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

Monitoring von Wildhuftieren im Projektgebiet Wisent Thal

Bachelorarbeit

Von
Büchler Florio
Bachelorstudiengang 2020
Abgabedatum: 03.11.2023
Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Dr. Claudio Signer
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Schloss
8820 Wädenswil

Dr. Darius Weber
Gutachter, Berater, Forscher im Umgang mit Wildtieren und Natur
Bündtenstrasse 16
4118 Rodersdorf

Benjamin Sigrist
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Schloss
8820 Wädenswil

Zitiervorschlag: Büchler, F. (2023), Monitoring von Wildhuftieren im Projektgebiet Wisent Thal, Bachelorarbeit, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.

Abstract

The present study focuses on the monitoring of Alpine chamois *(Rupicapra rupicapra)* and potentially other ungulates such as roe deer *(Capreolus capreolus)* and red deer *(Cervus elaphus)* in the project area of the Wisent Thal reintroduction project. In order to assess the influence of the bison presence on local ungulate populations during the project period and beyond, a monitoring method was developed and applied. The feces count method was applied in square survey areas distributed throughout the project area to gain insights into the distribution and habitat choice of the species. The results of the investigations show that chamois prefer steep and open areas while avoiding southern regions of the area, presumably due to human disturbances and flatter topography. Interestingly, less roe deer feces were found, possibly explained by the high presence of lynx *(Lynx lynx)* in the region, as they have a stronger impact on the roe deer population than on the chamois population. The identification of red deer tracks confirms earlier observations and emphasizes the increasing presence of this species in the region. The applied monitoring method has proven effective in gaining insights into the distribution and habitat use of ungulate species. The study provides a basis for long-term monitoring and possibly future measures for the management of local ungulate populations in relation to the reintroduction of the European bison *(Bison bonasus)*.

KEY WORDS: Reintroduction European bison (bison bonasus), Alpine chamois (rupicapra rupicapra), wild ungulates, Wisent Thal, wildlife monitoring, wildlife management

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Monitoring von Gämsen *(Rupicapra rupicapra)* und gegebenenfalls anderen Wildhuftieren wie Reh *(Capreolus capreolus)* und Rothirsch *(Cervus elaphus)* im Projektgebiet des Wiederansiedlungsprojektes Wisent Thal. Um während des Projektzeitraums und darüber hinaus den Einfluss des Wisentaufkommens auf die örtlichen Wildhuftierpopulationen abschätzen zu können, wurde eine Monitoring-Methode ausgearbeitet und angewendet. Das Losungszählverfahren wurde in quadratischen Untersuchungsflächen, welche im Projektgebiet verteilt wurden, angewendet, um Erkenntnisse über die Verbreitung und Habitatwahl der Arten zu gewinnen. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass Gämsen bevorzugt steile und offene Gebiete nutzen, während sie südliche Regionen des Gebiets meiden, vermutlich aufgrund menschlicher Störungen und flacherer Topografie. Interessanterweise wurde seltener Rehkot gefunden, was möglicherweise mit der hohen Luchspräsenz *(Lynx lynx)* in der Region zu erklären ist, da diese stärker in die Rehpopulation eingreift als in die Gamspopulation. Die Identifizierung von Rothirschspuren bestätigt frühere Beobachtungen und unterstreicht die zunehmende Präsenz dieser Art in der Region. Die angewandte Monitoring-Methode hat sich als effektiv erwiesen, um Einblicke in die Verteilung und die Gebietsnutzung von Wildhuftierarten zu gewinnen. Die Arbeit bietet eine Grundlage für ein längerfristiges Monitoring und möglicherweise zukünftige Maßnahmen für das Management der örtlichen Wildhuftierpopulationen im Zusammenhang mit der Wiederansiedlung des Wisents *(Bison bonasus)*.

Schlagworte: Wiederansiedlung Wisent (Bison bonasus), Gämse (Rupicapra rupicapra), Wildhuftiere, Wisent Thal, Wildtiermonitoring, Wildtiermanagement

Inhalt

1 Einleitung 5

2 Methoden 6

2.1 Untersuchungsgebiet 6

2.2 Datenerfassung 6

2.2.1 Kotnachweise Gämse 6

2.2.2 Weitere Nachweise 8

2.3 Zeiterfassung 9

2.4 Protokoll & Datenanalyse 9

3 Resultate 9

3.1 Gamspräsenz 9

3.1.1 Frequentierung & Variation 9

3.1.2 Fundort-Analyse 10

3.1.3 Topografie & Vegetation 11

3.2 Andere Wildhuftiere 11

3.2.1 Kotfunde 11

3.2.2 Sichtungen der Wildhuftiere 12

3.2.3 Wildwechsel 12

3.3 Zeitliche Auswertung 12

4 Diskussion 13

4.1 Gebietsnutzung der Gämse & mögliche Gründe 13

4.2 Reh und Rothirsch 14

4.3 Methodische Aspekte 14

5 Schlussfolgerung 15

6 Literatur 16

Anhang

Anhang A: Feldprotokoll

Anhang B: Poster

Anhang C: Abbildungen & R-Skripte

1 Einleitung

Der Übergang vom Pleistozän zum Holozän, eine Zeitspanne, die sich über Millionen von Jahren erstreckte, brachte in Europa Veränderungen in der Artenzusammensetzung und im Artvorkommen mit sich. Viele grosse Landsäugetiere, darunter Arten wie das Wollnashorn, das Mammut und der Steppenbison, verschwanden. Aus letzterem gingen die zwei Arten Amerikanischer Bison *(Bison bison)* und Wisent *(Bison bonasus)* hervor (Olech & Perzanowski, 2020; Soubrier et al., 2016). Der Wisent, auch als Europäischer Bison bekannt, verbreitete sich während des Pleistozäns über den Europäischen Kontinent. Umweltveränderungen und der Druck des Menschen brachten die Wisente Anfang des 19. Jahrhunderts an den Rand des Aussterbens (Bocherens et al., 2015). Auf genetischer Grundlage weniger Tiere, welche in Zoos und Tierparks überlebt hatten, wurde ein Zuchtprogramm gestartet, welches die Wiederauswilderung der Wisente zum Ziel hatte. Seither kam es in einigen europäischen Ländern zu erfolgreichen Wiederansiedelungen, sodass heute wieder an die 7000 freilebende Wisente durch Europa streifen (Olech & Perzanowski, 2020).

Das Projekt Wisent Thal im Solothurner Jura, Schweiz, strebt ebenfalls die Wiederansiedlung des grössten Wildtiers Europas an. Eine Testherde von fünf Tieren wurde im Gebiet in Halbfreiheit ausgesetzt. Im Verlauf des Projekts sind mehrere Phasen geplant, in denen das Gehege schrittweise erweitert wird. Dies dient der Überprüfung, ob diese Tiere in der heutigen Kulturlandschaft tragbar sind (Wisent Thal, 2022). Mitunter interessiert der Aspekt über den Einfluss des Wisentaufkommens auf die bereits vorhandenen Wildhuftierarten, wie Gämse (*Rupicapra rupicapra*), Reh (*Capreolus capreolus*) und teilweise Rothirsch (*Cervus elaphus*). Um diesen Einfluss dokumentieren zu können, müssen zuerst Informationen über die Tierart von Interesse in Erfahrung gebracht werden. Dazu ist die Wahl der richtigen Monitoring-Methode von grosser Bedeutung, denn ein effektives Monitoring bildet wiederum einen wesentlichen Bestandteil des Wildtiermanagements (Imesch et al., 2022). Abhängig ist die Wahl der Methode von den Parametern, welche in Erfahrung gebracht werden sollen. Dazu können beispielsweise die Populationsgrösse, die Dichte oder die Reproduktionsrate einer Population gehören (Iijima, 2020; Imesch et al., 2022; Laing et al., 2003; Scheaffer et al., 2012; Schwarz & Seber, 1999). Ein weiterer entscheidender Faktor ist auch, ob es sich um eine offene oder um eine geschlossene Population handelt. Eine Population gilt als offen, wenn während des Monitorings Ereignisse wie Geburt, Tod und Ein- oder Auswanderung auftreten (Schwarz & Seber, 1999). Ausserdem beeinflusst der Habitatstyp die Wahl der Methode. In offenen, gut übersichtlichen Gebieten können direkte Zählmethoden wie Ansitzzählung oder die Auswertung von Bildmaterial oft erfolgreich angewendet werden (Bailey & Putman, 1981; Schwarz & Seber, 1999). In unübersichtlichem Gelände wird meist auf indirekte Zählmethoden zurückgegriffen, wie beispielsweise das Zählen von Kotansammlungen auf einer vordefinierten Fläche (Kohn & Wayne, 1997; Nöthiger-Koch & Griffel, 2010). Beim Monitoring der Gämse im Projektgebiet Wisent Thal habe ich ebenfalls auf diese indirekte Zählmethode zurückgegriffen. Im Rahmen einer vorangegangenen Arbeit hatte ich diese bereits ausgearbeitet und getestet.

Die aktuelle Arbeit soll unter Anwendung der eben erwähnten Methode folgende Fragestellungen untersuchen:

- Wie stark werden die verschiedenen Bereiche/Aussetzungszonen des Projektgebiets von Gämsen und gegebenenfalls anderen Wildhuftieren frequentiert?
- Wie hoch ist die Variation der Nutzung der verschiedenen Bereiche/Aussetzungszonen durch die Wildhuftiere?
- Eignet sich die gewählte Methodik für ein längerfristiges Monitoring der Wildhuftiere im Projektgebiet?

2 Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Gebiet liegt südöstlich der Gemeinde Welschenrohr im Kanton Solothurn (Abb. 1 & 2). Das Waldstück, in welchem sich das Untersuchungsgebiet befindet, gehört zu den grössten zusammenhängenden Waldflächen der Schweiz (BAFU, 2022). Das Untersuchungsgebiet bewegt sich in einer Höhenlage zwischen 700 - 1000 m ü. M. und setzt sich vor allem aus den zwei typischen Waldgesellschaften Zahnwurz-Buchenwald und Waldmeister-Buchenwald zusammen. Im obersten Bereich verläuft eine Krete in Ost-West-Richtung durch das Untersuchungsgebiet, auf welcher der Waldstandort Orchideen-Föhrenwald vorzufinden ist. Vor allem der Südhang weist auch Seggen-Buchenwald mit Weissegge und Blaugras auf (Frehner et al., 2009; Kaufmann et al., 2015). Das Gebiet liegt an den Hängen der ersten Jurakette und ist topografisch sehr divers. Über weite Teile ist es jedoch sehr steil und unwegsam, teilweise sogar mit einzelnen Klippen und Felsabhängen.
Das eigentliche Untersuchungsgebiet liegt im und um den Perimeter der Phase 2 des Projektes Wisent Thal. Es ist vorgesehen, dass die Wisente, welche sich bisher nur innerhalb des Phase-1-Perimeters befinden, sich in einem nächsten Schritt auch im Phase-2-Perimeter aufhalten können. Dieser ist im Gegensatz zum Phase-1-Perimeter aber noch nicht eingezäunt und ist bis anhin lediglich auf Papier gekennzeichnet (Abb. 2) (Wisent Thal, 2022). Innerhalb des Perimeters der Phase 2 befinden sich also noch keine Wisente.

Abbildung 1: *Lage des Projektes Wisent Thal im Kanton Solothurn, Schweiz (Geodaten: swissBOUNDARIES3D, swisstopo).*

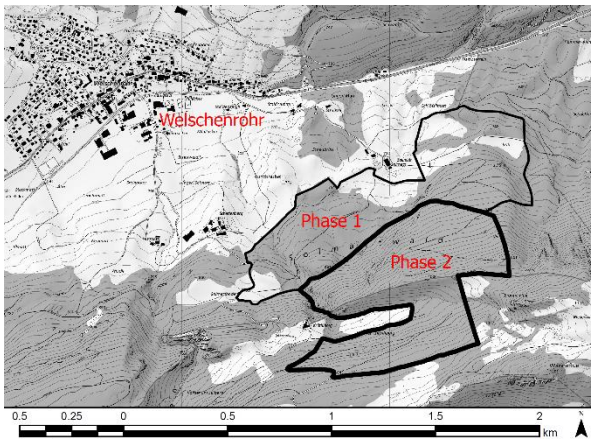


Abbildung 2: *Lage der zwei Projektphasen-Perimeter des Projektes Wisent Thal bei Welschenrohr (Geodaten: swissRASTER10, swisstopo).*

2.2 Datenerfassung

2.2.1 Kotnachweise Gämse

In dieser Arbeit habe ich eine praxisorientierte Methode zur Datenerhebung angewendet, bei der ich Exkremente spezifischer Tierarten, vor allem Gämse, sammelte und quantifizierte. Mit diesem Ansatz können indirekte Nachweise des Vorkommens und der Verbreitung der Tierart in einem bestimmten Gebiet erfasst werden. Beim Losungszählungsverfahren wird ein Probeflächennetz über die zu untersuchende Fläche gelegt, innerhalb welcher die Probenahme stattfindet (Harris et al., 2013; Tottewitz et al., 1996).
In diesem Fall beprobte ich ein Netz aus 29 Quadraten, welche sich im und um den Phase-2-Perimeter befinden (Abb. 3). Dies mit der Absicht, die Nutzung und Verteilung der Gämsen in diesem Gebiet zu untersuchen, bevor sich die Wisente auch dort aufhalten können. Die einzelnen Probeflächen besitzen eine Seitenlänge von 33x33 m und wurden zwischen dem 13. April 2023 und dem 11. August 2023 je vier Mal in einem Abstand von 4-6 Wochen abgesucht und gereinigt (Entfernen des gefundenen Kotes). Die Suche nach Gamslosung innerhalb der Quadrate erfolgte mithilfe einer Transektlinie (Scheaffer et al., 2012; Sutherland, 2006). Dabei habe ich jedes Quadrat systematisch in S-förmigen Linien durchlaufen, wobei ich immer einen Abstand von 2 m eingehalten habe. Somit konnte ich einen Bereich von beidseitig 1 m absuchen und mich von der unteren linken bis zur oberen rechten Quadratecke in Hangrichtung

hocharbeiten (Abb. 4). Bei allen vier Feldbegehungen habe ich jeweils dieselbe Quadratreihenfolge beim Ablaufen befolgt (Abb. 5).
Eine detailliertere Erläuterung der Ausarbeitung der Monitoring-Methode in der vorangegangenen Arbeit kann der Box 1 entnommen werden.

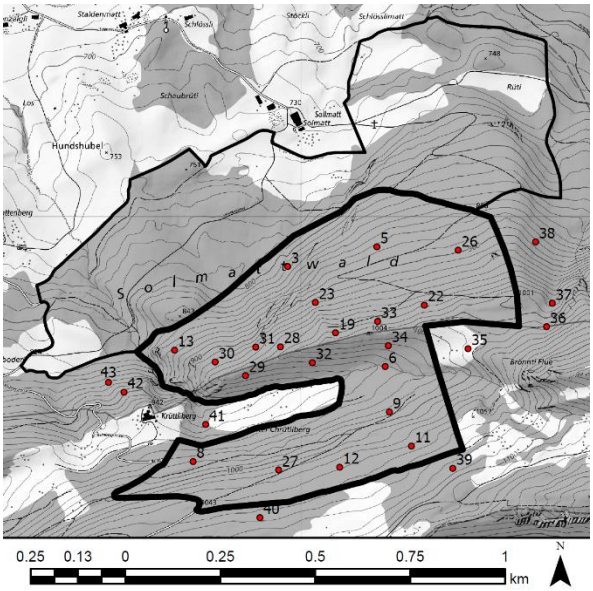


Abbildung 3: *Verteilung der Probeflächen (Quadrate) im und um den Phase-2-Perimeter (Geodaten: swissRASTER10, swisstopo).*
Anmerkung: Die Nummerierung der Quadrate basiert auf der Vorarbeit in Büchler (2023). Dabei wurden die Positionen der Quadrate generiert, neue hinzugefügt oder wieder gestrichen. Da ich im Feld bereits Markierungen mit diesen Nummern angebracht habe, behielt ich sie für diese Arbeit bei.

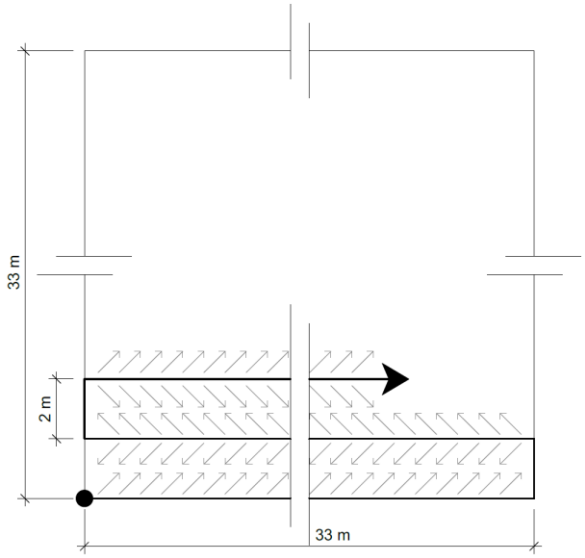


Abbildung 4: *Transekt-Linien-Verfahren zum Absuchen der Probeflächen.*

Ausarbeitung der Monitoring-Methode der vorangegangene Projektarbeit (Büchler, 2023)
Die Zielsetzung meiner vorangegangenen Arbeit war es, das Losungszählverfahren auf das Projektgebiet anzuwenden. Bevor ich aber die Probeflächen im Gebiet setzen und markieren konnte, galt es, sich erst über einige Punkte wie Flächenform- und grösse Gedanken zu machen. Bei der Form der Probeflächen werden oft Quadrate, Rechtecke oder Kreise gewählt (Laing et al., 2003; Leslie et al., 2008). In diesem Fall habe ich mich für quadratförmige Probeflächen entschieden, da es eine Vielzahl wissenschaftlicher Studien gibt, welche ebenfalls auf diese Form zurückgreifen (Bailey & Putman, 1981; Harris et al., 2013; Sawaya et al., 2012; Schwarz & Seber, 1999). Die Grösse der Quadrate war eine Frage von Aufwand und Ertrag. Bei sehr kleinen Quadraten bestand die Wahrscheinlichkeit, dass nur wenige bis gar keine Kotnachweise gefunden würden. Ausserdem könnten Randeffekte, also das Mitzählen von knapp ausserhalb liegenden Kotnachweisen, nicht ausgeschlossen werden. Sehr grosse Quadrate hingegen tendierten dazu, unübersichtlich und sehr aufwändig beim Begehen zu werden (Sutherland, 2006). Nach einigen Überlegungen, welche zusätzlich Faktoren wie Hangneigung und Vegetationsdichte miteinbezogen, habe ich mich entschieden, drei Varianten im Feld zu testen. Diese waren Quadrate mit 15 m, 30 m und 45 m Seitenlänge. Nach Tests im Feld habe ich mich für den Mittelweg entschieden und die Variante mit Seitenlänge 30 m gewählt. Dieses Mass gewährleistete das Absuchen einer relativ grossen Fläche, war aber noch übersichtlich genug, um nicht die Orientierung innerhalb der Quadrate zu verlieren. Aus Gründen der vereinfachten Hochrechnung der Fläche auf eine Hektare habe ich die Quadrate dann noch von 30 m auf 33 m Seitenlänge vergrössert. Nun konnten die Probeflächen im Gebiet platziert werden. Deren Lage habe ich zufällig mit ArcGIS Pro generiert. Die Ausrichtung der Quadrate im Feld erfolgte hangparallel. Zur Kennzeichnung habe ich jeweils die untere linke und die obere rechte Ecke, in Hangrichtung geblickt, mit farbigen Holzpföstchen markiert. Anfänglich handelte es sich um nur knapp 15 Quadrate. Im Laufe der Arbeit habe ich einige ergänzt und andere aus Gründen der Unzugänglichkeit im Feld wieder gestrichen. Im Hinblick auf die aktuelle Arbeit habe ich zusätzlich einige Quadrate ausserhalb des Perimeters gesetzt, um mögliche Unterschiede dokumentieren zu können. So entstand das Probeflächennetz aus 29 Quadraten für das Monitoring der aktuellen Arbeit. Innerhalb der Quadrate wurde das Linien-Transekt-Verfahren angewendet, bei dem die Fläche in S-Linienform abgelaufen wird und beidseitig in einem Bereich von 1 m nach Kotnachweisen gesucht wird (Scheaffer et al., 2012). *Der Start befand sich jeweils bei der unteren linken Ecke und die Transektlinie habe ich hangparallel, den Höhenlinien folgend, bis zur rechten oberen Ecke abgelaufen.*

Box 1: *Erläuterung der Monitoring-Methode, welche in der vorangegangenen Arbeit (Büchler, 2023) ausgearbeitet wurde.*

Nebst der Menge an Kothaufen, welche ich bei fünf gefundenen Kotbällchen als solche definiert habe, dokumentierte ich zudem deren Fundorte im Quadrat. Dazu notierte ich mir jeweils die Transektlinie, auf welcher ich mich beim Fund befand. Bei 33x33 m-Quadraten und einem Transektlinien-Abstand von 2 m waren dies 17 Linien pro Fläche (Anhang A: Feldprotokoll). Ich unterteilte jedes Quadrat in drei Flächen (Transektlinie 1-6, 7-12 und 13-17). Somit konnte ich bestimmen, in welchem Drittel der Kot gefunden wurde. Dies würde bei der Frage nach der Durchführbarkeit und allfälliger Optimierung der Monitoring-Methode helfen. Würde sich beispielsweise bei der Auswertung herausstellen, dass ein Grossteil des Kotes innerhalb der ersten beiden Drittel der Quadrate gefunden wurde, könnten in Zukunft kleinere Quadrate zu Gunsten einer höheren Anzahl verwendet werden. Der gefundene Kot habe ich mittels Bestimmungshilfe im Feld identifiziert und zugeordnet (Anhang A: Feldprotokoll).

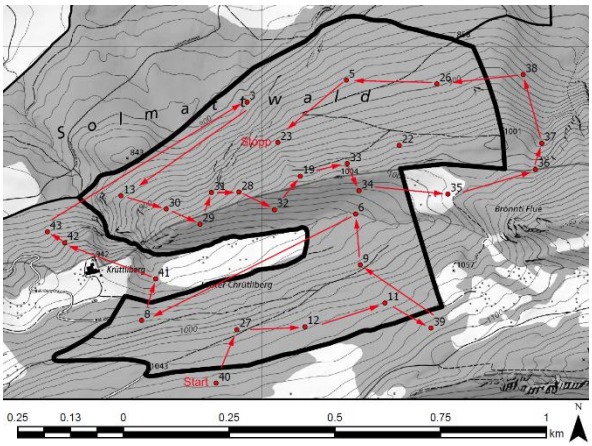


Abbildung 5: *Reihenfolge der Feldaufnahmen, beginnend bei Quadrat Nr. 40 und endend bei Quadrat Nr. 23 (Geodaten: swissRASTER10, swisstopo).*

2.2.2 Weitere Nachweise

Während der vier Feldbegehungen habe ich nicht nur Kotnachweise von Gämsen dokumentiert. Es kommen auch andere Wildhuftiere im Gebiet vor, welche ebenfalls von Interesse sind. Dazu gehören vor allem Rehe und vereinzelt auch Rothirsche. Auch von diesen beiden Arten habe ich Kotnachweise in den Quadraten gesammelt. Beim Reh habe ich, wie bei der Gämse, bei fünf gefundenen Kotbällchen einen Kothaufen gezählt. Beim Rothirsch habe ich pro gefundenen Kot einen Kothaufen gezählt. Ausserdem habe ich bei allen drei Arten Lagerplätze und Sichtungen (im Quadrat stehend) dokumentiert. Zusätzlich habe ich bei gefundenen Wildwechseln die Länge in Meter geschätzt. Des Weiteren habe ich die vorkommenden Baumarten aufgenommen. Dabei habe ich in jedem Quadrat jeweils die drei häufigsten Arten gezählt. Die Deckungsgrade der verschiedenen Waldschichten habe ich ebenfalls abgeschätzt. Dazu gehören Geröll/vegetationsfreie Bereiche, Krautschicht, Strauchschicht und Baumschicht. Die Schätzung habe ich in 10%-Schritten mittels einer Zählhilfe (Anhang A: Feldprotokoll) durchgeführt. Auf den Feldprotokollen habe ich mir als Letztes zusätzlich die Sichtweite notiert. Diese habe ich ebenfalls schätzungsweise in Meter angegeben und jedes Quadrat in eine der vier Klassen eingeteilt:

- 0 – 15 m
- 15 – 30 m
- 30 – 47 m
- > 47 m

Für die Klasse > 47 m habe ich mich entschieden, weil dies die gerundete Diagonale eines 33x33 m Quadrates ist. Konnte ich von einer Eckmarkierung die diagonal gegenüber liegende Eckmarkierung erkennen und darüber hinaussehen, habe ich die Sichtweite als >47 m eingestuft. Von jedem Quadrat habe ich zudem die Hangneigung in Grad angegeben.

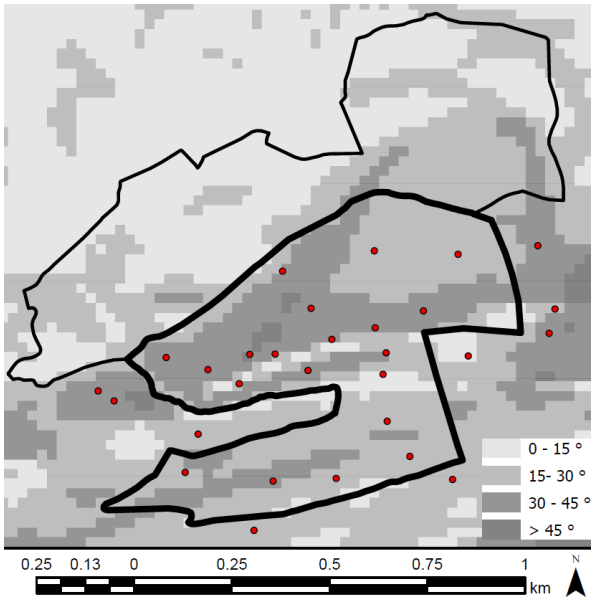


Abbildung 6: *Hangneigungen im Projektgebiet. Reklassifiziert in die vier Neigungsklassen (Geodaten: DHM25, swisstopo).*

Diese habe ich aber im Vorfeld durch Geodaten von swisstopo (DHM25) bestimmt. Nach einer Reklassifizierung entstanden folgende vier Neigungsklassen (Abb. 6):

- 0 – 15 °
- 15 – 30 °
- 30 – 45 °
- > 45 °

2.3 Zeiterfassung

Um die Eignung des Verfahrens für ein langfristiges Monitoring der Wildhuftiere im Projektgebiet abschätzen zu können, habe ich zusätzlich den zeitlichen Aufwand der Feldarbeit dokumentiert. Dazu habe ich während der vier Feldbegehungen jeweils für jedes Quadrat die Startzeit und die Dauer der Transekterhebung notiert. Daraus ergab sich die Endzeit und mit der Differenz zur nächsten Startzeit folglich auch die Zeit, die ich benötigt habe, um zum nächsten Quadrat zu gelangen. Da ich bei jedem der vier Durchgänge jeweils die gleiche Ablauf-Reihenfolge der Quadrate eingehalten habe, bin ich auch jedes Mal ungefähr die gleiche Strecke gelaufen.

2.4 Protokoll & Datenanalyse

Alle Aufnahmen habe ich im Feld mittels eines Feldprotokolls dokumentiert (Anhang A: Feldprotokoll). Dieses konnte ich im Grundgerüst von einer früheren Bachelorarbeit übernehmen und habe es auf die Fragestellungen meiner Arbeit angepasst (Rudin, 2021). Die Daten habe ich mit RStudio (Version 1.3.1093) und r (Version 4.0.3) eingelesen und ausgewertet. Einige Resultate habe ich auch mittels Karten und ArcGIS Pro (Version 3.0.3) dargestellt. Ausserdem habe ich ebenfalls mit RStudio und r die Rang-Korrelation nach Spearman von Kotfunden und Hangneigung sowie von Kotfunden und Vegetationsdichte (gemessen in Sichtweite) untersucht (Cohen et al., 2002). Da ich beide Parameter (Hangneigung und Sichtweite) im Feld in Klassen nach Gradneigung beziehungsweise Metersichtweite eingeteilt habe, musste ich den Klassen zuerst Ordnungsziffern zuordnen, um eine Rang-Korrelation durchzuführen (Tab. 1). Diese ist in diesem Fall besser geeignet als beispielsweise die Pearson-Korrelation, da die Schätzungen im Feld durch Ränge ersetzt wurden. Die Spearman-Korrelation misst den Zusammenhang der Ränge, wodurch der Test nicht auf eine Normalverteilung der Daten angewiesen ist. Ausserdem setzt die Spearman-Korrelation keinen linearen Zusammenhang der Daten voraus (Cohen, 1988; Cohen et al., 2002). Zum Beispiel muss aus einem Anstieg der Hangneigung nicht zwingend auch eine Zunahme der Kotfunde resultieren.

Bei der Berechnung der Signifikanz habe ich ein Konfidenzintervall von 95% (p = 0.05) angenommen.

Tabelle 1: *Reklassifizierung der im Feld aufgenommenen Parameter Hangneigung und Sichtweite, um eine allfällige Korrelation mit den Kotfunden zu überprüfen.*

Hangneigung		
0 – 15 °	→	1 = schwache Neigung
15 – 30 °	→	2= mittlere Neigung
30 – 45 °	→	3 = starke Neigung
> 45 °	→	*Im Gebiet kommen Hänge mit mehr als 45° Neigung vor, jedoch befinden sich dort keine Quadrate.*
Vegetationsdichte (Sicht)		
0 – 15 m	→	1 = schlechte Sicht
15 – 30 m	→	2 = mittlere Sicht
30 – 47 m	→	3 = gute Sicht
> 47 m (diag. Quadrat)	→	4 = sehr gute Sicht

3 Resultate

3.1 Gamspräsenz

3.1.1 Frequentierung & Variation

Insgesamt habe ich bei der 1. Begehung 55, bei der 2. Begehung 46, bei der 3. Begehung 52 und bei der 4. Begehung 62 Kothaufen gefunden. Dies ergibt ein Total von 215 gefundenen Kothaufen und einen Mittelwert von 7.41 Kothaufen pro Quadrat und einer Standardabweichung von 7.93.

Während der vier Feldbegehungen habe ich in 10 von 29 Quadraten keine Kothaufen finden können. In 4 Quadraten habe ich an einer der vier Begehungen Kot gefunden. In weiteren 9 Quadraten habe ich bei zwei von vier und in 4 Quadraten bei drei von vier Feldbegehungen Kothaufen gefunden. Lediglich bei 2 von 29

Quadraten habe ich bei allen vier Feldbegehungen auch Kot finden können (Abb. 7). Die gefundenen Kothaufen beschränken sich fast ausschliesslich auf nördlich der Krete gelegene Quadrate. Am südlichen Abhang der Krete befinden sich noch einige Quadrate, in denen ich ebenfalls Kothaufen finden konnte. Weiter südlich habe ich in keinem der sich dort befindenden Quadrate Kothaufen gefunden. Beim Betrachten der räumlichen Verteilung auf der Karte fällt auf, dass auf und an den Hängen der Krete am meisten Kot gefunden wurde (Abb. 8).

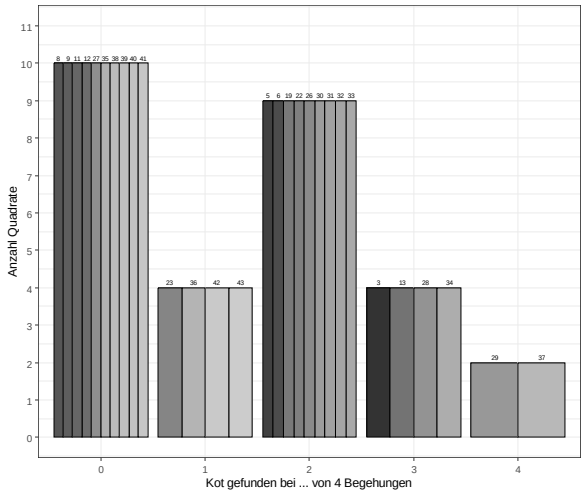


Abbildung 7: *Kot gefunden in den Quadraten bei 4 Feldbegehungen → Anzahl Quadrate, bei denen bei 0, 1, 2, 3 oder 4 Feldbegehungen Kot gefunden wurde. Die kleinen Nummern über den Balken bezeichnen die jeweiligen Quadrate. Bsp.: In Quadrat Nr. 34 wurde bei 3 von 4 Begehungen Kot gefunden.*

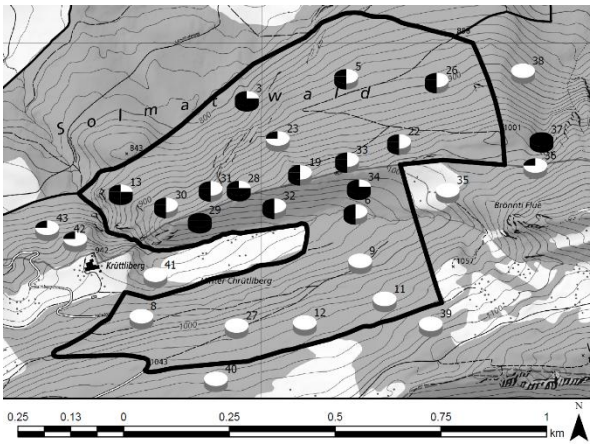


Abbildung 8: *Räumliche Verteilung der Kotfunde in den Quadraten (Geodaten: swissRASTER10, swisstopo).*
Anmerkung: Weisse Kreise → keine Kotfunde bei 4 Begehungen, ¼ schwarz → bei 1 von 4 Begehungen Kot gefunden, ½ schwarz → bei 2 von 4 Begehungen Kot gefunden, ¾ schwarz → bei 3 von 4 Begehungen Kot gefunden und schwarze Kreise → bei 4 von 4 Begehungen Kot gefunden.

3.1.2 Fundort-Analyse

Die Verteilung der Kotfunde in den einzelnen Quadraten fiel sehr unterschiedlich aus. Bei 4 Quadraten konnte ich in allen drei Dritteln Kothaufen finden. In 10 Quadraten habe ich in zwei von drei Dritteln Kot gefunden und in 5 Quadraten in einem von drei. In den restlichen 10 Quadraten habe ich in keinem der drei Dritteln Kot gefunden (Abb. 9). Über alle 29 Quadrate gerechnet, habe ich im ersten Drittel (Transekt-Linie 1-6) 55, im zweiten Drittel (Transekt-Linie 7-12) 94 und im letzten Drittel (Transekt-Linie 13-17) 66 Kothaufen gefunden. Dies ergibt folgende Erfolgschancen, in den jeweiligen Dritteln Kot zu finden:

- Transekt-Linie 1-6: 55 / 215 = 0.256 (ca. 25.6%)
- Transekt-Linie 7-12: 94 / 215 = 0.437 (ca. 43.7%)
- Transekt-Linie 13-17: 66 / 215 = 0.307 (ca. 30.7%)

Diese Werte über die Funde pro Drittel ermöglichen aufsummiert eine Auswertung nach der Fläche der Quadrate, also wie viel Kot in ⅓, ⅔ und der vollen Quadratfläche über alle Quadrate gefunden wurde:

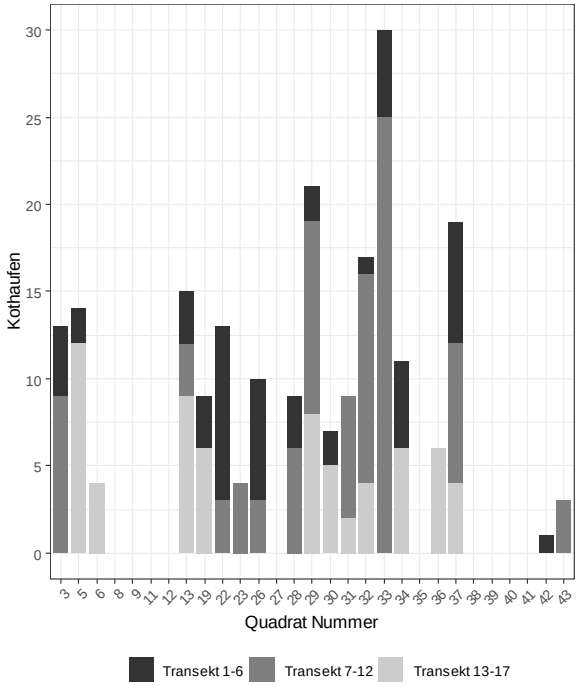


Abbildung 9: *Gesamtzahl gefundener Kothaufen pro Quadrat sowie die Zusammensetzung der Kotfunde in den einzelnen Quadraten aus den drei Dritteln Transekt-Linie 1-6, Transekt-Linie 7-12 und Transekt-Linie 13-17.*

- ⅓ der Quadratflächen: 55 / 215 = 0.256 (ca. 25.6% der Kotfunde)
- ⅔ der Quadratflächen: 149 / 215 = 0.693 (ca. 69.3% der Kotfunde)
- Gesamte Quadratflächen: 215 / 215 = 1.00 (100% der Kotfunde)

3.1.3 Topografie & Vegetation

Auf den ersten Blick zeigen die Diagramme eine positive Korrelation zwischen den Kotfunden und der Hangneigung beziehungsweise Sichtweite. Das bedeutet, dass sowohl die Sichtweite als auch die Neigung in einem Zusammenhang mit der Menge an gefundenem Kot steht. Einfach gesagt: Umso offener die Vegetation (bessere Sicht), desto eher halten sich die Gämse dort auf (mehr gefundener Kot). Und, umso steiler das Gelände, desto eher halten sich die Gämsen dort auf.

Der Korrelationskoeffizient und das Signifikanzniveau ergeben ein numerisches Mass für den Zusammenhang der Funde mit der Hangneigung resp. der Sichtweite.

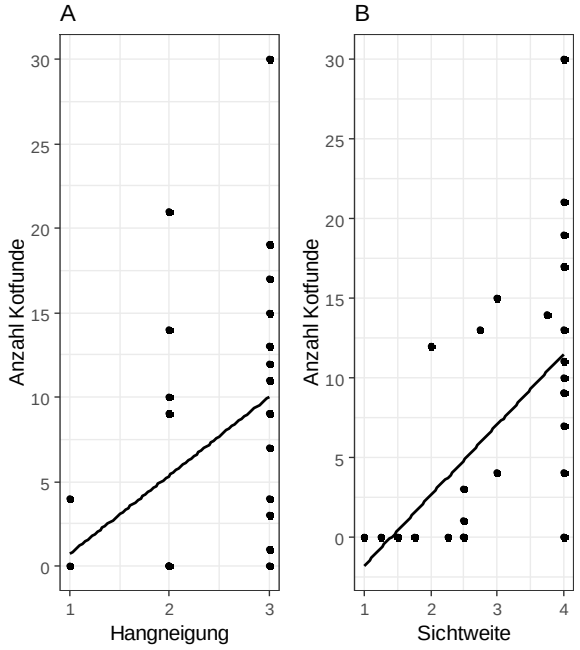


Abbildung 10: A: *Positive Korrelation zwischen dem gefundenen Kot und der Hangneigung von 0.42 und einem p-Wert von 0.023 bei einem Konfidenzintervall von 95% (p-Wert < 0.05),* ***B:*** *Positive Korrelation zwischen dem gefundenen Kot und der Vegetationsdichte (Sichtweite) von 0.57 und einem p-Wert von 0.001 bei einem Konfidenzintervall von 95% (p-Wert < 0.05).*
Anmerkung: Die Sichtweite wurde bei jeder Feldbegehung neu beurteilt und anschliessend in die Ränge eingeteilt. Das Diagramm (Sichtweite) zeigt den durchschnittlichen Rang jedes Datenpunktes über die vier Feldbegehungen. Deshalb liegen die Punkte teilweise dazwischen.

Der Korrelationskoeffizient der Kotfunde und der Hangneigung beträgt 0.42 und das Signifikanznieveau liegt bei α = 0.022. Dies deutet auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Hangneigung und der Gebietsnutzung der Gämsen hin (Abb. 10A).

Der Korrelationskoeffizient der Kotfunde und der Sichtweite beträgt 0.57 und das Signifikanznieveau liegt bei α = 0.001, was deutlich kleiner als 0.05 (Konfidenzintervall 95%) ist. Dies deutet darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen der Vegetationsdichte und der Gebietsnutzung der Gämsen hoch signifikant ist (Abb. 10B). Die Zwischenränge bei der Sichtweite rühren daher, dass diese bei jeder der vier Feldbegehungen neu beurteilt wurde (verschieden Jahreszeiten). Somit zeigen die Datenpunkte im Diagramm die Mittelwerte.

Zu beachten ist jedoch, dass nicht alle Kategorien der x-Achse mit gleich vielen Datenpunkten repräsentiert sind. Beispielsweise liegen nur zwei Datenpunkte (Quadrate) in der Kategorie «schwache Hangneigung» (0° - 15° Hangneigung, Rang 1).

3.2 Andere Wildhuftiere

3.2.1 Kotfunde

Insgesamt habe ich über alle vier Feldbegehungen und in allen 29 Quadraten 115 Reh-Kothaufen und 4 Rothirsch-Kothaufen gefunden (Abb. 11).

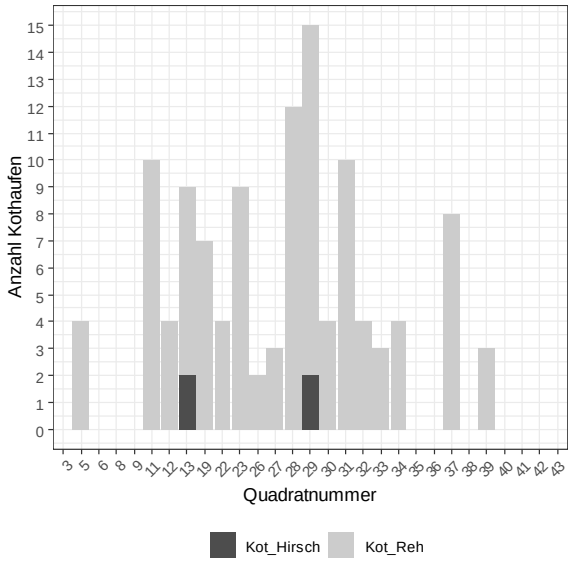


Abbildung 11: *Gesamte Anzahl Kotfunde (Kothaufen) in den Quadraten über alle vier Feldbegehungen von Rehen und Rothirschen.*

Die Reh-Kothaufen setzen sich aus Funden in 18 Quadraten zusammen, welche relativ gleichmässig über das Gebiet verteilt sind. In den Quadraten, in denen Wildwechsel registriert wurden, zeigt sich auch bei den Rehen eine höhere Dichte an gefundenem Kot. In 11 Quadraten habe ich keinen Rehkot gefunden. Die 4 Rothirsch-Kothaufen habe ich in den Quadraten Nr. 13 und Nr. 29 gefunden. Beide Quadrate befinden sich in steilem Gelände und sind von Wildwechseln durchzogen.

3.2.2 Sichtungen der Wildhuftiere

Währen der vier Feldbegehungen habe ich drei Gämsen und ein Reh gesichtet. Das Reh habe ich während der 2. Feldbegehung von Quadrat Nr. 42 aus gesichtet, eine Gämse während der 3. Feldbegehung von Quadrat Nr. 28 aus und zwei Gämsen während der 4. Feldbegehung von Quadrat Nr. 22 aus. Rothirsche konnte ich keine sichten.

3.2.3 Wildwechsel

Die Wildwechsel waren teilweise sehr gut als solche zu erkennen. Ich habe aber bei vier Feldbegehungen nur in 9 von 29 Quadraten Wildwechsel gefunden (Abb. 12). In einigen waren diese jedoch sehr deutlich. Vor allem in den Quadraten entlang der Krete waren viele gut sichtbare Wildwechsel vorhanden. Die Krete an sich verläuft einmal durch den ganzen Perimeter hindurch und ist praktisch auf ganzer Länge ein Wildwechsel. Dieser wird offenbar oft frequentiert, denn dort habe ich auch viel Kot von Wildhuftieren gefunden. Generell ist auffällig, dass 6 von 9 Quadraten mit Wildwechsel an oder auf der Krete liegen.

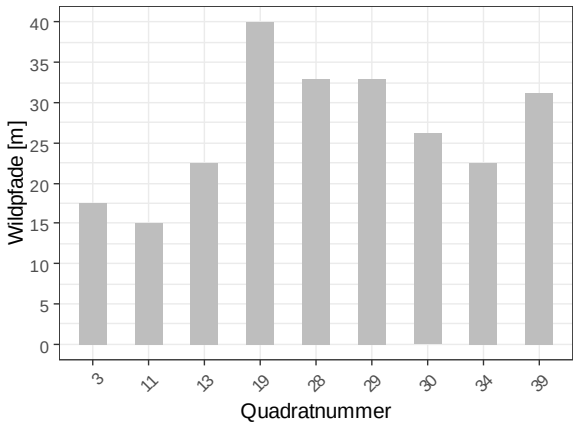


Abbildung 12: *Durchschnittliche Länge [m] der Wildwechsel in den Quadraten über vier Feldbegehungen.*

3.3 Zeitliche Auswertung

Die durchschnittliche Dauer, welche ich nur für das Ablaufen der Quadrate benötigt habe, beträgt rund 9 Stunden pro Feldbegehungs-Durchgang. Dazu kommen nochmals durchschnittlich 6.5 Stunden, die ich gebraucht habe, um die Strecken zwischen den Quadraten zu bewältigen. Rund 1.7 Stunden habe ich pro Durchgang Pause gemacht (Abb. 13). Über alle 29 Quadrate gerechnet bedeutet dies, dass ich durchschnittlich 18.5 Minuten pro Transekt und durchschnittlich circa 9 Minuten für die Verschiebung von Quadrat zu Quadrat abzüglich Pausenzeiten benötigt habe (Abb. 14).

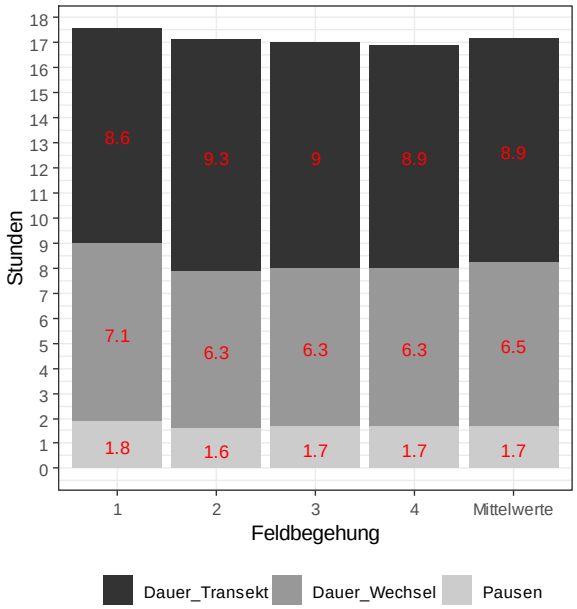


Abbildung 13: *Benötigte Zeit pro Feldbegehung in Stunden für die Begehung der Quadrate, die Verschiebung zwischen den Quadraten und eingelegte Pausen.*

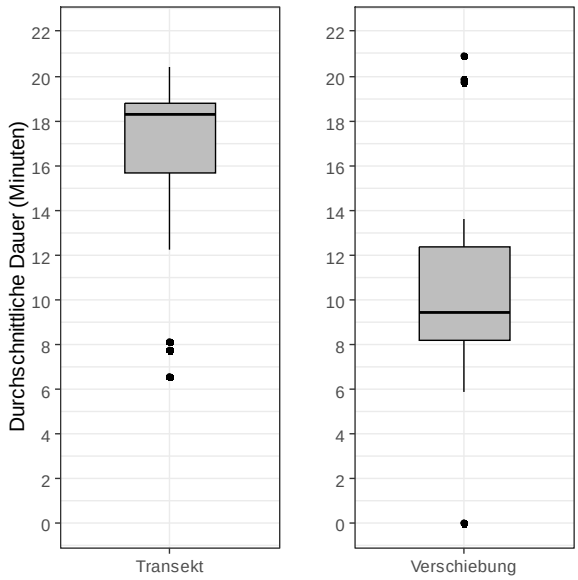


Abbildung 14: *Durchschnittliche Dauer der Begehung der Quadrate und der Verschiebung zwischen den Quadraten in Minuten.*

4 Diskussion

4.1 Gebietsnutzung der Gämse & mögliche Gründe

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Gebiet durchaus unterschiedlich genutzt wird durch die Gämsen. Auffallend ist die Verteilung der Nutzung auf die zwei Seiten, nördlich und südlich der Krete. Im südlichen Teil befinden sich 8 der 9 Quadrate, in welchen ich bei vier Feldbegehungen überhaupt keinen Gamskot gefunden habe. Mögliche Gründe dafür könnten, unter anderen, bei der Habitatpräferenz der Gämsen liegen. Gämsen treten normalerweise in höhergelegenen Regionen auf und besiedeln bevorzugt steile Hänge mit felsigen Rückzugsmöglichkeiten. Jedoch halten sie sich auch in tieferen Regionen auf, sofern solche steile Rückzugsmöglichkeiten vorhanden sind (Imesch et al., 2022). Der südliche Teil, in welchem ich keinen Kot finden konnte, befindet sich zwar am Gegenhang der Krete, ist jedoch über das gesamte Gebiet gesehen der ebenste Teil. Meine Auswertungen eines möglichen Zusammenhangs zwischen den Kotfunden und der Hangneigung bestätigen diese Annahme. Mit $\alpha = 0.022$ (<0.05) fällt dieser gar signifikant aus. Entgegen Abbildung 10A ist aber nicht von einem linearen Zusammenhang auszugehen. Denn ab einer gewissen Hangneigung, spätestens bei senkrechten Hängen, würde sich das Habitat für Gämsen auch nicht mehr eignen und folglich würde auch kein Kot mehr gefunden werden.

Möglicherweise würde das Resultat zudem beeinflusst, wären mehr Quadrate in flachem Gelände gesetzt worden, um eine gleichmässigere Vertretung der verschiedenen Hangneigungen zu gewährleisten. Die Vermutung, dass die Gämsen vor allem die steilen Regionen des Gebiets nutzen, wird auch durch die Verdichtung von Kotfunden auf und um die Krete herum gestärkt. Die Hänge entlang der Krete sind meist sehr steil und bestehen teilweise aus felsigen Abhängen. Ausserdem habe ich in diesem Gebiet die meisten Wildwechsel registriert. Dazu kommt, dass entlang der Krete viel Seggen-Buchenwald mit Weissegge vorkommt (Frehner et al., 2009). Die üppige grasige Krautschicht dürfte den Gämsen wie auch den anderen Wildhuftieren gut bekommen.

Sowie der Weisseggen-Buchenwald als auch der Orchideen-Föhrenwald, welche beide auf beziehungsweise entlang der Krete vorkommen, sind sehr lichte und offene Wälder. Imesch et al. (2022) schreiben jedoch, dass Gämsen durchaus auch schwer einsehbare Gebiete als Habitat nutzen. Die Resultate meiner Arbeit zeigen aber, dass die Gämsen im Projektgebiet zumindest Regionen mit sehr dichter Vegetation grösstenteils zu meiden scheinen. Die Auswertung der Korrelation zwischen den Kotfunden und der Sichtweite zeigt eine hohe Signifikanz ($\alpha = 0.001$). Dass dieser Zusammenhang so eindeutig ausfällt, dürfte aber auch damit zusammenhängen, dass Gebiete mit offener Vegetation zugleich meist auch sehr steile Gebiete sind. Damit sind in diesen Gebieten zwei Faktoren, welche den Gämsen gelegen kommen, vorhanden.

Gründe für die Meidung des südlichen Gebiets könnten nebst der flacheren Topografie und des dichten Waldes auch der im Wald gelegene Hochseilgarten und die im Wald durchgeführten Alpaka-Trekkingtouren sein. Ausserdem führt von der Balmbergstrasse eine Waldstrasse entlang der südlichen Grenze des Phase-2-Perimeters zu einer landwirtschaftlich genutzten Weide/Wiese. Während des Sommers hielten sich dort stets Kühe auf, welche im gesamten Waldabschnitt zu hören waren. Ausserdem schien die Waldstrasse, den Spuren nach zu beurteilen, nicht selten mit schweren Maschinen befahren zu werden. Alles in allem scheint die Störungsintensität im südlichen Gebiet des Phase-2-Perimters grundsätzlich viel höher zu sein als auf der anderen Seite der Krete. Das Gebiet nördlich der Krete ist generell steiler, schwerer zugänglich und weiter von Strassen entfernt.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Quadratdichte in den steilen Gebieten, also vor allem entlang der Krete, auch am höchsten war. Dies wurde aber bei der Ausarbeitung der Methode in Büchler (2023) absichtlich so gewählt, da ich dort auch am meisten Kot erwartet habe.

4.2 Reh und Rothirsch

Das Reh ist ein sehr anpassungsfähiges Wildhuftier, welches in der Schweiz vom Mittelland bis zur Baumgrenze vorkommt (Nussberger & Maronde, 2021). Es ist deswegen auch nicht erstaunlich, dass ich im Projektgebiet, relativ gleichmässig verteilt, Rehkot gefunden habe. Auffällig ist jedoch, dass ich von Rehen weniger Kotnachweise finden konnte als von Gämsen, obwohl das Reh das häufigere Wildhuftier der beiden ist. Vermutlich eher Zufall ist, dass ich ausserdem auch nur einmal ein Reh sichten konnte, hingegen jedoch drei Gämssichtungen passierten. Gründe für die geringer ausfallenden Rehnachweise könnten möglicherweise beim örtlichen Luchsvorkommen liegen. Die Region um den Weissenstein herum ist geeignetes Luchshabitat und weist eine besonders hohe Luchsabundanz auf (von Arx et al., 2017). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass der Einfluss des Luchses auf die Reproduktion beim Reh höher ist als bei der Gämse (Andrén & Liberg, 2015; Krofel et al., 2014). Eine andere Studie rechnet, dass der durchschnittliche Wildhuftier-Riss des Luchses in Gebieten, in denen beide Arten vorkommen, zu 80% aus Rehen und zu 20% aus Gämsen besteht (Molinari-Jobin et al., 2002). Es ist also vorstellbar, dass aufgrund der vergleichsweise hohen Luchspräsenz in der Region ein lokal tieferes Rehvorkommen besteht.

Dass in der Region des Projektes Wisent Thal ausserdem Nachweise von Rothirschen gefunden wurden, ist nicht erstaunlich. In den Gebieten um den Weissenstein, Balmberg, Thal und Hauenstein erfolgten in Vergangenheit vereinzelte Beobachtungen von weiblichen und männlichen Rothirschen (Amt für Wald, Jagd und Fischerei, 2011). Diese sind vermutlich über eine der drei potenziellen Routen für Rothirsche in den Kanton Solothurn eingewandert, also von den Voralpen über das Mittelland, entlang der ersten Jurakette von Bern her oder von Norden entlang des französischen Juras kommend (Amt für Wald, Jagd und Fischerei, 2011). Basierend auf den bisherigen Entwicklungen ist damit zu rechnen, dass die Rothirsche in den kommenden Jahrzehnten auch die letzten noch unerschlossenen Gebiete im Mittelland und dem Jura wiederbesiedeln werden (Willisch et al., 2019a), dies auch aufgrund der guten Habitateignung weiter Teile des Jurabogens (Willisch et al., 2019b). Vermutlich ist es aber noch zu früh, um allfällige Einflüsse des Wisentaufkommens auf die Rothirsche feststellen zu können. Dazu bräuchte es wohl eine konstante Population einer bestimmten Grösse, bei welcher Veränderungen festgestellt werden könnten.

4.3 Methodische Aspekte

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die vier Feldbegehungen sehr gut verliefen und sich die Monitoring-Methode als durchführbar herausstellte. Dies, sowie auch die Menge an gefundenem Kot, überraschte jedoch zu Beginn. Die Gründe dafür lassen sich mit einem kurzen Rückblick erklären.

Die Ausarbeitung der Methode in der vorangegangenen Projektarbeit fand zu einem späteren Zeitpunkt im Jahr statt. Das Testen der Methode im Feld führte ich erst im November und Dezember 2022 durch und begann somit mitten in der Laubfall-Zeit. Einerseits begünstigte dies die Orientierung innerhalb der Quadrate, da die Bäume und Sträucher nur noch wenig Laub trugen und die Sicht dementsprechend gut war. Jedoch führte es auch dazu, dass aufgrund des starken Laubfalls in den durch Buchen geprägten Wäldern praktisch kein Kot gefunden werden konnte. In der Hoffnung, dass dieses Problem im Frühling und Sommer weniger auftreten würde, wurde die Methode aber trotzdem als geeignet eingestuft.

Wie sich bekanntlich herausstellte, war dem tastsächlich so und die Detektierbarkeit des Kotes erwies sich im Frühling und Sommer als einfacher. Das austreibende Laub erschwerte aber wiederum die Orientierung zunehmend zum Sommer hin. Aufgrund dessen würden sich eventuell kleinere Quadrate doch besser eignen. Wie sich bei der Fundortanalyse zeigte, habe ich knapp 70% der Kotfunde in ⅔ der Fläche gefunden. Oder anders gesagt, wären meine Quadrate nur ⅔ der Fläche gewesen, beispielsweise 27x27 m, hätte ich trotzdem 70% des gesamten Kotes gefunden. Kleinere Quadrate würden wiederum Spielraum für eine höhere Anzahl Quadrate bieten. Eine

einfache Berechnung zeigt, dass bei 27x27 m-Quadraten rund 13 Quadrate mehr, also gesamthaft 43 Quadrate, hätten beprobt werden können, um die gleiche Gesamtfläche abzudecken.

- 33x33 m (1089 m^2) x 29 =31'581 m^2
- 27x27 m (729 m^2) x 43 = 31'347 m^2

Diese Überlegung kann zudem auch auf die Kotfunde angewendet werden. 70% der Kotfunde bedeutet 149 von 215 Kothaufen, also im Schnitt 5.13 Kothaufen in den ersten zwei Dritteln. Hochgerechnet auf 43 Quadrate, ergäbe dies ein Total von ca. 220 Kothaufen bei 43 27x27 m-Quadraten. Diese Überlegungen zeigen, dass es sich bei den zwei Varianten in etwa gleich verhalten würde. Jedoch wäre vermutlich ein Vorteil von kleineren, dafür mehr Quadraten, dass das Projektgebiet gleichmässiger mit Quadraten abgedeckt werden könnte und keine Tendenzen aufgrund lokal höherer Quadratdichten entstünden. Es ist aber zu berücksichtigen, dass ich in gewissen Gebieten bedingt durch sehr steiles Gelände oder sehr dichte Vegetation keine Quadrate setzen konnte. Imesch et al. (2022) schreiben, dass das Losungszählungsverfahren ohnehin Gebiete mit spärlicher Vegetation voraussetzt. Es wäre daher wohl kaum möglich, eine vollkommen homogene Verteilung der Quadrate im Gebiet zu erreichen.

Beim zeitlichen Aspekt der Feldbegehungen brächte eine Änderung der Quadratgrösse- und zahl möglicherweise ebenfalls eine Optimierung bezüglich des Aufwands mit sich. Die durchschnittliche Beprobung eines Quadrates betrug ca. 18.5 min. Bei 27x27 m-Quadraten würde sich die abzulaufende Strecke pro Quadrat von 561 m (17 Linien) auf 378 m (14 Linien) verringern. Dies ergäbe eine durchschnittliche Beprobungszeit von circa 12.5 min. Bei 43 Quadraten, wie im Beispiel oben, bedeutete dies rund 8.9 h für die Beprobung aller Quadrate bei einem Feldbegehungsdurchgang. Auch der zeitliche Aufwand würde sich also bei dieser Variante auf ein ähnliches Mass belaufen. Durch mehr Quadrate würde sich allerdings die Strecke zwischen den Quadraten und somit die Verschiebung verkürzen. Es müsste jedoch häufiger verschoben werden und mehr Gesamtstrecke zurückgelegt werden, da die Wege weniger direkt wären. Letztendlich wären die Unterschiede vermutlich auch hier sehr gering. Der zeitliche Aufwand ist bei dieser Methode ohnehin relativ gross und ist durch verschiedene Faktoren wie Topografie und Vegetation beeinflusst. Eine gute Vorbereitung und Planung der Route ermöglichen jedoch ein sehr effizientes Vorgehen.

5 Schlussfolgerung

Anhand der erhobenen Daten zeichnet sich ein Muster der Frequentierung der einzelnen Bereiche ab, vor allem durch die Gämse. Ihre Raumnutzung beschränkt sich grösstenteils auf Gebiete, welche aufgrund von Verhalten und Habitatpräferenzen erwartet werden konnten. Um ein längerfristiges Monitoring der Gämsen im Gebiet aufzubauen, empfähle sich vermutlich eine umfassendere und gleichmässigere Abdeckung des Gebietes mit Quadraten. Dies eben auch an Orten, an denen per se die Gämse nicht unbedingt erwartet werden würde. Somit liesse sich mit einem Monitoring, welches parallel zur Erweiterung des Wisentgeheges andauern würde, die Frage nach einer interspezifischen Konkurrenz zwischen Gämsen und Wisenten möglicherweise beantworten. Es ist jedoch denkbar, dass dies lediglich bestätigte, dass sich die Gämsen vor allem in steilen und übersichtlichen Regionen aufhalten. Wenn man bedenkt, dass der Wisent ursprünglich ein Bewohner von Steppen und Offenland war und nur durch die Ausbreitung des Waldes und Druck des Menschen sein Habitat auf bewaldete Gebiete erweiterte (Bocherens et al., 2015), würde intuitiv keine Konkurrenz der beiden Spezies um die steilen Hänge des Solothurner Juras erwartet werden. Zudem bedeutet die kleine Wisentherde im aktuellen Gehege bereits eine 20-fach überhöhte Dichte und würde in freier Wildbahn viel grössere Streiffgebiete beanspruchen. Aufgrund dessen ist es fraglich, ob und inwiefern das Wisentaufkommen einen Einfluss auf die Gämsen haben wird.

Basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit liessen sich meines Erachtens

erweiterte Untersuchungen empfehlen. Diese könnten beinhalten, dass

a) Einflüsse vertiefter analysiert würden: Verschiedene Einflussfaktoren auf die Gams- und Rehpopulation, wie Luchspräsenz oder menschliche Aktivitäten, könnten untersucht werden, um später weitere Einflüsse des Wisentaufkommens klar abgrenzen und als solche identifizieren zu können.

b) das Monitoring-Programm erweitert würde: Eine Ausweitung des Monitorings im Gebiet und evtl. darüber hinaus erlaubten umfassendere Erkenntnisse der Bewegungsmuster und des Verhaltens der Wildhuftiere. Somit könnten lokale Veränderungen der Raumnutzung durch die Arten besser dokumentiert werden.

c) langfristig überwacht würde: Die Etablierung eines langfristigen Monitorings, welches zeitliche Veränderungen in den Gams- und Rehpopulationen und im Habitat überwacht, könnte es ermöglichen, längerfristige Trends und Effekte im Zusammenhang mit dem Projekt Wisent Thal zu erfassen.

6 Literatur

Amt für Wald, Jagd und Fischerei. (2011). *Rotwild Kanton Solothurn*. Amt für Wald, Jagd und Fischerei. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awjf-jagd/pdf/Wildtiere_pdf_HP_neu/Rotwildkonzept_Kanton_Solothurn.pdf

Andrén, H., & Liberg, O. (2015). Large Impact of Eurasian Lynx Predation on Roe Deer Population Dynamics. *PLoS ONE*, *10*(3), e0120570. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120570

BAFU. (2022). *Jahrbuch Wald und Holz 2022*. Bundesamt für Umwelt (BAFU). https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/publikationen-studien/publikationen/jahrbuch-wald-und-holz.html

Bailey, R. E., & Putman, R. J. (1981). Estimation of Fallow Deer (Dama dama) Populations from Faecal Accumulation. *Journal of Applied Ecology*, *18*(3), 697–702. https://doi.org/10.2307/2402361

Bocherens, H., Hofman-Kamińska, E., Drucker, D. G., Schmölcke, U., & Kowalczyk, R. (2015). European Bison as a Refugee Species? Evidence from Isotopic Data on Early Holocene Bison and Other Large Herbivores in Northern Europe. *PLOS ONE*, *10*(2), e0115090. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115090

Büchler, F. (2023). *Ausarbeitung einer Monitoringmethode für Wildhuftiere im Projektgebiet Wisent Thal*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). Lawrence Erlbaum Associates. https://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf

Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2002). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences, 3rd ed.* (3. Aufl., S. xxviii, 703). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203774441

Frehner, M., Burnand, J., Carraro, G., Frey, H.-U., & Lüscher, P. (2009). *Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald—Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion* (Anhang 2A: Bestimmen des Standortstyps).

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). https://www.gebirgswald.ch/de/nais-download.html

Harris, G., Farley, S., Russell, G. J., Butler, M. J., & Selinger, J. (2013). Sampling designs matching species biology produce accurate and affordable abundance indices. *PeerJ*, *1*, 1:e227. https://doi.org/10.7717/peerj.227

Iijima, H. (2020). A Review of Wildlife Abundance Estimation Models: Comparison of Models for Correct Application. *Mammal Study*, *45*(3), 177–188. https://doi.org/10.3106/ms2019-0082

Imesch, N., Fiechter, R., Fischer, C., Gehr, B., Kupferschmid, A. D., Signer, C., Suter, S., Vogt, K., & Willisch, C. (2022). *Leitfaden zum Monitoring von Wildhuftieren*. AG Wildhuftiere, Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie. https://doi.org/10.21256/zhaw-24768

Kaufmann, G., Kurt, E., Netzer, V., Wasser, B., & Burger, T. (2015). *Die natürliche Vielfalt der Wälder im Kanton Solothurn*. Kanton Solothurn: Amt für Wald, Jagd und Fischerei. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awjf-wald/pdf/Die_natuerliche_Vielfalt_der_Solothurner_Waelder_01.pdf

Kohn, M. H., & Wayne, R. K. (1997). Facts from feces revisited. *Trends in Ecology & Evolution*, *12*(6), 223–227. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01050-1

Krofel, M., Jerina, K., Kljun, F., Kos, I., Potočnik, H., Ražen, N., Zor, P., & Žagar, A. (2014). Comparing patterns of human harvest and predation by Eurasian lynx Lynx lynx on European roe deer Capreolus capreolus in a temperate forest. *European Journal of Wildlife Research*, *60*(1), 11–21. https://doi.org/10.1007/s10344-013-0745-4

Laing, S. E., Buckland, S. T., Burn, R. W., Lambie, D., & Amphlett, A. (2003). Dung and nest surveys: Estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology*, *40*(6), 1102–1111. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00861.x

Leslie, D. M., Bowyer, R. T., & Jenks, J. A. (2008). Facts From Feces: Nitrogen Still Measures Up as a Nutritional Index for Mammalian Herbivores. *Journal of Wildlife Management*, *72*(6), 1420–1433. https://doi.org/10.2193/2007-404

Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Breitenmoser-Würsten, C., & Breitenmoser, U. (2002). Significance of lynx Lynx lynx predation for roe deer Capreolus capreolus and chamois Rupicapra rupicapra in the Swiss Jura Mountains. *Wildlife Biology*, *8*(2), 109–115. https://doi.org/10.2981/wlb.2002.015

Nöthiger-Koch, U., & Griffel, J. (2010). *Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis* (Umwelt-Wissen). Bundesamt für Umwelt BAFU. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/wald-wild-grundlagen-praxis.html

Nussberger, B., & Maronde, L. (2021). *Atlas der Säugetiere—Schweiz und Liechtenstein* (1. Auflage). Haupt Verlag.

Olech, W., & Perzanowski, K. (2020). *European Bison (Bison bonasus) Strategic Species Status Review 2020*. IUCN SSC Bison Specialist Group and European Bison Conservation Center. https://ebcc.wisent.org/wp-content/uploads/2022/07/European-bison-

Status-Review.pdf

Rudin, N. (2021). *Einfluss von Rothirschen auf die Verjüngungssituation dreier Wälder im Gebiet Aletsch, Wallis.* [Bachelorarbeit Umweltingenieurswesen]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Sawaya, M. A., Stetz, J. B., Clevenger, A. P., Gibeau, M. L., & Kalinowski, S. T. (2012). Estimating Grizzly and Black Bear Population Abundance and Trend in Banff National Park Using Noninvasive Genetic Sampling. *PLoS ONE*, *7*(5), e34777. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034777

Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., Ott, R. L., & Gerow, K. G. (2012). *Elementary Survey Sampling* (7. Aufl.). Cengage Learning.

Schwarz, C. J., & Seber, G. A. F. (1999). Estimating Animal Abundance: Review III. *Statistical Science*, *14*(4), 427–456. http://www.jstor.org/stable/2676809

Soubrier, J., Gower, G., Chen, K., Richards, S. M., Llamas, B., Mitchell, K. J., Ho, S. Y. W., Kosintsev, P., Lee, M. S. Y., Baryshnikov, G., Bollongino, R., Bover, P., Burger, J., Chivall, D., Crégut-Bonnoure, E., Decker, J. E., Doronichev, V. B., Douka, K., Fordham, D. A., … Cooper, A. (2016). Early cave art and ancient DNA record the origin of European bison. *Nature Communications*, *7*(1), 13158. https://doi.org/10.1038/ncomms13158

Sutherland, W. J. (2006). *Ecological Census Techniques: A handbook, Second Edition* (2nd edition). Cambridge University Press. https://www.researchgate.net/profile/William-Sutherland-3/publication/273070581_Ecological_Census_Techniques_A_Handbook/links/5f493bd4299bf13c504b9e03/Ecological-Census-Techniques-A-Handbook.pdf

Tottewitz, F., Stubbe, C., Ahrens, M., Dobias, K., Goretzki, J., & Paustian, K.-H. (1996). Die Losungszählung als Methode der Bestandesschätzung von wiederkäuenden Schalenwildarten. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, *42*, 111–122. https://doi.org/10.1007/BF02240506

von Arx, M., Breitenmoser-Würsten, C., Zimmermann, F., Kunz, F., Vogt, K., Ryser, A., Struch, M., & Breitenmoser, U. (2017). *Der Luchs im Jura – unter besonderer Berücksichtigung des Solothurner Juras*. KORA - Raubtierökologie und Wildtiermanagement. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awjf-jagd/pdf/Separatdruck_Luchs_low_V1.pdf

Willisch, C., Marreros, N., Schaufelberger, L., & Pisano, S. (2019a). *Austausch von Rothirschen zwischen den Voralpen und dem Mittelland*. Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin FIWI, Abteilung Wildtiere, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awjf-jagd/pdf/Rothirsch_Mittelland_MIgration_Schlussbericht_April2019_ohneRefer.pdf

Willisch, C., Marreros, N., Schaufelberger, L., & Pisano, S. (2019b). *Habitatwahl der Rothirsche im Mittelland*. Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin FIWI, Abteilung Wildtiere, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awjf-jagd/pdf/Rothirsch_Mittelland_MIgration_Schlussbericht_April2019_ohneRefer.pdf

Wisent Thal. (2022). *Projekt Wisent Thal*. Verein Wisent Thal. https://www.wisent-thal.ch/wp-content/uploads/2020/03/Projektbeschreibung-20200317.pdf

Anhang

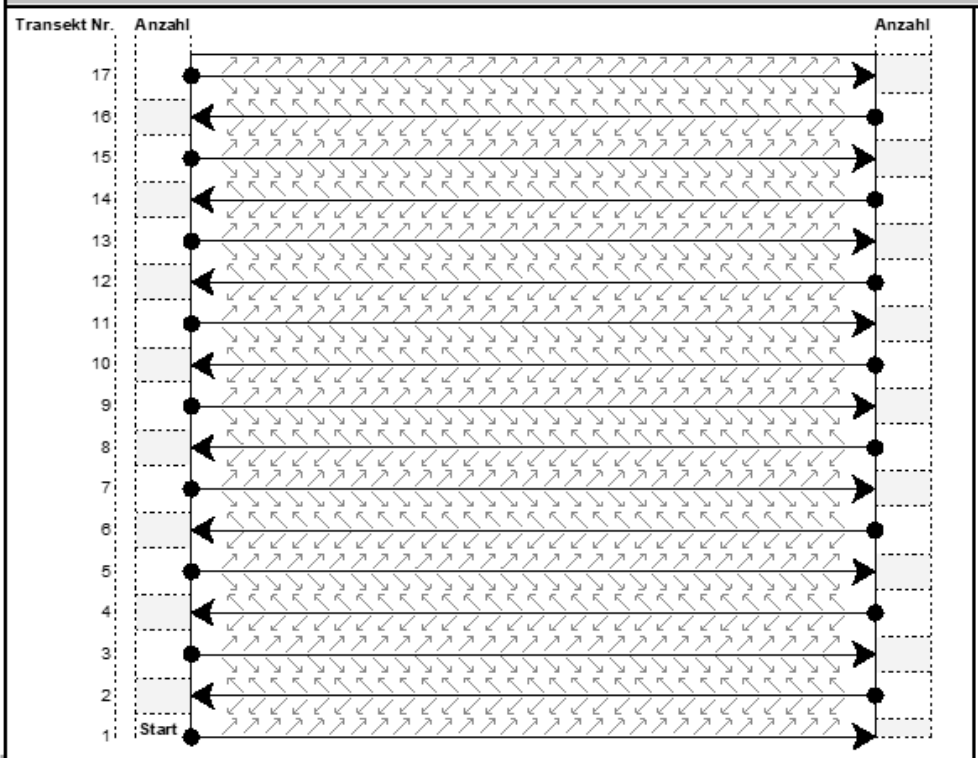
Anhang A: Feldprotokoll

Protokoll Feldaufnahmen – Gamsmonitoring im Projektgebiet Wisent Thal

Generelles		
Person:	**Quadrat-Nr.:**	**Koordinaten Ecke u.l.:**
Neigung: ☐ 0° - 15° ☐ 15° - 30° ☐ 30° - 45° ☐ 45° <	**Ausrichtung (NOSW):**	**Sichtweite [m]:**
Datum:	**Startzeit:** **Dauer Transekt [min]:**	**Stoppzeit:**

Baumbestand & Vegetation			
Dominierende Baum-/Straucharten			
Deckungsgrad Geröll/Vegetationsfrei [%]			
Deckungsgrad Krautschicht [%]			
Deckungsgrad Strauchschicht [%]			
Deckungsgrad Baumschicht [%]			

Pellet Sampling



Bemerkungen:

Total Anzahl Kothaufen Gams:	
Hinweise auf andere Wildtiere:	Wildwechsel ☐ Ja, Pfadlänge (m) angeben: _____ ☐ Nein Rehlager ☐ Ja, Anzahl angeben: ____ ☐ Nein Hirschlager ☐ Ja, Anzahl angeben: ____ ☐ Nein Kot gefunden ☐ Hirsch, Anzahl Kothaufen: ____ ☐ Nein ☐ Reh, Anzahl Kothaufen: ____ ☐ Nein Sichtung Hirsch: ☐ Ja ☐ Nein Reh: ☐ Ja ☐ Nein Gams: ☐ Ja ☐ Nein

HINWEISE

1. Generelles
   - Plotgrösse: 33x33 m, Koordinaten bezeichnen die linke untere Ecke (Blick in Hangrichtung). Ecke unten links und oben rechts sind mit Holzpföstchen gekennzeichnet.
   - Die Neigung wird vorgängig mittels ArcGis und DHM25 bestimmt aber im Feld durch Schätzungen überprüft (weil Raster DHM 25x25 m).
   - Die Sichtweite wird im Feld abgeschätzt.

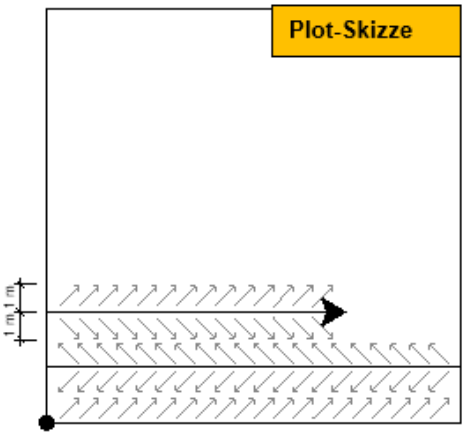
2. Baumbestand & Vegetation
   - Deckungsgrad: In den einzelnen Schichten mittels Schätzhilfe (siehe Grafik unten) abschätzen;
     Krautschicht **≤0.5 m**, Strauchschicht **0.5-3.0 m**, Baumschicht **>3.0 m**
     Deckungsgrad Geröll/Vegetationsfrei: Anteil der Fläche, die nicht durch Vegetation bedeckt ist
     (Summe der der Prozentzahlen kann auch >100% liegen)
   - Dominierende Arten: Zwergsträucher, Sträucher, Baumarten auf Artniveau bestimmen

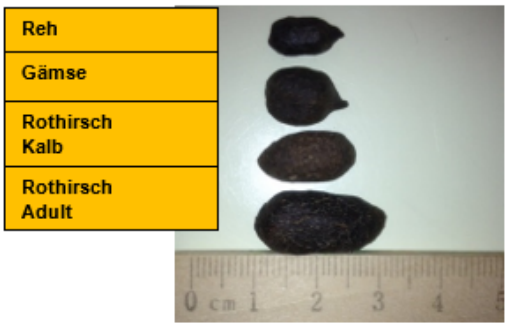
3. Pellet Sampling
   - Zählen der Kothaufen entlang von Transekten mit 2 m Breite (siehe Grafik unten)
   - In Laufrichtung wird **1 m links** & **1 m rechts** nach Kothaufen gesucht
   - 1 Kothaufen wenn >5 Kotkügelchen

4. Hinweise auf andere Wildtiere
   - Plot im Zuge der Transektlinie nach erkennbaren Pfaden absuchen. Bei Sichtung die Länge aller gefunden Pfade zusammenzählen.
   - Plot im Zuge der Transektlinie nach Lager (Reh oder Hirsch) absuchen. Anhand der Haare im Lager bestimmen, ob es sich um ein Rehlager oder Hirschlager handelt. Die Anzahl gefundener Lager ebenfalls angeben.
   - Gefundener Kot bestimmen, gemäss Kotgrösse und/oder – form.
   - Sichtungen notieren

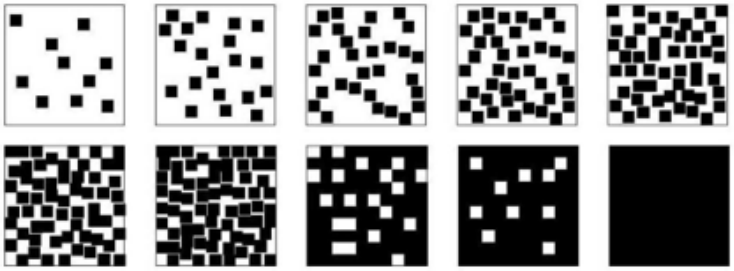
5. Material

- Protokoll & Schreibzeug
- Karte
- GPS-Empfänger
- Evtl. Feldstecher
- Markier-Farbe
- Distanzmesser
- Messband / Meter
- Fotokamera
- Arbeitshandschuhe
- Hammer
- Markierungspföstchen
- Behälter/Säcke für Kot-Pellets





Schätzhilfe Deckungsgrade (in 10%-Schritten, das kleinste ist <5%)



Anhang B: Poster

MONITORING VON WILDHUFTIEREN im Projektgebiet Wisent Thal

Poster zur Bachelorarbeit

von **Florio Büchler**
Bachelorstudiengang 2020
Umweltingenieurwesen
Oberdorfstrasse 18
5706 Boniswil
Abgabedatum: 03.11.2023

Fachkorrektoren

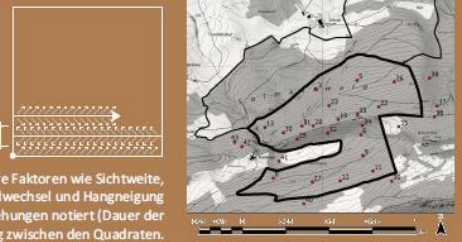
Dr. Claudio Signer
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Schloss, Wädenswil

Dr. Darius Weber
Gutachter, Berater, Forscher im Umgang mit Wildtieren und Natur
Bündtenstrasse 16
4118 Rodersdorf

Benjamin Sigrist
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Schloss, Wädenswil

Methode

Zur Anwendung kam die Monitoring-Methode des Losungszählverfahren. Dabei wurden im und um den Phase-2-Perimeter quadratförmige Untersuchungsflächen mit einer Seitenlänge von 33 m platziert. Diese wurden viermal, im Abstand von jeweils ca. einem Monat beprobt. Die Beprobung wurde mit dem Linien-Transekt-Verfahren durchgeführt (siehe Abbildung rechts). Dabei wurden Kothaufen von Gämsen, Rehen und Rothirschen gesucht.
Bei den Begehungen wurden zudem weitere Faktoren wie Sichtweite, Vegetationszusammensetzung- und dichte, Wildwechsel und Hangneigung dokumentiert. Ebenfalls wurde die Dauer der Begehungen notiert (Dauer der Beprobung der Quadrate sowie der Verschiebung zwischen den Quadraten.



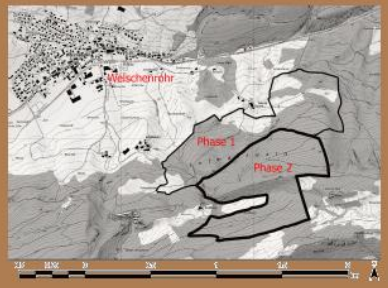
WORUM GEHT'S ?

Im Rahmen eines Projektes zur Auswilderung von Wisenten im Solothurner Jura, wurde im Herbst 2022 eine Wisentherde in Halbfreiheit ausgesetzt. Aktuell steht ihnen dazu ein Gehege zur Verfügung, welches in den kommenden Jahren phasenweise erweitert werden soll. Während ca. 10 Jahren soll die Tragbarkeit dieser Tiere im Jura überprüft werden. Deshalb befasst sich dieses Wiederansiedlungsprojekt ausserdem mit den Auswirkungen, welche die Präsenz der Wisente auf andere Wildhuftiere haben wird, insbesondere auf die Gämse. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Monitoring-Methode (siehe Methode) angewendet, welche in einer vorangegangenen Arbeit ausgearbeitet wurde. Die erhobenen Resultate sollen helfen die folgenden Fragen beantworten zu können:

- Wie stark werden die verschiedenen Bereiche/Aussetzungszonen des Projektgebiets von Gämsen und gegebenenfalls anderen Wildhuftieren frequentiert?
- Wie hoch ist die Variation der Nutzung der verschiedenen Bereiche/Aussetzungszonen durch die Wildhuftiere?
- Eignet sich die gewählte Methodik für ein längerfristiges Monitoring der Wildhuftiere im Projektgebiet?

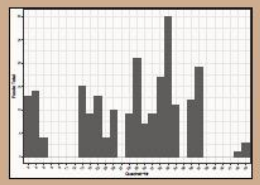
UNTERSUCHUNGSGEBIET

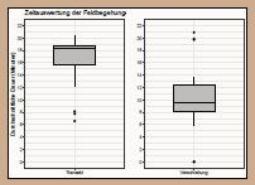
Das Untersuchungsgebiet befindet sich südöstlich der Gemeinde Welschenrohr im Kanton Solothurn. Die Untersuchungen fanden im und um den Perimeter der Phase 2 des Projektes statt. Dieser soll zu einem späteren Zeitpunkt als Gehege-Erweiterung für die Wisente dienen. Zurzeit halten sich dort aber noch keine Wisente auf. Dies erlaubte ein Momentaufnahme der Gämsen und anderer Wildhuftiere, ohne Auswirkungen des Wisentaufkommens.



Resultate

Die Resultate haben gezeigt, dass die Gebietsnutzung durch die Gämsen sehr unterschiedlich ausfällt. Die Region entlang der Krete, welche von West nach Ost durch den Perimeter verläuft (siehe Karte oben), wies die höchste Dichte an Gamskot auf. Die Quadrate, welche sich dort befinden, wiesen ausserdem die steilste Hangneigung und die lichteste Vegetation auf. Berechnungen der Korrelation zwischen Kotfunden und Hangneigung bzw. Vegetationsdichte haben gezeigt, dass durchaus ein Zusammenhang besteht. Die Gämsen nutzen bevorzugt steile Hänge mit guter Sichtweite. Dazu kommt, dass dieses Gebiet von Seggen-Buchenwald mit Weissegge und Blaugras sowie Orchideen-Föhrenwald geprägt ist. Beides Waldstandorte, welche der Gämse gelegen kommen (gute Sicht und grasreiche Krautschicht). Im untenstehenden Kuchendiagramm ist die Verdichtung um die Krete herum sichtbar (ein voller schwarzer Kreis bedeutet, bei allen vier Feldbegehungen Kot gefunden, Anzahl Kothaufen im Balkendiagramm). Auch von Rehen wurde in diesem Gebiet tendenziell mehr Kot gefunden. Rothirsch-Kot wurde in Quadrat Nr. 13 und 29 gefunden, beides Quadrate mit deutlichen Wildwechseln. Die zeitlichen Auswertungen haben gezeigt, dass die Methode durchaus Aufwendig ist, jedoch bei guter Planung gut durchführbar ist. Mögliche Optimierungen könnten beispielsweise kleinere Quadrate aber höhere Anzahl sein. Somit könnte das Gebiet gleichmässiger mit Quadraten abgedeckt werden.





Anhang C: Abbildungen & R-Skripte

Abbildung 1

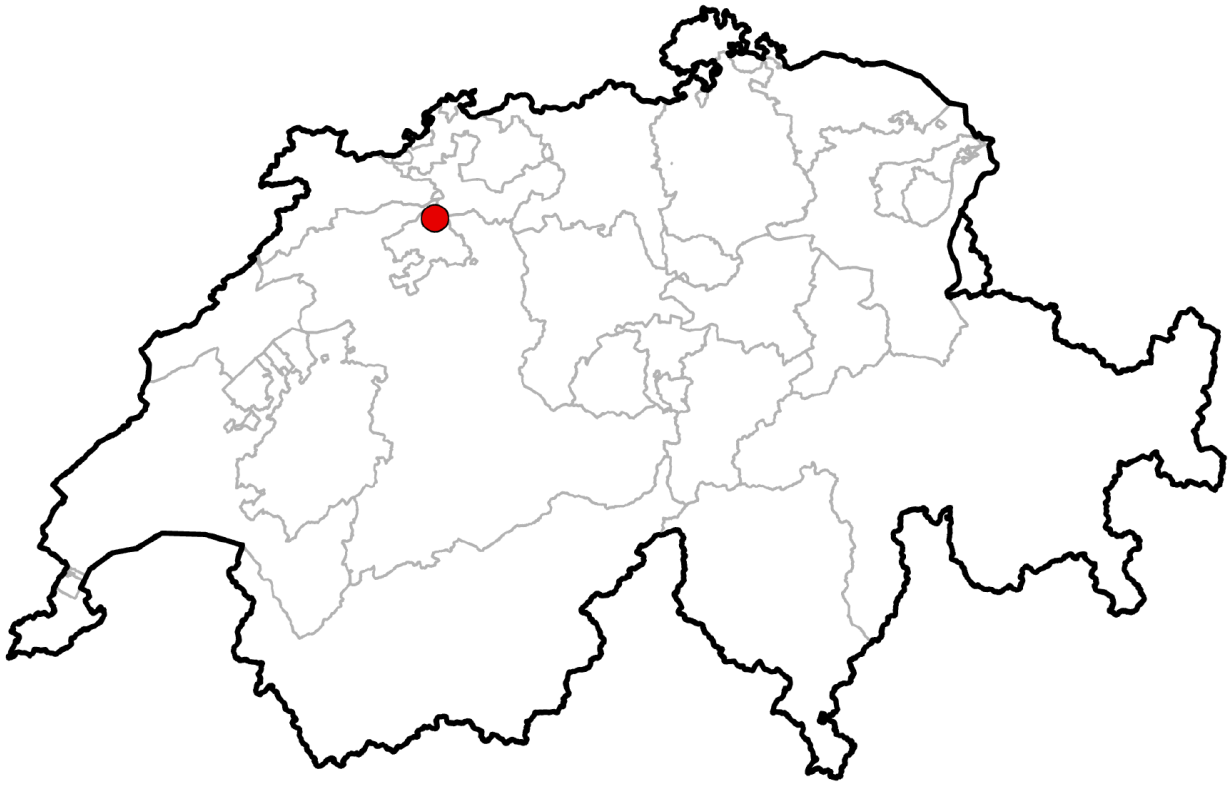


Abbildung 2

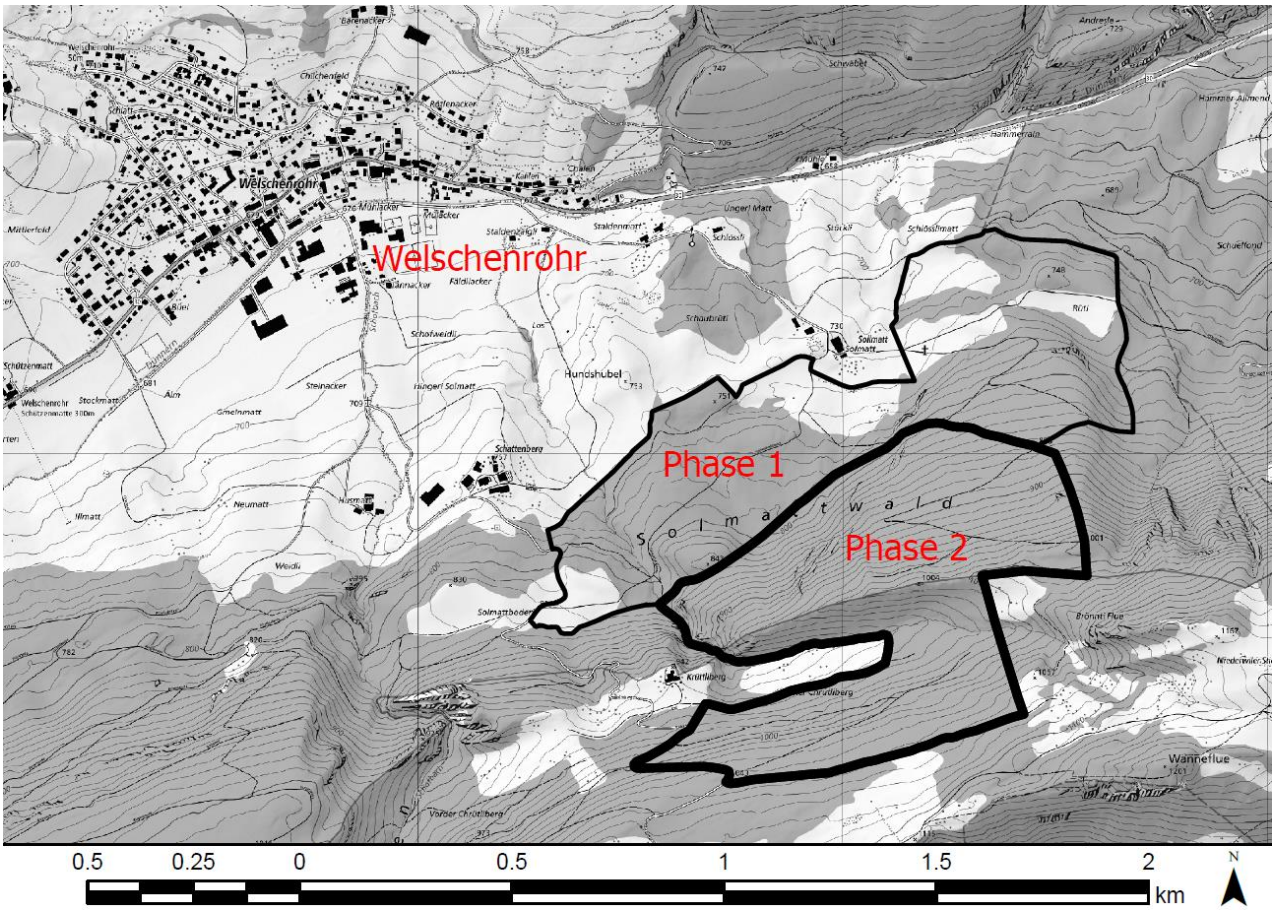


Abbildung 3

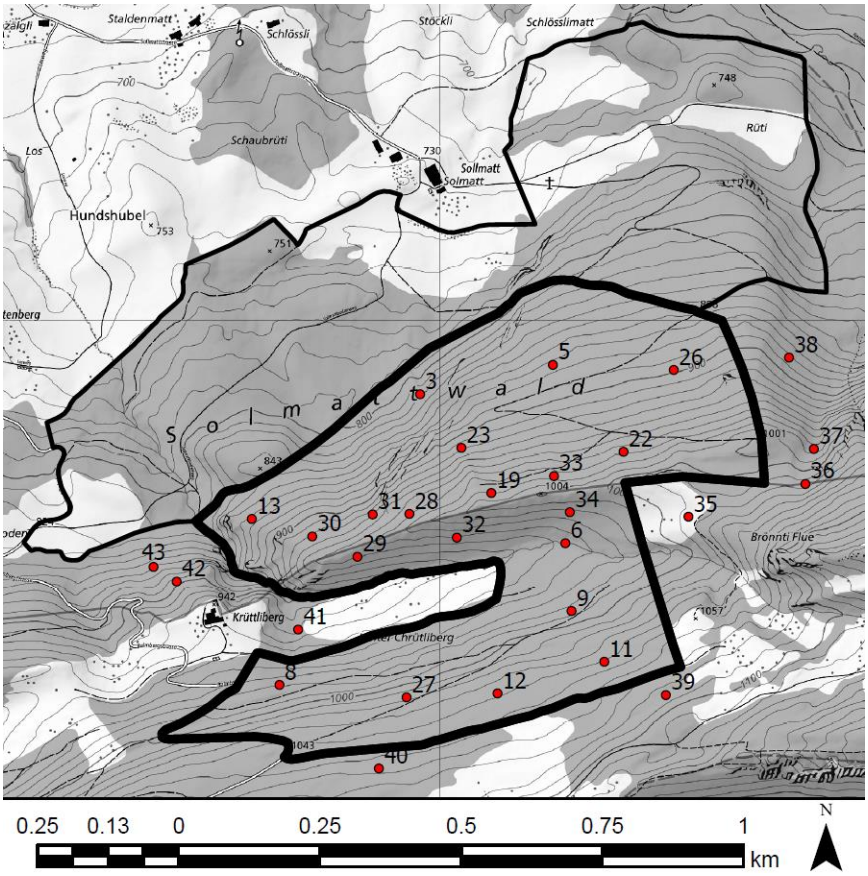


Abbildung 4

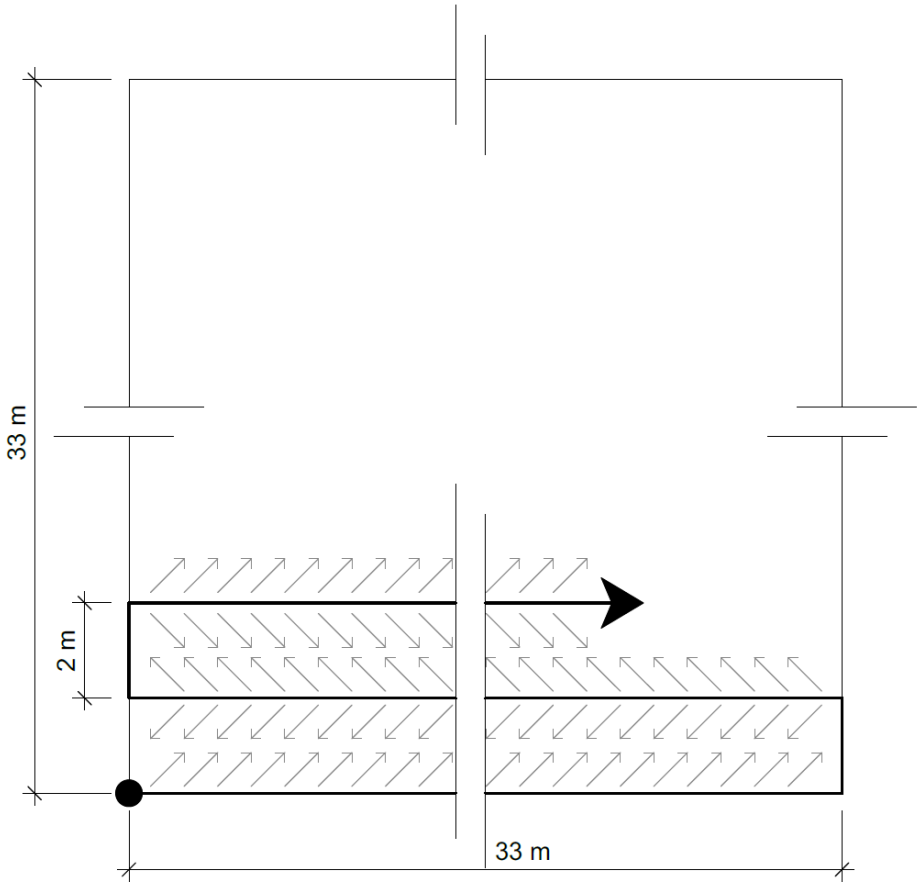


Abbildung 5

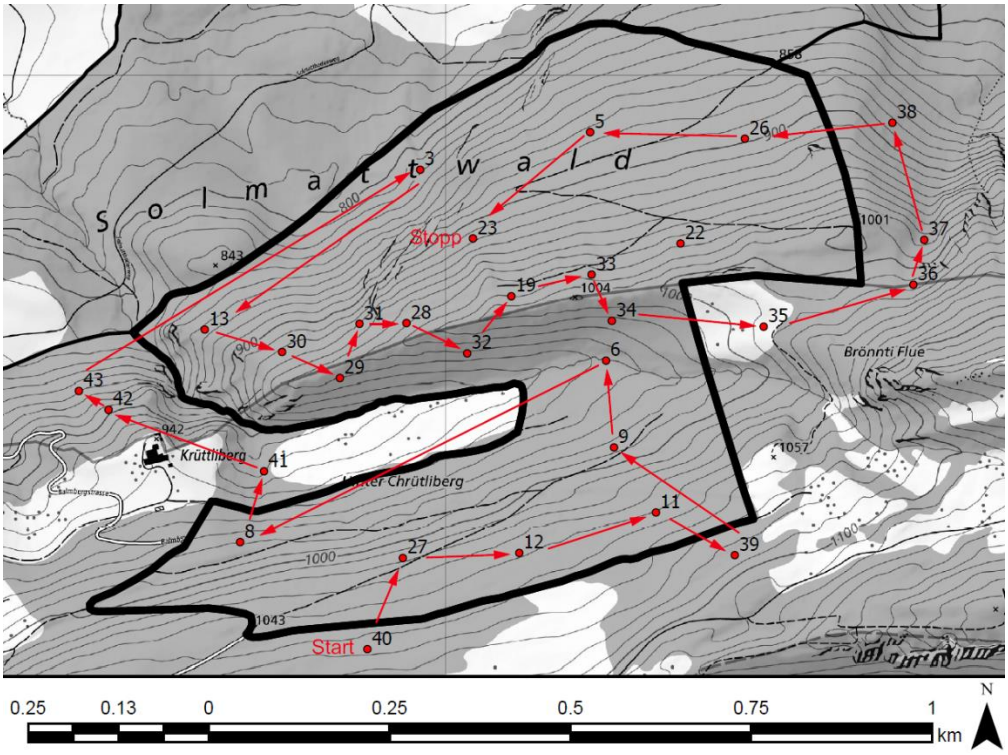


Abbildung 6

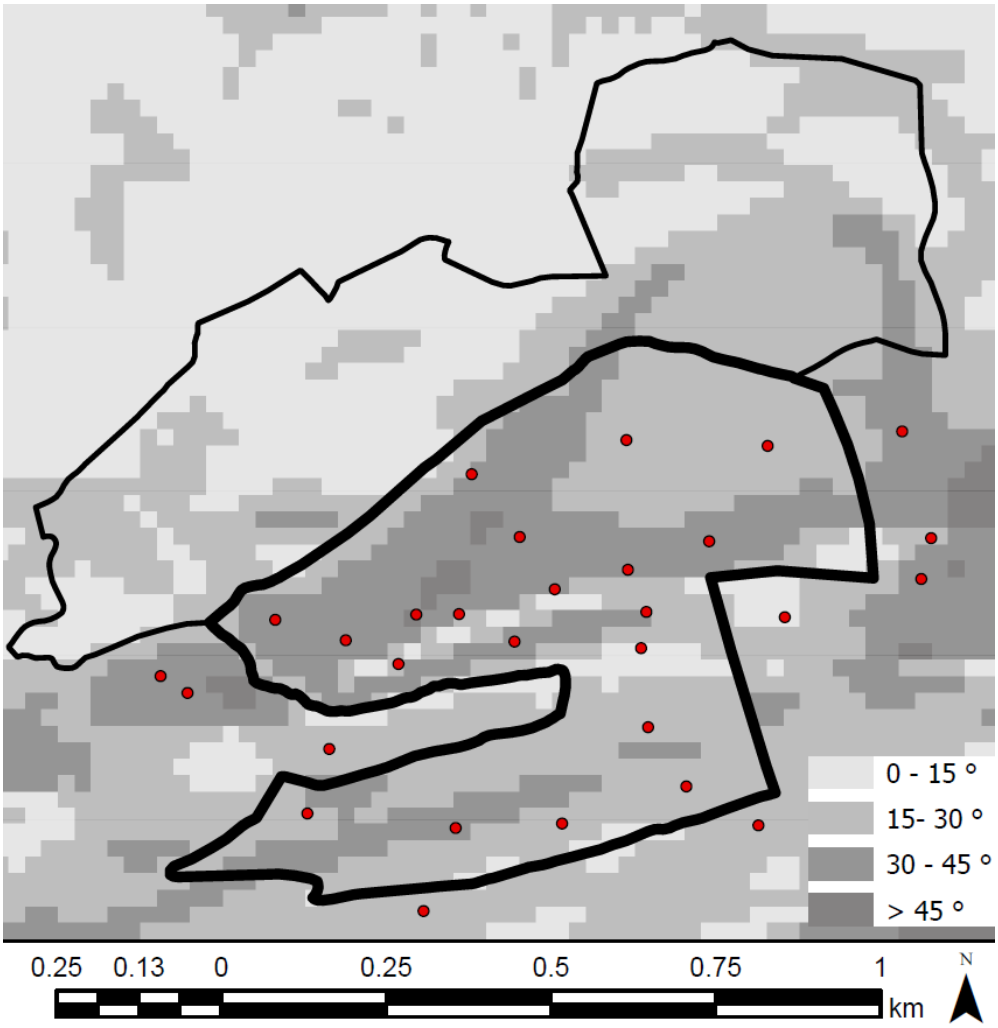
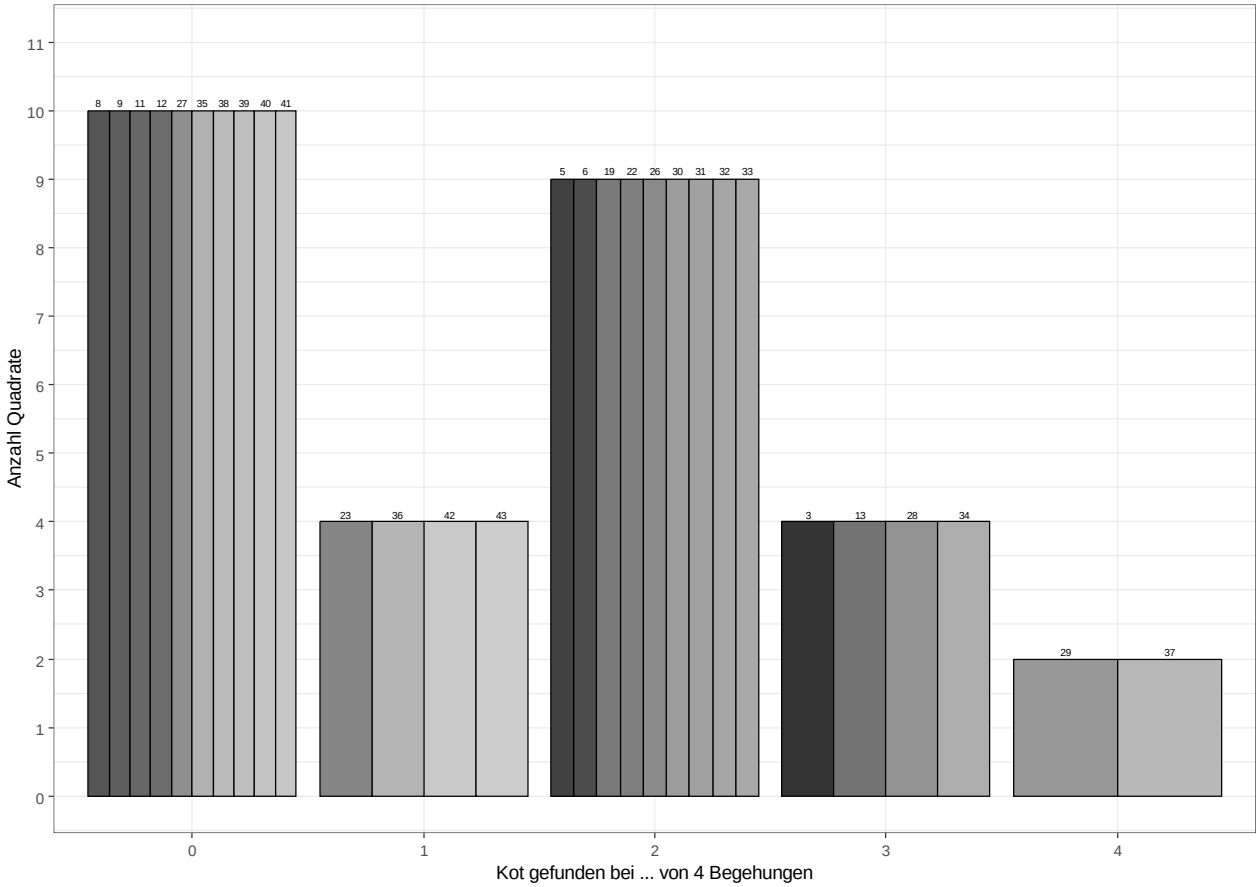


Abbildung 7




```
install.packages("tidyverse")
install.packages("ggplot2")

library(tidyverse)
library(ggplot2)

tab <- read_delim("Frequentierung.CSV", delim = ";")

ggplot(data = tab, aes(x = as.factor(Frequenz), y = Gruppe)) +
  geom_col(aes(fill = as.factor(Quadrat_Nr)),
           position = "dodge",
           color = "black") +
  geom_text(aes(label = as.character(Quadrat_Nr), group = as.factor(Quadrat_Nr
)),
    position = position_dodge(width = 0.9),
    size = 2,
    color = "black",
    vjust = -0.5) +
  labs(x = "Kot gefunden bei ... von 4 Begehungen",
       y = "Anzahl Quadrate",
       fill = "Quadratnummer") +
  scale_x_discrete(limits = as.character(0:4)) +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 11), breaks = seq(0, 11, by = 1)) +
  scale_fill_grey() +
  theme_bw() +
  theme(legend.position = "none")
```

Abbildung 8

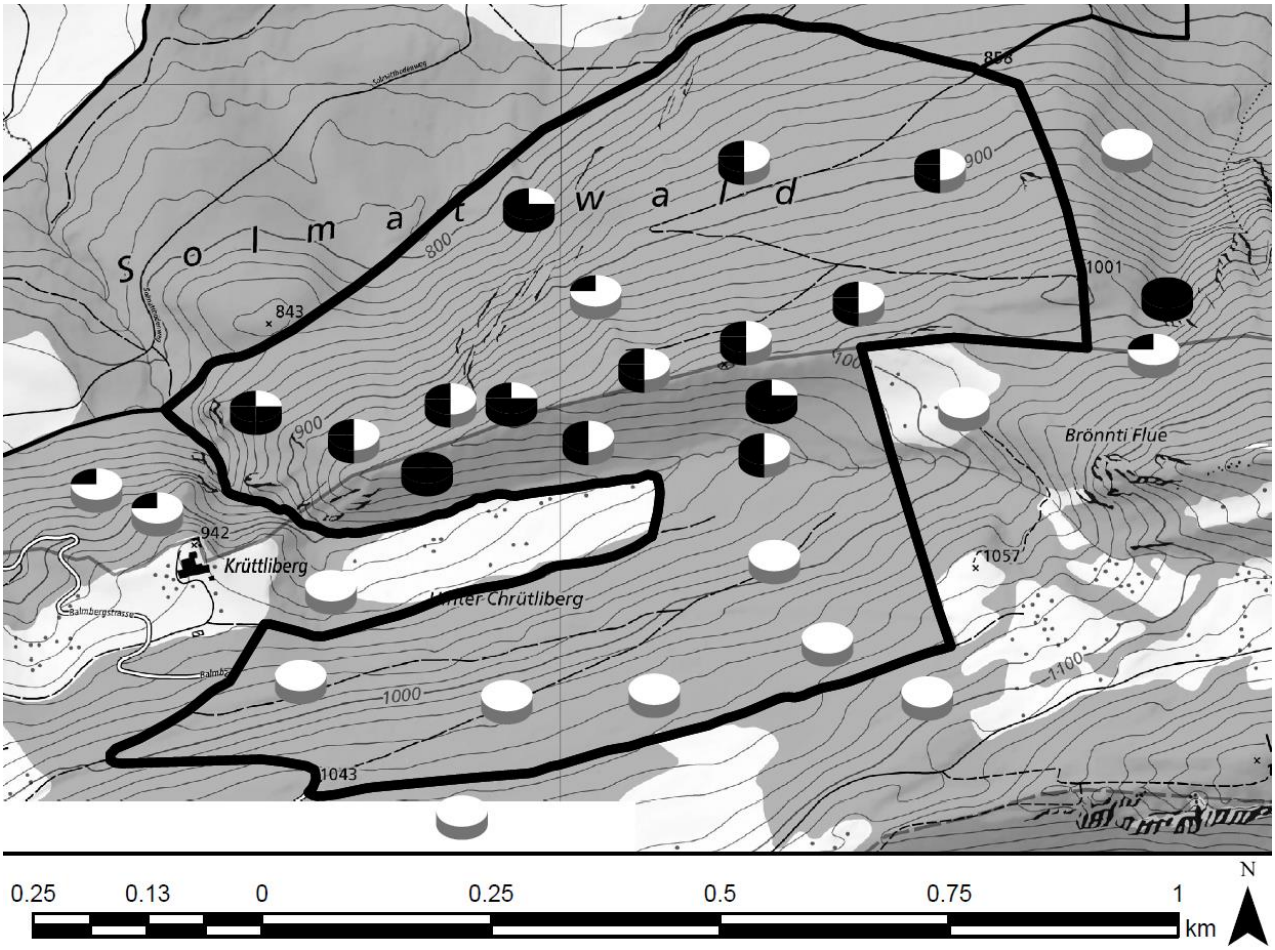
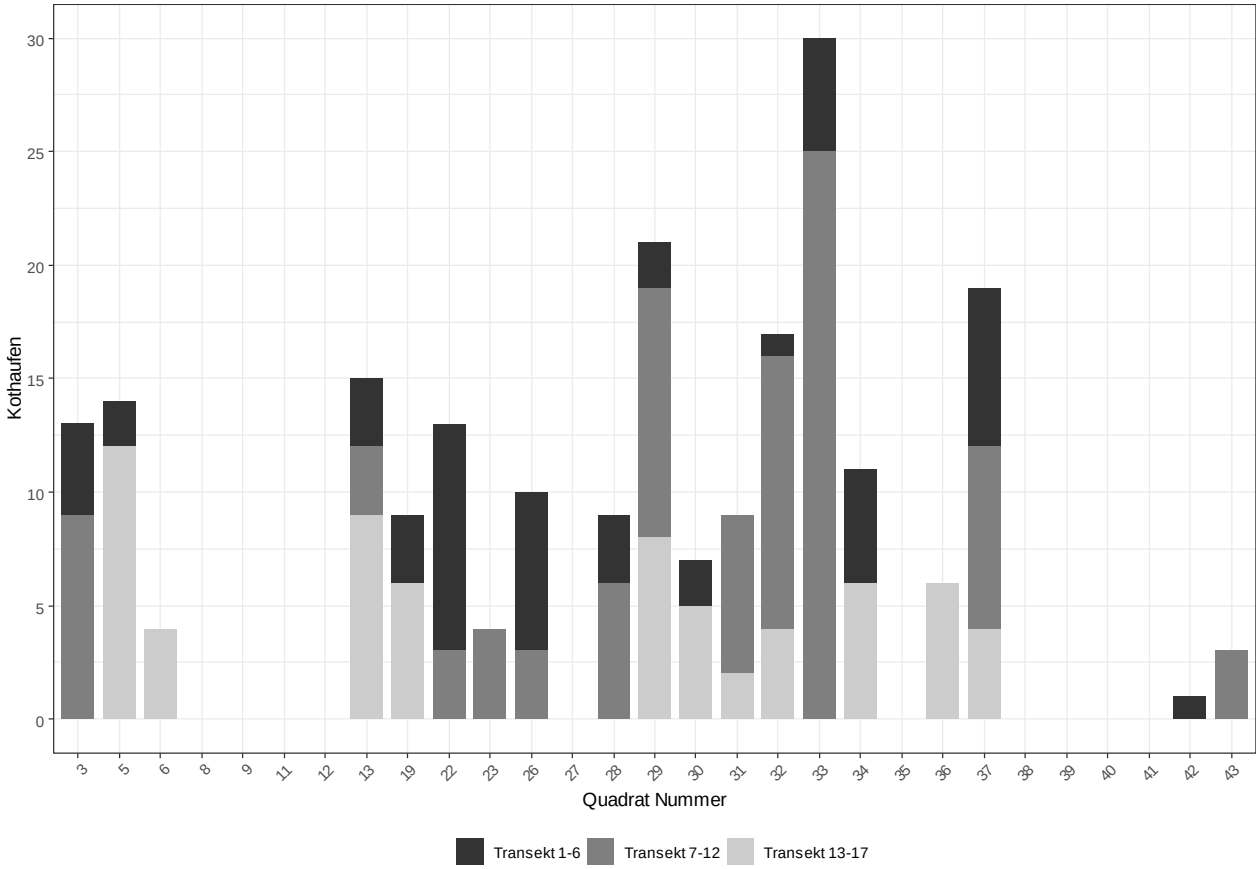
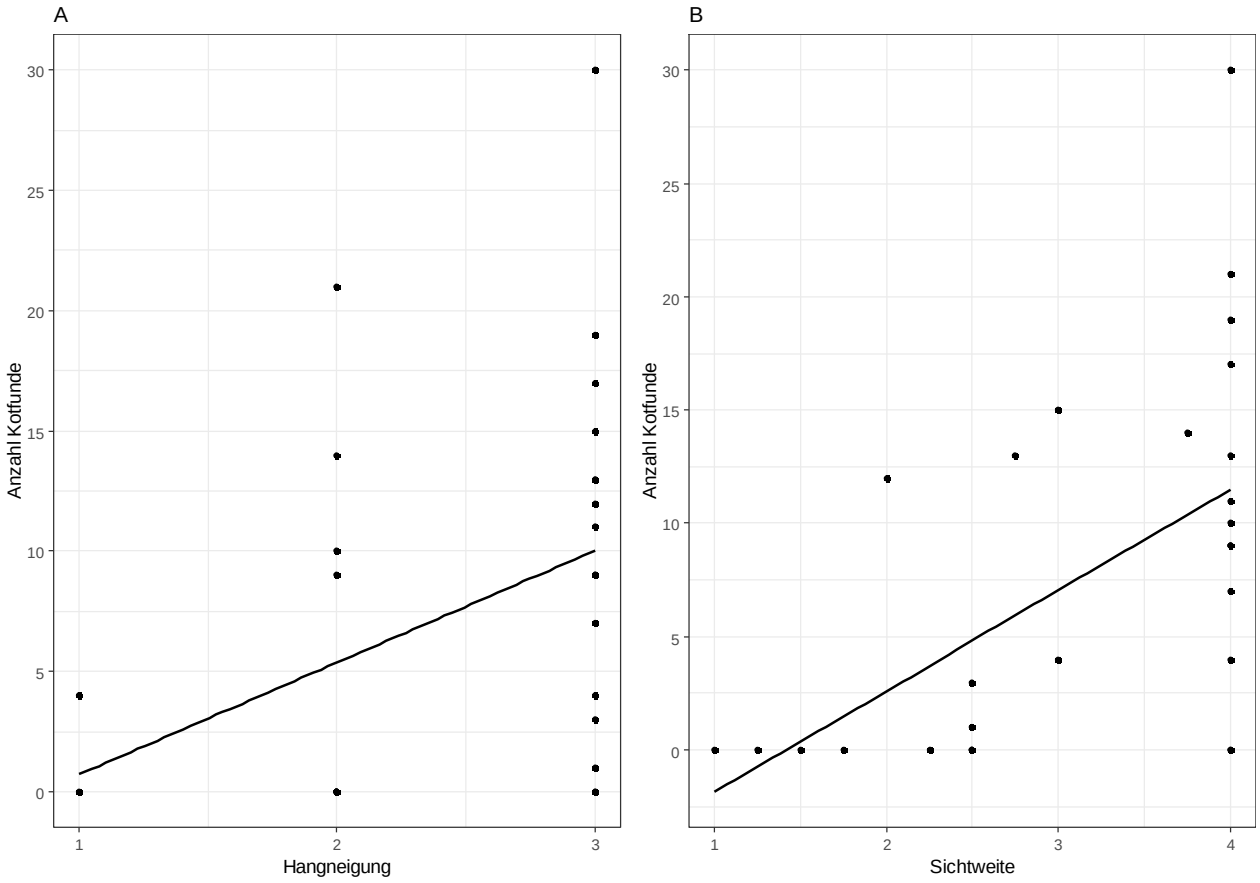

Solmatwald
800
900
843
942
Krüttliberg
Hinter Chrütliberg
1000
1043
1001
1057
1100
Brönnti Flue
0.25
0.13
0
0.25
0.5
0.75
1
km
N

Abbildung 9




```
install.packages("ggplot2")
install.packages("tidyverse")

library(ggplot2)
library(tidyverse)

daten <- read_delim("drittel_einzeln.CSV", delim = ";")

ggplot(daten_long, aes(x = factor(Quadrat_Nr), y = Summe, fill = Drittel)) +
  geom_bar(stat = "identity", width = 0.8) +
  labs(x = "Quadrat Nummer",
       y = "Kothaufen") +
  scale_fill_manual(values = c("Drittel_1" = "gray20", "Drittel_2" = "gray50",
"Drittel_3" = "gray80"),
                    breaks = c("Drittel_1", "Drittel_2", "Drittel_3"),
                    labels = c("Transekt 1-6", "Transekt 7-12", "Transekt 13-1
7")) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 60, by = 5)) +
  theme_bw() +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1), legend.position = "
bottom") +
  labs(fill = NULL)
```

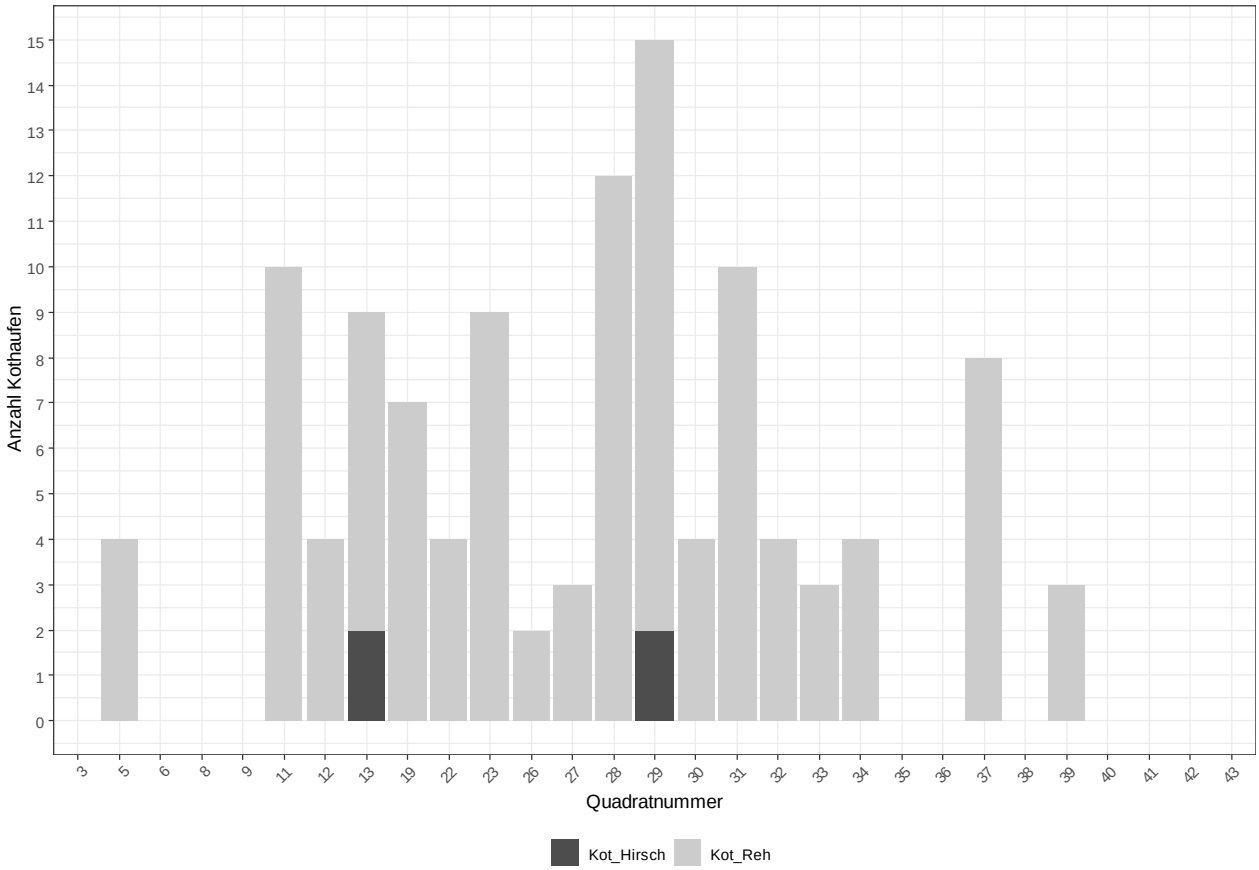
Abbildung 10




```
install.packages("tidyverse")
install.packages("ggplot2")

library(tidyverse)
library(ggplot2)

data <- read_delim("Rang.CSV",delim = ";")

#Spearman Correlation¨

correlation_neigung <- cor(data$Funde_Total, data$Rang_Neigung, method = "spea
rman")
correlation_sicht <- cor(data$Funde_Total, data$Rang_Sicht, method = "spearman
")
cat("Signifikanzniveau Rang_Neigung:", test_result_neigung$p.value, "\n")
cat("Signifikanzniveau Rang_Sicht:", test_result_sicht$p.value, "\n")

#lineare Regression

plot_neigung <- ggplot(data, aes(x = Rang_Neigung, y = Funde_Total)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, color = "black") +
  labs(
    x = "Hangneigung",
    y = "Anzahl Kotfunde",
    title = "A") +
  scale_x_continuous(breaks = seq(1, 3, 1), limits = c(1, 3)) +
```

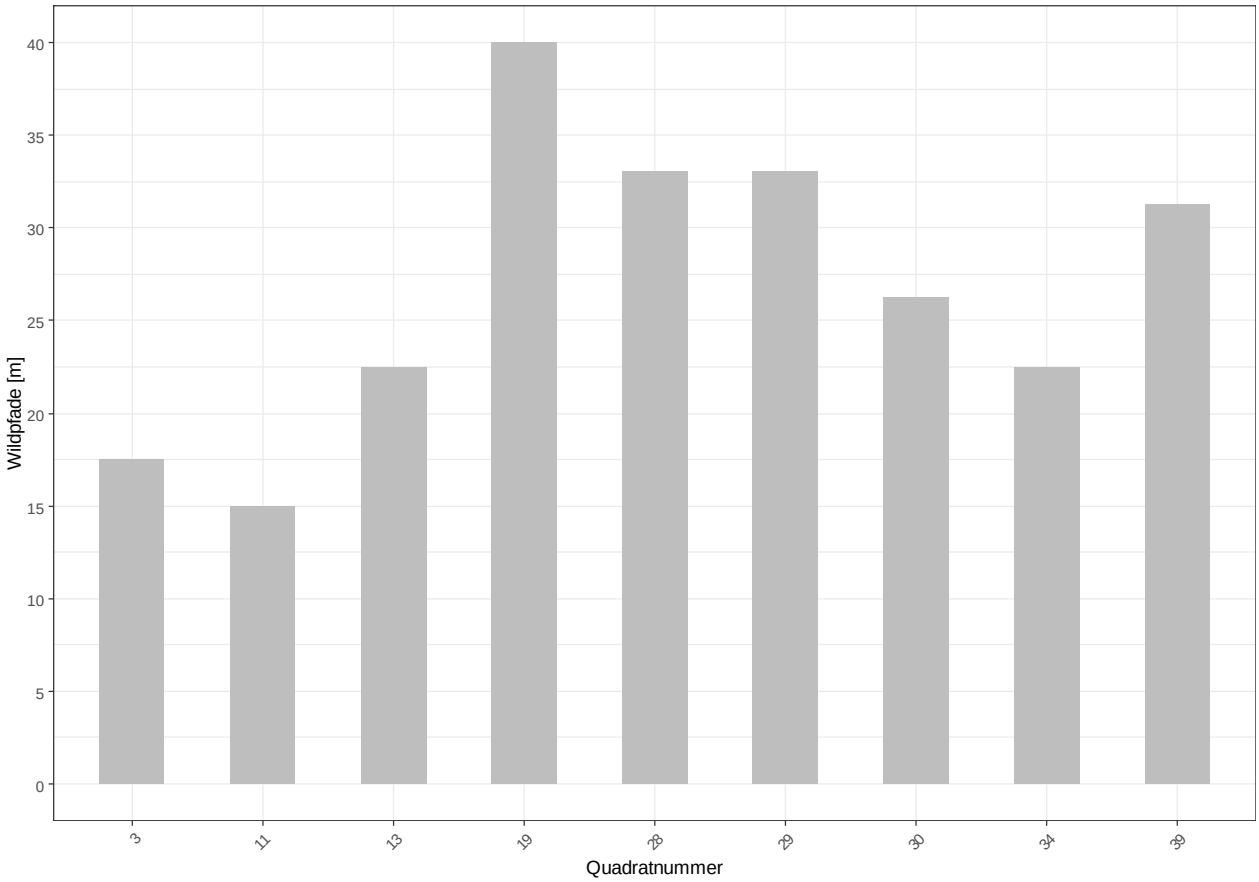
```
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, max(data$Funde_Total), 5)) +
  theme_bw()

plot_sicht <- ggplot(data, aes(x = Rang_Sicht, y = Funde_Total)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, color = "black") +
  labs(
    x = "Sichtweite",
    y = "Anzahl Kotfunde",
    title = "B") +
  scale_x_continuous(breaks = seq(1, 4, 1), limits = c(1, 4)) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, max(data$Funde_Total), 5)) +
  theme_bw()

library(gridExtra)
grid.arrange(plot_neigung, plot_sicht, ncol = 2)
```

Abbildung 11



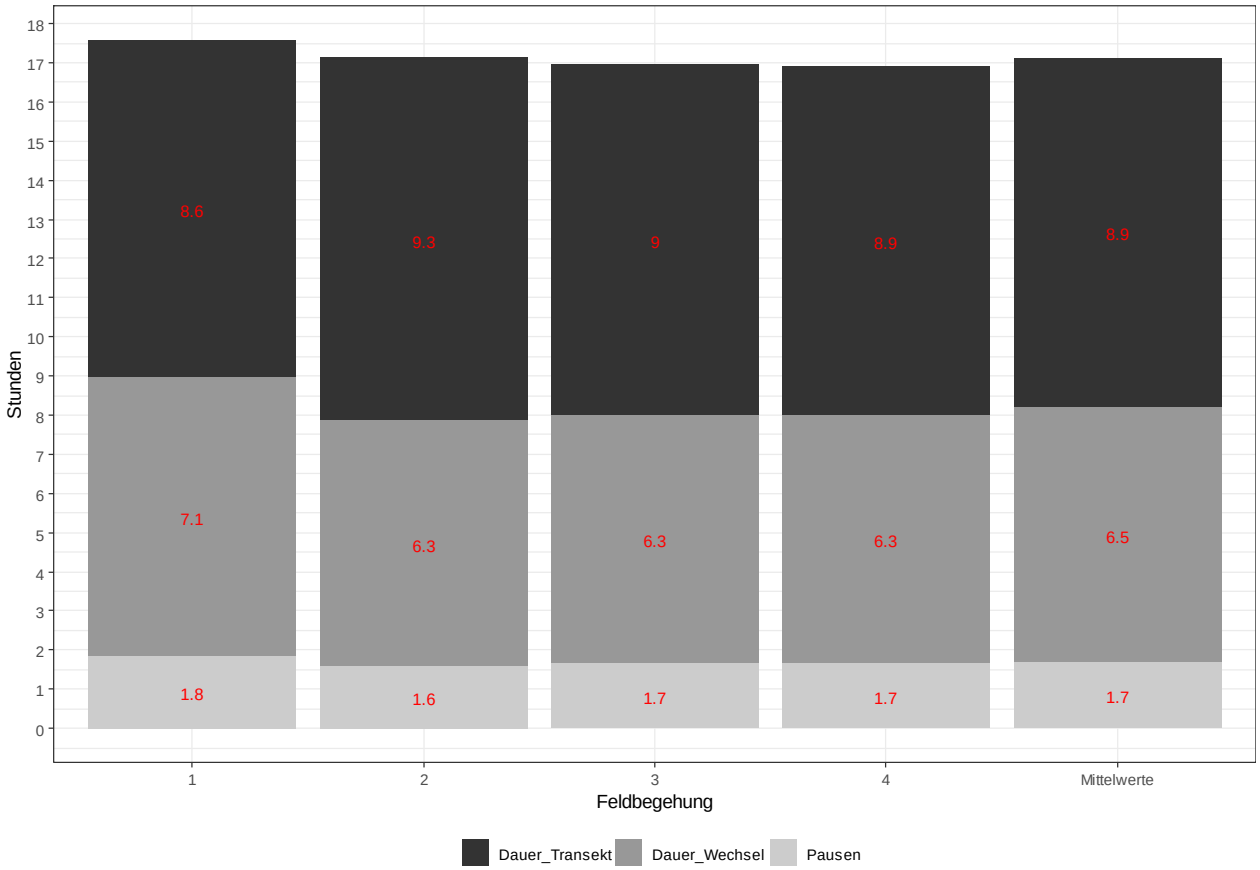

```
install.packages("ggplot2")
install.packages("tidyverse")

library(ggplot2)
library(tidyverse)

daten <- read_delim("Kotfunde_andere.CSV", delim = ";")

ggplot(daten, aes(x = factor(Quadrat_Nr))) +
  geom_bar(aes(y = Kot_Reh, fill = "Kot_Reh"), stat = "identity", position = "
dodge", width = 0.9) +
  geom_bar(aes(y = Kot_Hirsch, fill = "Kot_Hirsch"), stat = "identity", positi
on = "dodge") +
  labs(x = "Quadratnummer", y = "Anzahl Kothaufen") +
  scale_fill_manual(
    values = c("Kot_Hirsch" = "gray30", "Kot_Reh" = "gray80"),
    name = "Legende") +
  theme_bw() +
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
    legend.position = "bottom") +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, max(daten$Kot_Reh, daten$Kot_Hirsch), by
= 1)) +
  guides(fill = guide_legend(title = NULL))
```

Abbildung 12




```
install.packages("ggplot2")
install.packages("tidyverse")

library(ggplot2)
library(tidyverse)

daten <- read_delim("Wildwechsel.CSV", delim = ";")

daten_gefiltert <- daten %>% filter(Wildwechsel != 0)

ggplot(daten_gefiltert, aes(x = factor(Quadrat_Nr), y = Wildwechsel)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "grey", position = position_dodge(width =
0.8), width = 0.5) +
  labs(x = "Quadratnummer", y = "Wildpfade [m]") +
  theme_bw() +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, max(daten_gefiltert$Wildwechsel), by = 5)
)
```

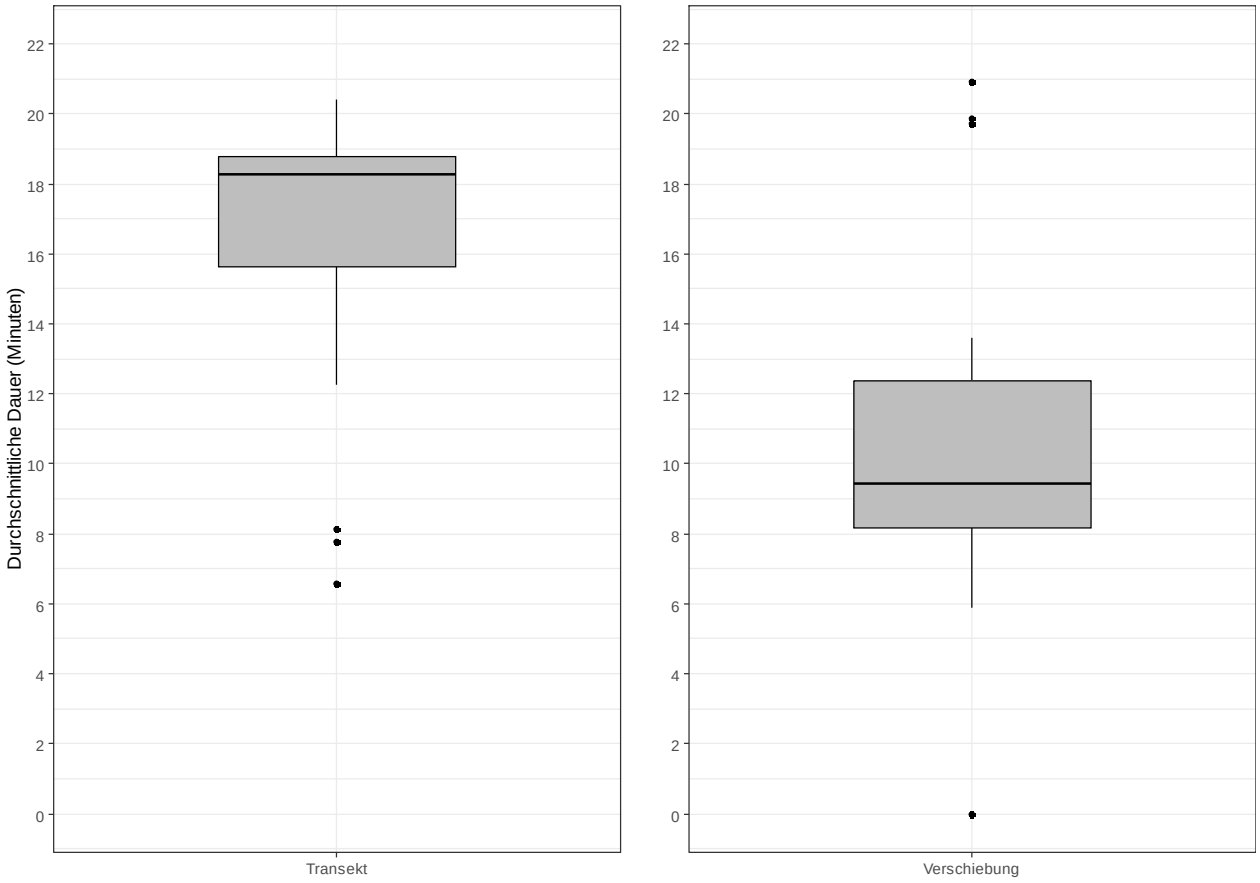
Abbildung 13




```
install.packages("ggplot2")
install.packages("tidyverse")

library(ggplot2)
library(tidyverse)

daten <- read_delim("Zeitdaten.CSV",delim = ";")

#Summen Dauer Transekt
summe_dauer_transect_1 <- sum(daten$Dauer_Transekt_1, na.rm = TRUE)
summe_dauer_transect_2 <- sum(daten$Dauer_Transekt_2, na.rm = TRUE)
summe_dauer_transect_3 <- sum(daten$Dauer_Transekt_3, na.rm = TRUE)
summe_dauer_transect_4 <- sum(daten$Dauer_Transekt_4, na.rm = TRUE)

#Summen Dauer Wechsel
summe_dauer_wechsel_1 <- sum(daten$Dauer_Wechsel_1, na.rm = TRUE)
summe_dauer_wechsel_2 <- sum(daten$Dauer_Wechsel_2, na.rm = TRUE)
summe_dauer_wechsel_3 <- sum(daten$Dauer_Wechsel_3, na.rm = TRUE)
summe_dauer_wechsel_4 <- sum(daten$Dauer_Wechsel_4, na.rm = TRUE)

#Summen Pausen
summe_pausen_1 <- sum(daten$Pausen_1, na.rm = TRUE)
summe_pausen_2 <- sum(daten$Pausen_2, na.rm = TRUE)
summe_pausen_3 <- sum(daten$Pausen_3, na.rm = TRUE)
summe_pausen_4 <- sum(daten$Pausen_4, na.rm = TRUE)

summen <- data.frame(
  Begehung = factor(c(1:4, "Mittelwerte")),
```

```
  Dauer_Transekt = c(summe_dauer_transect_1, summe_dauer_transect_2, summe_dau
er_transect_3, summe_dauer_transect_4, mean(c(summe_dauer_transect_1, summe_da
uer_transect_2, summe_dauer_transect_3, summe_dauer_transect_4))),
  Dauer_Wechsel = c(summe_dauer_wechsel_1, summe_dauer_wechsel_2, summe_dauer_
wechsel_3, summe_dauer_wechsel_4, mean(c(summe_dauer_wechsel_1, summe_dauer_we
chsel_2, summe_dauer_wechsel_3, summe_dauer_wechsel_4))),
  Pausen = c(summe_pausen_1, summe_pausen_2, summe_pausen_3, summe_pausen_4, m
ean(c(summe_pausen_1, summe_pausen_2, summe_pausen_3, summe_pausen_4))))

summen_stacked <- summen %>%
  pivot_longer(cols = -Begehung, names_to = "Aktivität", values_to = "Summe")

ggplot(summen_stacked, aes(x = factor(Begehung), y = Summe/3600, fill = Aktivi
tät)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  labs(
    x = "Feldbegehung",
    y = "Stunden",
    fill = NULL) +
  scale_fill_grey() +
  theme_bw() +
  geom_bar(data = summen_stacked %>%
             group_by(Aktivität) %>%
             summarize(Summe = mean(Summe)),
           aes(x = "Mittelwerte", y = Summe/3600, fill = Aktivität),
           stat = "identity",
           position = "stack",
           alpha = 0.7) +
  geom_text(data = summen_stacked,
            aes(x = factor(Begehung), y = Summe/3600, label = round(Summe/3600
, 1)),
            position = position_stack(vjust = 0.5),
            size = 3.5,
            color = "red") +
  guides(fill = guide_legend(reverse = FALSE)) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 18, by = 1)) +
  theme(legend.position = "bottom")
```

Abbildung 14




```
install.packages("ggplot2")
install.packages("tidyverse")

library(dplyr)
library(ggplot2)

daten <- read_delim("Zeitdaten.CSV",delim = ";")

daten <- daten %>%
  mutate(
    Dauer_Transekt_1 = as.numeric(Dauer_Transekt_1, units = "mins"),
    Dauer_Transekt_2 = as.numeric(Dauer_Transekt_2, units = "mins"),
    Dauer_Transekt_3 = as.numeric(Dauer_Transekt_3, units = "mins"),
    Dauer_Transekt_4 = as.numeric(Dauer_Transekt_4, units = "mins"),
    Dauer_Wechsel_1 = as.numeric(Dauer_Wechsel_1, units = "mins"),
    Dauer_Wechsel_2 = as.numeric(Dauer_Wechsel_2, units = "mins"),
    Dauer_Wechsel_3 = as.numeric(Dauer_Wechsel_3, units = "mins"),
    Dauer_Wechsel_4 = as.numeric(Dauer_Wechsel_4, units = "mins"),
    Pausen_1 = as.numeric(Pausen_1, units = "mins"),
    Pausen_2 = as.numeric(Pausen_2, units = "mins"),
    Pausen_3 = as.numeric(Pausen_3, units = "mins"),
    Pausen_4 = as.numeric(Pausen_4, units = "mins"))

daten$Durchschnitt_Dauer_Transekt <- rowMeans(daten[, c("Dauer_Transekt_1", "D
auer_Transekt_2", "Dauer_Transekt_3", "Dauer_Transekt_4")], na.rm = TRUE) -
  rowMeans(daten[, c("Pausen_1", "Pausen_2", "Pausen_3", "Pausen_4")], na.rm =
TRUE)
```

```
daten$Durchschnitt_Dauer_Wechsel <- rowMeans(daten[, c("Dauer_Wechsel_1", "Dau
er_Wechsel_2", "Dauer_Wechsel_3", "Dauer_Wechsel_4")], na.rm = TRUE) -
  rowMeans(daten[, c("Pausen_1", "Pausen_2", "Pausen_3", "Pausen_4")], na.rm =
TRUE)

boxplot_dauer_transekt <- ggplot(daten, aes(x = factor(1), y = Durchschnitt_Da
uer_Transekt/60)) +
  geom_boxplot(fill = "gray", color = "black", width = 0.5) +
  labs(x = NULL, y = "Durchschnittliche Dauer (Minuten)") +
  theme_bw() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 22), breaks = seq(0, 22, by = 2)) +
  scale_x_discrete(labels = c("Transekt"))

boxplot_dauer_wechsel <- ggplot(daten, aes(x = factor(1), y = Durchschnitt_Dau
er_Wechsel/60)) +
  geom_boxplot(fill = "gray", color = "black", width = 0.5) +
  labs(x = NULL, y = "") +
  theme_bw() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 22), breaks = seq(0, 22, by = 2)) +
  scale_x_discrete(labels = c("Verschiebung"))

library(gridExtra)
grid.arrange(boxplot_dauer_transekt, boxplot_dauer_wechsel, ncol = 2)


#Berechnung Werte
durchschnitt_dauer_transekt <- mean(daten$Durchschnitt_Dauer_Transekt, na.rm =
TRUE)
durchschnitt_dauer_wechsel <- mean(daten$Durchschnitt_Dauer_Wechsel, na.rm = T
RUE)
cat("Durchschnitt Dauer_Transekt:", durchschnitt_dauer_transekt, "Minuten\n")
cat("Durchschnitt Dauer_Wechsel:", durchschnitt_dauer_wechsel, "Minuten\n")
```