

Bachelorarbeit von

Sabrina Fraefel

Bachelorstudiengang 2012

Studienrichtung

Umweltingenieurwesen

DIE ÖKOMORPHOLOGIE DES WEGNETZES ALS EINFLUSSGRÖSSE AUF WILDTIERE UND DEREN LEBENSÄÄUME



Abgabedatum 03.09.2015

Fachkorrektoren:

Wytttenbach Martin,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Forschungsgruppe UPLA

Graf Roland, Prof. Dr.
Leiter Forschungsgruppe WILMA

ZHAW LFSM IUNR

Schloss, Postfach

CH-8820 Wädenswil



ZÜRCHER FACHHOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT UNR

Impressum

Schlüsselwörter	Kriterienset, Wegobjekte, Freizeitaktivitäten, Erholungsgebiet, Störung, Rehe, Sihlwald, Interaktionen Mensch-Wildtier
Zitiervorschlag	Fraefel S. (2015). Die Ökomorphologie des Wegnetzes als Einflussgrösse auf Wildtiere und deren Lebensräume. Bachelorarbeit. Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Adressen	Sabrina Fraefel Regelwiesenstrasse 5 8560 Märstetten sfraefel@bluewin.ch
Titelbild	Mountainbiker auf Feldweg (Sabrina Fraefel, August 2015)

Zusammenfassung

Wildtierlebensräume werden durch Freizeit- und Erholungstätigkeiten beeinflusst und verändert, was zur Beunruhigung und zu Störungen von Wildtieren führen kann. Wege spielen dabei als essentieller Bestandteil der Erholungsinfrastruktur des Naherholungsraums eine zentrale Rolle. Ähnlich dem Modulstufenkonzept F (BAFU), zur Charakterisierung von Fließgewässern, könnten auch Wege und deren unmittelbare Umgebung charakterisiert und bewertet werden. Die vorliegende Arbeit stellt eine Methode vor, um Wegparameter zu erheben, die sowohl auf die anthropogenen Nutzungsansprüche als auch auf die Lebensraumanprüche der Wildtiere eingehen und somit für die Beschreibung der Interaktion zwischen Mensch und Wildtier von Bedeutung sind. Die Methodenentwicklung beruhte auf drei Schritten: die Parameter-Auswahl, die Festlegung der Erhebungsarten und ihre Durchführung sowie die Überprüfung der Relevanz der Wegparameter in Bezug auf Mensch-Wildtier-Interaktionen. Das ausgewählte und getestete Parameterset ist das Ergebnis einer Literaturrecherche in den Bereichen Erholung und Outdoorsport sowie der Wildtierökologie. Es umfasst 17 Attribute, die die Wegbeschaffenheit, Wegnutzung, Wegumgebung und Lenkungsmassnahmen beschreiben. Die entwickelte Erhebungsmethode setzt sich aus Feldaufnahmen, GIS-basierter Datenverarbeitung und Expertenbefragungen zusammen. Die Parametererhebung fand im Gebiet Sihlwald (ZH) und in dessen näheren Umgebung statt. Dabei wurden Daten aus drei Perimetern aufgenommen, welche die Home ranges von sechs GPS-besenderten Rehen umfassten (ZHAW-Forschungsprojekt „Wildtiere und Mensch im Naherholungsraum“). Die Ergebnisse der Felderhebung wurden in eine Geodatenbank eingebunden und mit weiteren Daten der Expertenbefragung und GIS-Analyse ergänzt. Der zentrale Teil der Datenextraktion erfolgte unter der Verwendung eines Python-Skripts. Die Ergebnisse wurden in anschaulichen Karten geovisualisiert und geben einen Überblick über mögliche Zusammenhänge. Die Datenausgabe für die statistische Auswertung beschränkte sich auf fünf Parameter, die für die Beschreibung von Mensch-Wildtier-Interaktionen von Bedeutung sind. Dabei lag der Fokus auf einem 25 Meter breiten Pufferbereich beidseits der Wege. Hinsichtlich der Erfassung der Ökomorphologie des Wegnetzes haben sich die erprobten Erhebungsmethoden und die Datenverarbeitung mit dem Python-Skript bewährt. Die visualisierten Ergebnisse liessen auf einen Zusammenhang zwischen den Wegobjekten und der Nutzungsfrequenz schliessen. So konnte festgestellt werden, dass Wege stärker frequentiert wurden, die Attraktions- und Wegbeschilderungspunkte aufwiesen. In Bezug auf die Mensch-Wildtier-Interaktionen hatten die Parameter Wegnutzungsfrequenz, Ausprägung der Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung keinen Einfluss auf das räumliche Verhalten der Rehe. Die grösste Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² befand sich in Wegbereichen ohne bzw. mit geringem Deckungsgrad der Brombeeren. Somit zeigte dieser Parameter ebenfalls keine Effektstärke. Als einzige signifikante Beziehung hielten sich Rehe vermehrt in Zonen geringer Hangneigung auf. Diese Feststellung steht jedoch in Widerspruch zu anderen Studien. Die Verteilung der Rehlokalisationen legt die Vermutung nahe, dass die Rehe die Zonen entlang von Wegen zu meiden scheinen. Auch lassen sich Prozesse des Sozial- und Territorialverhaltens, der Populationsbiologie, der Ökologie sowie äussere umweltrelevante Faktoren als Steuer- bzw. Einflussgrössen nicht ausschliessen. So kann ein Wegbereich mit nur wenigen Lokalisierungen eines besenderten Rehs durchaus von einem unbesenderten Reh intensiv genutzt werden. Auch spielen habitat-spezifische Faktoren wie das Äsungsangebot eine zentrale Rolle bei der räumlichen Verteilung der Tiere. Tiefergehende Analysen, unter Berücksichtigung der weiter von den Wegen entfernten Habitats, sind nun erforderlich.

Abstract

Wildlife habitats are influenced and altered by leisure and recreational activities, which can lead to agitation and disturbances of wild animals. As an essential part of the recreational infrastructure, trails play a key role in this context. A similar procedure to the modular stepwise procedure F (FOEN) used for the characterization of flowing waters could be used to characterize and assess trails and their immediate surroundings. In this study, a method is introduced to gather trail parameters based on both the anthropogenic utilization claims and the habitat requirements of wild animals, which thus is of importance for the description of the interaction between humans and wild animals. The development of the method is based on three steps: choice of parameters, determination of survey techniques and their implementation and verification of the trail parameters in relation to human-wildlife interactions. The selected and tested parameter set is the result of a literature search in the fields of recreation, outdoor sports and wildlife ecology. It encompasses 17 attributes which describe the trail character, trail usage, trail surroundings and visitor guidance measures. The developed survey method is comprised of field acquisitions, GIS-based data processing and expert interviews. The parameter collection took place in the Sihlwald (ZH) region and its surrounding area. Thereby, data was collected in three perimeters covering the home ranges of six roe deer equipped with GPS collars (ZHAW research project "Wild Animals and Humans in the Local Recreation Area"). The results of the field assessments were integrated into a geodatabase and extended by additional data from the expert interviews and GIS-analysis. The key part of the data extraction was done by applying a Python script. The results of the assessments were visualized on descriptive maps that provide an overview of possible correlations. The data output for the statistical analysis was limited to five parameters of importance for the description of human-wildlife interactions, focussing mainly on a 25 meters wide buffer area on both sides of the trail. Concerning the acquisition of the trail network's eco-morphology, the field-tested survey methods as well as the data processing with the Python script have proven to be successful. The visualized results indicated a correlation between trail objects and usage frequency – trails that exhibited attraction or signposted points were frequented more often. In relation to human-wildlife interactions, the parameters trail usage frequency, degree of vegetation density and view into the surrounding area had no influence on the spatial behaviour of the roe deer. The highest number of deer localizations per 100 m² was found in trail regions without or with low blackberry coverage. Thus this parameter also did not show an effect size. The only significant correlation was yielded by the slope gradient – the roe deer stayed more frequently in shallow areas. However, this observation stands in contradiction to other studies. The distribution of deer localization points suggests that the roe deer seem to avoid the areas along trails. Also, processes of social and territorial behaviour, population biology, ecology and external environmentally relevant factors cannot be ruled out as steering and influential variables. Thus, a trail area with very few localizations of a sender-fitted deer could very well be intensely frequented by a deer without GPS collar. Also habitat-specific factors like grazing supply play a central role in the spatial distribution of the animals. Deeper analysis in consideration of the habitats lying further away from the trails is now necessary.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Ausgangslage	7
1.2	Zielsetzung und Vorgehen	7
1.3	Forschungsfragen	8
2	Relevante Wegparameter (Literaturrecherche).....	9
3	Methodik.....	12
3.1	Untersuchungsraum.....	12
3.2	Datenerhebung	14
3.2.1	Felderhebung mit Aufnahmebogen	15
3.2.2	Expertenbefragung	20
3.2.3	GIS-basierte Erhebung	21
3.3	Geovisualisierung	21
3.3.1	Dateneingabe und -aufbereitung	22
3.3.2	Datenextraktion mit ArcPy (Python).....	22
3.3.3	Visualisierung der Resultate	24
3.4	Statistische Auswertung.....	24
3.4.1	Modellformulierung	24
3.4.2	Überprüfung der Linearität der Parameterbeziehungen	24
4	Resultate	26
4.1	Ausprägung der erfassten Wegparameter	26
4.2	Einfluss von Wegparametern auf die Raumnutzung des Rehs	30
5	Diskussion.....	36
5.1	Methode	36
5.1.1	Entwicklung des Parametersets	36
5.1.2	Datenerhebung und -verarbeitung.....	36
5.1.3	Anpassung des Parametersets.....	37
5.2	Einfluss von Wegparametern auf die Wegwahl der Erholungssuchenden	38
5.3	Einfluss von Wegparametern auf die Raumnutzung des Rehs	38
5.4	Schlussfolgerung	39
6	Literaturverzeichnis	41
	Anhang	49

Liste der Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
DOP	Dilution of Precision (Verringerung der Genauigkeit)
FOEN	Federal Office for the Environment (deutsch: BAFU)
ID	Kennung, Identifikation
GPS-GSM	Global Positioning System and Global System for Mobile Communications
GPX	GPS Exchange Format
HR	Home ranges
KDE	Kernel Density Estimation (Kerndichteschätzung)
LFI	Schweizerisches Landesforstinventar
LiDAR	Light detection and ranging
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
öV	öffentlicher Verkehr
PP	Parkplätze
P1, P2, P3	Perimeter 1 bis 3
TTF	Technical Trail Features
UPLA	Forschungsgruppe Umweltplanung ZHAW
UTC	Koordinierte Weltzeit
WILMA	Forschungsgruppe Wildtiermanagement ZHAW
XLS	Excel Spreadsheet

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Naturnahe Lebensräume gewinnen in der heutigen hektischen Zeit zunehmend an Bedeutung für Erholungssuchende, was eine verstärkte Freizeitmobilität zur Folge hat. Gerade im periurbanen Raum stehen Naherholungsgebiete unter hohem Nutzungsdruck. Ein zentraler Teil des Naherholungsraumes ist seine Erholungsinfrastruktur, insbesondere die Wege (Arnberger & Eder, 2008). Diese ermöglichen Zugang zum Gebiet, verteilen die Besucher und führen zu spezifischen Punkten und Attraktionen. Es wurden bereits einige Studien zu Präferenzen über Wege in Erholungsgebieten durchgeführt, welche den Fokus auf die sozialen Aspekte (z.B. Besuchermenge) der Wegnutzung legen (Symmonds et al., 2000; Reynolds et al., 2007) oder sich mit der Gestaltung des Landschaftsraumes und dessen Wegen beschäftigen (Jorgensen et al., 2002; Janowsky & Becker, 2003). Doch ein Weg ist nicht nur als lineare Verkehrsachse zu verstehen, sondern fungiert unter Einbezug seiner unmittelbaren Umgebung als Begegnungsraum zwischen Mensch und Wildtier. Wildtierlebensräume werden durch Freizeit- und Erholungstätigkeiten mehr oder weniger stark beeinflusst und verändert, was zu Beunruhigungen und Störungen von Wildtieren führen kann. Das Ausmass der Störungen von Wildtieren durch verschiedene Freizeitaktivitäten ist mittlerweile zuverlässig mit Fakten belegt (Ingold, 2005; Mollet et al., 2007; Hirnschall et al., 2012). Störungen durch Freizeitaktivitäten lösen bei den meisten Wildtierarten Feindvermeidungsverhalten aus (Georgii, 2001; Ingold, 2006; Thiel et al., 2008; Boldt, 2009), welches sich in den tageszeitlichen Aktivitätsmustern (Äsungsrhythmik, verstärkte Nachtaktivität) und in der raum-zeitlichen Verteilung der Tiere zeigt (Fahrig & Rytwinski, 2009). Diese Verhaltensänderungen, gekoppelt mit einem erhöhten Energieverbrauch infolge häufigen Fluchtverhaltens sowie einer erschwerten Bejagbarkeit, können Wildschäden auslösen und verstärken (Reimoser, 2005). Für die Wildtiere selbst können negative Auswirkungen wie der Verlust von wichtigen Teilen des Lebensraumes (z.B. Nahrungsgebiete), die Beeinträchtigung der körperlichen Verfassung und ein verminderten Fortpflanzungserfolg entstehen (Ingold, 2005). Diese Erkenntnisse fliessen laufend ins Freizeit- und Erholungsmanagement mit ein, um Lenkungssysteme zu entwerfen, welche die Abstimmung von Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit den Lebensraumsprüchen von Wildtieren und der Jagd regeln.

Die Forschungsgruppen Wildtiermanagement (WILMA) und Umweltplanung (UPLA) der ZHAW arbeiten an einem interdisziplinären Forschungsansatz über das Raum-Zeitsystem von Wildtieren und Menschen. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Wildtier und Mensch im Naherholungsraum“ werden unter anderem das Raum-Zeit-Verhalten der Freizeitnutzenden und der Rehe sowie der Einfluss der menschlichen Aktivität auf die Wildtiere im Sihlwald (ZH) und seiner Umgebung erforscht. Das Bewegungsverhalten von 15 Rehen wird mit GPS-GSM-Halsbändern untersucht. Die Aktivitäten der Freizeitnutzenden werden mittels automatischer Zählstation und GPS-Loggern gemessen.

1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Ähnlich dem Modulstufenkonzept F (BAFU), zur Charakterisierung von Fließgewässern, könnten auch Wege und deren unmittelbare Umgebung charakterisiert und bewertet werden. Diese Arbeit hat zum Ziel, eine Methode zu entwickeln, um Wegparameter zu erheben, die sowohl auf die anthropogenen Nutzungsansprüche als auch auf die Lebensraumsprüche der Wildtiere eingehen und somit für die Beschreibung der Interaktion zwischen Mensch und Wildtier von Bedeutung sind. Hierfür werden drei Schritte durchgeführt: 1) In einem ersten Schritt werden die Parameter aus dem bestehenden Kriterienset von Dolle und Peters (2015)

durch eine Literaturrecherche auf ihre wissenschaftliche Bedeutung hin überprüft und entsprechend angepasst und erweitert. 2) Anschliessend wird aus der gewonnenen Erkenntnis eine Methode zur Erhebung der wegcharakteristischen Parameter entwickelt, welche auf Felderhebungen, Expertenbefragungen und GIS-basierter Datenbeschaffung beruht. Dabei liegt der Fokus im Rahmen des Mensch-Wildtier-Projekts auf dem Reh und dem Untersuchungsgebiet Sihlwald und seiner Umgebung. Die erhobenen Daten werden in eine Geodatenbank eingebunden und mit den Telemetriedaten der besenderten Rehe ergänzt. Die Datenextraktion erfolgt mittels eines Python-Skripts. 3) Für einen ersten Überblick über mögliche Zusammenhänge dienen die geovisualisierten Daten in Form von Karten. Anhand einer statistischen Auswertung werden ausgewählte Parameter und die Rehlokalisationen auf einen linearen Zusammenhang überprüft, um somit ihre Relevanz für die Beschreibung von Mensch-Wildtier-Interaktion aufzuzeigen.

1.3 Forschungsfragen

Im Rahmen dieser Bachelorthesis sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- i) Welche Parameter sind nach dem aktuellen Stand der Forschung für die Beschreibung von Wegen und ihrer unmittelbaren Umgebung hinsichtlich anthropogener und wildtierspezifischer Nutzungsansprüchen relevant?
- ii) Welche Methodik eignet sich zur Erhebung dieser Parameter jeweils am besten?
- iii) Welche Parameter haben einen nachweisbaren Einfluss auf die Raumnutzung der Rehe?

2 Relevante Wegparameter (Literaturrecherche)

Zum einen sollen Wegparameter bestimmt werden, die auf die Bedürfnisse der unterschiedlichen Nutzergruppen eines Erholungsgebietes eingehen, zum anderen sollen auch solche ins Kriterienset aufgenommen werden, die die Lebensraumansprüche verschiedener Wildtierarten miteinschliessen.

Auf der Ebene des Erholungssuchenden können dem Weg als solchem physische wie auch soziale Parameter zugeschrieben werden. Die physischen Parameter bezeichnen den Wegtypus (z.B. Feldweg, Forststrasse), die Wegbreite sowie den Wegbelag und die Wegsteigung (Janowsky & Becker 2002; Arnberger et al., 2012). Die sozialen Aspekte sind zum einen die Art der Aktivitäten, denen die Erholungssuchenden nachgehen, zum anderen auch die Besucheranzahl. Unterschiedliche Nutzergruppen bevorzugen verschiedene Wegeigenschaften. Während gemütliche Fahrradfahrer, Spaziergänger, Jogger und Reiter eher breite (> 3 m) und weitgehend befestigte Wege (Kies, Schotter, z.T. Asphalt) mit geringer Steigung (< 6 %) präferieren, trifft man Wanderer und Mountainbiker vermehrt auf schmalen (< 2 m), unbefestigten, naturnahen Wegen in unwegsamem Terrain mit wechselnder Höhenstufe an (Janowsky, 2003). Eine Bevölkerungsumfrage Anfang 2015 zur Einstellung gegenüber dem Wildnispark Zürich und der Nutzung des Sihlwaldes für Freizeitaktivitäten hat ergeben, dass von 1534 Befragten mehr als die Hälfte schmale Wege oder Trampelpfade bevorzugt (Diekmann, 2015). 30 % bewegen sich am liebsten auf breiten Wegen mit Kiesbelag und lediglich ein Zehntel der Befragten hält sich vornehmlich quer durch den Wald abseits der Wege auf. Nach einer Studie von Arnberger et al. (2010), bei der 325 Besucher von Erholungsgebieten bezüglich ihrer Wegpräferenzen Auskunft gaben, sind die Anzahl Besucher sowie die Landschaftsgestaltung entlang eines Weges ausschlaggebend für die Wegwahl bzw. dessen Attraktivität. Auf befestigten Wegen, die weiter als 3 Meter sind, kommt es laut Janowsky und Becker (2002) bei Parallelnutzung kaum zu Konflikten. Anders verhält es sich bei naturnahen, schmalen Wegen, wo das Konfliktpotenzial durch eine Mehrfachbenutzung der verschiedenen Aktivitätengruppen ansteigt. Besonders Mountainbikern wird aufgrund ihrer Geschwindigkeit ein grosser Störfaktor zugeschrieben. Wege entlang von Baumgruppen und Wasserflächen, die eine geschwungene Wegeführung aufweisen, werden gegenüber Pfaden, die entlang von Gebäuden und Strassen führen und vom Verkehrslärm beeinträchtigt sind, mehr bevorzugt (Reynolds et al., 2007; Arnberger et al. 2010). Darüber hinaus sind eine freizeitorientierte Infrastruktur sowie indirekte Lenkungsmaßnahmen von zentraler Bedeutung. Das vorhandene Angebot eingerichteter Picknickplätze, Sitz- und Rastmöglichkeiten, Aussichtsplattformen, Lehrpfade und auch die Bereitstellung von Parkplätzen und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs, dienen dem Zweck, die Besuchermenge auf gewisse Flächen zu kanalisieren und dadurch eine Entlastung von besonders störanfälligen Lebensräumen herbeizuführen (Hesse, 2004; Freuler, 2008). Markierte Wege, z.B. Wanderwege, haben eine steuernde Wirkung, die umso grösser ist, je attraktiver die Infrastruktur gestaltet und angelegt ist (Hesse, 2004; Ingold, 2006). Um die Erholungssuchenden indirekt zu lenken und das Verlassen des Weges zu erschweren, werden Ablenkungsmaßnahmen, etwa in Form von Holzbarrieren, Absperrungen und gezielten Anpflanzungen, entlang des Weges eingesetzt. Zu den harten Lenkungsmaßnahmen wird der Einsatz von Geboten und Verboten gezählt. Diese können notwendig sein, um nicht verträgliche Aktivitäten aus einem Teil des Erholungsraumes auszuschliessen (motorisierter Individualverkehr, nächtliche Störungen in besonders sensiblen Lebensräumen, Leinenzwang für Hunde...). Die Akzeptanz dieser harten Massnahmen in der Praxis ist jedoch umstritten (Kleiber & Bilecen, 2003) und der Einfluss von diesen auf das Verhalten der Besucher weitgehend gering (Diekmann, 2015).

Das Ausmass der Störung von Wildtieren durch Erholungsnutzende ist in erster Linie davon abhängig, wann und wo sich diese aufhalten und bewegen. Während die Störungswirkung von Erholungstätigkeiten, die gelenkt auf Wegen stattfindet, aufgrund des Gewöhnungseffekts bei Wildtieren relativ gering ausfällt, ist das Abweichen von Strassen und Wegen mit erhöhter Beunruhigung verbunden (Miller, Knight & Miller, 2001; Taylor & Knight, 2003). In ökologisch sensiblen Bereichen (z.B. Rückzugsgebieten von Wildtieren) ist der Einfluss von menschlicher Störung grösser als andernorts. Dabei hat auch die Benützung von sogenannten Informal Trails nachweisbar negative Auswirkungen auf Flora und Fauna (Cole, 2004; Ingold, 2005). Informal Trails sind oft sehr schmale Wege (Trampelpfade), welche durch gehäuftes Begehen oder Befahren (Mountainbiker) im Gelände abseits der offiziellen Wege entstehen. Somit sind sie weder beschildert noch in offiziellen Karten verzeichnet. Laut einer Studie von Pickering et al. (2010) ist der Bau von Hindernissen (Trail Technical Features (TTF)) in die Landschaft eine Folge des Mountainbikings abseits von vorgegebenen Strecken. Diese Entwicklung intensiviert das Ausmass der ökologischen Auswirkungen auf den Naturraum und die darin lebenden Organismen.

Nicht alle Wildtiere reagieren in gleichen Massen auf menschliche Störungen. Oft ist die Reaktion auf den Störreiz sowohl von Art zu Art als auch innerhalb der gleichen Spezies von Individuum zu Individuum spezifisch und abhängig vom biologischen und ökologischen Kontext (Cooper et al., 2003; Fernández et al., 2005). Einen bedeutenden Einfluss auf die Reizwirksamkeit hat bei vielen Wildtierarten das Vorhandensein von Deckung bietenden Strukturen. Im Wesentlichen variiert die Reaktions- und Fluchtdistanz mit der Nähe zur schutzbietender Deckung und deren Ausprägung (Georgii, 2001; Miller, Knight & Miller, 2001; Taylor & Knight, 2003; Langston et al., 2007). Bei zunehmender Störung werden überwiegend Gebiete mit dichter Vegetation und schlechter Einsehbarkeit bevorzugt (Myserud, Lian & Hjermann, 1999; Borkowsky & Ukalska, 2008) oder im Falle besonders mobiler Arten wie Rehen oder Gämsen steileres und unwegsameres Gelände aufgesucht (Harris et al., 2014; Ineichen, 2015). Die Beunruhigung der Wildtiere hängt weniger von der Anzahl genutzter Wege durch Erholungssuchende ab, als vom Vorhandensein ausreichender Ruhezeiten zwischen den beunruhigten Zonen. Gerade störungsempfindliche Arten wie der Rothirsch benötigen im deckungsarmen Gelände mehr als 600 Meter Strassenabstand. Ist der Anteil deckungsreicher Strukturen hoch, können schon 100 bis 200 Meter Abstand zwischen den Strassen genug sein (Reimoser & Hackländer, 2014). Das Einflusspotenzial verschiedener Aktivitäten auf das Verhalten von Wildtieren wurde in zahlreichen Studien untersucht, z.T. mit unterschiedlichen und sich widersprechenden Ergebnissen (Lathrop, 2003; Blanc et al., 2006; George & Crooks, 2006; Naylor, Wisdom & Anthony, 2009; Sastre et al., 2009; Wolf & Croft, 2010). Im Wesentlichen sind Freizeitaktivitäten wie Mountainbiking oder Joggen, die sich in einem leisen, aber plötzlichen Auftauchen mit hoher Geschwindigkeit manifestieren, für Wildtiere weniger vorhersehbar als langsamere Aktivitäten wie Wandern (Lathrop, 2003; Sterl, Brandenburg & Arnberger, 2008). Akustische Stimuli (Motorsäge, Hundegebell) lösen geringere Verhaltensreaktionen bei Huftieren aus als optische (Spaziergänger, Reiter) (Reimoser, 2012).

Primär werden Strassen und Wege für die Benutzung durch den Menschen und weniger im Sinne einer Habitatbereicherung für Wildtiere gebaut. Trotzdem kann durchaus ein positiver Lebensraumeffekt durch die Wegführung, die Wegbeschaffenheit und die Art und Intensität der Nutzung und deren Folgewirkungen entstehen. Studien von Grover (1998) und Davis (2007) belegen einen positiven Zusammenhang zwischen Trampelpfaden und der Abundanz von Amphibien, wobei die Beschaffenheit der Wege und der Struktureichtum der Umgebung von Bedeutung sind. Untersuchungen von Kingsbury, Eads und Hayter (2014) und Hyslop, Myers

und Cooper (2006) zeigten auf, dass gewisse Schlangen eher eine Strasse überquerten, wenn diese eine raue Belagsoberfläche aufwies und ein hoher Kronenschluss der umliegenden Vegetation vorhanden war. Asphaltierte Strassen ohne überschirmende Vegetation wurden gemieden. Der Überschirmungsgrad gibt Aufschluss über die Lichtdurchlässigkeit, welche die Bodenvegetation und somit die Nahrungsverfügbarkeit und den Deckungsschutz für einige Tierarten massgeblich beeinflusst. Rehe benötigen als „Hell-Dunkel-Tiere“ zur Orientierung optisch gut erkennbare Randlinien. Nicht nur Forstwege geben solche auffälligen Randlinien ab, sondern auch Rückegassen, solange diese mit einer Unterbrechung des Kronendaches einhergehen (Reimoser & Hackländer, 2014). Sackgassen sind für die meisten Freizeitaktivitäten wenig geeignet und können dadurch als Schlüsselhabitate für Wildtiere fungieren.

Die aufgeführten Untersuchungen geben einen Überblick über die Bedürfnisse von Erholungssuchenden und die Lebensraumansprüchen von Wildtieren im Bereich der Wege und ihrer Umgebung. Diese Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Auswahl wegcharakteristischer Parameter und der Entwicklung geeigneter Erhebungsmethoden, welche in der Anwendung benutzerfreundlich und zugleich effizient sein sollen.

3 Methodik

3.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum befindet sich im südlichen Teil des Kantons Zürich und erstreckt sich über das Sihltal entlang der Albiskette (Abbildung 1).

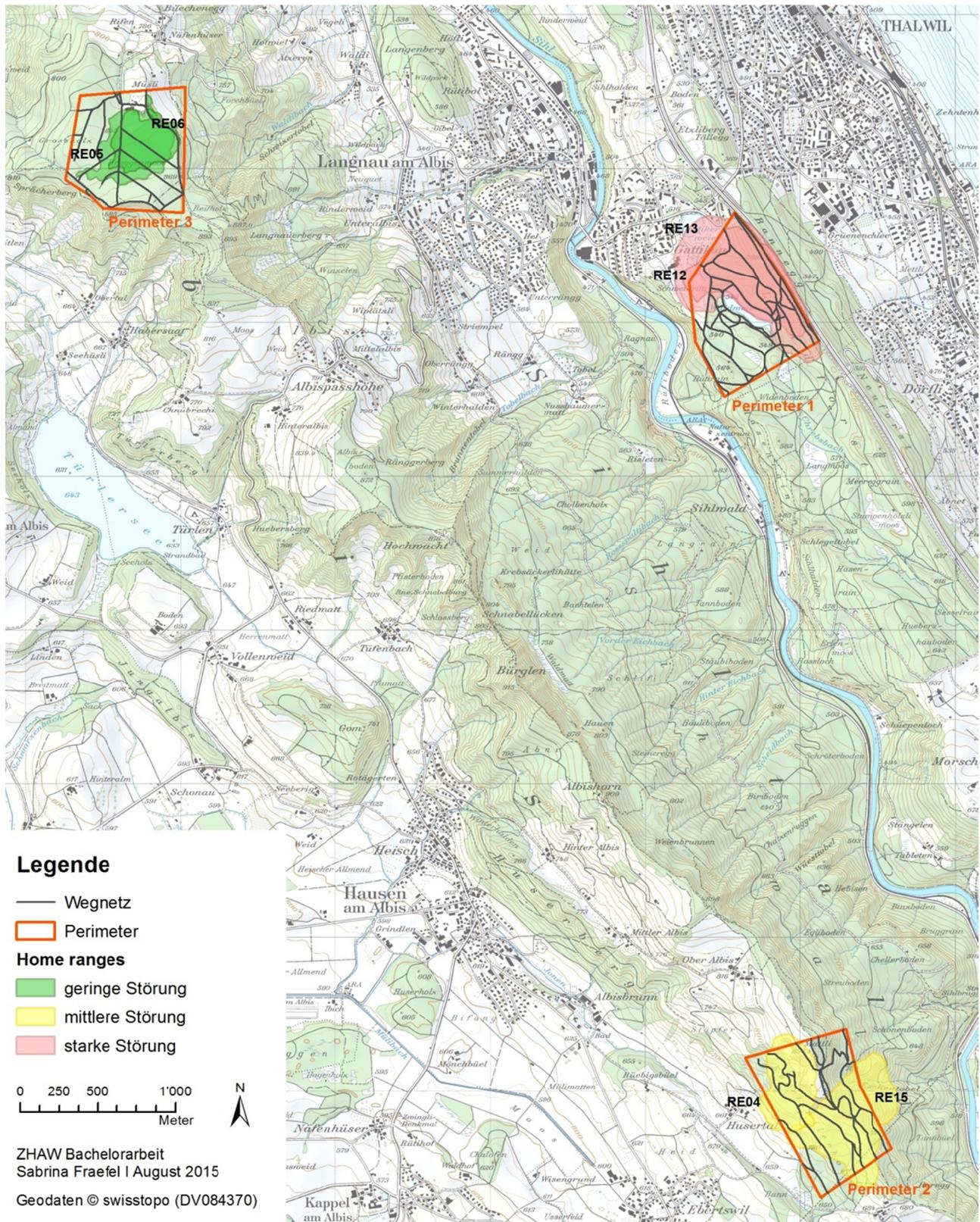


Abbildung 1: Die drei Perimeter im Untersuchungsraum Sihlwald (ZH) und in seiner näheren Umgebung. Die Home ranges der sechs besenderten Rehe sind nach entsprechender Störungsintensität eingefärbt.

Im Sihltal liegen die Ortschaften Sihlbrugg, Langnau am Albis, Adliswil und der Naturwald Sihlwald sowie der Wildpark Langenberg. Der Naturerlebnispark Sihlwald bildet mit den umliegenden Wäldern den grössten naturbelassenen zusammenhängenden Laubmischwald des schweizerischen Mittellandes und ist ein Naturschutzobjekt von nationaler Bedeutung. Er bietet ein einzigartiges Naturerlebnis für Menschen, die Erholung und Bewegung suchen. Dementsprechend gut ausgebildet ist die infrastrukturelle Erschliessung mit 70 Kilometer Wander-, 51 Kilometer Rad- sowie 41 Kilometer Reitwegen und diversen Erholungseinrichtungen (Feuerstellen, Sitzbänke,...) (Stiftung Wildnispark Zürich, 2013). Das Störungspotenzial der verschiedenen Freizeitaktivitäten auf Wildtiere ist folglich vorhanden, da die Freizeit- und Erholungsnutzung meist innerhalb der Lebensräume der Wildtiere stattfinden. In und um das Naturreservat herum befinden sich Lebensräume von 15 adulten Rehen, welche im Rahmen des Forschungsprojekts „Wildtiere und Mensch im Naherholungsraum“ der ZHAW mit GPS-GSM-Halsbändern (Modell GPS PLUS, VECTRONIC Aerospace GmbH, Berlin) besendert wurden. Die Telemetriedaten werden standardmässig im 3-Stunden-Intervall übermittelt und generieren, gemessen über einen mehrmonatigen Zeitraum, ein Punktdatenset, welches Aufschluss über das Raum-Zeit-Verhalten eines Tieres gibt.

Die drei von mir untersuchten Testperimeter habe ich anhand i) der berechneten Home ranges (Minimum Convex Polygon) aus der Masterarbeit von Ineichen (2015), ii) den zugewiesenen Störungsintensitäten und iii) dem Vorkommen von genau zwei Tieren im selben Gebiet ausgeschieden (Abbildung 1, Tabelle 1). Zur einfacheren Orientierung im Feld habe ich die Perimetergrenzen so um die Home ranges gelegt, dass die Begrenzung des Untersuchungsraumes meist auf den Wegkreuzungen zu liegen kommt.

Tabelle 1: Perimeter 1 bis 3 enthalten die HR von insgesamt sechs Tieren, davon drei männliche (m) und drei weibliche (f). Die Datumsangabe ist in UTC.

Perimeter	Fläche [km ²]	Tier ID	Geschlecht	Aufnahmezeitraum	valide Datenpunkte	Störungs-kategorie
1	0.560	RE12	f	24.11.2013 – 15.04.2014	1112	starke Störung
		RE13	m	29.01.2014 – 15.04.2014	1445	
2	0.549	RE04	f	16.10.2013 – 15.04.2014	1411	mittlere Störung
		RE15	m	01.11.2014 – 15.04.2015	1282	
3	0.536	RE05	f	16.10.2013 – 15.04.2014	1434	geringe Störung
		RE06	m	16.10.2013 – 15.04.2014	1223	

Das Streifgebiet (HR) umfasst den Bereich, der von einem Individuum mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % während einer bestimmten Dauer besetzt wird (Kernohan et al., 2001). Die Berechnung führte Ineichen (2015) mittels einer Kernel Density Estimation (KDE) durch. Genauer wurde eine bivariate normale Kernel Funktion in R mit dem R-Package adehabitatHR verwendet. Zuvor wurden die Rohdaten bereinigt, indem nur GPS-Werte mit DOP (Mass für Ungenauigkeit von GPS-Positionspunkten) ≤ 10 verwendet und nicht plausible Ausreisser entfernt wurden. Die Daten der ersten drei Tage nach der Besenderung wurden nicht in die Berechnung miteinbezogen, da der Fangvorgang und das Anbringen des Halsbandes das Verhalten der Tiere beeinflussen kann (Morellet et al., 2009). Die Untersuchungsperiode erstreckte sich über ein Winterhalbjahr, das per Definition vom 15. Oktober bis zum 15. April (UTC) dauert und auf der Biologie und Ökologie des Rehs gründet (Signer, 2014).

Die Einteilung in die Störungskategorien basiert auf der Berechnung der Störungsbelastung des Waldes nach Eyholzer (2007). Die Störungsintensität resultiert einerseits aus der Begehungsintensität des Waldstückes durch Menschen und andererseits aus der Stärke der dabei verursachten Störung (Lärm, freilaufende Hunde,...). Perimeter 1 (P1) weist die höchste Störungsintensität und das längste bzw. dichteste Wegenetz auf, während sich Perimeter 2 (P2) und P3 hinsichtlich der Gesamtweglänge ähnlich sind und eine mittlere bis geringe Störung verzeichnen (Tabelle 1).

3.2 Datenerhebung

Aus der Literaturrecherche heraus ergaben sich 17 Parameter mit verschiedenen Abstufungen, welche ich in die vier Parametergruppen Wegbeschaffenheit, Wegenutzung, Wegumgebung und Lenkung eingeteilt habe (Tabelle 2). Für die Datenerhebung kommen die folgenden drei Verfahren in Frage: Feldaufnahme mittels Formular (FA), Experteninterview (EB) und GIS-basierte Datenbeschaffung (GIS). Je nach Parameter sind auch mehrere Erhebungsarten möglich. Im Kapitel der jeweiligen Erhebungsart werden die Parameter genauer definiert und die Erhebungsmethode erläutert.

Tabelle 2: Liste der relevanten Parameter zur Wegbeschaffenheit, Wegenutzung, Wegumgebung und Lenkung. Die Spalte Definition zeigt Klassen und Werte, nach welchen die Parameter erhoben wurden. Abkürzungen zur Erhebungsart: FA=Feldaufnahme, GIS=GIS-basierte Erhebung, EB=Expertenbefragung, x=durchgeführte Erhebungsart, (x)=alternative Erhebungsart, ¹Wegobjekt.

Parametergruppe/ Parameter	Abkürzung Attributtabelle /Excel	Datentyp	Definition	Erhebungsart		
				FA	GIS	EB
Wegbeschaffenheit						
Wegklasse	OBJECTVAL	kategorial	1-6: 6 Klassen nach Swisstopo, 7: Informal Trail	(x)	x	
Wegbelag	SURFACE	kategorial	6 Klassen	x		
Wegbreite	WEG_BREITE	metrisch	Dezimalzahl [m]	x	(x)	
Wegsteigung	Avg_Slope	metrisch	Dezimalzahl [°]	(x)	x	
Wegenutzung						
Nutzungsart	NUTZ_ART	kategorial	8 Klassen	(x)		x
Nutzungsfrequenz	NUTZ_FREQ	kategorial	5 Klassen	(x)		x
Wegumgebung						
Sicht Wegrichtung	SICHT_VW SICHT_RW	metrisch	Zahl [m]	x		
Sicht Umgebung	SICHT_LI SICHT_RE	metrisch	Zahl [m]	x		
Lebensraumtyp	HABITAT_RE HABITAT_LI	kategorial	12 Klassen	x	(x)	
Vegetationsdichte	VEG_DI_RE VEG_DI_LI	ordinal	10 Klassen [%]	x	(x)	
Kronendeckungsgrad	CANOP_COV	ordinal	4 Klassen [%]	x	(x)	
Geländeneigung	Avg_Slope	metrisch	Dezimalzahl [°]		x	
Dichte Wegenetz	-	metrisch	Dezimalzahl [km/km ²]		x	
Lenkung						
Hindernisse ¹⁾	OBJ_KAT	kategorial	4 Klassen	x		
Attraktionen ¹⁾	OBJ_KAT	kategorial	9 Klassen	x		
Signalisation ¹⁾	OBJ_KAT	kategorial	3 Klassen	x		
Nähe öV / PP	-	metrisch	Koordinaten (X/Y) des Standortes	x	(x)	

3.2.1 Felderhebung mit Aufnahmebogen

Ich habe zwei Typen von Aufnahmeformularen mit Excel (Microsoft Office, 2010) konzipiert. Um die Aufnahme in Papierform (Back Up) effizient zu gestalten, sind sämtliche Parameter codiert (Anhang A). Für die Tablet-Version (Samsung Galaxy Tab 3) liegt ein Excel-Sheet vor, welches eine rasche Dateneingabe und -übernahme durch eine Vorschlagsliste gewährleistet (Anhang D). Auf dem Tablet arbeitete ich mit der Freeware Android-App OfficeSuite 8 (MobiSystems Inc., 2015). Die zwei Formulare gibt es jeweils für die Wegabschnitte und Wegobjekte (Anhang B bis E).

Codierung der Wegabschnitte

Die Charakterisierung der Wegenetze in den ausgeschiedenen Perimetern setzt eine Unterteilung in Wegabschnitte und Wegobjekte voraus. Darüber hinaus ist die Vergabe einer ID pro Wegabschnitt mit entsprechender Codierung zur einfacheren Identifikation und späteren Analyse unabdingbar. Zu jedem Wegabschnitt und den dazugehörigen Wegobjekten katalogisierte ich jeweils ein Foto, welches eindeutig zugewiesen werden kann. Voraussetzung ist eine Fotokamera mit GPS-Log-Funktion, damit anhand der Fotokoordinaten in ArcGIS Punktobjekte generiert werden können. Ich benutzte für die Fotodokumentation die Sony Cyber-shot DSC-HX50V. Der Fotocode besteht aus der Nummer des Untersuchungsperimeters, der Wegabschnitts-ID, der Wegeobjekt-ID und der Fotonummer. Für jeden neuen Wegabschnitt beginnt die Nummerierung der Wegeobjekte und Fotonummer wieder bei 1. Der Fotocode in Abbildung 2a. steht für das vierte Wegobjekt des 24. Wegabschnitts im Perimeter 1 und wurde als fünftes Foto in diesem Wegabschnitt aufgenommen. Wird der Wegabschnitt selbst fotografiert, so steht anstelle einer Wegeobjekt-ID der Platzhalter „xx“ (Abbildung 2b.).

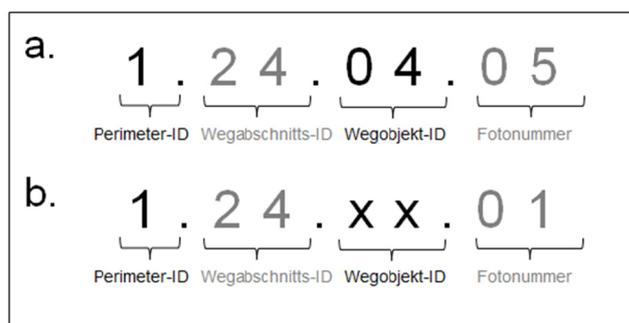


Abbildung 2: a. Fotocode für Wegobjekte, b. Fotocode für Wegabschnitte.

Wegabschnitte, -segmente

Das Wegstück von einer Kreuzung bzw. Gabelung zur nächsten definierte ich als Wegabschnitt (Attribut WEG_ID). Da diese Wegabschnitte unterschiedliche Distanzen aufwiesen, unterteilte ich jeden Wegabschnitt in gleichlange Segmente (Attribut WEG_SEGM). Bei den Felderhebungen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) hat sich eine Taxationsstrecke von 50 m etabliert (Keller, 2005). In einer Testbegehung für die vorliegende Arbeit hat sich diese Länge als überschaubar gezeigt. Somit teilte ich die einzelnen Wegabschnitte vom Startpunkt her in Laufrichtung in 50 m Abschnitte ein. Das letzte Wegsegment weist in der Regel eine Länge von weniger als 50 m auf. Um die Segmentierung in ArcGIS 10.3 vorgängig durchzuführen, schrieb ich ein Python-Skript (Anhang F), welches die einzelnen Wegabschnitte vollautomatisiert in 50m-Segmente unterteilt und in die Attributtabelle sogleich die richtige Nummerierung schreibt. Zu beachten ist, dass zuvor die Richtung der

Wegabschnitte korrekt festgelegt wird. Analog zum Fotocode werden für jeden Wegabschnitt die Segmente beginnend bei 1 nummeriert.

Im Feld werden pro Segment sämtliche Parameter für jede Wegseite in Gehrichtung aufgenommen. Der Aufnahmebogen enthält daher für die entsprechenden Parameter eine Unterscheidung in „links“ und „rechts“.

Wegobjekte

Entlang der Wegabschnitte befinden sich verschiedene Wegobjekte (Attribut OBJEKT_KAT), welche in die Kategorien „Hindernisse“, „Attraktion“, „Signalisation“ oder „Verkehr“ eingestuft werden können. Ich fasste sie unter der Parametergruppe Lenkung zusammen, da Ablenkung (Hindernisse), Anziehung (Attraktionen, Verkehr) und Informations- bzw. Öffentlichkeitsarbeit (Signalisation) zu den sanften Massnahmen der Besucherlenkung gezählt werden (Hesse, 2004). Wie bei den Wegsegmenten wird auch hier die Wegseite bei der Aufnahme berücksichtigt. Ausserdem werden Lebensraumtyp, Länge und Breite des Objektes, Vegetationsdichte sowie die Sicht in die Umgebung protokollarisch festgehalten. Jedes Wegobjekt katalogisierte ich fotografisch, indem ich die Fotonummer der Kameraeinstellung notiert habe. Diese wurde später durch den eindeutigen Fotocode (Beispiel Abbildung 2) ersetzt.

Parameter

Folgend wird auf diejenigen Parameter eingegangen, die vorzugsweise im Feld aufgenommen werden. Für die Feldkartierung gibt es eine Kurzanleitung, welche auf einen Blick alle Parameter und die jeweilige Aufnahmemethode zusammenfasst (Anhang A). Der Aufnahmeradius um ein Wegobjekt bzw. die Aufnahmedistanz vom Weg aus in die Umgebung hinein legte ich in Anlehnung an die definierten Störungsbereiche von Burnand et al. (2007) auf 25 m fest. Die Autoren empfehlen bei linearen Objekten (z.B. Strassen) beidseits 20 m und bei Punktobjekten (z.B. Waldhütte) 50 m. Bei meiner ersten Testbegehung hat sich gezeigt, dass ein Aufnahmeradius von 50 m um ein Objekt herum, je nach Dichte der Vegetation und Geländeneigung, nicht realistisch ist und daher die Distanz reduziert werden musste.

Wegklasse

Die Wegklassen des offiziellen Strassennetzes sind bereits im Geodatensatz VECTOR25 von Swisstopo enthalten. Die sechs Strassenklassen ergänzte ich durch eine weitere Kategorie, die Informal Trails. Ich nahm nur dann einen Weg als Informal Trail auf, wenn dieser Trittspuren oder Reifenspuren aufwies. Zur Aufzeichnung des genauen Wegverlaufs verwendete ich auf dem Tablet die App ViewRanger GPS von Augmentra Ltd. (2015).

Wegbelag

Die Aufnahmeformulare enthalten mehrere Spalten für die Beschaffenheit der Wegoberfläche, da eine Kombination von verschiedenen Belagsmaterialien möglich ist (Tabelle 3). Der Wegbelagstyp, welcher den grössten Teil des Wegabschnittes bedeckt, hat erste Priorität und wird in der ersten Spalte notiert. Im Anhang G befinden sich Beispiele zu den Belagstypen.

Tabelle 3: Klassifizierung des Wegbelages

Nr.	Klasse	Definition
1	Waldboden eben	offener Boden, ohne regelmässigen Bewuchs
2	Waldboden uneben	offener Boden, ohne regelmässigen Bewuchs, mit Wurzeln und/oder Steinen durchsetzt
3	Gras	geschlossene Grasnarbe oder mittige Grasnarbe bei typischen Feldwegen
4	Kies lose	nur wenig verfestigter Splitt oder Schotter, welcher sich problemlos mit dem Fuss verschieben lässt, instabile Unterlage
5	Kies fest	weitgehend verfestigter Splitt oder Schotter, stabile Unterlage
6	Hartbelag	mit Beton oder Asphalt versiegelt

Wegbreite

Die Wegbreite bezeichnet die durchschnittliche Breite des Wegabschnittes ohne Wegbankett und wird in Meter aufgenommen. Hierfür verwendete ich den Laser-Entfernungsmesser Professional GLM 250 VF von Bosch mit einer maximalen Reichweite von bis zu 250 m. Falls die genauen Wegbreiten keine Voraussetzung für eine spätere Analyse sind, können die maximalen Strassenbreiten auch aus den Wegklassen von Swisstopo abgeleitet werden.

Kronendeckungsgrad

Der Kronendeckungsgrad gibt die Überschildung der Wegfläche in Prozent durch Baumkronen an und lässt somit Aussagen über die Lichtdurchlässigkeit zu. Es werden grob vier Kategorien verwendet: $\leq 30\%$ aufgelöst, 31 bis 49 % räumig bis lückig, 50 bis 80 % locker, $>80\%$ gedrängt (Reimoser & Duscher, 2003; Keller, 2005).

Da sich bei einer Testbegehung die Schätzung als sehr schwierig und aufwändig erwies, bezog ich diesen Parameter nicht in die Felderhebung mit ein. Alternativ wäre eine modellbasierte Schätzung des Kronendeckungsgrades anhand LiDAR-Daten in Betracht zu ziehen.

Sicht Wegrichtung

Die Sicht in Wegrichtung wie auch die Sicht in die Umgebung werden in Relation zur Fluchtdistanz gesetzt. Die Fluchtdistanz steht für die Entfernung, welche zur Auslösung des Fluchtverhaltens überschritten werden muss (Ingold, 2006).

Die Sicht wird auf halber Segmentstrecke (nach 25 m) ausgehend von der Wegmitte als Distanz in Meter aufgenommen, sowohl vorwärts als auch rückwärts gerichtet. Die Sicht endet an der Stelle, an der der Wegverlauf im Gelände oder durch eine Biegung verschwindet. Für eine möglichst genaue Schätzung peilte ich mit dem Distanzmessgerät einen weit entfernten Baum neben dem Weg an und rechnete den erhaltenen Messwert dem übrigen Streckenverlauf entsprechend hoch.

Sicht Umgebung

Die Sicht in die Umgebung wird als Distanz in Meter festgehalten und für jede Wegseite notiert. Dabei nahm ich an zwei Stellen entlang des Wegsegments die maximale Sicht mit dem Distanzmessgerät (Baum anpeilen) auf und mittelte die Werte. Dasselbe Vorgehen geschieht bei den Wegobjekten.

Vegetationsdichte

Die Vegetationsdichte wird zur Beurteilung des Sichtschutzes für Tiere ermittelt. Die Dichte der Sträucher und untersten Baumbeastung wird vom Wegrand mit Blick in den Bestand beurteilt (Keller, 2005). Dabei visierte ich pro Wegseite an zwei Stellen einen 25 m entfernten Punkt auf Augenhöhe mit dem Laser-Entfernungsmesser an und schätzte den Anteil der sichtstörenden Vegetation (zwischen Hüft- und Augenhöhe (Griffith & Youtie, 1988)) in 10%-Einheiten.

Lebensraumtypen

Die Klassifizierung der Lebensraumtypen beruht auf den neuen Lebensraumbereichen von Delarze und Gonsetz (2008) und ist in Tabelle 4 dargestellt. Es wurde nur der am meisten prägende Lebensraum der Umgebung angesprochen. Dies bedeutet, dass derjenige Lebensraum ausschlaggebend war, der innerhalb der Erhebungsfläche vom Deckungsgrad her dominiert (>50 %). Die Erhebungsfläche entlang des Wegsegments resultiert aus der Taxationsstrecke (50 m) multipliziert mit der Aufnahmedistanz (25 m). Bei Wegobjekten beschreibt der Aufnahmeradius (25 m) um das Objekt herum die Erhebungsfläche.

Tabelle 4: Klassifizierung der Lebensraumtypen

Nr.	Klasse	Definition	Lebensraumbereich nach Delarze & Gonsetz (2008)
1	Grünland	alle Typen von Wiesen, Weiden und Naturrasen ausserhalb des Siedlungsgebietes	Grünland (Naturrasen, Wiesen und Weiden)
2	Fruchtfolgefläche	sämtliche Feldkulturen innerhalb der Landwirtschaftszone	Pflanzungen, Äcker, Kulturen
3	Feuchtwiese, Moor	Ufer mit Vegetation, Feuchtwiesen, Flach- und Hochmoore	Ufer und Feuchtgebiete
4	Hochstaudenflur	Krautsäume, Hochstauden- und Schlagfluren	Krautsäume, Hochstaudenfluren, Gebüsche
5	Gebüsch	Gebüsche und Hecken ausserhalb des Waldbereiches	Krautsäume, Hochstaudenfluren, Gebüsche
6	Laubmischwald	sämtliche Laub- und Laubmischwälder	Wälder
7	Nadelwald	sämtliche Nadelwälder	Wälder
8	Geröll, Feld	Alluvionen und Moränen, Steinschutt- und Geröllfluren, Felsen	Gletscher, Feld, Schutt und Geröll
9	stehendes Gewässer	Seen, Tümpel und Weiher	Gewässer
10	Fliessgewässer	Bäche, Flüsse, Kanäle, Wassergraben	Gewässer
11	Siedlungsraum	Wohngebiet mit Gärten, Industrie, land-/forstwirtschaftlich genutzte Gebäude	Bauten und Anlagen
12	Bauten	Mauern, Dämme, etc. ausserhalb des Siedlungsraumes	Bauten und Anlagen

Hindernisse / Barrieren

Hindernisse oder Barrieren sind nach Objekttypen aufgeteilt (Attribut OBJ_KATTYP), welche den Wegnutzer daran hindern sollen, den Weg zu verlassen, um unerschlossenes Gebiet zu betreten (Tabelle 5). Die maximale Breite bzw. Tiefe eines Hindernisses in die Umgebung hinein beträgt 25 m und entspricht somit der Aufnahmedistanz.

Tabelle 5: Klassifizierung der Hindernisse / Barrieren

Nr.	Objekttyp	Definition
1	Brombeerstauden	mind. kniehohe, zusammenhängende Vegetationsdecke, wobei der Anteil der Brombeerstauden einen Deckungsgrad von mind. 70 % aufweisen muss
2	Zaun	aus Holz, Metall (inkl. Draht) oder Kunststoff (inkl. Elektrozäune)
3	Holzstoss	aufgeschichtet als Brennholz, Zwischenlager von Rundholz
4	Absperrung	sonstige, nicht temporäre Absperrungen wie Trockenmauern

Attraktionen

Nach Hesse (2004) spielen folgende Objekttypen bei der Wahl eines Wegabschnittes eine zentrale Rolle: Feuerstellen, Waldspielplätze, Sitzbänke, Brunnen, Hütten, Aussichtstürme und Ruinen.

Ich ergänzte den Parameter Attraktion um die Kategorie Technical Trail Features (TTF). Sie stellen offizielle oder selbst errichtete Bike-Hindernisse dar und werden nach Pickering et al. (2010) in folgende Kategorien eingeteilt: „Camber“ (Biegung/Kurve), „Ditch“ (Graben), „Jump“ (Sprungschanze), „Log“ (Baumstamm), „Mound“ (Hügel) und „Bridge“ (Brücke). In den Formularen können unter der Spalte Anmerkungen die Art der TTFs und das Material woraus sie gemacht sind, vermerkt werden. Folgende Unterscheidung des Materials ist möglich: „Concrete“ (Beton), „Drums“ (Fässer), „Local vegetation“ (Lokale Vegetation), „Metal“ (Metall), „Soils“ (Erde) und „Imported timber“ (Holz, nicht vom Gebiet stammend) (Pickering et al., 2010).

Fällt eine Attraktion nicht unter die ersten acht Kategorien, so kann Sonstiges gewählt und unter der Spalte Anmerkungen ein entsprechender Vermerk gemacht werden.

Signalisation / Wegbeschilderung

Dieser Parameter beinhaltet die Kategorien Verbot, Information (z.B. Waldlehrpfad) und alle Wegweiser (ausser Wanderwegmarkierung an Bäumen). Unter der Spalte Anmerkungen kann die Art der Signalisation notiert werden (z.B. Reitverbot).

Nähe Haltestellen öffentlicher Verkehr / Parkplätze

Haltestellen oder Parkplätze werden mittels Fotoaufnahme mit GPS-Log-Funktion festgehalten. Anhand der Koordinaten können diese ins GIS importiert werden.

Durchführung

Empfohlener Zeitraum: während der Hauptvegetationszeit von Mai bis August. Das Blattwerk sollte vollständig ausgebildet sein.

Die Feldkartierung nahm ich verteilt über sieben Tage à je 6 bis 7 Stunden vor (Tabelle 6).

Tabelle 6: Zeitraum der Feldaufnahme

	Perimeter 1	Perimeter 2	Perimeter 3
Datum	21.05.2015,	04.06.2015	10.06.2015
	27.05.2015	05.06.2015	11.06.2015
	28.05.2015		

3.2.2 Expertenbefragung

Die Aufnahme der Nutzungsfrequenz erfolgte stark vereinfacht in Form einer Expertenbefragung. Die Nutzungsart wurde nicht erhoben. Grundsätzlich wäre ein bildbasiertes Monitoring für die Erfassung der Freizeitnutzung zu empfehlen, da Kameramonitorings detailliertere Daten als menschliche Beobachtungen liefern und diese nachträglich ausgewertet werden können. Neben der Identifikation von Aktivitäten geben solche Aufzeichnungen auch Aufschluss über das Verhalten der Besucher, ihre räumliche Verteilung und die Gruppengrösse der Besucherströme (Arnberger, 2006). Die Installation und Wartung der Kameras und vor allem die Auswertung der Bilder sind jedoch zeitintensiv. Daher gestaltet sich im Rahmen dieser Bachelorthesis diese Erfassungsmethode wie auch die Observation durch eine Beobachtungsperson als zu aufwendig. Deshalb wird folgend nur auf den Beschrieb der tatsächlich angewendeten Erhebungsmethode eingegangen.

Parameter

Nutzungsart

Nach Janowsky (2002) können die Nutzergruppen in die Klassen Fahrradfahrer, Mountainbiker, Spaziergänger, Jogger, Wanderer, Nordic Walker, Reiter und land- und forstwirtschaftlichen Verkehr eingeteilt werden. Je nach Forschungsfrage und Untersuchungsgebiet kann die Zusammensetzung der einzelnen Kategorien variieren.

Nutzungsfrequenz

Die Nutzungsfrequenz wird nach Frequenzbereichen in fünf Kategorien eingeteilt (Tabelle 7). Die Einteilung basiert auf den Zählraten dreier installierter automatischer Zählstationen (WPZ) des Typs MULTI Natur-Zähler von Eco-counter. Dieses Zählsystem besteht aus zwei pyroelektrischen Sensoren (Pyrosensoren) und einer hochpräzisen Linse. Der körperwärmeempfindliche Sensor erfasst jede Person, die an ihm vorbeigeht. Der Radverkehr wird zusätzlich durch zwei im Weg vergrabene Induktionsschleifen erhoben, welche die metallenen Felgen der Fahrräder registrieren (Eco-counter, 2012). Die Aufzeichnung der Daten erfolgte im Stundenintervall von Mai bis Juni 2015.

Als Visualisierungshilfe für die Befragung diente die erstellte Karte mit dem segmentierten Wegnetz für die Feldbegehung (Anhang H). Die entsprechende Kategoriennummer wurde direkt auf der Karte eingetragen und anschliessend durch mich in die Excel-Tabelle aufgenommen. Martina Bächtiger, wissenschaftliche Mitarbeiterin WILMA, gab als ortskundige Jägerin und

Revierkennerin Auskunft über die Nutzungshäufigkeit des Wegnetzes in den Perimetern 1 bis 3. Die mündliche Befragung führte Martin Wyttenbach, wissenschaftlicher Mitarbeiter UPLA, durch.

Tabelle 7: Einteilung der Nutzungsfrequenz anhand Referenzstandorte.

Kat.	Frequenzbereich (Pers./Tag)	Definition	Referenzstandort
1	0-5	Sehr selten begangene Pfade und Wege wie Stichpfade, zugewachsene oder schwer zugängliche Forstwege	eingewachsene Stichwege im Grossholz Buchenegg im Perimeter 3 (Bsp. Wegabschnitt Nr. 14)
2	6-50	Selten begangene Wege und Pfade abseits der vielbegangenen Gebiete, kleinere oder unattraktive Wege	Pfad -Querverbindung der Forstwege südlich des Waldweihers im Perimeter 1 (Bsp. Wegabschnitt Nr. 40)
3	51-100	Mittelmässig frequentierte Wege, teilweise mit Radverkehr, evtl. Teil des offiziellen Wanderwegnetzes	Forstwege Bruggenmoos und Buchenegg im Perimeter 3 (Bsp. Wegabschnitt 27)
4	101-200	Oft begangene Wege mit Radverkehr, evtl. Teil des offiziellen Wanderwegnetzes	offizieller Wanderweg über die Buchenegg im Perimeter 3 (Zählerstandort WP3 mit Ø 134 Pers./Tag)
5	>200	Sehr oft begangene Wege mit hohen Frequenzen	offizielle Wanderwege am Horgenberg (Zählerstandort WPZ1 Ø 299 Pers./Tag oder WPZ2 mit Ø 253 Pers./Tag)

3.2.3 GIS-basierte Erhebung Parameter

Wegsteigung

Die Wegsteigung wird für jedes Wegsegment in Prozenteinheiten (Grad) berechnet. Mit dem Tool Interpolate shape (3D-Analyst) interpolierte ich, unter Beibehaltung der Standardeinstellung, die Z-Werte (Höhe) der Feature-Class segm_all auf der Grundlage einer aus dem digitalen Höhenmodell DHM25 gewonnenen Höhe. Die ermittelte Oberflächeninformation (durchschnittliche Neigung pro Segment) fügte ich der Feature-Class mit dem 3D-Analyst-Werkzeug Add-Z-Information hinzu (Attribut Avg_Slope).

Geländeneigung

Die Geländeneigung wird für jedes Wegsegment in Grad angegeben und erfolgte nach demselben Schema wie die Berechnung der Wegsteigung. Anstelle einer Polylinie habe ich die Puffer-Polygone der Feature-Class finalResult verwendet.

Dichte Wegenetz

Die Dichte des Wegnetzes wird in km/km^2 berechnet. Um die Dichte zu erhalten, dividierte ich die Gesamtlänge der Wege innerhalb jedes Untersuchungsgebiets durch die Gesamtfläche des jeweiligen Perimeters. Die Werte für die Berechnung konnten der Statistik der jeweiligen Attributtabelle aus dem GIS entnommen werden.

3.3 Geovisualisierung

Für die Datenaufbereitung und Geoverarbeitung verwendetet ich primär die Software ArcGIS 10.3 (Esri, 2014) mit den Erweiterungen 3D-Analyst und Spatial-Analyst. Eine Auflistung mit den genutzten Geo- und Rasterdaten und ihrer Beschreibung befindet sich im Anhang I. Damit

ich den grössten Teil der Datenverarbeitung vollautomatisiert über ein Python-Skript vollziehen konnte, musste ich vorweg eine Geodatenbank mit einem Feature-Dataset anlegen. Sämtliche Prozesse der Datenverarbeitung fanden innerhalb der Geodatenbank-Umgebung statt.

3.3.1 Dateneingabe und -aufbereitung

Vor dem Import der Excel-Daten ins ArcGIS müssen diese vorgängig bearbeitet werden. Ich wies allen leeren Feldern den Wert <Null> zu, damit diese im ArcGIS als NoData erkannt werden und nicht automatisch die Zahl 0 eingefüllt wird. Es ist zu beachten, dass ein <Null>-Wert innerhalb einer Zahlenspalte keine Statistik über die Attributtabelle zulässt.

Die Identifikation eines einzelnen Wegsegments ist über drei Attributspalten (PERIMETER, WEG_ID und WEG_SEGM) definiert. Diese Aufteilung erschwert jedoch die Zuordnung der Excel-Daten innerhalb der Attributtabelle des Layers, da die Synchronisation der Daten auf einem gemeinsamen Feldwert basierend erfolgt. Aus diesem Grund führte ich einen eindeutigen Zuordnungscode (Attribut PRIMARYKEY) ein: (Perimeter-Nr. x Faktor 1'000'000) + (Weg-ID x Faktor 1000) + (Wegsegment-Nr.).

Die Excel-Sheets müssen vor dem Import unbedingt als Excel 97-2003-Arbeitsmappe (.xls) gespeichert werden, damit sie von ArcGIS erkannt werden.

Die mit ViewRanger aufgezeichneten Informal Trails konvertierte ich mit dem Tool GPX in Features (Conversion) in eine Feature Class. Die Ausgabe wird automatisch im WGS84-Koordinatensystem generiert und musste deshalb ins Schweizerische Landeskoordinatensystem (CH1903 LV03) projiziert werden. Ich fügte sie anschliessend dem bestehenden Wegenetz zu (Attribut OBJECTVAL).

Mit dem Data-Management-Werkzeug GeoTagged Photos To Points generierte ich aus den X-, Y- und Z-Koordinateninformationen, die in den Fotos mit Geo-Tags gespeichert sind, für die Wegobjekte ein Point-Shapefile. Üblicherweise weisen GPS-Empfänger den Raumbezug GCS_WGS_1984 auf, woraufhin ich die Ausgabe-Feature-Class ins CH1903 projizieren musste. Anhand des Fotocodes konnte ich die Felddaten aus dem Excel-File via Join der Ausgabedatei zuweisen. Zuvor musste ich jedoch mit der Software Rename Master (Jackass JoeJoe, 2015) alle Fotos mit dem richtigen Code benennen. Nach dem Import der Fotodaten zeigte sich, dass die Genauigkeit der GPS-Positionsbestimmung unter erschwerten Bedingungen (Abschattung durch Wald und Topografie) erheblich leidet. Zum Teil entstanden Abweichungen von über 100 Meter Entfernung. Den Standort sämtlicher Wegobjekte musste ich daher nachträglich manuell überprüfen und korrigieren.

3.3.2 Datenextraktion mit ArcPy (Python)

Ziel der Datenextraktion war, dass am Ende eine Datentabelle vorliegt, welche Werte über die gewünschten Parameter zur weiterführenden Analyse und Auswertung enthält. Um den Workflow der Geoverarbeitung möglichst produktiv durchzuführen, schrieb ich mit Python und dem ArcPy-Site-Paket ein Skript. Python ist eine Open-Source-Programmiersprache, die zuerst in ArcGIS 9.0 integriert wurde und sich zur bevorzugten Skriptsprache zur Durchführung von geographischen Datenanalysen, Datenkonvertierung, Datenmanagement und Kartenautomatisierung entwickelt hat (Esri, 2012). Das Site-Paket ArcPy bietet Python-Zugriff für alle Geoverarbeitungswerkzeuge (inkl. Erweiterungen) sowie eine Vielzahl nützlicher Funktionen und Klassen (Esri, 2012).

Das geschriebene Python-Skript (Anhang F) generiert für jedes Wegsegment jeweils auf beiden Wegseiten einen Puffer mit der von mir im Feld verwendeten Aufnahmeabstand von 25 m (Abbildung 3b).

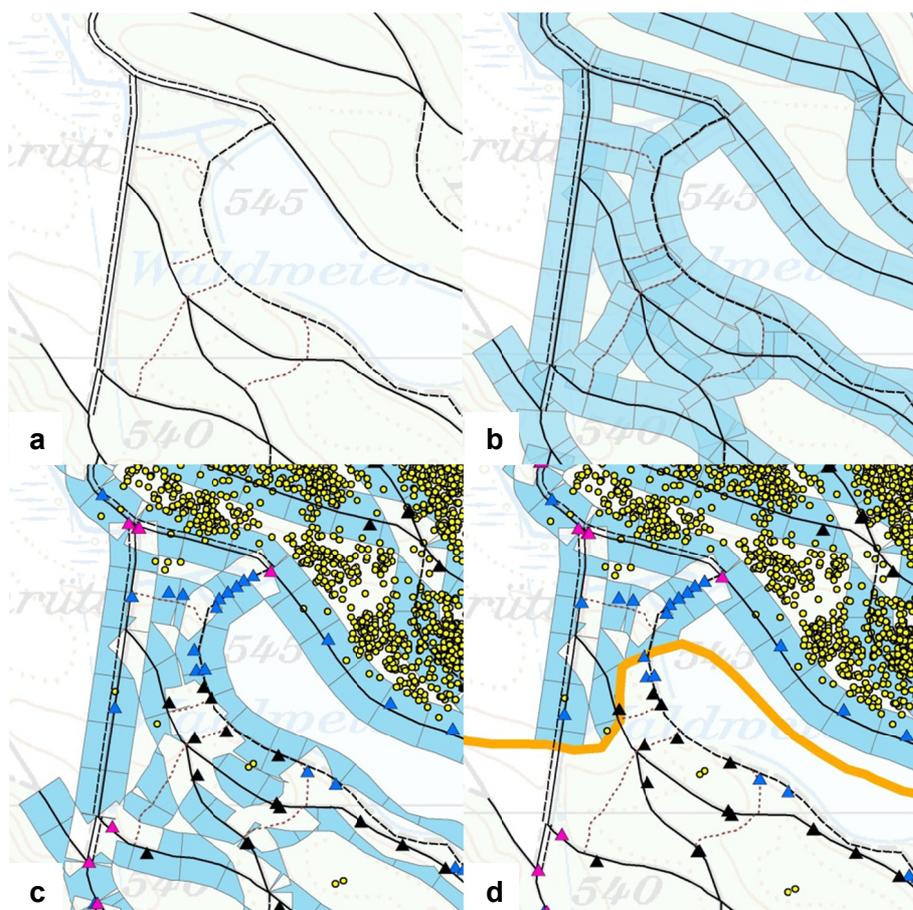


Abbildung 3: Kartenausschnitte des Geoverarbeitungsprozesses mit Python-Skript: a. Wegnetz, b. beidseitige Pufferbereiche (hellblau), c. Pufferbereiche ohne Überlappungen, d. Pufferbereiche innerhalb der Home ranges. Farbige Dreiecke = Wegobjekte, gelbe Punkte = Rehlokalisationen, orange Linie = Grenze Home range, © swisstopo (DV084370).

Jeder Puffer enthält aus der Verschneidung mit den Rehpositionspunkten (Tabelle 8) und Wegobjekten sämtliche Werte, die durch ein Join mit der Excel-Tabelle eingebunden wurden.

Tabelle 8: Die verwendeten Datenpunkte der Rehe (RE) innerhalb der Perimeter und nach der Verschneidung mit den HRs und den Pufferbereichen. Datumsangabe ist in UTC.

Perimeter	Tier ID	Geschlecht	Aufnahmezeitraum	valide Datenpunkte		
				Perimeter	HR	Puffer
1	RE12	f	24.11.2013 – 17.06.2015	4319	4257	1664
	RE13	m	29.01.2014 – 17.06.2015	2954	2924	972
2	RE04	f	04.10.2013 – 30.05.2014	1617	1595	428
	RE15	m	01.11.2014 – 17.06.2015	1105	1078	469
3	RE05	f	11.10.2013 – 17.06.2015	4724	4622	1194
	RE06	m	11.10.2013 – 17.06.2015	4762	4653	1359

Da es im Bereich von Wegkreuzungen und bei nahebeieinanderliegenden Wegabschnitten zu Überlappungen der Puffer kommt, werden einige Rehpositionspunkte doppelt gezählt, was sich in einer statistischen Auswertung negativ auswirken würde. Um dies zu verhindern, eruiert das

Skript durch die Anwendung der gewünschten Topologieregel (Must Not Overlap) alle Bereiche von Überlappungen (Abbildung 3c). Das Beheben der angezeigten Topologiefehler musste ich manuell mit dem Error-Inspector vornehmen, indem ich alle Überlappung subtrahierte und so aus dem Datensatz entfernte. Die Folge waren unterschiedlich grosse Pufferbereiche. Damit diese mit den enthaltenen Rehwerten in der statistischen Auswertung untereinander vergleichbar bleiben, teilt das Skript die Anzahl Rehe durch die vorhandene Pufferfläche, woraus ein neues Attributfeld mit der Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² Pufferfläche entsteht (Attribut DEER_AREA). Der Deckungsgrad der Brombeerstauden (Attribut BROM_DG) wird ebenfalls auf die ganze Pufferfläche bezogen berechnet und in Prozent angegeben. Die Attraktionen werden zusammengezählt und als Anzahl pro Pufferfläche dotiert. Die finale Feature-Class finalResult enthält alle im Feld erhobenen Parameter-Werte, die innerhalb der Home ranges der Rehe liegen (Abbildung 3d). Für die statistische Auswertung entfernte ich alle überflüssigen Attributspalten, berechnete manuell die Geländeneigung der Pufferbereiche (siehe Kapitel 0) und speicherte das Shapefile neu als Feature-Class Output.

3.3.3 Visualisierung der Resultate

Die Resultate der Felderhebung liegen in tabellarischer Form (Anhang J) und als Karten (Abbildungen 4 bis 7) vor. Die Visualisierung führte ich mit ArcGIS durch. Die Karten ergänzte ich mit weiteren Parametern aus der Expertenbefragung und der GIS-basierten Erhebung. Die visuellen Darstellungen geben einen Überblick über die räumliche Lage der einzelnen Parameter, woraus sich erste Aussagen über mögliche Zusammenhänge tätigen lassen.

3.4 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen und die graphische Darstellung führte ich mit der Software R 3.2.1 (R Development Core Team, 2014) durch. Zur erleichterten Bedienung benutzte ich zusätzlich die graphische Benutzeroberfläche RStudio Desktop 0.99.467. Für die lineare Regression war die Installation des R-Packages ggplot2 notwendig.

3.4.1 Modellformulierung

Die einfache lineare Regressionsanalyse untersucht die Abhängigkeit einer abhängigen Variablen von einer unabhängigen Variablen und zeigt auf, wie stark der Einfluss ist. Als abhängige Variable definierte ich die Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m². Die sechs unabhängigen Variablen waren der Deckungsgrad der Brombeerstauden pro Pufferfläche [%], die Sicht in die Umgebung [m], die Vegetationsdichte [%], die Nutzungsfrequenz der Wege und die Geländeneigung der Pufferzonen [°]. Die Attraktionspunkte bezog ich aufgrund einer zu niedrigen Stichprobenzahl (n=7) nicht in die Analyse mit ein. Die Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² filterte ich nach dem Zeitraum vom 16. April bis 15. Oktober (Sommerhalbjahr des Rehs sowie Vegetationsperiode mit Belaubung) und nach den Tageszeiten mit der stärksten Störungsintensität. Die Auswahl der Störungsintensitäten erfolgte in Anlehnung an die Tageszählmenge der Passanten im Gebiet Uetliberg (ZH) im Zeitraum vom 23. bis 29. Juni und vom 18. bis 24. August 2012 (Wyssenbach, 2012). Die Stichprobengrösse n=127 beinhaltete demnach alle Rehpositionspunkte des Sommerhalbjahres mit den Tageszeiten 09:00, 12:00, 15:00 und 18:00 Uhr (MEZ) (Anhang K).

3.4.2 Überprüfung der Linearität der Parameterbeziehungen

Das Vorliegen eines linearen Zusammenhangs zwischen der abhängigen und den einzelnen unabhängigen Variablen ist eine Grundvoraussetzung für die Durchführung einer Regressionsanalyse. Für jedes zu überprüfende Parameterpaar stellte ich ein Streudiagramm dar und liess für die Schätzung der Stärke des linearen Zusammenhangs eine Gerade einsetzen. Um die

Modellgüte zu überprüfen, liess ich das Bestimmtheitsmass R^2 berechnen. Ob das R^2 zufällig oder durch den Zusammenhang der Daten entstanden ist, habe ich mit dem F-Test überprüft (p-Wert < 0.05).

Zusätzlich habe ich die beiden Parameter Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung auf einen linearen Zusammenhang hin unter Verwendung der Korrelation nach Pearson untersucht.

4 Resultate

4.1 Ausprägung der erfassten Wegparameter

Der Aufstellung der Resultate aus der Felderhebung (Anhang J) ist zu entnehmen, dass sich das dichteste Wegnetz mit 18.2 km/km^2 im stadtnahen Perimeter 1 befand. Rund die Hälfte davon machten 4.Kl.-Fahrwege mit mind. 1.80 Meter Breite aus. In den beiden anderen Perimetern war der Anteil dieses Strassentyps auch über 50 Prozent, wobei die Wegnetzdichte auf 13.1 km/km^2 (Perimeter 2), resp. 10.7 km/km^2 (Perimeter 3) zu beziffern ist.

In allen drei Untersuchungsgebieten wurden Informal Trails aufgenommen. Im Perimeter 2 waren dies 1341 Meter, während im Perimeter 1 830 Meter und im dritten Gebiet 412 Meter informelle Wege kartiert wurden. Bis auf eine Ausnahme im Perimeter 1 zeichneten sich diese Wegtypen mit einer geringen Nutzungsfrequenz aus (Abbildung 4). Die mittel bis stark frequentierten Wege waren meist Wege bzw. Strassen der Kategorien 3 bis 5. Diese Feststellung traf jedoch für die Wegabschnitte 1 bis 4 im Gebiet 1, welche entlang der Autobahn verliefen, nicht zu (Abbildung 5). Das Untersuchungsgebiet 2 verzeichnete als einziges keine 3.Kl-Strassen. Diese bestehen hauptsächlich aus Hartbelag. Somit war dieser Wegoberflächentyp im Perimeter 2 nicht vorhanden, ebenso fehlte er im Perimeter 3. Den grössten Anteil der Oberflächentypen stellte jeweils der feste Kiesbelag dar. Im Untersuchungsgebiet 1 kam er mit rund 50 Prozent vor, in den Gebieten 2 und 3 jeweils mit 72 und 76 Prozent. Dieser Belagstyp tauchte v.a. bei 4.Kl.- und 5.Kl-Strassen auf und wurde unterschiedlich stark begangen. Wege, die sich mehrheitlich durch Grasbewuchs auszeichneten, waren nur in den Gebieten 2 (200 m) und 3 (260 m) vorhanden, wobei es sich meist um Wegabschnitte handelte, die durch Nutzungsaufgabe bzw. fehlendem Unterhalt stark zugewachsen und schwer zugänglich waren (Perimeter 3). Wie die Wege, die in Sackgassen endeten (Perimeter 2 und 3), waren auch diese wenig frequentiert.

Die offiziellen Wanderwege konnten mehrheitlich der stärkeren Nutzungsfrequenz (>50 Pers./Tag) zugewiesen werden. Meist handelte es sich dabei um Wege, die sich durch einen festen Belag auszeichneten und mit wenigen Ausnahmen breiter als 2 Meter waren.

Der Lebensraumtyp Laubmischwald war in allen drei Perimetern am dominantesten (P1 = 51 %, P2 = 79 % und P3 = 50 %) vertreten. Der Nadelwald-Anteil folgte mit P1 = 31 %, P2 = 12 % und P3 = 45 %. Perimeter 3 wies den höchsten Anteil der Wegbereiche mit Nadelwald auf. Diese Regionen gingen meist mit einer geringen Vegetationsdichte bzw. einer hohen Einsehbarkeit einher (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6). Diese Feststellung konnte jedoch in den beiden anderen Untersuchungsgebieten nicht gemacht werden. Einzig im Erhebungsgebiet 1 kamen die Lebensraumtypen Hochstaudenflur, Bauten (Autobahn-Lärmschutzwand) und stehendes Gewässer vor. Die Wege entlang des Gewässers wiesen eine sehr starke Nutzungsfrequenz (>200 Pers./Tag) auf.

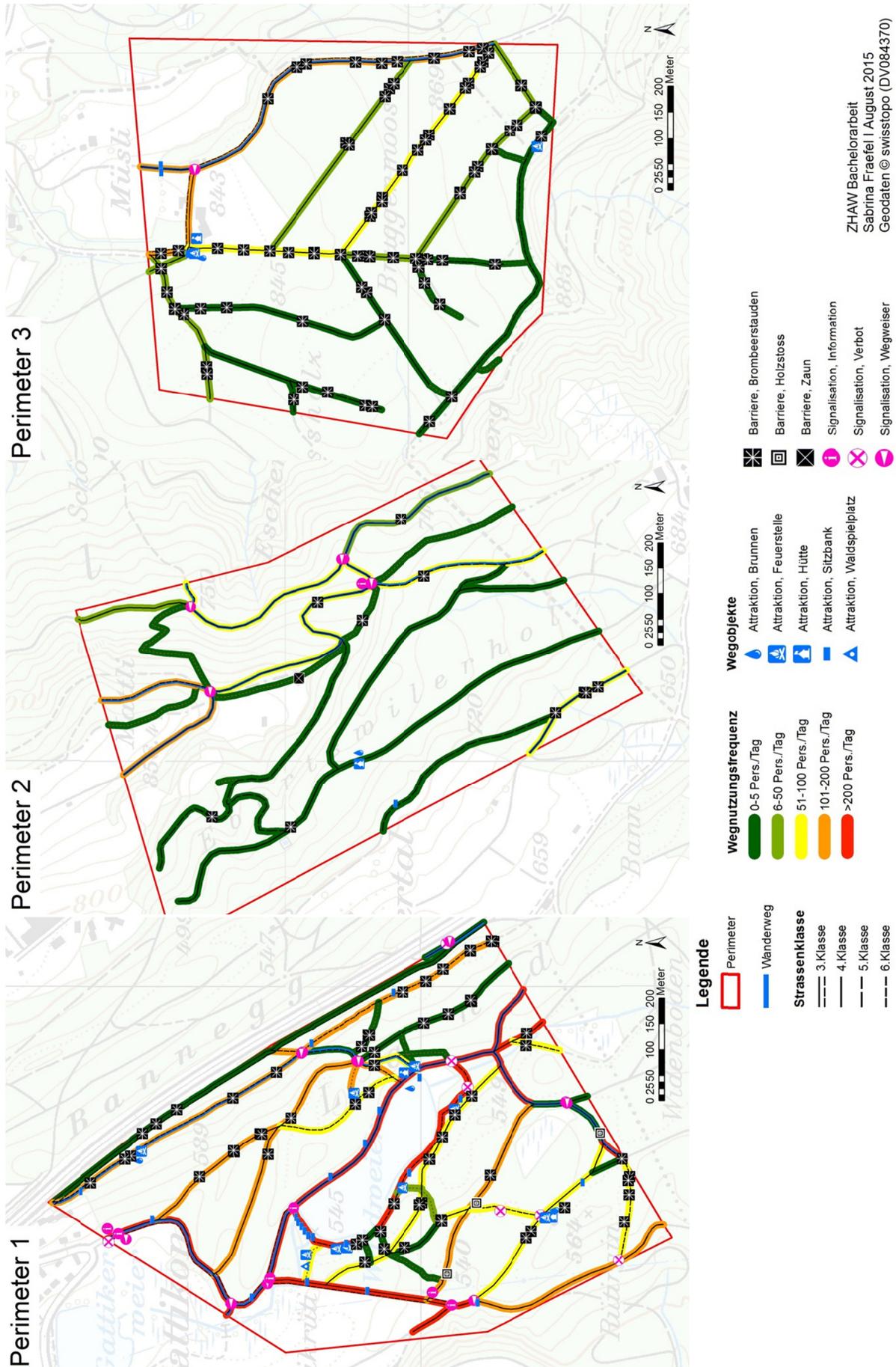


Abbildung 4: Übersicht über die Wegnutzungsfrequenz im Zusammenhang mit den Strassenklassen und Wegobjekten.



Abbildung 5: Übersicht über die Verteilung der Wegobjekte, Lebensraumtypen und Ausprägung des Wegnetzes hinsichtlich Wegbelag und Strassenklasse.

Die grösste Anzahl an Attraktionen befand sich im Gebiet 1 (n=37). 60 Prozent davon machten Sitzbänke aus, gefolgt von 9 Feuerstellen, 2 Hütten und 3 Brunnen sowie einem Waldspielplatz. Die Attraktionen konzentrierten sich hauptsächlich entlang der viel genutzten Wegen (>100 Pers./Tag) (Abbildung 4). Im Perimeter 2 und 3 gab es jeweils eine Hütte und einen Brunnen. Sitzbänke kamen nur wenige vor (P2 = 1, P3 = 4). Im Gebiet 3 waren zudem eine offizielle und eine inoffizielle Feuerstelle vorhanden. Letztere befand sich an einem schwach begangenen Wegabschnitt, während die offizielle Feuerstelle an einem mittelmässig frequentierten Weg ausgemacht werden konnte. Insgesamt konnten keine TTFs, Ruinen und Aussichtstürme kartiert werden.

Verbote (Reiten, Motorfahrzeuge) sowie die grösste Anzahl an Wegweisern (n=14) konnten im Gebiet 1 lokalisiert werden. Im Perimeter 1 und 2 gab es Beschilderungen in Form von Informationen, wobei die einzige Tafel im Gebiet 2 eine Hinweistafel auf die Kernzonen des Wildnis-parks Zürich war. Im Perimeter 3 konnte nur eine einzige Wanderwegtafel erhoben werden. Die Mehrheit der Beschilderung befand sich entlang von mittelmässig bis stark begangenen Wegen (>51 Pers./Tag).

Barrieren in Form von Holzstössen und Zäunen wurden nur in den Perimetern 1 (230 m² Holzstösse) und 2 erhoben (100 m² Zaun um Privatgrundstück). Der höchste Anteil an Brombeerenstauden mit rund 73'000 m² befand sich im Untersuchungsgebiet 3. Im stadtnahen Perimeter 1 belief sich dieser auf 23'526 m², im Perimeter 2 lediglich auf 3406 m². Die Brombeerstaudenflächen im Perimeter 1 und 2 konzentrierten sich auf einzelne Wegabschnitte, während im Perimeter 3 die meisten Wegabschnitte regelmässig Brombeerflächen aufwiesen.

Über das Ganze betrachtet, wies das Untersuchungsgebiet 1 mit der höchsten Wegnetzdichte am meisten Wegobjekte auf und unterlag der stärksten Nutzungsfrequentierung. Hinsichtlich dieser Parameter stellten sich die beiden anderen Erhebungsflächen als in etwa gleich heraus.

Der Erhebungsaufwand für den Perimeter 1 betrug pro 50-m-Wegsegment durchschnittlich 7 Minuten, im Perimeter 2 und 3 waren es jeweils 6 Minuten. In einer Stunde konnten somit im Schnitt 500 Meter Wegabschnitt mit 3.5 Wegobjekten aufgenommen werden.

4.2 Einfluss von Wegparametern auf die Raumnutzung des Rehs

In Bezug auf die Raumnutzung des Rehs unterschieden sich die drei Gebiete stark (Abbildung 6 und 7).

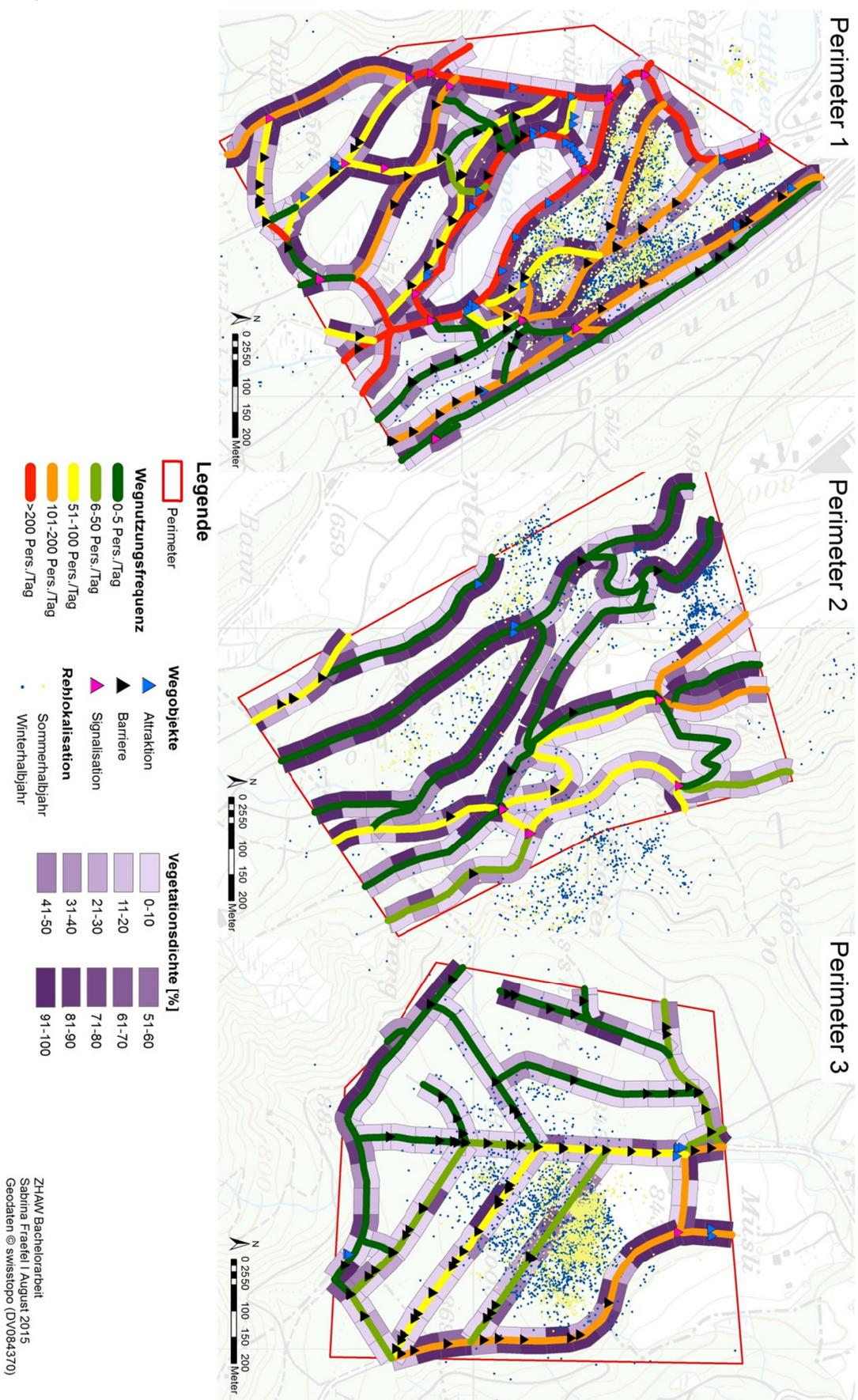


Abbildung 6: Raumnutzung des Rehs im Zusammenhang mit Wegnutzungsfrequenz und Vegetationsdichte.

ZHAW Bachelorarbeit
Sabina Fraeteli | August 2015
Geodaten @ swisstopo (DV084370)



Abbildung 7: Raumnutzung des Rehs im Zusammenhang mit Wegnutzungsfrequenz und Hangneigung.

Im Perimeter 1 konzentrierten sich die Rehpositionspunkte im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets, in Nähe von Wegen mit hoher bis sehr hoher Nutzungsfrequenz (>100 Pers./Tag) durch Erholungssuchende (Abbildung 6). Im Perimeter 2 tauchten die Rehlokalisationen gehäuft in Regionen mit einer geringen Wegnutzung (<6 Pers./Tag) auf, während sie im Untersuchungsgebiet 3 v.a. innerhalb einer Fläche lokalisiert werden konnten, die von Wegabschnitten umgeben ist, die mittel bis stark begangen werden (51 bis 200 Pers./Tag). Durch diesen Flächenbereich hindurch verlief ein Weg, der eher selten frequentiert wird (6 bis 50 Pers./Tag). Die statistische Auswertung ergab, dass die Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² mit der Nutzungsfrequenz nur schwach ($R = 0.12$) bei geringer Signifikanz ($P = 0.17$) korrelierte (Abbildung 8). Die höchsten Werte der Rehpositionspunkte pro 100 m² befanden sich in den Bereichen der mittelmässig bis oft begangenen Wegen (Nutzungsfrequenz 3 bzw. 4). Die Rehe waren in den Regionen entlang der Wege von geringerer Nutzungsstörung in etwa gleich häufig vertreten wie in jenen mit sehr starker Frequentierung.

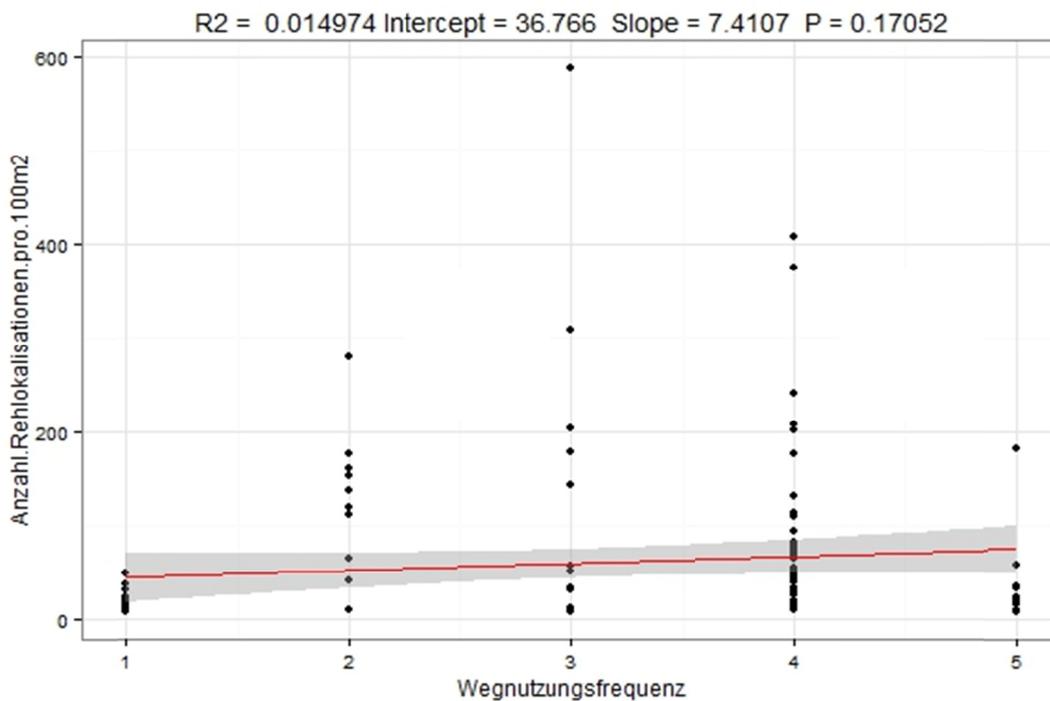


Abbildung 8: Scatterplot der Wegnutzungsfrequenz in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.

Im Untersuchungsgebiet 2 hielten sich die Rehe mehrheitlich in Gebieten auf, die von Wegbereichen mit einer hohen Vegetationsdichte (>70 %) umgeben waren (Abbildung 6). Im Perimeter 1 fiel der Anteil an dichter Vegetation etwas geringer aus. Im Vergleich zu den anderen beiden Perimetern wies das Untersuchungsgebiet 3 durchschnittlich die geringste Vegetationsdichte (<30 %) in den Wegbereichen um das Gebiet mit den Rehlokalisationen auf. Während im Perimeter 2 in der Nähe zu Wegen, die in Sackgassen endeten, vermehrt Rehlokalisationen vorkamen, wies das Untersuchungsgebiet 3 in diesen Wegbereichen kaum Rehpositionspunkte auf. Die Dichte der Vegetation im Bereich der Sackgassen war im Perimeter 2 deutlich höher als im Perimeter 3 ($P_2 > 80\%$ und $P_3 < 20\%$ Vegetationsdichte). Zwischen der Vegetationsdichte und der Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² war nur ein geringer linearer Zusammenhang feststellbar ($R = 0.13$ mit $P = 0.14$) (Abbildung 9). Bei einer Vegetationsdichte von 91 bis 100 Prozent befand sich der höchste Wert der Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m². Generell kamen die Rehlokalisationen bei allen Stufen der Vegetationsdichte vor.

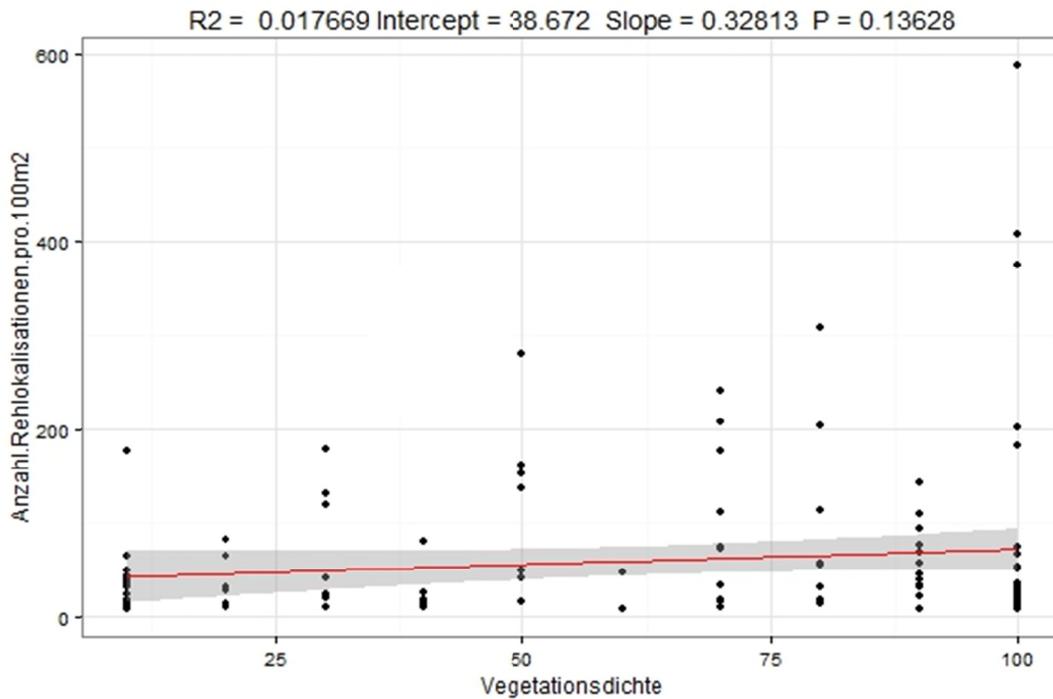


Abbildung 9: Scatterplot der Vegetationsdichte in Relation zur Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.

Am häufigsten verweilen die Rehe in Wegbereichen mit einer Sicht in die Umgebung von unter 50 Metern. Eher selten tauchten sie in Gebieten mit einer Sicht >100 Meter auf (Abbildung 10).

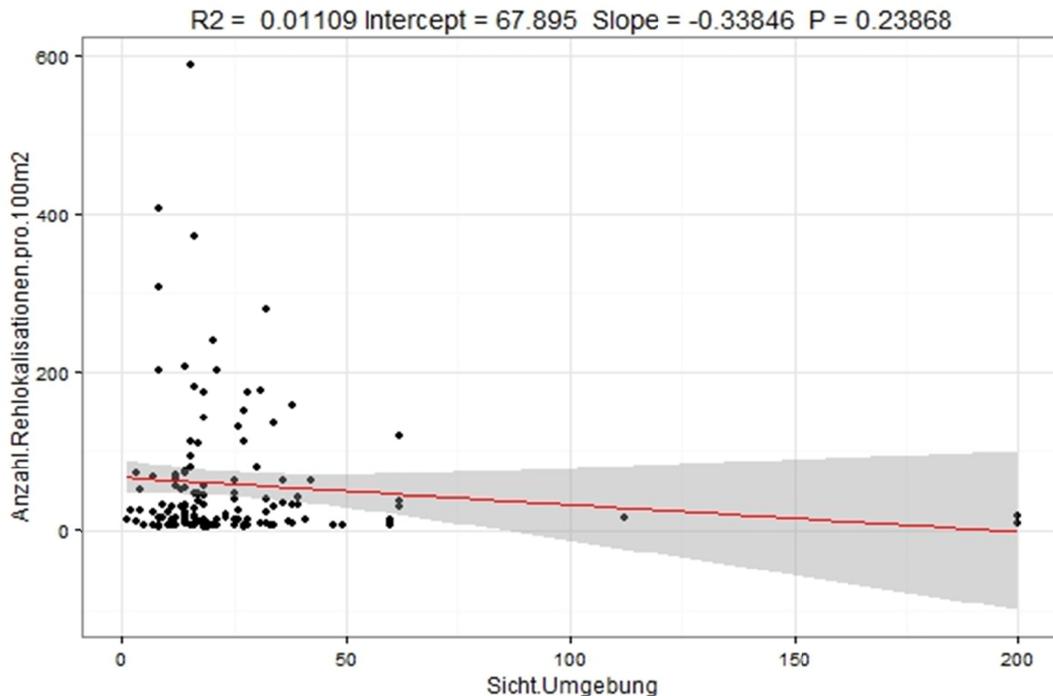


Abbildung 10: Scatterplot der Sicht in die Umgebung in Relation zur Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.

Die Parameter Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung beschreiben jeweils die Ausprägung der vertikalen Vegetationsstruktur und unterscheiden sich primär in der Erhebungsmethode. Dieses Parameterpaar ergab eine mittlere negative Korrelation ($R = -0.48$) mit hoher statis-

tischer Signifikanz (Tabelle 9). Dies bedeutet, dass die Sicht in die Umgebung mit zunehmender Vegetationsdichte abnimmt.

Tabelle 9: Korrelation von Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung

Parameterbeziehung	R-Wert Pearson	p-Wert
Vegetationsdichte ~ Sicht.Umgebung	-0.48	1.555e-08

Im Perimeter 1 und 3 befanden sich rund 53 bzw. 86 Prozent der Rehpositionspunkte der Pufferflächen innerhalb von Wegbereichen mit Hangneigung <10 Grad und ca. je 10 Prozent in Steillagen >15 Grad (Abbildung 7). Im Gegensatz dazu konnten im Erhebungsgebiet 2 etwa 56 Prozent der Rehlokalisationen in Wegbereichen mit Geländeneigung >15 Prozent festgestellt werden, wovon etwa ein Drittel in Steillagen >20 Grad vorzufinden war. Ca. 12 Prozent konnten in Wegbereichen mit einer Hangneigung <10 Grad ausgemacht werden. Die durchschnittliche Geländeneigung wies eine mit $P < 0.0005$ signifikante, obgleich eher schwache negative Korrelation auf ($R = -0.31$) (Abbildung 11). Somit hielten sich die Rehe am häufigsten in jenen Wegbereichen auf, die eine Hangneigung von weniger als 6 Grad aufwiesen. Mit zunehmender Hangneigung nahm die Anzahl Rehlokalisationen ab, wobei in den Steillagen zwischen 22 und 29 Grad keine Positionspunkte vorzufinden waren. In Gebieten mit Hangneigungen ≥ 30 Grad tauchten nur wenige Rehlokalisationen auf.

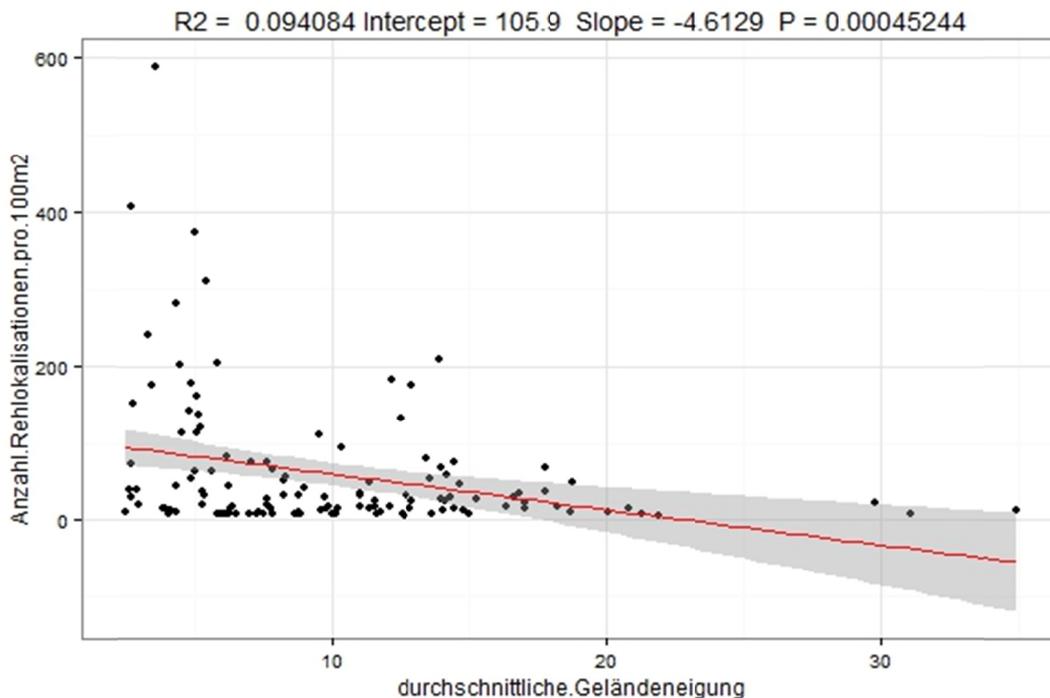


Abbildung 11: Scatterplot der Hangneigung in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.

Im Perimeter 1 wiesen 13 Prozent der Pufferbereiche mit Rehlokalisationen Brombeerstauden auf. Im Erhebungsgebiet 2 und 3 waren dies 3 bzw. 35 Prozent. Zwischen dem Deckungsgrad der Brombeeren und der Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² konnte so gut wie kein Zusammenhang ($R = 0.03$) bei geringer Signifikanz ($P = 0.74$) nachgewiesen werden. Die grösste Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² befanden sich in Wegbereichen ohne bzw. mit geringem Deckungsgrad der Brombeeren (Abbildung 12). Die restlichen Positionspunkte verteilten sich eher

gleichmässig in jenen Gebieten mit einem Deckungsgrad zwischen 10 und 50 Prozent sowie um die 100 Prozent herum.

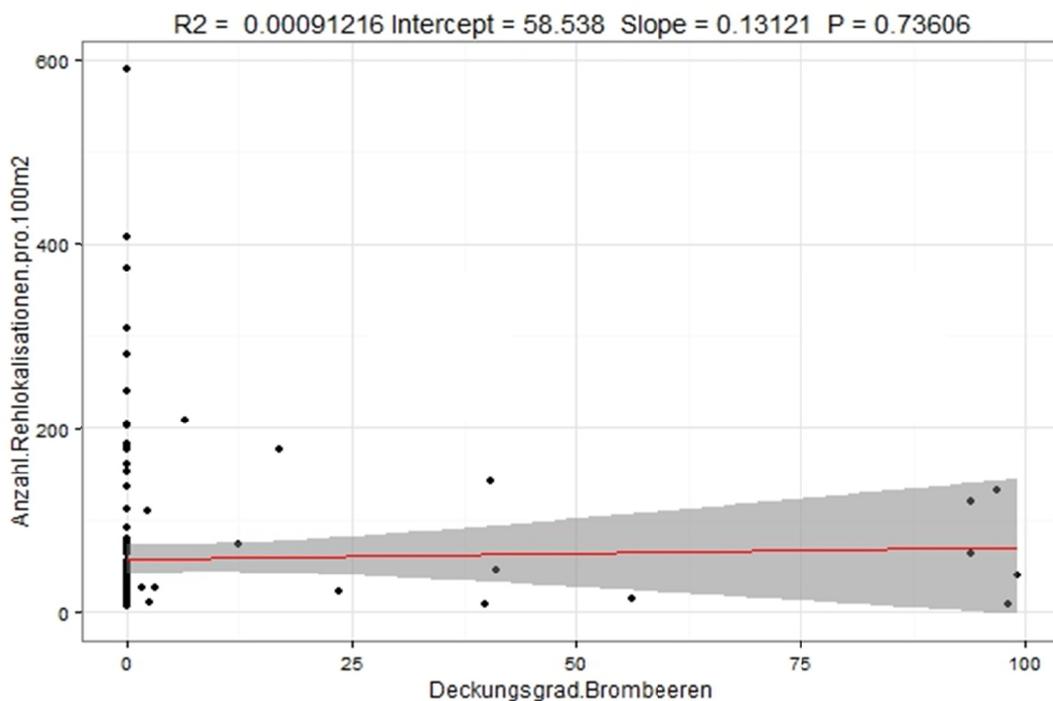


Abbildung 12: Scatterplot des Deckungsgrades der Brombeeren in Relation zur Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.

In allen drei Untersuchungsgebieten liessen sich Anhäufungen der Rehpositionspunkten in Gebieten zur Waldrandnähe ausmachen. In Wegbereichen mit Attraktionspunkten kamen durchaus Rehlokalisierungen vor (vgl. Perimeter 1 und 3). Auffällig ist, dass die Rehpositionspunkte des Sommerhalbjahres weniger weitläufig gestreut waren und sich generell weiter weg von den Wegen befanden, als dies bei den Winterhalbjahraufnahmen der Fall war. Insgesamt waren die Positionspunkte der Sommeraufnahme in kleinerer Anzahl innerhalb der Pufferbereiche vertreten.

5 Diskussion

5.1 Methode

5.1.1 Entwicklung des Parametersets

Welche Parameter sind nach dem aktuellen Stand der Forschung für die Beschreibung von Wegen und ihrer unmittelbaren Umgebung hinsichtlich anthropogener und wildtierspezifischer Nutzungsansprüchen relevant?

Um darauf eine Antwort zu finden, stellte sich generell die Frage, auf welche Wildtiere sich die Methode fokussieren sollte. Durch die Literaturrecherche versuchte ich, ein möglichst breites Spektrum an nutzungsbezogener Attributen und wildtierspezifischer Parameter abzudecken, wobei der Fokus nicht auf eine einzige Spezies gerichtet sein darf. Dies erwies sich als äusserst anspruchsvoll, da sich die Lebensraumsansprüche einzelner Wildtierarten erheblich voneinander unterscheiden (z.B. Rehe und Amphibien). Daher versuchte ich mich auf diejenigen Parameter festzulegen, die für mehrere Wildtierarten in Frage kommen bzw. auch für die verschiedenen Nutzergruppen relevant sind. So spielt einerseits die Wegoberfläche bei der Wegwahl durch die Freizeitnutzenden eine entscheidende Rolle (Janowsky, 2003), andererseits hat diese einen massgeblichen Einfluss auf die Bereitschaft der Wegüberquerung durch Reptilienarten (Hyslop, Myers & Cooper, 2006). Auch ist der Lebensraum, in welchem die Methode Anwendung finden soll, nicht ganz unbedeutend. So kommen andere Ansprüche zum Tragen, wenn sich das Untersuchungsgebiet im alpinen Raum oder aber in einem Laubmischwald im dicht besiedelten Mittelland befindet. Je nach Forschungsfrage und Untersuchungsgegenstand ist es durchaus sinnvoll, innerhalb der Parametergruppen Veränderungen in der Kategorisierung vorzunehmen, zumal die vorliegende Methode den Schwerpunkt auf periurbane Erholungsgebiete im Mittelland legt. Ausserdem wurde der Einfluss der Freizeitnutzung auf die Vegetation bzw. auf Veränderungen des Bodens (z.B. Erosion, Verdichtung) im vorliegenden Kriterienset nicht berücksichtigt.

5.1.2 Datenerhebung und -verarbeitung

Welche Methodik eignet sich zur Erhebung dieser Parameter jeweils am besten?

Grundsätzlich hat sich die Feldaufnahme mittels Excel-Formular auf dem Tablet als praktikabel erwiesen und ist zusammen mit der Kurzanleitung für die Parameteraufnahme auch ohne spezielle wissenschaftliche Vorkenntnisse anwendbar. Obwohl einige Parameter wie Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung auf Schätzungen beruhen, hat sich die entsprechende Erhebungsmethodik als zuverlässig erwiesen. So konnte zwischen diesen beiden Parametern ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden, der besagt, dass die Sichtweite in die Umgebung hinein durch die zunehmende Vegetationsdichte abnimmt.

Die Übernahme der erhobenen Wegeigenschaften ins ArcGIS liess sich unter geringem Aufwand bewerkstelligen. Anders verhielt es sich mit den Punktdaten. Die Punktdaten zu fotografieren und durch einen Koordinaten-Transfer im ArcGIS darzustellen, sollte theoretisch ein zusätzliches Editieren ersparen. Jedoch ist die Genauigkeit der GPS-Aufzeichnung sehr stark vom genutzten Empfänger abhängig. Ich musste feststellen, dass die Abweichung je nach Topografie bis zu 150 Meter betrug. Ähnlich verhielt es sich mit der Track-Aufzeichnung der Informal Trails via ViewRanger GPS. Ein anschliessendes Überprüfen der korrekten Lokalisation und das Editieren sind daher unausweichlich. Je nach Datengrösse bedeutet dies einen erhöhten zeitlichen Aufwand. Die Arbeit mit den verschiedenen Mobile-Apps setzt zudem gewisse Kenntnisse voraus und bedingt ein stetiges Hin- und Herwechseln zwischen den verschiedenen

Applikationen auf dem Tablet. Als Alternative bietet sich die Aufnahme der Feldparameter mit der Mobile-App Collector for ArcGIS (Esri) an oder mit ArcPad (Esri), einer Software zur Geländekartierung und Datenerfassung mit einem mobilen Gerät (z.B. TrimbleGeo Explorer). Im Vorfeld kann eine Geodatenbank mit Subtypes und Domains angelegt werden, welche ein rasches Auswählen und Eintragen der gewünschten Parameter-Werte ermöglicht. Der Vorteil dieser Anwendungen liegt im Field-mapping. Linien und Punktobjekte können direkt auf der Karte eingezeichnet und mit den gewünschten Werten versehen in der Geodatenbank gespeichert werden. Dies funktioniert auch mit einer GPS-gestützten Erfassung, welche es erlaubt, Linien- oder Flächenobjekte durch Ablaufen aufzuzeichnen. Nach der Felderfassung kann die bestehende Geodatenbank mit den im Feld erhobenen Daten aktualisiert und am PC weiterverarbeitet werden. Die App Collector for ArcGIS ermöglicht die Daten online zu sichern.

Im Wesentlichen zeigte sich die GIS-basierte Erhebungsmethode (Aufwand weniger Minuten) als weniger zeitintensiv als die Erhebung im Feld (im Schnitt 7 Minuten pro 50 m). Dies legt den Schluss nahe, die Datenerhebung möglichst umfangreich ins GIS zu implementieren. Im Bereich der Remote Sensing Technologie gibt es im Zusammenhang mit Habitat-Charakterisierung einige Studien, die den Vorteil von LiDAR-basierten Erhebungsmethoden darlegen (Lefsky et al. 2002; Hyde et al. 2006; Vierling et al., 2008). Der Hauptnutzen liegt darin, dass auch weitflächige Waldgebiete hinsichtlich ihrer dreidimensionalen Struktur effizient erfasst und detailliert charakterisiert werden können. Dies führt gerade im Hinblick auf grossflächige Untersuchungen zu einem geringeren Aufwand gegenüber der Feldarbeit und spart dadurch Zeit und Kosten. Es ist daher in Bezug auf die Parametererhebung des Kronendeckungsgrades und der Vegetationsdichte in die Richtung der LiDAR-basierten Erhebungsmethoden zu fokussieren. Wahrscheinlich lassen sich auch aus diesen Raster-Daten die Sicht-Verhältnisse vom Weg aus in den Bestand hinein ableiten und durch stichprobenartige Aufnahmen im Feld verifizieren.

Die Datenextraktion unter Verwendung eines eigens dafür geschriebenen Python-Skripts hat den Arbeitsprozess stark vereinfacht und beschleunigt. Der Aufwand, ein solches zu programmieren, ist jedoch relativ hoch. Doch wurde das Skript einmal geschrieben und vollumfänglich getestet, können grosse Datenmengen innert kürzester Zeit verarbeitet werden. Dieser Work-Flow kann beliebig wiederholt werden. Das Skript sollte nachvollziehbar aufgebaut und dokumentiert sein, um allenfalls weitere Schritte in die Geoverarbeitung einbinden zu können.

5.1.3 Anpassung des Parametersets

Die Auswertung der Felderhebung zeigt unter anderem, dass keine TTFs in den ausgewählten Perimetern aufgenommen werden konnten, da es darin keine Wege mit den entsprechenden Attributen gab. Dennoch ist es wichtig, diesen Parameter im Erhebungsbogen zu belassen, weil die Zahl der TTFs zunehmen wird (Kollar, 2011). Weiter ist ersichtlich, dass nur sehr wenige Zäune und Holzstösse aufgenommen werden konnten. Eine statistische Auswertung hinsichtlich einer Signifikanz war dadurch nicht möglich. Die Relevanz dieser beiden Hindernis-Typen ist in weiteren Untersuchungen mit grösserer Stichprobenanzahl zu überprüfen. Grundsätzlich ist jedoch zu bedenken, dass Holzstösse weniger im Sinne einer indirekten Lenkungsmassnahme angelegt werden, als vielmehr im Sinne der waldwirtschaftlichen Nutzung. Es handelt sich daher um temporäre Hindernisse. Es ist davon auszugehen, dass die Barriere-Wirkung eher gering ausfällt. Es bietet sich an, diesen Objekttyp aus dem Kriterienset zu entfernen. Die Funktion der Zäune im Waldgebiet zielt primär auf die Verminderung von Wildverbiss ab, indem besonders sensible Bestände eingezäunt und dadurch die Wildtiere ferngehalten werden. So sind Zäune mehr als Lebensraumblockade für Wildtiere zu sehen, als dass sie den Menschen daran hindern, den Weg zu verlassen.

Es ist zu berücksichtigen, dass die ermittelten Werte der Parameter Vegetationsdichte, Sicht in Wegrichtung sowie in die Umgebung allesamt auf subjektiven Schätzungen beruhen und daher gewissen Schätzfehlern unterliegen können. Das Distanzmessgerät war für die Feldkartierung insofern unerlässlich, als dass es dazu verhalf, die Genauigkeit der Schätzung der Distanzen zu stützen. Es hat sich gezeigt, dass die Sichtweite nicht nur durch die Ausprägung der Vegetationsdichte bestimmt wird, sondern auch topografische Begebenheiten dabei eine Rolle spielen. Je nach Topografie wird die Sichtdistanz durch Geländeformationen reduziert, auch wenn der vertikale Bewuchs gering ist. Dies kann dazu führen, dass eine geringe Vegetationsdichte mit einer geringen Sichtweite einhergehen kann. Diese Tatsache habe ich bei der Feldkartierung nicht berücksichtigt. Für weitere Untersuchungen müsste dies bei der Aufnahme entsprechend vermerkt werden, oder aber das methodische Vorgehen wird angepasst.

Die Aufnahme des Parameters Sicht in Wegrichtung hat keine aussagekräftigen Resultate erbracht, da diese aus einer standortgebundenen Momentaufnahme entstanden sind. Je nach Positionierung innerhalb desselben Wegsegments und je nach Wegverlauf (geradlinig, gekrümmt) variiert die Sichtdistanz in Wegrichtung erheblich. Die festgelegte Aufnahmemethode hat sich in diesem Fall als ungeeignet herausgestellt. Es ist in Betracht zu ziehen, diesen Parameter aus dem Kriterienset zu entfernen.

Obwohl die Nutzungsart der Wege nur angedacht, aber nicht erhoben wurde, wäre es eine Überlegung wert, eine weitere Kategorie, nämlich Spaziergänger mit Hund, ins Parameterset aufzunehmen. Im Rahmen der Feldbegehung hat sich gezeigt, dass v.a. im stadtnahen Perimeter 1 die Mehrheit der Spaziergänger einen Hund mitführte. Der Einfluss von Hunden auf verschiedene Säugetierarten und v.a. auf am Boden brütende Vögel ist erwiesen (Miller, Knight & Miller, 2001; Ingold, 2005; Taylor et al., 2005; Blanc et al., 2006; Banks & Bryant, 2007).

5.2 Einfluss von Wegparametern auf die Wegwahl der Erholungssuchenden

Die Ausprägung der erfassten Wegobjekte legt den Schluss nahe, dass zwischen den Attraktions- / Signalisations- und Informationspunkten und der Wegnutzungsfrequenz ein möglicher Zusammenhang besteht. Die mässig bis sehr stark genutzten Wegbereiche (>50 Pers./Tag) führen oft an Attraktionspunkten vorbei oder werden durch Wanderwegmarkierungen beschildert. Besonders stark frequentiert (>200 Pers./Tag) sind die Wege entlang des stehenden Gewässers im Perimeter 1. Diese Feststellungen sind in Übereinstimmung mit Studien über die Wegpräferenzen von Erholungssuchenden (Janowsky, 2003; Reynolds et al., 2007; Arnberger et al. 2010).

5.3 Einfluss von Wegparametern auf die Raumnutzung des Rehs

Welche Parameter haben einen nachweisbaren Einfluss auf die Raumnutzung der Rehe?

Die Resultate der statistischen Auswertung legen auf den ersten Blick nahe, dass zwischen den untersuchten unabhängigen Variablen und der Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² nur ein geringer bis kein nachweisbarer Zusammenhang besteht. Zum einen ist der Stichprobenumfang mit n=127 eher klein. Im Sinne einer umfassenden Überprüfung wäre es angebracht, die Parameter-Erhebung auf alle 15 Home ranges der besenderten Rehe zu erweitern. Der Aufnahmeperimeter sollte dabei genau der jeweiligen HR-Grösse entsprechen, sodass eine möglichst grosse Stichprobenanzahl gewährleistet ist. Des Weiteren habe ich die statistische Auswertung mit den Rehpositionspunkten des Sommerhalbjahres durchgeführt. Dies war zwingend notwendig, da die Parameter Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung abhängig von der Entwick-

lungsphase der Vegetation sind. In Abbildung 6 ist zu erkennen, dass sich die Rehpositionspunkte des Sommerhalbjahres weiter weg von den Wegen befinden, als dies bei den Winterhalbjahraufnahmen der Fall ist. Zum einen ist diese Beobachtung bereits ein Indiz für die Reaktion gegenüber Erholungssuchenden, da die Intensität der Freizeitaktivitäten und somit der Störungsfaktor im Sommer ausgeprägter sind. Zum anderen ist auch das soziale Verhaltensmuster der Rehe von Bedeutung. Das Sommerhalbjahr des Rehs ist durch soziale Interaktionen stark geprägt (Territorialverhalten, Setzzeit und Aufzucht), welche das räumliche Bewegungsmuster massgeblich verändern (Mysterud, Lian, & Hjermann 1999; Saïd et al., 2009). Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf das Raum-Zeit-Verhalten der Tiere nehmen kann, sind störungsintensive Aktivitäten und Anlässe, welche un gelenkt neben den Wegen stattfinden (z.B. Orientierungsläufe, Pfadilager,...). Diese Einflüsse konnten bei der statistischen Analyse nicht berücksichtigt werden und können daher das Bild verzerren. Generell erscheint es, als würden die Rehe die Zonen entlang der Wege meiden (Ineichen, 2015).

Habitat-spezifische Parameter, wie Deckungs- und Äsungsangebot, stellen bei der Habitat-Selektierung des Rehs entscheidende Schlüsselfaktoren dar. Studien zeigen, dass Rehe Waldbestände mit geringer Sichtbarkeit (Borkowski & Ukalska, 2008) sowie einem hohen und qualitativ guten Nahrungsangebot präferieren (Moser Schütz, & Hindenlang, 2006; Pellerin et al., 2010). Den erhobenen Deckungsgrad der Brombeeren habe ich in erster Linie als Barriere für den Menschen aufgeführt. Er ist jedoch zugleich auch als Mass für deckungsbietenden Schutz und durchaus als Nahrungsquelle anzusehen (Kamler, J. & Homolka, 2005; Kamler et al., 2011). Jedoch konnte kein nachweislicher Einfluss auf das räumliche Verhalten der Rehe festgestellt werden. So konnten vermehrt Rehlokalisationen in Wegbereichen ohne bzw. mit geringem Deckungsgrad der Brombeeren nachgewiesen werden. Mysterud, Lian und Hjermann (1999) zeigten auf, dass Rehe bei erhöhter Störungsintensität Gebiete mit dichterem Deckungsangebot aufsuchen (Mysterud, Lian, & Hjermann 1999). Die räumliche Verteilung der Rehlokalisationen in den drei Untersuchungsgebieten entspricht jedoch nicht dieser Feststellung. Während sich die Rehe im Perimeter 2 hauptsächlich in schwach frequentierten Wegbereichen mit einer dichten vertikalen Vegetationsstruktur aufhielten, kamen sie in den Gebieten 1 und 3 durchaus in mittelmässig bis sehr stark begangenen Wegbereichen vor, die in der Ausprägung der Vegetationsdichte stark variierten.

Entgegen der einschlägigen Literatur (Harris et al., 2014; Ineichen, 2015) ergab die statistische Auswertung eine Abnahme der Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m² bei zunehmender Geländeneigung ($p = 0.0004$). Somit halten sich die Rehe stärker in geringen Hanglagen auf. Diese Feststellung widerlegt jedoch die Resultate aus den erwähnten Studien nicht, da sich meine Erhebung nur auf einen 25 Meter langen Pufferstreifen entlang der Wege beschränkt und keine Aussagen über die weitere räumliche Verteilung der Rehe zwischen den Wegabschnitten zulässt.

5.4 Schlussfolgerung

Die entwickelte Methode stellt ein Konzept dar, wie Wege und ihre Umgebung hinsichtlich anthropogener Nutzungsansprüche und wildtier-relevanter Faktoren benutzerfreundlich charakterisiert werden können. Die im Rahmen dieser Arbeit erprobten Erhebungsverfahren sowie das programmierte Python-Skript zur Datenverarbeitung und -extraktion haben sich in der Anwendung bewährt und können in nachfolgenden Studien genutzt werden, um Daten zu sammeln und diese im Zusammenhang mit Mensch-Wildtier-Interaktionen auszuwerten.

Die Verteilung der Attraktionspunkte und der Wegbeschilderung entlang der stärker frequentierten Wege lässt auf einen Zusammenhang zwischen den Wegobjekten und der Nutzungsfrequenz schliessen. Die Resultate in Bezug auf die Raumnutzung der Rehe in Abhängigkeit wegcharakterisierender Parameter führten zu keinen eindeutigen oder zu widersprüchlichen Aussagen. Ein möglicher Grund dafür ist allenfalls eine zu kleine Stichprobe. Es scheinen weniger einzelnen Parameter von Bedeutung zu sein, als vielmehr die Kombination und das Zusammenspiel bestimmter Parameter untereinander. Weiter wurden habitat-spezifische und andere relevanten Faktoren, die in den Bereichen zwischen den Wegen wirken, nicht berücksichtigt. Tiefergehenden Analysen, unter Einbezug der weiter von den Wegen entfernt liegenden Habitate wären erforderlich, um die möglichen Ursachen bestimmen zu können.

6 Literaturverzeichnis

- Arnberger, A. (2006). Recreation use of urban forests: An inter-area comparison. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4, S. 135–144.
- Arnberger, A. & Eder, R. (2008). Assessing user interactions on shared recreational trails by long-term video monitoring. *Managing Leisure*, 13(1), S. 36–51.
- Arnberger, A., Eder, R. & Reichhart, T. (2010). Wege im Grünen – Modellierung von Wegepräferenzen von Besuchern/-innen Wiener Erholungsgebiete anhand eines diskreten Wahlmodells. In: M. Schrenk, V. V. Popovich & P. Zeile (Hrsg.), *REAL CORP 2010 Proceedings/Tagungsband. Beiträge zur 15. Internationalen Konferenz zu Stadtplanung, Regionalentwicklung und Informationsgesellschaft*. (S.939–947). Wien: Lulu.com
- Arnberger, A., Deussner, R., Eder, R., Hein, T., Illedits, A., Kempter, I., Taczanowska, K., Nopp-Mayr, U., Preiner, S., Reiter, K., Stanzer, G., Wagner, I. & Zsak, K. (2012). *Perspective LOBAU 2020 (Endbericht)*. Universität für Bodenkultur Wien BOKU.
- Augmentra Ltd. (2015). ViewRanger GPS, Version 6.
- Banks, P.B. & Bryant, J.V. (2007). Four-legged friend or foe? Dog walking displaces native birds from natural areas. *Biology Letters*, 3, S. 611–613.
- Blanc, R., Guillemain, M., Mouronval, J.-B., Desmots, D. & Fritz, H. (2006). Effects of nonconsumptive leisure disturbance to wildlife. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 61, S. 117–133.
- Boldt, A. (2009). Ruhe ist überlebenswichtig – Wildruhezonen als Instrument des Artenschutzes. *Wildbiologie*, 4(36), S. 16.
- Borkowski, J. & Ukalska, J. (2008). Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4), S. 468–475.
- Burnand J., Keller F., Rutishauser U., Stocker R. & Wohlgemuth T. (2007). *Ein Werkzeug zur ökologischen Bewertung der Wirtschaftswälder im Mittelland*. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, S.155–159.
- Cole, D. N. (2004). Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review. In: R. Buckley (Hrsg.), *Environmental Impacts of Ecotourism*. (S. 41–60). Wallingford, U.K.: CABI Publishing.
- Cooper Jr, W.E., Perez-Mellado, V., Baird, T., Baird, T.A., Caldwell, J.P. & Vitt, L.J. (2003). Effects of risk, cost, and their interaction on optimal escape by nonrefuging Bonaire whiptail lizards, *Cnemidophorus murinus*. *Behavioral Ecology*, 14, S. 288–293.

- Davis , A.K. (2007). Walking trails in a nature preserve alter terrestrial salamander distributions. *Natural Areas Journal*, 27, S. 385–389.
- Delarze, R. & Gonseth, Y. (2008). *Lebensräume der Schweiz*. (2. Auflage). Thun: Ott Verlag.
- Diekmann, A. (2015). *Der Wildnispark Zürich aus Sicht der lokalen Bevölkerung – Einstellungen und Nutzungsformen. Bevölkerungsumfrage in den Bezirken Horgen und Affoltern und in angrenzenden Gemeinden des Kantons Zug*. Zürich: Swiss Federal Institute of Technology (ETH).
- Eco-counter. (2012). *Installation guide Multi Systems*. Lannion (F): Eco-counter.
- Eyholzer, R. (2007). Jagrevierbewertung Zürich: Technisches Vorgehen. Abgerufen am 12. Juli 2015 von http://www.aln.zh.ch/internet/baudirektion/aln/de/fjv/Jagd/jagdreviere_und_-bezirke/neubewertung_vonjagdrevieren.html.
- Dolle, I. & Peters, M. (2015). Wege als Bestandteile des Lebensraumes. Entwicklung einer Methode zur Erhebung relevanter Parameter. In *Tutorial 2 ZHAW*, Wädenswil, unveröffentlicht.
- Esri. (2012). Was ist ArcPy? Abgerufen am 22.07.2015 von <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000v000000v7000000>.
- Esri. (2014). ArcGIS Desktop 10.3
- Fahrig, L. & Rytwinski, T. (2009). Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14, S. 21
- Fernández-Juricic, E., Venier, M.P., Renison, D.& Blumstein, D.T. (2005). Sensitivity of wildlife to spatial patterns of recreationist behavior: a critical assessment of minimum approaching distances and buffer areas for grassland birds. *Biological Conservation*, 125, S. 225–235.
- Freuler, B. W. (2008). *Management von Freizeitaktivitäten: Interventionen zur Beeinflussung von sozialen und ökologischen Nutzungskonflikten im Outdoorbereich*. Zürich: Universität Zürich.
- George, S.L. & Crooks, K.R. (2006). Recreation and large mammal activity in an urban nature reserve. *Biological Conservation*, 133, S. 107–117.
- Georgii, B. (2001). *Auswirkungen von Freizeitaktivitäten und Jagd auf Wildtiere. Laufener Seminarbeiträge*. Laufen: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL).
- Griffith, B. & Youtie, B. A. (1988). Two devices for estimating foliage density and deer hiding cover. *Wildlife Society Bulletin*, 16, S. 206–210.

- Grover, M.E. (1998). Influence of cover and moisture on abundances of the terrestrial salamanders *Plethodon cinereus* and *plethodon glutinosus*. *Journal of Herpetology*, 32, S. 489–497.
- Harris, G., Nielson, R. M., Rinaldi, T. & Lohuis, T. (2014). Effects of winter recreation on northern ungulates with focus on moose (*Alces alces*) and snowmobiles. *European Journal of Wildlife Research*, 60(1), S. 45–58.
- Hesse, A. (2004). *Konzept zur Besucherlenkung im Distrikt Wahlerscheid des Nationalparks Eifel*. Bonn: Geographisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.
- Hirnschall, F., Tomek, H., Brandenburg, C., Reimoser, F., Lexer, W., Heckl, F. & Ziener, K.(2012). Auswirkungen von Freizeit und Tourismus in Grossschutzgebieten: Räumliche und zeitliche Verhaltensmuster von Mountainbikern und deren Auswirkungen auf die Tierwelt im Biosphärenpark Wienerwald. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 11(44), S. 341–347.
- Hyde, P., Dubayah, R., Walker, W., Blair, J. B., Hofton, M. & Hunsaker, C. (2006). Mapping forest structure for wildlife habitat analysis using multi-sensor (LiDAR, SAR/InSAR, ETM+, Quickbird) synergy. *Remote Sensing of Environment*, 102, S. 63–73.
- Hyslop, N. L., Meyers, J. M. & Cooper, R. J. (2006). Movements, survival, and habitat use of the threatened Eastern Indigo Snake (*Drymarchon couperi*) in southeastern Georgia. Final report to GA Department of Natural Resources, Forsyth: DNR.
- Ineichen, P. (2015). *Habitat selection of roe deer (Capreolus capreolus) in a landscape of fear shaped by human recreation*. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology (ETH).
- Ingold, P. (2005). *Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere*. (1. Auflage). Bern: Haupt Verlag.
- Ingold, P. (2006). Freizeitaktivitäten und Wildtiere – Konflikte, Lösungen. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 63, S. 76–98.
- Jackass JoeJoe. (2015). Rename Master, Version 3.12.
- Janowsky, D. & Becker, G. (2002). Recreation in urban forests: monitoring specific user groups and identifying their needs with video and GIS support. *Monitoring and management of visitor flows in recreational and protected areas*. University of Vienna, Vienna, Austria, 296–301.
- Janowsky, D. & Becker, G. (2003). Characteristics and needs of different user groups in the urban forest of Stuttgart. *Journal for Nature Conservation*, 11, S. 251–259.
- Jorgensen, A., Hitchmough, J. & Calvert, T. (2002). Woodland spaces and edges: Their impact on perception of safety and preference. *Landscape and Urban Planning*, 59, S. 1–11.

- Kamler, J. & Homolka, M. (2005). Faecal nitrogen: a potential indicator of red and roe deer diet quality in forest habitats. *Folia Zoologica*, 54(1–2), S. 89–98.
- Kamler, J., Homolka, M., Heroldová, M. & Literáková, P. (2011). Feeding Strategy of Wild Herbivores in Habitats of Limited Food Resources. *Wildlife Biology in Practice*, 7(1), S. 46–55.
- Keller, M. (Red.) (2005). Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004-2007. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- Kernohan, B. J., Gitzen, R. A. & Millspaugh, J. J. (2001). Analysis of animal space use and movements. In: J. J. Millspaugh & J. M. Marzluff (Hrsg.), *Radio tracking and animal populations*. (S. 125–166). San Diego: Academic Press.
- Kingsbury, B. A., Eads, B. C. & Hayter, I. (2014): In: K. M. Andrews, P. Nanjappa & S. P. D. Riley (Hrsg.), *Roads and Ecological Infrastructure: Concepts and Applications for Small Animals*. Baltimore: JHU Press.
- Kleiber, O. & Bilecen E. (2003): Nutzungskonflikte zwischen Freizeitnutzern. In: B. Baur (Hrsg.), *Freizeitaktivitäten im Baselbieter Wald. Ökologische Auswirkungen und ökonomische Folgen*. Liestal : Verlag des Kantons Basel-Landschaft.
- Langston, R.H.W., Liley, D., Murison, G., Woodfield, E. & Clarke, R.T. (2007). What effects do walkers and dogs have on the distribution and productivity of breeding European Nightjar *Caprimulgus europaeus*? *Ibis*, 149(1), S. 27–36.
- Lathrop, J. (2003). Ecological impacts of mountain biking: a critical literature review. Wildlands CPR Report. Missoula, Massachusetts: Wildlands CPR.
- Lefsky, M.A, Cohen, W. B., Parker, G. G. & Harding, D. J. (2002). Lidar Remote Sensing for Ecosystem Studies. *BioScience*, 52(1), S. 19–30.
- Microsoft Office. (2010). Microsoft Office Professional Plus 2010.
- Miller, S.G., Knight, R.L. & Miller, C.K. (2001). Wildlife responses to pedestrians and dogs. *Wildlife Society Bulletin*, 29, S. 124–132.
- MobiSystems Inc. (2015). OfficeSuite, Version 8.
- Mollet, P., Arlettaz, R., Patthey, P. & Thiel, D. (2007). Birkhühner und Auerhühner brauchen Schutz vor Störungen. Faktenblatt. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Morellet, N., Verheyden, H., Angibault, J.-M., Cargnelutti, B., Lourtet, B. & Hewison, M. A. J. (2009). The effect of capture on ranging behaviour and activity of the European roe deer *Capreolus capreolus*. *Wildlife Biology*, 15(3), S. 278–287.

- Moser, B., Schütz, M. & Hindenlang, K. E. (2006). Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees: The role of food availability and species quality. *Forest Ecology and Management*, 226(1-3), S. 248–255.
- Mysterud, A., Lian, L. B. & Hjermmann, D. O. (1999). Scale-dependent trade-offs in foraging by European roe deer (*Capreolus capreolus*) during winter. *Canadian Journal of Zoology- Revue Canadienne De Zoologie*, 77(9), S. 1486-1493.
- Naylor, L.M., Wisdom, M.J. & Anthony, R.G. (2009). Behavioral responses of North American elk to recreational activity. *Journal of Wildlife Management*, 73, S. 328–338.
- Pickering, C., Castley, J. G., Hill, W., & Newsome, D. (2010). Environmental, safety and management issues of unauthorised trail technical features for mountain bicycling. *Landscape and Urban Planning*, 97, S. 58–67.
- R Development Core Team. (2014). R, Version 3.1.2.
- Reimoser, F. & Duscher, A. (2003). Bedarf an Landbedeckungsdaten in der Wildtierökologie. Wien: Veterinärmedizinische Universität.
- Reimoser, F. (2005). Freizeitaktivitäten und Wildtiere: Folgen für den Wald. In: P. Ingold (Hrsg.), *Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere* (1. Auflage, S. 311–321). Bern: Hauptverlag.
- Reimoser, S. (2012). Influence of anthropogenic disturbance on activity, behaviour and heart rate of roe deer (*Capreolus capreolus*) and red deer (*Cervus elaphus*), in context of their daily and yearly patterns. In: A. A. Cahler & J. P. Marsten (Hrsg.), *Deer: Habitat, behaviour and conservation* (Chapter 1). Hauppauge, New York: Nova Science Publishers Inc.
- Reimoser, F. & Hackländer, K. (2014). Forstwege und Wildtiere. *St. Hubertus*, 2, S. 8–13.
- Reynolds, K.D., Wolch, J., Byrne, J., Chou, C.-P., Feng, G., Weaver, S. & Jerrett, L. (2007). Trail characteristics as correlates of urban trail use. *American Journal of Health Promotion*, 21(4), S. 335–345.
- RStudio Inc. (2015). RStudio Desktop, Version 0.99.467.
- Saïd, S., Gaillard, J-M., Widmer, O., Débias, F., Bourgoïn, G., Delorme, D. & Roux, C. (2009). What shapes intra-specific variation in home range size? A case study of female roe deer. *Oikos*, 118(9), S. 1299–1306.
- Sastre, P., Ponce, C., Palacin, C., Martin, C.A. & Alonso, J.C. (2009). Disturbances to great bustards (*Otistarda*) in central Spain: human activities, bird responses and management implications. *European Journal of Wildlife Research*, 55, S. 425–432.

- Signer, C. (2014). *Projekt „Wildtier und Mensch im Naherholungsraum“: Standardisierte Aufbereitung von GPS-Daten aus der Datenbank für räumliche Analysen und den Import ins ArcGIS*, unveröffentlicht.
- Sterl, P., Brandenburg, C. & Arnberger, A. (2008). Visitors' awareness and assessment of recreational disturbance of wildlife in the Donau-Auen National Park. *Journal for Nature Conservation*, 16, S. 135–145.
- Stiftung Wildnispark Zürich. (2013). Im Sihlwald entsteht etwas Einzigartiges (Faktenblatt). Sihlwald: Stiftung Wildnispark Zürich.
- Symmonds, M.C., Hammitt, W.E. & Quisenberry, V.L. (2000). Managing recreational trail environments for mountain bike user preferences. *Environmental Management*, 25(5), S. 549–564.
- Taylor, A.R. & Knight, R.L. (2003). Wildlife responses to recreation and associated visitor perceptions. *Ecological Applications*, 13, S. 951–963.
- Taylor, K., Anderson, P., Taylor, R., Longden, K. & Fisher, P. (2005). Dogs, access and nature conservation. English Nature Research Report No. 649. Peterborough: English Nature.
- Thiel, D., Jenni-Eiermann, S. & Jenni, L. (2008). Der Einfluss von Freizeitaktivitäten auf das Fluchtverhalten, die Raumnutzung und die Stressphysiologie des Auerhuhns *Tetrao urogallus*. *Der Ornithologische Beobachter*, 105, S. 85–96.
- Vierling, K. T., Vierling, L. A., Gould, W. A., Martinuzzi, S. & Clawges, R. M. (2008). Lidar: shedding new light on habitat characterization and modelling. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, S. 90–98.
- Wolf, I.D. & Croft, D.B. (2010). Minimizing disturbance to wildlife by tourists approaching on foot or in a car: a study of kangaroos in the Australian rangelands. *Applied Animal Behaviour Science*, 126, S. 75–84.
- Wyttenbach, M. (2012). Modellierung der Erholungseignung von Wegabschnitten für Wanderer, Untersuchungsgebiet Uetliberg. In *Masterarbeit Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil*.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die drei Perimeter im Untersuchungsraum Sihlwald (ZH) und in seiner näheren Umgebung.....	12
Abbildung 2: a. Fotocode für Wegobjekte, b. Fotocode für Wegabschnitte.	15
Abbildung 3: Kartenausschnitte des Geoverarbeitungsprozesses mit Python-Skript	23
Abbildung 4: Übersicht über die Wegnutzungsfrequenz im Zusammenhang mit den Strassenklassen und Wegobjekten.....	27
Abbildung 5: Übersicht über die Verteilung der Wegobjekte, Lebensraumtypen und Ausprägung des Wegnetzes hinsichtlich Wegbelag und Strassenklasse.	28
Abbildung 6: Raumnutzung des Rehs im Zusammenhang mit Wegnutzungsfrequenz und Vegetationsdichte.....	30
Abbildung 7: Raumnutzung des Rehs im Zusammenhang mit Wegnutzungsfrequenz und Hangneigung.....	31
Abbildung 8: Scatterplot der Wegnutzungsfrequenz in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m ² mit linearer Regressionskurve (rot). Der grau eingefärbte Bereich ist das mitgeplottete Konfidenzintervall mit 95 %.	32
Abbildung 9: Scatterplot der Vegetationsdichte in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m ² mit linearer Regressionskurve (rot)	33
Abbildung 10: Scatterplot der Sicht in die Umgebung in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m ² mit linearer Regressionskurve (rot).....	33
Abbildung 11: Scatterplot der Hangneigung in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m ² mit linearer Regressionskurve (rot).	34
Abbildung 12: Scatterplot des Deckungsgrades der Brombeeren in Relation zur Anzahl Rehlokalisationen pro 100 m ² mit linearer Regressionskurve (rot)..	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Perimeter 1 bis 3 enthalten die HR von insgesamt sechs Tieren, davon drei männliche (m) und drei weibliche (f). Die Datumsangabe ist in UTC.	13
Tabelle 2: Liste der relevanten Parameter zur Wegbeschaffenheit, Wegenutzung, Wegumgebung und Lenkung.....	14
Tabelle 3: Klassifizierung des Wegbelages	17
Tabelle 4: Klassifizierung der Lebensraumtypen	18
Tabelle 5: Klassifizierung der Hindernisse / Barrieren	19
Tabelle 6: Zeitraum der Feldaufnahme	20
Tabelle 7: Einteilung der Nutzungsfrequenz anhand Referenzstandorte.	21
Tabelle 8: Die verwendeten Datenpunkte der Rehe (RE) innerhalb der Perimeter und nach der Verschneidung mit den HRs und den Pufferbereichen. Datumsangabe ist in UTC.....	23
Tabelle 9: Korrelation von Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung	34

Anhang

Anhang A – Anleitung für die Parametererhebung im Feld.....	50
Anhang B – Aufnahmeformular Wegabschnitte (Feld).....	51
Anhang C – Aufnahmeformular Wegobjekte (Feld)	52
Anhang D – Auszug Protokoll Wegabschnitte (Excel)	53
Anhang E – Auszug Protokoll Wegobjekte (Excel)	54
Anhang F – Python-Skripte	55
Anhang G – Fotodokumentation über die Wegbelagstypen.....	59
Anhang H – Karte: Einteilung der Wegabschnitte	61
Anhang I – Verwendete Geo- und Rasterdaten	62
Anhang J – Parameter der Felderhebung und aus GIS-Analyse	63
Anhang K – Rohdaten für lineare Regression.....	64
Anhang L – Aufgabenstellung	65
Anhang M – Poster.....	68

Anhang A – Anleitung für die Parametererhebung im Feld

Die Ökomorphologie des Wegnetzes als Einflussgrösse auf Wildtiere und deren Lebensräume

Anleitung für die Parametererhebung im Feld

Zeitraum: Mai bis August
Tech. Hilfsmittel: Laser-Distanzmessgerät [DM]
 GPS-App oder -Logger [GPS]
 Fotokamera mit GPS-Log-Funktion

Begrifflichkeiten

Wegabschnitt Wegstück von einer Kreuzung bzw. Gabelung zur Nächsten
Wegsegment Teilstück des Wegabschnittes von 50 Metern Länge (am Ende des Wegabschnittes auch < 50m)
Wegobjekt Punkt- oder Flächenobjekte entlang des Wegabschnittes. Auswahl siehe unten.
Aufnahmedistanz vom Weg aus 25 Meter in die Umgebung hinein
Aufnahmeradius vom Wegobjekt aus 25 Meter in die Umgebung hinein
Erhebungsfläche auch Pufferfläche oder Wegbereich genannt.
 Erhebungsfläche = Aufnahmedistanz x Länge des Wegsegments

Aufnahme der Wegabschnitte

Jeder Wegabschnitt wird mind. 1x fotografiert. Unbedingt GPS-Log-Funktion aktivieren. Die Nummer der Fotoaufnahme wird in der Spalte FOTO notiert.

Parameter	Attributname	Aufnahme (Hilfsmittel)	Code Klassen / Grössen	Erklärung der Klassen
Wegklasse	OJECTVAL	[GPS] Reifen- oder Trittsuren müssen vorhanden sein	7 Informal Trail	oft sehr schmaler, inoffizieller Pfad
Wegbelag	SURFACE_1/_2/_3	falls mehrere Belagstypen vorhanden sind: Surface_1: Belagstyp mit grössten Deckungsgrad Surface_2: Belagstyp mit zweitgrösstem Deckungsgrad, u.s.w.	1 Waldboden eben 2 Waldboden uneben 3 Gras 4 Kies lose 5 Kies fest 6 Hartbelag	offener Boden, ohne regelmässigen Bewuchs offener Boden, ohne regelmässigen Bewuchs, mit Wurzeln und/oder Steinen geschlossene Grasnarbe oder mittlige Grasnarbe bei typischen Feldwegen nur gering verfestigter Splitt/Schotter, instabile Unterlage weitgehend verfestigter Splitt / Schotter, stabile Unterlage mit Beton oder Asphalt versiegelt
Wegbreite	WEG_BREITE	[DM] Wegbreite ohne Wegbankett aufnehmen	in Meter auf 1 Dezimalstelle	
Sicht Wegrichtung	SICHT_VW, SICHT_RW	[DM] auf halber Segmentstrecke von Wegmitte aus vorwärts und rückwärts auf Stelle gerichtet, wo Wegverlauf endet bzw. verschwindet	in Meter	
Sicht Umgebung	SICHT_LI, SICHT_RE	[DM] an 2 Stellen des Wegsegments links und rechts max. Distanz	in Meter	
Vegetationsdichte	VED_DL_LI, VEG_DL_RE	[DM] an 2 Stellen des Wegsegments links und rechts Punkt in 25m Entfernung auf Augenhöhe anvisieren. Anteil sichtstörender Vegetation zwischen Hüft- und Augenhöhe schätzen	10 0-10 % 20 11-20 % 30 21-30 % u.s.w.	in 10%-Abstufungen schätzen
Lebensraumtypen	HABITAT_LI, HABITAT_RE	Lebensraumtyp mit Deckungsgrad >50% innerhalb der Erhebungsfläche	1 Grünland 2 Fruchtholzfläche 3 Feuchtwiese, Moor 4 Hochstaudenflur 5 Gebüsch 6 Laubmischwald 7 Nadelwald 8 Geröll, Fels 9 stehendes Gewässer 10 Fliessgewässer 11 Siedlungsraum 12 Bauten	alle Typen von Wiese, Weide und Naturrasen ausserhalb des Siedlungsgebietes sämtliche Feldkulturen innerhalb der Landwirtschaftszone Ufer mit Vegetation, Feuchtwiesen, Flach- und Hochmoore Krautsäume, Hochstauden- und Schlagfluren Gebüsche und Hecken ausserhalb des Waldbereiches sämtliche Laub- und Laubmischwälder sämtliche Nadelwälder Alluvionen und Moränen, Steinschutt- und Geröllfluren, Felsen Seen, Tümpel und Weiher Bäche, Flüsse, Kanäle, Wassergraben Wohngebiet mit Gärten, Industrie, land-/forstwirtschaftlich genutzte Gebäude Mauern, Dämme, etc. ausserhalb des Siedlungsraumes

Aufnahme der Wegobjekte

Jedes Wegobjekt wird fotografiert. Unbedingt GPS-Log-Funktion aktivieren. Die Nummer der Fotoaufnahme wird in der Spalte FOTO notiert.

Parameter	OBJ_KAT	Aufnahme (Hilfsmittel)	Code OBJ_KATTYP	Erklärung der Objekttypen (OBJ_KATTYP)
Hindernisse / Barrieren	B	[DM] Länge (LAENGE) und Breite (BREITE)	1 Brombeerstauden 2 Zaun 3 Holzstoss 4 Absperrung	mind. kniehöhe, zusammenhängende Vegetationsdecke, mit Brombeer-Denkungsgrad >70% aus Holz, Metall (inkl. Draht) oder Kunststoff (inkl. Elektrozaune) aufgeschichtet als Brennholz, Zwischenlager von Rundholz sonstige, nicht temporäre Absperrungen wie Trockenmauern
Attraktionen	A	[DM] Länge (LAENGE) und Breite (BREITE), max. Länge und Breite entspricht der Wegsegmentlänge bzw. der Aufnahmedistanz Sicht in Umgebung (SICHT) und Vegetationsdichte (VEG_DI) nach Methodik der Wegabschnitte bei TTFs Nutzungsart und Material in Spalte ANMERK notieren	1 Feuerstelle 2 Waldspielplatz 3 Sitzbank 4 Brunnen 5 Hütte 6 Aussichtsturm 7 Ruine 8 TTF 9 Sonstiges	Technical Trail Features (Bike-Hindernisse) Nutzungsart: Camber - Biegung/Kurve Ditch - Graben Jump - Sprungschanze Log - Baumstamm Mound - Hügel Bridge - Brücke Material: Concrete - Beton Drums - Fässer Local vegetation - Lokale Vegetation (Holz) Metal - Metall Soils - Erde Imported timber - Holz, nicht vom Gebiet stammend
Wegbeschilderung / Signalisation (S)	S	Art der Signalisation notieren (ANMERK)	1 Verbot 2 Information 3 Wegweiser	z.B. Reilverbot z.B. Waldlehrpfad z.B. Wanderweg
Haltestelle öV / Parkplatz	V	[GPS] Koordinaten bestimmen	1 Haltestelle 2 Parkplatz	

Anhang D – Auszug Protokoll Wegabschnitte (Excel)

PRIMARYKEY	PERIMETER	DATUM	WEG_ID	WEG_SEG	SURFACE_1	SURFACE_2	SURFACE_3	NUTZ_FREQ	WEG_BREITE	SICHT_VW	SICHT_RW	HABITAT_RE	HABITAT_LI	VEG_DI_RE	VEG_DI_LI	SICHT_RE	SICHT_LI	FOTO	ANMERK
1001001	1	12015-05-21	1	1	Herbelag			1	4	62	47	Laubmischwald	Bauten	70	10	11	46		
1001002	1	12015-05-21	1	2	Herbelag			1	4	48	72	Laubmischwald	Bauten	90	10	8	60		
1001003	1	12015-05-21	1	3	Herbelag			1	4	130	52	Laubmischwald	Bauten	60	10	13	60	1.01.xx.01	
1001004	1	12015-05-21	1	4	Herbelag			1	4	80	96	Laubmischwald	Bauten	60	10	13	60		
1001005	1	12015-05-21	1	5	Herbelag			1	4	70	136	Nadelwald	Bauten	20	10	28	60		
1001006	1	12015-05-21	1	6	Herbelag			1	4	100	85	Nadelwald	Bauten	10	10	30	60		
1001007	1	12015-05-21	1	7	Herbelag			1	6	120	130	Nadelwald	Bauten	10	10	32	60		
1001008	1	12015-05-21	1	8	Herbelag			1	6	85	100	Nadelwald	Bauten	40	10	15	60		
1001009	1	12015-05-21	1	9	Herbelag			1	6	85	124	Nadelwald	Bauten	40	10	17	60		
1001010	1	12015-05-21	1	10	Herbelag			1	6	75	110	Laubmischwald	Bauten	90	10	8	60		
1001011	1	12015-05-21	1	11	Herbelag			1	6	43	142	Laubmischwald	Bauten	90	10	8	60		
1002001	2	12015-05-21	2	1	Herbelag			1	4	65	80	Laubmischwald	Bauten	100	10	2	60		
1002002	2	12015-05-21	2	2	Herbelag			1	4	40	105	Laubmischwald	Bauten	100	10	2	60	1.02.xx.01	
1002003	2	12015-05-21	2	3	Herbelag			1	4	150	150	Laubmischwald	Bauten	100	10	2	60		
1002004	2	12015-05-21	2	4	Herbelag			1	4	110	45	Laubmischwald	Bauten	100	10	3	60		
1002005	2	12015-05-21	2	5	Herbelag			1	4	80	70	Laubmischwald	Bauten	100	10	3	60		
1002006	2	12015-05-21	2	6	Herbelag			1	4	130	145	Laubmischwald	Bauten	100	10	3	8		
1002007	2	12015-05-21	2	7	Herbelag			1	4	91	134	Laubmischwald	Bauten	100	10	6	8		
1002008	2	12015-05-21	2	8	Herbelag			1	4	180	95	Laubmischwald	Bauten	100	10	5	12		
1002009	2	12015-05-21	2	9	Herbelag			1	4	146	129	Laubmischwald	Bauten	100	10	5	12		
1003001	3	12015-05-21	3	1	Kies fest			1	3	39	130	Hochstaudenflur	Hochstaudenflur	70	10	10	18	1.03.xx.01	
1003002	3	12015-05-21	3	2	Kies fest			1	3	180	78	Laubmischwald	Hochstaudenflur	70	10	10	18	1.03.xx.01	
1004001	4	12015-05-21	4	1	Herbelag			1	5	180	103	Laubmischwald	Hochstaudenflur	100	10	3	8	1.04.xx.01	
1004002	4	12015-05-21	4	2	Herbelag			1	5	130	103	Laubmischwald	Hochstaudenflur	100	10	6	8	1.04.xx.01	
1005001	5	12015-05-21	5	1	Waldboden uneben			4	1	25	38	Laubmischwald	Laubmischwald	30	30	30	26	1.05.xx.01	
1005002	5	12015-05-21	5	2	Waldboden uneben			4	1	35	20	Laubmischwald	Laubmischwald	70	10	5	25		
1005003	5	12015-05-21	5	3	Waldboden uneben			4	1	60	25	Laubmischwald	Laubmischwald	30	10	20	40		
1005004	5	12015-05-21	5	4	Waldboden uneben			4	1	35	60	Laubmischwald	Laubmischwald	30	10	12	32		
1005005	5	12015-05-21	5	5	Waldboden uneben			4	1.5	64	26	Laubmischwald	Laubmischwald	90	10	21	34		
1005006	5	12015-05-21	5	6	Waldboden uneben			4	1.5	64	26	Laubmischwald	Laubmischwald	90	10	21	34		
1006001	6	12015-05-21	6	1	Waldboden uneben			1	0.8	25	21	Laubmischwald	Laubmischwald	10	70	21	11	informal trail	
1006002	6	12015-05-21	6	2	Waldboden uneben			1	0.8	36	32	Laubmischwald	Laubmischwald	20	10	20	14	1.06.xx.01	
1006003	6	12015-05-21	6	3	Waldboden uneben			1	0.8	15	22	Laubmischwald	Laubmischwald	90	70	8	19	informal trail	
1007001	7	12015-05-21	7	1	Waldboden uneben			4	1	84	41	Laubmischwald	Laubmischwald	90	10	24	34		
1007002	7	12015-05-21	7	2	Waldboden uneben			4	1.5	27	84	Laubmischwald	Laubmischwald	90	10	15	12	1.07.xx.01	
1007003	7	12015-05-21	7	3	Waldboden uneben			4	1.5	42	30	Laubmischwald	Laubmischwald	40	70	7	10		
1007004	7	12015-05-21	7	4	Waldboden uneben			4	1.5	58	69	Laubmischwald	Laubmischwald	70	70	7	10		
1008001	8	12015-05-21	8	1	Waldboden eben			4	2.5	30	32	Laubmischwald	Laubmischwald	90	30	8	10	1.08.xx.01	
1008002	8	12015-05-21	8	2	Waldboden eben	Gras		4	1	30	55	Laubmischwald	Laubmischwald	40	90	8	30		
1009001	9	12015-05-21	9	1	Waldboden uneben			4	1.5	28	28	Laubmischwald	Laubmischwald	90	90	9	7		
1009002	9	12015-05-21	9	2	Waldboden uneben			4	1.5	65	52	Laubmischwald	Laubmischwald	10	90	60	17	1.09.xx.01	
1009003	9	12015-05-21	9	3	Waldboden uneben			4	1.5	54	80	Laubmischwald	Laubmischwald	10	90	62	15		
1009004	9	12015-05-21	9	4	Waldboden uneben			4	1.5	58	82	Laubmischwald	Laubmischwald	10	70	62	14		
1009005	9	12015-05-21	9	5	Waldboden uneben			4	2	110	78	Nadelwald	Laubmischwald	10	50	3	18		
1009006	9	12015-05-21	9	6	Waldboden uneben			4	2.5	46	125	Nadelwald	Laubmischwald	10	40	61	3		
1009007	9	12015-05-21	9	7	Waldboden uneben			4	2	21	118	Nadelwald	Laubmischwald	80	100	9	3		
1009008	9	12015-05-21	9	8	Waldboden uneben			4	0.8	12	18	Laubmischwald	Laubmischwald	30	100	24	4		
1009009	9	12015-05-21	9	9	Waldboden uneben			4	0.5	14	14	Laubmischwald	Laubmischwald	80	100	2	3		
1009010	9	12015-05-21	9	10	Waldboden uneben			4	0.5	22	10	Laubmischwald	Laubmischwald	100	100	8	2		
1009011	9	12015-05-21	9	11	Herbelag			4	1	48	50	Laubmischwald	Bauten	60	100	59	0		
1009012	9	12015-05-21	9	12	Herbelag			4	1	15	83	Laubmischwald	Bauten	60	100	59	0		
1010001	10	12015-05-21	10	1	Kies lose	Waldboden uneben		4	1	28	21	Laubmischwald	Laubmischwald	90	40	16	18	1.10.xx.01	
1010002	10	12015-05-21	10	2	Kies lose	Waldboden uneben		1	2	16	31	Laubmischwald	Laubmischwald	50	100	31	7		
1011001	11	12015-05-21	11	1	Kies lose	Waldboden uneben		1	2	21	24	Laubmischwald	Laubmischwald	100	100	16	4	1.11.xx.01	
1012001	12	12015-05-21	12	1	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	105	32	Laubmischwald	Laubmischwald	10	10	28	14	1.12.xx.01	
1013001	13	12015-05-21	13	1	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	82	82	Nadelwald	Laubmischwald	10	10	41	36	1.13.xx.01	
1013002	13	12015-05-21	13	2	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	51	107	Nadelwald	Nadelwald	10	10	52	36		
1013003	13	12015-05-21	13	3	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	72	119	Nadelwald	Nadelwald	50	10	37	29		
1013004	13	12015-05-21	13	4	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	81	67	Nadelwald	Nadelwald	10	20	27	25		
1013005	13	12015-05-21	13	5	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	37	40	Nadelwald	Nadelwald	10	50	25	18		
1013006	13	12015-05-21	13	6	Kies fest	Waldboden uneben		1	3	11	72	Laubmischwald	Nadelwald	30	10	25	37		
1014001	14	12015-05-21	14	1	Waldboden uneben			1	0.8	39	26	Nadelwald	Nadelwald	30	10	25	37		
1015001	15	12015-05-21	15	1	Kies fest	stehendes Gewässer		5	3.4	121	42	Nadelwald	Nadelwald	100	10	14	61	1.14.xx.01	
1015002	15	12015-05-21	15	2	Kies fest	stehendes Gewässer		5	3.4	95	67	Nadelwald	Nadelwald	100	10	13	64	1.15.xx.01	
1016001	16	12015-05-21	16	1	Kies fest	Laubmischwald		5	3.5	45	117	Nadelwald	Nadelwald	100	100	9	9	1.16.xx.01	
1016002	16	12015-05-21	16	2	Kies fest	Laubmischwald		5	3.5	41	142	Nadelwald	Nadelwald	40	30	24	21		
1017001	17	12015-05-21	17	1	Kies fest	Nadelwald		5	4.2	38	32	Nadelwald	Nadelwald	30	30	27	26	1.17.xx.01	
1017002	17	12015-05-21	17	2	Kies fest	Nadelwald		5	4.2	45	31	Nadelwald	Nadelwald	10	60	38	26	1.18.xx.01	
1017003	17	12015-05-21	17	3	Kies fest	Nadelwald		5	4.2	149	38	Nadelwald	Nadelwald	10	70	26	23		
1018001	18	12015-05-21	18	1	Kies fest	Nadelwald		5	4	58	55	Nadelwald	Nadelwald	20	100	20	3		
1019001	19	12015-05-21	19	1	Waldboden eben	Gras		3	2.1	18	27	Nadelwald	Laubmischwald	40	60	38	17	1.19.xx.01	

Anhang E – Auszug Protokoll Wegobjekte (Excel)

PRIMARYKEY	PERIMETER	DATUM	WEG_ID	WEG_SEG	OBJKT_ID	OBJ_KAT	OBJ_KATTP	WEG_SITE	LAEIN	BREITE	HABITAT	WEG_DI	SICHT	FOTO	ANMERN	X_KOORD	Y_KOORD		
1001005	1	21.05.2015 00:00	1	5	1	Brombeer	Brombeer	rechts	28	8	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:01:01:02		684712	7645	237338	8959
1001006	1	21.05.2015 00:00	1	6	1	Brombeer	Brombeer	rechts	50	12	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:01:01:02		684732	0166	237512	6489
1001007	1	21.05.2015 00:00	1	7	1	Brombeer	Brombeer	rechts	50	12	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:03:01:02	Motorfahrzeuge	684759	421	237473	305
1003001	1	21.05.2015 00:00	3	1	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:03:01:02	Motorfahrzeuge	685083	338	236950	7408
1003001	1	21.05.2015 00:00	3	2	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:03:02:03	Wanderweg	685087	0883	236880	5802
1005001	1	21.05.2015 00:00	5	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	44	8	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	685088	0208	236885	0247
1005002	1	21.05.2015 00:00	5	2	1	Brombeer	Brombeer	rechts	23	8	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:05:03:02		685088	898	236905	301
1005002	1	21.05.2015 00:00	5	2	2	Brombeer	Brombeer	rechts	23	8	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:05:03:02		685070	065	236905	698
1005003	1	21.05.2015 00:00	5	5	1	Brombeer	Brombeer	rechts	15	6	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	685033	8074	236967	7771
1005004	1	21.05.2015 00:00	5	4	1	Brombeer	Brombeer	rechts	23	7	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	685010	187	236990	37
1005005	1	21.05.2015 00:00	5	5	1	Brombeer	Brombeer	rechts	11	7	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684989	531	237035	11
1005005	1	21.05.2015 00:00	5	5	2	Brombeer	Brombeer	rechts	0	0	Laubenschwaid	<Nul>	<Nul>	21 1 05 08 03	durch Veg zugewuchert	684989	7437	237044	4699
1006001	1	21.05.2015 00:00	6	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	15	4	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684882	586	237115	007
1006002	1	21.05.2015 00:00	6	2	1	Brombeer	Brombeer	rechts	30	9	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:06:02:02		684906	3969	237102	2375
1006002	1	21.05.2015 00:00	6	2	2	Brombeer	Brombeer	rechts	30	9	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684904	8226	237099	9757
1007004	1	21.05.2015 00:00	7	4	1	Signalisation	Satzbank	rechts	0	0	Laubenschwaid	<Nul>	60	12 1 07 01 02		684888	7571	237211	4708
1009001	1	21.05.2015 00:00	9	1	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:07:02:03	Wanderweg	684871	9009	237228	3295
1009002	1	21.05.2015 00:00	9	2	1	Brombeer	Brombeer	rechts	14	2	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:09:09:05	Wanderweg	684689	7313	237231	1011
1009004	1	21.05.2015 00:00	9	4	1	Brombeer	Brombeer	rechts	26	3	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684832	135	237280	086
1009008	1	21.05.2015 00:00	9	8	1	Attraktion	Feuertafel	rechts	5	3	Laubenschwaid	<Nul>	100	3 1 09 03 02		684782	11	237364	173
1009008	1	21.05.2015 00:00	9	8	2	Attraktion	Burnen	rechts	2	2	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:09:04:03		684689	2531	237548	1521
1009008	1	21.05.2015 00:00	9	8	3	Brombeer	Brombeer	rechts	10	2	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684668	487	237561	0649
1009009	1	21.05.2015 00:00	9	9	1	Brombeer	Brombeer	rechts	15	2	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684662	7649	237572	3993
1009010	1	21.05.2015 00:00	9	10	1	Brombeer	Brombeer	rechts	19	2	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684615	9105	237638	2913
1009011	1	21.05.2015 00:00	9	11	1	Attraktion	Satzbank	rechts	2	0	Siedlungsraum	<Nul>	10	200 1 09 07 04		684599	81	237657	3012
1010001	1	21.05.2015 00:00	11	1	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:11:01:02	Wanderweg	684884	635	237124	3293
1012001	1	21.05.2015 00:00	12	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	9	4	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684871	1594	237090	2579
1013002	1	21.05.2015 00:00	13	2	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:12:02:02	Wanderweg	684853	8677	237120	9426
1013003	1	21.05.2015 00:00	13	2	1	Brombeer	Brombeer	rechts	50	20	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684929	1889	236994	2895
1013003	1	21.05.2015 00:00	13	3	1	Brombeer	Brombeer	rechts	44	20	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:13:02:02		684946	2787	236947	244
1013004	1	21.05.2015 00:00	13	3	2	Brombeer	Brombeer	rechts	44	20	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684947	1463	236947	4024
1013004	1	21.05.2015 00:00	13	4	1	Brombeer	Brombeer	rechts	48	15	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:13:04:03		684971	202	236902	986
1013004	1	21.05.2015 00:00	13	4	2	Brombeer	Brombeer	rechts	48	15	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684973	636	236904	891
1015001	1	21.05.2015 00:00	15	1	1	Attraktion	Burnen	rechts	2,5	0	4 stehendes Gewasser	<Nul>	100	12 1 15 01 02		684822	986	237021	6567
1015001	1	21.05.2015 00:00	15	1	2	Attraktion	Feuertafel	rechts	5	4	Nadelwald	<Nul>	10	90 1 15 02 03		684833	46	237017	5617
1015001	1	21.05.2015 00:00	15	1	3	Attraktion	Satzbank	rechts	2	0	Nadelwald	<Nul>	10	1 15 03 04		684837	237012	3717	
1019001	1	21.05.2015 00:00	19	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	18	12	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684884	5563	236797	7156
1020001	1	21.05.2015 00:00	20	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	10	10	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:19:01:02		684909	142	236796	125
1022001	1	21.05.2015 00:00	22	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	45	18	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:22:01:02		684845	6812	237090	555
1025001	1	21.05.2015 00:00	25	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	5,5	5,5	Nadelwald	<Nul>	10	52 1 25 01 02		684827	6662	237028	95
1027001	1	21.05.2015 00:00	27	1	1	Signalisation	Verbot	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:27:01:02	Motorfahrzeuge	684502	1327	237603	2511
1027001	1	21.05.2015 00:00	27	1	2	Signalisation	Information	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:27:02:03		684501	7517	237603	775
1027001	1	21.05.2015 00:00	27	2	1	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:27:03:04	Wanderweg, Waldwehner	684502	6618	237603	7697
1027001	1	21.05.2015 00:00	27	2	2	Signalisation	Information	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:27:04:05	Waldhpfad	684502	1113	237604	0782
1027002	1	21.05.2015 00:00	27	2	3	Signalisation	Information	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:27:05:06	Waldhpfad	684512	715	237599	3075
1028003	1	21.05.2015 00:00	28	3	1	Brombeer	Brombeer	rechts	2	0	4 Nadelwald	<Nul>	90	13 1 27 06 07		684544	6988	237520	3395
1028005	1	21.05.2015 00:00	28	5	1	Brombeer	Brombeer	rechts	33	16	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:28:01:02		684628	1882	237428	3506
1028005	1	21.05.2015 00:00	28	5	2	Brombeer	Brombeer	rechts	50	25	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:28:02:03		684678	7294	237361	1438
1028005	1	21.05.2015 00:00	28	5	3	Brombeer	Brombeer	rechts	50	25	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:28:03:04		684679	0781	237362	1538
1028006	1	21.05.2015 00:00	28	6	1	Brombeer	Brombeer	rechts	18	10	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684712	344	237311	385
1029001	1	21.05.2015 00:00	29	1	1	Brombeer	Brombeer	rechts	13	13	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	<Nul>	684711	074	237308	634
1030002	1	21.05.2015 00:00	30	2	1	Attraktion	Satzbank	rechts	0	4	Laubenschwaid	<Nul>	80	16 1 30 01 02		684757	2787	237081	3784
1030003	1	21.05.2015 00:00	30	3	1	Attraktion	Satzbank	rechts	2	0	4 Laubenschwaid	<Nul>	100	9 1 30 02 03		684693	065	237108	5225
1030005	1	21.05.2015 00:00	30	5	1	Attraktion	Satzbank	rechts	2	0	4 Nadelwald	<Nul>	70	18 1 30 03 04		684627	8626	237175	3452
1031003	1	21.05.2015 00:00	31	3	1	Signalisation	Information	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:31:01:02	Waldhpfad	684429	8082	237293	0494
1031003	1	21.05.2015 00:00	31	3	2	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:31:02:03	Wanderweg, Waldwehner	684430	3302	237292	7319
1032001	1	21.05.2015 00:00	32	1	1	Attraktion	Satzbank	rechts	2	0	4 Laubenschwaid	<Nul>	50	21 1 32 01 02		684392	3663	237327	8413
1032001	1	21.05.2015 00:00	32	1	2	Signalisation	Wegweiser	rechts	0	0	<Nul>	<Nul>	<Nul>	1:32:02:03	Wanderweg	684419	6146	237297	5209

Anhang F – Python-Skripte

Beschreibung: Teilt die wegabschnitte nach vorgegebener Länge (50m) in Segmente und nummeriert diese durch.

Autor: Sabrina Fraefel, Ursina De Nando, Juli 2015

```
import arcpy

#####
# VARIABLES
#####

basepath = r'E:\07_ZHAW\BA\GIS1\Oekomorph_wege.gdb'
p1 = basepath+r'\P1\str_P1'
p2 = basepath+r'\P2\str_P2'
p3 = basepath+r'\P3\str_P3'
p_all = basepath+r'\Dataset\str_all'
p_alldata = basepath+r'\P_all_data'

#segment file
segments_all = basepath+r'\Dataset\segm_all'

#desired length of segments
segmentLength = 50

#####
# FUNCTIONS
#####

# Segmentation function
def segmentLines(inData, outData, segLength):

    newSegments = []
    segmentInfo = []
    with arcpy.da.SearchCursor(inData, ("perimeter","weg_ID","SHAPE@",)) as features:
        for row in features:
            perimeter = row[0]
            wegID = row[1]
            line = row[2]
            outCount = int(math.ceil(line.getLength() / segLength))
            for i in range(0, outCount):
                newSegments.extend([line.segmentAlongLine((i*segLength), ((i+1)*segLength),
                False)])
            segmentInfo.append([perimeter, wegID, i+1])

        arcpy.CopyFeatures_management(newSegments, outData)
    return segmentInfo

# fill field in given table
def fillField(table, fieldName, entry):
    with arcpy.da.UpdateCursor(table, fieldName) as cursor:
        for row in cursor:
            row[0] = entry
            cursor.updateRow(row)

#####
# SCRIPT
#####

# add field to input perimeters
newFieldName = "perimeter"
arcpy.AddField_management(p1, newFieldName, "SHORT")
arcpy.AddField_management(p2, newFieldName, "SHORT")
arcpy.AddField_management(p3, newFieldName, "SHORT")

# fill field perimeter
fillField(p1, newFieldName, 1)
fillField(p2, newFieldName, 2)
fillField(p3, newFieldName, 3)

# merge perimeters
arcpy.Merge_management([p1, p2, p3], p_all)

# segment all lines
segmentInfo = segmentLines(p_all, segments_all, segmentLength)
arcpy.AddField_management(segments_all, "perimeter", "SHORT")
arcpy.AddField_management(segments_all, "weg_ID", "SHORT")
arcpy.AddField_management(segments_all, "weg_seg", "SHORT")
arcpy.AddField_management(segments_all, "primarykey", "LONG")
```

```

# calculate and insert primary key
rows = arcpy.da.UpdateCursor(segments_all, "primarykey")
i = 0
for row in rows:
    perimeter = segmentInfo[i][0]
    weg_ID = segmentInfo[i][1]
    weg_seg = segmentInfo[i][2]
    row[0] = perimeter * 1000000 + weg_ID * 1000 + weg_seg
    rows.updateRow(row)
    i = i+1

# fill in perimeter
rows = arcpy.da.UpdateCursor(segments_all, "perimeter")
i = 0
for row in rows:
    row[0] = segmentInfo[i][0]
    rows.updateRow(row)
    i = i+1

# fill in weg_ID
rows = arcpy.da.UpdateCursor(segments_all, "weg_ID")
i = 0
for row in rows:
    row[0] = segmentInfo[i][1]
    rows.updateRow(row)
    i = i+1

# fill in weg_seg
rows = arcpy.da.UpdateCursor(segments_all, "weg_seg")
i = 0
for row in rows:
    row[0] = segmentInfo[i][2]
    rows.updateRow(row)
    i = i+1

```

```

# Beschreibung:
# 1) Generiert um wegsegmente beidseits Puffer (=25m),
# 2) zeigt Überlappungen durch Anwendung einer Topologieregel auf,
# 3) !!!manuelle Entfernung der Überlappungen!!!,
# 4) stellt eine räumliche Verbindung zwischen den übrigen Pufferbereichen und den
Rehlokalisierungen bzw. wegobjekten her,
# 5) führt mit diesen vorgegebene Berechnungen durch,
# 6) schneidet die relevanten Pufferbereiche auf die Grösse der Home ranges zu.

# Autor: Sabrina Fraefel, Ursina De Nando, Juli 2015

import arcpy

#####
# VARIABLES
#####

basepath = r'E:\07_ZHAW\BA\GIS1\Oekomorph_wege.gdb'
p_all = basepath+r'\Dataset\str_all'
p_alldata = basepath+r'\P_all_data'

#buffer files
buffLi25 = basepath+r'\Dataset\buff25_li'
buffRe25 = basepath+r'\Dataset\buff25_re'

buff_merge = basepath+r'\Dataset\buff_all'

deerpoints = basepath+r'\deer_points'
barrierpoints = basepath+r'\barrier'
joinBarrLi = basepath+r'\Dataset\joinBarrLi'
joinBarrRe = basepath+r'\Dataset\joinBarrRe'
attractionpoints = basepath+r'\attraction'
joinDeer = basepath+r'\Dataset\joinDeer'
joinResult = basepath+r'\Dataset\joinResult'
finalResult = basepath+r'\Dataset\finalResult'

topologyName = r'topology'
topology = basepath+r'\Dataset\topology'

clipRegion = basepath+r'\Dataset\clipRegion'

homeranges = ["HR_RE04", "HR_RE05", "HR_RE06", "HR_RE12", "HR_RE13", "HR_RE15"]

#####
# FUNCTIONS
#####

# fill field in given table
def fillField(table, fieldName, entry):
    with arcpy.da.UpdateCursor(table, fieldName) as cursor:
        for row in cursor:
            row[0] = entry
            cursor.updateRow(row)

# Topology function
def createTopologyRulesForFC(featureClass1, featureClass2):
    arcpy.AddFeatureClassToTopology_management(topology, featureClass1, 1, 1)
    arcpy.AddFeatureClassToTopology_management(topology, featureClass2, 1, 1)
    arcpy.AddRuleToTopology_management(topology, "Must Not Overlap (Area)", fea-
tureClass1)
    arcpy.AddRuleToTopology_management(topology, "Must Not Overlap (Area)", fea-
tureClass2)
    arcpy.AddRuleToTopology_management(topology, "Must Not Overlap with (Area-Area)",
featureClass1, "", featureClass2)

#####
# SCRIPT
#####

# create buffers
arcpy.Buffer_analysis(segments_all, buffLi25, "25 Meters", "LEFT", "FLAT")
arcpy.Buffer_analysis(segments_all, buffRe25, "25 Meters", "RIGHT", "FLAT")

# add field to buffer tables
newBufferFieldName = "SIDE"
arcpy.AddField_management(buffLi25, newBufferFieldName, "TEXT", field_length = 10)
arcpy.AddField_management(buffRe25, newBufferFieldName, "TEXT", field_length = 10)

```

```

# fill side field in buffer tables
fillField(buffLi25, newBufferFieldName, "LINKS")
fillField(buffRe25, newBufferFieldName, "RECHTS")

# join buffers with barrier points based on spatial data
arcpy.SpatialJoin_analysis(buffLi25, barrierpoints, joinBarrLi)
arcpy.SpatialJoin_analysis(buffRe25, barrierpoints, joinBarrRe)

# calculate ratio cover of blackberries
arcpy.AddField_management(joinBarrLi, "BROM_DG", "FLOAT")
arcpy.AddField_management(joinBarrRe, "BROM_DG", "FLOAT")
arcpy.CalculateField_management(joinBarrLi, "BROM_DG",
"100!/Shape_Area!*!BREITE!*!LAENGE!", "PYTHON")
arcpy.CalculateField_management(joinBarrRe, "BROM_DG",
"100!/Shape_Area!*!BREITE!*!LAENGE!", "PYTHON")

# topology stuff
arcpy.CreateTopology_management(basepath+'\Dataset', topologyName)
createTopologyRulesForFC(joinBarrLi, joinBarrRe)
arcpy.ValidateTopology_management(topology)

#####
# MANUAL STEPS:
#
# 1. remove topology errors with the error inspector (subtract), don't forget to stop
editor afterwards!!!
# 2. execute rest of script:
#####

# merge all buffers
arcpy.Merge_management([joinBarrLi, joinBarrRe], buff_merge)

# join buffers with deer points based on spatial data
arcpy.SpatialJoin_analysis(buff_merge, deerpoints, joinDeer)

# join buffers with attraction points based on spatial data
arcpy.SpatialJoin_analysis(joinDeer, attractionpoints, joinResult)

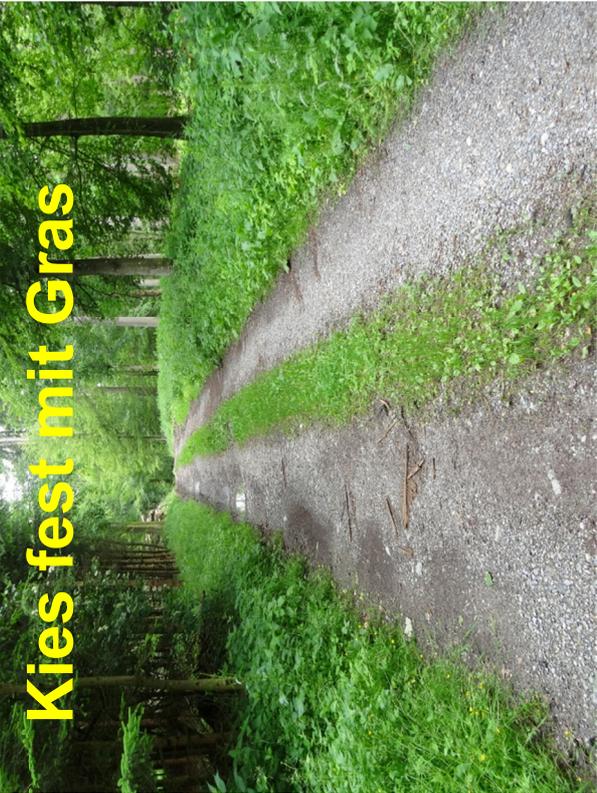
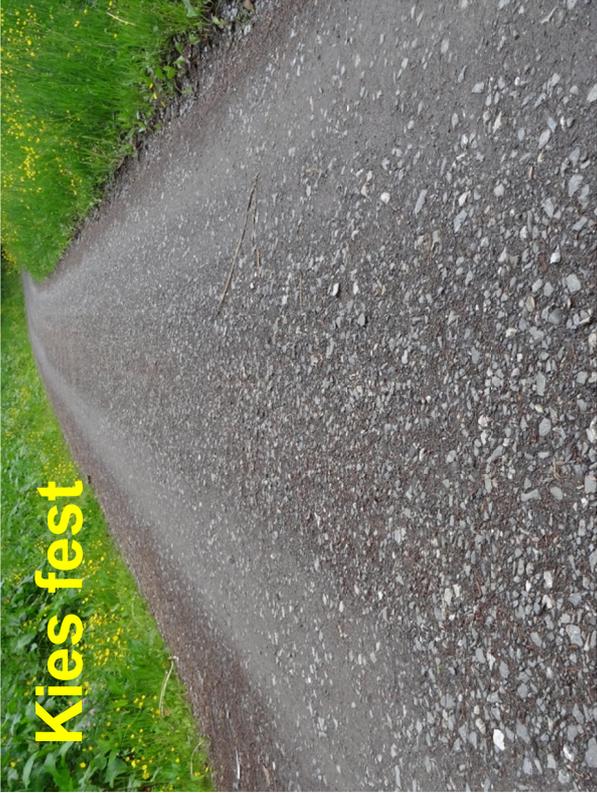
# join all fields with excel table
arcpy.JoinField_management(joinResult, "PRIMARYKEY", p_alldata, "PRIMARYKEY")

# clip to homeranges
arcpy.Union_analysis(homeranges, clipRegion)
arcpy.Clip_analysis(joinResult, clipRegion, finalResult)

# calculate deer density
arcpy.AddField_management(finalResult, "DEER_AREA", "DOUBLE")
arcpy.CalculateField_management(finalResult, "DEER_AREA",
"10000*!Join_Count_12!/!Shape_Area!", "PYTHON")

```

Anhang G – Fotodokumentation über die Wegbelagstypen





Waldboden eben



Waldboden uneben

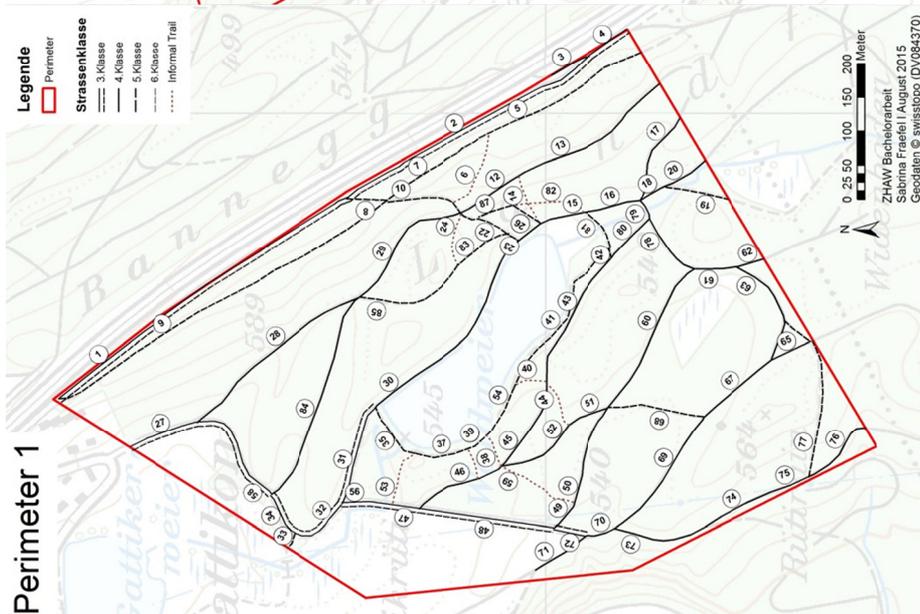
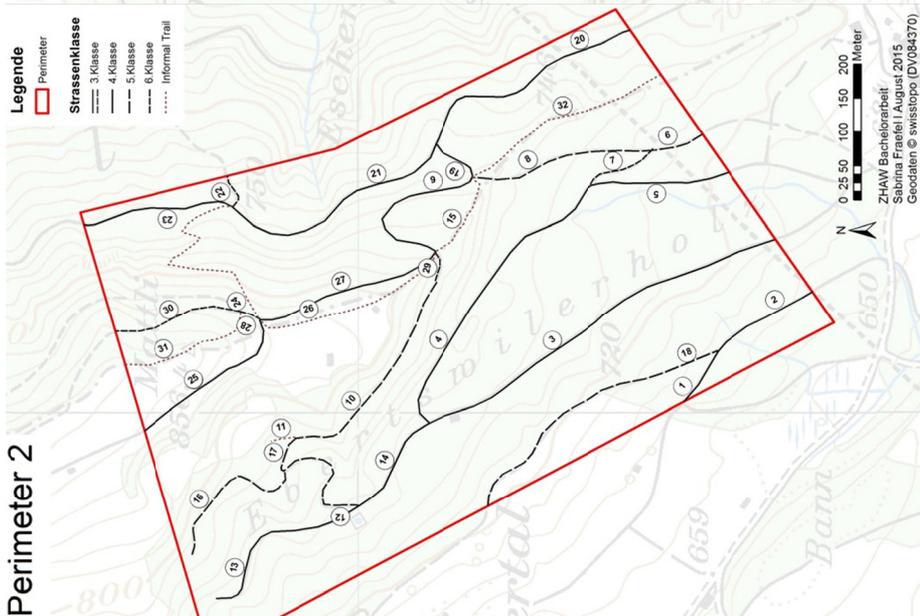
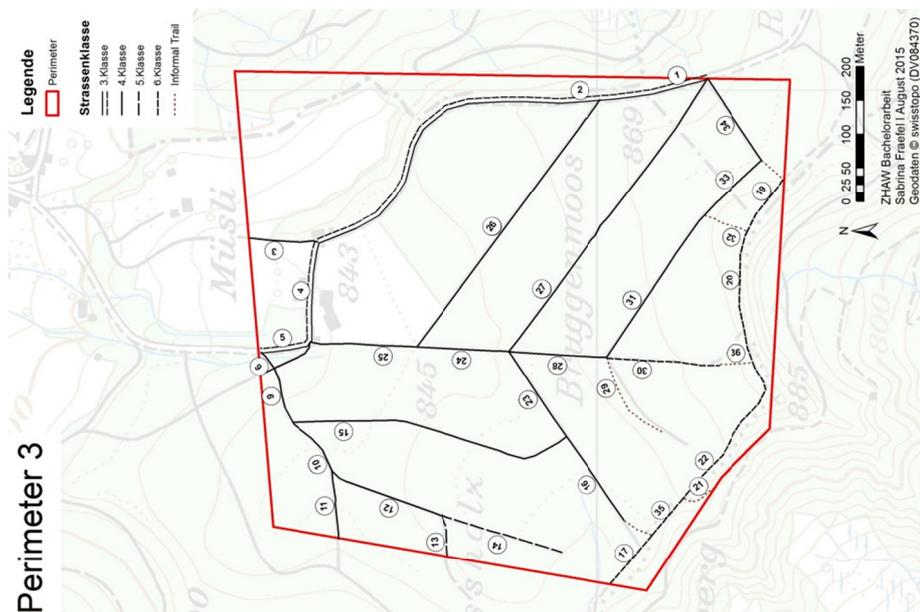


Gras



Gras mit Kieslose

Anhang H – Karte: Einteilung der Wegabschnitte



Anhang I – Verwendete Geo- und Rasterdaten

FILE NAME	FORMAT	BESCHREIBUNG	GENAUIGKEIT / AUFLÖSUNG	BASISDATEN	DATENHERR BASISDATEN	AUSGABEJAHR
<i>HR_RE</i>	ESRI Polygone Shapefile	berechnete Home ranges der besondern Rehe 4, 5, 6, 12, 13 und 15 (Minimum Convex Polygon)		Homeranges_Coreareas	GIS Wildnispark Zürich, ZHAW	April 2015
<i>Perimeter</i>	ESRI Polygone Shapefile	Begrenzung des Untersuchungsraumes		keine	ZHAW, S.Fraefel	April 2015
<i>str_all</i>	ESRI Polyline Shapefile	Strassennetz nach Swisstopo innerhalb der Perimeter 1 bis 3	Genauigkeit 3-8 m	VECTOR25	Swisstopo	2012
<i>dhm25</i>	ESRI Rasterdatei (TIFF)	Digitales Höhenmodell DHM25, beschreibt 3-dimensionale Form der Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung	Genauigkeit 1.5-10 m, Maschenweite von 25m	dhm25	Swisstopo	2001
<i>pk25</i>	ESRI Rasterdatei (TIFF)	Landeskarte der Schweiz 1:25'000		pk25	Swisstopo	2008
<i>P_all_data</i>	Geodatabase Table	Erhobene Feldparameter, enthalten Werte über die Wegabschnitte		Felddaten	ZHAW, S.Fraefel	2015
<i>buff25_li</i>	ESRI Polygone Shapefile	25m-Pufferbereich entlang der Wegsegmente, linksseitig		VECTOR25	Swisstopo	2015
<i>buff25_re</i>	ESRI Polygone Shapefile	25m-Pufferbereich entlang der Wegsegmente, rechtsseitig		VECTOR25	Swisstopo	2015
<i>clipRegion</i>	ESRI Polygone Shapefile	alle sechs HRs vereint		VECTOR25	Swisstopo	2015
<i>finalResult</i>	ESRI Polygone Shapefile	Pufferbereiche (ohne Überlappungen) mit allen Wegdaten, basierend auf joinResult		VECTOR25, Felddaten, 3H_150618_15.csv	Swisstopo, ZHAW, S. Fraefel, Wildnispark Zürich	2015
<i>joinBarrLi</i>	ESRI Polygone Shapefile	linksseitige Pufferbereiche mit Daten des Brombeerdeckungsgrades ergänzt		VECTOR25, Felddaten	Swisstopo, ZHAW, S. Fraefel	2015
<i>joinBarrRe</i>	ESRI Polygone Shapefile	rechtsseitige Pufferbereiche mit Daten des Brombeerdeckungsgrades ergänzt		VECTOR25, Felddaten	Swisstopo, ZHAW, S. Fraefel	2015
<i>buff_all</i>	ESRI Polygone Shapefile	rechts- und linksseitige Pufferbereiche mit Daten des Brombeerdeckungsgrades ergänzt		VECTOR25, Felddaten	Swisstopo, ZHAW, S. Fraefel	2016
<i>joinDeer</i>	ESRI Polygone Shapefile	Pufferbereiche (ohne Überlappungen) mit Daten der Reh-Positionspunkte (deer_points) ergänzt, basierend auf JoinBarr_i und joinBarr_Re		VECTOR25, 3H_150618_15.csv	Swisstopo, Wildnispark Zürich, ZHAW	2015
<i>joinResult</i>	ESRI Polygone Shapefile	Pufferbereiche (ohne Überlappungen) mit Daten der Attraktionspunkte (attraction) ergänzt, basierend auf joinDeer		VECTOR25, Felddaten, 3H_150618_15.csv	Swisstopo	2015
<i>segm_all</i>	ESRI Polyline Shapefile	Segmentierung in 50m-Abschnitte des Strassennetzes (str_all)		VECTOR25	Swisstopo	2015
<i>attraction</i>	ESRI Multipoint Shapefile	Attraktionspunkte mit entsprechenden Felddaten		Felddaten	ZHAW, S.Fraefel	2015
<i>barrier</i>	ESRI Multipoint Shapefile	Hindernisse mit entsprechenden Felddaten		Felddaten	ZHAW, S.Fraefel	2015
<i>deer_points</i>	ESRI Multipoint Shapefile	Positionspunkte der Rehe 4, 5, 6, 12, 13 und 15 seit Besenderungsbeginn bis zum 18.06.2015		3H_150618_15.csv	GIS Wildnispark Zürich, ZHAW	2015
<i>P_all</i>	Excel File	Felddaten über Wegabschnitte (Wege_all) und Wegobjekte (Obj_all)		Felddaten	ZHAW, S.Fraefel	2015
<i>wegnetz</i>	ESRI Polyline Shapefile	Segmentiertes Strassennetz (segm_all) mit berechneter Wegsteigung jedes Segments		VECTOR25	Swisstopo	2015
<i>wegObjekte</i>	ESRI Multipoint Shapefile	alle Wegobjekte (Attraktionen, Signalisation, Barrieren)		Felddaten	ZHAW, S.Fraefel	2015
<i>Output</i>	ESRI Polygone Shapefile	Output-Datensatz mit allen Daten ergänzt, basierend auf finalResult, inkl. Hangneigung jedes Puffers		VECTOR25, Felddaten, 3H_150618_15.csv	Swisstopo, Wildnispark Zürich, ZHAW	2015

Anhang J – Parameter der Felderhebung und aus GIS-Analyse

	Perimeter 1	Perimeter 2	Perimeter 3
Länge Wegenetz [m]			
total	10168	7096	5761
Informal Trail	830	1341	412
3. Kl.-Strasse	1946	0	904
4. Kl.-Strasse	4608	3733	3322
5. Kl.-Strasse	0	1592	248
6. Kl.-Strasse	2784	430	875
errechnete Wegnetzdicthe [km/km²]	18.2	13.1	10.7
Wegbelag			
Waldboden eben	311	374	211
Waldboden uneben	2208	1005	878
Gras	0	200	260
Kies lose	964	362	0
Kies fest	4985	5155	4412
Hartbelag	1700	0	0
Lebensraumtyp [%]			
Grünland	6	7	3
Feuchtwiese, Moor	2	0	0
Hochstaudenflur	1	0	0
Gebüsch	0	2	2
Laubmischwald	51	79	50
Nadelwald	31	12	45
stehendes Gewässer	4	0	0
Bauten	5	0	0
Attraktionen			
total	37	3	8
Feuerstelle	9 (3*)	0	2 (1*)
Waldspielplatz	1	0	0
Sitzbank	22	1	4
Brunnen	3	1	1
Hütte	2	1	1
Signalisation			
total	29	11	1
Verbot	8	0	0
<i>Reitverbot</i>	6	0	0
<i>Motorfahrzeuge</i>	2	0	0
Information	7	2	0
Wegweiser	14	9	1
Barriere [m²]			
total	23'756	4406	73'089
Brombeerstauden	23'526	3406	73'089
Zaun	0	1000	0
Holzstoss	230	0	0
Zeitbedarf für die Aufnahme [h]	22	13	11

Anhang K – Rohdaten für lineare Regression

perimeter	weg_ID	weg_seg	obj_katyp	Deckungsgrad Brombeeren	Anz Attraktionen	Wegnutzungs frequenz	Vegetations dichte	Sicht Umgebung	Anzahl Rehlokalisationen pro 100m2	durchschnittliche Geländeneigung
2	16	1		0	0	1	100	18	6.341810973	12.66887858
2	12	2		0	0	1	60	19	6.694417906	21.856131
1	58	3		0	0	5	60	27	6.888888872	7.244105966
2	18	1		0	0	1	100	8	6.928616737	10.06148236
2	14	3		0	0	1	100	16	7.057704888	11.6369876
1	27	1		0	0	5	90	16	7.745394085	6.258976375
2	3	11		0	1	1	100	11	7.798405743	13.63556521
2	3	6		0	0	1	90	21	7.966019972	8.722841677
3	27	8	Brombeerstauden	39.84789524	0	3	100	15	7.969579049	5.838328999
1	1	7		0	0	1	10	60	8.00001842	8.694041328
3	27	9	Brombeerstauden	98.00005326	0	3	10	49	8.000034349	6.077526362
1	48	2		0	0	5	10	5	8.006215712	4.074008265
2	3	9		0	0	1	100	12	8.092921332	10.17399487
3	26	7		0	0	2	20	47	8.177678152	5.943836937
1	27	2		0	1	5	100	10	8.183627285	6.519300094
2	10	4		0	0	1	20	34	8.218642655	31.05518206
1	28	2		0	0	4	10	33	8.254132548	8.848407795
2	4	6		0	0	1	100	18	8.269957482	12.60232894
3	2	10		0	0	4	100	7	8.277434599	7.539605769
2	3	11		0	1	1	100	8	8.292136255	9.988300863
3	2	4		0	0	4	100	20	8.465693463	7.87280736
3	2	7		0	0	4	70	28	8.498685352	21.28643712
2	4	9		0	0	1	30	27	8.570065733	6.996125872
2	20	3		0	0	2	40	25	8.671697655	15.02698217
2	3	9		0	0	1	100	7	9.18106207	10.17233976
3	2	6		0	0	4	40	38	9.323461922	8.820298262
2	8	5		0	0	3	100	14	9.429255007	18.70580338
1	4	4		0	0	1	10	60	9.770704548	11.80144649
1	32	1		0	0	5	10	200	9.935573178	4.38090668
3	15	7		0	0	1	20	32	10.24151739	2.51983222
2	14	1		0	0	1	20	19	10.40187413	7.345897986
2	21	3		0	0	3	20	31	10.79749063	20.04820145
1	9	9	Brombeerstauden	2.436200166	0	4	100	3	11.67692439	14.08929704
1	1	9		0	0	1	40	17	12.7271406	9.614245908
2	10	3		0	0	1	80	14	12.84340615	34.9204192
2	32	6		0	0	1	20	37	12.85210876	14.77614169
1	9	2		0	0	4	10	60	13.0088439	4.119181363
3	2	9		0	0	4	100	1	14.7554292	3.875824998
1	28	2		0	0	4	10	28	15.52626947	14.44148372
1	9	5		0	0	4	50	18	15.5275202	12.84107894
1	84	2	Brombeerstauden	56.24239174	0	4	10	26	15.6229016	3.944826946
1	30	6		0	0	5	70	18	15.7378054	10.22077891
2	10	5		0	0	1	10	41	15.91284553	20.81243039
2	3	12		0	0	1	70	21	15.91486375	7.802281071
1	31	3		0	0	5	40	25	15.98688593	6.341546263
2	4	5		0	0	1	100	11	15.99982625	17.00688593
1	1	8		0	0	1	10	60	16.00308525	9.808700397
2	3	6		0	0	1	100	14	16.071652	11.37829655
1	9	7		0	0	4	100	9	16.43850995	11.04092001
1	30	2		0	1	5	80	16	16.89846381	9.850701969
2	3	10		0	0	1	100	9	17.23811173	11.57342946
1	30	4		0	0	5	100	8	17.52149733	12.07629134
1	7	2		0	0	4	70	12	17.68536353	9.895565268
2	4	2		0	0	1	100	23	18.37780116	16.35823243
1	32	1		0	1	5	100	112	18.46034846	6.405677118
2	14	3		0	0	1	100	23	18.50320357	18.27796924
1	29	4		0	0	4	100	16	19.18162228	7.639749304
1	56	1		0	0	5	30	200	19.86582921	2.979954505
1	58	3		0	0	5	90	14	20.26474838	5.282175679
2	4	3		0	0	1	30	23	22.24286467	29.80679231
2	4	6		0	0	1	100	10	23.24519236	17.0054302
1	31	1		0	0	5	100	7	23.51287689	12.90981794
1	6	2	Brombeerstauden	23.48290804	0	1	10	14	23.76031202	14.1110992
1	9	6		0	0	4	40	32	23.99999969	11.53888942
1	9	10	Brombeerstauden	3.040003251	0	4	100	2	26.18726322	15.26257013
1	84	1		0	0	4	20	26	26.41473442	7.633877432
1	9	8	Brombeerstauden	1.599999985	1	4	100	4	27.76633079	13.99285232
2	4	1		0	0	1	80	16	30.08071	16.61975373
2	21	2		0	0	3	20	34	30.43153928	9.754889552
1	55	1		0	0	3	100	11	30.54074263	2.764859393
2	9	3		0	0	1	90	14	30.62351624	14.36190493
1	9	4		0	0	4	10	62	30.74624822	8.790932882
1	84	4		0	0	4	100	13	31.6575418	8.249657754
3	24	1		0	0	3	10	39	32.64019943	5.39352119
1	30	5		0	1	5	70	18	32.74958726	11.05235035
1	28	3		0	0	4	10	38	32.86404521	12.7157222
1	83	1		0	0	3	90	14	33.1910179	16.81300895
1	30	3		0	1	5	100	9	34.19381482	11.05077519
1	12	2		0	0	1	10	36	37.08080134	17.77321438
1	9	3		0	0	4	10	62	37.76241205	5.264248727
1	84	2		0	0	4	90	17	37.85626792	2.653137062
3	26	2		0	0	2	30	32	39.86043652	2.960335559
1	28	5	Brombeerstauden	99.16002875	0	4	50	25	40.31773118	9.017575118
3	2	8		0	0	4	10	39	42.99276966	4.383670973
1	84	6		0	0	4	90	18	44.41196179	6.263089689
1	28	3	Brombeerstauden	41.15939952	0	4	60	16	46.83715831	14.67365588
2	14	2		0	0	1	50	25	48.00004317	11.37545002
1	28	4		0	0	4	10	17	48.42169592	18.81575661
1	85	3		0	0	3	100	13	51.17806896	8.286555094
1	29	1		0	0	4	100	4	52.94433699	13.57687113
1	24	2		0	0	4	80	14	54.36753697	4.924649333
1	31	3		0	0	5	90	12	56.67187145	8.323995475
1	83	1		0	0	3	80	18	56.9744306	14.16837047
3	26	6	Brombeerstauden	93.99980385	0	2	20	42	63.99986845	5.010985064
1	84	3		0	0	4	10	25	64.00018872	5.54988515
1	84	5		0	0	4	10	36	64.33436853	7.83806903
1	29	3		0	0	4	100	12	66.89158876	13.99342556
1	9	1		0	0	4	90	7	68.88497696	17.7482385
1	24	1		0	0	4	70	12	71.483884	2.73113115
1	29	1	Brombeerstauden	12.38878197	0	4	70	14	74.07353564	7.018073043
1	29	2		0	0	4	100	3	74.17730779	14.49547307
1	29	3		0	0	4	90	14	75.89699665	7.673348996
1	28	4		0	0	4	40	15	79.84397551	13.48836745
1	29	2		0	0	4	20	30	80.8990201	6.161262901
1	9	3		0	0	4	90	15	93.47733254	10.33026674
1	9	2	Brombeerstauden	2.206609942	0	4	90	17	110.3306368	9.551553598
3	26	4		0	0	2	70	27	112.0000793	5.088179482
1	24	1		0	0	4	80	15	113.3293483	4.560267196
3	26	6	Brombeerstauden	93.99980386	0	2	30	62	119.9997496	5.250550462
1	28	5	Brombeerstauden	96.92348624	0	4	30	26	131.8172868	12.49987074
3	26	5		0	0	2	50	34	135.8993959	5.16623096
1	85	1	Brombeerstauden	40.40386906	0	3	90	18	142.685877	4.799063418
3	26	2		0	0	2	50	27	152.5386014	2.796410022
3	26	5		0	0	2	50	38	159.9999246	5.08127904
1	28	6	Brombeerstauden	16.91589791	0	4	70	18	175.4737177	12.94215788
3	26	3		0	0	2	10	28	175.999917	3.472273206
1	85	2		0	0	3	30	31	177.8401078	4.884882415
1	31	2		0	0	5	100	16	182.0791126	12.17118334
1	84	4		0	0	4	100	8	202.1899956	4.458623904
1	85	3		0	0	3	90	21	203.8133719	5.826537864
1	9	4	Brombeerstauden	6.488872054	0	4	70	14	207.9768604	13.95514843
1	84	6		0	0	4	70	20	240.5244146	3.347606785
3	26	4		0	0	2	50	32	280.0001982	4.33500897
1	85	2		0	0	3	80	8	308.8705574	5.431704834
1	84	5		0	0	4	100	16	374.0595926	5.061801407
1	84	3		0	0	4	100	8	407.9990103	2.767766306
1	85	1		0	0	3	100	15	588.9419729	3.589311077

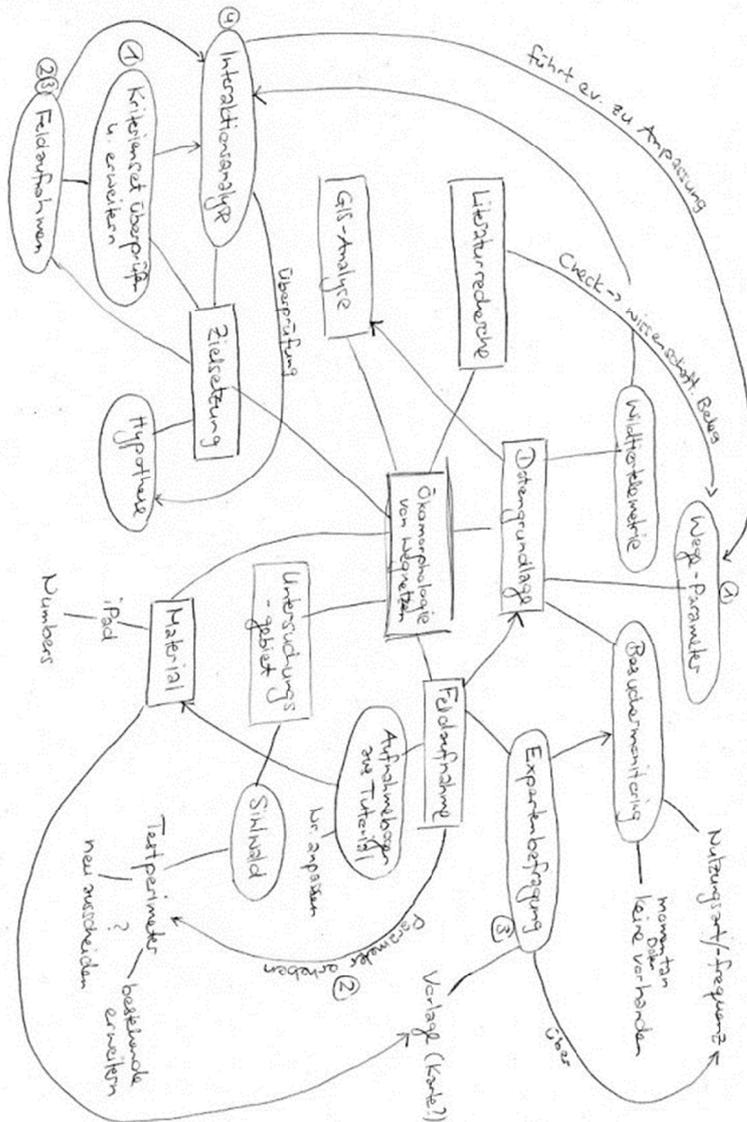
Anhang L - Aufgabenstellung

Bachelorarbeit		
Studienjahrgang		SBUI 12
Titel		Ökomorphologie von Wegnetzen
Vertraulich		<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Fachgebiet		Umweltplanung, Wildtiermanagement
Namen	Studentin	Sabrina Fraefel
	1. Korrektor	Martin Wytenbach
	2. Korrektor	Roland Graf
Aufgabenstellung		<p>Ausgangslage</p> <p>Naturnahe Lebensräume gewinnen in der heutigen hektischen Zeit zunehmend an Bedeutung für Erholungssuchende, was eine erhöhte Freizeitmobilität zur Folge hat. Gerade im periurbanem Raum stehen Naherholungsgebiete unter hohem Nutzungsdruck. Das Wegesystem dieser Naturräume nimmt dabei einen besonderen Stellenwert ein. Denn ein Weg ist nicht nur als lineare Verkehrsachse zu verstehen, sondern fungiert unter Einbezug seiner unmittelbaren Umgebung als Begegnungsraum zwischen Mensch und Wildtier. Somit können Störungen entstehen, welche das Verhalten und die Raumnutzung von Wildtieren beeinflussen. Ähnlich dem Modulstufenkonzept F (BAFU), zur Charakterisierung von Fliessgewässern, arbeitet die Forschungsgruppe Umweltplanung der ZHAW an einem Ökomorphologie-Kriterienset für Wege. Dieses soll Parameter beinhalten, welche sowohl auf die Bedürfnisse der Erholungssuchenden als auch auf die der Wildtiere eingehen und somit für die Beschreibung der Interaktion zwischen diesen beiden entscheidend sind. In einem ersten Schritt wurde durch Masterstudierende ein Aufnahmebogen zur Ermittlung verschiedener Parameter der Wege und deren Umgebung entwickelt und damit zwei Testperimeter im Sihlwald (ZH) kartiert. Die Forschungsgruppe Wildtiermanagement der ZHAW lieferte für die Testgebiete Telemetriedaten von besenderten Rehen.</p> <p>Zielsetzung</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Die Parameter aus dem vorliegenden Kriterienset werden durch eine Literaturrecherche weitgehend wissenschaftlich belegt und angepasst. 2) Das angepasste Kriterienset wird durch eine Parameter-Kartierung in einem neuen Testperimeter überprüft. 3) Parallel dazu wird die Nutzungsdichte und -frequenz des Wegnetzes durch eine Expertenbefragung (Wildhüter, Jäger,...) erhoben. 4) Die Ergebnisse aus Punkt 1-3 fliessen zusammen mit den Reh-Telemetriedaten in die Entwicklung eines Interaktionsmodells (GIS-Analyse) zwischen Besucher, Wildtieren und den Wege-Parameter mit ein.
<ul style="list-style-type: none"> • Ausgangslage • Zielsetzungen • Zusätzliche Auftragsmodalitäten 		

Erwartete Resultate

- Bachelorarbeit gem. Weisungen ZHAW
- Poster

MindMap



Formale Anforderungen

Bemerkungen

Arbeitsort

Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden.
<http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelor-studium/wichtige-dokumente.html>

tel. Erreichbarkeit
 Sabrina: 078 634 98 58
 Reto: 079 446 42 17
 Martin:
 Roland:

Sihlwald, Wädenswil, Märstetten

Zeitplan

	Januar					Februar					März					April					Mai					Juni					Juli					August					September					Oktober									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41														
Kalenderwoche 2015																																																							
Aufgabenanalyse																																																							
Aufgabenstellung																																																							
Literaturrecherche (Parameter-Check)																																																							
Materialplanung																																																							
Feldaufnahme																																																							
Testparameter ausschneiden																																																							
Testparameter kartieren (Parameternaufnahme)																																																							
Expertenbefragung																																																							
Vorbereitung																																																							
Durchführung																																																							
GIS-Analyse																																																							
Daten aus Feldaufnahme-Expertenbefragung digitalisieren																																																							
Interaktionsanalyse Besucher-Wildtiere-Weg-Parameter																																																							
Dokumentation																																																							
Abgabetermine																																																							
Aufgabenstellung																																																							
Bachelorarbeit																																																							
Poster																																																							
mündliche Prüfung																																																							
Abwesenheiten																																																							
Sabina																																																							
Martin																																																							
Roland																																																							
Reto																																																							
Besprechungen																																																							
Meilensteine (rot):																																																							
1 Kick-off																																																							
2 Abgabe Aufgabenstellung																																																							
3 Workshop (mindestens 1 Sitzung); mögliche Termine WO15.7./8.4., WO16.13./14./15.4.																																																							
4 Halbtagesgespräch																																																							
5 Abgabe Vorkorrektur																																																							

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.

Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.

Anhang M – Poster



DIE ÖKOMORPHOLOGIE DES WEGNETZES ALS EINFLUSSGRÖSSE AUF WILDTIERE UND DEREN LEBENSRAÜME

1 Einleitung

Wildtierlebensräume werden durch Freizeit- und Erholungstätigkeiten beeinflusst und verändert, was zur Beunruhigung und zu Störungen von Wildtieren führen kann. Wege spielen dabei als essentieller Bestandteil der Erholungsinfrastruktur des Naherholungsraums eine zentrale Rolle. Ähnlich dem Modulstufenkonzept F (BAFU), zur Charakterisierung von Fließgewässern, könnten auch Wege und deren unmittelbare Umgebung charakterisiert und bewertet werden.

2 Zielsetzung

Entwicklung einer Methode, um Wegparameter zu erheben, die sowohl auf die anthropogenen Nutzungsansprüche als auch auf die Lebensraumsprüche der Wildtiere eingehen.

Forschungsfragen:

- 1) Welche Parameter sind nach dem aktuellen Stand der Forschung für die Beschreibung von Wegen und ihrer unmittelbaren Umgebung relevant?
- 2) Welche Methodik eignet sich zur Erhebung dieser Parameter jeweils am besten?
- 3) Welche Parameter haben einen nachweisbaren Einfluss auf die Raumnutzung der Rehe?

3 Methodenentwicklung in 3 Schritten

1. SCHRITT: AUSWAHL DER PARAMETER



2. SCHRITT: AUFNAHME DER PARAMETER

erfolgte in 3 Perimetern im Sihlwald (ZH) und seiner näheren Umgebung

- Felderhebung
- Expertenbefragung
- GIS-basierte Datenbeschaffung

Datenextraktion in GIS

Python-Skript

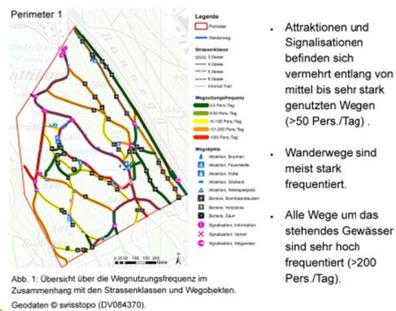
3. SCHRITT: ÜBERPRÜFUNG DER PARAMETER

Daten als Karten geovisualisiert
> Räumliche Ausprägung der Wegparameter

Statistische Auswertung (lineare Regression)
> Einfluss auf Raumnutzung der Rehe

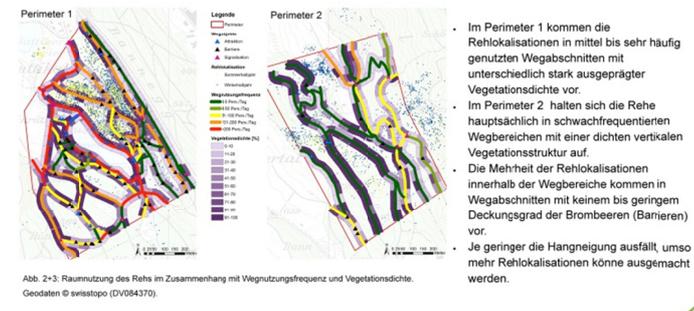
4 Resultate

RÄUMLICHE AUSPRÄGUNG DER WEGPARAMETER



- Attraktionen und Signalisationen befinden sich vermehrt entlang von mittel bis sehr stark genutzten Wegen (>50 Pers./Tag).
- Wanderwege sind meist stark frequentiert.
- Alle Wege um das stehendes Gewässer sind sehr hoch frequentiert (>200 Pers./Tag).

EINFLUSS AUF DIE RAUMNUTZUNG DES REHS



- Im Perimeter 1 kommen die Rehlokalisierungen in mittel bis sehr häufig genutzten Wegabschnitten mit unterschiedlich stark ausgeprägter Vegetationsdichte vor.
- Im Perimeter 2 halten sich die Rehe hauptsächlich in schwachfrequentierten Wegbereichen mit einer dichten vertikalen Vegetationsstruktur auf.
- Die Mehrheit der Rehlokalisierungen innerhalb der Wegbereiche kommen in Wegabschnitten mit keinem bis geringem Deckungsgrad der Brombeeren (Barrieren) vor.
- Je geringer die Hangneigung ausfällt, umso mehr Rehlokalisierungen könne ausgemacht werden.

5 Diskussion

Es scheint, dass diejenigen Wege stärker frequentiert werden, die Attraktions- oder Wegbeschilderungspunkte aufweisen oder entlang eines stehendes Gewässers führen. Diese Feststellungen sehen in Übereinstimmung mit Studien über die Wegpräferenzen von Erholungssuchenden (Janowsky, 2003; Reynolds et al., 2007; Arnberger et al. 2010).

In Bezug auf die Mensch-Wildtier-Interaktionen hatten die Parameter Wegnutzungsfrequenz, Ausprägung der Vegetationsdichte und Sicht in die Umgebung keinen Einfluss auf das räumliche Verhalten der Rehe. Die grösste Anzahl Rehlokalisierungen pro 100 m² befand sich in Wegbereichen ohne bzw. mit geringem Deckungsgrad der Brombeeren. Als einzige signifikante Beziehung hielten sich Rehe vermehrt in Zonen geringer Hangneigung auf. Diese Feststellung steht jedoch in Widerspruch zu anderen Studien (Harris et al., 2014; Ineichen, 2015). Generell scheinen die Rehe die Zonen entlang von Wegen zu meiden.

6 Schlussfolgerung

Zur Erfassung der Ökomorphologie des Wegnetzes haben sich die erprobten Erhebungsmethoden und die Datenverarbeitung mit dem Python-Skript bewährt. Die Nutzungsfrequenz, die Attraktionen und Wegbeschilderungen scheinen einen Einfluss auf die Wegwahl der Besucher zu haben. Hinsichtlich der Ergebnisse in Bezug auf die Raumnutzung der Rehe wären tiefergehende Analysen erforderlich, die auch die weiter von den Wegen entfernt liegenden Habitate berücksichtigen.