

Fakultät FAVM

Bachelorthesis

im Studiengang Pferdewirtschaft
zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

**Pferd-Wolf-Interaktion: Erstellung eines R-Skripts zur Auswertung von GPS-
gemessenen Bewegungsparametern**

vorgelegt von:

Sarah Wiezorek

Ausgabedatum: 01.03.2019

Abgabedatum: 06.05.2019

Erstgutachter: Prof. Dr. Konstanze Krüger
Zweitgutachter: Dr. Ernst-Hermann Solmsen

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	9
2.1 Forschungsumfeld	9
2.2 Tiere.....	12
2.3 Nutzung und Funktionsweise von GPS-Empfängern.....	12
2.4 Erhobene Daten	15
2.5 Programme zur Datenauswertung	16
2.5.1 Ausgangsskript zur Datenauswertung in RStudio	18
3 Ergebnisse.....	22
3.1 Anpassung des Ausgangsskriptes in RStudio.....	22
3.1.1 Löschen von Daten vergangener Auswertungen	22
3.1.2 Berechnung der durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander, wenn Geschwindigkeit von mind. 1 Pferd erhöht	22
3.1.3 Ausschneiden von erhöhten Geschwindigkeiten unter drei Sekunden Dauer ..	23
3.1.4 Maximalgeschwindigkeit.....	24
3.1.5 Erstellung eines Datensatzes mit allen niedrigen Geschwindigkeiten	24
3.1.6 Durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd, wenn Geschwindigkeit niedrig	25
3.1.7 Berechnung der durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander, wenn Geschwindigkeit/Pferdegruppe niedrig	26
3.1.8 Berechnung der allgemeinen durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander .	27
3.1.9 Korrektur fehlerhafter Datensätze – „Double timestamps“ & „different lenght in datasets“.....	27
3.1.10 Funktion „prepare_and_revise_gpsdata“.....	30
3.1.11 Darstellung der Laufwege und Weidegrenzen mit Google Maps	30
3.1.12 Weitere Anpassungen	33
3.1.12.1 Verkürztes Dateneinlesen	33
3.1.12.2 Umbenennung von „GPS_speed“.....	33
3.1.12.3 Funktion „summary“	34
3.1.12.4 Hilfe-Funktion über Fragezeichen.....	34
3.2 Kombinierte Auswertung von GPS-Daten und Kameraaufzeichnungen in RStudio	34
3.2.1 Einlesen der CSV-Dateien mit GPS-Koordinaten der Kameras	34
3.2.2 Suche nach GPS-Koordinaten eines Pferdes zu best. Uhrzeit.....	34

3.2.3	Entfernung Pferd zu Wildkamera	35
3.2.4	Geschwindigkeiten nahe null.....	35
3.2.5	Abgleich GPS-Messungen mit Kameraereignis	36
3.3	Basisskript	38
4	Diskussion.....	42
4.1	Nutzen der Methode	42
4.1.1	Datenauswertung mit selbst erstelltem R-Skript	42
4.1.2	GPS-Empfänger zur Messung des Bewegungsverhaltens der Pferde	42
4.1.3	Wildkameras zur Dokumentation von Wildtieren.....	43
4.2	Schwierigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten der Methode	43
4.2.1	R-Skript	43
4.2.2	GPS-Empfänger.....	44
4.2.3	Wildkameras	47
4.2.4	Forschungszeitraum.....	47
4.2.5	Tiere.....	48
4.3	Mögliche Folgeanalysen.....	48
5	Zusammenfassung	49
	Literaturverzeichnis	51

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Ein Wolf nachts auf einem Waldweg neben einer späteren Versuchswaide (© Arbeitskreis Pferd und Wolf).....	10
Abb. 2 Weide A	11
Abb. 3 Weide B	11
Abb. 4 Besenderte Jungstute (GPS-Empfänger orange markiert)	14
Abb. 5 Ausgangsskript zur Datenauswertung in RStudio	21
Abb. 6 Einfügen von „find_concerted_data“.....	23
Abb. 7 Auswertung der Matrix mit „concerted_data“	23
Abb. 8 Ausschneiden von erhöhten Geschwindigkeiten unter drei Sekunden Dauer	24
Abb. 9 Berechnung der Maximalgeschwindigkeit	24
Abb. 10 Auswertung der Maximalgeschwindigkeit	24
Abb. 11 Zusammenfügen aller langsamen Geschwindigkeiten.....	25
Abb. 12 Neuer Befehl zur Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit von langsamen Bewegungen	25
Abb. 13 Auswertung der Durchschnittsgeschwindigkeit von langsamen Bewegungen	26
Abb. 14 Abstandsberechnung bei langsamen Geschwindigkeiten pro Minute	26
Abb. 15 Abstandsberechnungen für alle Viertelstunden	27
Abb. 16 Angabe aller vorkommenden „Double timestamps“	28
Abb. 17 Skript zur Fehleranalyse- und behebung.....	29
Abb. 18 Die Funktion show_track_at_google	31
Abb. 19 Laufwege der besenderten Pferde (rot=Start; grün=Stop)	31
Abb. 20 Darstellung der Laufwege in Kombination mit Weidezentren	32
Abb. 21 Google Maps Bild mit Laufweg und Weidezentren A1, A2 und A3.....	33
Abb. 22 Verkürztes Dateneinlesen	33
Abb. 23 Die Funktion „getIndexFromTime“.....	35
Abb. 24 Die Funktion „CalcGpsDistanceDifference“	35
Abb. 25 Ermittlung von Geschwindigkeiten nahe null; anschließend Kontrolle über „summary“ und Matrix	36
Abb. 26 Eingrenzung der Datensätze nach Kameraereignis; anschließende Betrachtung mittels Matrix und „summary“	37
Abb. 27 Basisskript - Teil 1	39
Abb. 28 Basisskript - Teil 2	40
Abb. 29 Basisskript - Teil 3	41

1 Einleitung

Jahrhundertlang wurden Wölfe (*Canis lupus*) in Deutschland gejagt, vor allem aus dem Grund, Nutztiere vor Angriffen zu schützen¹. Diese starke Bejagung führte schließlich zur Ausrottung heimischer Wölfe im 19./20. Jahrhundert². Seitdem 1990 die Jagd auf Wölfe in ganz Deutschland verboten wurde, breiten sich die Beutegreifer wieder aus und werden zur erneuten Gefahr für Nutztiere³. In den Jahren von 2000 bis 2015 wuchs die Anzahl der Individuen in Deutschland jährlich um rund 36%⁴.

Die Rückkehr des Wolfs führt allerdings zu viel Zwiespalt in der Bevölkerung Deutschlands. Naturschützer begrüßen die zunehmende Populationsdichte: So ist der Wolf ein wichtiger Beutegreifer, der den ausufernden Wildschwein- und Rehpopulationen Einhalt gebieten soll. Damit könnten Waldschäden sowie zu starker Verbiss minimiert werden. Dies zeigt auch eine Forschungsarbeit im Yellowstone National Park in den USA: 15 Jahre nach der Wiedereingliederung von Grauwölfen verringerte sich die dortige Elchpopulation und damit auch der Verbiss⁵. Mehr Biomasse entstand⁶. Die Bisonpopulation wurde verdoppelt und auch Biberkolonien erholten sich⁷. Das Ergebnis war ein ausgeglicheneres Ökosystem als vor der Eingliederung der Wölfe⁸.

Anhand von Kotanalysen in den nördlichen Alpen Italiens wurde im Zusammenhang mit einer größeren Verfügbarkeit an Wildtieren eine stärkere Ernährung der Wölfe durch diese festgestellt (70% Wildtiere; 20% Nutztiere)⁹. Wildschweine konnten als Hauptnahrungsquelle identifiziert werden¹⁰. Die Ernährung unterlag jedoch auch saisonalen Schwankungen. Aufgrund der Weideperiode wurden Nutztiere vor allem in den Sommermonaten erbeutet, da sie zu dieser Zeit größtenteils im Freien gehalten wurden¹¹. Auch Datensammlungen aus Kanada und den USA bestätigen, dass die dort untersuchten Wolfsangriffe mit einem saisonalen Muster einhergehen: Zum einen nahmen Attacken mit dem Abkalben der Nutztiere sowie während der Weidesaison zu, zum anderen traten verstärkte Angriffe auf Nutztiere aufgrund eines erhöhten Energiebedarfs der Wolfsrudel durch die Welpenaufzucht auf¹². Viele Tierhalter in Deutschland sehen

¹ Vgl. NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V. (Hrsg.) 2015.

² Vgl. NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V. (Hrsg.) 2015.

³ Vgl. DBBW (Hrsg.) 2019.

⁴ Vgl. Reinhardt et al. 2019, S. 1-7.

⁵ Vgl. Ripple; Beschta 2011, S. 205-213.

⁶ Vgl. Ripple; Beschta 2011, S. 205-213.

⁷ Vgl. Ripple; Beschta 2011, S. 205-213.

⁸ Vgl. Ripple; Beschta 2011, S. 205-213.

⁹ Vgl. Merrigi et al. 2014, S. 1-23.

¹⁰ Vgl. Merrigi et al. 2014, S. 1-23.

¹¹ Vgl. Merrigi et al. 2014, S. 1-23.

¹² Vgl. Musiani et al. 2005, S. 876-887.

deshalb in der Wiedereingliederung des Wolfes in die natürliche Fauna große Schäden auf sich zukommen. Seit 2006 nehmen in Deutschland die Angriffe auf Nutztiere exponentiell zu¹³. Im Jahr 2017 wurden bereits über 1600 Angriffe auf Nutztiere verzeichnet¹⁴. Schafe und Ziegen sind dabei mit rund 86% Anteil am gesamten Nutztierschaden am meisten betroffen¹⁵. Forschungen zu über 300 nachgewiesenen Wolfsangriffen auf Nutztiere im Südwesten Bulgariens bestätigen, dass dort ebenfalls besonders Schafe und Ziegen gefährdet sind¹⁶. Ein höheres Risiko bestehe vor allem für Herden, die auf unebenem Terrain und buschigen Weideland mit Waldstücken grasen¹⁷. Gerade beim Einsatz der Tiere in der Landschaftspflege kann dies problematisch werden. Für Landwirte kann der Riss eines oder mehrerer ihrer Tiere einen empfindlichen finanziellen Verlust bedeuten.

In der Politik herrscht Unstimmigkeit, wie mit dem Thema umgegangen werden soll und welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Ein einheitliches Konzept wird in Deutschland derzeit nicht umgesetzt, weil jedes der 16 Bundesländer eigenständig für Themen des Naturschutzes verantwortlich ist¹⁸. So variieren auch die Überwachung großer Raubtiere sowie Präventions- und Entschädigungszahlungen¹⁹. Dies führt zu viel Unmut bei den Landwirten, da sie sich mit der Problematik alleine gelassen fühlen. Teilweise wird der Abschuss von Wölfen und sogar „wolfsfreie Zonen“²⁰ gefordert. In Deutschland ist das Töten von Wölfen derzeit jedoch noch durch das Bundesnaturschutzgesetz untersagt²¹. Das Jagdverbot auf wildlebende Tiere bezieht sich dabei auf die im Anhang V der Richtlinie 92/43/EWG aufgelisteten Arten, zu denen auch die verschiedenen Wolfspopulationen zählen²². Bundesumweltministerin Svenja Schulze unterstützt die geregelte Entnahme von Wölfen: „Wenn Wölfe mehrfach Schutzzäune überwinden oder Menschen zu nahe kommen, muss man sie auch abschießen dürfen“²³. Deshalb engagiert sie sich für eine Änderung des Naturschutzgesetzes nachdem derzeit Wölfe erst getötet werden dürfen, wenn sie „erheblichen Schaden“²⁴ in der Landwirtschaft anrichten²⁵. Aktuelle Beispiele sind die Abschussgenehmigungen für einen Wolf im Landkreis

¹³ Vgl. DBBW (Hrsg.) 2019.

¹⁴ Vgl. DBBW (Hrsg.) 2019.

¹⁵ Vgl. DBBW (Hrsg.) 2019.

¹⁶ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

¹⁷ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

¹⁸ Vgl. Reinhardt et al. 2012, S.62-72.

¹⁹ Vgl. Reinhardt et al. 2012, S.62-72.

²⁰ Berliner Zeitung (Hrsg.) 2018.

²¹ Vgl. § 39 Abs. 2 BNatSchG.

²² Vgl. Anhang V Richtlinie 92/43/EWG Des Rates.

²³ Bild GmbH (Hrsg.) 2019.

²⁴ Bild GmbH (Hrsg.) 2019.

²⁵ Vgl. Bild GmbH (Hrsg.) 2019.

Pinneberg (Schleswig-Holstein) sowie den Leitwolf eines Rudels in Rodewald (Niedersachsen), dem 40 Nutztierrisse nachgewiesen werden konnten, darunter Rinder und Ponys²⁶. Mit der Gesetzesänderung soll eingegriffen werden, bevor Landwirte ihre Existenz aufgeben müssen²⁷.

In Gebieten mit nachgewiesener Wolfspräsenz wie Niedersachsen scheint sich vor allem der Aufbau von sogenannten „wolfssicheren“ Weidezäunen zunehmend zu etablieren²⁸. In den Abruzzen in Italien beispielsweise wurde bereits damit begonnen, wieder Herdenschutzhunde einzusetzen, um Wölfe von Nutztieren fernzuhalten²⁹. Um Präventionsmaßnahmen, die hierzulande wirksam sein könnten, zusammenzufassen und zu bewerten, gab das Bundesamt für Naturschutz eine Studie in Auftrag. Dabei stellte sich heraus, dass elektrische Zäune bzw. Schafsnetze einen guten Schutz für Schafe und Ziegen bilden, wenn sie korrekt angewendet werden³⁰. Noch effektiver sei eine Kombination aus Elektrozäunen und Herdenschutzhunden³¹. Allerdings wurde keine Methode als zu 100% sicher bewertet³².

Unklar ist noch welche Gefahr für Großtiere wie Hausrinder und Hauspferde durch Wölfe besteht. In einer Studie von Stoynov et al. wurde bereits festgestellt, dass Rinderherden weniger Wolfsattacken zum Opfer fallen, als das der Fall bei Schafs- oder Ziegenherden ist³³. Dem widerspricht allerdings eine andere Forschungsarbeit, in welcher zwar Ziegen unter den Nutztieren von Wölfen am häufigsten als Beutetier angegriffen wurden, Rinder jedoch gleich an zweiter Stelle folgten. Schafe und Pferde dagegen, wurden in derselben Studie seltener die Opfer eines Wolfsangriffs³⁴. Immerhin waren auch bei Stoynov et al. die Zahlen getöteter Pferde unter den Nutztieren am geringsten³⁵. Zudem konnte von zuletzt genannten Forschern beobachtet werden, dass sich die untersuchten Angriffe auf Rinder hauptsächlich auf Kälber bis zu 120 kg beschränkten. Dies galt ebenso für Angriffe auf Pferde und Esel³⁶. Bemerkenswert ist, dass von insgesamt 540 getöteten Nutztieren aus der Studie rund 96% ein Körpergewicht von unter 120 kg aufwiesen³⁷. Somit scheint die Körpermasse der Tiere bei der Beutewahl eine Rolle zu spielen. Aber auch eine bessere Verteidigungsstrategie der Tiere könnte

²⁶ Vgl. Norddeutscher Rundfunk (Hrsg.) 2019.

²⁷ Vgl. Bild GmbH (Hrsg.) 2019.

²⁸ Eigene unpublizierte Beobachtung.

²⁹ Eigene unpublizierte Beobachtung.

³⁰ Vgl. Reinhardt et al. 2012, S. 62-72.

³¹ Vgl. Reinhardt et al. 2012, S. 62-72.

³² Vgl. Reinhardt et al. 2012, S. 62-72.

³³ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

³⁴ Vgl. Merrigi et al. 2014, S. 1-23.

³⁵ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

³⁶ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

³⁷ Vgl. Stoynov et al. 2014, S. 1-7.

dazu beitragen. Im Hustai National Park in der Mongolei wurden Wolfsangriffe auf wieder eingegliederte Przewalski-Pferde und besonders deren Fohlen erforscht. Dabei stellte sich heraus, dass sich die Wölfe zu 50% von Nutztieren ernährten, obwohl wildlebende Spezies bevorzugt wurden³⁸. Grund seien die zu geringen Wildtierpopulationen. Dies führe dazu, dass die wildlebende Przewalski-Population stark von Wolfsangriffen bedroht ist, obwohl Rotwild und Murmeltiere von der Auswahl der Wildtiere am meisten präferiert werden³⁹. Von den Nutztieren wurden zudem hauptsächlich domestizierte Hauspferde gejagt⁴⁰.

Pferdehalter in Deutschland fragen sich, in welchem Maße ihre Tiere durch Wölfe gefährdet sind, ob sie sich gut verteidigen oder als Fluchttier eher aus der Weide ausbrechen könnten. Dies könnte dann auch zu einer vermehrten Gefahr für Verkehrsteilnehmer auf umliegenden Straßen werden. In einer Schweizer Studie zur Untersuchung von Verletzungen an Pferden aufgrund von Verkehrsunfällen waren in rund 29% der Fälle die betroffenen Pferde zuvor aus ihrem Paddock ausgebrochen bevor sie mit einem motorisierten Fahrzeug zusammenstießen⁴¹. Insgesamt ereigneten sich 77% der Unfälle auf Autobahnen⁴². Kollisionen solcher Art können außerdem auch bei Menschen zu schweren Verletzungen führen⁴³ oder sogar tödlich enden.

Flucht als reflexartige Schreckreaktion auf beängstigende Situationen gehört zum natürlichen Verhalten von Pferden und dient ihrem Selbstschutz vor Feinden⁴⁴. Dieser Fluchtreflex ist zwar genetisch bedingt, kann jedoch bei jedem Individuum unterschiedlich stark ausgeprägt sein und hängt zudem von der Reizquelle⁴⁵ sowie von Gewöhnung und Lernprozessen ab. In einem Forschungsexperiment wurden drei verschiedene Methoden getestet, um zweijährige Pferde daran zu gewöhnen, nicht auf einen normalerweise für Pferde beängstigenden Reiz zu reagieren. Neben klassischer Habituation (Gewöhnung) und assoziativem Lernen stellten die Forscher graduelle Habituation in ihrem Versuch als die wirksamste Trainingsmethode für Pferde in beängstigenden Situationen heraus⁴⁶. Um herauszufinden, ob Pferde eine angeborene Angst vor bestimmten Gerüchen haben, testete man in drei Experimenten die Reaktionen von Hauspferden auf (1) Urin von Löwen und Wölfen, (2) Blut von geschlachteten Artgenossen und Fellge-

³⁸ Vgl. van Duyne et al. 2009, S. 836-843.

³⁹ Vgl. van Duyne et al. 2009, S. 836-843.

⁴⁰ Vgl. van Duyne et al. 2009, S. 836-843.

⁴¹ Vgl. Schwenk, B. K.; Fürst, A. E.; Bischofberger, A. S. 2016, S. 192-199.

⁴² Vgl. Schwenk, B. K.; Fürst, A. E.; Bischofberger, A. S. 2016, S. 192-199.

⁴³ Vgl. Kılıç; Cantürk 2018, S.73-76.

⁴⁴ Vgl. Neugebauer; Neugebauer 2011, S.12.

⁴⁵ Vgl. Neugebauer; Neugebauer 2011, S.12.

⁴⁶ Vgl. Christensen; Rundgren; Olsson 2010, S. 1-14.

ruch von Wölfen sowie (3) auf ein plötzliches Geräusch zum einen mit Fellgeruch von Wölfen und zum anderen ohne. Mit diesen Gerüchen waren die Tiere zuvor noch nicht in Kontakt gekommen. Sowohl in Experiment eins und zwei rochen die Pferde länger an den Geruchsproben als die Vergleichsgruppe, jedoch war die Herzfrequenz nicht signifikant höher. Zusätzlich waren die Pferde aus Versuch zwei wachsender, zeigten kürzere Fresszeiten und mehr Verhaltensänderungen als im Vergleich zum Kontrolltag. In Experiment drei zeigten alle Pferde auf das plötzliche Geräusch Fluchtverhalten; bei der Gruppe mit Wolfsgeruch war außerdem eine signifikant höhere Herzfrequenz festzustellen und eine Tendenz zu längeren Fresspausen. Damit konnten die Forscher beweisen, dass bloßer Wolfsgeruch Hauspferde nicht verängstigt, wohl aber aufmerksamer werden lässt⁴⁷.

Optische Reize hingegen scheinen Fluchtreaktionen von Pferden häufiger auszulösen, als ausschließlich akustische oder olfaktorische⁴⁸. Neben der eigentlichen Flucht kann die Angst auch zu einer Schreckstarre der Tiere führen oder bei begrenzten Fluchtmöglichkeiten in einen aggressiven Verteidigungsangriff münden⁴⁹.

Aufgrund der kontrovers diskutierten Problematik der Wolfsangriffe auf Pferde werden Untersuchungen zur Pferd-Wolf-Interaktion immer relevanter, denn derzeit gibt es dazu wenig gesicherte Erkenntnisse. Welche Gefahr besteht für Pferde durch Wölfe? Verhalten sich Pferde anders, wenn Wölfe in der Nähe sind? Nehmen Pferde Wölfe instinktiv als Gefahr wahr? Wenn ja, werden Pferde eher die Flucht ergreifen oder zum Angriff übergehen, um die Wölfe zu vertreiben? Wie können Besitzer ihre Hauspferde schützen? Um herauszufinden, wie unsere Hauspferde (*Equus Caballus*) auf die Präsenz von Wölfen reagieren, wurde in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Pferd und Wolf ein sechswöchiger Feldversuch durchgeführt. Der Arbeitskreis wurde 2012 von einer Gruppe Freiwilliger mit unterschiedlichen Kompetenzen und Erfahrungen in Bereichen der Wildtierforschung und Pferdehaltung gegründet. Sein Ziel ist es, durch das Sammeln von bereits anerkannten Ergebnissen und dem Betreiben wissenschaftlicher Forschung offene Fragen zur Pferd-Wolf-Interaktion zu klären. Der Erkenntnisgewinn soll Pferdehaltern dazu dienen, sich entsprechend auf die neue Situation einzustellen und zu einer funktionierenden Koexistenz von Pferdehaltung und wieder ansässigem Wolfsbestand beitragen⁵⁰.

⁴⁷ Vgl. Christensen; Rundgren 2008, S.136-145.

⁴⁸ Vgl. Neugebauer; Neugebauer 2011, S.12.

⁴⁹ Vgl. Neugebauer; Neugebauer 2011, S.12.

⁵⁰ Aussage Arbeitskreis Pferd und Wolf

Mithilfe von GPS-Trackern wurden im Feldversuch die nächtlichen Gruppenbewegungen der Pferde aufgezeichnet. Anhand von Aufnahmen der in Weidenähe positionierten Wildtierkameras können diese Daten mit der Anwesenheit verschiedener Wildtiere abgeglichen werden, um Schlussfolgerungen auf Veränderungen in der Gruppendynamik, Geschwindigkeit oder Position der Pferde zueinander ziehen zu können.

GPS-Tracking ist unter Forschern eine mittlerweile weitverbreitete Methode, um zurückgelegte Distanzen von Wildtieren zu messen oder deren Standort zu bestimmen.

Wenn also genauere Beobachtungen zum Verhalten von wildlebenden Pferden vorgenommen werden sollen, der Aufenthaltsort der Tiere jedoch unklar ist, erweist sich eine Lokalisierung via GPS als sehr hilfreich⁵¹. Zudem lässt sich selektive Habitat-Nutzung evaluieren, indem die Laufwege der Pferde über GPS aufgezeichnet werden⁵². So kann im Zeitverlauf analysiert werden, welche Lebensräume von den Tieren bevorzugt genutzt oder gemieden werden und ob Zusammenhänge zu anderen Faktoren bestehen, wie beispielsweise zum Tag-/Nachtzyklus. Im Hustai National Park in der Mongolei konnte über die Lokalisierung von freilebenden Przewalski Pferden mittels GPS herausgefunden werden, wo im Park das Heimatgebiet verschiedener Pferdegruppen lag, welche Größe es aufwies und wie die umliegende Gegend erkundet wurde⁵³. Zudem fand man durch GPS heraus, dass der Lebensraum zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich genutzt wurde⁵⁴. In einer weiteren Studie wurden ebenfalls mittels GPS-Empfängern zwölf freilebende Pferde verfolgt, um deren Bewegungsverhalten sowie das Aufsuchen von Wasserstellen zu analysieren⁵⁵. Ferner erweist sich eine Übertragung der aufgezeichneten GPS-Koordinaten in Google Earth als äußerst vorteilhaft, um via GPS gemessene Bewegungsmuster kartographisch darzustellen und zu vergleichen⁵⁶. Besonders für die Erhaltung gefährdeter wildlebender Tiere und der Erforschung ihrer Mobilität in von Menschen gestalteten Landschaften kann GPS-Tracking sehr aufschlussreich sein: Ein Beispiel ist die Besenderung von sechs Braunbären, durch die die Beziehung zwischen den Laufwegen der Bären und Ländergrenzen, Straßen, geschlossenen Ortschaften sowie gebietsabweichender Artenzusammensetzung in Europa untersucht wurden⁵⁷. Auch im Wolfsmonitoring (wissenschaftliche Beobachtung und Doku-

⁵¹ Vgl. Madosky et al. 2010, S. 1-7.

⁵² Vgl. King 2002, S. 103-113.

⁵³ Vgl. King 2002, S. 103-113.

⁵⁴ Vgl. King 2002, S. 103-113.

⁵⁵ Vgl. Hampson et al. 2010, S. 582-586.

⁵⁶ Vgl. Hampson et al. 2011, S. 173-180.

⁵⁷ Vgl. Bartoń et al. 2019, S.1-8.

mentation von Wolfsaktivitäten) findet GPS Verwendung, um beispielsweise die Größe von Territorien und die Entwicklung der Populationsdichte zu erforschen⁵⁸.

Doch nicht nur in der Wildnis, auch in der Pferdehaltung kann GPS aufschlussreiche Erkenntnisse liefern: So wurden GPS-Empfänger verwendet, um spontane Lokomotionen (Fortbewegungen) von Fohlen auf Weiden unter diversen Haltungsbedingungen zu untersuchen⁵⁹. Um die Aussagekraft der GPS-Messungen nachzuvollziehen, wurden diese mit eigenen Beobachtungen verglichen. Dabei ergaben sich starke Korrelationen zwischen beiden Erhebungsverfahren für Schritt, Trab und Galopp und nur moderate Zusammenhänge für Ruhen. In Bezug auf Grasen konnte nur eine geringe Korrelation zwischen GPS-Daten und eigenen Beobachtungen nachgewiesen werden⁶⁰. Daraus lässt sich ableiten, dass mit GPS sehr gut Bewegungsgeschwindigkeiten gemessen werden können, Ruhephasen hingegen schlecht zu beurteilen sind.

Zusammenfassend ist die Verwendung von GPS vielfältig und kann sowohl für Untersuchungen an Wildtieren als auch an Haustieren verwendet werden. Es kann von großem Nutzen für die Erhebung von Daten sein, insbesondere dann, wenn es sich um Lokalisierungen sowie Bewegungs- und Geschwindigkeitsparameter handelt und die Anwesenheit eines Beobachters nicht gewährleistet werden kann oder den Versuch beeinflussen würde.

Diese Gegebenheit wurde zu Beginn der Studie im Rahmen eines Feldversuchs genutzt. Um herauszufinden, wie Pferde auf die Anwesenheit von Wölfen oder anderen Wildtieren reagieren, wurde deren Bewegungsverhalten mittels GPS aufgezeichnet. Auf die eigene Anwesenheit vor Ort, um Beobachtungen durchzuführen, wurde verzichtet, da dies zum einen herannahende Wildtiere hätte vertreiben können und zum anderen die schlechten Sichtverhältnisse über Nacht keine genauen Beobachtungen zugelassen hätten. Die ermittelten Parameter wie Position, Laufweg, Geschwindigkeit und Abstand der Pferde zueinander sollten etwaige Unruhen oder Fluchtreaktionen der Pferde sowie eine veränderte Gruppendynamik nachweisen. Die Präsenz der Wildtiere wurde über Wildkameras dokumentiert.

Im Folgenden wird nun zunächst auf den durchgeführten Feldversuch eingegangen. Dazu werden Forschungsumfeld und die untersuchten Pferde genauer beschrieben. Danach erfolgt eine Auflistung der erhobenen Daten sowie eine Erläuterung zur GPS-

⁵⁸ Vgl. Mysłajek et al. 2018, S.37-44.

⁵⁹ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

⁶⁰ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

Technik und den Programmen zur Datenauswertung. Anschließend wird die erste Version eines selbstgeschriebenen R-Skripts zur Auswertung der erhobenen Daten dargestellt. Darauf folgt eine Beschreibung wie das R-Skript im Verlauf der Arbeit angepasst und verbessert wurde und welche Beweggründe es dafür gab. Nach der Darstellung des Basisskripts wird über den Nutzen sowie die Schwierigkeiten der angewandten Methoden zur Datengewinnung und -auswertung diskutiert. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung über die wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Tool zur Auswertung der gesammelten GPS-Daten bzgl. Bewegungsparametern von Pferden in Form eines R-Skripts zu erstellen. Das Skript soll es dem Anwender ermöglichen, die Daten in Bezug auf Raum/Zeitanalyse so aufzuarbeiten, dass sie als Vergleichsdaten für synchron erhobene Bildauswertungen verlässlich heranzuziehen sind. Somit sollen Rückschlüsse auf eine Interaktion zwischen Pferden und Wölfen sowie anderen Wildtieren ermöglicht werden. Die einzelnen Funktionsabschnitte werden unabhängig voneinander arbeiten können. Zudem soll die Möglichkeit bestehen, nicht benötigte Auswertungsabschnitte auszuklammern oder nach Bedarf neue Befehle hinzuzufügen und das Skript somit zu erweitern. Idealerweise kann das R-Skript aufgrund seiner Flexibilität als Basis für weitere Folgestudien verwendet werden, in denen mit dem gleichen Erhebungsverfahren Bewegungsparameter analysiert werden. Somit soll es dazu beitragen, die Forschung im Bereich der Pferd-Wolf-Interaktion voranzutreiben.

2 Material und Methoden

2.1 Forschungsumfeld

Vom 20.08.2018 bis 30.09.2018 wurde ein sechswöchiger Feldversuch auf zwei voneinander getrennten Pferdeweiden in Meißendorf, Niedersachsen durchgeführt. In Niedersachsen haben Pferdehaltung, -zucht und auch der Sport eine zentrale Bedeutung⁶¹. Neben der hohen Pferdepopulation zählt Niedersachsen (neben Brandenburg und Sachsen) auch zu den bisher am stärksten besiedelten Wolfsgebieten in Deutschland⁶². In der Testregion kam es bereits vermehrt zu Wolfsangriffen auf Weidetiere. Außerdem konnte die Präsenz eines Wolfsrudels auf einem NATO-Truppenübungsplatz bei Meißendorf anhand von Losungen sowie Foto- und Filmaufnahmen bestätigt werden. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung riss ein Wolf direkt bei Meißendorf in der Nacht zum 10.09.2018 zehn Schafe⁶³. Am 14.09.2018 wurde während des Hütebetriebs eine Heidschnucke im Kiehnmoor in der Lüneburger Heide ebenfalls durch einen Wolfsangriff getötet⁶⁴. Im nahegelegenen Heidekreis erlegten Wölfe zudem am 11.12.2018 sowie am 20.01.2019 jeweils ein Shetland-Pony⁶⁵. Kurz darauf wurde am 05.02.2019 im Landkreis Nienburg ein 200 kg schweres Islandfohlen tot auf einer Weide aufgefunden. Auch in diesem Fall konnten Wölfe als Verursacher nachgewiesen werden⁶⁶.

Die zwei Weiden, auf denen die untersuchten Pferde standen, befinden sich ca. 2 km nordwestlich von Meißendorf in unmittelbarer Nähe des Truppenübungsplatzes. Die Weiden wurden gerade deshalb ausgewählt, da entlang eines angrenzenden Waldweges Wolfsbewegung nachgewiesen werden konnte. Im Zeitraum von Januar bis Ende April 2018 zeigten Wildkameras entlang des Waldweges mehrmals einen vorbeistreifenden Wolf⁶⁷ (siehe Abb. 1).

⁶¹ Vgl. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) o.J.

⁶² Vgl. DBBW (Hrsg.) 2019.

⁶³ Vgl. Gries 2018.

⁶⁴ Vgl. Schukies 2018.

⁶⁵ Vgl. Norddeutscher Rundfunk (Hrsg.) 2019.

⁶⁶ Vgl. Norddeutscher Rundfunk (Hrsg.) 2019.

⁶⁷ Aussage Arbeitskreis Pferd und Wolf



Abb. 1 Ein Wolf nachts auf einem Waldweg neben einer späteren Versuchsweide (© Arbeitskreis Pferd und Wolf)

Nach Aussage der Pensionsstallbesitzerin, der die Versuchsweiden gehören, habe sie im März 2018 selbst einen Wolf auf ihrem Hof gesehen und vertrieben. Im Zuge der Aufteilung der Pferde auf die Gruppen A und B werden die Koppeln, auf denen sich diese Pferde aufhielten, ebenfalls als die Weiden A und B bezeichnet.

Die Weide A grenzt nördlich an ein durch einen Waldweg getrenntes Feld und wird im Osten von zusätzlichen Weiden umgeben. Südlich befindet sich ein weiteres Feld, welches jedoch durch einen Wassergraben von Weide A getrennt ist. Im Westen stößt die Fläche auf einen Waldrand sowie eine Schafsweide. Erst ab dem 21.09.2018 wurden die Schafe von dieser Weide genommen. Grundsätzlich ist Weide A in drei Abschnitte eingeteilt: A1, A2 und A3. Grund dafür war eine Vergrößerung der Fläche im Verlauf des Projektes. Am 24.08.2018 wurde die Koppel von Weide A1 im Osten zur mittleren Weide A2 Richtung Westen vergrößert. Der westlichste Weideabschnitt A3 wurde schließlich am 27.08.2018 geöffnet. Somit vergrößerte sich die Lauffläche der Pferde im Zuge der Datenerhebung.



Abb. 2 Weide A

Weide B ist ebenfalls in die Abschnitte B1 und B2 aufgeteilt, die, abgesehen von einem schmalen Durchgang, der beide Abschnitte vereint, von einem Wassergraben getrennt werden. Ab dem 06.09.2018 stand der Zugang zum südlich gelegenen Teil B2 offen. Das Umfeld von Weide B gestaltet sich wie folgt: im Norden ein von Bäumen gesäumter Feldweg, der seinerseits an eine Wiese und das Feld grenzt, das auch im Süden von Weide A liegt, östlich und südlich jeweils Grünland und im Westen die Angrenzung zu einem Wald.



Abb. 3 Weide B

Aufgrund des trockenen Sommers 2018 konnte der Bewuchs auf den Weiden A und B als karg eingestuft werden. Deshalb stand den Tieren auf dem Weideabschnitt A1 täglich Heu als zusätzliche Nahrungsquelle zur Verfügung.

2.2 Tiere

Die untersuchten Pferde wurden in zwei Gruppen A und B eingeteilt.

Gruppe A setzte sich aus vier Mutterstuten mit drei Hengstfohlen und einem Stutfohlen zusammen. Besondere wurden jedoch nur die Mutterstuten. Bis auf eine Holsteinerstute waren alle anderen drei Hannoveraner. Das Alter lag im Mittel bei 12,5 Jahren. Eine der Stuten hatte Arthrose, eine andere litt unter Ataxie. Da die Pferde schon jahrelang auf diese Koppel kamen, waren sie die Umgebung bereits gewohnt.

Die Gruppe B bestand aus drei zweijährigen Jungstuten: zwei davon Hannoveraner und ein Reitpony. Am Gesundheitszustand war während des Feldversuches nichts zu beanstanden. Dies wurde auch von der Pensionsstallbesitzerin bestätigt. Die Pferde kamen zu Versuchsbeginn das erste Mal auf Weide B und standen somit auf einer für die Tiere ungewohnten Weide.

2.3 Nutzung und Funktionsweise von GPS-Empfängern

Das US-amerikanische Global Positioning System (GPS) zählt zusammen mit dem russischen GLONASS zu den bedeutendsten globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS)⁶⁸. Mit diesen Systemen können Satellitensignale empfangen werden, anhand derer sich Position und Geschwindigkeit des jeweiligen Empfängers, z.B. eines GPS-Empfängers, ermitteln lassen. Zudem wird eine Zeitangabe geliefert⁶⁹. Modernes GPS bezieht sich sowohl auf ein Weltraumsegment, zu dem Satelliten der Typen Block-IIR-M, Block IIF und Block III⁷⁰ zählen, als auch auf ein Bodensegment. Letzteres verfügt über eine Masterstation, eine alternative Masterstation, elf Command-and-Control-Stationen (Ground Antennas)⁷¹ und 16 Monitorstationen⁷². Sowohl die Monitorstationen als auch die Ground Antennas werden von der Master Control Station überwacht. Eine Monitorstation setzt sich aus einem Zweifrequenzempfänger und Sensoren zur Sammlung meteorologischer Daten zusammen⁷³. Zudem führt sie „zu den jeweils sichtbaren Satelliten Code- und Phasenmessungen durch (...), korrigiert sie bezüglich troposphäri-

⁶⁸ Vgl. Bauer 2017, S. 67.

⁶⁹ Vgl. Bauer 2017, S. 67.

⁷⁰ Vgl. Bauer 2017, S. 321.

⁷¹ Vgl. Bauer 2017, S. 307.

⁷² Vgl. Bauer 2017, S. 322.

⁷³ Vgl. Bauer 2017, S.307.

scher und ionospärischer Refraktion und verringert durch Glättung mit den Phasendaten das Messrauschen und die Mehrwegeeinflüsse auf die Codemessungen“⁷⁴. Die so vorbereiteten Pseudostrecken werden an die Master Controll Station übermittelt⁷⁵. Jene Master Controll Station bezieht sich auf die Datensammlung der Monitorstationen, um damit die Daten der Satellitenbahnen sowie das Verhalten der Satellitenuhren zu bestimmen⁷⁶. Ihre Berechnungen werden in einer Navigationsnachricht abgefasst, welche von der Ground Antenna an die jeweiligen Satelliten weitergeleitet wird⁷⁷.

Zur Ortsbestimmung berechnet der Empfänger seine Entfernung zu umliegenden Satelliten⁷⁸. Sowohl Satelliten als auch Empfänger senden Signale aus; aufgrund der Entfernung der Satelliten erfolgt das Senden und Empfangen von Signalen beim Empfänger zeitversetzt⁷⁹. Jene Zeitversetzungen ergeben multipliziert mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Satellitensignale in der Atmosphäre die Entfernungen zwischen Empfänger und Satelliten⁸⁰. Zur Ermittlung der eigenen Position müssen im Empfänger auch die Positionen der Satelliten vorhanden sein⁸¹. Diese lassen sich mithilfe von Informationen aus den Satellitensignalen berechnen⁸².

Folgende Gleichung⁸³ kann für alle GNSS zur Berechnung der Empfängerposition verwendet werden:

$$(\Delta T_i \cdot v + \Delta t \cdot v)^2 = (X_i - X_E)^2 + (Y_i - Y_E)^2 + (Z_i - Z_E)^2 ; i = 1,2,3,4$$

ΔT_i : die gemessenen Laufzeiten der Satellitensignale

v : die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Satellitensignale

X_i, Y_i, Z_i : die bekannten Satellitenkoordinaten

X_E, Y_E, Z_E : die unbekanntes Empfängerkoordinaten

Δt : unbekannter Uhrenfehler

Da es zu jedem Messzeitpunkt vier Unbekannte in der Gleichung gibt, sollten mindestens vier Satelliten zur Verfügung stehen, um eine ausreichend genaue Ortsbestimmung

⁷⁴ Bauer 2017, S.307.

⁷⁵ Vgl. Bauer 2017, S. 307f.

⁷⁶ Vgl. Bauer 2017, S. 307f.

⁷⁷ Vgl. Bauer 2017, S. 308.

⁷⁸ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

⁷⁹ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

⁸⁰ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

⁸¹ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

⁸² Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

⁸³ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

zu ermöglichen⁸⁴. Je mehr Satellitensignale empfangen werden, desto genauer und zuverlässiger kann die Empfängerposition ermittelt werden.

Zur Analyse der Bewegungsmuster wurden den Stuten jeden Abend Halsriemen angelegt, an denen GPS-Geräte der Marke Qstarz befestigt waren. Die Aufzeichnungen der Bewegungen und Geschwindigkeiten der Pferde erfolgte in 1 Hz. Nach der nächtlichen Aufnahme wurden den Stuten morgens die Halsriemen mit den GPS-Geräten wieder abgenommen, um die Daten zu sichern und die Geräte zu laden.



Abb. 4 Besenderte Jungstute (GPS-Empfänger orange markiert)

Mittels der Software „BT474“ konnten die Aufzeichnungen der jeweils vergangenen Nacht von den Geräten heruntergeladen werden. Zusätzlich wurden sie noch in drei weitere Formate konvertiert: Über „GPX“ sind die Daten auch zur Darstellung auf Landkarten nutzbar. Die CSV-Datei wird von Excel oder auch der Programmiersprache „R“ gelesen. Eine Konvertierung in „GUI“ öffnet zur Voransicht eine temporäre Landkarte mit den Laufwegen der untersuchten Pferde. Hierbei kann ein erster Eindruck gewonnen werden, ob die Aufnahmen vollständig sind oder ob mögliche Abweichungen auftreten. Es hat sich zudem als nützlich erwiesen, die Dateigrößen der verschiedenen Aufzeichnungen zu vergleichen. Größere Abweichungen von der mit der Zeit festgestellten üblichen Dateigröße, sind ein weiterer Hinweis auf andersartige oder unvollständige Aufzeichnungen. Vor jeder erneuten Messung musste mit „BT474“ kontrolliert werden, ob die Einstellungen der GPS-Geräte noch stimmten, da sich diese in Einzelfäl-

⁸⁴ Vgl. Bauer 2017, S. 68f.

len automatisch geändert hatten. Die richtige Einstellung hängt jeweils davon ab, was für Daten benötigt werden. Dazu zählt unter anderem die Angabe der korrekten Zeitzone, in diesem Fall UTC +0. Weiterhin sollten Längen- und Breitengrad, Geschwindigkeit und Abstand ermittelt werden. Zudem ist die Information, auf wie viele Satelliten sich das Gerät während einer Messung bezieht, für die spätere Beurteilung der Genauigkeit einer Angabe von großem Vorteil. Je weniger Satelliten das Gerät zur Ortung zur Verfügung hat, desto ungenauer kann eine Angabe werden. So lässt sich bei späterer Betrachtung der Daten besser beurteilen, welche Aufzeichnungen exakter und damit glaubwürdiger sind als andere. Um unnötig hohe Datenmengen zu vermeiden, wurde auf unrelevante Angaben, wie die Höhenlage der besenderten Pferde oder die Aufnahme in Millisekunden, verzichtet. Stattdessen nahmen die GPS-Empfänger nur jede Sekunde auf, da in diesem Zeitintervall bereits ausreichende Informationen geliefert wurden. Die Angabe in Millisekunden wäre nur für wesentlich höhere Geschwindigkeiten als die von Pferden relevant, wie z.B. bei Autorennen.

2.4 Erhobene Daten

Um Veränderungen in den Bewegungsabläufen und dem Gruppenzusammenhalt der Pferde analysieren zu können, wurden folgende Daten erfasst:

Allgemein:

- im Aufnahmezeitraum gelaufene Strecke/Pferd in km
- durchschnittl. Abstand der Pferde zueinander in m
 - allgemein während gesamten Aufnahmezeitraum
 - wenn Geschwindigkeit/Pferdegruppe niedrig (< 12 km/h)
 - wenn Geschwindigkeit von mind. 1 Pferd erhöht (12-60 km/h)
 - wenn Geschwindigkeit/Pferdegruppe nahe Null ($< 0,0126$ km/h)
 - Abgleich mit allgemeinem durchschnittl. Abstand der Pferde zueinander, um zu erkennen, ob Pferde in bestimmten Situationen dichter zusammenrücken
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Schutzsuchen in der Gruppe vermutet
- durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd in km/h
 - allgemein während gesamten Aufnahmezeitraum
 - wenn Geschwindigkeit niedrig (< 12 km/h)
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Gelassenheit vermutet

- wenn Geschwindigkeit erhöht (12-60 km/h)
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Aufregung bzw. Flucht vermutet
- max. Geschwindigkeit/Pferd in km/h
 - Grund für Erhebung: Erkenntnis, ob sich Pferd zu einem Zeitpunkt ungewöhnlich schnell fortbewegte
- Anfangs- und Endpunkt des Laufweges/Pferd, wenn Geschwindigkeiten erhöht (12-60 km/h)
 - Abgleich über Google Maps, um darzustellen, ob sich Pferde eher im Zentrum oder im Randbereich der Weide aufhalten
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Ausbruchsfahr bei vermeintlicher Flucht vermutet, wenn Laufweg Richtung Weidezaun verläuft
- Zeitpunkt, wenn Geschwindigkeit/Pferdegruppe nahe Null ($< 0,0126$ km/h)
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Schreckstarre der Pferdegruppe vermutet

Im Zeitraum einer Wildtierdokumentation durch Kamera:

- Standort/Pferd
- Entfernung Pferd zu Wildkamera in m
 - Abgleich über GPS-Koordinaten von Pferd & Kamera
 - Grund für Erhebung: Ermittlung der Nähe eines Pferdes zu Wildtier an auslösender Kamera
- durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd in km/h
- max. Geschwindigkeit/Pferd in km/h
- durchschnittl. Abstand der Pferde zueinander in m
- Abgleich Veränderung der Parameter Geschwindigkeit & Abstand während Ereignis im Vergleich zu allgemein durchschnittl. Geschwindigkeit & Abstand
 - Grund für Erhebung: Hinweis auf Reaktion der Pferde auf Wildtiere vermutet

2.5 Programme zur Datenauswertung

Die GPS-Aufzeichnungen ergaben für die jeweilige CSV-Datei pro Pferd und Aufnahmezeitraum ca. 60.000 Datenpunkte oder mehr. Bei sieben besenderten Pferden entstanden somit pro Nacht mehr als 420.000 Datenpunkte. Eine solche Datenflut machte

eine manuelle Auswertung unmöglich, weshalb computergestützte Systeme zum Einsatz kamen.

„R“ ist eine öffentlich zugängliche Programmiersprache für statistische Berechnungen, Datenbearbeitung und Grafiken⁸⁵. Sie beinhaltet eine große Auswahl an bereits vorprogrammierten statistischen Tests und Funktionen und ist in ihrer Anwendung äußerst ausdehnbar⁸⁶. Der Nutzer kann zudem neue Funktionen für eine Datenauswertung schreiben und „R“ somit erweitern⁸⁷. Weiterhin ist „R“ der Programmiersprache „S“ ähnlich, welche oft in Forschungen mit statistischen Methoden angewandt wird⁸⁸. Trotz einiger Unterschiede kann ein Großteil von für „S“ geschriebenen Codes unverändert mit „R“ ausgeführt werden⁸⁹. Der grundlegende Vorteil von „R“ für Forschungszwecke ist der kostenlose Zugang für jeden⁹⁰.

Für das Herausfiltern der zuvor beschriebenen Daten eignete sich deshalb das Programm „RStudio“ sehr gut. In diesem Programm können Skripte mit Befehlen eingefügt werden, die RStudio dazu veranlassen, genau die Werte aus den Aufzeichnungen der GPS-Empfänger anzugeben, die für die weitere Datenanalyse benötigt werden. Daten können somit von Excel geladen und wieder gespeichert werden, sortiert, ausgewählt, verglichen oder auch eingegrenzt werden. Dabei ist zu beachten, dass das entsprechende Skript für die Messungen einer Nacht unbedingt in demselben Dateiverzeichnis abgespeichert sein muss, in dem sich die Dateien befinden, von denen RStudio seine Informationen beziehen soll. Mehr zur genauen Vorgehensweise unter Kapitel 2.5.1.

Die somit gewonnen Daten wurden anschließend tabellarisch in Excel zusammengetragen, um sie später für Auswertungen mittels der Statistiksoftware „RCommander“ (Rcmdr) nutzen zu können.

Mithilfe von „Google Earth“ konnte eine Karte der Weideflächen gezeichnet werden. Jene Karte ließ sich problemlos auch in „Google Maps“ übertragen. Diese Software ermöglichte es, anhand der GPS-Koordinaten den Laufweg der Pferde mit Start- und Endpunkt anzuzeigen. In Kombination mit der selbst erstellten Karte der Weideflächen erschloss sich zudem, in welchem Bereich der Weide der Laufweg verlief.

⁸⁵ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁸⁶ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁸⁷ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁸⁸ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁸⁹ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁹⁰ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

2.5.1 Ausgangsskript zur Datenauswertung in RStudio

1. Vorbereitung von RStudio

Bevor mit der Generierung der GPS-Daten begonnen werden konnte, mussten in RStudio vor jeder Auswertung „packages“, die eine Sammlung von Funktionen bezeichnen, installiert werden. Darüber wurde stets die neuste Version der Nearest Neighborhood Analyse (NNA) geladen. Diese NNA ist nötig für das Funktionieren der selbstprogrammierten Funktionen. Mithilfe von „utils“ konnten die Daten gelesen werden und „httr“ war zum Aufrufen des Browsers nötig.

2. Einlesen der CSV-Dateien mit GPS-Messungen

Anschließend konnten die Daten über den Datei-Pfad eingelesen und für die Auswertung vorbereitet werden. Die dem Dateipfad vorangestellte Bezeichnung „setwd“ (set working directory) gibt an, wo etwas abgespeichert werden soll oder wo etwas zu finden ist. Dazu wurde die CSV-Datei jeder Messung eines bestimmten Datums in RStudio geladen.

3. Bearbeitung der Datensätze

Über den Befehl z.B. `<<GPS_F$TIME= gsub(",000", "",GPS_F$TIME)>>` konnten unnötige Nachkommastellen für Millisekunden aus der Zeitangabe in der geladenen CSV-Datei entfernt werden, da diese sowieso immer null betragen. Grund dafür war die vorherige Entscheidung, während der Datenerhebung nur jede Sekunde lang GPS-Messungen aufzuzeichnen, um somit unnötig hohe Datenmengen zu vermeiden. Anschließend musste im R-Skript gefiltert werden, für welchen Zeitraum die Daten genutzt werden sollten. Da es in der Praxis nicht möglich gewesen war, die Aufnahme der GPS-Geräte bei allen Pferden gleichzeitig zu starten und zu beenden, wurde mit diesem Befehl ein Zeitraum festgelegt, in dem alle Pferde besondert auf der Weide standen. Alle übrigen Daten außerhalb dieses Zeitraums waren nicht relevant und hätten die Ergebnisse verfälscht. Deshalb war es die Aufgabe dieses Befehls, jene unnötigen Daten auszuschneiden. Zu beachten war hierbei, dass die Zeitangaben in UTC erfolgen. Um sich die Messungen von sechs Uhr abends bis acht Uhr morgens anzeigen zu lassen, musste in den Befehl die Zeit von vier Uhr nachmittags bis sechs Uhr morgens eingegeben werden. Das lag daran, dass in Deutschland eine Zeitumstellung von der Mitteleuropäischen Zeit (MEZ entspricht UTC+1) als Normalzeit auf die Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ entspricht UTC+2) erfolgt. Da die Datenerhebung während der Sommerzeit stattfand, mussten für die

richtige Schreibweise im Skript von der MESZ zwei Stunden abgezogen werden. Zudem musste auch jeweils das Datum angepasst werden, da sich eine Messung über Nacht auf zwei Daten bezog, z.B. vom 08.09.2018 bis zum 09.09.2018. Nach diesen ersten Basisschritten konnte schließlich mit den Befehlen für die Datenanalyse begonnen werden.

4. Auswertung

4.1. Strecke/Pferd in km

Zunächst wurde ein Befehl geschrieben, mit dem die pro Pferd gelaufene Distanz innerhalb der Aufnahmezeit ermittelt wurde.

4.2. durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd in km/h, wenn Geschwindigkeit erhöht (12-60 km/h)

Anschließend wurde aus den GPS-Daten „GPS_Stunden“ für jedes Pferd eine Teilmenge gebildet, die ausschließlich Daten mit Bewegungsgeschwindigkeiten von 12 bis 60 km/h enthielt. Für diese Teilmenge „GPS_speed“ konnte nun die Funktion „mean“ zur Mittelwertberechnung durchgeführt werden. Das Ergebnis war die durchschnittliche Geschwindigkeit pro Pferd in km/h während schneller Fortbewegungen. Im Zeitverlauf könnte dadurch nachvollzogen werden, wann es zu Abweichungen zwischen den Werten kam. Ausgangspunkt für diese Erhebung ist die Vermutung, dass überdurchschnittlich hohe Bewegungsgeschwindigkeiten auf der Weide oftmals mit Aufregung bzw. Flucht der Pferde einhergeht.

4.3. durchschnittl. Abstand der Pferde zueinander in m, wenn Geschwindigkeit erhöht (12-60 km/h)

Im nächsten Schritt wurde mit einer NNA aus „GPS_speed“ der einzelnen Pferde eine Liste erstellt, mit der die einzelnen Datensätze zu einem großen Datensatz zusammengesetzt wurden. Mit der Funktion `<<BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_speed)>>` errichtete sich ein Daten-Netzwerk, um die Abstände der Pferde zueinander zu berechnen. Daraufhin konnte eine Matrix erstellt werden, die die jeweiligen Abstände der Pferde zueinander zu den Zeiten, zu denen alle schnell liefen, tabellarisch darstellte. Werden diese Abstände mit den allgemeinen Durchschnittsabständen der Pferde über den gesamten Aufzeichnungszeitraum einer Nacht verglichen, kann erfasst werden, ob sich mit höheren Geschwindigkeiten auch die Abstände veränderten. Grund für die Abstandsberechnung ist die Annahme, dass Pferde bei einer vermeintlichen Flucht näher zusammenrücken, um vor Angreifern besser geschützt zu sein. Der Datenabgleich soll diese These überprüfen.

4.4. durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd in km/h, wenn Geschwindigkeit niedrig (< 12 km/h)

Zur Filterung der langsamen Geschwindigkeiten wurde aus „GPS_Stunden“ für jedes Pferd jeweils die Teilmenge „GPS_langsam“ mit Bewegungsgeschwindigkeiten unter 12 km/h gebildet. Daraus konnte wieder der Mittelwert berechnet werden, der die Durchschnittsgeschwindigkeit pro Pferd in km/h während langsamen Bewegungen darstellt. Niedrige Bewegungsgeschwindigkeiten könnten im Gegensatz zu erhöhten Tempi darauf hinweisen, dass das Tier entspannter ist, weil es sich nicht bedroht fühlt.

4.5. durchschnittl. Abstand der Pferde zueinander in m, wenn Geschwindigkeit niedrig (< 12 km/h)

Wie auch zuvor mit „GPS_speed“ sollte mit demselben Prozess für „GPS_langsam“ eine Matrix erstellt werden, die den Abstand der Pferde zueinander zu den Zeiten, zu denen alle langsam waren, angibt. Diese Datenmengen erwiesen sich jedoch als so groß, dass für die Berechnung mehrere Minuten benötigt wurden. Auch hier sollte im Vergleich zu den durchschnittlichen Abständen während des gesamten Aufzeichnungszeitraums und den Abständen während erhöhter Geschwindigkeiten erfasst werden, ob Abweichungen zu diesen auftraten.

5. Der Nutzen von Hashtags

Mithilfe von Hashtags wurden in das R-Skript zum einen ergänzende Kommentare und Hinweise eingefügt, die beispielsweise eine Erklärung liefern, welche Funktion ein Abschnitt im Skript erfüllt oder warum eine bestimmte Vorgehensweise verfolgt wird. Dies ist nützlich, weil damit auch Laien nachvollziehen können, was genau bei welchem Schritt passiert. Zum anderen können durch das Voranstellen eines Hash-tags Funktionsabschnitte von der Ausführung in RStudio ausgenommen werden, ohne dass diese aus dem Skript gelöscht werden müssen. Das ist praktisch, wenn eine bestimmte Analyse nur in individuellen Einzelfällen benötigt wird.

```

1
2
3 # Am besten einmal täglich ausführen, dann werden Updates des package NNA neu geladen:
4 install.packages("NNA", type="source", repos="http://rrepository.konstanz-krueger.de/")
5
6
7 library(utils) #read.xls
8 library(NNA)
9 library(httr)
10
11 #
12 # Beginn Dateneinlesen und vorbereiten zur Auswertung
13 #
14 # windows Pfad - Achtung Pfadtrenner sind / nicht \
15 setwd('C:/Users/Sarah/Documents/HfWU/Bachelorarbeit/Datenerhebung/GPS-Geräte/GruppeB/08.09.2018.GruppeB')
16
17
18
19 excelfile_2<- "08.09.2018.GruppeB.PferdF-20180908.csv"
20 GPS_F= read.csv(excelfile_2,header = TRUE, sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
21 names(GPS_F)
22 GPS_F$TIME= gsub(",000", "",GPS_F$TIME) #Entfernen von ',000' im Feld TIME: Unnötige Millisekunden da immer 000
23
24 excelfile_3<- "08.09.2018.GruppeB.PferdG-20180908.csv"
25 GPS_G= read.csv(excelfile_3,header = TRUE, sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
26 names(GPS_G)
27 GPS_G$TIME= gsub(",000", "",GPS_G$TIME)
28
29 excelfile_4<- "08.09.2018.GruppeB.PferdH-20180908.csv"
30 GPS_H= read.csv(excelfile_4,header = TRUE, sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
31 names(GPS_H)
32 GPS_H$TIME= gsub(",000", "",GPS_H$TIME)
33
34 #
35 # Beginn Auswertung
36 #
37
38 #Auswählen eines Zeitraumes: !!!!!!! Achtung Zeitangaben sind in UTC: https://www.timeanddate.de/stadt/info/zeitzone/utc
39 #Erster Tag (Date = Tagesdatum und Time größer/gleich Startzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
40 #zweiter Tag also ab Mitternacht (Date = Tagesdatum und Time kleiner/gleich Endzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
41 GPS_Stunden_F = subset(GPS_F, (GPS_F$DATE == '2018/09/08' & GPS_F$TIME >= '16:00:00') | (GPS_F$DATE == '2018/09/09' & GPS_F$TIME <= '06:00:00'))
42
43 #Auswählen eines Zeitraumes: !!!!!!! Achtung Zeitangaben sind in UTC: https://www.timeanddate.de/stadt/info/zeitzone/utc
44 #Erster Tag (Date = Tagesdatum und Time größer/gleich Startzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
45 #zweiter Tag also ab Mitternacht (Date = Tagesdatum und Time kleiner/gleich Endzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
46 GPS_Stunden_G = subset(GPS_G, (GPS_G$DATE == '2018/09/08' & GPS_G$TIME >= '16:00:00') | (GPS_G$DATE == '2018/09/09' & GPS_G$TIME <= '06:00:00'))
47
48 #Auswählen eines Zeitraumes: !!!!!!! Achtung Zeitangaben sind in UTC: https://www.timeanddate.de/stadt/info/zeitzone/utc
49 #Erster Tag (Date = Tagesdatum und Time größer/gleich Startzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
50 #zweiter Tag also ab Mitternacht (Date = Tagesdatum und Time kleiner/gleich Endzeit MESZ-2 oder MEZ-1)
51 GPS_Stunden_H = subset(GPS_H, (GPS_H$DATE == '2018/09/08' & GPS_H$TIME >= '16:00:00') | (GPS_H$DATE == '2018/09/09' & GPS_H$TIME <= '06:00:00'))
52
53
54 #Zurückgelegte Wegstrecke in dieser Zeit -> Anzeige unten
55 paste('Pferd F',sum(GPS_Stunden_F$DISTANCE.m.)/1000, 'km von', GPS_Stunden_F$DATE[1], GPS_Stunden_F$TIME[1],
56 'bis', GPS_Stunden_F$DATE[length(GPS_Stunden_F$INDEX)], GPS_Stunden_F$TIME[length(GPS_Stunden_F$INDEX)], 'Uhr gelaufen')
57
58 paste('Pferd G',sum(GPS_Stunden_G$DISTANCE.m.)/1000, 'km von', GPS_Stunden_G$DATE[1], GPS_Stunden_G$TIME[1],
59 'bis', GPS_Stunden_G$DATE[length(GPS_Stunden_G$INDEX)], GPS_Stunden_G$TIME[length(GPS_Stunden_G$INDEX)], 'Uhr gelaufen')
60
61 paste('Pferd H',sum(GPS_Stunden_H$DISTANCE.m.)/1000, 'km von', GPS_Stunden_H$DATE[1], GPS_Stunden_H$TIME[1],
62 'bis', GPS_Stunden_H$DATE[length(GPS_Stunden_H$INDEX)], GPS_Stunden_H$TIME[length(GPS_Stunden_H$INDEX)], 'Uhr gelaufen')
63
64
65 #Auswahl von Tracks mit Geschwindigkeiten zwischen 12 und 60 km/h
66 GPS_speed_F = subset(GPS_Stunden_F,GPS_Stunden_F$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_F$SPEED.km.h. < 60)
67 GPS_speed_G = subset(GPS_Stunden_G,GPS_Stunden_G$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_G$SPEED.km.h. < 60)
68 GPS_speed_H = subset(GPS_Stunden_H,GPS_Stunden_H$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_H$SPEED.km.h. < 60)
69
70
71
72
73
74 #Durchschnittsgeschwindigkeit bei schnellen Geschwindigkeiten
75 mean(GPS_speed_F$SPEED.km.h.)
76 mean(GPS_speed_G$SPEED.km.h.)
77 mean(GPS_speed_H$SPEED.km.h.)
78
79
80 #Abstand bei schnellen Geschwindigkeiten
81 NNA_Data_speed= list(GPS_speed_F,GPS_speed_G,GPS_speed_H)
82 sheet_speed= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_speed)
83 matrix_speed = createNnaMatrix(sheet_speed)
84 matrix_speed
85
86
87 #Auswahl von Tracks mit Geschwindigkeiten < 12 km/h
88 GPS_langsam_F = subset(GPS_Stunden_F,GPS_Stunden_F$SPEED.km.h. < 12)
89 GPS_langsam_G = subset(GPS_Stunden_G,GPS_Stunden_G$SPEED.km.h. < 12)
90 GPS_langsam_H = subset(GPS_Stunden_H,GPS_Stunden_H$SPEED.km.h. < 12)
91
92
93 #Durchschnittsgeschwindigkeit bei langsamen Geschwindigkeiten
94 mean(GPS_langsam_F$SPEED.km.h.)
95 mean(GPS_langsam_G$SPEED.km.h.)
96 mean(GPS_langsam_H$SPEED.km.h.)
97
98
99 #Abstand bei langsamen Geschwindigkeiten
100 warning('!!! Achtung nachfolgende Ausführung dauert sehr lange !!! deshalb auskommentiert')
101 # sheet_langsam_full = BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_langsam)
102 # matrix_langsam_full = createNnaMatrix(sheet_langsam_full)
103 # matrix_langsam_full

```

Installation der „packages“

Pfad aus dem R-Studio
CSV-Dateien mit
GPS-Messungen lädtLesen der CSV-
Dateien mit
GPS-MessungenEntfernen der
Nachkommastellen
für Millisekunden

Auswahl eines Zeitraums

Berechnung Strecke/Pferd

Auswahl von Zeitab-
schnitten mit erhöhten
GeschwindigkeitenBerechnung durchschnittl. Geschwindigkeit von
Zeitabschnitten mit erhöhten GeschwindigkeitenBerechnung durchschnittl. Abstände zw. Pferden in
Zeitabschnitten mit erhöhten GeschwindigkeitenAuswahl von Zeitabschnitten mit
niedrigen GeschwindigkeitenBerechnung durchschnittl. Geschwindigkeit von
Zeitabschnitten mit langsamen GeschwindigkeitenBerechnung durchschnittl. Abstände zw.
Pferden in Zeitabschnitten mit erhöhten
Geschwindigkeiten

Abb. 5 Ausgangsskript zur Datenauswertung in RStudio

3 Ergebnisse

3.1 Anpassung des Ausgangsskriptes in RStudio

Im Folgenden wird dargestellt, warum im Ausgangsskript Korrekturen vorgenommen werden mussten, welche Fehler beim Schreiben einzelner Befehle zur Datenauswertung auftraten und welche Änderungen im Skript nötig waren, um diese zu beheben. Für ein besseres Verständnis der Zusammenhänge, sind die Abschnitte nach Themenkomplexen angeordnet. Neben den ausführlichen Erklärungen im Text, bieten die abschließenden Abbildungen 27 bis 29 zum Basisskript nochmals einen kurzen Überblick darüber, welcher Nutzen durch die jeweiligen Funktionsabschnitte des R-Skripts erfüllt wird.

3.1.1 Löschen von Daten vergangener Auswertungen

Da es ratsam ist, vor jeder neuen Auswertung alle vorhandenen Daten(-Fragmente) einer vergangenen Auswertung zu löschen, wurde nach der Installation der „packages“ der Befehl `<<rm(list = ls())>>` ergänzend eingefügt. Alternativ können auch manuell durch Anklicken des Pinsels/Besen in der rechten oberen Ecke von RStudio alle Elemente aus der „Environment“ in „R“ gelöscht werden, außer Excel-Dateien. Sollen nur einzelne Datensätze entfernt werden, können diese als Variablen in die Klammern hinter die Funktion „remove“ (rm) gesetzt werden. Dadurch wird verhindert, dass bei der Auswertung auf die Datensätze von vergangenen Analysen zugegriffen wird.

3.1.2 Berechnung der durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander, wenn Geschwindigkeit von mind. 1 Pferd erhöht

Der ursprüngliche Befehl zur Abstandsberechnung im Ausgangsskript erstellte lediglich eine Matrix mit den Abständen der Pferde, wenn sich alle über 12 km/h pro Stunde fortbewegten. Da allerdings nicht immer alle Tiere zur gleichen Zeit schnell liefen, war auch die Veränderung der Abstände zu den Zeiten interessant, zu denen auch nur eines der Pferde schnell war. Denn für die Frage nach der möglicherweise durch Wildtiere ausgelösten Unruhe sind auch Auffälligkeiten einzelner Pferde von Interesse. Deshalb wurden in einem neuen Befehl (siehe Abb. 6) die schnellen Zeiten eines Pferdes automatisch mit genau denselben Zeitpunkten der anderen Pferde zusammengefasst, ganz gleich, ob die anderen Tiere zu dieser Uhrzeit schnell oder langsam waren. Anstelle von z.B. „GPS_speed_F“ konnten nun die gemeinsamen Datensätze „GPS_speed_F_concerted_data“ etc. für die Erstellung der Matrix (siehe Abb. 7) verwendet werden.

```

GPS_speed_F_concerted_data=find_concerted_data( GPS_F, "TIME",
GPS_speed_F$TIME,GPS_speed_G$TIME,GPS_speed_H$TIME)
GPS_speed_G_concerted_data=find_concerted_data( GPS_G, "TIME",
GPS_speed_F$TIME,GPS_speed_G$TIME,GPS_speed_H$TIME)
GPS_speed_H_concerted_data=find_concerted_data( GPS_H, "TIME",
GPS_speed_F$TIME,GPS_speed_G$TIME,GPS_speed_H$TIME)

NNA_Data_speed= list(GPS_speed_F_concerted_data,
GPS_speed_G_concerted_data,GPS_speed_H_concerted_data)
sheet_speed= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_speed)
matrix_speed = createNnaMatrix(sheet_speed)
matrix_speed

```

Abb. 6 Einfügen von „find_concerted_data“

```

> NNA_Data_speed= list(GPS_speed_F_concerted_data,
+ GPS_speed_G_concerted_data,GPS_speed_H_concerted_data)
> sheet_speed= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_speed)
> matrix_speed = createNnaMatrix(sheet_speed)
> matrix_speed
$`NnaMatrix`
  [,1] [,2] [,3]
[1,] "NA" "54" "14"
[2,] "54" "NA" "64"
[3,] "14" "64" "NA"

```

Abb. 7 Auswertung der Matrix mit „concerted_data“

3.1.3 Ausschneiden von erhöhten Geschwindigkeiten unter drei Sekunden Dauer

Im Zuge der Auswertung stellte sich heraus, dass die GPS-Geräte teilweise Aufnahmefehler machten, indem unter anderem die Position der einzelnen Pferde für eine Sekunde falsch bestimmt wurde. Der GPS-Empfänger ermittelte anhand der unterschiedlichen Positionen und der verstrichenen Zeit die Geschwindigkeit eines Tieres. Entstand nun der Fehler eines Gerätes, dass das Pferd innerhalb einer Sekunde den Standort zum Beispiel um 100 m wechselte, wurde folglich auch ein erhöhtes Tempo gemessen. Dies führte zu einer Verfälschung der Datensätze mit erhöhten Geschwindigkeiten. Aus diesem Grund wurde festgelegt, dass nur erhöhte Tempi mit einer Dauer von mindestens drei Sekunden für die Auswertung weiter genutzt werden sollten, um wirkliche „Rennzeiten“ von Einzelfehlmessungen abzugrenzen. In Einzelfällen waren im Datensatz eines Tieres jedoch keine erhöhten Geschwindigkeiten enthalten, die diese Bedingung erfüllten. In diesem Fall war es ratsam in der CSV-Datei zu überprüfen, ob zu dem Zeitpunkt mit erhöhter Geschwindigkeit ein ausreichender Satellitenempfang gegeben war. Wie viele Satelliten als ausreichend erachtet werden, muss der Forscher selbst definieren. Erfahrungsgemäß sollte zu nicht weniger als sechs Satelliten Kontakt bestehen, besser noch zu acht oder mehr. Kann ausreichend Satellitenempfang nachgewiesen werden, ist es ausnahmsweise vertretbar, auch Geschwindigkeiten unter einer Dauer von drei Sekunden zuzulassen. Ist dies nicht der Fall, sollten die Daten mit Geschwindigkeiten unter drei Sekunden Dauer aus der Auswertung ausgeschlossen werden, da es

sich mit begründeter Wahrscheinlichkeit um Aufzeichnungsfehler seitens der GPS-Empfänger handelt.

```
GPS_speed_F = find_index_in_a_row (GPS_speed_F,setminRunLength=3)
GPS_speed_G = find_index_in_a_row (GPS_speed_G,setminRunLength=3)
GPS_speed_H = find_index_in_a_row (GPS_speed_H,setminRunLength=3)
```

Abb. 8 Ausschneiden von erhöhten Geschwindigkeiten unter drei Sekunden Dauer

3.1.4 Maximalgeschwindigkeit

Zum weiteren Informationsgewinn über ungewöhnlich hohe Geschwindigkeiten als mögliche Hinweise auf Fluchtreaktionen wurde im Verlauf der Datenauswertung eine Funktion zum Skript hinzugefügt, die die höchste erreichte Geschwindigkeit eines Pferdes pro Nacht angibt.

```
max(GPS_speed_F$SPEED.km.h.)
max(GPS_speed_G$SPEED.km.h.)
max(GPS_speed_H$SPEED.km.h.)
```

Abb. 9 Berechnung der Maximalgeschwindigkeit

```
> max(GPS_speed_F$SPEED.km.h.)
[1] 15.25
> max(GPS_speed_G$SPEED.km.h.)
[1] 32.374
> max(GPS_speed_H$SPEED.km.h.)
[1] 15.668
```

Abb. 10 Auswertung der Maximalgeschwindigkeit

3.1.5 Erstellung eines Datensatzes mit allen niedrigen Geschwindigkeiten

Wie bereits im Ausgangsskript beschrieben, wurde zur Erstellung eines Datensatzes mit den langsamen Geschwindigkeiten aus „GPS_Stunden“ die Teilmenge „GPS_langsam“ gebildet. Nachdem jedoch über den Befehl, z.B. `<<GPS_speed_F_concerted_data=find_concerted_data(GPS_F,"TIME",GPS_speed_F$TIME,GPS_speed_G$TIME,GPS_speed_H$TIME)>>` die Zeiten mit langsamen Geschwindigkeiten von einzelnen Pferden während der schnellen Laufzeiten anderer Pferde rausgeschnitten worden waren, war der Datensatz „GPS_langsam“ unvollständig. Mithilfe der Funktion „find_concerted_data“ wurde abgeglichen, ob ein gemeinschaftliches Datenset vorhanden war, also ob es zu gleichen Zeiten auch gleiche Daten gab. Zur Kontrolle, ob korrekt gefiltert wurde, wurde mit dem Befehl, z.B. `<<max(GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h.)>>` die maximal erreichte Geschwindigkeit innerhalb dieses Datensatzes ermittelt. Die Maximalgeschwindigkeit hätte in diesem Fall weniger als 12 km/h betragen sollen. Dies war jedoch nicht der Fall. Durch die Angleichung der Datensätze nach Zeit waren wieder größere Geschwindig-

keiten hinzugefügt worden. Aus dem gemeinschaftlichen Datensatz wurde deshalb eine temporäre Teilmenge „tempdata“ gebildet, in welcher Geschwindigkeiten über 12 km/h bei allen Datensätzen eliminiert wurden. Beim Zusammenfügen der Datensätze von z.B. „GPS_langsam_F_concerted_data“ und „tempdata“ wurden mit dem Parameter „SPEED“ alle Geschwindigkeiten der beiden Datensätze abgeglichen. Anschließend wurden erhöhte Tempi aus ersterem Datensatz entfernt. Eine erneute Kontrolle des Datensatzes bzgl. der darin enthaltenen Maximalgeschwindigkeit gab Aufschluss darüber, dass der Datensatz nun korrekt war, da sich nur noch Tempi unter 12 km/h darin befanden.

```
GPS_langsam_F_concerted_data=find_concerted_data( GPS_F,"TIME",
GPS_langsam_F$TIME,GPS_langsam_G$TIME,GPS_langsam_H$TIME)
GPS_langsam_G_concerted_data=find_concerted_data( GPS_G,"TIME",
GPS_langsam_F$TIME,GPS_langsam_G$TIME,GPS_langsam_H$TIME)
GPS_langsam_H_concerted_data=find_concerted_data( GPS_H,"TIME",
GPS_langsam_F$TIME,GPS_langsam_G$TIME,GPS_langsam_H$TIME)

# Kontrolle ob korrekt gefiltert wurde (max Geschw. dürfte nicht größer als 12 sein)
max(GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h.)
max(GPS_langsam_G_concerted_data$SPEED.km.h.)
max(GPS_langsam_H_concerted_data$SPEED.km.h.)

#----- Anfang Ergänzung zum Ausfiltern der falschen Geschwindigkeiten -----
#wenn durch die Angleichung der Datensätze nach Zeit größere Geschwindigkeiten
#hinzugekommen sind, können diese wieder eliminiert werden

tempdata_F = subset(GPS_langsam_F_concerted_data,GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h. > 12)
tempdata_G = subset(GPS_langsam_G_concerted_data,GPS_langsam_G_concerted_data$SPEED.km.h. > 12)
tempdata_H = subset(GPS_langsam_H_concerted_data,GPS_langsam_H_concerted_data$SPEED.km.h. > 12)

GPS_langsam_F_concerted_data=find_concerted_data( GPS_langsam_F_concerted_data,"SPEED",
tempdata_F$TIME,tempdata_G$TIME,tempdata_H$TIME)
GPS_langsam_G_concerted_data=find_concerted_data( GPS_langsam_G_concerted_data,"SPEED",
tempdata_F$TIME,tempdata_G$TIME,tempdata_H$TIME)
GPS_langsam_H_concerted_data=find_concerted_data( GPS_langsam_H_concerted_data,"SPEED",
tempdata_F$TIME,tempdata_G$TIME,tempdata_H$TIME)

max(GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h.)
max(GPS_langsam_G_concerted_data$SPEED.km.h.)
max(GPS_langsam_H_concerted_data$SPEED.km.h.)

#----- ENDE Ergänzung zum Ausfiltern der falschen Geschwindigkeiten -----
```

Abb. 11 Zusammenfügen aller langsamen Geschwindigkeiten

3.1.6 Durchschnittl. Geschwindigkeit/Pferd, wenn Geschwindigkeit niedrig

Nachdem ein neuer, vollständiger Datensatz erstellt worden war, der nun alle Zeiten mit langsamen Bewegungen der Pferde enthielt, musste auch der Befehl zur Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit jener Bewegungen angepasst werden. Anstatt den unvollständigen Datensatz z.B. „GPS_langsam_F“ als Grundlage für die Berechnung zu nehmen, wurde dafür der neue Datensatz z.B. „GPS_langsam_F_concerted_data“ verwendet.

```
mean(GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h.)
mean(GPS_langsam_G_concerted_data$SPEED.km.h.)
mean(GPS_langsam_H_concerted_data$SPEED.km.h.)
```

Abb. 12 Neuer Befehl zur Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit von langsamen Bewegungen

```
> mean(GPS_langsam_F_concerted_data$SPEED.km.h.)
[1] 0.483373
> mean(GPS_langsam_G_concerted_data$SPEED.km.h.)
[1] 0.4098194
> mean(GPS_langsam_H_concerted_data$SPEED.km.h.)
[1] 0.4928628
```

Abb. 13 Auswertung der Durchschnittsgeschwindigkeit von langsamen Bewegungen

3.1.7 Berechnung der durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander, wenn Geschwindigkeit/Pferdegruppe niedrig

Aufgrund der Änderungen bezüglich des Datensatzes mit niedrigen Geschwindigkeiten, musste folglich auch eine Anpassung im Befehl für die Abstandsberechnung vorgenommen werden. Die nun vollständigen Datensätze z.B. „GPS_langsam_F_concerted_data“ wurden an Stelle von „GPS_langsam“ zur Berechnung der Abstände verwendet. Da die Ermittlung der durchschnittlichen Abstände während langsamer Bewegungen mit den kompletten Datensätzen zu viel Zeit in Anspruch nahm, wurde über „subset“ wiederum eine Teilmenge gebildet. Diese enthielt nur noch Daten bezüglich jeder aufgenommenen Minute anstatt jeder Sekunde. Somit wurden die Datensätze drastisch reduziert und die Abstandsberechnung verlief wesentlich schneller.

```
NNA_Data_langsam= list(GPS_langsam_F_concerted_data,GPS_langsam_G_concerted_data,
                      GPS_langsam_H_concerted_data)

warning('!!! Achtung nachfolgende Ausführung dauert sehr lange !!! deshalb auskommentiert')
# sheet_langsam_full= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_langsam)
# matrix_langsam_full = createNnaMatrix(sheet_langsam_full)
# matrix_langsam_full

# nur ganze Minuten auswählen
GPS_langsam_F_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_F_concerted_data, grep1
                                                    ("\\d\\d.\\d\\d.00", GPS_langsam_F_concerted_data$TIME))
GPS_langsam_G_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_G_concerted_data, grep1
                                                    ("\\d\\d.\\d\\d.00", GPS_langsam_G_concerted_data$TIME))
GPS_langsam_H_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_H_concerted_data, grep1
                                                    ("\\d\\d.\\d\\d.00", GPS_langsam_H_concerted_data$TIME))

NNA_Data_langsam_Minuten= list(GPS_langsam_F_concerted_data_every_minute,
                               GPS_langsam_G_concerted_data_every_minute,GPS_langsam_H_concerted_data_every_minute)
sheet_langsam_Minuten= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_langsam_Minuten)
matrix_langsam_Minuten = createNnaMatrix(sheet_langsam_Minuten)
matrix_langsam_Minuten
```

Abb. 14 Abstandsberechnung bei langsamen Geschwindigkeiten pro Minute

Immer wieder traten jedoch Fehler bei der Abstandsberechnung auf. Zunächst wurde überprüft, ob ein gleiches Datenset mit gleichen Zeiten vorhanden war. Anschließend kontrollierte eine Funktion die Länge der einzelnen Datensätze. Daraus ergab sich, dass jene Datensätze unterschiedlich lang waren, was den Fehler verursachte. Um die durchschnittlichen Abstände zwischen den Pferden berechnen zu können, müssen alle Datensätze gleich lang sein. Zur Fehlerbehebung siehe Kapitel 3.1.9.

3.1.8 Berechnung der allgemeinen durchschnittl. Abstände der Pferde zueinander

Ungeachtet von der Bewegungsgeschwindigkeit sollte auch ganz allgemein der Abstand der Pferde zueinander während der GPS-Aufzeichnung ermittelt werden, um daraus Schlussfolgerungen über den durchschnittlichen Gruppenzusammenhalt zu ziehen. Dafür wurde aus „GPS_Stunden“ eine Teilmenge erstellt, die nur die Stunden mit genau null, 15, 30 oder 45 Minuten und exakt null Sekunden enthielt. Somit blieben die Daten für jede Viertelstunde des zuvor eingegrenzten Aufnahmezeitraums bestehen: „GPS_alle_Viertelstunden“. Aus jenen Datensätzen wurde eine Liste mittels der „NNA“ gebildet, die schließlich weiter zur Abstandsberechnung und Erstellung einer Matrix genutzt wurde.

```
GPS_alle_viertelstunden_F = subset(GPS_Stunden_F, grepl("\\d\\d.00.00", GPS_Stunden_F$TIME)
| grepl("\\d\\d.15.00", GPS_Stunden_F$TIME)
| grepl("\\d\\d.30.00", GPS_Stunden_F$TIME)
| grepl("\\d\\d.45.00", GPS_Stunden_F$TIME) )
GPS_alle_viertelstunden_G = subset(GPS_Stunden_G, grepl("\\d\\d.00.00", GPS_Stunden_G$TIME)
| grepl("\\d\\d.15.00", GPS_Stunden_G$TIME)
| grepl("\\d\\d.30.00", GPS_Stunden_G$TIME)
| grepl("\\d\\d.45.00", GPS_Stunden_G$TIME) )
GPS_alle_viertelstunden_H = subset(GPS_Stunden_H, grepl("\\d\\d.00.00", GPS_Stunden_H$TIME)
| grepl("\\d\\d.15.00", GPS_Stunden_H$TIME)
| grepl("\\d\\d.30.00", GPS_Stunden_H$TIME)
| grepl("\\d\\d.45.00", GPS_Stunden_H$TIME) )

NNA_Data= list(GPS_alle_viertelstunden_F,GPS_alle_viertelstunden_G,GPS_alle_viertelstunden_H)
sheet_temp= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data)
matrix_temp = createNnaMatrix(sheet_temp)
matrix_temp
```

Abb. 15 Abstandsberechnungen für alle Viertelstunden

3.1.9 Korrektur fehlerhafter Datensätze – „Double timestamps“ & „different length in datasets“

Auftretende Fehlermeldungen bei der Abstandsberechnung innerhalb langsamer Bewegungen ergaben, dass die CSV-Dateien einiger Aufzeichnungen fehlerhaft waren. Aus diesem Grund wurde eine Funktion eingebaut, mit der nach der Ausführung von z.B. `<<datasets=` `prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_F,GPS_G,GPS_H),'2018/09/01','16:00:00','2018/09/02','06:00:00')>>` die Fehlerstellen innerhalb der einzelnen CSV-Dateien angezeigt wurden. Zum einen kam es vor, dass eine Zeitangabe doppelt existierte („Double timestamps“). Dies kann passieren, wenn der GPS-Empfänger einen Satelliten wechselt, mit dem er in Kontakt ist. Außerdem fehlten zum Teil für wenige Sekunden oder sogar Minuten komplette Dateneinträge, was zu unterschiedlich langen Datensätzen führte („different length in datasets“).

```
> datasets= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_F,GPS_G,GPS_H), '2018/09/01', '16:00:00', '2018/09/02', '06:00:00')
[1] "Double timestamps in dataset 1"
      INDEX RCR      DATE      TIME VALID LATITUDE N. S LONGITUDE E. W SPEED.km.h. NSAT..USED.VIEW. DISTANCE.m. X
44891 44891  T 2018/09/02 04:31:17  SPS 52.7273  N 9.807127  E      0.195          9(10)          0.1 NA
[1] "Double timestamps in dataset 2"
      INDEX RCR      DATE      TIME VALID LATITUDE N. S LONGITUDE E. W SPEED.km.h. NSAT..USED.VIEW. DISTANCE.m. X
27043 27043 TRUE 2018/09/01 23:30:41  SPS 52.72767 N 9.806594  E      0.017          7(12)          0.01 NA
48907 48907 TRUE 2018/09/02 05:35:05  SPS 52.72730 N 9.806628  E      0.087          7(12)          0.01 NA
[1] "Double timestamps in dataset 3"
      INDEX RCR      DATE      TIME VALID LATITUDE N. S LONGITUDE E. W SPEED.km.h. NSAT..USED.VIEW. DISTANCE.m. X
12428 12428  T 2018/09/01 19:27:06  SPS 52.72756  N 9.805810  E      0.546          9(10)          0.10 NA
27115 27115  T 2018/09/01 23:31:53  SPS 52.72760  N 9.806486  E      0.018          8(12)          0.01 NA
```

Abb. 16 Angabe aller vorkommenden „Double timestamps“

Um der Ursache genauer auf den Grund zu gehen und die Datensätze zu korrigieren, wurde ein extra Skript zur Fehleranalyse erstellt. Dieses Skript sollte der eigentlichen Auswertung mit dem normalen Skript vorangestellt werden. Mögliche Ursachen für das Fehlen von Dateneinträgen sollten mit einer Darstellung der Laufwege der Pferde über Google Maps geklärt werden. Teilweise wurde festgestellt, dass sich innerhalb der Zeit, in der keine Daten aufgenommen wurden, ein Pferd sich nicht von seiner vorherigen Position fortbewegt hatte. Daraus ließ sich vermuten, dass das Tier sich zum Ruhen auf dem Boden abgelegt hatte und das GPS-Gerät dabei zwischen Erde und Pferdehals gelangt war. Diese Abdeckung des Geräts könnte zu so einer starken Abschwächung des Signals geführt haben, dass vorübergehend keine Satellitendaten empfangen werden konnten. Zunächst wurde probiert, in einer Kopie die Fehler der Original-CSV-Datei manuell zu beheben. Das erwies sich jedoch als viel zu aufwendig. Deshalb wurde ein Befehl geschrieben, der selbstständig eine Kopie der betroffenen CSV-Datei erstellt und automatisch die fehlenden GPS-Daten einfügte: z.B. <<GPS_Stunden_FX = insert_and_save_missing_gpsdata(GPS_Stunden_F,"NA",Starttime="23:04:27","NA",Stopptime="23:01:19",filename="01.09.2018.GruppeB.PferdF-20180901.csv")>>. Somit war die Datensatzlänge wieder korrekt. Anschließend musste die neue CSV-Datei in das normale Skript eingelesen werden, um damit weiter zu arbeiten.

```

1
2 # Am besten einmal tÄnglich ausfÄhren, dann werden updates des package NNA neu geladen:
3 install.packages("NNA", type="source", repos="http://rrepository.konstanz-krueger.de/")
4
5
6 # google_key fÄr show_track_at_google kostenpflichtiger key bitte vertraulich behandeln
7 # dieser key wird nach Ende der Bachelor Arbeit gelÄcht.
8 # fÄr einen eigenen key benÄtigt man ein google konto bei dem zahlungsoptionenen hinterlegt sind.
9 # Es kann der selbe google Account wie fÄr ein Android smartphon verwendet werden.
10 # Sollte das App kaufen schon funktionieren muss mann nur noch den Key beantragen.
11 # fÄr den Privatanwender entstehen normalerweise keine Kosten: https://cloud.google.com/maps-platform/pricing/
12 # ca 90.000 Maperstellungen pro Monat sind kostenfrei
13 # hier kann ein key angefordert werden: https://cloud.google.com/maps-platform/?apis=maps
14 ApiKey="AizasyDqHbFwlrQ31obUMMnxwJk8gtBPMwT7TCU"
15
16 #
17 # Beginn Daten einlesen und vorbereiten zur AuswertungGPS_Stunden_F
18 #
19
20
21 # windows Pfad - Achtung Pfadtrenner sind / nicht \
22 if (oldpath == "NA") setwd("c:/Users/Sarah/Documents/HfWU/Bachelorarbeit/Datenerhebung/GPS-Geräte/GruppeB/01.09.2018.GruppeB")
23
24 library(utils) #read.xls
25 library(NNA)
26 library(httr)
27
28 GPS_F= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdF-20180901.csv",header = TRUE,
29 sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
30 GPS_G= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdG-20180901.csv",header = TRUE,
31 sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
32 GPS_H= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdH-20180901.csv",header = TRUE,
33 sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
34 #kontrolle ob richtig eingelesen wurde (ueberschriften muessen lesbar sein)
35 names(GPS_F)
36 names(GPS_G)
37 names(GPS_H)
38
39 datasets= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_F,GPS_G,GPS_H), '2018/09/01','16:00:00','2018/09/02','06:00:00')
40 #diese zeile ergibt dass viele Daten fehlen
41 # es fehlen Daten von 23:01:19 bis 23:04:28
42
43 GPS_Stunden_F = datasets[[1]] #daten einlesen
44 GPS_Stunden_G = datasets[[2]]
45 GPS_Stunden_H = datasets[[3]]
46
47 show_track_at_google(list(GPS_Stunden_F,GPS_Stunden_G,GPS_Stunden_H),markerLabels=c("F","G","H"),
48 timeFrom='23:01:15',timeTo='23:04:29',zoom=20,google_key=ApiKey)
49
50 #Daten automatisch auffüllen lassen und abspeichern
51 GPS_Stunden_FX = insert_and_save_missing_gpsdata(GPS_Stunden_F,"NA",starttime="23:04:27","NA",stoptime="23:01:19",
52 filename="01.09.2018.GruppeB.PferdF-20180901.csv")
53 #neu einlesen
54 GPS_F= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdF-20180901.ac.csv",header = TRUE,
55 sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
56 datasets= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_F,GPS_G,GPS_H), '2018/09/01','16:00:00','2018/09/02','06:00:00')
57 #es bleiben nur noch doppelte Zeiten übrig, die datensatzlÄnge stimmt.
58 #doppelte zeiten stören nur, wenn sie auf werte fallen die später eingegrenzt werden, also z.B ganze Minuten.
59 #diese Art von Fehler wird demnächst automatisch korrigiert

```

Abb. 17 Skript zur Fehleranalyse- und behebung

Letztendlich wurden bei allen fehlerhaften Datensätzen über Google Maps Bilder erstellt, welche die Position der besenderten Pferde vor und nach dem zeitlichen Ortungsausfall seitens der GPS-Empfänger darstellte. Dabei stellte sich heraus, dass die meisten Pferde zwar oftmals noch auf der gleichen Stelle standen, jedoch traf das nicht auf alle zu. Einige der Tiere hatten sich während dieser Zeit ganz offensichtlich bewegt, auch konnten vielfach Ortungsfehler ausgemacht werden, die höchstwahrscheinlich durch den schlechten Satellitenempfang zu Stande gekommen waren. Nach weiteren Überlegungen kam man außerdem zu dem Entschluss, dass das automatische Auffüllen der Datensätze in den CSV-Dateien eine Manipulation war und somit eine Verfälschung der Datensätze herbeiführte. Deshalb entschloss man sich, diese Methode nicht weiter zu verfolgen und stattdessen bei den vollständigen Datensätzen des einen Pferdes die Zeitabschnitte herauszuschneiden, die bei den unvollständigen Aufzeichnungen des anderen Pferdes fehlten (siehe Kapitel 3.1.10).

3.1.10 Funktion „prepare_and_revise_gpsdata“

Indem die Funktion „prepare_and_revise_gpsdata“ in ihren Ausführungen weiterentwickelt wurde, führte sie nun mehrere Aktionen auf einmal durch:

- das Entfernen der Millisekunden aus den Zeitangaben;
- das Entfernen aller Daten, die sich außerhalb des in der Variablen gesetzten Zeitraums befinden;
- das Ermitteln der „Double timestamps“ sowie ein Vergleich der Datensatzlänge der Originaldatensätze;
- das Entfernen aller „Double timestamps“ sowie das einheitliche Herausschneiden der fehlenden Zeitabschnitte bei vollständigen Datensätzen, so dass deren Länge mit der Länge der unvollständigen Datensätze übereinstimmte

Anschließend wurde mit der erneuten Ausführung derselben Funktion in Kombination mit den veränderten Daten z.B. „GPS_Stunden_F“ kontrolliert, ob wirklich alle Fehler behoben wurden. Zudem war dies auch durch eine genauere manuelle Betrachtung der veränderten Datensätze abzulesen.

Auch war der Befehl „find_concerted_data“ (siehe Kapitel 3.1.2) nun in „prepare_and_revise_gpsdata“ mit „mode=TIME“ enthalten. TIME bedeutete, dass über die Zeitstempel (Uhrzeiten) wieder die fälschlicherweise zuvor ausgeschnittenen Daten ergänzt werden. Somit wurde der Datensatz erweitert. Die Kombination von „prepare_and_revise_gpsdata“ mit „mode=DELETE“ überprüfte, ob in den einzelnen Datensätzen eine oder mehrere Uhrzeiten fehlten. Wenn dies der Fall war, wurden die Fehlzeiten in allen anderen vollständigen Datensätzen gelöscht. Der Datensatz wurde damit reduziert.

Somit konnten mehrere notwendige Vorgänge in nur noch einer Funktion zusammengefasst werden.

3.1.11 Darstellung der Laufwege und Weidegrenzen mit Google Maps

Für die Darstellung der Laufwege der Pferde mithilfe von Google Maps wurde der Datenauswertung ein Schlüssel, „ApiKey“ genannt, vorangestellt. Voraussetzung war der Besitz eines Google Kontos, bei dem Zahlungsoptionen hinterlegt waren. Bis zu ca. 90.000 Maperstellungen pro Monat waren kostenfrei. Außerdem konnten die Bilder problemlos von Google heruntergeladen und auf dem Computer gespeichert werden. Die Funktion „show_track_at_google“ öffnete in Google ein Fenster in Form eines Bildes mit der Abbildung des Laufweges von einem oder mehreren Pferden. Dieser Befehl funktionierte sowohl im Rahmen eines festgelegten Zeitabschnitts als auch mit ausge-

wählten Indices. Empfehlenswert war jedoch die Anwendung unter Zeitangaben. Die rote Markierung im Google Maps Bild kennzeichnete den Startpunkt des Laufweges und die grüne den Endpunkt. Durch das Vergrößern oder Verkleinern der Zahl hinter der Variable „zoom“ wurde die Entfernung zum betrachteten Weideabschnitt reguliert. Maximal 150 Punkte konnten auf dem Google Bild dargestellt werden. Bei sehr großen Datensätzen wurde automatisch nur jeder zehnte Datenpunkt angezeigt.

```
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_D),
                    markerLabels=c("B","C","D","E"),timeFrom='05:34:20',timeTo='05:36:20',zoom=20,google_key=ApiKey)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
                    timeFrom='16:20:04',timeTo='16:21:10',zoom=20,google_key=ApiKey)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_C),markerLabels=c("C"),
                    timeFrom='16:20:04',timeTo='16:23:00',zoom=20,google_key=ApiKey)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_E),markerLabels=c("E"),
                    timeFrom='16:20:04',timeTo='16:21:10',zoom=18,google_key=ApiKey)
```

Abb. 18 Die Funktion `show_track_at_google`

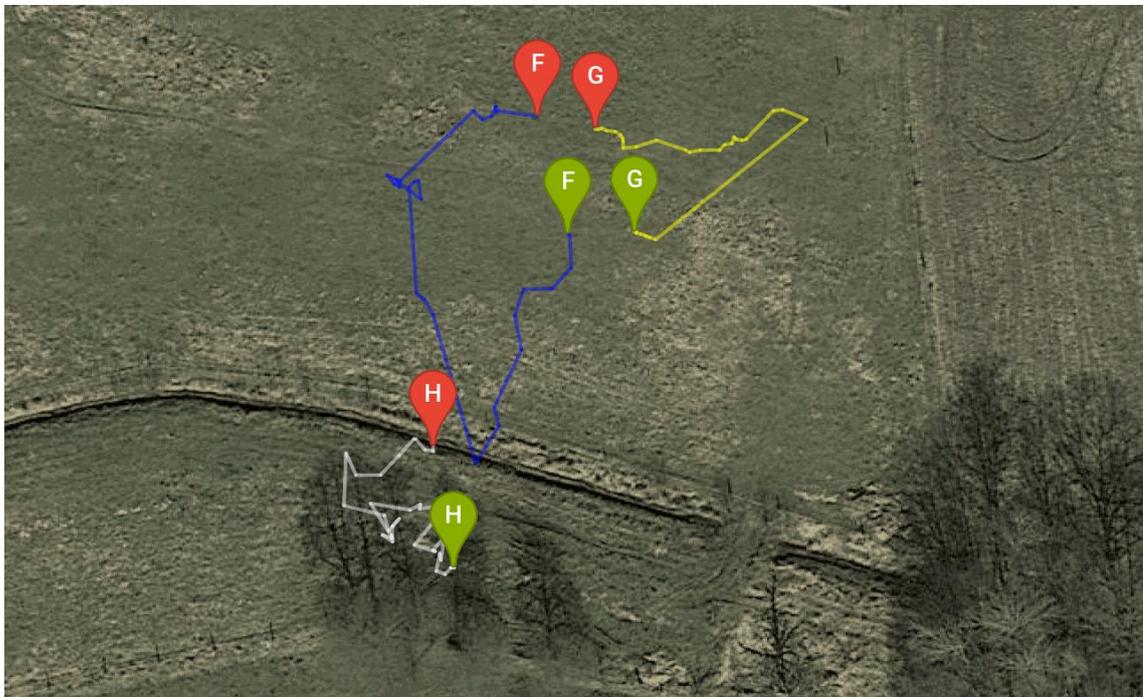


Abb. 19 Laufwege der besenderten Pferde (rot=Start; grün=Stop)

Zusätzlich sollte im Zuge der Auswertung herausgefunden werden, ob sich die Pferde während ihrer „Rennzeiten“ vorwiegend im Weidezentrum oder im Randbereich aufhielten bzw. in welcher Zone der Laufweg bei erhöhten Geschwindigkeiten begann und endete. Dies beruht auf der Annahme, dass eine höhere Ausbruchsfahr besteht, wenn der Laufweg vermeintlich flüchtender Pferde entlang bzw. in Richtung des Weidezauns verläuft. Dafür wurde zunächst über Google Earth eine Karte erstellt, in welcher die Pferdeweiden samt Weidezentrum eingezeichnet waren. Der Abstand zwischen Weidezaun und Zentrum wurde mit 15 Metern bestimmt. Anschließend mussten die GPS-Koordinaten der Punkte, die das Weidezentrum eingrenzten, in einer CSV-Datei in

Excel zusammengetragen werden. Jene Datei wurde mittels der Funktion „read.csv“ in RStudio geladen und als die Variable „Weidegrenzen“ definiert. Darauffolgend konnte von „Weidegrenzen“ jeweils eine Teilmenge („subset“) für jedes einzelne Weidezentrum gebildet werden. Der Ausdruck `<<WeidegrenzenB=subset(Weidegrenzen,Weidegrenzen$Zentrum=="B")>>` bedeutete, dass aus „Weidegrenzen“ alle Daten entnommen werden sollten, die in der Spalte mit dem Namen „Zentrum“ ein „B“ aufweisen. Dann wurde ein Dataframe (tabellarische Datenstruktur) erstellt, in welchem die Längen- und Breitengrade der GPS-Koordinaten aus der CSV-Datei „Weidegrenzen“ herausgefiltert wurden. Schließlich setzte man die erste GPS-Koordinate noch einmal an das Ende der Koordinatenfolge damit die darzustellende Fläche geschlossen war. Diese Schritte wiederholten sich für alle vier Weidezentren: A1, A2, A3 und B. Über die Funktion „show_track_at_google“ konnte letztendlich der Laufweg eines Pferdes in Kombination mit einer Abbildung der Weidezentren aufgezeichnet werden indem in der Variable als letzter Ausdruck das Weidezentrum definiert wurde, z.B. „borders=WeidegrenzenB“.

```
weidegrenzen = read.csv("c:/Users/Sarah/documents/HfWU/bachelorarbeit/Datenerhebung/GPS-Geräte/GruppeA/08.09.2018.GruppeA/weidegrenzen_01.02.2019.csv",
  header = TRUE, sep = ",", quote = "\"", dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
names(weidegrenzen)
weidegrenzenB=subset(weidegrenzen,weidegrenzen$Zentrum=="B")
weidegrenzenB=data.frame("LATITUDE"=weidegrenzenB$LATITUDE,"LONGITUDE"=weidegrenzenB$LONGITUDE)
weidegrenzenB[length(weidegrenzenB$LONGITUDE)+1,]= weidegrenzenB[1,] #erstes nochmals an den Schluss Fläche schliessen

weidegrenzenA1=subset(weidegrenzen,weidegrenzen$Zentrum=="A1")
weidegrenzenA1=data.frame("LATITUDE"=weidegrenzenA1$LATITUDE,"LONGITUDE"=weidegrenzenA1$LONGITUDE)
weidegrenzenA1[length(weidegrenzenA1$LONGITUDE)+1,]= weidegrenzenA1[1,] #erstes nochmals an den Schluss Fläche schliessen

weidegrenzenA2=subset(weidegrenzen,weidegrenzen$Zentrum=="A2")
weidegrenzenA2=data.frame("LATITUDE"=weidegrenzenA2$LATITUDE,"LONGITUDE"=weidegrenzenA2$LONGITUDE)
weidegrenzenA2[length(weidegrenzenA2$LONGITUDE)+1,]= weidegrenzenA2[1,] #erstes nochmals an den Schluss Fläche schliessen

weidegrenzenA3=subset(weidegrenzen,weidegrenzen$Zentrum=="A3")
weidegrenzenA3=data.frame("LATITUDE"=weidegrenzenA3$LATITUDE,"LONGITUDE"=weidegrenzenA3$LONGITUDE)
weidegrenzenA3[length(weidegrenzenA3$LONGITUDE)+1,]= weidegrenzenA3[1,] #erstes nochmals an den Schluss Fläche schliessen
weidegrenzenA =rbind(weidegrenzenA1,weidegrenzenA2,weidegrenzenA3)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
  timeFrom='16:00:00',timeTo='16:38:50',zoom=18,Google_key=ApiKey,borders=weidegrenzenB)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
  timeFrom='16:00:00',timeTo='16:38:50',zoom=17,Google_key=ApiKey,borders=weidegrenzenA)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
  timeFrom='16:00:00',timeTo='16:38:50',zoom=18,Google_key=ApiKey,borders=weidegrenzenA1)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
  timeFrom='16:00:00',timeTo='16:38:50',zoom=16,Google_key=ApiKey,borders=weidegrenzenA2)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLabels=c("B"),
  timeFrom='16:00:00',timeTo='16:38:50',zoom=16,Google_key=ApiKey,borders=weidegrenzenA3)
```

Abb. 20 Darstellung der Laufwege in Kombination mit Weidezentren



Abb. 21 Google Maps Bild mit Laufweg und Weidezentren A1, A2 und A3

3.1.12 Weitere Anpassungen

3.1.12.1 Verkürztes Dateneinlesen

Um das anfängliche Dateneinlesen zu beschleunigen, wurde ein Weg gefunden, diesen Prozess zu verkürzen, indem einige Befehle zusammengefasst wurden.

```
setwd('C:/Users/Sarah/Documents/HfWU/Bachelorarbeit/Datenerhebung/GPS-Geräte/GruppeB/01.09.2018.GruppeB')

GPS_F= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdF-20180901.csv",header = TRUE,
  sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
GPS_G= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdG-20180901.csv",header = TRUE,
  sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
GPS_H= read.csv("01.09.2018.GruppeB.PferdH-20180901.csv",header = TRUE,
  sep = ";", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")

names(GPS_F)
names(GPS_G)
names(GPS_H)

datasets= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_F,GPS_G,GPS_H),
  '2018/09/01','16:00:00','2018/09/02','06:00:00')

GPS_Stunden_F = datasets[[1]]
GPS_Stunden_G = datasets[[2]]
GPS_Stunden_H = datasets[[3]]
```

Abb. 22 Verkürztes Dateneinlesen

3.1.12.2 Umbenennung von „GPS_speed“

Die variable „GPS_speed“, die einen Datensatz mit Geschwindigkeiten zwischen 12 und 60 km/h darstellt, wurde im Verlauf zum besseren Verständnis nach z.B. „GPS_speed_F_12_60“ umbenannt.

3.1.12.3 Funktion „summary“

Im Zuge der Weiterentwicklung des Basisskripts ersetzte die Funktion „summary“ die beiden Funktionen „mean“ und „max“. Mithilfe von „summary“ wurden für einen Datensatz mehr Auswertungen vorgenommen, z.B. minimale und maximale Geschwindigkeiten sowie „median“ und „mean“ zur Mittelwertberechnung für die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Pferdes pro Aufnahmezeitraum. Weiterhin ist durch diese erweiterte Datenauswertung eine bessere Fehleraufdeckung möglich.

3.1.12.4 Hilfe-Funktion über Fragezeichen

Bei Unklarheiten zu einer Funktion kann ein Fragezeichen vor deren Bezeichnung geschrieben werden, z.B. „?prepare_and_revise_gpsdata“. Nach der Ausführung öffnet sich dadurch in RStudio im rechten Bereich ein Hilfe-Fenster mit einer kurzen Beschreibung sowie einem Anwendungsbeispiel. Vielen Abschnitten im Skript sind solche Hilfe-Funktionen bereits vorangestellt, um Nutzern das Verständnis zu erleichtern.

3.2 Kombinierte Auswertung von GPS-Daten und Kameraaufzeichnungen in RStudio

Unter diesem Punkt soll erläutert werden, wie die Fotos der Wildkameras im Zusammenhang mit den GPS-Aufzeichnungen in RStudio ausgewertet werden konnten.

3.2.1 Einlesen der CSV-Dateien mit GPS-Koordinaten der Kameras

Im Anschluss an das Setzen der „working direction“ (setwd) wurde vor der eigentlichen Auswertung eine CSV-Datei mit den GPS-Koordinaten der Kamerastandorte in RStudio geladen, damit die Koordinaten für spätere Analysen nicht manuell eingegeben werden mussten. Hierbei gab es anfangs bereits Probleme, weil die Datei von R-Studio nicht richtig gelesen werden konnte. Auch das Erstellen eines Dataframes aus dem Datensatz führte zu keiner Lösung. Schließlich mussten die Koordinaten der Kameras ersatzweise doch manuell in das Skript eingegeben werden.

3.2.2 Suche nach GPS-Koordinaten eines Pferdes zu best. Uhrzeit

Bereits während des Feldversuches wurden die Kameraereignisse sorgfältig in einer Excel-Datei dokumentiert. Sollte nun ein bestimmtes Ereignis mit den GPS-Daten der Pferde abgeglichen werden, wurde sich zunächst die Funktion „getIndexFromTime“ zu Nutze gemacht. Durch Auswahl des Datensatzes eines bestimmten Pferdes, z.B. „GPS_Stunden_B“, und einer genauen Zeitangabe, wie beispielsweise der des Kameraereignisses, wurden die GPS-Koordinaten des jeweiligen Pferdes mit Längen- und Brei-

tengrad angegeben. Somit suchte diese Funktion heraus, an welchem Punkt sich ein Pferd zu einer bestimmten Uhrzeit befand.

```
?getIndexFromTime # Hilfe siehe rechts unten
dataRow = getIndexFromTime(GPS_Stunden_B,"23:21:17",dataRow = "lonlat")
dataRow #zeigt datRow an
```

Abb. 23 Die Funktion „getIndexFromTime“

3.2.3 Entfernung Pferd zu Wildkamera

Mit der nachfolgenden Funktion „CalcGpsDistanceDifference“ konnte anschließend ermittelt werden, wie weit ein Pferd von einer ausgewählten Kamera entfernt war. Der eigentliche Nutzen bestand darin, die Distanz zwischen Pferd und fotografiertem Wildtier vor der Kamera zu bestimmen. Dabei griff die Funktion zum einen auf die zuvor ermittelte Datenreihe („dataRow“) mit den GPS-Koordinaten des Pferdes und zum anderen auf den eingelesenen Datensatz mit den GPS-Koordinaten der Kameras zu. Da jedoch das Lesen der CSV-Datei mit den Kameradaten noch nicht funktionierte, wurden die Längen- und Breitengrade manuell in das R-Skript eingegeben. Zur genauen Kennzeichnung der Koordinaten setzte man hinter die Funktion ein Hashtag mit der korrekten Kamerabezeichnung. Sollten nun die Abstände aller Pferde zu einer Kamera angegeben werden, musste für jedes Tier ein extra „dataRow“ ermittelt werden. In der Folge erhielt Pferd A „dataRow1“, Pferd B bezog sich auf „dataRow2“ etc.

```
?CalcGpsDistanceDifference # Hilfe siehe rechts unten
CalcGpsDistanceDifference (dataRow$LATITUDE,dataRow$LONGITUDE,Kameras[1,]$LATITUDE,Kameras[1,]$LONGITUDE)
CalcGpsDistanceDifference (dataRow$LATITUDE,dataRow$LONGITUDE, 52.73284, 9.8059) #Kamera 1
```

Abb. 24 Die Funktion „CalcGpsDistanceDifference“

3.2.4 Geschwindigkeiten nahe null

Zudem sollten Zeitabschnitte aus den Datensätzen herausgefiltert werden, in denen alle Pferde stillstanden. Dies basierte auf der Annahme, dass eine Gruppe von Pferden bei der Wahrnehmung von etwas Ungewöhnlichem, das nicht sofort eingeordnet werden kann, oftmals in eine Schreckstarre verfällt bevor sie sich eventuell zur Flucht entscheidet. Solche Momente wurden folglich ebenfalls als eine mögliche Reaktion auf das Eintreffen eines Wildtieres eingeordnet und sollten mit den Kameraereignissen verglichen werden. Bereits während der Datenerhebung wurde ein GPS-Empfänger zur Kontrolle der Auswirkungen von Messfehlern auf die Durchschnittsgeschwindigkeit tagsüber auf den Boden gelegt. Obwohl dieser Empfänger nicht bewegt wurde, konnte aufgrund der Ortungsfehler eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 0,0126 km/h anstatt exakt null errechnet werden. Aus diesem Grund wurde aus den Datensätzen, z.B.

„GPS_Stunden_B“, eine Teilmenge gebildet, welche nur Geschwindigkeiten unter 0,0126 km/h beinhaltete, um Momente der Regungslosigkeit zu kennzeichnen. Die Funktion „prepare_and_revise_gpsdata“ mit „mode=“DELETE““ kontrollierte anschließend, ob bei allen neuen Datensätzen der Pferde gleiche Zeitstempel vorhanden waren. Fehlte in nur einem der Datensätze eine Zeitangabe, wie beispielsweise 20:05:37 Uhr, dann wurde diese Zeit auch in den Datensätzen aller anderen Pferde gelöscht. Grund für die fehlende Zeitangabe war, dass jenes Pferd zu diesem Zeitpunkt sich schneller als 0,0126 km/h bewegt hatte. Die Funktion löschte somit alle unvollständigen Zeiten, da nur Momente gesucht wurden, in denen die komplette Gruppe stillstand. Natürlich konnte jene Funktion über die Vergleichsoperatoren und die Geschwindigkeitsangabe nach Bedarf individuell angepasst werden. Danach wurde mit der Funktion „summary“ kontrolliert, ob die Maximalgeschwindigkeit tatsächlich in jedem Datensatz unter der gegebenen Höchstgeschwindigkeit lag. Anschließend wurde eine Matrix erstellt, um den durchschnittlichen Abstand der Pferde zueinander während einer Geschwindigkeit nahe null anzuzeigen.

```
# Geschwindigkeit nahe null; Achtung bei 0.0126 findet man einen Datensatz mit der gleichen zeit
GPS_null_B =subset(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_B$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_C =subset(GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_C$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_D =subset(GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_D$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_E =subset(GPS_Stunden_E,GPS_Stunden_E$SPEED.km.h. < 0.0126 )

datasets1= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_null_B,GPS_null_C,GPS_null_D,GPS_null_E),mode="DELETE")

GPS_langsam_B_concerted_data1 = datasets1[[1]]
GPS_langsam_C_concerted_data1 = datasets1[[2]]
GPS_langsam_D_concerted_data1 = datasets1[[3]]
GPS_langsam_E_concerted_data1 = datasets1[[4]]

summary(GPS_langsam_B_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_C_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_D_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_E_concerted_data1)

NNA_Data= list(GPS_langsam_B_concerted_data1,GPS_langsam_C_concerted_data1,GPS_langsam_D_concerted_data1,GPS_langsam_E_concerted_data1)
sheet_temp= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data)
matrix_temp = createNnaMatrix(sheet_temp)
matrix_temp
```

Abb. 25 Ermittlung von Geschwindigkeiten nahe null; anschließend Kontrolle über „summary“ und Matrix

3.2.5 Abgleich GPS-Messungen mit Kameraereignis

Zeigten die Fotodokumentationen der Wildkameras nun an, dass z.B. um 20:05 Uhr ein Fuchs fotografiert wurde, musste abgeglichen werden, was die Pferde kurz vor oder nach diesem Ereignis taten. Ein Zeitrahmen von zehn Minuten wurde hierbei als angebracht angesehen, könnte aber natürlich ggf. auch angepasst werden. Somit wurde aus dem Ursprungsdatensatz von z.B. „GPS_Stunden_B“ eine Teilmenge gebildet, die nur den Zeitraum von fünf Minuten vor und nach dem Kameraereignis beinhaltete. Darauf folgend konnte überprüft werden, ob sich bei den Pferden etwas Ungewöhnliches ereignet hatte.

Mithilfe einer Matrix aus den eingegrenzten Datensätzen erschloss sich, ob die Pferde während dieser Zeitspanne dichter oder weiter auseinander standen als über den gesamten Aufzeichnungszeitraum hinweg. Eine signifikante Abstandsveränderung wurde ebenfalls als eine Reaktion der Pferde auf Wildtiere eingestuft.

Über eine „summary“ konnte zusätzlich betrachtet werden, ob die Durchschnittsgeschwindigkeit der Pferde im Vergleich zum gesamten Aufzeichnungszeitraum erhöht war und wie hoch die Maximalgeschwindigkeit lag. War sie mit z.B. 30 km/h deutlich erhöht oder befand sie sich in einem geringeren Bereich von z.B. 12 km/h?

```
#Kameraereignis
GPS_Ereignis_B = subset(GPS_Stunden_B, (GPS_Stunden_B$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_B$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_B$TIME <= '20:10:00'))
GPS_Ereignis_C = subset(GPS_Stunden_C, (GPS_Stunden_C$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_C$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_C$TIME <= '20:10:00'))
GPS_Ereignis_D = subset(GPS_Stunden_D, (GPS_Stunden_D$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_D$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_D$TIME <= '20:10:00'))
GPS_Ereignis_E = subset(GPS_Stunden_E, (GPS_Stunden_E$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_E$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_E$TIME <= '20:10:00'))

#Abstaende Kameraereignis
NNA_Data_Ereignis= list(GPS_Ereignis_B,GPS_Ereignis_C,GPS_Ereignis_D,GPS_Ereignis_E)
sheet_Ereignis= buildNnaDataFrameFromgpsData(NNA_Data_Ereignis)
matrix_Ereignis = createNnaMatrix(sheet_Ereignis)

#Ergebnisse bei Kameraereignis
summary(GPS_Ereignis_B$SPEED, km. h.)
summary(GPS_Ereignis_C$SPEED, km. h.)
summary(GPS_Ereignis_D$SPEED, km. h.)
summary(GPS_Ereignis_E$SPEED, km. h.)
```

Abb. 26 Eingrenzung der Datensätze nach Kameraereignis; anschließende Betrachtung mittels Matrix und „summary“

3.3 Basisskript

Das nachfolgende Skript stellt die finale Version dar, die zur ersten Datenauswertung genutzt werden kann. Als Basis muss es für jede Auswertung einer Pferdegruppe und eines Aufzeichnungs-Zeitraums individuell angepasst werden. Dabei verändern sich in der Regel hauptsächlich Datum, Uhrzeit sowie die Bezeichnungen der Datensätze (hier meist: Buchstaben B, C, D, E, etc.).

Nach jedem Schritt sollte sicherheitshalber überprüft werden, ob die durchgeführte Auswertung korrekt ausgeführt wurde. Dafür wird kontrolliert, ob die Ergebnisse logisch sind und den Erwartungen entsprechen, z.B. dass beim Filtern von erhöhten Geschwindigkeiten kein Wert mehr unter der festgesetzten Grenze (hier: 12 km/h) vorkommt. Aus diesem Grund sind bereits einige Kontrollfunktionen in das Skript eingefügt.

Hashtags mit Kommentaren zu einem Funktionsabschnitt sowie das Aufrufen eines Hilfe-Fensters über „?“ tragen außerdem zu einem besseren Verständnis für den Anwender bei.


```

paste('Pferd D',sum(GPS_Stunden_D$DISTANCE.m.)/1000, 'Km von', GPS_Stunden_D$DATE[1], GPS_Stunden_D$TIME[1],
      'bis', GPS_Stunden_D$DATE[length(GPS_Stunden_D$INDEX)], GPS_Stunden_D$TIME[length(GPS_Stunden_D$INDEX)], 'Uhr gelaufen')
paste('Pferd E',sum(GPS_Stunden_E$DISTANCE.m.)/1000, 'Km von', GPS_Stunden_E$DATE[1], GPS_Stunden_E$TIME[1],
      'bis', GPS_Stunden_E$DATE[length(GPS_Stunden_E$INDEX)], GPS_Stunden_E$TIME[length(GPS_Stunden_E$INDEX)], 'Uhr gelaufen')

#Durchschnittsgeschwindigkeit je Pferd
summary(GPS_Stunden_B$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Stunden_C$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Stunden_D$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Stunden_E$SPEED.km.h.)

# Auswahl von Tracks mit Geschwindigkeiten zwischen 12 und 60 km/h
#speed
?subset # Hilfe siehe rechts unten
GPS_speed_B_12_60 =subset(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_B$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_B$SPEED.km.h. < 60 )
?View # Hilfe siehe rechts unten
# View(GPS_speed_B_12_60)
GPS_speed_C_12_60 =subset(GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_C$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_C$SPEED.km.h. < 60 )
# View(GPS_speed_C_12_60)
GPS_speed_D_12_60 =subset(GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_D$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_D$SPEED.km.h. < 60 )
# View(GPS_speed_D_12_60)
GPS_speed_E_12_60 =subset(GPS_Stunden_E,GPS_Stunden_E$SPEED.km.h. > 12 & GPS_Stunden_E$SPEED.km.h. < 60 )
# View(GPS_speed_E_12_60)

# Eingrenzen der erhöhten Geschwindigkeiten auf eine Mindestdauer von 3 Sekunden
?find_index_in_a_row # Hilfe siehe rechts unten
GPS_speed_B_12_60 = find_index_in_a_row (GPS_speed_B_12_60,setminRunLength=3)
GPS_speed_C_12_60 = find_index_in_a_row (GPS_speed_C_12_60,setminRunLength=3)
GPS_speed_D_12_60 = find_index_in_a_row (GPS_speed_D_12_60,setminRunLength=3)
GPS_speed_E_12_60 = find_index_in_a_row (GPS_speed_E_12_60,setminRunLength=3)

#Durchschnitt speed
summary(GPS_speed_B_12_60)
summary(GPS_speed_C_12_60)
summary(GPS_speed_D_12_60)
summary(GPS_speed_E_12_60)

#speed concerted
#find_concerted_data nun in prepare_and_revise_gpsdata integriert mit mode = TIME
datasets1=
prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_E),reducedData=list(GPS_speed_B_12_60,GPS_speed_C_12_60,GPS_speed_D_12_60,GPS_speed_E_12_60),mode="TIME")

GPS_speed_B_concerted_data_12_60 = datasets1[[1]]
GPS_speed_C_concerted_data_12_60 = datasets1[[2]]
GPS_speed_D_concerted_data_12_60 = datasets1[[3]]
GPS_speed_E_concerted_data_12_60 = datasets1[[4]]

# nur zu Ueberpruefung
summary(GPS_speed_B_concerted_data_12_60)
summary(GPS_speed_C_concerted_data_12_60)
summary(GPS_speed_D_concerted_data_12_60)
summary(GPS_speed_E_concerted_data_12_60)

#Abstaende speed concerted
NNA_Data_speed_12_60= list(GPS_speed_B_concerted_data_12_60,GPS_speed_C_concerted_data_12_60,GPS_speed_D_concerted_data_12_60,GPS_speed_E_concerted_data_12_60)
sheet_speed_12_60= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_speed_12_60)
matrix_speed_12_60 = createNnaMatrix(sheet_speed_12_60)
matrix_speed_12_60

# Geschwindigkeit nahe null; Achtung bei 0.0126 findet man einen Datensatz mit der gleichen Zeit
GPS_null_B =subset(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_B$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_C =subset(GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_C$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_D =subset(GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_D$SPEED.km.h. < 0.0126 )
GPS_null_E =subset(GPS_Stunden_E,GPS_Stunden_E$SPEED.km.h. < 0.0126 )

datasets1= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_null_B,GPS_null_C,GPS_null_D,GPS_null_E),mode="DELETE")

GPS_langsam_B_concerted_data1 = datasets1[[1]]
GPS_langsam_C_concerted_data1 = datasets1[[2]]
GPS_langsam_D_concerted_data1 = datasets1[[3]]
GPS_langsam_E_concerted_data1 = datasets1[[4]]

summary(GPS_langsam_B_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_C_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_D_concerted_data1)
summary(GPS_langsam_E_concerted_data1)

NNA_Data= list(GPS_langsam_B_concerted_data1,GPS_langsam_C_concerted_data1,GPS_langsam_D_concerted_data1,GPS_langsam_E_concerted_data1)
sheet_temp= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data)
matrix_temp = createNnaMatrix(sheet_temp)
matrix_temp

# Auswahl von Tracks mit Geschwindigkeiten < 12 km/h
GPS_langsam_B =subset(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_B$SPEED.km.h. < 12)
GPS_langsam_C =subset(GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_C$SPEED.km.h. < 12)
GPS_langsam_D =subset(GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_D$SPEED.km.h. < 12)
GPS_langsam_E =subset(GPS_Stunden_E,GPS_Stunden_E$SPEED.km.h. < 12)

#Durchschnitt langsam
summary(GPS_langsam_B)
summary(GPS_langsam_C)
summary(GPS_langsam_D)
summary(GPS_langsam_E)

#----- Ergaenzung zum Ausfiltern der falschen Geschwindigkeiten lätschen aller Daten, mit fehlenden zeiten in allen Datensätzen -----
datasets2= prepare_and_revise_gpsdata(list(GPS_langsam_B,GPS_langsam_C,GPS_langsam_D,GPS_langsam_E),mode="DELETE")

GPS_langsam_B_concerted_data2 = datasets2[[1]]
GPS_langsam_C_concerted_data2 = datasets2[[2]]
GPS_langsam_D_concerted_data2 = datasets2[[3]]
GPS_langsam_E_concerted_data2 = datasets2[[4]]

# Kontrolle ob korrekt gefiltert wurde (max Geschw. duerfte nicht groesser als 12 sein)
summary(GPS_langsam_B_concerted_data2)
summary(GPS_langsam_C_concerted_data2)
summary(GPS_langsam_D_concerted_data2)
summary(GPS_langsam_E_concerted_data2)

NNA_Data_langsam= list(GPS_langsam_B_concerted_data2,GPS_langsam_C_concerted_data2, #Zeilenumbruch nach Komma möglich
                      GPS_langsam_D_concerted_data2,GPS_langsam_E_concerted_data2)

warning('!!! Achtung nachfolgende Ausführung dauert sehr lange !!! deshalb auskommentier')
# sheet_langsam_full= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_langsam)
# matrix_langsam_full = createNnaMatrix(sheet_langsam_full)
# matrix_langsam_full

# nur ganze Minuten auswählen
GPS_langsam_B_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_B_concerted_data2, grep("\\d\\d\\.\\d\\d\\.00", GPS_langsam_B_concerted_data2$TIME))
GPS_langsam_C_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_C_concerted_data2, grep("\\d\\d\\.\\d\\d\\.00", GPS_langsam_C_concerted_data2$TIME))
GPS_langsam_D_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_D_concerted_data2, grep("\\d\\d\\.\\d\\d\\.00", GPS_langsam_D_concerted_data2$TIME))
GPS_langsam_E_concerted_data_every_minute = subset(GPS_langsam_E_concerted_data2, grep("\\d\\d\\.\\d\\d\\.00", GPS_langsam_E_concerted_data2$TIME))
# Kontrolle ob Datensätze gleich lang: Length:xyz -Ungleich waere moeglich wenn ganze Minuten fehlen
# dann prepare_and_revise_gpsdata mit TIME (fehlende hinzunehmen) oder DELETE (löschen in anderen Datensätzen)

summary(GPS_langsam_B_concerted_data_every_minute)
summary(GPS_langsam_C_concerted_data_every_minute)
summary(GPS_langsam_D_concerted_data_every_minute)
summary(GPS_langsam_E_concerted_data_every_minute)

```

„summary“

Auswahl von Zeitabschnitten mit erhöhten Geschwindigkeiten

Eingrenzen der erhöhten Geschwindigkeiten auf eine Mindestdauer von 3 s

„summary“

Benennen des neuen Datensatzes

Ergänzung Datensatz mit zuvor fälschlicherweise ausgeschnittenen Daten

„summary“

Berechnung durchschnittl. Abstände zw. Pferden in Zeitabschnitten mit erhöhten Geschwindigkeiten

Auswahl von Zeitabschnitten mit Geschwindigkeiten nahe Null

Benennen des neuen Datensatzes

Prüfen, ob in Datensätzen Uhrzeiten fehlen
➤ Wenn ja, Löschen der Fehlzeiten in allen vollständigen Datensätzen

„summary“

Berechnung durchschnittl. Abstände zw. Pferden in Zeitabschnitten mit Geschwindigkeiten nahe Null

Auswahl von Zeitabschnitten mit niedrigen Geschwindigkeiten

„summary“

Benennen des neuen Datensatzes

Kontrolle mit „summary“ ob Geschwindigkeiten korrekt gefiltert wurden

Entfernen der Nachkommastellen für Sekunden

„summary“

Abb. 28 Basisskript - Teil 2

```

#Abstaende ganze Minuten langsam concerted
NNA_Data_langsam_Minuten=
list(GPS_langsam_B_concerted_data_every_minute,GPS_langsam_C_concerted_data_every_minute,GPS_langsam_D_concerted_data_every_minute,GPS_langsam_E_concerted_data_every_minute)
sheet_langsam_Minuten= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_langsam_Minuten)
matrix_langsam_Minuten = createNnaMatrix(sheet_langsam_Minuten)
matrix_langsam_Minuten

#Anzeige des Laufwegs, wenn man den Index oder die Zeit zum Start und Ende Angibt:
#show_track_at_google oeffnet sich ein Google Fenster mit start=rot Stop-gruen
#Beispiel mit Index
# show_track_at_google (track_data,index_from,index_to,size,zoom,MarkerMax=150,Google_key=NA)
# track_data an besten den Datensatz nach Ringrenzung der Weidezeit also GPS_Stunden_X
# index_from ein Index oder ein berechneter Index ueber Funktion z.B getIndexFromTime(GPS_Stunden_B,'00:00:07')
# index_to ein Index oder ein berechneter Index ueber Funktion z.B getIndexFromTime(GPS_Stunden_B,'00:00:07')
# size GroeKe des Ausgabefenster in Pixel (Quadratisch)
# zoom der Zoom Parameter bis den Weiden ist der Wert zwischen 16 und 20 passend, je nachdem wo die Pferde gsich aufgehalten haben
# MarkerMax Wieviale Punkte sollen angezeigt werden? bis 150 sind moeglich. Bei GroAendatsatzes also z.B bei 1600 wird automatisch nur jeder 10. angezeigt.
# Sollte der grueue oder rote marker nicht zu sehen sein, kann man entweder den Zoomfaktor aendern, oder weniger Punkte anzeigen.
# Es waere moeglich dass die Pferde ueber den Anfangs oder Endpunkt gelaufen sind, und er deswegen verdeckt wird.
?show_track_at_google

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_D,GPS_Stunden_E),
markerLables=c("B","C","D","E"),timeFrom="02:34:20",timeTo="02:36:20",zoom=17,Google_key=ApiKey)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:20:04",timeTo="16:21:10",zoom=20,Google_key=ApiKey)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_C),markerLables=c("C"),
timeFrom="16:20:04",timeTo="16:23:00",zoom=20,Google_key=ApiKey)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_E),markerLables=c("E"),
timeFrom="16:20:04",timeTo="16:21:10",zoom=18,Google_key=ApiKey)

#Abstaende alle Viertelstunde
GPS_alle_Viertelstunden_B = subset(GPS_Stunden_B, grepl("\\d\\.00\\.00", GPS_Stunden_B$TIME) | grepl("\\d\\.15\\.00", GPS_Stunden_B$TIME) | grepl("\\d\\.30\\.00", GPS_Stunden_B$TIME) | grepl("\\d\\.45\\.00", GPS_Stunden_B$TIME))
GPS_alle_Viertelstunden_C = subset(GPS_Stunden_C, grepl("\\d\\.00\\.00", GPS_Stunden_C$TIME) | grepl("\\d\\.15\\.00", GPS_Stunden_C$TIME) | grepl("\\d\\.30\\.00", GPS_Stunden_C$TIME) | grepl("\\d\\.45\\.00", GPS_Stunden_C$TIME))
GPS_alle_Viertelstunden_D = subset(GPS_Stunden_D, grepl("\\d\\.00\\.00", GPS_Stunden_D$TIME) | grepl("\\d\\.15\\.00", GPS_Stunden_D$TIME) | grepl("\\d\\.30\\.00", GPS_Stunden_D$TIME) | grepl("\\d\\.45\\.00", GPS_Stunden_D$TIME))
GPS_alle_Viertelstunden_E = subset(GPS_Stunden_E, grepl("\\d\\.00\\.00", GPS_Stunden_E$TIME) | grepl("\\d\\.15\\.00", GPS_Stunden_E$TIME) | grepl("\\d\\.30\\.00", GPS_Stunden_E$TIME) | grepl("\\d\\.45\\.00", GPS_Stunden_E$TIME))
# Das ganze bei n Pferden N mal wiederholen mit anderen Namen GPS_Stunden_C GPS_Stunden_D GPS_C GPS_D usw.
NNA_Data= list(GPS_alle_Viertelstunden_B,GPS_alle_Viertelstunden_C,GPS_alle_Viertelstunden_D,GPS_alle_Viertelstunden_E)
# Das ganze bei n Pferden N mal wiederholen mit anderen Namen GPS_Stunden_A GPS_Stunden_C GPS_C GPS_D usw.
# also NNA_Data= list(GPS_Stunden_A,GPS_Stunden_B,GPS_Stunden_C,GPS_Stunden_D,...)

sheet_temp = BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data)
matrix_temp = createNnaMatrix(sheet_temp)
matrix_temp

#Kameraereignis
GPS_Ereignis_B = subset(GPS_Stunden_B, (GPS_Stunden_B$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_B$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_B$TIME <= '20:10:00') |
GPS_Ereignis_C = subset(GPS_Stunden_C, (GPS_Stunden_C$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_C$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_C$TIME <= '20:10:00') |
GPS_Ereignis_D = subset(GPS_Stunden_D, (GPS_Stunden_D$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_D$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_D$TIME <= '20:10:00') |
GPS_Ereignis_E = subset(GPS_Stunden_E, (GPS_Stunden_E$DATE == '2018/09/08' & GPS_Stunden_E$TIME >= '20:00:00' & GPS_Stunden_E$TIME <= '20:10:00') |

#Abstaende Kameraereignis
NNA_Data_Ereignis= list(GPS_Ereignis_B,GPS_Ereignis_C,GPS_Ereignis_D,GPS_Ereignis_E)
sheet_Ereignis= BuildNnaDataFrameFromGpsData(NNA_Data_Ereignis)
matrix_Ereignis = createNnaMatrix(sheet_Ereignis)
matrix_Ereignis

#Ergebnisse bei Kameraereignis
summary(GPS_Ereignis_B$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Ereignis_C$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Ereignis_D$SPEED.km.h.)
summary(GPS_Ereignis_E$SPEED.km.h.)

#----- Laufwege & Weidegrenzen einbauen -----

#Weidegrenzen = read.csv("/home/daten/samba/HFWneu/Pferd und Wolf/Versuchsdaten/excel/Weidegrenzen_01.02.2019.csv",header = TRUE, sep = ",", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
Weidegrenzen = read.csv("C:/Users/Sarah/Documents/HFW/Bachelorarbeit/Datenerhebung/GPS-Geräte/GruppeA/08.09.2018.GruppeA/Weidegrenzen_01.02.2019.csv",
header = TRUE, sep = ",", quote = "\"",dec = ".", fill = TRUE, comment.char = "")
names(Weidegrenzen)
WeidegrenzenB=subset(Weidegrenzen,Weidegrenzen$Zentrum=="B")
WeidegrenzenB=data.frame("LATITUDE"=WeidegrenzenB$LATITUDE,"LONGITUDE"=WeidegrenzenB$LONGITUDE)
WeidegrenzenB[length(WeidegrenzenB$LONGITUDE)+1,]= WeidegrenzenB[1,] #erstes nochmals an den Schluss Flaechе schliessen
WeidegrenzenA1=subset(Weidegrenzen,Weidegrenzen$Zentrum=="A1")
WeidegrenzenA1=data.frame("LATITUDE"=WeidegrenzenA1$LATITUDE,"LONGITUDE"=WeidegrenzenA1$LONGITUDE)
WeidegrenzenA1[length(WeidegrenzenA1$LONGITUDE)+1,]= WeidegrenzenA1[1,] #erstes nochmals an den Schluss Flaechе schliessen
WeidegrenzenA2=subset(Weidegrenzen,Weidegrenzen$Zentrum=="A2")
WeidegrenzenA2=data.frame("LATITUDE"=WeidegrenzenA2$LATITUDE,"LONGITUDE"=WeidegrenzenA2$LONGITUDE)
WeidegrenzenA2[length(WeidegrenzenA2$LONGITUDE)+1,]= WeidegrenzenA2[1,] #erstes nochmals an den Schluss Flaechе schliessen
WeidegrenzenA3=subset(Weidegrenzen,Weidegrenzen$Zentrum=="A3")
WeidegrenzenA3=data.frame("LATITUDE"=WeidegrenzenA3$LATITUDE,"LONGITUDE"=WeidegrenzenA3$LONGITUDE)
WeidegrenzenA3[length(WeidegrenzenA3$LONGITUDE)+1,]= WeidegrenzenA3[1,] #erstes nochmals an den Schluss Flaechе schliessen
WeidegrenzenA = rbind(WeidegrenzenA1,WeidegrenzenA2,WeidegrenzenA3)

show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:00:00",timeTo="16:38:50",zoom=18,Google_key=ApiKey,borders=WeidegrenzenB)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:00:00",timeTo="16:38:50",zoom=17,Google_key=ApiKey,borders=WeidegrenzenA)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:00:00",timeTo="16:38:50",zoom=18,Google_key=ApiKey,borders=WeidegrenzenA1)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:00:00",timeTo="16:38:50",zoom=16,Google_key=ApiKey,borders=WeidegrenzenA2)
show_track_at_google(list(GPS_Stunden_B),markerLables=c("B"),
timeFrom="16:00:00",timeTo="16:38:50",zoom=16,Google_key=ApiKey,borders=WeidegrenzenA3)

```

Berechnung durchschnittl. Abstände zw. Pferden in Zeitabschnitten mit niedrigen Geschwindigkeiten

Darstellen des Laufwegs/Pferd in best. Zeitabschnitt

Reduzierung der Datensätze auf jede Viertelstunde

Reduzierung der Datensätze auf 5 min vor & 5 min nach Kameraereignis

Berechnung allgemeine durchschnittl. Abstände zw. Pferden

Berechnung durchschnittl. Abstände zw. Pferden 5 min vor & 5 min nach Kameraereignis

„summary“

Lesen der CSV-Dateien mit Koordinaten der Weidezentren

Koordinaten der Weidezentren verbinden

Darstellen des Laufwegs/Pferd + Weidezentren

Abb. 29 Basisskript - Teil 3

4 Diskussion

4.1 Nutzen der Methode

4.1.1 Datenauswertung mit selbst erstelltem R-Skript

Das selbst geschriebene R-Skript bietet eine geeignete Möglichkeit, die Daten der GPS-Empfänger auszuwerten, um Bewegungs- sowie Abstandsparameter zu untersuchen. Indem die GPS-Daten als CSV-Datei gesichert werden, können diese problemlos in RStudio geladen werden. Dort ist es möglich, bereits bestehende nützliche Funktionen zur Datenbearbeitung bzw. -auswertung anzuwenden oder nach Bedarf fehlende Funktionen selbst hinzuzufügen. Mithilfe des R-Skripts können die Daten beliebig analysiert oder auch eingegrenzt werden. Eine Funktion in Verbindung mit Google Maps visualisiert zudem die Laufwege der Pferde innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Weiterhin ermöglicht das R-Skript eine gemeinsame Betrachtung der GPS-Daten mit den Kameraereignissen, um eventuelle Zusammenhänge zwischen der Anwesenheit eines Wildtieres und dem Bewegungsverhalten der Pferde zu beweisen.

Zusammenfassend ist das R-Skript in der Lage, alle in Kapitel 2.4 aufgelisteten Daten aus den Datensätzen zu ermitteln, zu filtern, zu analysieren und darzustellen. Ein weiterer Pluspunkt für das Skript der Programmiersprache „R“ ist der kostenlose Zugang⁹¹, was eine Nutzung für jeden ermöglicht. Das im Zuge dieser Arbeit erstellte R-Skript eignet sich gut für Folgestudien dieser Art. Es enthält die wichtigsten Funktionen zur Datenauswertung und bleibt in der Anwendung dennoch flexibel für Änderungen.

4.1.2 GPS-Empfänger zur Messung des Bewegungsverhaltens der Pferde

Um mögliche Reaktionen der Pferde auf Wildtiere nachzuweisen, sollte deren Bewegungsverhalten untersucht werden. Genau wie in den einleitend aufgeführten Studien zu GPS-Messungen ermöglichte die Besenderung der Pferde im Feldversuch eine Informationsgewinnung zu Positionen⁹², Laufwegen⁹³ und Geschwindigkeiten⁹⁴ der Pferde. Ebenso wie in der erwähnten Studie zu Untersuchungen von spontanen Lokomotionen von Fohlen mittels GPS⁹⁵ ließen sich niedrigere Geschwindigkeiten (wie bei der Gangart Schritt) sehr gut von höheren Tempi (wie bei Trab oder Galopp) anhand von definierten Geschwindigkeitsbegrenzungen unterscheiden. Aufgrund der Möglichkeit, Standorte einzelner Pferde zu orten, konnten zudem die durchschnittlichen Abstände der

⁹¹ Vgl. The R Foundation (Hrsg.) 2019.

⁹² Vgl. Madosky et al. 2010, S. 1-7.

⁹³ Vgl. Hampson et al. 2010, S. 582-586.

⁹⁴ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

⁹⁵ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

Tiere zueinander erfasst werden. Abweichungen von der Durchschnittsgeschwindigkeit oder den durchschnittlichen Abständen der Pferde zueinander während eines Kameraereignisses sollten eine mögliche Reaktion der Pferde auf die Anwesenheit von Wildtieren nachweisen. Die Messung hoher Geschwindigkeiten der Pferde zum Zeitpunkt einer Wildtiersichtung könnten Hinweise zu einer Fluchtreaktion liefern. Um den Laufweg einer solchen vermeintlichen Flucht abzubilden, können die GPS-Daten ohne Probleme in Google Maps übertragen⁹⁶ werden. Das zusätzliche Einzeichnen der Weidezentren innerhalb der Koppeln zeigt auf, in welche Weideabschnitte (Randbereich oder Zentrum) die Pferde flüchten. Im Falle eines überwiegend entlang des Weidezauns verlaufenden Fluchtwegs, könnte von einer höheren Ausbruchswahrscheinlichkeit der Pferde ausgegangen werden.

4.1.3 Wildkameras zur Dokumentation von Wildtieren

Weil die Wölfe nahegelegener Rudel nicht wie im Fall eines Wolfsmonitorings⁹⁷ besen- dert werden konnten, wurde mit den Kameras eine geeignete Alternative gefunden, um deren Anwesenheit in unmittelbarer Weidenähe nachzuweisen. Zwar konnte nur ein einziger Wolf fotografiert werden, im Gegenzug dafür wurden jedoch zahlreiche andere Wildtiere wie Füchse, Marder, Rehe, Dachse etc. abgelichtet. Das ist der Beweis für die grundsätzliche Funktionalität und Anwendbarkeit der Erhebungsmethode. Dies war allerdings nur möglich, da die Flächen, auf denen sich die Pferde aufhielten, eine be- schränkte Größe aufwiesen. Im Rahmen eines Forschungsgebiets mit einer Ausdehnung von mehreren Kilometern wäre dies nicht möglich gewesen.

Da sowohl die GPS-Geräte als auch die Kameras eine Zeitangabe lieferten, konnten die Daten beider Erhebungsverfahren gut miteinander abgeglichen werden.

4.2 Schwierigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten der Methode

4.2.1 R-Skript

Zunächst ist zu erwähnen, dass zum Schreiben des vorliegenden Skriptes in RStudio unbedingt eine Person mit Programmierkenntnissen und Erfahrungen in der Erstellung von Skripten in R erforderlich war. Diese Notwendigkeit setzte sich auch im weiteren Verlauf fort, wenn Fehlfunktionen auftraten oder neue Befehle und Funktionen hinzuge- fügt werden mussten. Die Skripterstellung erwies sich rückblickend als sehr aufwendig und langwierig. Immer wieder traten Fehlermeldungen auf. Deren Ursachen mussten zunächst ermittelt werden, um daraufhin Lösungsmöglichkeiten entwickeln zu können.

⁹⁶ Vgl. Hampson et al. 2011, S. 173-180.

⁹⁷ Vgl. Mysłajek et al. 2018, S.37-44.

Oftmals gelang jedoch der erste Ansatz einer Fehlerbehebung nicht gleich und stattdessen löste dieser einen neuen Fehler aus. Deswegen mussten viele Funktionen umgeschrieben werden bis das gewünschte Ergebnis erreicht wurde. Somit nahm die bloße Skripterstellung viel mehr Zeit in Anspruch als geplant. Die eigentlichen Auswertungen konnten dementsprechend erst später begonnen werden. Für zukünftige Studien sollte deswegen ausreichend Zeit für das Schreiben und Anpassen eines R-Skriptes einkalkuliert werden.

Auch für den bloßen Anwender eines quasi fertiggestellten R-Skriptes ist es von großem Nutzen, über ein grundlegendes Verständnis zu einzelnen Variablen, Funktionen, Zeichensetzungen sowie allgemeinen Zusammenhängen zu verfügen. Daher ist es sehr zu empfehlen, sich als Nutzer von R-Skripten im Vorhinein ausführlich mit der Programmiersprache „R“ auseinander zu setzen. Dies hilft, die Zusammenhänge und Bedeutungen hinter den niedergeschriebenen Ausdrücken zu verstehen und gegebenenfalls selbst in der Lage zu sein, Fehler aufzudecken und eigene Änderungen am Skript vorzunehmen.

4.2.2 GPS-Empfänger

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Störanfälligkeit von GNSS⁹⁸ und die damit verbundene Möglichkeit fehlerhafter GPS-Aufzeichnungen. Eine bedeutsame Ursache dafür ist wohl vor allem die extrem schwache Empfangssignalstärke im Bereich von -160dBW, was dazu führen kann, dass ein selbst weit entfernter Störsender mit Störsignalen auch nur sehr kleiner Wattzahlen den GNSS-Empfang hemmen und beeinflussen kann⁹⁹. Doch Störsender einmal ausgenommen, gründen die häufigsten Fehler auf natürlichen und ungewollten Interferenzen¹⁰⁰. Interferenzen können dann entstehen, wenn zwei oder mehrere Wellenzüge dasselbe Raumgebiet durchziehen¹⁰¹. Zum einen können die elektromagnetischen Wellen des GNSS durch fremde Signale überlagert werden, zum anderen ist aber auch die Überlagerung durch die eigenen Wellen (Multipath) möglich¹⁰². Letzteres könnte im Feldversuch durch das Abprallen des Empfänger-Signals an nahegelegenen Bäumen verursacht worden sein¹⁰³. Natürliche Interferenzen entstehen durch Sonneneruptionen¹⁰⁴. Dabei treten „zum einen kurzperiodische Schwankungen des ionosphärischen Laufzeitfehlers (Phasen-Szintillationen) und zum anderen Fluktuationen

⁹⁸ Vgl. Bauer 2017, S. 269.

⁹⁹ Vgl. Bauer 2017, S. 269.

¹⁰⁰ Vgl. Bauer 2017, S. 271.

¹⁰¹ Vgl. Bauer 2017, S. 271.

¹⁰² Vgl. Bauer 2017, S. 271.

¹⁰³ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

¹⁰⁴ Vgl. Bauer 2017, S. 271.

der Signalstärke (Amplituden-Szintillationen)¹⁰⁵ auf. Das kann schließlich dazu führen, dass GNSS-Signale nicht mehr von Satellitenempfängern gelesen werden können¹⁰⁶. Auch ungewollte Funkinterferenzen können problematisch werden: Die Frequenzen von GPS-L5 verlaufen durch ein Feld, das auch von Distance Measuring Equipment und Tactical Air Navigation in Flugzeugen verwendet wird¹⁰⁷. Weiterhin befindet sich das GPS L1-Signal mit 1.227,60 MHz sehr nah an dem vom Amateurfunk genutzten 23-cm-Band (1.240 – 1.300 MHz), wodurch es auch hier zu Störungen kommen kann¹⁰⁸. Auch bei der Messung von Pseudostrecken sollte durch die Auswirkungen von Ephemeriden- und Satellitenuhrenfehlern, Signalausbreitungs- und Empfängerfehlern mit Standardabweichungen von ungefähr fünf Metern gerechnet werden¹⁰⁹. Abgesehen davon ist auch ein Ausfall des GPS-Systems nicht auszuschließen¹¹⁰.

Bei der Datenauswertung der selbstdurchgeführten GPS-Messungen wurde als wesentliche Fehlerquelle für falsche Ortsbestimmung der Kontakt zu einer nur geringen Anzahl von Satelliten (≤ 6) ausgemacht. Verlässliche Ergebnisse wurden meist ab einer Satellitenanzahl von acht oder höher erreicht. Bei Funkkontakt zu weniger als drei Satelliten kam es zu Zeitabschnitten, innerhalb derer keine Daten seitens des GPS-Empfängers aufgenommen werden konnten. Die Folge waren zum Teil ungleichmäßig lange Datensätze in den CSV-Dateien. Auswertungen mit Google Maps Bildern kurz vor und nach dem Abbruch des Funkkontakts ergaben, dass sich die betroffenen Pferde innerhalb dieses Zeitraums nicht von der Stelle bewegt hatten. Deshalb wird vermutet, dass sich die Tiere währenddessen zur Ruhe gelegt hatten und dabei den GPS-Empfänger mit ihrem Körper bedeckten, was das Senden und Empfangen von Signalen behinderte. Dieser Vorfall stimmt mit einem Ergebnis aus der zu Beginn aufgeführten Studie von Kurvers et al. überein, in der das Ruhen von Pferden mit GPS nur geringfügig nachgewiesen werden konnte¹¹¹.

Verbesserungspotential besteht in der Nutzung von Empfängern, die auf verschiedene GNSS zugreifen können. In einer Studie führte die Kombination aus dem amerikanischen GPS, dem russischen GLONASS, dem europäischen Galileo und dem chinesischen BeiDou zu einer signifikanten Verbesserung der Satellitensichtweite¹¹². Zusammen konnten wesentlich mehr Satelliten erreicht werden, als bei der Verwendung ein-

¹⁰⁵ Bauer 2017, S. 271f.

¹⁰⁶ Vgl. Bauer 2017, S. 271f.

¹⁰⁷ Vgl. Bauer 2017, S. 272f.

¹⁰⁸ Vgl. Bauer 2017, S. 272f.

¹⁰⁹ Vgl. Bauer 2017, S. 264.

¹¹⁰ Vgl. Bauer 2017, S. 278.

¹¹¹ Vgl. Kurvers et al. 2006, S. 1212-1217.

¹¹² Vgl. Li et al. 2015, S. 1-14.

zelner GNSS¹¹³. Somit war die genaue Ortsbestimmung weniger störanfällig; Berechnungen wurden exakter und zuverlässiger¹¹⁴. Auch der Punkt DOP (dilution of precision), der den Effekt der Satelliten-Geometrie auf die Positionsgenauigkeit bei der GPS-Berechnung angibt¹¹⁵ konnte in der Viererkombination auf einen Wert bis unter eins gesenkt werden¹¹⁶. Je unterschiedlicher die Winkel der Satelliten zum Empfänger sind, d.h. je weiter die Satelliten voneinander entfernt schweben, desto genauer wird auch die Position des GPS-Empfängers ermittelt¹¹⁷. Die Positionsgenauigkeit wurde mit einem DOP von weniger als eins somit immens gesteigert¹¹⁸. In einer weiteren Studie verwendeten die Forscher einen Algorithmus, der GPS-Fehler aufdeckt¹¹⁹. Damit sollte die Präzisionsgenauigkeit jeder GPS-Ortung und ihre Position im Vergleich zu den am nächsten aufgezeichneten Koordinaten bewertet werden¹²⁰. Alle Standortbestimmungen mit einem horizontalen DOP-Wert größer als acht wurden infolge dessen von der weiteren Datenauswertung ausgeschlossen, genauso wie Standorte deren Position nicht mit benachbarten Lokalisierungen übereinstimmten¹²¹. Auch dies kann ein sinnvolles Vorgehen zur Eliminierung von Ortungsfehlern in zukünftigen Projekten sein.

Weiterhin kam es während der Datenerhebung wenige Male vor, dass einzelne Geräte durch einen nächtlichen Regenschauer nass wurden und ihre Funktionsfähigkeit einstellten. Zwar waren bereits Vorsichtsmaßnahmen getroffen worden, um die GPS-Empfänger wasserdicht einzupacken, dennoch konnte keine absolute Sicherheit gewährleistet werden. Für zukünftige Feldversuche sind daher wasserdichte Geräte zu empfehlen.

Zudem sollte auch auf eine ausreichende Befestigung der Empfänger an den Pferdehalsbändern geachtet werden. In der Nacht vom 21./22.08.2018 löste sich eines der Geräte vom Halsband, vermutlich durch Wälzen des Pferdes. Die Geräte müssen so robust sein oder zu mindestens so geschützt werden, dass sie den meisten Schäden, die im Zusammenhang mit Pferden entstehen können, wie z.B. ein Annagen des Empfängers, standhalten. Daher ist es ratsam bereits vorkonzipierte und getestete GPS-Halsbänder zu verwenden.

¹¹³ Vgl. Li et al. 2015, S. 1-14.

¹¹⁴ Vgl. Li et al. 2015, S. 1-14.

¹¹⁵ Vgl. DATACOM Buchverlag GmbH (Hrsg.) (2008).

¹¹⁶ Vgl. Li et al. 2015, S. 1-14.

¹¹⁷ Vgl. DATACOM Buchverlag GmbH (Hrsg.) (2008).

¹¹⁸ Vgl. DATACOM Buchverlag GmbH (Hrsg.) (2008).

¹¹⁹ Vgl. Hampson et al. 2011, S. 173-180.

¹²⁰ Vgl. Hampson et al. 2011, S. 173-180.

¹²¹ Vgl. Hampson et al. 2011, S. 173-180.

4.2.3 Wildkamas

Die aufgestellten Kamas am Weiderand dokumentierten zahlreiche Wildtieraktivitäten. Da es jedoch nicht möglich gewesen war, absolut jeden Bereich genaustens zu erfassen, kann es durchaus sein, dass nicht alle Bewegungen von Wildtieren aufgezeichnet wurden. Über den Versuchszeitraum wurde nur zu Beginn ein einziger Wolf von einer Kamera am Truppenübungsplatz abgelichtet. Es wäre interessant gewesen zu erfahren, ob sich danach keine Wölfe mehr den Pferdeweiden genähert hatten oder ob diese einfach nicht in den Blickwinkel einer Kamera getreten waren. Somit hat auch dieses Erhebungsverfahren seine Grenzen. Es war dadurch nicht möglich gewesen zu erfahren, wie weit entfernt sich das Rudel tatsächlich aufhielt. Möglicherweise könnten die Pferde herannahende Wölfe bereits bemerken, bevor sich diese im Blickfeld der Kamas befinden. Eine darauffolgende Reaktion der Pferde auf Wölfe wäre so nicht nachzuweisen. Genauere Erkenntnisse könnten durch eine Besenderung der Wölfe¹²² gewonnen werden. Dies war zum Zeitpunkt der Forschung jedoch nicht möglich.

4.2.4 Forschungszeitraum

Das ländliche Forschungsgebiet eignete sich aufgrund von Nachweisen erhöhter Wolfsaktivität hervorragend für den Feldversuch. Allerdings hätte der Versuchszeitraum auf mindestens ein Jahr ausgedehnt werden sollen, um einen ausreichend aussagekräftigen Datensatz zu generieren. Angepasst an den Lebenszyklus der Wölfe, könnte in Zukunft zur Geburt der Welpen im Mai begonnen werden. Während der Datenerhebung gab es so gut wie keine Wolfpräsenz in der unmittelbaren Nähe der Pferdegruppen. Nur einmal zu Versuchsbeginn konnte von einer Wildkamera am Truppenübungsplatz, ca. einen halben Kilometer von den Pferdeweiden entfernt, ein Wolf dokumentiert werden. Ursache dafür könnte zum einen die immense Größe des Territoriums von ca. 150 - 350 km²¹²³ sein, das ein Wolfsrudel hierzulande nutzt. Dies unterscheidet sich von Senderdaten einer Forschungsarbeit in Skandinavien, in welcher die Größe der Wolfs-Territorien jeweils zwischen 259 km² und 1676 km² variierten¹²⁴. Allgemein sind Wolfsterritorien in Skandinavien größer als im Süden Nordamerikas oder in Europa, jedoch kleiner als im Norden Alaskas¹²⁵. Nach Telemetriestudien an Wölfen in der Lausitz zum Raum-Zeitverhalten von *Canis lupus* in der heutigen Kultur- und Industrielandschaft Deutschlands nutzen die hieransässigen Wölfe zum größten Teil der Zeit eine Art Kernzone, die

¹²² Vgl. Mysłajek et al. 2018, S.37-44.

¹²³ Vgl. Kontaktbüro Wölfe in Sachsen (Hrsg.) 2018.

¹²⁴ Vgl. Mattison et al. 2013, S. 813-825.

¹²⁵ Vgl. Johansson 2002.

nur eine geringe Fläche des Territoriums ausmacht¹²⁶. Die restlichen Territoriumsanteile werden von den Wölfen nur kurzzeitig durchstreift¹²⁷. Eventuell begrenzen Wölfe im dichtbesiedelten Deutschland die Nutzung ihres Lebensraums aufgrund der ausgeprägten Infrastruktur sowie direkten und indirekten Störungen durch den Menschen. Dazu zählen zum einen landwirtschaftliche Produktionszeiträume und Eingriffe in den Forst, die für unterschiedlich lange Störungs- und Ruhephasen auf den Flächen sorgen. Zum anderen gelten auch Jagd- und Freizeitaktivitäten der Menschen als störend. Möglicherweise hätten im Winter mehr Wölfe gesichtet werden können, denn durch die landwirtschaftliche Ruhephase und auch weniger draußen stattfindender Freizeitaktivitäten der Anwohner sind die Störfaktoren ggf. geringer. Zudem ist auch nicht auszuschließen, dass die Wölfe die aufgestellten Wildkameras wahrnahmen und versuchten, diese zu meiden. Eine weitere Erklärung könnte darin bestehen, dass das Rudel weitergezogen ist.

4.2.5 Tiere

In Bezug auf die Auswahl der untersuchten Pferdegruppen lässt sich kritisieren, dass sowohl Anzahl als auch Geschlecht keine ausreichende Stichprobengröße darstellen und somit keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können. Vielmehr war es aber auch das Ziel dieser Arbeit, diese Technik zur Datenerfassung und -auswertung auf ihre Anwendbarkeit und Aussagekraft zu überprüfen und zu klären, ob sie in ähnlich konzipierten Folgestudien eingesetzt werden kann.

4.3 Mögliche Folgeanalysen

Die angewandten Methoden eröffnen die Möglichkeit für weitergehende Analysen: Im Anschluss an die Datenerfassung durch GPS und die Auswertung mittels des geschriebenen R-Skriptes kann eine statistische Analyse der Ergebnisse über den „R Commander“ von „R“ erfolgen. Somit ist es möglich anhand verschiedener Tests zu überprüfen, ob signifikante Zusammenhänge bestehen. Erst dann können Aussagen glaubhaft belegt und statistisch nachgewiesen werden.

Ebenfalls interessant könnte eine nachfolgende Erstellung von Netzwerkanalysen sein. Damit lassen sich Zusammenhänge, z.B. im Bezug auf die unterschiedlichen Abstände der Pferde in Ruhe und bei erhöhter Geschwindigkeit, besser erkennen und darstellen.

¹²⁶ Vgl. Kluth, G.; Reinhardt, I. 2015.

¹²⁷ Vgl. Kontaktbüro Wölfe in Sachsen (Hrsg.) 2018.

5 Zusammenfassung

Nach langer Zeit der Ausrottung siedeln sich Wölfe (*Canis lupus*) nun wieder erfolgreich in Deutschland an und werden zur Gefahr für Nutztiere. Gerade im Bezug von Wolfsangriffen auf Schafe, Ziegen und Rinder gibt es bereits zahlreiche Studien sowie Lösungsansätze zu deren Schutz. Bevor Maßnahmen zum Schutz von Hauspferden vor Wölfen diskutiert oder gar eingeleitet werden können, muss zu allererst Forschung betrieben werden. Denn hierzu gibt es noch wenig wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse.

Um zunächst allgemein mögliche Reaktionen von Pferden auf die bloße Anwesenheit von Wölfen herauszustellen, kann das Bewegungsverhalten von Pferdegruppen bzw. -herden untersucht werden. Somit können erste Aussagen getroffen werden, ob überhaupt eine Reaktion der Pferde erfolgt, wenn sie mit Wölfen zusammentreffen.

Durch die Besenderung der Pferde mit GPS-Empfängern lassen sich Parameter wie Position, Abstand, Geschwindigkeit oder Laufwege gut darstellen, um damit anschließend ein Bewegungsprofil zu generieren. Um Ortungsfehler einzugrenzen und stets eine Signalverbindung zu ausreichend Satelliten zu erreichen, sollten Empfänger verwendet werden, die auf mehrere GNSS zugreifen können.

Das Ziel dieser Forschungsarbeit wurde erreicht: Zur Bearbeitung und Auswertung der erfassten GPS-Daten eignet sich das im Zuge dieser Arbeit erstellte R-Skript sehr gut. GPS- und Kameradaten können in Beziehung zueinander gesetzt und gemeinsam untersucht werden. Als Open Source ist „R“ für jedermann zugänglich. Für Folgestudien bildet dieses R-Skript eine ideale Basis zur Datenauswertung, da bereits die wichtigsten Funktionen enthalten sind. Die Möglichkeit, ein bereits vorkonzipiertes Tool verwenden zu können, spart Forschern viel Zeit und Aufwand bei zukünftigen Datenauswertungen. Zudem ist das Skript nicht endgültig, sondern kann an individuelle Forschungsfragen angepasst und erweitert werden. Voraussetzung dafür ist wiederum ein grundlegendes Verständnis zur Programmiersprache „R“ sowie dem Aufbau und der Funktionsweise des R-Skriptes. Als Ergebnis kann das R-Skript dazu beitragen, die Forschung zur Pferd-Wolf-Interaktion voranzutreiben.

After a long time of extermination, wolves (*Canis lupus*) are now successfully recolonising in Germany and are becoming a danger for farm animals. Especially with regard to wolf attacks on sheep, goats and cattle, there are already numerous studies with approaches and proposals to solutions for their protection. Before measures for the protection of domestic horses can be discussed or even initiated, research needs to be carried out first. Currently, there is very limited scientifically significant data to support any claims for a long-term viable solution.

In order to generally identify possible reactions of horses to the mere presence of wolves, the movement behaviour of groups or herds of horses can be investigated. Thus, first statements can be made, whether horses react to the presence of wolves at all.

By attaching GPS receivers to the horses, parameters such as position, distance, speed or walking distance can be easily recorded in order to generate a motion profile. In order to limit locating errors and always achieve a signal connection to sufficient satellites, receivers that can access multiple GNSS should be used.

The aim of this study has been achieved: The R script created in the course of this research is very well suited for the processing and evaluation of the recorded GPS data. The respective GPS and camera data can be correlated and examined together. As an open source, "R" is accessible for everyone. For subsequent studies, the generated R script forms an ideal basis for data evaluation, since it already contains the most important functions. The possibility to use an already designed tool saves researchers valuable time and effort in future data evaluation. Furthermore, the current script is not limited, but can be adapted and extended to individual research requirement. A basic understanding of the programming language "R" as well as the structure and functionality of the R script is a prerequisite for this. As a result, the R script can contribute to further research on the interaction between horses and wolves.

Literaturverzeichnis

Bücher

BAUER, M. (2017): Vermessung und Ortung mit Satelliten, 7. Aufl., Berlin: Wichmann.

NEUGEBAUER, G. M.; NEUGEBAUER, J. K. (2011): Lexikon der Pferdesprache. Neue Wege zur artgerechten Kommunikation, Stuttgart: Eugen Ulmer, S. 12.

Wissenschaftliche Studien

BARTOŃ, K. ET AL (2019): Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes, in: Elsevier 17, S. 1-8.

CHRISTENSEN, J. W.; RUNDGREN, M. (2008): Predator odour per se does not frighten domestic horses, in Applied Animal Behaviour Science 112, S.136-145.

CHRISTENSEN, J. W.; RUNDGREN, M.; OLSSON, K. (2010): Training methods for horses: habituation to a frightening stimulus, in: Equine Veterinary Journal 38, S. 1-14.

HAMPSON, B. ET AL (2010): Distances travelled by feral horses in 'outback' Australia, in: Equine Veterinary Journal 42, S. 582-586.

HAMPSON, B. ET AL (Juli 2011): Health and behaviour consequences of feral horse relocation, in: The Rangeland Journal 33, S. 173-180.

JOHANSSON, K. (2002): Wolf territories in Scandinavia; sizes, variability and their relation to prey density, in: Sveriges Lantbruksuniversitet 83.

KILIÇ, S.; CANTÜRK, G. (2018): Car accident due to horse crossing the motorway: two case reports, in: Adli Tıp Bölümü 23(1), S. 73-76.

KING, S. (2002): Home range and habitat use of free-ranging Przewalski horses at Hustai National Park, Mongolia, in: Appl. Anim. Behav. Sci., S. 103-113.

KLUTH, G.; REINHARDT, I. (2015): Untersuchungen zum Raum-Zeitverhalten und zur Abwanderung von Wölfen in Sachsen. Endbericht Projekt "Wanderwolf" (2012 - 2014).

KURVERS, C. M. H. C. ET AL (Juli 2006): Quantification of spontaneous locomotion activity in foals kept in pastures under various management conditions, in: Am J Vet Res. 67, S. 1212-1217.

- LI, X. ET AL (Februar 2015): Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou, in: Nature Scientific Reports 5, S. 1-14.
- MADOSKY, J. ET AL (September 2010): The effects of immunocontraception on harem fidelity in a feral horse (*Equus caballus*) population, in: Appl. Anim. Behav. Sci., S. 1-7.
- MATTISSON, J. ET AL (2013): Home range size variation in a recovering wolf population: evaluating the effect of environmental, demographic, and social factors, in: Oecologia 173(3), S. 813-825.
- MERRIGI, A. ET AL (November 2014): Short-term responses of wolf feeding habits to changes of wild and domestic ungulate abundance in Northern Italy, in: Taylor & Francis Group, S. 1-23.
- MUSIANI, M. ET AL (2005): Seasonality and Reoccurrence of Depredation and Wolf Control in Western North America, in: Wildlife Society Bulletin 33(3), S. 876-887.
- MYSŁAJEK, R. W. ET AL (2018): Spatial organization in wolves *Canis lupus* recolonizing north-west Poland: Large territories at low population density, in: Mammalian Biology 92, S.37-44.
- REINHARDT, I. ET AL (2012): Livestock protection methods applicable for Germany – a Country newly recolonized by wolves, in: Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy 23(1), S. 62-72.
- REINHARDT, I. ET AL (2019): Military training areas facilitate the recolonization of wolves in Germany, in: Wiley Periodicals, S. 1-7.
- RIPPLE, W.; BESCHTA, L. (2011): Trophic cascades in Yellowstone: The first 15 years after wolf reintroduction, in Elsevier 145, S. 205-213.
- SCHWENK, B. K.; FÜRST, A. E.; BISCHOFBERGER, A. S. (2016): Traffic accident-related injuries in horses, in: Pferdeheilkunde 32, S. 192-199.
- STOYNOV, E. ET AL (November 2014): How to avoid depredation on livestock by wolf – theories and tests, in: Bulgarian Journal of Agricultural Science 20(1), S. 1-7.

VAN DUYNNE, C. ET AL (2009): Wolf predation among reintroduced Przewalski horses in Hustai National Park, Mongolia, in: Journal of wildlife management 73(6), S. 836-843.

WINTHER CHRISTENSEN, J.; RUNDGREN, M. (August 2007): Predator odour per se does not frighten domestic horses, in: Elsevier 112, S. 136-145.

Gesetzestexte

§ 39 Abs. 2 BNatSchG.

Anhang V Richtlinie 92/43/EWG Des Rates.

Onlinequellen

BERLINER ZEITUNG (Hrsg.) (2018): Schutz für Nutztiere. Bauern und Dorfbewohner fordern Abschuss von Wölfen. URL:
<https://www.berliner-zeitung.de/berlin/brandenburg/schutz-fuer-nutztiere-bauern-und-dorfbewohner-fordern-abschuss-von-woelfen-31569316>
(abgerufen am 07.04.2019).

BILD GMBH (Hrsg.) (2019): Interview mit Umweltministerin Schulze. Gefährliche Wölfe sollen geschossen werden. Grenzwert-Debatte: Tüv soll Abgas-Mess-Stellen überprüfen. URL:
<https://www.bild.de/politik/2019/politik/interview-umweltministerin-schulze-gefaehrliche-woelfe-sollen-geschossen-werden-60440820.bild.html>
(abgerufen am 07.04.2019).

DATAKOM BUCHVERLAG GMBH (Hrsg.) (2018): PDOP (position dilution of precision). URL:
<https://www.itwissen.info/PDOP-position-dilution-of-precision.html>
(abgerufen am: 13.12.2018).

DOKUMENTATIONS- UND BERATUNGSSTELLE DES BUNDES ZUM THEMA WOLF (DBBW) (Hrsg.) (2019): Bundesweite Schadensstatistik. URL:
<https://dbb-wolf.de/wolfsmanagement/herdenschutz/schadensstatistik>
(abgerufen am 14.04.2019).

DOKUMENTATIONS- UND BERATUNGSSTELLE DES BUNDES ZUM THEMA WOLF (DBBW) (Hrsg.) (2018/19): Wolfsterritorien in Deutschland 2019. URL:
<https://dbb-wolf.de/Wolfsvorkommen/territorien/karte-der-territorien>
(abgerufen am 14.04.2019).

- GRIES, J. (2018): Analyse bestätigt: Wolf riss bei Meißendorf zehn Schafe. URL:
<http://www.cellesche-zeitung.de/Celler-Land/Winsen/Analyse-bestaetigt-Wolf-riss-bei-Meissendorf-zehn-Schafe>
(abgerufen am: 25.11.2018).
- KONTAKTBÜRO WÖLFE IN SACHSEN (Hrsg.) (2018): Hintergrundinformationen Projekt "Wanderwolf". URL:
<https://wolf-sachsen.de/de/wolfsmanagement-in-sn/monitoring-und-forschung/telemetrie-besenderung/projekt-qwanderwolfq/weitere-informationen-projekt-wanderwolf>
(abgerufen am: 28.12.2018).
- NABU – NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V. (Hrsg.) (2015): Chronik: Wölfe in Deutschland. URL:
<https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/wolf/wissen/18886.html>
(abgerufen am 17.03.2019).
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (o.J.): Pferdeland Niedersachsen. URL:
https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/tierische_production/tierproduktion-in-niedersachsen-145609.html
(abgerufen am 30.04.2019).
- NORDDEUTSCHER RUNDFUNK (Hrsg.) (2019): Geplanter Wolfs-Abschuss: Genehmigung verlängert. URL:
https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/lueneburg_heide_unterelbe/Geplanter-Wolfs-Abschuss-Genuehmigung-verlaengert,wolfsrudel162.html
(abgerufen am 30.04.2019).
- NORDDEUTSCHER RUNDFUNK (Hrsg.) (2019): Neustadt: Wolf reißt 200-Kilo-Fohlen auf Weide. URL:
https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/hannover_weserleinegebiet/Neustadt-Wolf-reisst-200-Kilo-Fohlen-auf-Weide,wolfsriss142.html
(abgerufen am 07.04.2019).
- SCHUKIES, K. (2018): Lüneburger Heide: Wolfsangriffe mit neuer Dimension. URL:
<https://www.agrarheute.com/landundforst/betrieb-familie/tier/lueneburger-heide-wolfsangriffe-neuer-dimension-548024>
(abgerufen am: 25.11.2018).

THE R FOUNDATION (Hrsg.) (2019): What is R?. URL:
<https://www.r-project.org/about.html>
(abgerufen am 03.03.2019).

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich:

1. dass ich meine Abschlussarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe,
2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe.

Ich bin mir im Weiteren darüber im Klaren, dass die Unrichtigkeit dieser Erklärung zur Folge haben kann, dass ich von der Ableistung weiterer Prüfungsleistungen nach §15 Abs. 3 SPO – AT Bachelor bzw. §14 Abs. 3 SPO – AT Master ausgeschlossen werden und dadurch die Zulassung zum Studiengang verlieren kann.

Stuttgart, 06.05.2019

S. Weizorke