkennbar. Auffallend sind die die von den Pferden weniger als von den Rindern genutzten Bereiche im westlichen Zentrum der Abteilung 4 (Abb. 3.3-22). Die Fotos (Abb. 3.3-22 a und b) zeigen diese strauchreichen Bestände östlich des Bingenkopfweges. Während die Pferde sich in der hellen Tageszeit vereinzelt hier aufhielten, wurde dieser Bereich im Dunklen komplett von ihnen gemieden. In den Dichteplots der Rinder ist ersichtlich, dass sie sich hier weniger stark auf das Wegenetz beschränkten (Abb. 3.3-22 c und d).

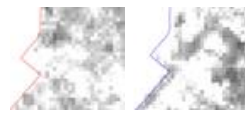


a



b

Abb. 3.3-22 a und b Fotos der Bestände östlich (rechts) des Bingenkopfweges in Abteilung 4



c









d

Ausschnitt aus dem Dichteplot der Rinder (c) und Pferde (d) (Abb.3.3-19)

3.4 Count in Polygon Analysen

Für eine quantitative Auswertung wurde die Aufenthaltsdauer der besenderten Tiere in gewählten Bereichen des Schonwaldes berechnet (Tab. 3.4-7). Sowohl die Rinder als auch die Pferde verbrachten deutlich mehr Zeit in Abteilung 4 als in Abteilung 5. Während sich die Rinder 90 % der Zeit in Abteilung 4 und 10 % der Zeit in Abteilung 5 aufhielten, verbrachten die Pferde 88 % der Zeit in Abteilung 4 und 12 % der Zeit in Abteilung 5. 1 % der gesamten Besenderungszeit entspricht bei den etwa 3 Wochen lang besenderten Tieren etwa 6 Stunden, bei den 4 Wochen lang besenderten 7 Stunden. In Abteilung 4 befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchungen die Futterraufen, an denen die Tiere einen verhältnismäßig großen Teil der Zeit verbrachten. Die Pferde hielten sich weniger lange in unmittelbarer Nähe zu den Futterraufen auf als die Rinder (Abb. 2.4-14, Tab. 3.4-7). Dagegen hielten sich die Pferde deutlich länger auf den Wegen auf als die Rinder. Innerhalb der 5m-Pufferzone um die Wege befanden sich 39 % der GPS-Punkte der besenderten Stuten und 27 % der besenderten Kühe. Hierbei ist zu beachten, dass der 15m-Pufferbereich um die Futterraufen einen Teil des Wegenetzes beinhaltet. Betrachtet man den Anteil der GPS-Ortungen, die innerhalb der

Tab. 3.4-7 Ergebnisse der Count in Polygon Analysen

Bereich	Teilfläche [ha] (Anteil an Waldweidefläche)	Rinder Ø	Pferde Ø	Extremwerte (Min-Max) *	
				Rinder	Pferde
				Anteil an Gesamt-GPS-Ortungen in %	
Abteilung 4 (Abb. 2.2-3)	 17,9 (52 %)	90	88	89-91	88
Abteilung 5 (Abb. 2.2-3)	 16,3 (48 %)	10	12	9-11	12
Abteilung 4 ohne 15m-Futterbereich	 17,7 (52 %)	56	60	56-62	59 / 61
5m-Futterbereich (Abb. 2.4-14)	 0,015 (0,04 %)	10	6	8-11	5 / 7
15m-Futterbereich (Abb. 2.4-14)	 0,167 (0,5 %)	34	28	30-40	27 / 29
Wegenetz-5m Pufferbereich (Abb. 2.4-15)	 5,9 (17 %)	27	39	23-30	38 / 39
	Ohne 15m-Futterbereich (17 %)	12	23	8-18	23 / 24
Wegenetz-10m Pufferbereich (Abb. 2.4-15)	 11,5 (34 %)	49	65	44-53	64 / 66
	Ohne 15m-Futterbereich (33 %)	25	42	22-32	41 / 43
Wegenetz-15m Pufferbereich (Abb. 2.4-15)	 16,6 (49 %)	65	80	62-67	79 / 82
	Ohne 15m-Futterbereich (48 %)	36	53	35-37	52 / 55

*für die 4 Rinder sind die Extremwerte aufgeführt, für die 2 Pferde jeweils der Wert für Jungstute und Altstute bzw. bei übereinstimmendem Wert beider Stuten nur ein Wert

Pufferbereiche um das Wegenetz, den Futterbereich ausgeschlossen, liegen, so fallen die Werte geringer aus. Bei den Pferden sind es noch 23 % der Punkte, bei den Rindern 12 %. Demnach verbrachten die Pferde fast doppelt so viel Zeit auf den Wegen wie die Rinder. Die Werte der Count-

in Polygon-Berechnungen der beiden Stuten fallen mit maximal 3 % Unterschied zueinander sehr ähnlich aus. Bei den Rindern weicht die Aufenthaltszeit innerhalb des 15m-Pufferbereichs um die Futterstände zwischen den einzelnen Tieren stärker voneinander ab. Auch die Spanne zwischen Minimal- und Maximalwerten für die Aufenthaltszeit im Bereich der Wegepuffer ist mit bis zu 10 % größer.

3.5 Klassifizierung der GPS-Daten in Ruhen, Gehen, Grasen

Umfang der Aktivitätsdaten

Die besenderten Tiere wurden an 5 Tagen während der Besenderungsperiode bei verschiedenen Wetterlagen beobachtet. Aus den Verhaltensbeobachtungen (Methode beschrieben unter 2.4.2.2) gingen in der Summe Aktivitätsdaten von 12,5 Stunden Länge hervor (Tab. 3.5-8), die einer Überprüfung der Klassifizierung (Abschnitt 2.4.3.2) dienen.

Tab. 3.5-8 Anzahl der Beobachtungsstunden nach Aktivität und Tierart

Tierart	Beobachtungsstunden			
	summiert	Ruhen	Gehen	Grasen
Rind	12	6,6	1,2	4,3
Pferd	0,5	0,1	0,1	0,3

Überprüfung der Klassifizierung der GPS-Datenpunkte

Eine erste Überprüfung der Datenklassifizierung bezog alle Beobachtungsdaten der verschiedenen Tage ein und zeigte, dass das beobachtete Verhalten ‚an den Heuraufen fressend‘ zu 61 % der Kategorie ‚Ruhen‘ zugeordnet wurde. Dies überrascht nicht, hat das Raummuster, das sich aus den aufeinander folgenden GPS-Punkten einer Zeitsequenz, während der das Tier an den Heuraufen stand und fraß, große Ähnlichkeiten mit dem eines ruhenden ebenfalls an einem Ort verbleibenden Tiers. Da neben den GPS-Halsbändern in diesem Versuch keine weitere Technik wie beispielsweise Kauplattensensoren zum Einsatz kamen, kann nicht abschließend geklärt werden, welchen Teil der Zeit die Tiere in der Nähe der Heuraufen ‚ruhend‘ verbrachten und wie lange sie an den Heuraufen fraßen. Von prioritärem Interesse war im Rahmen dieser Arbeit das Raum-Zeitverhalten der Tiere in den Beständen der Waldweidefläche und weniger das Verhalten an den Futterraufen. Deswegen wurden zur Überprüfung der klassifizierten Daten die Beobachtungssequenzen ausgeschlossen, während derer die Tiere an den Heuraufen gefressen hatten. Ergebnisse dessen zeigen Abbildung 3.5-23 (Rinder) und 3.5-24 (Pferde).

Der Anteil richtig klassifizierter Datenpunkte der **Rinder** ist nach Aktivität und Einzeltier sowie unter der Betrachtung des gesamten für die Rinder vorliegenden Beobachtungsdatensatzes in Abbildung 28

als Ergebnis der Klassifizierungsüberprüfung ersichtlich. Insgesamt wurden 83 % der beobachteten Datenpunkte der Kategorie ‚Ruhen‘ erfolgreich in diese klassifiziert. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass 17 % der Datenpunkte, bei der die Aktivität ‚Ruhen‘ beobachtet wurde, im Zuge der Klassifizierung fälschlicherweise der Kategorie ‚Grasen‘ oder ‚Gehen‘ zugeordnet wurden. 72 % der Datenpunkte, denen über Beobachtung der Tiere die Kategorie ‚Gehen‘ zugeordnet worden war, wurden korrekt in diese klassifiziert. Als ‚grasend‘ klassifiziert wurden im Mittel 55 % der, der Tätigkeit ‚Grasen‘ zugeordneten Punkte (Abb. 3.5-25).

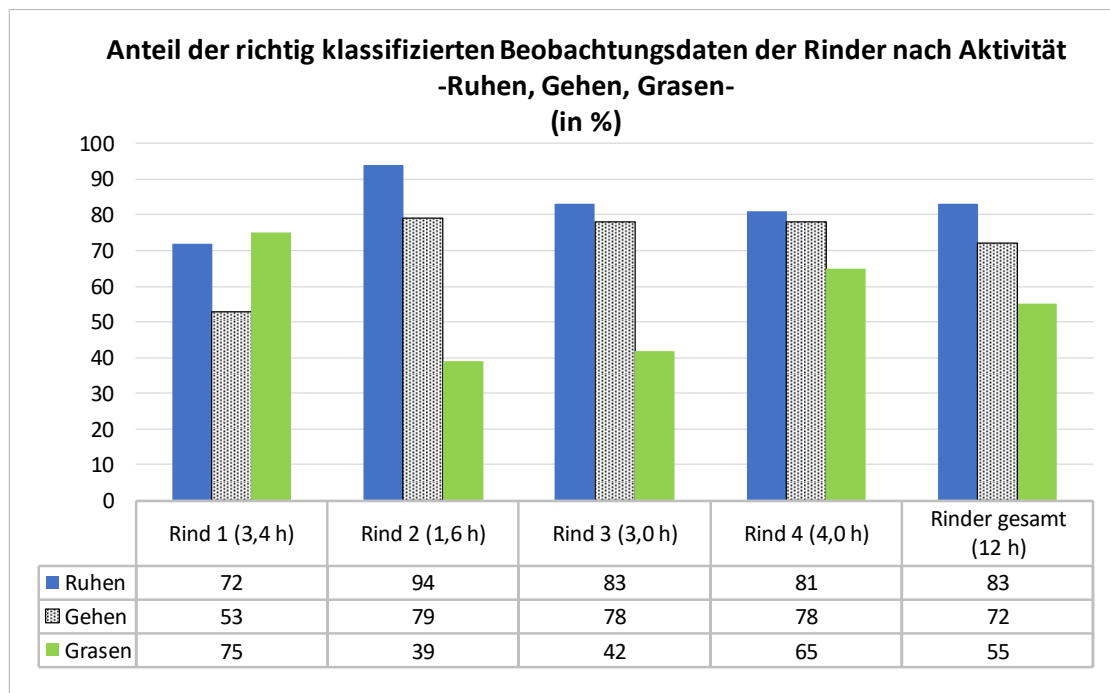


Abb. 3.5-23 Anteil (%) der richtig klassifizierten Datenpunkte der Rinder nach Aktivität und Tier (Anzahl der Beobachtungsstunden) und Mittelwert aller Rinder

Der geringe Umfang vorliegender Aktivitätsdaten der **Pferde** macht eine fundierte Überprüfung der Klassifizierung schwierig. Von den der Aktivität ‚Grasen‘ zugehörigen beobachteten Datenpunkten wurden insgesamt 38 % richtig klassifiziert, wobei bei der Konik-Jungstute 73 % der Datenpunkte. Von der Isländer-Altstute wurden nur 4 % der Datenpunkte der Kategorie ‚Grasen‘ dieser zugeordnet, während 50 % in die Kategorie ‚Gehen‘ und 46 % in die Kategorie ‚Ruhen‘ klassifiziert wurden. Zur Aktivität ‚Ruhen‘ lagen nur anhand der Isländer-Altstute gewonnene Beobachtungsdaten vor. Hier wurden 27 % der Datenpunkte richtig klassifiziert (Abb. 3.5-24).

Die Ergebnisse der Klassifizierung sind Abbildung 3.5-25 zu entnehmen. Dargestellt ist, zu welchen Anteilen Tiere den Aktivitäten Ruhen, Gehen und Gras laut Klassifizierung nachgingen. Es ergibt sich folgendes Bild: Die Rinder ruhten mehr als die Pferde und grasten gleichzeitig weniger als diese. Die Isländer-Altstute ruhte länger als die Konik-Jungstute. Letzte graste dagegen mehr und bewegte sich mehr fort. Dies passt zu größeren zurückgelegten Distanzen der Jungstute (Abb. 3.3-17). Zwischen den 4 besenderten Rindern sind nur geringe Unterschiede erkennbar (Abb. 3.5-25).

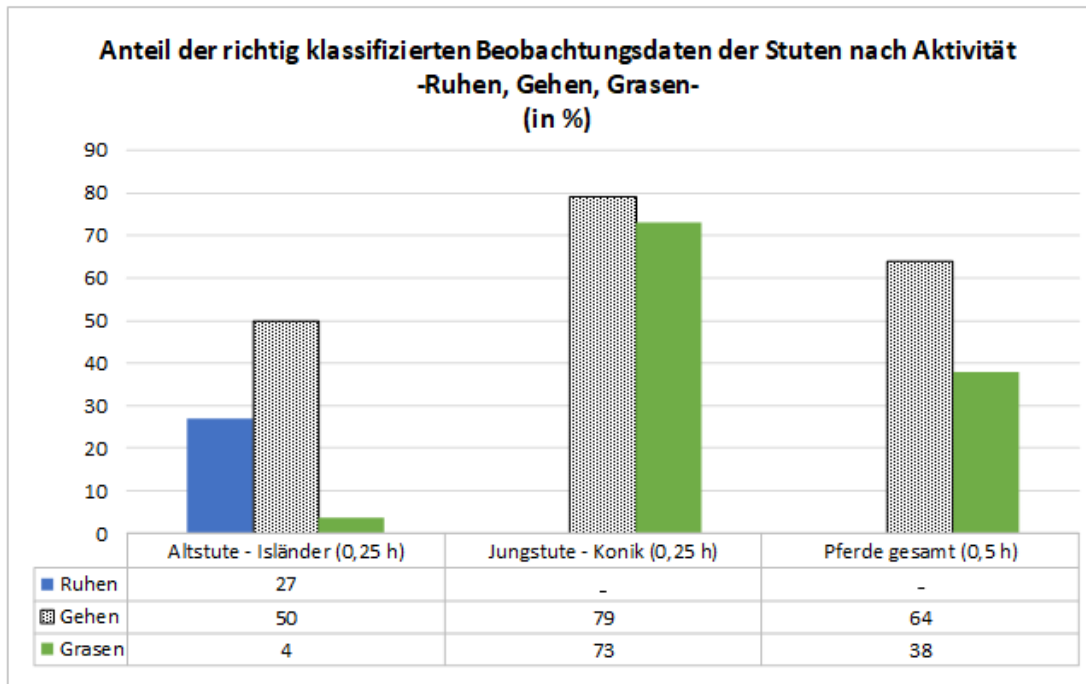


Abb. 3.5-24 Anteil (%) der richtig klassifizierten Datenpunkte der Pferde nach Aktivität und Tier (Anzahl der Beobachtungsstunden) und Mittelwert für die beiden Stuten

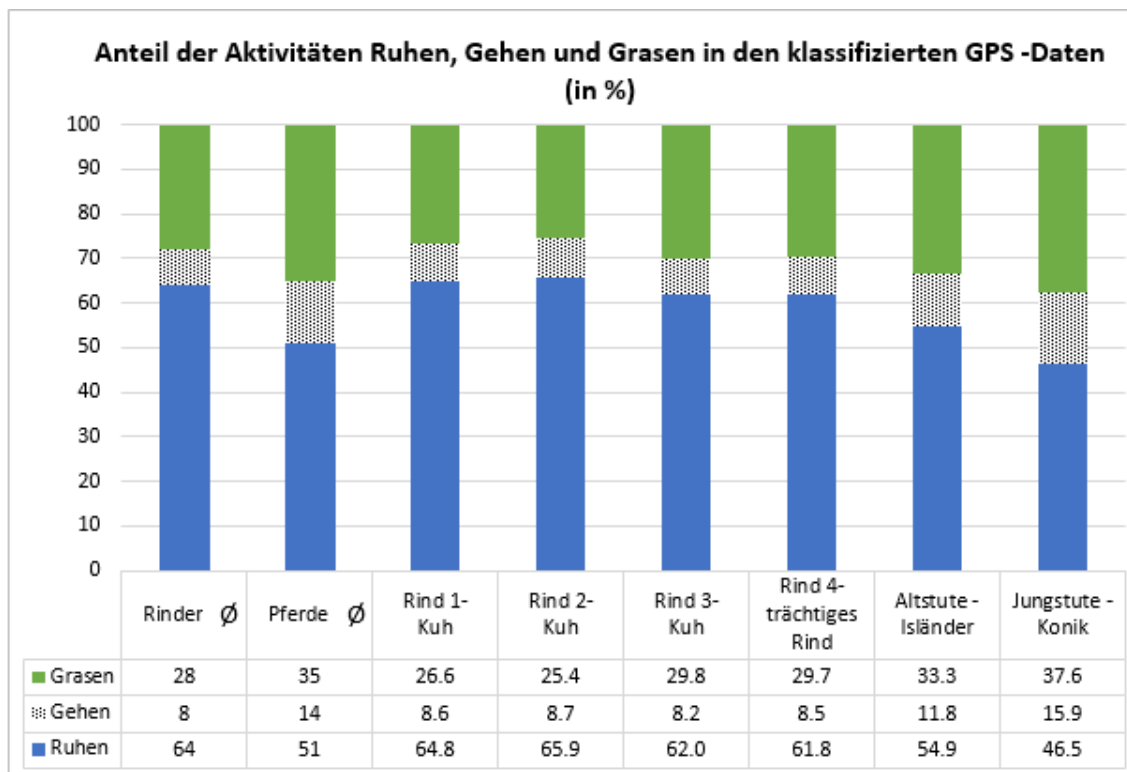


Abb. 3.5-25 Anteil (%) der Aktivitäten Ruhem, Gehen und Grasem am gesamten Datensatz je Tier

Dichteplots nach Aktivität Ruhen, Gehen und Grasen

Anhand der Klassifizierung wurden aktivitätsspezifische Dichteplots für die Rinder und Pferde erstellt (Abbildung 3.5-26). Die Dichteplots der Pferde zur Aktivität Gehen weisen im Bereich des Wegenetzes des Schonwaldes besonders auf dem Fahrkopfweg, Bingenkopfweg und Entengrünweg höhere Dichten auf als in den Beständen (Abb. 3.5-26 c und 2.2-6). Betrachtet man die aktivitätsspezifischen Dichteplots der Rinder (Abb. 3.5-26 b), ist der Kontrast zwischen der Dichte auf den Wegen und um die Wege in den Beständen weniger stark erkennbar. In den Dichteplots der einzelnen Rinder (Abb. 3.3-20) waren fleckenförmige Bereiche höherer Aufenthaltsdichte aufgefallen. Diese sind besonders im Dichteplot der Klassifizierungskategorie Ruhen erkennbar (Abb. 3.5-26 b). Demnach scheinen die Rinder länger an bestimmten Stellen zu stehen oder zu liegen als die Pferde, was auch eine logische Konsequenz aus den geringeren täglich zurückgelegten Strecken ist.

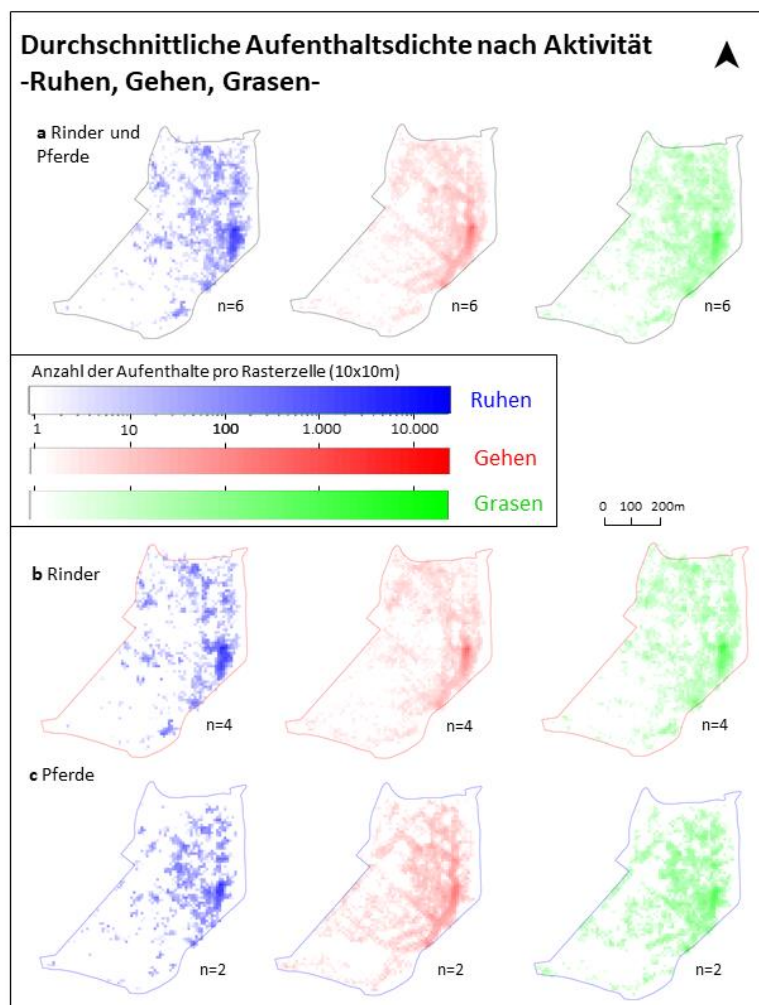


Abb. 3.5-26 Dichteplots für die Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasen: (a) artübergreifend, (b) Rinder, und (c) Pferde, n= Anzahl der jeweils einbezogenen Tiere

4 DISKUSSION

4.1 Herausstellung der wichtigsten Ergebnisse

Anhand von GPS-Tracking und anschließender räumlicher Analyse ließ sich das Raum-Zeitverhalten der besenderten Rinder und Pferde für einen dreiwöchigen Zeitraum im Winter in Teilen erklären. Das natürliche Nahrungsangebot auf der Fläche sowie die funktionalen Zufütterungen beeinflussten das Raum-Zeitverhalten der Weidetiere. Zieht man die Aufenthaltsdauer im Bereich der Futterraufen ab, hielten sich die Pferde 5-mal, die Rinder 5,5-mal so lange in den stellenweise lichtereren, von Altholz geprägten Beständen der Abteilung 4 als in den lockeren bis geschlossenen, von Stangenholz und schwachem Baumholz bestimmten Beständen der Abteilung 5 auf.

Es sind Unterschiede in der Raumnutzung der besenderten Tiere erkennbar, die auf die Tierart zurückzuführen sind. Die Pferde orientierten sich stark am Wegenetz des Schonwaldes, während die Rinder weniger Zeit auf und in unmittelbarer Nähe der Wege verbrachten und sich mehr in dichtem Unterwuchs aufhielten als die Pferde. Die 4 Rinder legten täglich sehr ähnliche Strecken zurück, die mit durchschnittlich 4,4 km/Tag deutlich unter denen der Pferde mit durchschnittlich 6,8 km/Tag lagen. Obwohl Jung- und Altstute den Tracks zufolge durchweg gemeinsam unterwegs waren, lief die Altstute nur etwa 80 % der von der Jungstute zurückgelegten Wegstrecke. Die Klassifizierung ergab, dass die Pferde täglich 1 $\frac{3}{4}$ Stunde länger grasten als die Rinder. Letztere ruhten mehr, was in den Dichteplots der einzelnen Tiere erkennbar ist (Abb. 3.3-20). Eine Überprüfung der Klassifizierung der GPS-Daten für die Pferde war durch die wenigen, vorliegenden Beobachtungen zum ungestörten Weideverhalten dieser jedoch erschwert. Vergleichende Aussagen zum Weiden von Winter-Schachtelhalm durch Rinder und Pferde sind dadurch kaum möglich. Während dieser für die Rinder in den Beobachtungsstunden die natürliche Hauptnahrungsquelle darstellte, konnte das Weiden von Winter-Schachtelhalm durch die Pferde vereinzelt beobachtet werden. Auffallender war jedoch, dass letztere auf den Wegen grasten und ebenso wie die Rinder Eicheln fraßen. Auch, wenn sich für Rind und Pferd zwei Strategien der Raumnutzung herauskristallisieren (Abschnitt 3.3.3), sind sowohl zwischen den Rindern, besonders allerdings zwischen den in Alter und Rasse unterschiedlichen besenderten Stuten, größere Unterschiede im Zeitanteil der Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasen erkennbar (Abb. 3.5-23). Dies zeigt, dass allgemeingültige Aussagen zu den Tierarten Rind und Pferd anhand der kleinen Anzahl besendeter Tiere nicht zu treffen sind. Die beobachtete und anhand der Tracks erkennbare Vereinzelung der Herde in Kleingruppen, erschwert es, Rückschlüsse auf das Raum-Zeitverhalten der kompletten Herde zu ziehen.

Aufgrund des Versuchsaufbaus und dem Vergleich mit anderen Projekten (Literatur, Expertengespräche) wird versucht, die gewonnenen Erkenntnisse auf den gesamten Winter zu übertragen und Aussagen für das Weidetierverhalten bezüglich der Projektfläche zu treffen.

4.2 Kritische Beurteilung der eigenen Ergebnisse

GPS-Technik und Beobachtungen zur Analyse des Raum-Zeitverhaltens

GPS-Technik wurde im Rahmen dieser Arbeit erstmalig in einem südwestdeutschen Waldweideprojekt erprobt. Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass sich über eine Besenderung umfangreiche Datensätze zum Raum-Zeitverhalten von Weidetieren gewinnen lassen. Eine anschließende räumliche Analyse mithilfe von Gebietsinformationen, kann Erkenntnisse zum Raum-Zeitverhalten von Weidetieren liefern, wie es reine Beobachtungsstudien aufgrund ihres enormen Zeitaufwands, der Gefahr der Störung der Weidetiere durch den Beobachter und der eingeschränkten Sicht während der Nachtperiode nicht vermögen (ANDERSON *et al.*, 2013; WITTE und WILSON, 2005). Die Beobachtung von besenderten Tieren zur Aufnahme von Aktivitätsdaten, wie sie für die Erarbeitung des Random Forest Algorithmus durch HOMBURGER *et al.* (2014) und innerhalb eigener Untersuchungen zur Überprüfung der Klassifizierung stattfand, sollte das natürliche Verhalten der Weidetiere nicht stören. Die Beobachtung der Pferde erwies sich aufgrund ihrer Zutraulichkeit als deutlich schwieriger, da sie die Beobachterin schneller bewusst wahrnahmen, beobachteten oder sogar auf sie zuzugingen. So konnten nur sehr wenige Daten zum ungestörten Raumverhalten der Stuten gewonnen werden. Die Beobachtung per Fernglas aus weiterer Entfernung hätte sich im teilweise sehr uneinsichtigen Schonwald schwierig gestaltet, da die Aufnahme von Beobachtungsdaten erfordert, dass der Wechsel von einer Aktivität auf die Sekunde genau notiert werden kann. Die Aktivitätsdaten zu den weniger menschenbezogenen Salers-Rindern waren so umfassend, dass aus den Datensätzen für die Klassifizierungs-Überprüfung, Beobachtungssequenzen, in denen die Beobachterin das Gefühl hatte, die Tiere in ihrem Verhalten zu beeinflussen, ausgeschlossen werden konnten.

Potenzielle Probleme beim Besendern von Weidetieren mit GPS-Halsbänder

Wie anspruchsvoll es ist, Weidetiere in Extensiv-Weideprojekten zu besendern, hängt stark von ihrer Zutraulichkeit und der Routine im Umgang mit Menschen des einzelnen Tieres ab. Als Teil des Weidemanagements finden im ‚Wilde Weiden‘-Projekt tägliche Anlockfütterungen zum Erhalt der Mensch-Tier-Bindung statt, wodurch eine Dedomestikation der Herdentiere bisher nicht stattfand. Die Koniks zeigten sich jedoch als unterschiedlich zutraulich. Die Besenderung verwilderter/„wild“ lebender Pferde in anderen Naturschutz Weideprojekten wie z.B. von Przewalski Pferden in der Döbritzer Heide, erfolgt mittels Betäubung (ZIELKE, 2017). Soll die Auswahl der Individuen bei Besendierungsstudien unabhängig ihrer Zutraulichkeit erfolgen, sind gegebenenfalls andere Methoden bei der Besenderung notwendig. Deren Vor- und Nachteile sollten gründlich abgewogen werden. Ist es Ziel, ausschließlich Kühe mit Leitfunktion oder aber anderer sozialer Stellung innerhalb der Herde zu besendern, sind dem Versuchsvorhaben zeitnah Herdenanalysen voranzuschalten. Zeitnah deswegen, weil die Rangordnungen innerhalb der Herde nicht statisch sind (WINDECKER, 2017). Der Vergleich zweier unterschiedlich schwerer Halsbänder (1,2 und 1,8 kg) bei Zebra-Transponderversuchen zeigte, dass ein Unterschied von 600 g die stündlich zurückgelegten

Wegstrecken der Tiere bis zu 300 m reduzieren kann (BROOKS *et al.*, 2008). Die von BROOKS *et al.* (2008) verwendeten Halsbänder entsprachen 0,4 % und 0,6 % des Körpergewichts der besenderten Tiere. Innerhalb dieser Studie kamen zwar deutlich leichtere Halsbänder zum Einsatz (<0,2 % des Körpergewichts), dies bedeutet jedoch nicht, dass eine Beeinflussung der besenderten Tiere in ihrem natürlichen Verhalten ausgeschlossen ist. Während der Versuchsdurchführung wurden keine Halsbänder verloren, was aber in anderen Studien vorkam (ANDERSON *et al.*, 2013; VAN LAER *et al.*, 2015). Es ist davon auszugehen, dass bei einer längeren Besenderungsperiode das Risiko eines Halsbandverlusts durch Ausleihern der Bänder, Verhaken im Gestrüpp oder Abscheuern an Bäumen steigt.

Aussagekraft der erhobenen Daten

Da trotz WAAS/EGNOS-Korrektur der GPS-Halsbänder mit dem heutigen Stand der GPS-Technik von Ungenauigkeiten um die 5 m gerechnet werden muss (HOMBURGER *et al.*, 2014), sind keine auf den Meter genauen Angaben zu treffen. Einen Eindruck über die dynamische Genauigkeit der GPS-Logger konnte über die Testläufe zwar gewonnen werden. Genaue Werte zur Streuung der GPS-Halsbänder sind allerdings nur für statische Genauigkeit der GPS-Logger bekannt (Tab. 2.4.-4). Empfehlenswert wäre es für Berechnungen, bei denen es unter anderem um die Bewegung von Tieren geht (Wegstreckenberechnung: Abb. 3.3-17), auch die dynamische Genauigkeit der verwendeten Technik zu messen (ANDERSON *et al.*, 2013). Allein für einen Überblick zur Ausnutzung der Waldweidefläche wie in den Dichteplots (z.B. Abb. 3.3-19) dargestellt, kann auf solche Tests aufgrund der großen Datenmenge von 110.000-140.000 Datenpunkten verzichtet werden.

Die Ausführungen zur Datenbereinigung (Abschnitt 2.4.4.1) verdeutlichen den unbefriedigenden Stand der Forschung bezüglich einer einheitlichen Methode zur Aufbereitung von GPS-Datensätzen (LEWIS *et al.*, 2007; VAN LAER *et al.*, 2015; IRONSIDE *et al.*, 2017). Auch ROPERT-COUDERT und WILSON (2004) kritisieren die Subjektivität von Entscheidungen bei Besenderungsstudien, die aufgrund von limitierenden Faktoren getroffen werden müssen. Zeit, Kosten, Stand der Technik (Batterieleistung, Größe und Gewicht) können die Material- und Methodenwahl einschränken. Kompromisse müssen beispielsweise zwischen Einstellung der Taktung des Loggers und der Laufzeit der Batterien gefunden werden. Eine Vereinheitlichung bzw. Erarbeitung von Richtlinien für das Besendern von Weidetieren - von den Voreinstellungen wie der zeitlichen Taktung der GPS-Datenlogger bis hin zur Herangehensweise bei der Datenauswertung - könnte die Vergleichbarkeit GPS-gestützter Studien steigern (ANDERSON *et al.*, 2013).

4.2.1 Klassifizierung der GPS-Daten

Die Aussagekraft der Aktivitätsdaten zu den Pferden ist durch deren geringen zeitlichen Umfang begrenzt (Tab. 3.5-8). Eine fundierte Überprüfung der Klassifizierung der GPS-Daten nach Random Forest-Verfahren (HOMBURGER *et al.*, 2014: Model C) liegt demnach für die Pferde nicht vor, sodass Aussagen zu einer erfolgreichen Anwendung des anhand von Alm-Rinder erarbeiteten Klassifizierungsschlüssels bei Pferden kaum zu treffen sind. Die geringe Übereinstimmung der Datenklassifizierung in Ruhen und Grasens lassen Schwierigkeiten erahnen, entweder bedingt durch

die zuvor beschriebenen Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Aktivitätsdaten zum ungestörten Weideverhalten der Pferde oder aber durch Schwierigkeiten bei der Klassifizierung der GPS-Daten. Die Pferde, vor allem die Jungstute legten weitere Strecken zurück als die Rinder. Die Jungstute lief gleichzeitig weiter als die Altstute. Die Jungstute verbrachte am meisten Zeit mit Gehen, gefolgt von der Altstute und den 4 Rindern. Das sich die zurückgelegten Strecken im verwendeten Zeitanteil der Tiere für die Aktivität Gehen widerspiegeln kann als Hinweis dafür gedeutet werden, dass diese entsprechend der in Tabelle 4.2-9 ersichtlichen Prozentsätze bei Rinden und Pferden ähnlich erfolgreich klassifiziert werden konnte. Ein Vergleich der Klassifizierungsgenauigkeit zwischen HOMBURGER *et al.* (2014) und den eigenen Ergebnissen ist in Tabelle 4.2-9 aufgeführt.

Tab. 4.2-9 Vergleich: Ergebnisse der Klassifizierung des Weideverhaltens von Alm-Rindern (entnommen HOMBURGER *et al.*, 2014) und Rindern und Pferden der Taubergießen-Herde

Besondere Tiere	Anteil korrekt klassifizierter GPS-Punkte nach Aktivität (%)		
	Ruhen	Gehen	Grasen
Alm-Rinder	68	68	82
Taubergießen-Rinder	83	72	55
Taubergießen-Pferde	-	64	38

Die Klassifizierung der Daten der Taubergießen-Rinder scheint vor allem für die Aktivität Ruhen gelungen. Die Aktivität Gehen konnte ebenfalls zu einem Großteil korrekt klassifiziert werden. Die Aktivität Grasens wurde beinahe zur Hälfte falsch klassifiziert. HOMBURGER *et al.* (2014) und auch UNGAR *et al.* (2005) stellten fest, dass die Unterscheidung der Aktivitäten Gehen und Grasens während der Klassifizierung allein anhand von GPS-Daten schwierig ist. Die bei diesen beiden Aktivitäten generierte Abfolge von GPS-Punkten ähnelt sich räumlich. Eine genauere Abgrenzung der Aktivität Grasens von Gehen und Ruhen könnte mit Hilfe kombinierbarer Beschleunigungssensoren erreicht werden (UNGAR *et al.*; 2011; HOMBURGER *et al.* 2014).

Dass die Kategorien Ruhen und Gehen im Schonwald besser klassifiziert wurden als innerhalb der Studien von HOMBURGER *et al.* (2014) an Alm-Rindern, könnte damit zusammenhängen, dass die Rinder sich im Schonwald entlang der Pfade und Wege "deutlicher" fortbewegten als es Weidetiere auf offenen Weiden tun. Hierdurch bedingt ist eine Abgrenzung zwischen den Aktivitäten Ruhen und Gehen klarer. Das Grasens hingegen deutlich ungenauer klassifiziert wurde, kann folgende Gründe haben: Das typisch flächige Grasens mit langsamem Weideschritt, wie es auf offenen Weiden stattfindet, findet im Schonwald weniger und auf Bereiche mit üppigerem Nahrungsangebot beschränkt statt (z.B. offene Bereich um die Schluten). Da sich der Schonwald als Weidefläche dieser Studie stark von Schweizer Almweiden unterscheidet, verhalten sich die Rinder also anders beim Weiden. Findet sich auf der Alm für die Rinder verhältnismäßig viel Nahrung guter Qualität, müssen die Tiere weniger nach Nahrung suchen und ein pendelartiges Laufen und Grasens über die Weide in

mäßigem Tempo entspricht dem typischen Raumverhalten beim Grasens. Auf der Waldweidefläche war das natürliche Nahrungsangebot während der Untersuchungen jahreszeitlich und durch den Naturraum bedingt weniger üppig. Geweidet wurde nicht nur am Boden, sondern auch in der Strauchschicht (z.B. Efeu von Bäumen). Der Random Forest Algorithmus (HOMBURGER *et al.*, 2014: Model C) wurde nicht anhand von Salers-Rindern, sondern anhand von Milchkühen auf Alpweiden (Braunvieh, Fleckvieh und Angus) erarbeitet. Die unterschiedlichen Rassen und Haltungsbedingungen könnten weitere Gründe für Unterschiede im Raum-Zeitverhalten darstellen. Weiterhin handelt es sich um Individuen mit abweichender Erfahrung, sodass deren Weideverhalten ein anderes Raummuster aus GPS-Ortungen für die Aktivitäten Ruhen, Gehen und Grasens zur Folge haben kann.

4.2.2 Raum-Zeitverhaltens der besenderten Tiere

Ernährungsbiologie

Entscheidend für die Notwendigkeit, nach Nahrung zu suchen, war für die Tiere vor allem, ob ihnen Heu über die Zufütterungsgaben zur Verfügung stand oder nicht (Abschnitt 3.3.1). Selbst, wenn man den Anteil der GPS-Ortungen in unmittelbarer Nähe zu den Futterraufen (15m-Puffer) rausrechnet, hielten sich alle Tiere deutlich länger in den Beständen der Abteilung 4 als in jenen in Abteilung 5 auf. Wie die Ergebnisse in Kapitel 3.3.1 und 3.5 zeigen, legten die Pferde durchschnittlich 1,5-mal so große Distanzen zurück wie die Rinder und verbrachten verglichen mit den Rindern 1,75-mal so viel Zeit mit Gehen. Weiterhin lässt die Klassifizierung erkennen, dass die Rinder insgesamt zwei Drittel des Tages ruhten, die Pferde durchschnittlich die Hälfte des Tages dieser Aktivität nachgingen. Es kristallisieren sich zwei Strategien der Raumnutzung heraus, die sich anhand der Biologie der Rinder und Pferde begründen lässt. Rind und Pferd werden von HOFMANN (1989) den ‚**Gras- und Raufutterfresser**‘ zugeordnet, unterscheiden sich aber in ihrer Ernährungsphysiologie. Das Pferd ist entwicklungsgeschichtlich älter als die Wiederkäuer und seine Verdauung weniger effizient. Diese spielt sich hauptsächlich im Darm ab. Mit einem schnelleren Umsatz der Nahrung und einer dadurch ermöglichten größeren Aufnahme an Biomasse pro Kilogramm Körpergewicht wird die geringere Verwertungsrate gegenüber Rindern kompensiert. Rindern ist es durch ihren vierkammerigen Magen und das Wiederkäuen möglich, mehr verdauliche Trockenmasse aus Gräsern mittleren Rohfaseranteils zu extrahieren als Pferden. Hierfür benötigen sie längere Ruhephasen als Pferde (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 39). Diese Unterschiede könnten das in Abbildung 3.5-23 (Abschnitt 3.5) ersichtliche, größere Zeitbudget der Pferde für die Aktivität Grasens sowie der Rinder für die Aktivität Ruhen erklären. Aufgrund der unter 4.2.1 diskutierten, wenig aussagekräftigen Überprüfung der Klassifizierungsergebnisse für die Pferde, sind die unterschiedlichen Zeitbudgets der Pferde und Rinder allerdings nicht vollständig belegt. Dass die Pferde im ‚Wilde Weiden‘-Projekt nachts agiler waren als die Rinder zeigen die Dichteplots für die Dunkelheits-Zeitspanne. Die Weide wurde von den Pferden während der Dunkelheit flächiger ausgenutzt (Abb. 3.3-21). Dass Rinder nachts in größerem Maße ruhen als tagsüber zeigten PRATT *et al.* (1986) und VULINK *et al.* [2001, zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*; 2008]. Dagegen ist für Pferde bekannt, dass sie auch nachts weiden (FEIST und MCCULLOUGH, 1976; RAHMANN, 1998; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 39).

Konzentration auf das Wegenetz

Auffallend war, dass sich die Ortungen der Pferde trotz ihrer höheren täglich zurückgelegten Distanzen mit 23 % deutlich stärker auf das Wegenetz (5m-Pufferbereich) beschränkten, als es bei den Rindern mit 12 % der Fall war. Selbst die Rechnung für den Anteil der Aufenthalte im Bereich des 5m-Wegepuffers inklusive des 15m-Futterbereichs, in dem sich die Rinder länger aufhielten als die Pferde, ergibt mit 51 % für die Pferde und 46 % für die Rinder, dass die Pferde sich mehr auf den Wegen aufhielten. Im Umkehrschluss verminderte die Zufütterung die Ausnutzung der Waldweidefläche bei den Rindern stärker, entfernten sie sich jedoch mehr als 15 m von den Futterraufen, taten sie es weniger auf das Wegenetz konzentriert als die beiden Stuten.

Für Koniks in polnischen Waldreservatzuchten wurde im Laufe jahrzehntelanger Zucht beobachtet, dass Walddickichte von ihnen eher gemieden wurden und die Tiere sich öfter an Waldrändern, auf Kahlschlägen, Waldlichtungen, Waldweiden, Schneisen und anderen offenen Flächen aufhielten. Walddickichte hingegen wurden nur gelegentlich aus unbekanntem Gründen aufgesucht (JEZIERSKI und JAWORSKI, 2008: 146). Vermutlich war das kurze Gras auf den Wegen im Untersuchungsgebiet, wie es während der Besenderungszeit aus der Vegetationsperiode und nach vorigen Beweidungsintervallen noch stellenweise vorhanden war, für die Pferde einfacher abzuweiden und besser verwertbar als für die Rinder. Während Wiederkäuer nur im Unterkiefer Schneidezähne besitzen, deren Platz im Oberkiefer eine Kauplatte einnimmt, besitzen Pferde auch im Oberkiefer Schneidezähne. Dies erlaubt es Pferden, Gras bis auf 2-3 cm Höhe abzubeißen, während Rinder nur auf eine Höhe von 3-6 cm niederweiden können. Pferde können kurzes Gras schneller aufnehmen als Rinder, die das Gras mit ihrer Zunge oder der Kauplatte im Oberkiefer rupfen (MENARD *et al.*, 2002; BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 33). Dass die Rinder im Umkehrschluss mehr in die Bestände reinliefen und Bereiche mit dichtem Unterwuchs weniger mieden (Abschnitt 3.3.3, Abb. 20) kann dadurch begründet werden, dass sie an weniger lichte, halboffene Strukturen besser angepasst sind. Ernährungsbiologisch sind Rinder weniger stark auf Gräser spezialisiert und Kräuter und Weichhölzer können einen höheren Anteil ihrer Nahrung ausmachen. Pferde sind als Fluchttiere bekannt, wobei auch Rinder zum Beispiel gegenüber dem Menschen, in ganzjähriger Freilandhaltung ohne Anlockfütterung größere Fluchtdistanzen als Pferde entwickeln können (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 87). Dies ist im ‚Wilde Weiden‘-Projekt nicht der Fall, und die Pferde werden trotz ihrer Zutraulichkeit gegenüber dem Menschen als schreckhafter verglichen mit den Rindern wahrgenommen. Vermutlich meiden die Pferde dichte Bereiche besonders während der Dunkelheit (Abschnitt 3.3.5, Abb. 22) auch deswegen. Die geringe Anzahl der besenderten Tiere und Unterschiede zwischen den Individuen, insbesondere den besenderten Pferden, lassen Forschungsfragen offen.

Unterschiede Individuen

Sowohl zwischen den unterschiedlich alten Rindern, deutlicher allerdings zwischen den in Alter und Rasse abweichenden, besenderten Stuten sind Unterschiede in den aktivitätsspezifischen Zeitbudgets erkennbar (Abschnitt 3.5, Abb. 26). Die Altstute ruhte 8 % mehr und verbrachte dafür

jeweils 4 % weniger Zeit mit Grasen und Gehen. Jungpferde haben einen höheren Nahrungs- und Energiebedarf als Altpferde [SEGGERN, 1996, zit. n. RAHMANN, 1998]. Nach HOMM [1995, zit. n. RAHMANN, 1998] sind Jungtiere bewegungsaktiver als alte Tiere. Neben dem Alter könnte auch die soziale Position innerhalb der Herde die geringeren, täglich zurückgelegten Strecken der Altstute erklären. Die dominante Altstute versuchte, andere Herdentiere während der Anlock-Fütterungen oft wegzuscheuchen. Vergleicht man die Ergebnisse der Count in Polygon Analyse der beiden Stuten (Abschnitt 3.4) verbrachte die Altstute 2 % mehr Zeit (entspricht 12 Zeitstunden) innerhalb der Pufferbereiche um die Futterraufen als die Jungstute. Ob dies bedeutet, dass sie einen größeren Teil ihres Bedarfs über die Zufütterung decken ließ als die Jungstute, ist anhand der GPS-Ortungen alleine nicht nachvollziehbar. Letztendlich handelt es sich jedoch um Individuen mit unterschiedlichen Erfahrungen. Die Unterschiede zwischen den beiden Stuten in den Zeitbudgets für Ruhen, Grasen und Gehen trotz der Tatsache, dass sie sich, wie in Abschnitt 3.3.3 beschrieben, über die komplette Besenderungszeit in unmittelbarer Nähe zueinander aufhielten, lassen verschiedene Interpretationen zu. Zum einen könnten die Ergebnisse für eine Dominanz der Altstute gegenüber der Jungstute sprechen, die bewirkte, dass die Jungstute ihren Aktionsradius um die weniger agile Altstute legte, sodass sie innerhalb dessen weitere Strecken zurücklegte. Gleichzeitig könnte die Altstute auch auf kürzeren Wegen der Jungstute gefolgt sein. Möglich wäre auch, dass beiden Pferde zwar gemeinsam unterwegs waren, sich die Jungstute während der Ruhephasen der Altstute jedoch auf Nahrungssuche in deren Umkreis machte. Um solche Fragestellungen genau beantworten zu können, sind vertiefende Folgeforschungen nötig (Abschnitt 5.2).

Einwirkung der Witterung

Rinder legen sich bei starkem Regenfall und damit einhergehenden weichen Böden bei Fehlen eines adäquaten Unterstands nicht ab. Das wurde auch von WEBSTER *et al.* (2008) beobachtet. Wenn zudem das Nahrungsangebot gering ist, wie im Untersuchungsgebiet jahreszeitlich und naturräumlich bedingt, kann dies zu einer verminderten Pansen Fermentation - als wichtiger Quelle metabolischer Wärme - führen (VAN LAER *et al.*, 2015). Der Wald dient den Weidetieren im Winter als Schutz vor Kälte, Wind und Regen, hat aber nicht die gleiche Schutzwirkung wie ein Unterstand. TUCKER *et al.* (2006) stellten fest, dass Rinder in Freilandhaltung die Überdachung von Futterraufen als Unterstand nutzten, selbst wenn diese nur den Kopf vor Regen schützten. Neben dem Aufsuchen der Mineraleimer, Heu- und Anlockfütterungen kann dies einen zusätzlicher Grund dafür sein, dass sich die besenderten Tiere rund ein Drittel der Zeit im Bereich der Futterraufen aufhielten (Tab. 3.4-7). Wie in Abschnitt 3.3.2 (Abb. 3.3-17) erkenntlich, hat der Einfluss von Niederschlag und Temperatur neben der Zufütterung keinen direkt erkennbaren Effekt auf die zurückgelegten Distanzen der Tiere. SCHAICH (2009) konnte bei der Beobachtung von Galloway-Rindern erkennen, dass tageszeitlich wiederkehrende Rhythmen in ihrer Reihenfolge durch starken Regen verändert wurden.

Notwendigkeit von Zufütterungen in jungen Waldweide-Projekten

Um ein ausreichendes Nahrungsangebot in den Wintermonaten zu gewährleisten, gehören Zufütterungen in Extensiv-Weideprojekten mit Rindern zum Weidemanagement (FORSTBW, 2015). Sie waren während der Besonderungsperiode von besonderer Bedeutung, da sie dem Verdünnen des Winter-Schachtelhalm als hauptsächliche Nahrungsquelle der Rinder dienten. Der Winter-Schachtelhalm ist als Weidepflanze für Rinder und Pferde weniger erforscht als andere Schachtelhalme. Der Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*) gilt besonders für Rinder als unverträglich⁹. Der Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) ist für Pferde giftig (RAPP, 2017). Ob und welche Mengen verschiedener Schachtelhalmmarten gefährlich sind, hängt neben der betrachteten Tierart auch von Standorts- und Witterungsverhältnissen ab, da diese den Gehalt verschiedener für Weidetiere problematischen Pflanzeninhaltsstoffe der Schachtelhalme beeinflussen (STÄHLIN, 1957). Erfahrungen aus anderen Extensiv-Weideprojekten zum Abweiden von Winter-Schachtelhalm durch Rinder und Pferde sind nicht bekannt.

Da Futtermittel in der Vergangenheit knapp waren, magerten Rinder während der Wintermonate stark ab (KAPFER, 2010). Gewichtsverluste der gleichen Dimension sind mit den heutigen Vorstellungen zum Tierwohl von Tieren in Landschaftspflegeprojekten nicht vereinbar. Rinder und Pferde haben Strategien entwickelt, mit denen sie den Winter mit einem niedrigeren Nahrungsangebot überdauern können. Hierzu zählt die Einlagerung von Fett während der Vegetationsperiode und gutem Nahrungsangebot. Artabhängig variiert der Gewichtsverlust im Winter, wobei Rinder stärker abnehmen als Pferde. Während das ursprüngliche Verbreitungsgebiet von Pferden bis nach Nordskandinavien und Sibirien reichte, kam der weniger an Kälte angepasste Auerochse nur bis in die Breiten Südskandinaviens vor [SPITZENBERGER, 2001, zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008]. Pferde kommen aufgrund ihrer Ernährungsbiologie (s.o.) und durch ihr reiches Verhaltensrepertoire bei der Erschließung alternativer Nahrungsquellen auf Standorten noch zurecht, auf denen Rinder keine ausreichende Futtergrundlage haben (RAHMANN, 1998; COSYNS *et al.*, 2001). In polnischen Reservatzuchten grasen Koniks das ganze Jahr über durch und nur im Winter, wenn eine dicke Schneedecke liegt, sind Zufütterungen notwendig. Bei knappem Nahrungsangebot, fressen Koniks auch Disteln oder verrottetes Holz (JEZIERSKI und JAWORSKI, 2008: 133) und können nahrungsarme Perioden dank ihrer im Herbst angelegten Fettreserven überdauern (COSYNS *et al.*, 2001). Für zweijährige Koniks konnte KOWNACKI [1963, zit. n. JEZIERSKI und JAWORSKI, 2008: 138] feststellen, dass ein vermindertes Wachstum im Winter durch ein beschleunigtes Wachstum von Mai bis September bei gutem Nahrungsangebot ausgeglichen werden konnte. SEGGERN [1996, zit. n. RAHMANN, 1998] konnte an Islandpferden beobachten, wie diese auch Baumrinde und Wurzeln fraßen und unter der Wasseroberfläche grasten. RAHMANN (1988) bewertete die Zufütterung von Islandpferden im Winter als nicht notwendig, merkte aber an, dass ein- bis zweijährige Pferde stark abmagern können. Da Huftiergruppen für ihre Lernfähigkeit und die Weitergabe von Wissen an die nächste Generation bekannt sind (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 111) und der Untersuchungszeitraum erst die dritte mehrwöchige Beweidungsperiode im Schonwald darstellte, ist davon auszugehen, dass

⁹ Giftpflanzenbank der Univ. Zürich

die Tiere die sich verändernde Projektfläche weiter kennenlernen und bei der Erschließung von Nahrungsressourcen dazulernen. Besonders für die Rinder waren die Zufütterungsgaben mit autochthonem Heu während des Untersuchungszeitraums von besonderer Bedeutung, da sie verglichen mit den Pferden aufgrund zuvor beschriebener Gründe (Stammesgeschichte, Anatomie und Ernährungsbiologie, geringeres Verhaltensrepertoire bei der Erschließung alternativer Nahrungsquellen) weniger an den Winter mit wenig Nahrungsangebot angepasst sind.

4.2.3 Wirkung der Beweidung auf der Waldweidefläche

Das Raum-Zeitverhalten der Weidetiere ist zum einen von Strukturen der Waldweidefläche abhängig, zum anderen gestalten die Weidetiere den Schonwald über Tritt, Fraß und Dung. Die anhand der Rinder und Pferde gewonnenen GPS-Daten zeigen, dass die tatsächliche Beweidung auf der Schonwaldfläche kleinräumig variiert und die Mischbeweidung mit Pferd und Rind eine flächigere Ausnutzung der Waldweide zur Folge hat (Abb. 3.3-19). Wie in Abschnitt 3.3.3 genannt, orientiert sich das Raumverhalten der Rinder und Pferde an hydrologischen Strukturen. Entlang der Schluten bilden sich durch Tritt gestaltete Pfade aus, da die Tiere diese Barriere nur an Stellen überwinden, an denen das Stillgewässer unterbrochen ist. Solche Pfade entstehen schnell und verbinden häufig aufgesuchte Orte der Weidefläche mit präferiertem Nahrungsangebot oder Wasser (KOLTER *et al.*, 1999). Der in Abb. 2.2-7 dargestellte Feuchtwald scheint besonders für die Pferde eine Art Barriere beim Vordringen in den südlichen Teil von Abteilung 5 darzustellen (Abb. 3.3- 19 c). Aus polnischen Reservatzuchten ist bekannt, dass sich Koniks auf morastigem Untergrund unbeholfen bewegen und einzelne Tiere hier sogar ertranken (JEZIERSKI und JAWORSKI, 2008).

Wie unter 2.2 beschrieben unterscheiden sich Abteilung 4 und 5 wesentlich in ihrem Alter und der Lichtheit der Bestände. Eine Erklärung für die etwa 5-mal so hohe Aufenthaltsdichte in den Beständen der Abteilung 4 verglichen mit jenen in Abteilung 5 (Zeit an den Futterständen rausgerechnet, Abschnitt 3.4) kann das natürliche Nahrungsangebot sein. Dieses ist in der **Kraut- und Strauchschicht** in Abteilung 4 größer als in Abteilung 5. Ein reichlicher Unterwuchs, wie er durch genügend Lichteinfall auf den Boden ermöglicht wird, ist für ein ausreichendes Nahrungsangebot der Waldweide neben masttragenden Bäumen in der **Baumschicht** entscheidend [FREIST, 2001, zit. n. RÖDDE, 2015].

Krautschicht

Der flächenweise die Krautschicht dominierende Winter-Schachtelhalm kann durch die Weidetiere zum einen über die Auslese als Nahrungspflanze, zum anderen durch Tritt zurückgedrängt werden. Nach BRIEMLE *et al.* (2002) ist bei extensiver Beweidung neben Tritt womöglich auch Fraß notwendig, um die Dichte von immergrünen Chamaephyten wie dem Winter-Schachtelhalm zu senken. BLÜML *et al.* (2014) konnten auf Feuchtgrünland in Intensivbeweidung feststellen, dass Rinder und vor allem Pferde in hohen Dichten das Vorkommen von Sumpf-Schachtelhalm durch Tritt und Verbiss reduzieren können. Diese Giftpflanze wird von Wiederkäuern und Pferden gemieden, solange es

schmackhaftere und bekömmlichere Alternativen gibt [WEBER und VANSELOW, 2011, zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2015: 233]. In einem Extensiv-Weideprojekt mit Galloway-Rindern in der renaturierten Syraue (Luxemburg) hingegen konnte SCHAICH (2009) feststellen, dass sich Teich-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) während der Beweidung, Renaturierung und der Einstellung höherer Grundwasserstände ansiedelte und der Sumpf-Schachtelhalm im Gebiet zunahm. In extensiver Beweidung können die Weidetiere wählerischer sein als unter intensiver Beweidung der gleichen Fläche, da die Konkurrenz um Nahrungsressourcen zwischen den Weidetieren herabgesetzt ist.

Strauch- und Baumschicht

Aussagen zum Zurückdrängen der **Strauchschicht** sind anhand der Ergebnisse schwer zu treffen. Es konnte zwar beobachtet werden, dass Sträucher von Rindern im Vorbeigehen umgeknickt und niedergeritten wurden, Fraß fand während der Beobachtungen allerdings hauptsächlich in der Krautschicht statt. Die Nahrungswahl von Weidetieren wandelt sich allerdings im Jahresverlauf, da sie sich dem Angebot auf der Fläche anpasst. DUNCAN [1992, zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008] fand an Camargue-Pferde heraus, dass dieselben Kräuter und Sträucher während einer Periode bis zu ein Drittel der Nahrung stellen und in anderen Perioden komplett verschmäht werden können. Im Frühjahr bei Knospenaustrieb könnte sich also bereits ein komplett anderes Bild ergeben. Als wichtiges Merkmal extensiver Weideprojekte greifen die Weidetiere im Laufe des Jahres auf unterschiedliche Nahrungsressourcen zurück [SEGGERN, 1996, zit. n. RAHMANN, 1998].

Gehölzbestände werden von Rindern vermehrt als Deckung genutzt und junge Weichhölzer auch gefressen (BOKDAM, 2003: 176). Pferde hingegen schälen zwar Bäume, sind jedoch insgesamt mehr auf Gräser spezialisiert und ihr Einfluss auf Kräuter und Sträucher wird geringer als jener von Rindern eingeschätzt [DUNCAN, 1992, zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008] (COSYNS *et al.*, 2001). ELLENBERG (1996: 43) bewertet die extensive Waldweide als fähig, den aufkommenden Jungwuchs in lichten Wäldern zurückzudrängen. Dadurch bleibe die Lichtheit der Bestände erhalten, da Lücken der Baumschicht nicht mehr geschlossen werden.

Die Eichen und Buchen der **Baumschicht** in Abteilung 4 sind im Gegensatz zu jenen in Abteilung 5 alt genug für eine Mast. Freigestellte alte Eichen und Buchen, wie sie in Abteilung 4 zu finden sind, werfen enorme Fruchtbehänge ab (SCHERZINGER, 1996: 60). In Mastjahren können Mengen von 953 kg Eicheln bzw. 200 kg Bucheckern (1,5 Mio. Samen) pro Hektar erreicht werden (PUCEK *et al.*, 1993). 1 kg Eicheln entspricht mit einem Fettgehalt von um die 20 % einem Nährwert von 3000-4000 kcal (DUNHAM, 2009). Im Herbst 2017 gab es im Untersuchungsgebiet zwar keine Vollmast, die Eichen in Abteilung 4 trugen allerdings reichlich Behang, die als Sprengmast eingestuft wurde (IHLE, 2018). Da die Rinder und Pferde in Abteilung 4 mehrmals beim Fressen von Eicheln beobachtet wurden, ist anzunehmen, dass dieses energiereiche Nahrungsangebot das Raumverhalten der Tiere beeinflusste. Letztes konnte an New Forest Ponys beobachtet werden, für die sogar Todesfälle auf das Fressen großer Mengen unreifer, grüner Eicheln zurückgeführt wurden (TYLER, 1972). Diese gelten schon in kleineren Mengen für Pferde als gefährlich. Für Rinder sind Eicheln, wie auch andere für Pferde

unverträgliche Kräuter, dank ihres effizienten Verdauungssystems unproblematisch (BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008: 40).

Erst die langfristige Entwicklung der Bestandesstrukturen und Artenzusammensetzung wird zeigen, wie die Weidetiere die Flächen gestalten. Auflichtungen der Baumschicht in geschlossen bis lockeren Beständen, wie sie in Abteilung 5 vorherrschen, können durch die Rinder nicht erwartet werden (WALLIS DE VRIES, 1999, ForstBW, 2017). Pferde ringeln aber selbst große Bäume [DUNCAN, 1992, zit. n. BUNZEL-DRÜKE, 2008]. Von Koniks in der Oranienbaumer Heide ist bekannt, dass sie gerne Eiche schälen, sodass jüngere Eichen mit einem Stammdurchmesser bis zu 25 cm dort mit einem Zaun geschützt werden. Ältere Eichen mit stärkerem Stammdurchmesser werden selten und weniger stark angegangen, sodass diese keine starken Schädigungen davontragen (HENNING, 2017). In einem Pfeifengras-Buchen-Eichwald im Naturschutzgebiet „Hühnerfeld“ im Naturpark Münden (Niedersachsen) wurden selbst ältere Eichen vor Schälsschäden durch eine Herde Islandpferde geschützt (RAHMANN, 1998). Schälverhalten konnte im Untersuchungszeitraum bei keinem der Pferde beobachtet werden. Von Bäumen und großen Sträuchern im Offenland (z.B. Haselnuss) ist allerdings bekannt, dass diese geschält werden. Es ist denkbar, dass aufgrund der bisher kurzen Weideleistung im Wald nur wenige Schälstellen ausgebildet sind und diese aufgrund der geringen Quantitäten übersehen wurden. Für die kommenden Jahre ist von einer Zunahme der Schälstellen auszugehen. Die Steigerung von Strukturvielfalt und Erhöhung des Nischenangebots sind Voraussetzungen für eine Steigerung der Artenvielfalt im Projektgebiet. Die Beweidung, forstliche Eingriffe und ökologische Flutungen werden den Schonwald als Lebensraum verändern. Die eigenen Untersuchungen konnten nur einen kleinen Eindruck der Wirkung von Beweidung innerhalb eines Wintermonats geben.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Für das weitere Weidemanagement

Die Untersuchungen zeigten, dass der Einsatz von GPS-Datenloggern umfangreiche Erkenntnisse zum Raum-Zeitverhalten von Weidetieren liefern kann. Für die Beantwortung zukünftiger Fragestellungen des Weidemanagements könnten besonders aktive Datenlogger attraktiv sein. Deren Einsatz bietet sich dort an, wo Weidetiere auf großer Fläche weiden, wie zum Beispiel in den norwegischen Hochebenen, in den Alpen oder in extensiven Weideprojekten. Über Funk kann die Position von Leittieren an den Tierhalter übertragen werden. So wird das Auffinden der Herde erleichtert und Rückschlüsse zum Raum-Zeitverhalten der Tiere über das Jahr hinweg können gezogen werden (AIGNER, 2013; ØDEGÅRD, 2015). Klarheit bezüglich des Winter-Schachtelhalms als Weidepflanze für Rinder und Pferde wäre für das zukünftige Weidemanagement, insbesondere im Winter, wenn das Nahrungsangebot gering ist, wichtig. Ein freier Wechsel zwischen Wald- und Offenlandflächen, wie er im ‚Wilde Weiden‘-Projekt langfristig geplant ist, wird es den Weidetieren erleichtern, ihre Nahrung aus einem breiteren Spektrum, jahreszeitenabhängig zu wählen.

5.2 Für die weitere Forschung

Erst eine langfristige Erfassung der Bestandesstrukturen und des Artenspektrums von Flora und Fauna ermöglichen fundierte Aussagen zum Potenzial der Waldweide als Instrument der Auflichtung, Steigerung der Strukturvielfalt und Schaffung günstiger Voraussetzungen für den Eichennachwuchs. Nach PIEK (1998) kann eine umfassende Analyse der ökologischen Folgen von Beweidung in einem Projektgebiet erst nach fünf Jahren durchgeführt werden. BUTTENSCHØN und BUTTENSCHØN (2015) führten langjährige Untersuchungen in eichendominierten Wäldern im Mols Bjerge National Park (Dänemark) durch und zeigten, dass die Artenvielfalt in den über 25 Jahre hinweg im Herbst beweideten Waldflächen höher als jene auf den unbeweideten Vergleichsflächen war. Dies wurde folgendermaßen begründet: Verbreitung von Samen über den Verdauungstrakt und das Fell der Weidetiere, die heterogene Umverteilung von Nährstoffen über den Weidetier-Dung und das Eintrampeln von Samen durch Tritt. Durch das Abweiden der Äste bis auf den Weidehorizont fällt mehr Licht auf den Boden, wovon besonders Licht- und Halbschattenarten profitieren. SCHAICH (2009) konnte in der Syraue (Luxemburg) den positiven Einfluss von extensiver Beweidung mit Rindern auf die Struktur- und Artenvielfalt in renaturiertem Feuchtgrünland feststellen. Mithilfe über einen längeren Zeitraum generierter GPS-Daten von Weidetieren in herdenleitender Position könnte ein Vergleich zwischen dem Raum-Zeitverhalten der Herde und der Entwicklung der Projektfläche stattfinden. So können Fragen zum Wirken der Weidetiere als Schlüsselfaktoren bei der Entwicklung halboffener Weidelandschaften geklärt werden.

Einige zukünftige Forschungsfragen:

- Welche Faktoren bestimmen das Raum-Zeitverhalten von Rindern und Pferden der Taubergießen-Herde im jahreszeitlichen Wechsel?
- Welche Pferde und Rinder leiten die Herde und inwiefern können sich soziale Strukturen innerhalb der Herde verändern?
- Verändert sich das Raum-Zeitverhalten der Tiere im Schonwald mit zunehmender Erfahrung?
- Wie sähe die Beweidungsdichte des Schonwaldes aus, würden die winterlichen Zufütterungen im Süden der Abteilung 5 stattfinden?
- Tragen die Weidetiere über Epi- und Endozoochorie zum Biotopverbund zwischen Offenland und Wald bei?
- Wo verschwimmen Grenzen zwischen Wald und Offenland und welche Rolle spielt dabei das Raum-Zeitverhalten der Weidetiere?

6 QUELLENVERZEICHNIS

- ADALSTEINSON, S. (1980): Origin and conservation of farm animal populations in Iceland. The Agricultural Research Institute, Keldnaholt, Reykjavik, Iceland: 7 S.
- AIGNER, S. (2013): Telemetry. In: JARITZ, G. und BURKART-AICHER, B. (2013): Almen aktivieren - Neue Wege für die Vielfalt. Projektergebnisse und Empfehlungen. Salzburg, Laufen: 67 S.
- ANDERSON, D.M.; ESTELL, R.E. und A.F. CIBILS (2013): Spatiotemporal Cattle Data—A Plea for Protocol Standardization. *Positioning 4*: 21 S.
- BETTERIDGE, K.; HOOGENDOORN, C.; COSTALL, D.; CARTER, M. UND W. GRIFFITHS (2010): Sensors for detecting and logging spatial distribution of urine patches of grazing female sheep and cattle. *Computer and Electronics in Agriculture 73*: 17 S.
- BLÜML, V.; LANGE, G.; MOST, A. und J. MÜLLER (2014): Nutzungsmöglichkeiten von Feuchtgrünland mit Vorkommen vom Sumpf-Schachtelhalm. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 34*: 13 S.
- BOKDAM, J. (2003): Nature conservation and management: Free-ranging cattle as a driving force for cyclic vegetation succession. Universität Wageningen: Dissertation.
- BRIEMLE, G.; NITSCHKE, S. und L. NITSCHKE (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. Bundesamt für Naturschutz Bonn. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38: 22 S.
- BROOKS, C.; BONYONGO, C. und S. HARRIS: Effects of Global Positioning System Collar Weight on Zebra Behavior and Location Error. *Journal of Wildlife Management 72*: 9 S.
- BUNZEL-DRÜKE, M.; DRÜKE, J. und H. VIERHAUS (2001): Der Einfluss von Großherbivoren auf die Naturlandschaft Mitteleuropas. In: Amt der Niederösterreichischen Landesregierung: 9 S.
- BUNZEL-DRÜKE, M.; BÖHM, C.; FINCK, P.; KÄMMER, G.; LUICK, R.; REISINGER, E.; RIECKEN, U.; RIEDL, J.; SCHARF, M. und O. ZIMBALL (2008): Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung: "Wilde Weiden". Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V.: Bad Sassendorf-Lohne: +215 S.
- BUNZEL-DRÜKE, M.; BÖHM, C.; ELLWANGER, G.; FINCK, P.; GRELL, H.; HAUSWIRTH, L.; HERRMANN, A.; JEDICKE, E.; JOEST, R.; KÄMMER, G.; KÖHLER, M.; KOLLIGS, D.; KRAWCZYNSKI, R.; LORENZ, A.; LUICK, R.; MANN, S.; NICKEL, H.; RATHS, U.; REISINGER, E.; RIECKEN, U.; RÖBLING, H.; SOLLMANN, R.; SSYMANK, A.; THOMSEN, K.; TISCHEW, S.; VIERHAUS, H.; WAGNER, H.-G. und O. ZIMBALL (2015): Naturnahe Beweidung und NATURA 2000: Ganzjahresbeweidung im Management von Lebensraumtypen und Arten im europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000. Heinz Sielmann Stiftung: Duderstadt. +259 S.
- BUTTENSCHØN, R. M. und J. BUTTENSCHØN (2015): Woodland grazing with cattle – results from 25 years of grazing in acidophilus pedunculate oak (*Quercus robur*) woodland. ResearchGate: 12 S.
- COPPEL, G. (BRESCH HENNE MÜHLINGHAUS PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH, 2016): Würdigung des Schonwaldes Lichter Wald. 27 S.

- COSYNS, E.; DEGEZELLE, T. und M. HOFFMANN (2001): Feeding ecology of Konik horses and donkeys in Belgian coastal dunes and its implications for nature management. *Belg. J. Zool.* 131: 8 S.
- CUTLER, D.R.; EDWARDS, T.C; BEARD, K.H., CUTLER, A.; HESS, K.T.; GIBSON, J. und J.J. LAWLER. (2007): Random Forests for Classification in Ecology. *Ecology* 88: 10 S.
- DUNHAM, S. B. (2009): Nuts about Acorns: A Pilot Study on Acorn Use in Woodland Period Subsistence in the Eastern Upper Peninsula of Michigan. *The Wisconsin Archeologist*, 90: 17 S.
- DUNCAN, P.: Horses and grasses: the nutritional ecology of equids and their impact on the Camargue. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. 1992. 287 S. [zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008].
- ECKERT, B. (stellv. f. ISLANDPFERDE-REITER- UND ZÜCHTERVERBAND E.V., 2018): Schriftliche Mitteilung.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Stuttgart: Ulmer. +1095 S.
- FEIST, J.D. und G.R. MCCULLOUGH (1976): Behaviour Patterns and Communication in Feral Horses. *Z. Tierpsychol.* 41: 34 S.
- FISCHER, A.; SCHALITZ, G. und A. BEHRENDT (2008): Comparative studies on the grazing behaviour of fallow deer and sheep in winter. *Arch. Anim. Breed.* 51: 11 S.
- FORESTEUROPE (2015): State of Europe's Forests 2015.
- FORSTBW (ed., 2015): Die Gesamtkonzeption Waldnaturschutz ForstBW. Stuttgart: 60 S.
- ForstBW (ed., 2017): Merkblatt Waldweide ForstBW. Stuttgart: 56 S.
- FORSTEINRICHTUNGSWERKE DER GEMEINDE KAPPEL BZW. KAPPEL-GRAFENHAUSEN VON 1872 – 2010. [zit. n. COPPEL, 2016]
- FREIST, H. (1999): Waren die Waldnutzungen in Mitteleuropa vom Mittelalter bis zur Industrialisierung regellos? Der Mittelwald als Lebensgrundlage. In: GERKEN, B. und M. GÖRNER (eds.): Europäische Landschaftsentwicklung mit großen Weidetieren: Geschichte, Modelle und Perspektiven. *Natur- und Kulturlandschaft 3*. Jena: Höxter. 1999. + 435 S.
- FREIST, H. (2001): Historische Waldweide: Heutige Lebensbedingungen des Schalenwildes? [zit. n. RÖDDE, 2015]
- HABER, W.: Landwirtschaft und Naturschutz. Weinheim: Wiley-VCH. 2014. +258 S.
- HAMPSON, B.A.; MORTON, J.M.; MILLS, P.C.; TROTTER, M.G.; LAMB, D.W. und C.C. POLLITT (2010): Monitoring distances travelled by horses using GPS tracking collars. *Australian Veterinary Journal* 88: 5 S.
- HENNING, K. (2017): Mündliche Mitteilung.
- HOFMANN, R.R. (1989): Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 15 S.
- HOMBURGER, H.; SCHNEIDER, M.K.; SCHERER-LORENZEN, M. und A., LÜSCHER (2012): Measuring grazing intensity in heterogeneous pastures using GPS-tracking. *Grassland Science in Europe* 17: 3 S.

- HOMBURGER, H.; Schneider, M.K. und A., LÜSCHER (2014): Inferring behavioral states of grazing livestock from high-frequency position data alone. *PloS ONE* 9: 22 S.
- HOMBURGER, H.; LÜSCHER, A.; SCHERER-LORENZEN, M. und M.K. SCHNEIDER (2015): Patterns of livestock activity on heterogeneous subalpine pastures reveal distinct responses to spatial autocorrelation, environment and management. *Movement Ecology* 3: S. 15.
- HOMM, A. (1980): Pferdeweiden- Bewirtschaftung, Düngung und Pflege. In: Naturschutzzentrum Märkischer Kreis e.V. (ed.): *Pferdehaltung in Einklang mit Natur und Umwelt. Tagungsbericht. Werdohl-Elversingen*: 8 S. [zit. n. RAHMANN, 1998]
- IRONSIDE, K.E.; MATTSON, D.J.; ARUNDEL, T.R. und J.R. HANSEN (2017): Is GPS telemetry location error screening beneficial? *Wildlife Biology*: 8 S.
- ISENBÜGEL (1966): *Das isländische Pony: Ein Beitrag zur Abstammung, Rassenkunde und Haltung des isländischen Kleinpferdes*. Universität Zürich: Dissertation.
- JAIN, M.; NAGASUBRAMANIAN, G.; JUNGST, R.G. UND J.W. WEIDNERA (1999): Analysis of a Lithium/Thionyl Chloride Battery under Moderate-Rate Discharge. *Journal of The Electrochemical Society* 146: 8 S.
- JANSEN, T.; FORSTER, P.; LEVINE, M.A.; OELKE, H.; HURLES, M.; RENFREW, C.; WEBER, J. und K. OLEK (2002): Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 6 S.
- JEZIERSKI, T. und Z. JAWORSKI: *Das polnische Konik*. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 658. Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben. 2008. +261 S.
- KAPFER (2010): *Mittelalterlich-frühneuzeitliche Beweidung der Wiesen Mitteleuropas: Die Frühjahrsvorweide und Hinweise zur Pflege artenreichen Grünlands*. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42: 8 S.
- KILGOUR, R. J. (2012): In pursuit of "normal": A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 138: 10 S.
- KOLTER, L.; SCHACH, C. und T. WEBER (1999): Habitat Use of Feral and Przewalski's Horse (*Equus ferus przewalskii*). In: GERKEN, B. und M. GÖRNER (eds.): *Europäische Landschaftsentwicklung mit großen Weidetieren: Geschichte, Modelle und Perspektiven*. *Natur- und Kulturlandschaft* 3. Jena: Höxter. 1999. + 435 S.
- KONOLD, W. (2008): *Nutztiere in der Kulturlandschaft*. *Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim* 17: 17 S.
- KOWNACKI, M. (1963): Kształtowanie się typu konika polskiego na tle jego rekompensacyjnych zdolności wzrostu. *Roczniki Nauk Rolniczych* 82: 33 S. [The formation of Polish horse in relation to its compensating growth abilities] [zit. n. JEZIERSKI, T. und Z. JAWORSKI, 2008]
- LEWIS, J. S.; RACHLOW, J. L.; GARTON, E. O. und L. A.E., VIERLING (2007): Effects of habitat on GPS collar performance: Using data screening to reduce location error. *Journal of Applied Ecology* 44. 8 S.

- LUICK, R. (2002): Möglichkeiten und Grenzen extensiver Weidesysteme mit besonderer Berücksichtigung von Feuchtgebieten. Laufener Seminarbeiträge 1/02: 16 S.
- MENARD, C.; DUNCAN, P.; FLEURANCE, G.; GEORGES, J.-Y. und M. LILA (2002): Comparative foraging and nutrition of horse and cattle in European wetlands. *Journal of Applied Ecology* 39: 13 S.
- MICHIELS, F. (2015): Lichte Wälder: warum sie uns wichtig sind. *Waldnaturschutz FVA*: 3 S.
- NEUBECK, C. (2014): Auendynamik, Biber und Weidetiere Schlüsselfaktoren für den Erhalt der Gelbbauchunke. *Aktuell Naturschutz und Landschaftsplanung* 46: 2 S.
- ØDEGÅRD, F. E. (2015): Tiltak for å forebygge rovviltskader på sau i Norge. Veileder: 76 S. [Maßnahmen zur Prävention von Angriffen durch Raubtiere auf Schafe in Norwegen]
- PIEK, H (1998): The practical use of grazing in nature reserves in The Netherlands: 19 S. In: WALLISDEVRIES, M. F.; VAN WIEREN, S.E. und J.P. BAKKER (eds.,1998): *Grazing conservation and Management*. Springer. +365 S.
- PUCEK, Z.; JEŃDRZEJEWSKI, W.; JEŃDRZEJEWSKA, B. und M. PUCEK (1993): Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Białowieża National Park) in relation to weather, seed crop, and predation. *Acta Theriologica* 38: 34 S.
- PRATT, R.M., R.J. PUTMAN, J.R. EKINS und P.J. EDWARDS (1986): Use of habitat by free-ranging cattle and ponies in the New Forest, Southern England. *Journal of Applied Ecology* 23: 18 S.
- REIF, A.; GÄRTNER, S.; ZIMMERMANN, R.; SPÄTH, V. UND J. LANGE (2013): Auenentwicklung am südlichen Oberrhein: „Trockenaue“ und rezente Rheinaue. *Tuexenia Beiheft* 6: 44 S.
- RAHMANN, G. (1998): Biotoppflege mit Pferden: Möglichkeiten und Grenzen der Pflege von Streuwiesen (mit Dominanz Pfeifengras und Adlerfarn) durch Islandpferde: 17 S.
- RAPP, W.F. (2017): The Toxicity of Equisetum. *American Fern Journal* 44: 6 S.
- REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN (ed., 2006): Regionale Klimaanalyse Südlicher Oberrhein (REKLISO): 120 S.
- RÖDDE, S.M.-C. (2015): Verhalten und Raumnutzung von Exmoorponys im Reiherbachtal (Solling). Georg August-Universität Göttingen: Dissertation.
- ROPERT-COUDERT, Y. und R.P. WILSON (2004): Subjectivity in biologging science: do logged data mislead? *Mem. Natl. Inst. Polar Res.* 58: 11 S.
- RUPP, M. (2013): Beweidete lichte Wälder in Baden-Württemberg: Genese, Vegetation, Struktur, Management. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: Dissertation.
- SCHAICH, H. (2009): Zukunftsfähige Auenlandschaften durch Wiedervernässung und Beweidung? Interdisziplinäre Analyse einer Renaturierungsmaßnahme am Beispiel des Syrtals (Luxemburg). Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: Dissertation.
- SCHERZINGER, W.: *Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung*. Stuttgart: Ulmer. 1996. +447 S.

- SCHNEIDER, M.K.; HOMBURGER, H.; SCHERER-LORENZEN, M. und A. LÜSCHER (2013): Beweidungsintensität und Ökosystemleistungen im Alpengebiet. *Agrarforschung Schweiz* 4: 8 S.
- SCHNEIDER, M. (2017): Mündliche Mitteilung.
- SEGGERN, A. (1996): Verhalten von Islandpferden bei der Pflege extremer Standorte. Universität Kassel: Diplomarbeit. [zit. n. RAHMANN, 1998]
- SPITZENBERGER, F. (ed.): Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des BMLFUW Bd. 13. Austria medien service, Graz. 2001.: 895 S. [zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008]
- STÄHLIN, A. (1957): Die Beurteilung der Futtermittel. Bd. 12 S. In: HERRMANN, R. (ed.): *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch)*. Radebeul, Berlin: Neumann. 1957. +214
- STREIF, S. (2017): Mündliche Mitteilung.
- THOMA, S. (2017): Mündliche Mitteilung.
- TYLER, S.J. (1972): The behaviour and Social Organisation of the New Forest Pony. *Anim. Behav. Monogr.* 5: 111 S.
- UNGAR, E.D.; HENKIN, Z.; GUTMAN, M.; DOLEV, A.; GENIZI, A. und D. GANSKOPP (2005): Inference of Animal Activity from GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology Management* 58: 11 S.
- UNGAR, E.D.; SCHÖNBAUM, I.; HENKIN, Z.; DOLEV, A.; YEHUDA, Y. UND A. BROSH (2011): Inference of the Activity Timeline of Cattle Foraging on a Mediterranean Woodland Using GPS and Pedometry. *Sensors* 11: 21 S.
- UNTERE NATURSCHUTZBEHÖRDE FREIBURG (2016): Schonwaldverordnung der Körperschaftsforstdirektion. GBI vom 23. Dezember 2016, S. 641-644
- TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; VERKERK, G.A. und P. KENDALL (2007): Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter. *Applied Animal Behaviour Science* 105: 13 S.
- TURNER, L. W.; UDAL, M. C.; LARSON, B. T. und S.A. SHEARER (2000): Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 10 S.
- VAN KOLFSCHOTEN, T. (1999): Pleistocene Herbivores and their Environment. In: GERKEN, B. und M. GÖRNER (eds.): *Europäische Landschaftsentwicklung mit großen Weidetieren: Geschichte, Modelle und Perspektiven*. Natur- und Kulturlandschaft 3. Jena: Höxter. 1999. + 435 S.
- VAN LAER, E.; AMPE, B.; MOONS, C.; SONCK, B. und F.A.M. TUYTTENSA (2015): Wintertime use of natural versus artificial shelter by cattle in nature reserves in temperate areas. *Applied Animal Behaviour Science* 163, 10 S.
- VERA, F.W.M. (1999): Ohne Pferd und Rind wird die Eiche nicht überleben. In: GERKEN, B. und M. GÖRNER (eds.): *Europäische Landschaftsentwicklung mit großen Weidetieren: Geschichte, Modelle und Perspektiven*. Natur- und Kulturlandschaft 3. Jena: Höxter. 1999. + 435 S.

- VERA, F.W.M. (ed.): Grazing ecology and forest history. CAB International: Wallingford. 2000. +528 S.
- VERA, F.W.M. (2009): Large-scale nature development – the Oostvaardersplassen. *British Wildlife* 20: 9 S.
- VULINK, J.T.; CORNELISSEN, P.; DROST, H.J. und H.H.T. PRINS (2001): Hindgut fermentation is not an evolutionary dead end: comparative feeding ecology of cattle and horses. [zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2008]
- Wallis De Vries, M.F. (1999): The Dilemma facing nature conservation and the role of large herbivores. In: GERKEN, B. und M. GÖRNER (eds.): Europäische Landschaftsentwicklung mit großen Weidetieren: Geschichte, Modelle und Perspektiven. Natur- und Kulturlandschaft 3. Jena: Höxter. 1999. + 435 S.
- WEBER und VANSELOW: der Duwock oder Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*): Strategien zur Verdrängung der Giftpflanze auf Wiesen und Weiden. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 678. Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben. 2001. 144 S. [zit. n. BUNZEL-DRÜKE *et al.*, 2015]
- WEBSTER, J.R.; STEWART, M.; ROGERS, A.R. und G.A. VERKERK, (2008): Assessment of welfare from physiological and behavioural responses of New Zealand dairy cows exposed to cold and wet conditions. *Anim. Welf.* 17: 7 S.
- WITTE, T. H. und A. M. WILSON (2005): Accuracy of WAAS-enabled GPS for the determination of position and speed over ground. *Journal of biomechanics* 38: 6 S.
- WOLF, R. (2010): «Entlesboden» und «Obere Weide» - Zwei Naturschutzgebiete auf den Waldenburger Bergen. *Schwäbische Heimat* 61: 10 S.
- ZIELKE, L. (2017): Mündliche Mitteilung.

Geodaten/ Shapefiles

FORSTBW, Fachbereich Forsteinrichtung und Forstliche Geoinformation. [2017]

- Hauptwegenetz
- Baumartenverteilung
- Altersstufen

FVA Baden-Württemberg: Az.: 2851.9-1/3. [2017]

- Digitales Orthophoto 2015
- Digitales Geländemodell
- Geschützte Waldbiotope
- FFH-Gebiet „Taubergießen, Elz und Ettenbach“
- Shapefiles zur Projektkulisse

Internetquellen

Regierungspräsidien Baden-Württemberg:

¹ Rückhalteraum Elzmündung: <https://rp.badenwuerttemberg.de/Themen/WasserBoden/IRP/Seiten/Elzmuendung.aspx> (zuletzt aufgerufen: 2.04.2018)

² Integriertes Rheinprogramm: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/Themen/WasserBoden/IRP/Seiten/default.aspx> (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Räumliches Informations- und Planungssystem Datenbank:

³ FFH 7712-341 Gebiet „Taubergießen, Elz und Ettenbach“: <https://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/naturschutz/schutzgebiete/steckbrief.aspx?id=80902600013> (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁴ Vogelschutzgebiet 7712-401 „Rheinniederung Sasbach - Wittenweier“: https://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/vogelschutz/sachdat/texte/mlr_text/anlage1.pdf (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁵ Naturschutzgebiet „Taubergießen“: <https://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/naturschutz/schutzgebiete/steckbrief.aspx?id=909001000199> (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁶ Bannwald „Taubergießen“ (inklusive Bannwald „Breitsand“): <https://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/naturschutz/schutzgebiete/steckbrief.aspx?id=989007000050> (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁷ ‚Wilde Weiden‘- Projekthomepage: wildeweiden-lev.de/ (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁸ DWD: STATION LAHR (Stations-Nr. 02812): ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/daily/ (Kilmadatenbank, zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

⁹ Giftpflanzendatenbank der Universität Zürich: http://www.vetpharm.uzh.ch/reloader.htm?giftdb/pflanzen/0043_tvm.htm?inhalt_c.htm (zuletzt aufgerufen: 02.04.2018)

7 ANHANG

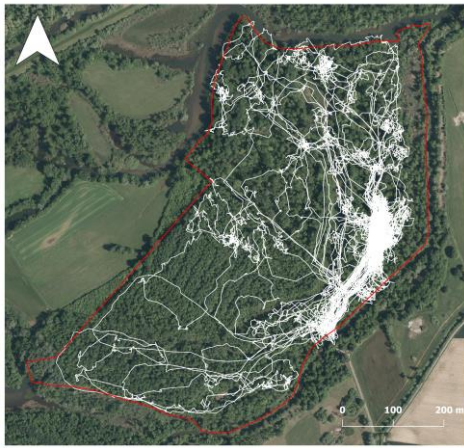
Tab. 7.-10 Liste Wissenschaftlicher Artennamen

Flora		Fauna	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	<i>Bombina variegata</i>	Gelbbauchunke
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	<i>Hyla arborea</i>	Laubfrosch
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	<i>Jynx torquillader</i>	Wendehals
<i>Carpinus beutulus</i>	Hainbuche	<i>Myotis bechsteinii</i>	Bechsteinfledermaus
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	<i>Myotis myotis</i>	Großes Mausohr
<i>Corylus avellana</i>	Gewöhnliche Hasel	<i>Rhinolophus</i>	Große Hufeisennase
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	<i>ferrumequinum</i>	
<i>Equisetum arvense</i>	Acker-Schachtelhalm		
<i>Equisetum fluviatile</i>	Teich-Schachtelhalm		
<i>Equisetum hyemale</i>	Winter-Schachtelhalm		
<i>Equisetum palustre</i>	Sumpf-Schachtelhalm		
<i>Fagus sylvatica</i>	Gewöhnliche Buche		
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche		
<i>Ligustrum vulgare</i>	Gewöhnlicher Liguster		
<i>Malus sylvestris</i>	Holzapfel		
<i>Populus autoch. spec.</i>	Autochthone Pappeln		
<i>Populus tremula</i>	Zitterpappeln		
<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche		
<i>Pyrus pyraster</i>	Wildbirne		
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde		
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		

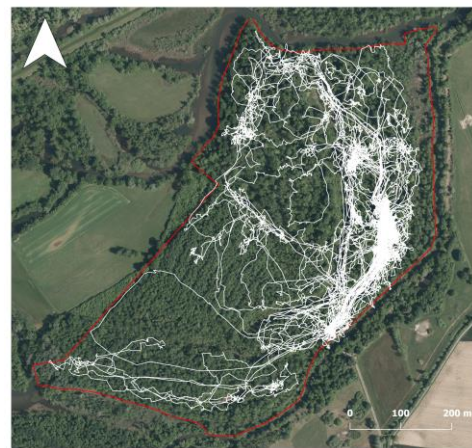
Tab. 7.-11 Eigenschaften der GPS-Datensätze

Tier (Tiername)	N Datenpunkte des finalen Datensatzes	N Datenpunkte mit PDOP		N Datenpunkte mit NSAT <4 (2D fix)
		>5	>10	
Rind 1 (Ronja)	106.965	23	3	7
Rind 2 (Zaida)	106.965	17	5	3
Rind 3 (Bijou)	135.895	110	21	12
Rind 4 (Rebecca)	128.631	28	5	17
Altstute (Hrana)	106.965	13	0	0
Jungstute (Bernadine)	106.966	13	3	1

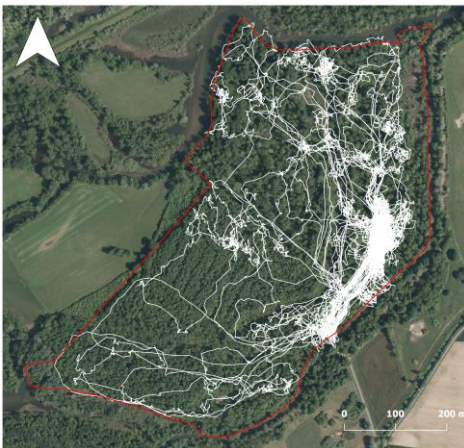
Tracks



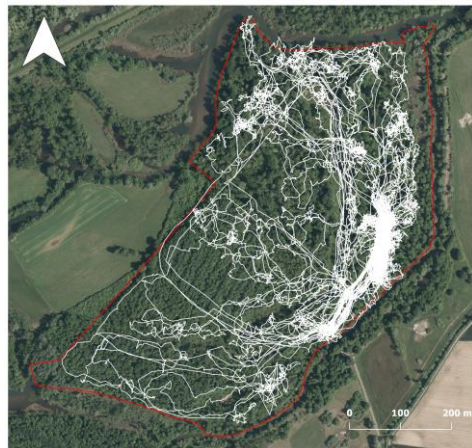
c Rind 1



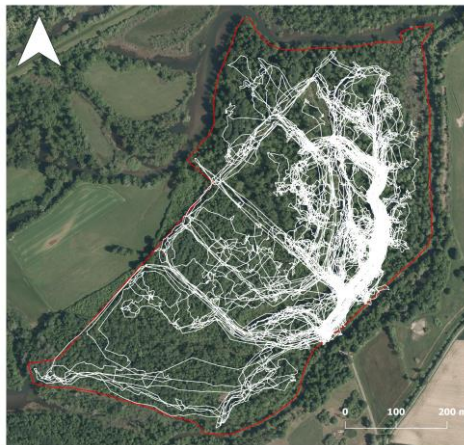
d Rind 2



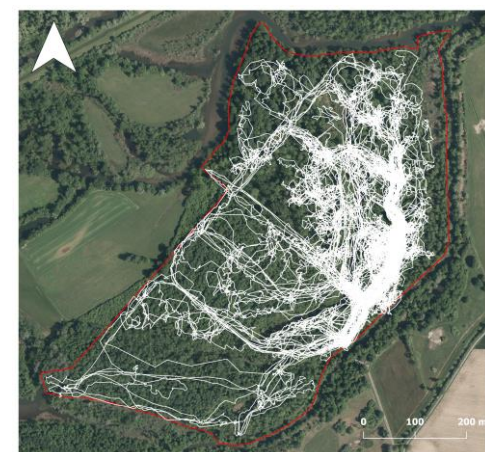
a Rind 3



b Rind 4



e Altstute



f Jungstute

Abb.7.-27 Tracks aller Tiere für die gesamte Besederungsperiode

Fotos



Abb. 7.-28 Bereich der Futterraufen mit Futterwannen (weiß) und Mineraleimer (grün)



Abb.7.-29 Rinder und Pferde unter Alteiche



Abb. 7.-30 Rind 1, das eine der im Schonwald befindlichen wenige cm tiefe Wasserfläche durchwatet



Abb. 7.-31 Trittpfade entlang der Schlut bilden sich aus



Abb. 7.-32 Trittpfade verbinden Elzufer und Futterraufen



Abb. 7.-33 Pferde auf Wegen

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

“Hiermit versichere ich, Anna-Lea Ortmann, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Arbeit bisher oder gleichzeitig keiner anderen Prüfungsbehörde unter Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt wurde.“

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Ortmann', with a long horizontal flourish extending to the right.

Freiburg, den 10.04.2018

Unterschrift