

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

**Raumverhalten des Rehs in Abhängigkeit von Strassen und Wegen**



Semesterarbeit 1

5. Semester

von

Anna Staeubli

Bachelorstudiengang 2013

Umweltingenieurwesen

28. Januar 2016

Fachkorrektor:

Prof. Dr. Roland F. Graf

Leiter Forschungsgruppe Wildtiermanagement

Grüental, 8820 Wädenswil

## Zusammenfassung

Besonders in Naherholungsgebieten kommt es hin und wieder zu Begegnungen zwischen Mensch und Tier, da sich deren Lebensräume immer mehr überschneiden. Die Wildtiere sind am Tag und auch in der Nacht einem grösser werdenden Erholungsdruck ausgesetzt. Die ZHAW Wädenswil untersucht im Projekt „Wildtier und Mensch im Naherholungsraum“ die Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf die Wildtiere, wobei der Schwerpunkt auf den Rehen (*Capreolus capreolus*) und ihrem Raum-Zeit-Verhalten liegt. Hierfür wurden 15 Rehe mit einem GPS-GSM-Telemetriesystem versehen, welche in regelmässigen Abständen Daten zu Aufenthaltsort und Aktivität erfassten.

In bisherigen Arbeiten wurde der Einfluss von Strassen und Wegen auf das Raumverhalten der Rehe noch nicht näher untersucht, weswegen sich die vorliegende Arbeit diesem Thema widmet. Untersucht wurde einerseits das Raumverhalten unabhängig des verfügbaren Angebotes (Fläche des jeweiligen Home Range) und andererseits, mit Hilfe des Ivlev-Index, in Abhängigkeit des Raumangebotes. Als Grundlage dienten die Standortdaten der 15 Rehe. Zusätzlich wurde die Störungsintensität aufgrund des Erholungsdruckes in die Analyse miteinbezogen. Es wurde zwischen Strassen (ohne 5 und 6 Klasse Strassen) und allen Strassen und Wegen, sowie zwischen Tag und Nacht unterschieden. Ferner wurde der verfügbare Raum in 5 Distanzkategorien (DK) eingeteilt, worauf mittels R-Datenanalyse ermittelt wurde, wann die Rehe welche DK bevorzugen.

Bei den Analysen wurde festgestellt, dass die Kategorie mit der grössten Distanz bevorzugt und die DK mit der kleinsten Distanz (0 – 10 m) zum Weg wenn möglich gemieden wird. Auch die Störungsintensitäten („stark“, „mittel“, „gering“) haben einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe. Jedoch konnte nicht bewiesen werden, dass weniger stark gestörte Rehe die Strassen weniger meiden als stark gestörte Tiere. Die signifikanten Unterschiede sind hier hauptsächlich in der DK 3 zwischen „gering“ und „stark“ zu finden. Ferner werden kleine Strassen Wege weniger stark gemieden als grosse Strassen.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Strassen und Wege einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe in Naherholungsgebieten haben. Der Bewegungsradius der Rehe wird durch die Erschliessung dieser Gebiete klar eingeschränkt.

## Abstract

Especially in recreational areas it comes every so often to encounters between human and animal, because their living spaces overlap evermore. The wild animals are at daytime and in the night exposed to an increasing recreation pressure. In an interdisciplinary research project „Human and Wildlife in recreational areas”, ZHAW Wädenswil investigates the impact of the human activities on wild animals. The focus is on the roe deer (*Capreolus capreolus*) and their space-time-behaviour. Therefore 15 roe deer were equipped with a GPS-GSM collar, which sends in periodical intervals information about the whereabouts and activity.

In previous studies the influence of streets and ways on the spatial behaviour of the roe deer was never been researched. Because of that this work will focus on this subject. The analysis was on one side about the area behaviour independent of the available range (area of the home range) and on the other side, by the use of the Ilev-Index, dependent of the available range. As basis acted the geo-tracking data of the 15 roe deer. Additionally the intensity of disturbance, based on recreation pressure, was included in the analysis. There was a distinction between streets (without 5 and 6 class) and all streets and ways, and also between day and night. Further the available area was categorized into 5 distance categories (DC), whereon with R-analysis the favour category should be identified.

The analysis determined, that the category with the biggest distance is preferred and the category with the smallest distance (0 – 10 m) is avoided. Also the intensity of disturbance (“strong”, “medium”, “minor”) has an influence on the spatial behaviour of the roe deer. Nevertheless it could not be proved, that the less disturbed animals the roads less avoid than the stronger disturbed animals. The significant differences are mainly in the DC 3 between “minor” and “strong”. Further the small streets are lesser avoided than big streets.

The results shows clearly that streets and ways have an influence on the spatial behaviour of the roe deer in recreational areas. The range of motion of the roe deer is through the infrastructure provision explicit restricted.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Methoden .....	3
2.1	Literaturrecherche .....	3
2.2	Untersuchungsgebiet und Home Ranges .....	3
2.3	Datenaufbereitung.....	3
2.4	Angebot-Nutzungs-Analyse (Ivlev-Index) .....	5
2.5	Datenanalyse mit R.....	5
2.5.1	Technische Grundlagen .....	5
2.5.2	Raumverhalten unabhängig des Angebotes.....	5
2.5.3	Raumverhalten in Abhängigkeit zum Angebot.....	6
2.5.4	Raumverhalten in Abhängigkeit von Störungen.....	6
3	Aktueller Stand des Wissens .....	7
3.1	Generelle Wirkung von Strassen und Wege auf die Raumnutzung von Huftieren .....	7
3.2	Einfluss von Strassen und Wegen auf die Raumnutzung von Rehen .....	8
4	Resultate .....	11
4.1	Raumverhalten unabhängig des Angebotes.....	11
4.2	Raumverhalten in Abhängigkeit zum Angebot.....	14
4.3	Raumverhalten in Abhängigkeit von Störungen.....	17
5	Diskussion.....	19
	Literaturverzeichnis .....	22
	Abbildungsverzeichnis.....	25
	Tabellenverzeichnis.....	26
	Anhang.....	27

**Liste der Abkürzungen**

DK	Distanzkategorie
ED	Erholungsdruck
FD	Fluchtdistanz
FS	Fluchtstrecke
GIS	Geographical Information System
GPS	Global Positioning System
HR	Home Range
SN	Strassen Nacht
ST	Strassen Tag
SWN	Strassen und Wege Nacht
SWT	Strassen und Wege Tag
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

## 1 Einleitung

Die Lebensräume der Menschen und der Wildtiere überschneiden sich immer mehr. Vor allem in den Naherholungsgebieten kommt es tagsüber und immer häufiger auch in der Nacht zu Begegnungen zwischen Mensch und Tier. In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf den Rehen (*Capreolus capreolus*), welche seit Jahrzehnten zu den häufigsten Huftierarten der Schweiz gehören (Baumann, 2014). Einerseits können diese Tiere von einem grossen Nahrungsangebot in der Kulturlandschaft profitieren (Baumann, 2014) aber andererseits sind sie einem immer grösser werdenden Erholungsdruck ausgesetzt. Dies kann bei Rehen zu verändertem Verhalten oder auch Änderungen im Aktivitätsverhalten führen (Reimoser, 2012). Um eine Datengrundlage zu erhalten wurden 15 Rehe mit einem GPS-GSM-Telemetriesystem versehen, welche regelmässig Informationen zum Aufenthaltsort und der Bewegungsaktivität senden. Diese Rehe haben ihren Lebensraum im und um das Gebiet des Wildnisparcs Zürich (Sigrist, 2015).

Viele Begegnungen zwischen Mensch und Tier finden auf oder in der Nähe von Strassen und Wegen statt. In bisherigen Arbeiten in Bezug auf die oben erwähnten Rehe wurde der Schwerpunkt hauptsächlich auf die Reaktionen der Rehe bei anthropogenen Störungen erforscht. Beispielsweise untersuchten Gerber & Keller (2015) die Reaktionen und Fluchtdistanzen der Rehe bei vorbeifahrenden Mountainbikern. Sigrist (2015) behandelte einerseits die Einflüsse von menschlichen Aktivitäten, im Speziellen von Grossanlässen, auf die Reaktionen der Rehe und andererseits die gewählten Deckungsräume dieser. Des Weiteren wurde von Ineichen (2015) auf die Habitat Auswahl der Tiere genauer eingegangen. Was bisher noch nicht näher untersucht wurde ist, ob und was die Strassen und Wege für einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe haben.

Mittels einer Literaturrecherche werden bisherige Erkenntnisse zu diesem Thema zusammengetragen und zusammengefasst. Zusätzlich wird mittels einer GIS- bzw. Datenanalyse untersucht, in welchem Abstand zu den Strassen und Wegen sich die Rehe aufhalten. Dabei wird einerseits die Raumnutzung der Rehe ohne Abhängigkeit zur Verfügbarkeit des Raumangebotes angeschaut und andererseits in Bezug zur Verfügbarkeit. Hierfür wird der Ivlev-Index zur Hilfe genommen.

Des Weiteren werden die verschiedenen Strassen-Klassen unterschieden, zum einen werden alle Strassen und Wege in die Analyse einbezogen, zum anderen werden die 5 und 6 Klasse Strassen ausgeschlossen, sodass sich die Analyse nur auf die Strassen bezieht. Es erfolgt jeweils eine Auswertung für den Tag und eine für die Nacht. Zusätzlich wird der Einfluss von Störungen mit in die Analyse einbezogen, wobei zwischen drei Störungsintensitäten unterschieden wird.

Die Forschungsgruppe Wildtiermanagement der ZHAW untersucht im Projekt „Wildtier und Mensch im Naherholungsraum“ die Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf die Wildtiere und ihrem Raum-Zeit-Verhalten, wobei der Schwerpunkt auf den Rehen (*Capreolus capreolus*) und den Rothirschen (*Cervus elaphus*) liegt. Die vorliegende Semesterarbeit erfolgt im Rahmen dieses Projektes und hat das Ziel, einen besseren Wissensstand über die oben erwähnte Frage, was die Strassen und Wege für einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe haben, zu erhalten.

## 2 Methoden

### 2.1 Literaturrecherche

Die bisherigen Erkenntnisse habe ich mittels einer Literaturrecherche zusammengetragen. Damit ich möglichst viele repräsentative Grundlagen erhielt, nutzte ich folgende Suchmedien: NEBIS, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar und die elektronische Zeitschriftenbibliothek der ZHAW.

Dazu verwendete ich die untenstehenden Stichworte in unterschiedlichen Kombinationen:

capreolus capreolus

flight initiation distance / flight behaviour

impact / effect road / trails ungulates / wildlife

reh fluchtdistanz / raumnutzung

strassen huftiere / wildtiere

freizeitaktivitäten reh / huftiere / wildtiere

recreationists ungulates / wildlife

### 2.2 Untersuchungsgebiet und Home Ranges

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich um und über das Gebiet des Wildnispark Zürich (Sigrist, 2015). Es handelt sich hierbei um ein Naturerlebnispark und gleichzeitig ein Naturschutzgebiet von nationaler Bedeutung (Gerber & Keller, 2015). Der grösste Teil dieses Gebietes ist bewaldet. Der Park ist aufgeteilt in zwei Zonen, die Naturerlebnis- und die Kernzone. In ersterer dürfen die Wanderer die Wege verlassen, in zweiterer gilt das Weggebot (Stiftung Wildnispark Zürich, 2015).

Die 15 untersuchten Rehe wurden mit einem GPS-GSM-Telemetriesystem (Modell GPS PLUS, VECTRONIC Aerospace GmbH, Berlin) versehen. Dieses sendet in regelmässigen Abständen Daten zum genauen Standort der Tiere, wodurch deren Home Ranges berechnet werden konnten (Ineichen, 2015). Dies sind die Streifgebiete der Rehe, welche sie kaum oder nur selten verlassen (Kurt, 1991),

### 2.3 Datenaufbereitung

Um das Raumverhalten in Abhängigkeit von Strassen und Wegen zu untersuchen, müssen sowohl die Standortdaten der Rehe als auch die Daten der Strassen und Wege vereinheitlicht werden. Mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) kann man raumbezogene Daten verarbeiten, analysieren und auswerten. Für diese Arbeit lagen zwei Grundlagen vor, welche beide einen Raumbezug haben, einerseits das Strassennetz, andererseits die Home Ranges (HR) der 15 Rehe. Mit diesen Daten führte ich folgende GIS-Analyse durch.

Aufgrund des Strassennetzes habe ich ein Raster Grid erstellt, um anschliessend den einzelnen Rasterzellen die Distanz zur Strasse zuweisen zu können.

Dies habe ich in ArcMap (ESRI, 2015) mit dem Tool „Euclidean Distance“ berechnet, mit einer Rasterzellgrösse von 1 m. Die entstandenen Rasterzellen teilte ich unter Verwendung des Tools „Reclassify“ aufgrund des dichten Wegnetzes in folgende fünf Distanzklassen (DK) ein:

- 1: 0 – 10 m
- 2: 10 – 25 m
- 3: 25 – 50 m
- 4: 50 – 75 m
- 5: > 75 m

Darauf musste ich die Rasterzellen mit den 15 HR verbinden, was ich mittels dem Tool „Clip“ machte. Hier musste ich die Option „Use Input Features for Clipping Geometry“ auswählen.

Das Resultat sind 15 Raster Files, klassifiziert nach der Distanzkatgorie (Abbildung 1 bzw. Anhang A).

Für die oben genannten Schritte verwendete ich den Model Builder (Anhang A).

In der Attribute Tabelle der klassifizierten Rasterfiles sind die Identifikation des Tieres (REH), die Distanzkatgorie (VALUE) und die jeweilige verfügbare Fläche (COUNT) gespeichert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Attribute Tabelle des klassifizierten Rasterfiles am Beispiel von Reh 07

Row_id	VALUE	COUNT	REH
	1	68392	RE7
	2	79456	RE7
	3	85303	RE7
	4	36593	RE7
	5	15274	RE7

Für die weitere Analyse musste ich diese Daten der 15 Rehe in Textfiles exportieren.

Zusätzlich wurde für jede GPS-Position der 15 Rehe die Distanz zum nächsten Weg bzw. Strasse berechnet. Anschliessend wurden alle Daten einer DK zugewiesen. Das heisst, jede Position, welche zum Beispiel 0-10 m Distanz zu einer Strasse hat wurde in die DK 1 eingeteilt. Diese wurden pro Reh zusammengefasst, das Ergebnis und gleichzeitig eine Grundlage für die weiteren Analysen ist die genutzte Fläche pro DK.

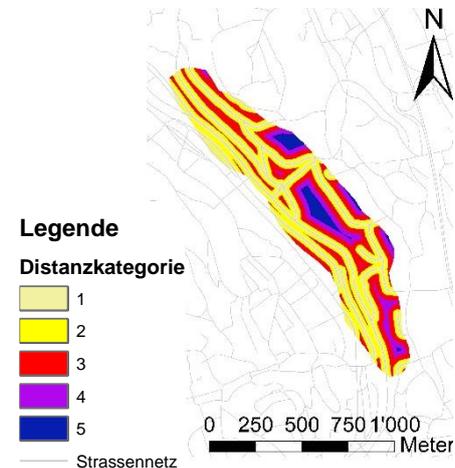


Abbildung 1: Raster des HR von Reh 02, klassifiziert und eingefärbt nach Distanzkatgorie

## 2.4 Angebot-Nutzungs-Analyse (Ivlev-Index)

Um zu ermitteln, wie viel der vorhandenen Fläche vom Reh genutzt wird, habe ich den Ivlev's Electivity Index ( $E$ ) angewendet. Er zeigt das relative Verhältnis zwischen Angebot ( $A$ ) und Nutzen ( $N$ ):

$$E = \frac{N - A}{N + A}$$

Die Resultate gehen von -1 bis +1. Die Werte von -1 bis 0 stehen für Vermeidung, Werte zwischen 0 und +1 stehen für Bevorzugung (Jacobs, 1974).

Die Fläche der HR stellt das Angebot dar, die berechnete genutzte Fläche den Nutzen (siehe Kapitel 2.3).

## 2.5 Datenanalyse mit R

### 2.5.1 Technische Grundlagen

Für die Datenanalyse mit dem Statistikprogramm RStudio (RStudio, 2015) hatte ich folgende Grundlagen zur Verfügung:

- 15 Textfiles, mit den Daten zum Flächenangebot pro Distanzkategorie (DK) aus der GIS Analyse (siehe Kapitel 2.3)
- CSV-File (reh\_analyse3.csv) mit den Daten zur genutzten Fläche pro DK
- CSV-File (RoeDeer\_151115\_Str.csv) mit den Angaben zu allen Positionen der 15 Rehe

Im ersten CSV-File (reh\_analyse3.csv) wurde bereits die Nutzung der Rehe pro DK berechnet (siehe Kapitel 2.3). Für die weitere Arbeit musste ich jedoch noch drei Anpassungen vornehmen:

- Bezeichnung der Titelspalte anpassen: ID, TierID, dist\_cat, rehdaten\$count, d\_dstr, n\_dstr, d\_dstr\_weg, n\_dstr\_weg
- *RE0* ersetzen durch *RE*
- Die Anführungszeichen entfernen

Als erstes musste ich die HR aus den 15 Textfiles (Kapitel 2.3) in ein File zusammenführen. Anschliessend konnte ich diese mit dem CSV reh\_analyse3 zusammenfügen und erhielt eine gesamt Tabelle, welche ich mit den Prozentangaben des Angebots und der Nutzung pro DK pro Reh ergänzte (Anhang B).

### 2.5.2 Raumverhalten unabhängig des Angebotes

Um das Raumverhalten zu untersuchen, betrachtete ich dies zuerst unabhängig des Angebotes. Dafür berechnete ich aufgrund den einzelnen GPS-Positionen der Rehe die durchschnittliche Distanz der Rehe zu den Strassen, unabhängig der Strassen-Klasse.

Zusätzlich überprüfte ich mittels des Shapiro-Wilk Normality Test, ob die in Kapitel 2.5.1 berechneten Prozentangaben sich pro DK unterscheiden. Anschliessend überprüfte ich die Unterschiede mittels des U-Tests ( $\alpha = 5\%$ ).

### 2.5.3 Raumverhalten in Abhängigkeit zum Angebot

Als weiteren Schritt setzte ich die Raumnutzung in Zusammenhang mit dem Raumangebot. Hierfür berechnete ich die Ivlev-Indizes gemäss Kapitel 2.4 für die vier Kategorien „Strassen und Wege Tag“, „Strassen und Wege Nacht“, „Strassen Tag“, „Strassen Nacht“. In den „Strassen“ sind die 5 und 6 Klasse-Strassen ausgeschlossen, da es sich hierbei um Rückegassen und schmale Fusswege handelt, welche nicht normal befahren werden können, „Strassen und Wege“ umfassen sämtliche Strassenklassen (1.-6. Klasse).

Für die statistische Auswertung der Angebot-Nutzungsanalyse überprüfte ich zuerst die Verteilung mit dem Shapiro-Wilk Normality Test und verwendete danach je nach dem den T- oder U-Test ( $\alpha = 5\%$ ).

### 2.5.4 Raumverhalten in Abhängigkeit von Störungen

Eine weitere Analyse betrifft das Raumverhalten in Abhängigkeit von Störungen. Die untersuchten Rehe sind gemäss einer Expertenklassifizierung unterschiedlich starken Störungsintensitäten ausgesetzt, und zwar „gering“, „mittel“ und „stark“ (Tabelle 2).

Tabelle 2: Reh ID und Störungsintensität (Sigrist, 2015)

*„Die Einteilung in eine Störungskategorie setzt sich aus der Begehungsintensität (Klassifizierung gemäss Anzahl Tage pro Saison und Begehungshäufigkeit pro Woche) und der Störungsqualität (Klassifizierungsqualität gemäss Störungspotenzial der anthropogenen Aktivitäten; Begehungen neben Wegen, nicht-angeleinte Hunde, Lärm und Maschinen) zusammen“ (Sigrist, 2015).*

Zur Auswertung fügte ich für die Störungsintensitäten eine neue Spalte hinzu, welcher ich dann die Intensität des jeweiligen Rehs zuteilen konnte.

Für die statistische Auswertung überprüfte ich vorab die Verteilung mit dem Shapiro-Wilk Normality Test und wendete darauf je nach Resultat den U- oder T-Test ( $\alpha = 5\%$ ) an.

Reh	Störungsintensität
RE01	stark
RE02	stark
RE03	gering
RE04	mittel
RE05	mittel
RE06	mittel
RE07	stark
RE08	gering
RE09	gering
RE10	mittel
RE11	mittel
RE12	stark
RE13	stark
RE14	mittel
RE15	gering

### 3 Aktueller Stand des Wissens

#### 3.1 Generelle Wirkung von Strassen und Wege auf die Raumnutzung von Huftieren

Viele Menschen halten sich in der Natur auf und gehen ihren Freizeitaktivitäten nach. Dabei kommt es immer wieder zu Begegnungen zwischen Menschen und Wildtieren, wobei das Tier unmittelbare Reaktionen zeigt. Wenn es den Menschen bemerkt, zeigt es eine erste Reaktion, z.B. hebt es den Kopf und schaut in die Richtung des Menschen. „Bei weiterer Annäherung, manchmal auch unmittelbar nach der Erstreaktion, weicht es aus oder rennt davon, was oft als Flüchten bezeichnet wird“ (Ingold & Blankenhorn, 2005). Die Strecke, welche es zurücklegt während der Flucht ist die sogenannte Fluchtstrecke (FS). Die Fluchtdistanz (FD) hingegen ist die Strecke zwischen Mensch und Tier, wenn das Tier zu flüchten beginnt (Abbildung 2; Ingold & Blankenhorn, 2005).



Abbildung 2: "Distanzen bei Reaktionen der Tiere gegenüber Freizeitaktivitäten" (Ingold & Blankenhorn, 2005)

Wenn die Begegnungen für das Tier bedrohlich wirken, zeigen sie eine grössere FD (Stankowich, 2008). Zusätzlich sind die Tiere in häufig gestörten Plätzen wachsamer als in ungestörten (Jayakody et al., 2008) und fliehen schneller in offenem Gelände als in geschlossenen (z.B. Wald; Stankowich, 2008).

Des Weiteren spielt die Anzahl Tiere eine Rolle, je grösser die Gruppe, desto kleiner die FD (Taylor & Knight, 2003). Bei untersuchten Guanacos war die FD bei Fussgängern durchschnittlich  $136 \pm 18$  Meter, wobei diese pro zusätzliches Tier in der Herde um 4% abnahm (Malo, Acebes & Traba, 2011).

Viele Begegnungen zwischen Mensch und Tier finden auf oder in der Nähe von Strassen und Wegen statt. Falls die Menschen den Weg verlassen ist das für Wildtiere eine grössere Gefahr, als wenn sie auf dem Weg bleiben (Stankowich, 2008) was dazu führt, dass auch die Reaktions- bzw. Fluchtdistanz grösser ist (Taylor & Knight, 2003). Bei Gämsböcken ist die FD

bei Personen abseits des Weges grösser (180 m) als bei Wanderern auf dem Weg (Median: 103 Meter; Ingold & Blankenhorn, 2005).

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Intensität der Nutzung des Weges. Rothirsche halten an Tagen mit vielen Besuchern (z.B. an Sonntagen) mehr Abstand (371 m) zu den Wegen als an Tagen mit weniger Spaziergängern (z.B. Mittwoch, 286 m). Weil der Weg tagsüber viel stärker frequentiert ist, zeigt der Rothirsch auch hier einen deutlichen Unterschied zwischen Tag (Abstand 420 m) und Nacht (266 m; Sibbald et al., 2011).

Allerdings kann man den Faktor „Weg“ nicht isoliert betrachten, es kommt immer noch auf die weiteren Gegebenheiten an. So haben Gämsen unterhalb eines Weges eine grössere FD (160 m) als wenn sie sich oberhalb (105 m) befinden (Ingold & Blankenhorn, 2005), weil sie hier stärker auf die menschliche Begegnung reagieren (Taylor & Knight, 2003). Ausserdem kehren sie nach einer Störung nicht mehr unbedingt direkt wieder an ihren vorherigen Aufenthaltsort zurück (Gander & Ingold, 1997). Die Umgebung hat ebenfalls einen Einfluss auf das Verhalten der Tiere. Pyrenäen-Gämsen vermeiden sowohl Wege als auch Waldränder. In einer Untersuchung von Pépin et al. (1996) betrachtete man diese zwei Faktoren einerseits separat, andererseits zusammenhängend. Lässt man den Waldrand weg, bevorzugen die Pyrenäen-Gämsen einen Bereich mit einer Distanz von 300-400 m zum Wanderweg. Nimmt man den Waldrand hinzu, ist der beliebteste Bereich derjenige, welcher mind. 100 m weit vom Waldrand und 200-300 m weit vom Weg entfernt ist. In jedem Fall vermeiden sie das Gebiet bis 100 m Abstand zum Weg, jedoch ist der negative Einfluss des Weges bis zu 200 m zu sehen.

### **3.2 Einfluss von Strassen und Wegen auf die Raumnutzung von Rehen**

Nachdem allgemein das Raumverhalten von Huftieren betrachtet wurde, geht es hier im Speziellen um die Rehe. Diese Tiere bevorzugen als Lebensraum strukturreiche Gebiete, die gute Äsungs- und vor Allem auch Deckungsmöglichkeiten bieten (Baumann, 2014). Die Grenzen der Home Ranges führen oft entlang von bestehenden topographischen Linien, wie zum Beispiel Gewässer, Mauern, Feldwege oder Strassen (Kurt, 1991). Ausserdem bevorzugt das Reh als Ruheplätze Kuppen und Hangkanten, von wo aus es die Umgebung, insbesondere die Wege sehen kann ohne selbst gesehen zu werden (Guthörl, 1994). In der Arbeit von (Sigrist, 2015) wurde eine durchschnittliche Entfernung von 41.7 m von solchen Ruheplätze zu Strassen ermittelt. Zudem „zeigen Rehe eine klare Meidung von Strassen und Wegen“ (Sigrist, 2015) und bevorzugen Bereiche mit mittlerer Distanz zum Weg (ca. 78 m; Ineichen, 2015).

Tagsüber meiden sie grosse Wege und weichen in unzulänglicheres Gelände aus (Imfeld, 1996). Dies zeigt auch eine Fährtenkartierung von (Reimoser, 1986), bei welcher nur 2.7% aller Fährten mehr als 20 m entlang einer Forststrasse führten. Meistens verwenden die Rehe die

Wege immer am selben Ort, wenn die Umgebung aufgrund von Dickicht oder sehr steilen Böschungen für sie unpassierbar ist. Ansonsten geschehen Strassenüberquerungen auf möglichst kurzer Distanz (Reimoser, 1986).

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, spielt es auch beim Reh eine Rolle, wie gut frequentiert eine Strasse ist. Unter der Woche, wenn weniger Personen unterwegs sind, ist das Reh aktiver als am Wochenende (Reimoser, 2012). Auch die Analyse von (Braun & Zwahlen, 2005), in welcher verschiedene Gebiete mit unterschiedlichem Erholungsdruck (ED) untersucht wurden, zeigt was dieser für einen Einfluss auf die Rehe hat. In Wettingen wo er am grössten ist, ist die mittlere FD relativ klein. Dagegen ist in Niederweningen der Erholungsdruck am kleinsten, was sich auch auf die grössere FD auswirkt (Tabelle 3). Es gibt jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werktagen Mo-Fr und dem Wochenende Sa-So.

*Tabelle 3: Fluchtdistanzen in unterschiedlichen Gebieten. FD Durchschnitt, einzeln in den Geländeformen „offenes Gelände“, „Baumholz“ und „Jungwuchs“ an den Wochenenden „Sa/So“ und der mittlere Erholungsdruck (ED). \* nur 1 Beobachtung. Aus: Braun & Zwahlen (2005)*

<b>Ort</b>	<b>FD</b>	<b>offenes Gelände</b>	<b>Baumholz</b>	<b>Jungwuchs</b>	<b>Sa/So</b>	<b>ED</b>
<b>Baden Nord</b>	39.64	84.20	36.54	29.78	34.91	24.85
<b>Niederweningen</b>	44.69	46.75	41.29	88.00*	47.67	6.70
<b>Regensdorf</b>	43.56	63.00	44.50	36.50	47.25	16.19
<b>Wettingen</b>	39.73	40.97	55.32	30.92	37.62	58.71
<b>Otelfingen</b>	49.54	66.23	53.08	41.54	45.22	27.13
<b>Lengnau</b>	56.27	66.31	71.19	35.21	41.43	12.77
<b>Mittelwert</b>	45.57	51.24	50.32	43.66	42.35	

Des Weiteren meiden Rehe bei grossem Erholungsdruck die Strassen in der Nacht öfter, als diejenigen, welche mit nicht so vielen Freizeitaktivitäten konfrontiert werden (Ineichen, 2015). Ferner stellte Imfeld (1996) eine „starke Ausweichreaktionen der Rehe auf die Erholungsnutzung“ fest. Bei Personengruppen und Hunden ist diese Reaktion grösser als bei Einzelpersonen. Häufig reagiert das Reh kurz aber intensiv (Reimoser, 2012). Das führt zu unterschiedlich langen FS, zum Beispiel von 45.9 m (Gerber & Keller, 2015) bis über 178.8 m (Sigrist, 2015). In der Nacht hingegen zeigen die Tiere kaum Ausweichreaktionen, ausser wenn sie sich sehr nahe (ca. 10 m) am Weg aufhalten (Imfeld, 1996).

Aber auch hier kann man den Weg nicht gesondert betrachten, denn das Wetter, und noch wichtiger die Geländecharakteristik und Vegetationsstruktur haben ebenfalls Einfluss auf die FD

(de Boer et al., 2004). Zum Beispiel ist die FD ( $64.7 \pm 5.8$  m) grösser, wenn man in Windrichtung auf das Tier zugeht, als bei Gegenwind ( $41.7 \pm 3.3$  m; de Boer et al., 2004).

Bei der Geländestruktur wird deutlich, dass diese einen grossen Einfluss auf die FD des Rehs hat. De Boer et al. (2004) unterscheidet zwei Geländestrukturen, wobei die FD in offenem Gelände signifikant grösser ist als in geschlossenem. In der Arbeit von Braun & Zwahlen (2005) wurden mehr als zwei Strukturen untersucht. Die Resultate ergaben, dass die beobachtete FD im Jungwuchs am tiefsten, im Baumholz grösser, hingegen im offenen Gelände sehr unterschiedlich ist (Tabelle 3).

Auch bei der FS gibt es im Zusammenhang zur Vegetation Unterschiede. So sind die FS vor und während einer Störung sehr ähnlich, aber nach einer Störung legen die Tiere in geschlossener Vegetation eine grössere Distanz zurück als in offener (Gerber & Keller, 2015).

## 4 Resultate

### 4.1 Raumverhalten unabhängig des Angebotes

Unabhängig der DK haben die untersuchten Rehe eine durchschnittliche Distanz von 51.47 m zu allen Strassen und Wegen. Betrachtet man nur die Strassen (ohne 5 und 6 Klasse Strassen), ist die durchschnittliche Distanz mit 72.36 m deutlich höher.

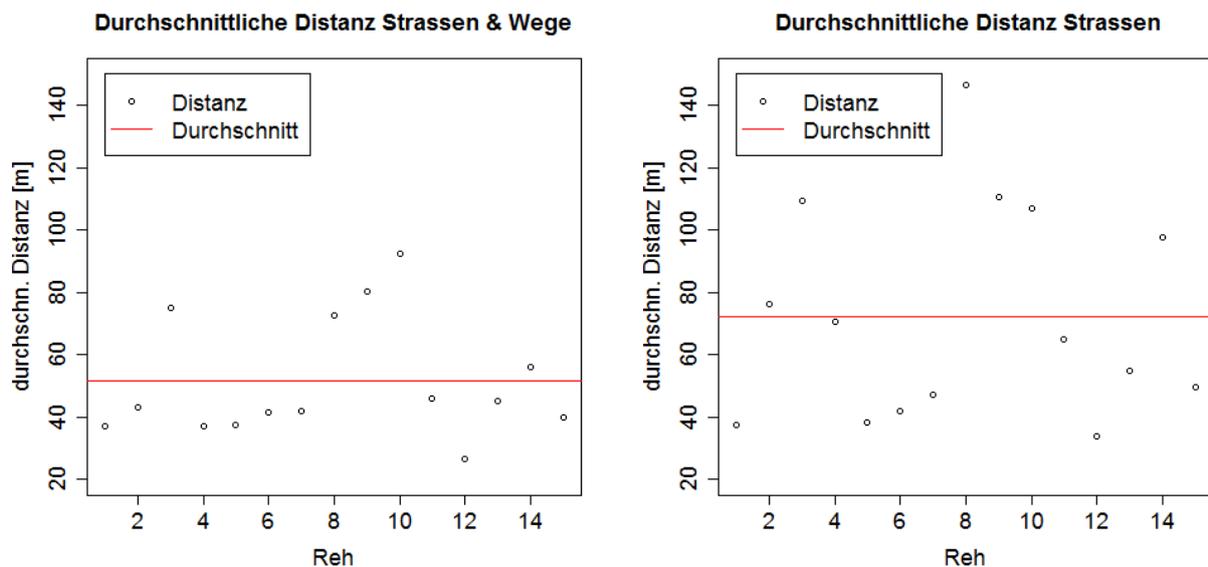


Abbildung 3: Durchschnittliche Distanz der Rehe 01-15 zu den Strassen und Wegen in Meter. Links die Durchschnittliche Distanz (51.47 m) zu allen Strassen und Wegen, rechts die durch. Distanz (72.36 m) zu Strassen.

Ich untersuchte die genutzte Fläche unabhängig des verfügbaren Angebotes für die vier Kategorien „Strassen und Wege Tag“ (SWT), „Strassen und Wege Nacht“ (SWN), „Strassen Tag“ (ST), „Strassen Nacht“ (SN).

In der Kategorie SWT ist der Median in der DK 3 mit 33.694181 zwar am höchsten (Abbildung 4, links), zeigt aber nur zur Kategorie 1 und 2 einen signifikanten Unterschied. Die DK 1 wird von den Rehen am wenigsten besucht, jedoch ohne signifikanten Unterschied zur DK 5 (Tabelle 4).

Ein anderes Bild ergibt sich in der Kategorie ST. Hier ist der Median in der DK 5 am höchsten (42.873051), aber ohne signifikanten Unterschiede zu den DK 3 und 5. Die DK 1 wird ebenfalls signifikant am wenigsten aufgesucht (Tabelle 5).

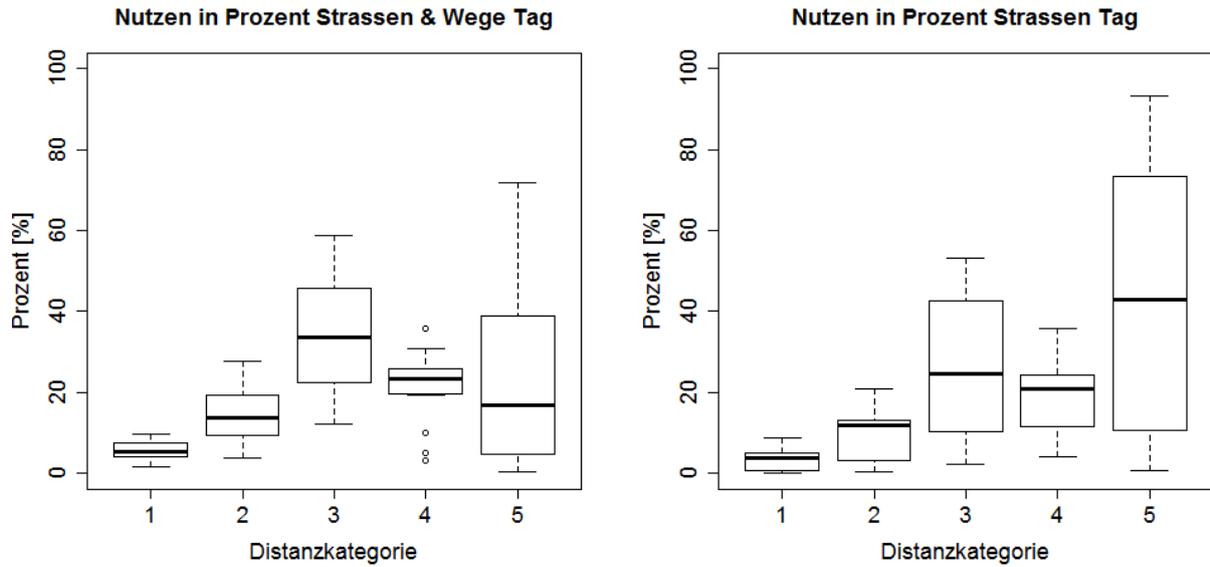


Abbildung 4: Prozentualer Nutzen am Tag, unabhängig des Angebotes pro DK, links sind alle Strassen und Wege einbezogen, rechts nur die Strassen.

Tabelle 4: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen aller Strassen und Wege am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen.

	1	2	3	4
2	< 0.001*			
3	< 0.001*	0.002*		
4	< 0.001*	0.105	0.077	
5	0.105	1.000	0.411	1.000

Tabelle 5: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen der Strassen am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	0.046*			
3	< 0.001*	0.046*		
4	< 0.001*	0.046*	0.651	
5	< 0.001*	0.046*	0.651	0.651

Auch in der Nacht wird die DK 3 am meisten besucht, sowohl in der Kategorie SN (Median 30.155734), als auch in der Kategorie SWN (32.30088, Abbildung 5). Bei allen Strassen und Wegen unterscheidet sich dieser Wert signifikant zum Wert der anderen vier DK (Tabelle 4), bei den Strassen jedoch nur zu den DK 1 und 4 (Tabelle 5). Wie auch am Tag wird die DK 1 in der Nacht signifikant (ausser in Kategorie SWN zu DK 5) am wenigsten besucht.



Abbildung 5: Prozentualer Nutzen in der Nacht, unabhängig des Angebotes pro DK, links sind alle Strassen und Wege einbezogen, rechts nur die Strassen

Tabelle 6: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen aller Strassen und Wegen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	< 0.001*			
3	< 0.001*	0.012*		
4	0.012*	0.181	< 0.001*	
5	0.744	0.181	0.010*	0.610

Tabelle 7: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen der Strassen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	0.022*			
3	< 0.001*	0.093		
4	< 0.001*	1.000	0.026*	
5	0.005*	0.270	1.000	0.270

## 4.2 Raumverhalten in Abhängigkeit zum Angebot

Als erstes berechnete ich das Angebot, damit ich das Raumverhalten in Abhängigkeit dessen setzen konnte. Die gesamte verfügbare Fläche pro DK von allen Rehen zusammen bewegt sich zwischen 0.69427 km<sup>2</sup> und 1.294439 km<sup>2</sup> (Abbildung 6). In Anhang C sind die verfügbaren Flächen pro DK der einzelnen Rehe dargestellt.

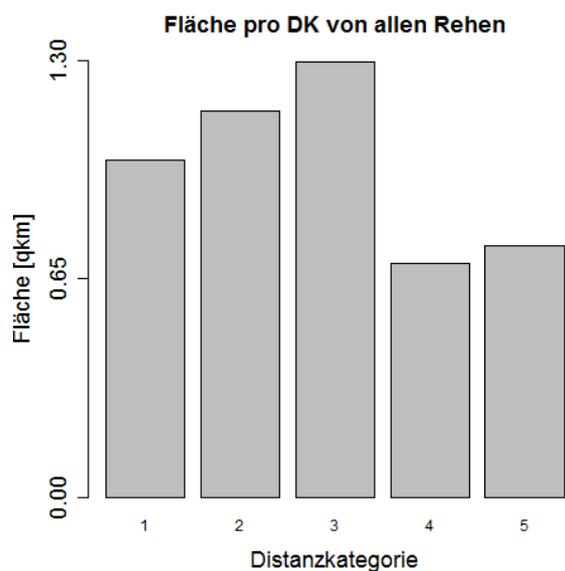


Abbildung 6: gesamte verfügbare Fläche pro DK aller Rehe in km<sup>2</sup>

Um die genutzte Fläche in Bezug zur verfügbaren Fläche zu setzen berechnete ich die Ivlev-Indizes für die vier Kategorien SWT, SWN, ST, SN.

In den zwei Kategorien SWT und ST sind sie nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk test,  $p = 0.04591$  bzw.  $0.01426$ ) in der Nacht hingegen schon (Shapiro-Wilk test,  $p = 0.06424$  bzw.  $0.1283$ ).

Betrachtet man nur den Tag und schliesst alle Strassen und Wege in die Analyse ein (Abbildung 7, links), ist der höchste Ivlev-Index in der DK 5 mit 0.6032199. Ausserdem wird deutlich, dass es keine statistischen Unterschiede zwischen den DK 3, 4 und 5 gibt (Tabelle 8). Bei den Kategorien 1 und 2 ist der Median der Ivlev-Indizes im Vergleich zu den anderen Kategorien signifikant tiefer (Tabelle 8).

Bei den Strassen sieht es anders aus (Abbildung 7, rechts). Dort ist der Median in der Kategorie 5 am höchsten und er unterscheidet sich nur zur DK 4 knapp nicht signifikant (t-test,  $p = 0.05900$ ). In der DK 1 ist er zu allen anderen Kategorien signifikant am tiefsten (Tabelle 9). Der höchste Ivlev-Index (0.9072213) ist in der DK 5 zu finden.

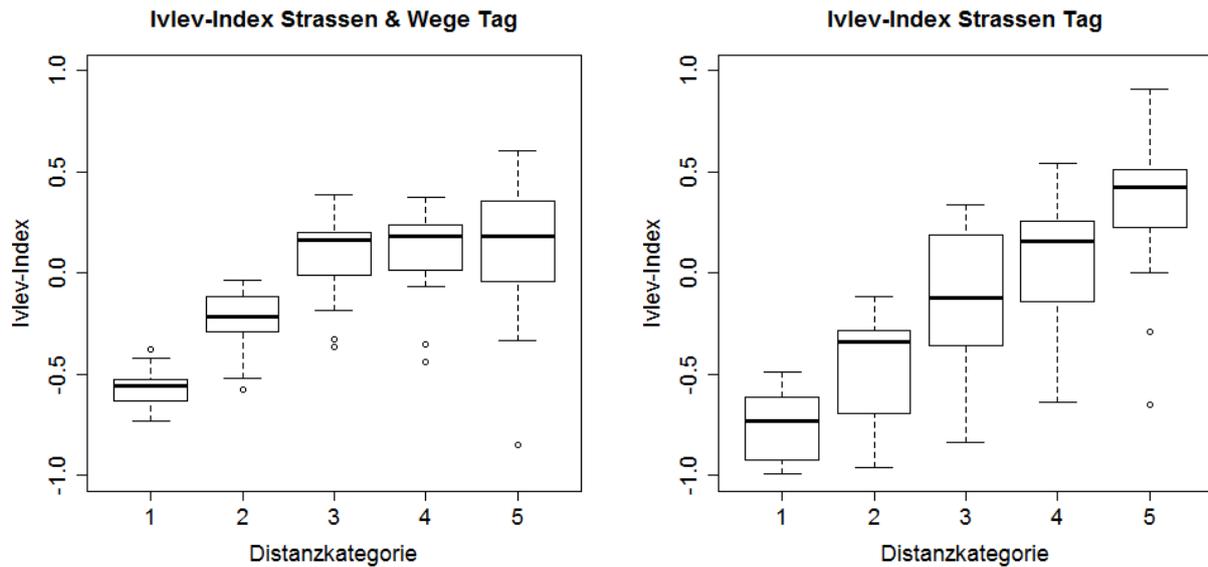


Abbildung 7: Ivlev-Indizes pro DK am Tag, links wurden alle Strassen und Wege mit einbezogen, rechts nur die Strassen

Tabelle 8: p-Values des U-Test für die Ivlev-Indizes aller Strassen und Wege am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	< 0.001*	-	-	-
3	< 0.001*	0.001*	-	-
4	< 0.001*	< 0.001*	1.000	-
5	< 0.001*	0.020*	1.000	1.000

Tabelle 9: p-Values des U-Test für die Ivlev-Indizes der Strassen am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	0.026*	-	-	-
3	< 0.001*	0.044*	-	-
4	< 0.001*	< 0.001*	0.174	-
5	< 0.001*	< 0.001*	0.003*	0.059

Im Gegensatz zur Analyse am Tag unterscheidet sich bei allen Strassen und Wegen in der Nacht nur der Median der Indizes der DK 1 signifikant zu den anderen Kategorien (Tabelle 10). Bei den Kategorien 2-5 gibt es keine signifikanten Unterschiede. Er ist auch nie höher als 0.4934572 in der DK 5, wie in Abbildung 8 links, sichtbar ist.

Sind die 5 und 6 Klasse-Strassen ausgeschlossen (Abbildung 8, rechts), ist der Median der DK 5 signifikant am höchsten. Beim Vergleich der DK 2 und 3 bzw. 3 und 4 gibt es keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 11). Auch hier ist der Median in der DK 1 signifikant am tiefsten und der höchste Ivlev-Index mit 0.9122951 in der DK 5.

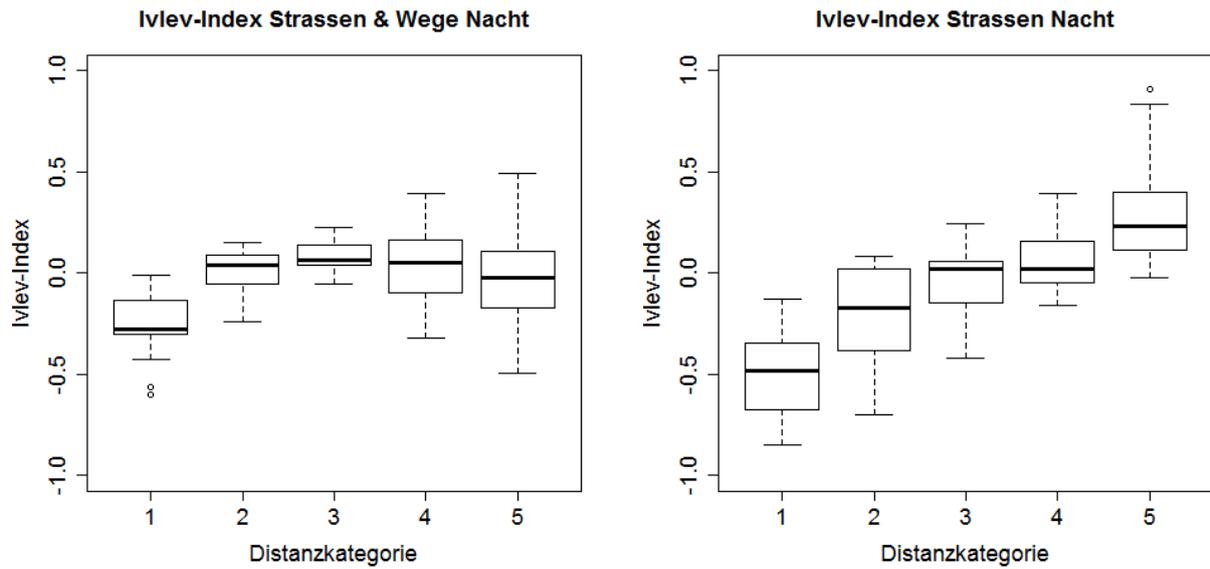


Abbildung 8: Ivlev-Indizes pro DK in der Nacht, links wurden alle Strassen und Wege mit einbezogen, rechts nur die Strassen

Tabelle 10: p-Values des T-Test für alle Strassen und Wege in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	0.001*	-	-	-
3	< 0.001*	1.000	1.000	-
4	< 0.001*	1.000	1.000	-
5	0.004*	1.000	0.800	1.000

Tabelle 11: p-Values des T-Test für die Strassen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern\* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen

	1	2	3	4
2	0.003*	-	-	-
3	< 0.001*	0.080	-	-
4	< 0.001*	0.006*	0.222	-
5	< 0.001*	< 0.001*	< 0.001*	0.010*

### 4.3 Raumverhalten in Abhängigkeit von Störungen

In Kapitel 3.2 wurde beschrieben, dass der Erholungsdruck einen Einfluss auf die Rehe hat. In dieser Analyse wurde das Raumverhalten in Abhängigkeit zu Störungsintensitäten „stark“, „mittel“, „gering“ (Sigrist, 2015) untersucht.

In allen Kategorien SWT, ST, SWN und SN unterscheiden sich die Mediane der Ivlev-Indizes der Störungsintensitäten „gering“ und „mittel“ nicht signifikant voneinander. Auch bei den Intensitäten „mittel“ und „stark“ gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Bei der Kategorie SWT (Abbildung 9, links) gibt es sowohl in der DK 3 einen signifikanten Unterschied (t-test,  $p = 0.029$ ) zwischen den Intensitäten „gering“ und „stark“ als auch in der DK 4 (t-test,  $p = 0.040$ , Tabelle 12).

In der Kategorie ST (Abbildung 9, rechts) unterscheiden sich die Mediane der Intensitäten „gering“ und „stark“ nur in der DK 3 signifikant (t-test,  $p = 0.012$ , Tabelle 12).

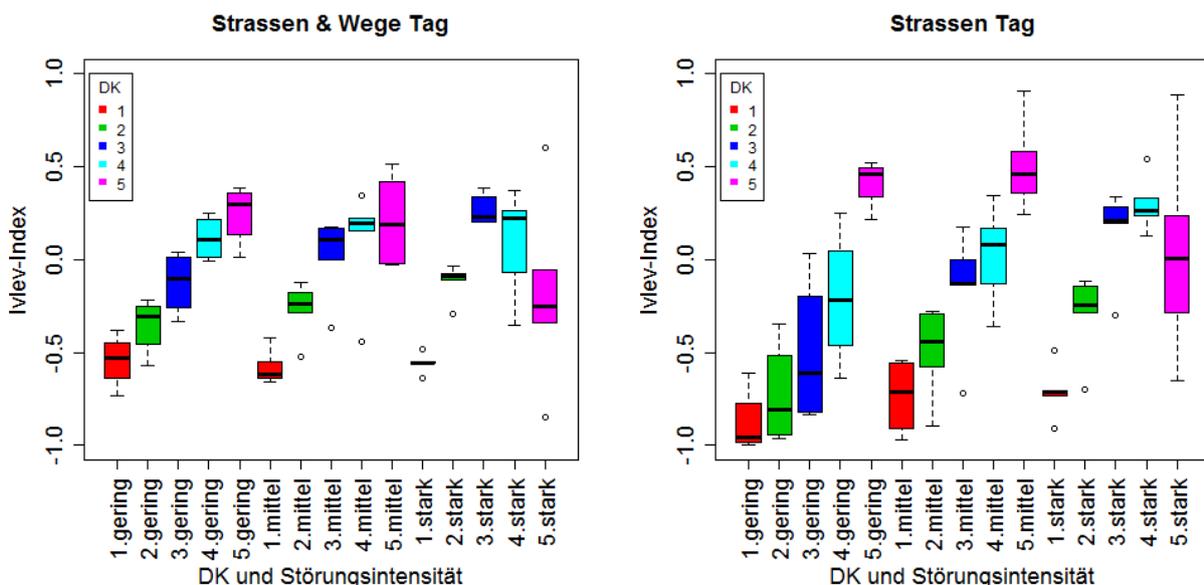


Abbildung 9: Ivlev-Indizes aufgeteilt nach DK und Störungsintensität "gering", "mittel" und "stark", links in der Kategorie "Strassen und Wege Tag", rechts in der Kategorie "Strassen Tag"

In der Kategorie SWN (Abbildung 10, links) sieht es ähnlich aus wie in den Kategorien des Tages. Hier gibt es ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Störungsintensitäten „gering“ und „stark“ und zwar in den DK 3 (t-test,  $p = 0.036$ ) und DK 4 (t-test,  $p = 0.028$ , Tabelle 12). Anders sieht es aus bei den Strassen in der Nacht (Abbildung 10, rechts). Dort gibt es nur in der DK 1 einen signifikanten Unterschied (t-test,  $p = 0.020$ ) zwischen „gering“ und „stark“. Alle anderen Werte unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tabelle 12).

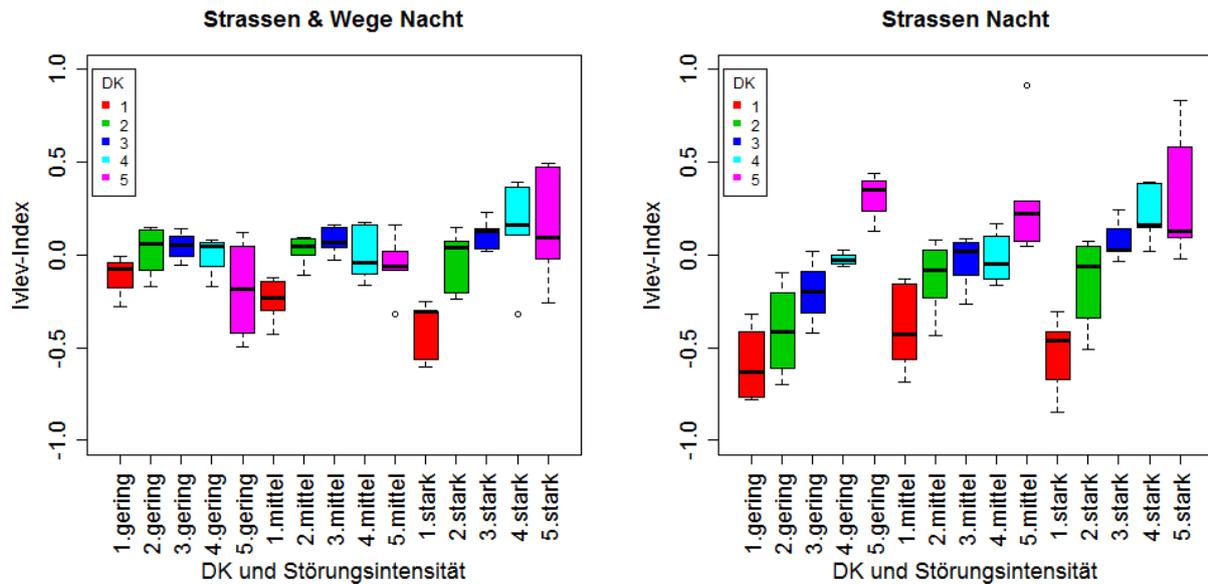


Abbildung 10: Ivlev-Indizes aufgeteilt nach DK und Störungsintensität "gering", "mittel" und "stark", links in der Kategorie "Strassen und Wege Nacht", rechts in der Kategorie "Strassen Nacht"

Tabelle 12: p-Values der Statistischen Tests pro DK (1-5) nach Kategorien "Strassen und Wege Tag", "Strassen Tag", "Strassen und Wege Nacht", "Strassen Nacht" und nach Störungsintensität "gering", "mittel", "stark". Die signifikanten Werte sind mit einem Stern gekennzeichnet und grau hinterlegt. Ausser bei GSN DK 2 und GST DK 4 (U-Test) wurde der t-Test verwendet. Gerundet auf drei Kommastellen

		SWT		ST		SWN		SN	
		gering	mittel	gering	mittel	gering	mittel	gering	mittel
DK 1	mittel	0.500	-	1.000	-	0.590	-	0.150	-
	stark	0.500	0.830	1.000	1.000	0.740	0.610	0.020*	0.140
DK 2	mittel	0.318	-	0.332	-	0.250	-	1.000	-
	stark	0.076	0.318	0.071	0.198	0.290	0.790	1.000	1.000
DK 3	mittel	0.223	-	0.174	-	0.178	-	0.970	-
	stark	0.029*	0.223	0.012*	0.070	0.036*	0.220	0.790	0.970
DK 4	mittel	0.220	-	1.000	-	0.982	-	0.970	-
	stark	0.040*	0.220	1.000	1.000	0.028*	0.025	0.760	0.760
DK 5	mittel	0.730	-	0.870	-	1.000	-	0.450	-
	stark	0.320	0.190	0.270	0.270	1.000	1.000	0.210	0.390

## 5 Diskussion

Begegnungen zwischen Menschen und Wildtieren sind in der heutigen Zeit praktisch unvermeidbar. Die Tiere zeigen dabei unterschiedliche Reaktionen auf solche Begegnungen. Dabei reagieren Tiere stärker wenn sie sich bedroht fühlen (Stankowich, 2008) oder wenn die Begegnung an einem für das Tier unerwarteten Ort, insbesondere abseits des Weges (Ingold & Blankenhorn, 2005; Taylor & Knight, 2003) , geschieht.

Um das Raumverhalten von Tieren zu untersuchen wurde oft die Fluchtdistanz bzw. Reaktionsdistanz gemessen. Dies ist ein guter Anhaltspunkt, um die Distanzen zu Strassen und Wegen zu erfassen, hat aber auch gewisse Nachteile, denn es handelt sich um Momentaufnahmen zum Zeitpunkt einer Störung. Detailliertere Daten erhält man bei der Verwendung von GPS-Halsbänder, welche in gewissen Zeitabständen, unabhängig von Störungen, die genauen Standortpositionen der Tiere liefern, womit eine vollständigere Untersuchung möglich wird.

Die 15 untersuchten Rehe zeigen eine durchschnittliche Distanz von 51.47 m (Abbildung 3, links) zu Strassen und Wegen. Ähnliche Resultate, zwischen 39 m und 85 m, bzw. 39.64 und 56.27 m oder ca. 78 m, ergaben auch die Arbeiten von de Boer et al. (2004), Braun & Zwahlen (2005) oder Ineichen (2015).

Um ein besseres Bild über das Raumverhalten der Rehe zu erhalten, wurden ihre Lebensräume in fünf Distanzkategorien (DK) aufgeteilt (1: 0 – 10 m; 2: 10 – 25 m; 3: 25 – 50 m; 4: 50 – 75 m; 5: > 75 m). Ferner wurden die Analysen einmal mit allen Strassen und Wegen und einmal ohne die Wege (5 und 6 Klasse-Strassen) durchgeführt. Die Wege wurden aus mehreren Gründen aus der Analyse ausgeschlossen. Zum einen hat es in diesem dichten Strassennetz mehr davon, deswegen ist es für die Rehe schwieriger diese zu meiden, zum anderen sind solche Wege weniger stark frequentiert.

Da die Rehe standorttreue Tiere sind (Baumann, 2014) und ihre definierten Lebensräume (Home Ranges) kaum oder nur selten verlassen (Kurt, 1991), wurden die verfügbaren Flächen pro Reh in der Analyse ebenfalls berücksichtigt (Abbildungen 13, 14 und 15). Dadurch konnte das Angebot mit der Nutzung mit Hilfe des Ivlev-Index verglichen werden.

In allen vier Analysen ist der höchste Ivlev-Index (von 0.49 bis 0.91) in der DK 5 zu finden und der signifikant tiefste Median jeweils in der DK 1, was bedeutet, dass die DK 5 bevorzugt und die DK 1 gemieden wird.

Beim Vergleich der Werte des Tages und derjenigen der Nacht, gibt es wenige Unterschiede. Einzig bei allen Strassen und Wege in der Nacht ist der Median der Ivlev-Indizes in der DK 3

am grössten, jedoch ohne Signifikanz zu den DK 2, 4 und 5. Doch auch tagsüber gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen DKs bei allen Strassen und Wegen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Rehe wohl auch in der Nacht gestört werden. Man kann davon ausgehen, dass dies eine Auswirkung der heutigen 24-Stunden-Gesellschaft ist. Dies bedeutet, dass die Naherholungsgebiete auch nach Sonnenuntergang von Erholungssuchenden besucht werden. Dadurch werden die Rehe trotz Dunkelheit von Besuchern gestört, zudem ist es gut möglich, dass die Besucher, zum Beispiel Biker, mit Licht unterwegs sind, was die Rehe dazu bringt, sich weiter weg von den Strassen aufzuhalten.

Die Unterschiede sind denn auch deutlich grösser, wenn die Wege ausgeblendet werden. Dies unterstreicht die Annahme, dass die Wege weniger stark frequentiert sind und deswegen weniger von den Rehen gemieden werden. Ähnlich sieht es auch bei Rothirschen aus, welche einen grösseren Abstand zu viel besuchten Strassen haben als zu weniger oft besuchten (Sibbald et al., 2011).

In Zusammenhang mit der Besucherfrequenz liegen auch die Störungsintensitäten, weswegen zusätzlich untersucht wurde, ob es Unterschiede zwischen den verschiedenen stark gestörten Rehen gibt. Sowohl Ineichen (2015) als auch Braun & Zwahlen (2005) zeigten auf, dass der Erholungsdruck einen Einfluss auf die Rehe hat. In der vorliegenden Arbeit wurden die Störungsintensitäten „stark“, „mittel“ und „gering“ (gemäss Sigrist, 2015) in die Analyse miteinbezogen. Die signifikanten Unterschiede zeigen sich zwischen den Störungsintensitäten „gering“ und „stark“, und zwar in allen vier Fällen (SWT, SWN, ST, SN), was die vermutete Tendenz von Sigrist (2015) bestärkt.

Allerdings sind diese Unterschiede in verschiedenen DK zu finden. Bei SWT, SWN, ST hauptsächlich in DK 3 (bei SWT und SWN noch in DK 4) und bei SN in DK 1. Und obwohl es gemäss Abbildung 9 so aussieht, dass die DK 5 bei starker Störungsintensität tagsüber weniger bevorzugt wird, unterscheidet sich dieser Wert nicht signifikant zu den Werten mit den Störungen „mittel“ bzw. „gering“. Aufgrund dieser Analyse kann man zwar sagen, dass der Erholungsdruck einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe hat, aber es ist nicht bestätigt, dass stärker gestörte Rehe die Strassen stärker meiden als weniger gestörte (Ineichen, 2015).

Was in dieser Arbeit völlig ausser Acht gelassen wurde ist die Umgebung, obwohl diese genauso wichtig ist (de Boer et al., 2004). Dies zeigt sich nicht nur bei den Rehen (de Boer et al., 2004), sondern auch bei Gämsen (Ingold & Blankenhorn, 2005) und Pyrenäen-Gämsen (Pépin et al., 1996).

Bei weiteren Analysen sollte im Speziellen die Vegetationsstruktur mit einbezogen werden. Bei der Arbeit von Braun & Zwahlen (2005) wurde das stärkste signifikante Verhältnis zwischen

Fluchtdistanz und Deckung festgestellt. Die Rehe fühlen sich in dichter Deckung sicherer als in offenem Gelände und flüchten dementsprechend später. Sigrist (2015) stellte fest, dass der Deckungsgrad der Strauchschicht in den Deckungsräumen der stark gestörten Rehe signifikant höher ist als bei mittlerer Störungsintensität. Aufgrund dessen könnte man untersuchen, ob sich die Vegetationsstruktur in den verschiedenen DK unterscheidet, und ob diese zusätzlich einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe hat.

Ausserdem könnte man auch das Äsungsangebot in die Untersuchung mit einbeziehen. Interessant wäre zu eruieren, in welchen DK das Äsungsangebot am besten ist, bzw. wo die Rehe hauptsächlich ihre Orte der Nahrungsaufnahme haben.

Des Weiteren könnte man in einer neuen Untersuchung die Art der Störungen auswerten. Zwar wurden die verschiedenen Störungsintensitäten in dieser Arbeit berücksichtigt, aber man könnte zusätzlich analysieren, wo welche Art von Störung vorliegt und ob es je nach dem Unterschiede in der Wahl des Aufenthaltsortes der Rehe gibt. Eine solche Datenerhebung über die Nutzung der Wege wäre jedoch sehr aufwändig umzusetzen.

Grundsätzlich kann man sagen, dass Strassen und Wege einen Einfluss auf das Raumverhalten der Rehe haben. Die Rehe meiden die Strassen sowohl am Tag als auch in der Nacht, was eine Folge des grossen Erholungsdruckes der Naherholungsgebiete ist. Dies sollte man zukünftig bei der Planung und dem Management von (neuen) Wander- oder Bike-Wegen berücksichtigen.

## Literaturverzeichnis

Baumann, M. (2014). In Jagd- und Fischereiverwalterkonferenz der Schweiz JFK-CSF-CCP(Hrsg.), *Jagen in der Schweiz auf dem Weg zur Jagdprüfung* (2, überarb Aufl. Ausg.) . Bern: Ott.

Braun, T., & Zwahlen, E. (2005). *Fluchtverhalten des Rehs (Capreolus capreolus) in Abhängigkeit des anthropogenen Störungsdrucks: a) Der Faktor Jagd b) Der Faktor Erholungsnutzung*. Zürich: S.N.

de Boer, H. Y., van Breukelen, L., Hootsmans, M. J. M., & van Wieren, S. E. (2004). Flight distance in roe deer *Capreolus capreolus* and fallow deer *Dama dama* as related to hunting and other factors. *Wildlife Biology*, 10, S. 35-41.

ESRI. (2016). *ArcGIS 10.3 for Desktop*.

Gander, H., & Ingold, P. (1997). Reactions of male alpine chamois *Rupicapra r. rupicapra* to hikers, joggers and mountainbikers. *Biological Conservation*, 79(1), S. 107-109.

Gerber, R., & Keller, P. (2015). *Einfluss von anthropogenen Störreizen auf das Reh (Capreolus capreolus)*. (Unpublished Semesterarbeit 2). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil.

Guthörl, V. (1994). Aktivitätsmuster von Rehen (*Capreolus capreolus* Linné, 1758) in einem Stadtwald mit starkem Erholungsverkehr. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 40, S. 241-252.

Imfeld, S. (1996). *Tages- und Jahreszeitliche Verteilungsmuster des Rehs C. capreolus im Sihlwald*. (Unpublished Diplomarbeit). Zoologisches Institut der Universität Zürich, Zürich.

Ineichen, P. (2015). *Habitat selection of roe deer (Capreolus capreolus) in a landscape of fear shaped by human recreation*. (Unpublished Master thesis). Department of Environmental System Science (D-USYS), Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zürich.

Ingold, P., & Blankenhorn, H. (2005). *Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere Konfliktbereiche zwischen Mensch und Tier mit einem Ratgeber für die Praxis*. Bern: Haupt.

Jacobs, J. (1974). Quantitative Measurement of Food Selection. *Oecologia*, (14), S. 413-417.

Jayakody, S., Sibbald, A. M., Gordon, I. J., & Lambin, X. (2008). Red deer *Cervus elephus* vigilance behaviour differs with habitat and type of human disturbance. *Wildlife Biology*, 14(1), S. 81-91.

Kurt, F. (1991). *Das Reh in der Kulturlandschaft Sozialverhalten und Oekologie eines Anpassers*. Hamburg etc.: Parey.

Malo, J. E., Acebes, P., & Traba, J. (2011). Measuring ungulate tolerance to human with flight distance: a reliable visitor management tool? *Biodivers Conserv*, 20, S. 3477-3488.

Pépin, D., Lamerenx, F., Chadelaud, H., & Recarte, J. (1996). Human-related disturbance risk and distance to cover affect use of montane pastures by Pyrenean chamois. *Applied Animal Behaviour Science*, 46(3-4), S. 217-228.

Reimoser S. (2012). Influence of Anthropogenic Disturbances on Activity, Behavior and Heart Rate of Roe Deer (*Capreolus capreolus*) and Red Deer (*Cervus elaphus*), in Context of Their Daily and Yearly Patterns. In I. Nova Science Publishers (Hrsg.), *Deer: Habitat, Behavior and Conservation*. (S. 1-80)

Reimoser, F. (1986). *Wechselwirkungen zwischen Waldstruktur, Rehwildverteilung und Rehwildbejagbarkeit in Abhängigkeit von der waldbaulichen Betriebsform*. Wien: VWGOe.

RStudio Inc. (2015) RStudio.

Sibbald, A. M., Hooper, R. J., McLeod, J. E., & Gordon, I. J. (2011). Responses of red deer (*Cervus elaphus*) to regular disturbance by hill walkers. *European Journal of Wildlife Research*, 57, S. 817-825.

Sigrist, B. (2015). *Eigenschaften von Deckungsräumen des Rehs (Capreolus capreolus) in Bezug auf unterschiedliche Störungsereignisse*. (Unpublished Bachelorarbeit). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil.

Stankowich, T. (2008). Ungulate flight responses to human disturbance: A review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 141(9), S. 2159-2173.

Stiftung Wildnispark Zürich. (2015). *Faktenblatt Sihlwald*. Abgerufen am von <http://www.wildnispark.ch/naturerlebnispark/zonen/>.

Taylor, A. R., & Knight, R. L. (2003). Wildlife responses to recreation and associated visitor perceptions. *Ecological Applications*, 13(4), S. 951-963.

## Abbildungsverzeichnis

Titelbild: © Andreas Hofstetter

Abbildung 1: Raster des HR von Reh 02, klassifiziert und eingefärbt nach Distanzkategorie .....	4
Abbildung 2: "Distanzen bei Reaktionen der Tiere gegenüber Freizeitaktivitäten" (Ingold & Blankenhorn, 2005) .....	7
Abbildung 3: Durchschnittliche Distanz der Rehe 01-15 zu den Strassen und Wegen in Meter. Links die Durchschnittliche Distanz (51.47 m) zu allen Strassen und Wegen, rechts die durch. Distanz (72.36 m) zu Strassen. ....	11
Abbildung 4: Prozentualer Nutzen am Tag, unabhängig des Angebotes pro DK, links sind alle Strassen und Wege einbezogen, rechts nur die Strassen. ....	12
Abbildung 5: Prozentualer Nutzen in der Nacht, unabhängig des Angebotes pro DK, links sind alle Strassen und Wege einbezogen, rechts nur die Strassen .....	13
Abbildung 6: gesamte verfügbare Fläche pro DK aller Rehe in km <sup>2</sup> .....	14
Abbildung 7: Ivlev-Indizes pro DK am Tag, links wurden alle Strassen und Wege mit einbezogen, rechts nur die Strassen .....	15
Abbildung 8: Ivlev-Indizes pro DK in der Nacht, links wurden alle Strassen und Wege mit einbezogen, rechts nur die Strassen .....	16
Abbildung 9: Ivlev-Indizes aufgeteilt nach DK und Störungsintensität "gering", "mittel" und "stark", links in der Kategorie "Strassen und Wege Tag", rechts in der Kategorie "Strassen Tag" .....	17
Abbildung 10: Ivlev-Indizes aufgeteilt nach DK und Störungsintensität "gering", "mittel" und "stark", links in der Kategorie "Strassen und Wege Nacht", rechts in der Kategorie "Strassen Nacht" .....	18
Abbildung 11: Raster aller Rehe, klassifiziert und eingefärbt nach Distanzkategorie .....	28
Abbildung 12: Auszug aus dem Model Builder von ArcMap (ESRI, 2015) .....	29
Abbildung 13: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 01-06 in m <sup>2</sup> .....	31
Abbildung 14: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 07-12 in m <sup>2</sup> .....	31
Abbildung 15: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 13-15 in m <sup>2</sup> .....	31

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Attribute Tabelle des klassifizierten Rasterfiles am Beispiel von Reh 07 .....	4
Tabelle 2: Reh ID und Störungsintensität (Sigrist, 2015) .....	6
Tabelle 3: Fluchtdistanzen in unterschiedlichen Gebieten. FD Durchschnitt, einzeln in den Geländeformen „offenes Gelände“, „Baumholz“ und „Jungwuchs“ an den Wochenenden „Sa/So“ und der mittlere Erholungsdruck (ED). * nur 1 Beobachtung. Aus: Braun & Zwahlen (2005).....	9
Tabelle 4: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen aller Strassen und Wege am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen. ....	12
Tabelle 5: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen der Strassen am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen	12
Tabelle 6: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen aller Strassen und Wegen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen.....	13
Tabelle 7: p-Values des U-Test für den prozentualen Nutzen der Strassen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen .....	13
Tabelle 8: p-Values des U-Test für die Ivlev-Indizes aller Strassen und Wege am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen .....	15
Tabelle 9: p-Values des U-Test für die Ivlev-Indizes der Strassen am Tag, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen	15
Tabelle 10: p-Values des T-Test für alle Strassen und Wege in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen	16
Tabelle 11: p-Values des T-Test für die Strassen in der Nacht, signifikante Unterschiede mit einem Stern* markiert und grau hinterlegt. Gerundet auf drei Kommastellen.....	16
Tabelle 12: p-Values der Statistischen Tests pro DK (1-5) nach Kategorien "Strassen und Wege Tag", "Strassen Tag", "Strassen und Wege Nacht", "Strassen Nacht" und nach Störungsintensität "gering", "mittel", "stark". Die signifikanten Werte sind mit einem Stern gekennzeichnet und grau hinterlegt. Ausser bei GSN DK 2 und GST DK 4 (U-Test) wurde der t-Test verwendet. Gerundet auf drei Kommastellen .....	18
Tabelle 13: Auszug aus der Tabelle mit den Prozenten des Angebots und der Nutzung pro DK .....	30

## **Anhang**

Anhang A: Zwischenresultate der GIS-Analyse

Anhang B: Zwischenresultate der R-Analyse

Anhang C: Zusätzliche Diagramme

Anhang D: R-Skripte

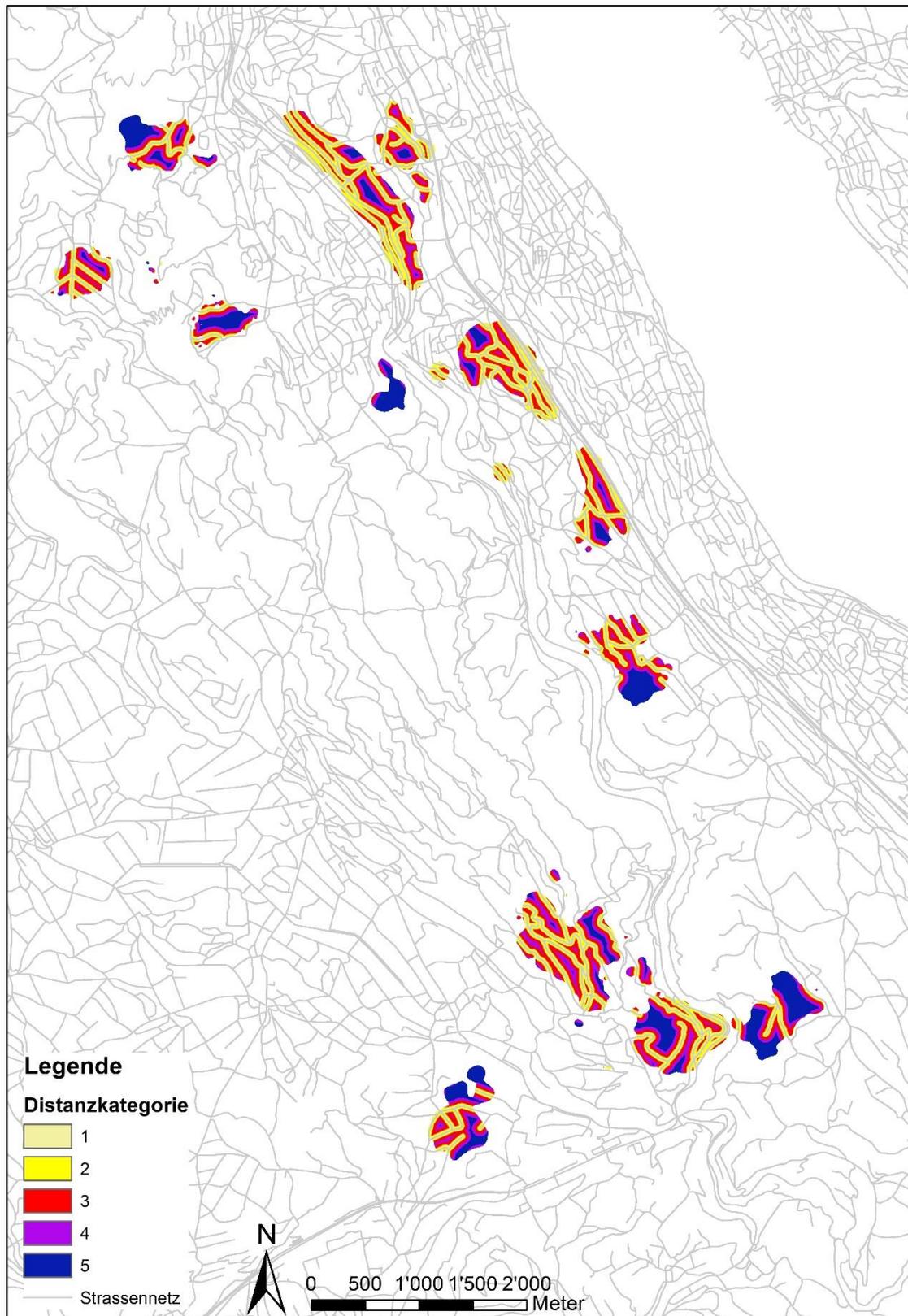
**Anhang A: Zwischenresultate der GIS-Analyse**

Abbildung 11: Raster aller Rehe, klassifiziert und eingefärbt nach Distanzkategorie

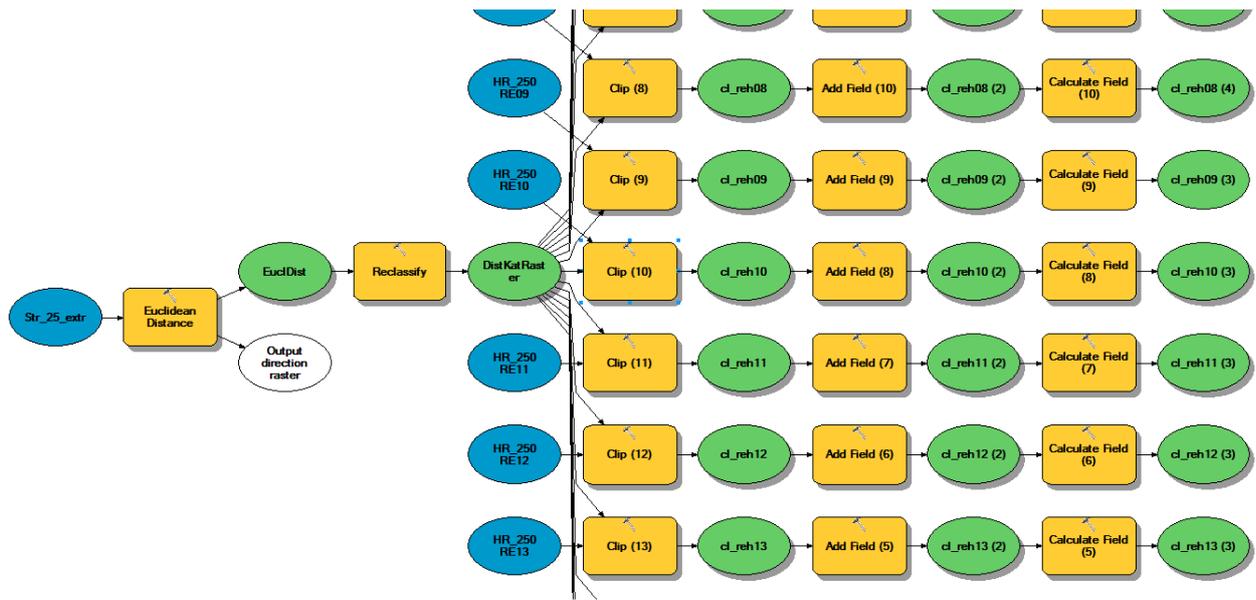


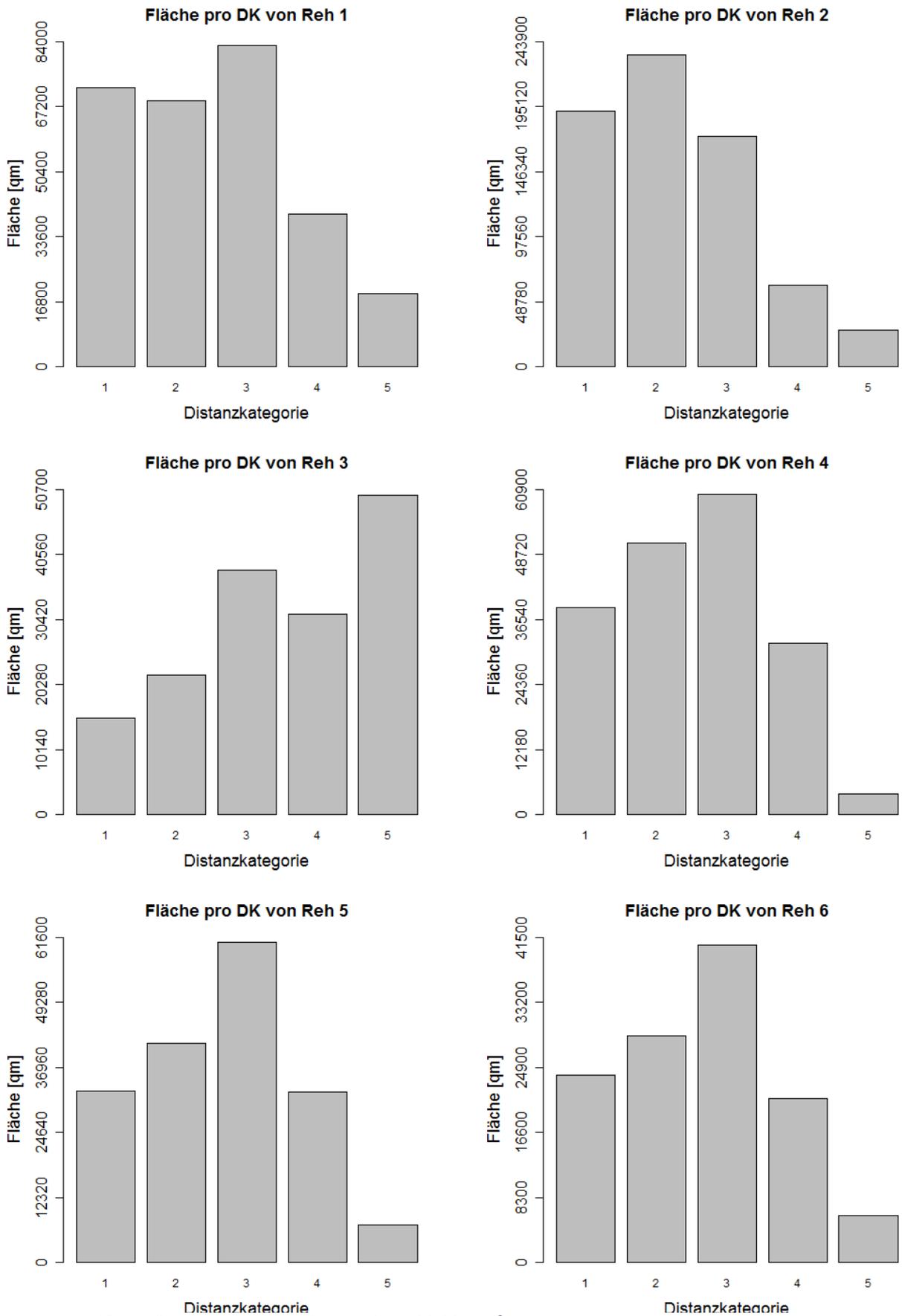
Abbildung 12: Auszug aus dem Model Builder von ArcMap (ESRI, 2015)

**Anhang B: Zwischenresultate der R-Analyse**

Tabelle 13: Auszug aus der Tabelle mit den Prozenten des Angebots und der Nutzung pro DK

Tierl D	dist_c at	l D	rehdaten.co unt	d_ds tr	n_ds tr	d_dstr_w eg	n_dstr_w eg	area	sortl d	percAv	PercUse_d_ dstr	PercUse_d_dstr_ weg	PercUse_n_ dstr	PercUse_n_dstr_ weg
RE1	1	1	69	69	120	70	120	72075	1	25.549812 83	8.778625954	8.905852417	13.66742597	13.66742597
RE1	2	1 6	152	152	248	153	248	68736	2	24.366173 22	19.33842239	19.46564885	28.24601367	28.24601367
RE1	3	3 1	346	346	268	347	268	82999	3	29.422253 42	44.02035623	44.1475827	30.523918	30.523918
RE1	4	4 6	190	190	171	190	171	39479	4	13.994881 18	24.17302799	24.17302799	19.476082	19.476082
RE1	5	6 1	29	29	71	26	71	18807	5	6.6668793 6	3.68956743	3.307888041	8.086560364	8.086560364
RE1	10	0	786	786	878	786	878	28209 6	6	100	100	100	100	100
RE2	1	2	33	33	53	202	183	19196 8	7	27.960237 41	1.297679906	7.968441815	2.267864784	7.854077253
RE2	2	1 7	154	154	258	474	488	23394 7	8	34.074500 24	6.05583956	18.69822485	11.03979461	20.94420601
RE2	3	3 2	344	344	545	962	930	17251 6	9	25.127043 66	13.52732993	37.94871795	23.32049636	39.91416309
RE2	4	4 7	291	291	467	492	473	60997	10	8.8842442 56	11.44317735	19.40828402	19.98288404	20.30042918
RE2	5	6 2	1721	1721	1014	405	256	27147	11	3.9539744 38	67.67597326	15.97633136	43.38896021	10.98712446
RE2	10	0	2543	2543	2337	2535	2330	68657 5	12	100	100	100	100	100

## Anhang C: Zusätzliche Diagramme

Abbildung 13: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 01-06 in m<sup>2</sup>

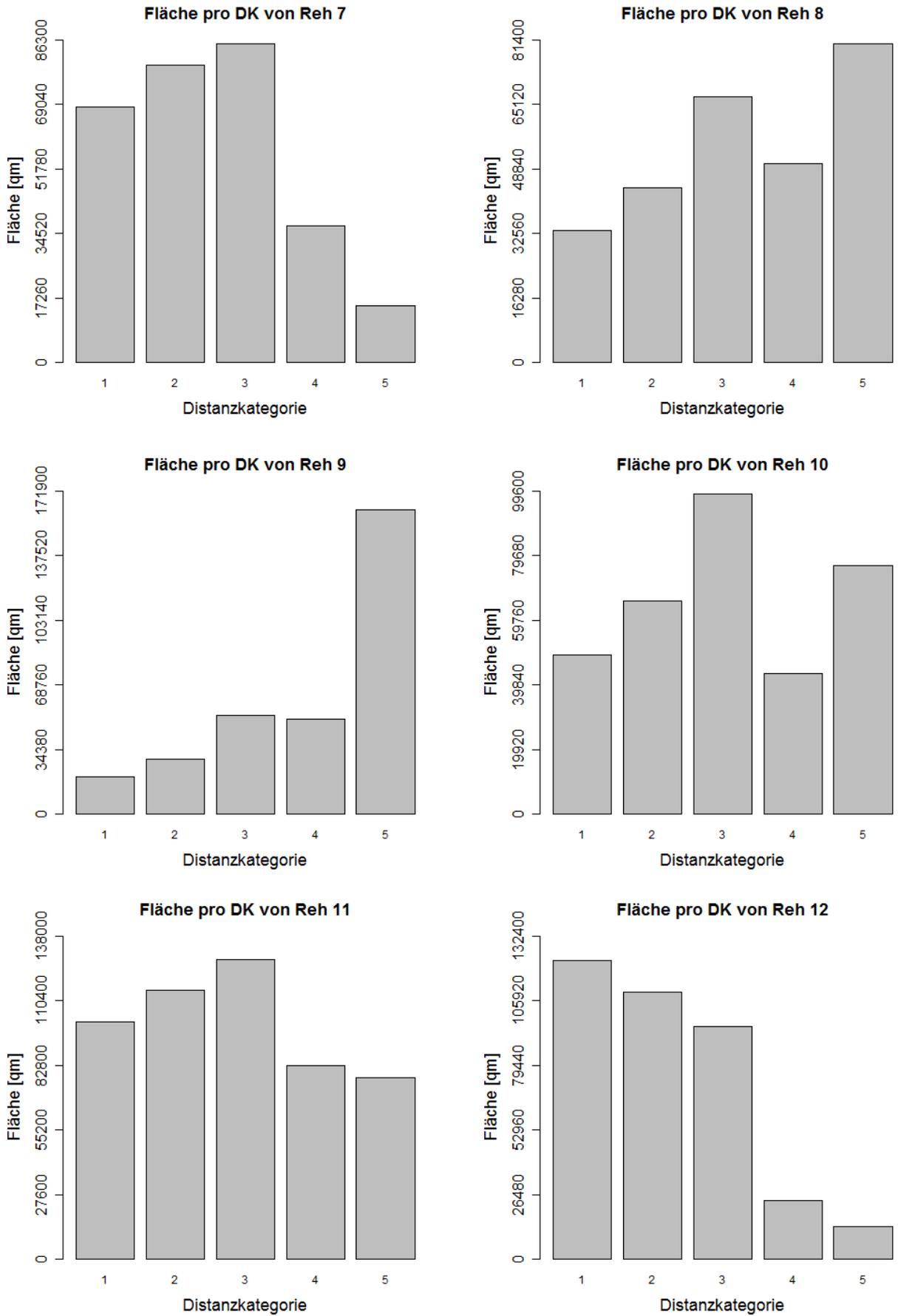


Abbildung 14: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 07-12 in m<sup>2</sup>

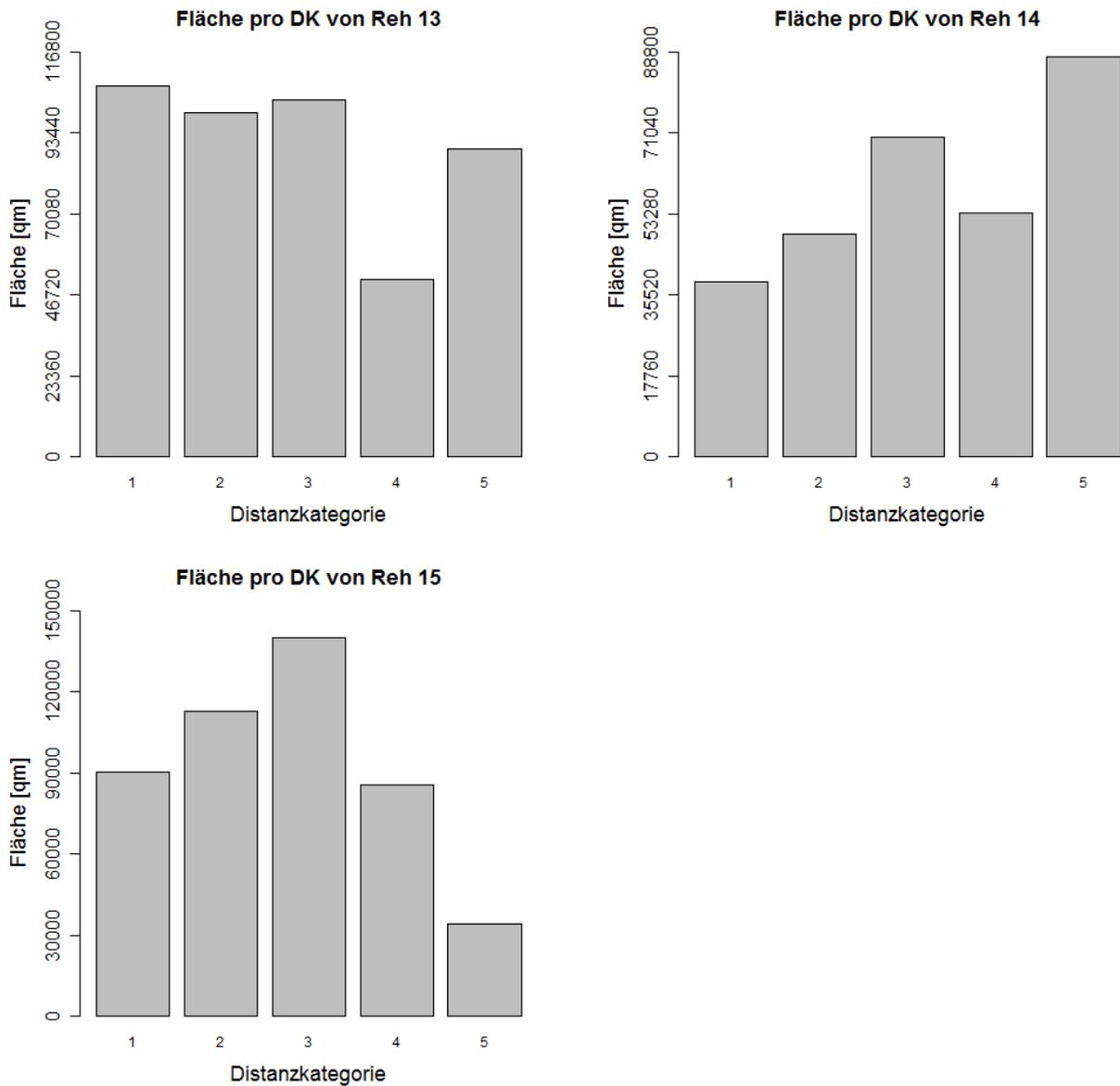


Abbildung 15: verfügbare Fläche pro DK der Rehe 13-15 in m<sup>2</sup>

## Anhang D: R-Skripte

Working Directory festlegen, gilt für alle Scripts

```
setwd("~/Studium/5. Semester/Semesterarbeit 1/Arbeitsdokumente/R Dokumente")
```

### Home Ranges aus Textfiles Zusammenfügen

```
HomeRangesTotal = matrix(ncol = 4)
colnames(HomeRangesTotal) <- c("Rowid_", "VALUE", "COUNT", "REH")
for (i in (1:15)){
  reheinlesen = paste0("GIS/Export/REH", i, ".txt")
  reh <- read.csv(reheinlesen)
  reh <- rbind(reh, data.frame(Rowid_ =NA, VALUE = 10, COUNT =
sum(reh$COUNT), REH=paste0("RE",i)))
  assign(paste0("RE", i), reh)
  HomeRangesTotal <- rbind(HomeRangesTotal, reh)
}

HomeRangesTotal$Rowid_ <- NULL
colnames(HomeRangesTotal) <- c("dist_cat", "area", "TierID")
HomeRangesTotal <- HomeRangesTotal[-1,]
HomeRangesTotal$dist_cat <- as.integer(HomeRangesTotal$dist_cat)

# Zwischenresultat speichern
write.table(HomeRangesTotal, file="Resultate/HomeRangesTotal.csv",
sep=";", dec=".", quote=FALSE, row.names=FALSE)
```

### HR mit CSV reh\_analyse3 zusammenführen und Prozente berechnen

```
# Files einlesen
HomeRangesTotal <- read.csv("Resultate/HomeRangesTotal.csv", sep=";")
ReheTotal <- read.csv("Grundlagen/reh_analyse3.csv", sep=";")
HomeRangesTotal$sortId <- cbind(c(1:90))
for (i in (1:15)){
  Reh <- subset(ReheTotal, TierID == paste0("RE", i))
  ReheTotal <- rbind(ReheTotal, data.frame(ID=0, TierID = paste0("RE", i),
dist_cat = 10, rehdaten.count = sum(Reh$rehdaten.count), d_dstr =
sum(Reh$d_dstr), n_dstr = sum(Reh$n_dstr), d_dstr_weg = sum(Reh$d_dstr_weg),
n_dstr_weg = sum(Reh$n_dstr_weg)))
}

# Files zusammenführen
ReheHRTotal <- merge(ReheTotal, HomeRangesTotal, by=c("TierID", "dist_cat"))

# Sortieren
ReheHRTotal <- ReheHRTotal[order(ReheHRTotal$sortId),]

# Prozente berechnen
PercAv = c()
PercUse_d_dstr = c()
PercUse_d_dstr_weg = c()
PercUse_n_dstr = c()
PercUse_n_dstr_weg = c()
for (i in (1:15)){
  Reh = subset(ReheHRTotal, TierID == paste0("RE", i))
  for(j in (1:6)){
    # Prozent Availability
    Reh$PercAv[j] = (Reh$area[j])/(Reh$area[6]/100)
    PercAv = append(PercAv, Reh$PercAv[j])
  }
}
```

```

# Prozent Use Strassen Tag
Reh$PercUse_d_dstr[j] = (Reh$d_dstr[j]/(Reh$d_dstr[6]/100))
PercUse_d_dstr = append(PercUse_d_dstr, Reh$PercUse_d_dstr[j])

# Prozent use alle Strassen & Wege Tag
Reh$PercUse_d_dstr_weg[j] = (Reh$d_dstr_weg[j]/(Reh$d_dstr_weg[6]/100))
PercUse_d_dstr_weg = append(PercUse_d_dstr_weg,
Reh$PercUse_d_dstr_weg[j])

# Prozent Use Strassen Nacht
Reh$PercUse_n_dstr[j] = (Reh$n_dstr[j]/(Reh$n_dstr[6]/100))
PercUse_n_dstr = append(PercUse_n_dstr, Reh$PercUse_n_dstr[j])

# Prozent use alle Strassen & Wege Nacht
Reh$PercUse_n_dstr_weg[j] = (Reh$n_dstr_weg[j]/(Reh$n_dstr_weg[6]/100))
PercUse_n_dstr_weg = append(PercUse_n_dstr_weg,
Reh$PercUse_n_dstr_weg[j])
}
}

ReheHRTotal$percAv <- cbind(PercAv)
ReheHRTotal$PercUse_d_dstr <- cbind(PercUse_d_dstr)
ReheHRTotal$PercUse_d_dstr_weg <- cbind(PercUse_d_dstr_weg)
ReheHRTotal$PercUse_n_dstr <- cbind(PercUse_n_dstr)
ReheHRTotal$PercUse_n_dstr_weg <- cbind(PercUse_n_dstr_weg)

# Zwischenresultat speichern
write.table(ReheHRTotal, file="Resultate/ReheHRTotal.csv", sep="," ,dec=".",
quote=FALSE, row.names=FALSE)

```

## Ivlev-Indizes berechnen

```

# einlesen
ReheHRTotal <- read.csv("Resultate/ReheHRTotal.csv")

for (i in (1:length(ReheHRTotal$ID))) {
  ReheHRTotal$ivlev_d_dstr[i] = ((ReheHRTotal$PercUse_d_dstr[i]) -
(ReheHRTotal$percAv[i])) / ((ReheHRTotal$PercUse_d_dstr[i]) + (ReheHRTotal$percAv
[i]))
  ReheHRTotal$ivlev_d_dstr_weg[i] = ((ReheHRTotal$PercUse_d_dstr_weg[i]) -
(ReheHRTotal$percAv[i])) / ((ReheHRTotal$PercUse_d_dstr_weg[i]) + (ReheHRTotal$pe
rcAv[i]))
  ReheHRTotal$ivlev_n_dstr[i] = ((ReheHRTotal$PercUse_n_dstr[i]) -
(ReheHRTotal$percAv[i])) / ((ReheHRTotal$PercUse_n_dstr[i]) + (ReheHRTotal$percAv
[i]))
  ReheHRTotal$ivlev_n_dstr_weg[i] = ((ReheHRTotal$PercUse_n_dstr_weg[i]) -
(ReheHRTotal$percAv[i])) / ((ReheHRTotal$PercUse_n_dstr_weg[i]) + (ReheHRTotal$pe
rcAv[i]))
}

# Maxima
# Alle Strassen & Wege Tag
max(ReheHRTotal$ivlev_d_dstr_weg)

# Alle Strassen & Wege Nacht
max(ReheHRTotal$ivlev_n_dstr_weg)

# Strassen Tag
max(ReheHRTotal$ivlev_d_dstr)

```

```
# Strassen Nacht
max(ReheHRTotal$ivlev_n_dstr)

# Zwischenresultat Speichern
write.table(ReheHRTotal, file="Resultate/ReheIvlev.csv", sep="," ,dec=".",
quote=FALSE, row.names=FALSE)
```

## Analyse ohne Angebot

```
# einlesen
ReheHRTotal <- read.csv("Resultate/ReheHRTotal.csv")

# Rehe ohne Total
ReheOhneTot <- subset(ReheHRTotal, ReheHRTotal$dist_cat < 10)
ReheOhneTot <- ReheOhneTot[order(ReheOhneTot$sortId),]

#Faktorisieren
ReheOhneTot$kategorie = factor(c(ReheOhneTot$dist_cat), labels = c("eins",
"zwei", "drei", "vier", "fuenf"))

# Mitterlwerte pro Kategorie
# Strassen Tag
tapply(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr, ReheOhneTot$kategorie, median)
# Strassen Nacht
tapply(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr, ReheOhneTot$kategorie, median)
# Strassen & Wege Tag
tapply(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr_weg , ReheOhneTot$kategorie, median)
# Strassen & Wege Nacht
tapply(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr_weg , ReheOhneTot$kategorie, median)

# Statistische Auswertung / Darstellung
# Strassen Tag
kruskal.test(PercUse_d_dstr ~ kategorie, ReheOhneTot)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr, ReheOhneTot$kategorie)
png("Resultate/img/prozentStrassenTag.png")
boxplot(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat, ylab = "Prozent
[%]", xlab = "Distanzkategorie", ylim = c(0, 100), main = "Nutzen in Prozent
Strassen Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()

# Strassen Nacht
kruskal.test(PercUse_n_dstr ~ kategorie, ReheOhneTot)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr, ReheOhneTot$kategorie)
png("Resultate/img/prozentStrassenNacht.png")
boxplot(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat, ylab = "Prozent
[%]", xlab = "Distanzkategorie", ylim = c(0, 100), main = "Nutzen in Prozent
Strassen Nacht", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()

# Strassen & Wege Tag
kruskal.test(PercUse_d_dstr_weg ~ kategorie, ReheOhneTot)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr_weg, ReheOhneTot$kategorie)
png("Resultate/img/ProzentStrassenWegeTag.png")
boxplot(ReheOhneTot$PercUse_d_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat, ylab =
"Prozent [%]", xlab = "Distanzkategorie", ylim = c(0, 100), main = "Nutzen in
Prozent Strassen & Wege Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()

# Strassen & Wege Nacht
kruskal.test(PercUse_n_dstr_weg ~ kategorie, ReheOhneTot)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr_weg, ReheOhneTot$kategorie)
```

```

png("Resultate/img/ProzentStrassenWegeNacht.png")
boxplot(ReheOhneTot$PercUse_n_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat, ylab =
"Prozent [%]", xlab = "Distanzkategorie", ylim = c(0, 100), main = "Nutzen in
Prozent Strassen & Wege Nacht", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main =
1.5)
dev.off()

```

## Diagramme erstellen

```

# einlesen
ReheIvlev <- read.csv("Resultate/ReheIvlev.csv")

# Rehe ohne Total
ReheOhneTot <- subset(ReheIvlev, ReheIvlev$dist_cat < 10)
ReheOhneTot <- ReheOhneTot[order(ReheOhneTot$sortId),]

# Boxplot Ivlev / DK Strassen Tag
png("Resultate/img/IvlevDistCat_d_dstr.png")
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat, xlab =
"Distanzkategorie", ylab = "Ivlev-Index", ylim = c(-1,1), main = "Ivlev-Index
Strassen Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()
# Boxplot Ivlev / DK Strassen Nacht
png("Resultate/img/IvlevDistCat_n_dstr.png")
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat, xlab =
"Distanzkategorie", ylab = "Ivlev-Index", ylim = c(-1,1), main = "Ivlev-Index
Strassen Nacht", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()
# Boxplot Ivlev / DK alle Strassen & Wege Nacht
png("Resultate/img/IvlevDistCat_n_dstr_weg.png")
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat, xlab =
"Distanzkategorie", ylab = "Ivlev-Index", ylim = c(-1,1), main = "Ivlev-Index
Strassen & Wege Nacht", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()
# Boxplot Ivlev / DK alle Strassen & Wege Tag
png("Resultate/img/IvlevDistCat_d_dstr_weg.png")
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat, xlab =
"Distanzkategorie", ylab = "Ivlev-Index", ylim = c(-1,1), main = "Ivlev-Index
Strassen & Wege Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()

# Darstellung Fläche pro Reh pro Distanzklasse
for (i in 1:15) {
  Reh1 <- subset(ReheOhneTot, TierID == paste0("RE",i))
  maxreh = max(Reh1$area)
  anzahlzeichen = nchar(maxreh)
  ylimit = round((signif(max(Reh1$area), digits = anzahlzeichen) +
10^(anzahlzeichen-2))/100)*100
  png(paste0("Resultate/img/FlaecheDistkat",i,".png"))
  barplot(Reh1$area, names.arg = Reh1$dist_cat, xlab = "Distanzkategorie",
ylab = "Fläche [qm]", main = paste0("Fläche pro DK von Reh ",i), ylim =
c(0,ylimit), yaxp = c(0,ylimit,5), cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.3, cex.main =
1.5)
  dev.off()
}

# min und max der gesamten verfügbaren Fläche pro Distankategorie
TotalFlaeche = tapply(ReheOhneTot$area, ReheOhneTot$dist_cat, sum)/1000000
min(TotalFlaeche)
max(TotalFlaeche)

```

```
# Darstellung gesamt Fläche pro Distanzkategorie
png("Resultate/img/FlaecheDistkat.png")
barplot(TotalFlaeche, names.arg = c(1,2,3,4,5), xlab = "Distanzkategorie",
ylab = "Fläche [qkm]", main = "Fläche pro DK von allen Rehen", ylim = c(0,
1.3), yaxp = c(0, 1.3, 2), cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
dev.off()
```

## Analyse mit Störung

```
# einlesen
ReheIvlev <- read.csv("Resultate/ReheIvlev.csv")

for (i in (1:length(ReheIvlev$ID))){
  if(ReheIvlev$TierID[i] == "RE1" || ReheIvlev$TierID[i] == "RE2" ||
ReheIvlev$TierID[i] == "RE7" || ReheIvlev$TierID[i] == "RE12" ||
ReheIvlev$TierID[i] == "RE13"){
    ReheIvlev$stoerung[i] = 3
  } else if(ReheIvlev$TierID[i] == "RE4" || ReheIvlev$TierID[i] == "RE5" ||
ReheIvlev$TierID[i] == "RE6" || ReheIvlev$TierID[i] == "RE10" ||
ReheIvlev$TierID[i] == "RE11" || ReheIvlev$TierID[i] == "RE14"){
    ReheIvlev$stoerung[i] = 2
  }else{
    ReheIvlev$stoerung[i] = 1
  }
}

# faktorisieren
ReheIvlev$stoerung <- factor(c(ReheIvlev$stoerung), labels = c("gering",
"mittel", "stark"))

# Rehe ohne Total
ReheOhneTot <- subset(ReheIvlev, ReheIvlev$dist_cat < 10)
ReheOhneTot <- ReheOhneTot[order(ReheOhneTot$sortId),]

# Boxplot ST mit Störung
png("Resultate/img/IvlevST_Stoerung.png")
par(oma = c(2, 0, 0, 0), xpd = NA)
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat /
ReheOhneTot$stoerung, ylab = "Ivlev-Index", las = 3, col = c(2:6), ylim = c(-
1,1), main = "Strassen Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
mtext(side=1, text="DK und Störungsintensität", line=6, cex = 1.5)
legend(0.1,1, c(1:5), pch = 15, col = c(2:6), title = "DK")
dev.off()

# Boxplot SN mit Störung
png("Resultate/img/IvlevSN_Stoerung.png")
par(oma = c(2, 0, 0, 0), xpd = NA)
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr ~ ReheOhneTot$dist_cat /
ReheOhneTot$stoerung, ylab = "Ivlev-Index", las = 3, col = c(2:6), ylim = c(-
1,1), main = "Strassen Nacht", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
mtext(side=1, text="DK und Störungsintensität", line=6, cex = 1.5)
legend(0.1,1, c(1:5), pch = 15, col = c(2:6), title = "DK")
dev.off()

# Boxplot SWT mit Störung
png("Resultate/img/IvlevSWT_Stoerung.png")
par(oma = c(2, 0, 0, 0), xpd = NA)
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat /
ReheOhneTot$stoerung, ylab = "Ivlev-Index", las = 3, col = c(2:6), ylim = c(-
```

```

1,1), main = "Strassen & Wege Tag", cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5, cex.main =
1.5)
mtext(side=1, text="DK und Störungsintensität", line=6, cex = 1.5)
legend(0.1,1, c(1:5), pch = 15, col = c(2:6), title = "DK")
dev.off()

# Boxplot SWN mit Störung
png("Resultate/img/IvlevSWN_Stoerung.png")
par(oma = c(2, 0, 0, 0), xpd = NA)
boxplot(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr_weg ~ ReheOhneTot$dist_cat /
ReheOhneTot$stoerung, ylab = "Ivlev-Index", col = c(2:6), ylim = c(-1,1),
main = "Strassen & Wege Nacht", las = 3, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
cex.main = 1.5)
mtext(side=1, text="DK und Störungsintensität", line=6, cex = 1.5)
legend(0.1,1, c(1:5), pch = 15, col = c(2:6), title = "DK")
dev.off()

```

## Statistische Tests

```

# einlesen
ReheIvlev <- read.csv("Resultate/ReheIvlev.csv")

## Analyse ohne Störung
# Rehe ohne Total
ReheOhneTot <- subset(ReheIvlev, ReheIvlev$dist_cat < 10)
ReheOhneTot <- ReheOhneTot[order(ReheOhneTot$sortId),]

# Alle Strassen & Wege Tag
shapiro.test(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr_weg, ReheOhneTot$dist_cat)

# Alle Strassen & WegeNacht
shapiro.test(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.t.test(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr_weg, ReheOhneTot$dist_cat)

# Strassen Nacht
shapiro.test(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(ReheOhneTot$ivlev_n_dstr, ReheOhneTot$dist_cat)

# Strassen Tag
shapiro.test(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr)
pairwise.wilcox.test(ReheOhneTot$ivlev_d_dstr, ReheOhneTot$dist_cat)

## Analyse mit Störung
# ST
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
1)$ivlev_d_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
2)$ivlev_d_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
3)$ivlev_d_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.wilcox.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
4)$ivlev_d_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_d_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
5)$ivlev_d_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$stoerung)

```

```
# SN
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
1)$ivlev_n_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.wilcox.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
2)$ivlev_n_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
3)$ivlev_n_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
4)$ivlev_n_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_n_dstr_weg)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat ==
5)$ivlev_n_dstr_weg, subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$stoerung)

# SWT
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_d_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_d_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_d_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_d_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_d_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_d_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_d_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_d_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_d_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_d_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$stoerung)

# SWN
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$ivlev_n_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 1)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$ivlev_n_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 2)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$ivlev_n_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 3)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$ivlev_n_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 4)$stoerung)
shapiro.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_n_dstr)
pairwise.t.test(subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$ivlev_n_dstr,
subset(ReheOhneTot, ReheOhneTot$dist_cat == 5)$stoerung)
```

## Durchschnittliche Distanz berechnen

```
# einlesen
rehdaten <- read.csv("Grundlagen/RoeDeer_151115_Str.csv", sep=";")

# Alle Strassen & Wege
durch_d_str_weg <- tapply(rehdaten$d_str_weg, rehdaten$TierID, mean)
durch_d_str_weg <- as.data.frame(durch_d_str_weg)
png("Resultate/img/durchDistStrWege.png")
plot(durch_d_str_weg, ylim=c(20,150), ylab = "durchschn. Distanz [m]", main =
"Durchschnittliche Distanz Strassen & Wege", xlab = "Reh", cex.lab = 1.5,
cex.axis = 1.5, cex.main = 1.5)
abline(h = mean(durch_d_str_weg$durch_d_str_weg), col = 2)
legend(1,150, c("Distanz", "Durchschnitt"), pch = c(21,21), pt.cex=c(1,0),
lty= c(0,1), col = c(1,2), cex = 1.5)
dev.off()
mean(durch_d_str_weg$durch_d_str_weg)
min(durch_d_str_weg$durch_d_str_weg)

# Strassen
durch_d_str <- tapply(rehdaten$d_str, rehdaten$TierID, mean)
durch_d_str <- as.data.frame(durch_d_str)
png("Resultate/img/durchDistStr.png")
plot(durch_d_str,ylim = c(20,150), ylab = "durchschn. Distanz [m]", main =
"Durchschnittliche Distanz Strassen", xlab = "Reh", cex.lab = 1.5, cex.axis =
1.5, cex.main = 1.5)
abline(h = mean(durch_d_str$durch_d_str), col=2)
legend(1,150, c("Distanz", "Durchschnitt"), pch = c(21,21), pt.cex=c(1,0),
lty= c(0,1), col = c(1,2), cex = 1.5)
dev.off()
mean(durch_d_str$durch_d_str)
min(durch_d_str$durch_d_str)
```