

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

Einfluss der Standortbedingungen auf die Eiben- Schälbelastung im Albisgebiet



Bachelorarbeit

von

Oliver Bär

Bachelorstudiengang UI19

Abgabedatum 12.01.2023

Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Dr. Claudio Signer, Benjamin Sigrist & Martina Reifler-Bächtiger
Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA, ZHAW Wädenswil

Impressum

Schlagworte (keywords):

Rothirsch, Eibe, Eibenförderflächen, Schälbelastung, Kontrollflächen, Belastungsgruppen

Zitiervorschlag:

Bär, O. (2023), Einfluss der Standortbedingungen auf die Eiben-Schälbelastung im Albisgebiet. Bachelorarbeit Umweltingenieurwesen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil

Institut:

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Grüntalstrasse 14
Postfach
8820 Wädenswil

Quelle Titelbild:

Bär, O. (2023)

Kontaktdaten:

Oliver Bär

Zusammenfassung

Die zunehmende Verbreitung des Rothirschs (*Cervus elaphus*) im Schweizer Mittelland bringt die Eibe (*Taxus baccata*) gebietsweise unter Druck. Die Rothirsche schälen die Rinde der Eiben ab und verursachen so Schäden am Baum, die bei zu hoher Intensität zum Absterben der Eiben führen kann. Über die Gründe des Schälens sowie welche räumlichen Gegebenheiten ein Schälvorkommen begünstigen und bei welcher Tagesaktivität die Rothirsche Schälungen verursachen, gibt es bislang nur wenige Anhaltspunkte. Aus diesem Grund führte ich eine Feldstudie im Albisgebiet durch, wo ich in einer Auswahl von 43 Kontrollflächen verschiedene Parameter im Bereich der Deckung, der Wildtierpräsenz sowie der Vegetation aufnahm, um daraus Muster im Zusammenhang mit der Schälbelastung zu erkennen. Es zeigte sich, dass in von Schälung belasteten Kontrollflächen der Anteil an Stangenholz höher ist und mehr Wildwechsel nachgewiesen werden konnte. Ebenso war der Nadelholzanteil in der Baumschicht in belasteten Kontrollflächen höher. Die schwach ausgebildete Bodenvegetation und die wenigen Rothirschnachweise in belasteten Kontrollflächen deuteten nicht auf ein Einstandsgebiet des Rothirschs an diesen Standorten hin. Vielmehr ergab sich das Muster, dass die Rothirsche während ihres Streifens entlang der Wildwechsel durch den Wald die Eiben schälen. Sowohl die Krautschicht wie auch Jungwuchs/Dickung war in den meisten Kontrollflächen nur sehr spärlich vorhanden. Dies könnte ein Hinweis sein, dass Schälungen aufgrund mangelnder Nahrungsquellen auftreten und die Rothirsche ihre benötigten Nährstoffe aus der Rinde der Eiben kompensieren. Der hohe Nadelholzanteil in der Baumschicht bei belasteten Kontrollflächen, in der vor allem die Eibe dominierte, könnte darauf hinweisen, dass eine hohe Eibendichte auf engem Raum den Rothirsch geruchlich stärker anzieht. Es sind jedoch weitere Analysen mit mehr Datensätzen notwendig, um genauere Rückschlüsse ziehen zu können und mögliche waldbauliche Massnahmen zum Schutz der Eiben im Albisgebiet abzuleiten.

Abstract

The increasing spread of red deer (*Cervus elaphus*) in the Swiss Plateau is putting *Taxus baccata* under pressure in some areas. The bark stripping damage to *Taxus baccata* caused by red deers can lead to the death of the *Taxus baccata* if the intensity is too high. So far, there are not many reasons of bark stripping, which spatial conditions favour a bark stripping occurrence and at which daily activity bark stripping damage occurs. For this reason, I conducted a field study in the Albis area in the canton of Zurich, where I recorded various parameters in the area of cover, wildlife presence and vegetation in a selection of 43 control plots, in order to identify patterns in connection with the intensity of bark stripping. It was found that in control plots affected by bark stripping, the proportion of pole wood was higher and more deer browsing could be detected. Likewise, the proportion of coniferous wood in the tree layer was higher in polluted control plots. The weakly developed ground vegetation and the few red deer records in polluted control plots did not indicate a red deer range at these sites. It was shown that bark stripping damage occurs when red deer move along their game trails through the forest. Both the herbaceous layer and young growth/thickness were very sparse in most of the control plots. This could be an indication that bark stripping occurs due to a lack of food sources and that the red deer compensate their needed nutrients from the bark of the *Taxus baccata*. The high proportion of coniferous wood in the tree layer of polluted control plots, which was dominated by *Taxus baccata*, could indicate that a high density of *Taxus baccata* in a small area attracts the red deer more strongly by smell. However, further analyses with more data sets are necessary to draw more precise conclusions and to derive possible silvicultural measures for the protection of *Taxus baccata* in the Albis area.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
2	Material und Methoden	8
2.1	Untersuchungsgebiet.....	8
2.2	Datengrundlage	10
2.3	Belastung durch Schälung definieren.....	10
2.4	Feldaufnahmen.....	11
2.4.1	Lokalisierung der Kontrollflächen	12
2.4.2	Plotmarkierung	12
2.4.3	Deckung	13
2.4.4	Wildtierpräsenz.....	13
2.4.5	Vegetation	14
2.4.6	Zusätzliche räumliche Analysen.....	15
2.5	Datenaufbereitung	15
2.6	Datenanalyse.....	15
3	Resultate	20
3.1	Deckung	20
3.2	Wildtierpräsenz.....	21
3.2.1	Rehpräsenz	21
3.2.2	Rothirschpräsenz.....	22
3.2.3	Wildwechsel.....	22
3.3	Vegetation	24
3.4	Zusätzliche räumliche Analysen.....	26
4	Diskussion	27
5	Schlussfolgerung	29
6	Literaturverzeichnis.....	30
	Abbildungsverzeichnis	32
	Tabellenverzeichnis	32
	Anhang 1: Poster	33
	Anhang 2: Feldprotokoll und Hinweise zum Feldprotokoll	34
	Anhang 3: Pläne Feldbegehung.....	37
	Anhang 4: Übersichtstabelle Feldaufnahmen.....	42
	Anhang 5: Hinweise und Empfehlungen Feldaufnahmen	47
	Anhang 6: Hilfs-Flussdiagramm für statistische Analysen	48
	Anhang 6: R-Skripte.....	49

1 Einleitung

Der Rothirsch (*Cervus elaphus*) verbreitet sich in der Schweiz zunehmend vom Alpenraum in Richtung Mittelland aus und kommt im Albisgebiet bereits seit mehreren Jahren als Standwild vor (Kistler & Altweg, 2019). Geeignete Lebensräume für den Rothirsch sind im Schweizer Mittelland in weiten Teilen vorhanden (Willisch et al., 2019) und bieten gegenüber den Lebensräumen in den Alpenregionen viele Vorteile. So besteht im Mittelland eine ganzjährig grössere Verfügbarkeit und eine höhere Qualität an Nahrungsressourcen (Hummel et al., 2014). Wie präsent der Rothirsch im Albisgebiet bereits ist, zeigt das aktuelle Monitoringprojekt der Forschungsgruppe Wildtiermanagement der ZAHW Wädenswil. Im Albisgebiet des Kanton Zürichs konnten mittels Fotofallenmonitoring zwischen Oktober 2020 bis September 2021 1'404 Rothirsch-Individualnachweise in 923 Bildsequenzen erbracht werden. Vor allem in den Regionen Langnau am Albis, Horgen, Hausen am Albis sowie in der Kernzone des Wildnispark Zürich (Abbildung 1) wurden vergleichsweise viele Rothirschnachweise erbracht (Signer C., Sigrist B., Reifler-Bächtiger M. & Wiget F., 2022). Das Aufkommen des Rothirschs bringt viele waldbauliche Konflikte mit sich. Einer dieser Konfliktpunkte ist das Schälen. Beim Schälen werden Rindenstücke oder ganze Rindenstreifen der Bäume abgenagt oder abgezogen (Kupferschmid & Brang, 2010). Neben Rothirsche sind auch Sikahirsche (*Cervus nippon*) und Mufflons (*Ovis gmelini musimon*) dafür bekannt, Schälsschäden zu verursachen (Ammer et al., 2010). Jedoch sind diese Arten im Albisgebiet nicht anzutreffen. Gämse und Rehe schälen nur selten (Kupferschmid & Brang, 2010), weshalb die Schälsschäden im Albisgebiet mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ausschliesslich auf den Rothirsch zurückzuführen sind. Über die Ursache dieses Verhaltens des Rothirschs herrscht keine Einigkeit (Vospernik, 2006). Ein möglicher Grund könnte das Fehlen von ursprünglichen Nahrungsquellen oder eine gezielte Aufnahme von bestimmten Mineralien sein (Gill, 1992). Vor allem im Winter bei Schneebedeckung oder wenn die Rothirschdichte so hoch ist, dass es zu Nahrungsbeschränkungen kommt, können andere Nahrungsquellen wie die Rinde der Bäume Ersatz leisten (Gill, 1992). Die Rinde weist einen vergleichbaren Gehalt an Stärke, Wasser und Phosphor auf wie andere Nahrungspflanzen des Rothirschs. Hinzu kommt, dass die Rinde einen hohen Gehalt an Vitaminen und Mikromineralien aufweist, die meisten Vitamine (ausser Vitamin A) jedoch vom Rothirsch selbst synthetisiert werden können. Im Allgemeinen zeigen gemachte Studien jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Rindennährstoffgehalt und den Schäden (Gill, 1992). Die Erkenntnisse aus gemachten Studien deuten jedoch darauf hin, dass der gelegentliche Ausbruch schwerer Schälsschäden durch einen Ernährungsmangel motiviert sein könnte und die Rinde somit als Ersatznahrung dient, vor allem im Zusammenhang mit der Rothirschdichte (Verheyden et al., 2006). Ein weiterer Grund für das Schälen könnte das Nachahmen anderer Tiere innerhalb der Gruppe sein. Somit könnten sich kleine Gruppen bilden, welche starke Schälsschäden verursachen können (Gill, 1992). Auch anthropogen verursachter Stress oder interne Streitigkeiten innerhalb der Herde können einen Einfluss auf das Schälverhalten haben (Gill, 1992).

Verletzungen, welche durch die Schälung entstehen, bewirken einen Wachstumsverlust an den jeweiligen Bäumen (Cukor et al., 2019). Kleinere Wunden können durch den Baum meist selbst geheilt werden, jedoch führen grössere und stammumfassende Wundflächen oft zum Absterben des Baumes. Vor allem in Nutz- und Schutzwäldern sind solche Schälchäden zu vermeiden (Rheinberger & Suter, 2006). Zu den besonders schälunfalligen Bäumen zählt unter anderem die Eibe (*Taxus baccata*). Die Baumart wird von den Rothirschen gegenüber anderen Baumarten bevorzugt (Kistler & Altweg, 2019) und gehört aufgrund ihres langsamen Wachstums zu den gefährdeten Baumarten (Kupferschmid & Brang, 2010). Der Kanton Zürich weist mit rund 1 % Eibenanteil der Waldbäume die höchste Eibendichte der Schweiz auf und definiert in seinem Waldentwicklungsplan (WEP Kanton Zürich, 2010) das Ziel der Eibenförderung wie folgt: "Eibenbestände bleiben erhalten, Verjüngung wird gefördert." Im Rotwildkonzept des Kantons Zürich (Sigrist et al., 2017) wird auf eine natürliche Einwanderung des Rothirschs und eine begleitete Ausbreitung mit flankierenden Massnahmen gesetzt. Angelehnt an den Waldentwicklungsplan und die zunehmende Präsenz des Rothirschs im Albisgebiet wurden im ganzen Kanton Eibenförderflächen ausgeschieden. Durch den Forstkreis 1 wurden in diesen Flächen im Jahr 2018 erstmals die Schälbelastung erfasst. Damals waren 11 von 85 Kontrollstützpunkten (KSP) in den Eibenförderflächen von Schälungen betroffen (Guetg, 2021). In der Wiederholung der Erhebung im Jahr 2021 stieg die Zahl der von Schälung betroffenen Standorte auf 17 an (Guetg, 2021). Ebenfalls nahm die Intensität der Schälung innerhalb dieser drei Jahre zu. Während im Jahr 2018 noch lediglich drei Eiben einen geschälten Stammumfang von > 50 % aufwiesen, waren es im Jahr 2021 bereits 32 Eiben. Die betroffenen Eibenförderflächen im Forstkreis 1 befinden sich hauptsächlich in der Nähe des Sihlwalds.

Nebst der Erhebung der Schälbelastung im Forstkreis 1 wurden in der Arbeit von Guetg (2021) auch statistische Analysen durchgeführt, um räumliche Zusammenhänge zwischen Eibenförderflächen mit und ohne Schälbelastung aufzeigen zu können. Anhand dieser Analysen zeigten sich signifikant mehr Schälchäden in räumlicher Nähe zum Sihlwald. Ebenfalls zeigen Eibenförderflächen, die vom Lärm der Autostrassen und Zugschienen unbelastet sind, eine stärkere Tendenz zu Schälungen auf als vom Lärm belastete Eibenförderflächen. Trotz neuen Erkenntnissen ist die aktuelle Informationslage, welche Faktoren einen Einfluss auf das Schälvorkommen an Eiben haben könnten, noch wenig geklärt. Aus diesem Grund soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine vertiefte Untersuchung im Forstkreis 1 stattfinden, wo zusätzliche Parameter im Bereich der Deckung, Wildtierpräsenz und der Vegetation erfasst und statistisch ausgewertet werden sollen. Dabei sollen die Kontrollstützpunkte in den Eibenförderflächen in drei Belastungsgruppen eingeteilt werden, um herauszufinden, welche weitere Parameter einen Einfluss auf die Schälbelastung haben können, die sich innerhalb des Forstkreises 1 auf kleinem Raum zum Teil stark unterscheiden.

Mit dieser Arbeit soll geklärt werden, ob

- die Deckung und die Abgelegenheit von der nächstgelegenen Strasse / vom nächstgelegenen Weg einen Einfluss auf die Schälbelastung haben können.
- es Anzeichen gibt, dass Schälungen in Einstandsgebieten der Rothirsche stattfinden.
- der Wildwechsel einen Einfluss auf die Schälbelastung haben kann.
- die Präsenz von Reh einen Einfluss auf die Schälbelastung haben kann.
- die Zusammensetzung der Wald-Entwicklungsstufen ein Muster aufzeigt, um die Schälbelastung zu erklären.
- der Deckungsgrad und die Bodenvegetation einen Einfluss auf die Schälbelastung haben können.
- der Nadelholzanteil einen Einfluss auf die Schälbelastung haben kann.
- es Anzeichen gibt, dass Schälungen in Warteräumen nahe dem Waldrand stattfinden.
- die Hangneigung einen Einfluss auf die Schälbelastung haben kann.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich entlang der Albiskette zwischen Adliswil und Hirzel und liegt im Forstkreis 1 des Kantons Zürich (Abbildung 1). Es hat eine Fläche von 4'000 ha, wovon 2'200 ha Waldfläche ausmachen. Die ausschlaggebenden Faktoren für die Perimeterauswahl waren die grossen zusammenhängenden Waldgebiete und die kleinräumlich unterschiedlichen Schälbelastungen. Laubmischwälder, steile Hänge, die Sihl sowie der Wildinspark Zürich Sihlwald prägen das Untersuchungsgebiet, welches nord-östlich durch die Autobahn A3 und süd-westlich durch die Hauptstrassen zwischen Stallikon und Sihlbrug abgegrenzt wird. Innerhalb des Perimeters befinden sich 43 Punkte des Kontrollstichprobeninventurs (KSP), die vom Forstkreis 1 in einem Radius von 0.1 ha um den KSP alle drei Jahre auf Schälbelastung kontrolliert werden. Diese 43 Punkte des KSP werden ebenfalls für diese Arbeit als Ausgangspunkte für die Untersuchungen verwendet. Da sich mehrere KSP-Punkte in einer Eibenförderfläche befinden können, wird für das bessere Verständnis der Begriff Kontrollfläche verwendet anstatt KSP-Punkte oder Eibenförderfläche.

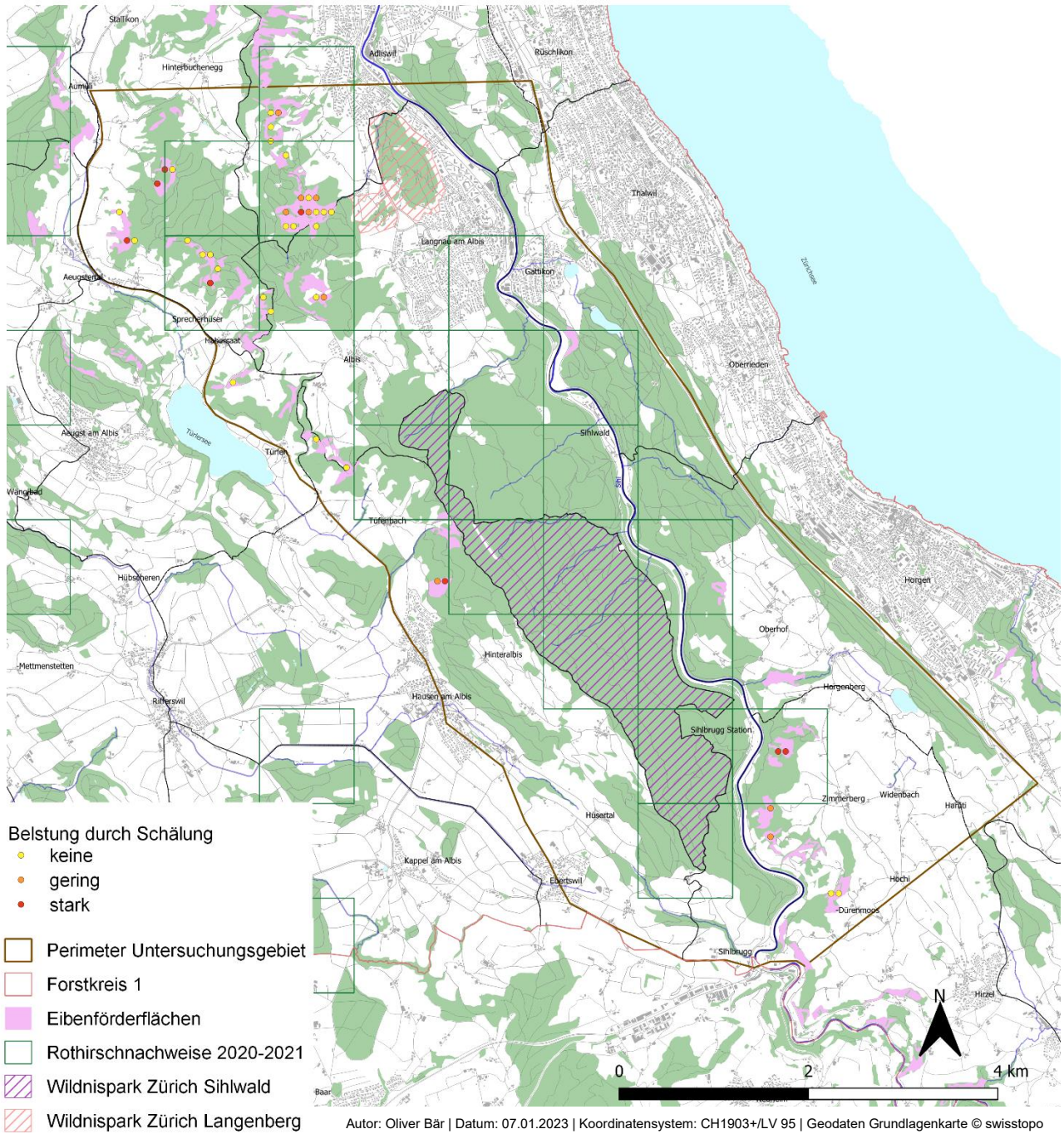


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes

2.2 Datengrundlage

Zur Verfügung standen mir die Daten von (Guetg, 2021) aus der Erhebung der Kontrollflächen vom Jahr 2021. Aus diesen Daten entnahm ich als Grundlage für das zu erstellende Feldprotokoll die sechsstellige KSP-ID und die Koordinate des KSP, um die zu untersuchenden Flächen zuweisen und orten zu können. Ebenfalls entnahm ich pro KSP-ID die Hangneigung in % für die spätere räumliche Analyse, die Anzahl Eiben, der prozentuale Anteil der von Schälung betroffenen Eiben, den höchsten prozentualen Schälumfang-Wert sowie die Veränderung der Schälbelastung gegenüber der Erhebung im Jahr 2018. Geodaten wurden durch den Forstkreis 1 zur Verfügung gestellt und durch Geoportale bezogen (Tabelle 1)

Tabelle 1: Übersicht Geodatenbezug.

Datensatz	Herausgeber	Datentyp
Swiss Map Vector 25 - Gebäude - Strassen - Siedlungsname - Bodenbedeckung - Freizeitareal	Swisstopo	Polygon Feature Class Polyline Feature Class Polygon Feature Class Polygon Feature Class Polygon Feature Class
swiss TLM3D Fliessgewässer	Swisstopo	Polyline Feature Class
swiss TLM3D Stehende Gewässer	Swisstopo	Polygon Feature Class
Forstgebiet Forstkreis 1 Zürich	Forstkreis 1 Zürich	Polygon Feature Class
Erhebung FK1 2021	Forstkreis 1 Zürich	Point Feature Class
Eibenförderflächen FK1	Forstkreis 1 Zürich	Polygon Feature Class

2.3 Belastung durch Schälung definieren

Pro Kontrollfläche definierte ich eine Belastungsstärke durch Schälungen, die sich zusammensetzt aus dem prozentualen Anteil an von Schälung betroffenen Eiben und dem höchsten prozentualen Schälumfang-Wert (Abbildung 2). Beide Grössen wurden aus den Erhebungen von (Guetg, 2021) entnommen. Durch diese Definierung konnte ich jede Kontrollfläche in eine der drei Belastungsgruppen keine, gering, und stark einteilen. So ergaben sich im Untersuchungsgebiet insgesamt 26 Kontrollflächen mit keiner Schälbelastung, 9 Kontrollflächen mit geringer Schälbelastung und 8 Kontrollflächen mit starker Schälbelastung. Die Verteilung der Kontrollflächen im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 2 ersichtlich, wobei die einzelnen Punkte das Zentrum der jeweiligen Kontrollflächen darstellen. Weitere Details zur Definition der Belastung durch Schälung sind im Anhang 2 vermerkt.

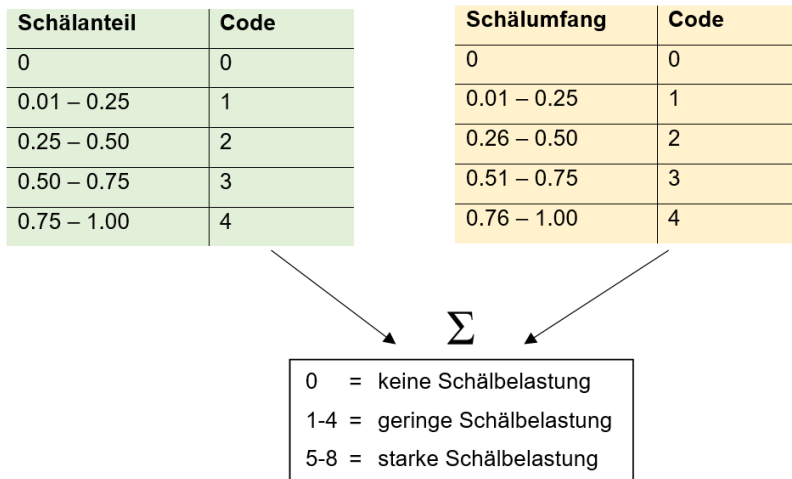


Abbildung 2: Methodische Herleitung für die Einteilung in die Belastungsgruppen "keine", "gering", "stark".
 Quelle: Eigene Darstellung

2.4 Feldaufnahmen

Für die strukturierte Erfassung der Parameter in den jeweiligen Kontrollflächen habe ich ein Feldprotokoll ausgearbeitet (Anhang 2), welches ich von Rudin (2021) übernommen und entsprechend auf die Fragestellung dieser Arbeit angepasst habe. Die Feldaufnahmen fanden zwischen dem 23. Juni 2022 und dem 03. Juli 2022 statt. Der Zeitraum wurde bewusst so gewählt, da die Erhebung der Schälbelastung im Jahr 2018 und 2021 durch den Forstkreis 1 ebenfalls um diese Jahreszeit stattgefunden hat. Zwei Kontrollflächen (KSP-ID 696156 und 696157) mit der Schälbelastung "keine" und "gering" wurden aus Sicherheitsgründen nicht begangen.

Für die Feldaufnahmen benötigte ich folgende Materialien:

- Protokoll Feldaufnahmen
- Kartenausschnitte Untersuchungsgebiet
- GPS-Empfänger
- Kompass
- Distanzmessgerät
- Messband/Meter
- Fotokamera
- Feldstecher
- Stoffzylinder (Höhe 1 m, Ø 0.2 m)
- Absperrband

Weitere Hinweise und Empfehlungen zur Ausrüstung bei den Feldaufnahmen sind im Anhang 5 dokumentiert.

2.4.1 Lokalisierung der Kontrollflächen

Vor der ersten Begehung erstellte ich einen detaillierten Plan, in welcher Reihenfolge ich die einzelnen Kontrollflächen begehe. Dafür habe ich das Untersuchungsgebiet in verschiedene Abschnitte aufgeteilt und davon jeweils einen Plan im Massstab 1:10'000 erstellt. Die einzelnen Pläne sind im Anhang 3 ersichtlich. Mittels GPS-Gerät (Garmin eTrex 20) und den Koordinaten der KSP konnte ich das Zentrum der Kontrollflächen ausfindig machen. Da das Navigationsgerät im dichten Wald Ungenauigkeiten aufwies, musste teils bei der Ankunft in der Kontrollfläche noch im Umkreis von ca. 10 Meter nach einer blauen Markierungsstelle an einem Baum gesucht werden.

2.4.2 Plotmarkierung

Das Plotzentrum wurde mit einem Stoffzylinder markiert (Abbildung 3). Der Stoffzylinder sollte dabei möglichst direkt über dem Waldboden aufgehängt werden, um in allen Kontrollflächen die gleiche Ausgangslage zu schaffen für die Erhebung des sichtbaren Anteils des Stoffzylinders von der nächstgelegenen Strasse / vom nächstgelegenen Weg. Die Plotgrösse in den Kontrollflächen betrug 25 x 25 m und konnte mittels Distanzmessgerät (Leica Rangemaster CRF2400-R) im Feld definiert werden. Dafür habe ich in alle vier Himmelsrichtungen ein Baum gesucht, welcher in einer Distanz von ungefähr 12.5 m vom Plotzentrum entfernt liegt. Eine exakte Absteckung des Plots ist für diese Arbeit nicht zwingend relevant, da die zu erhebenden Parameter nicht auf exakte Grenzmarkierungen angewiesen sind. Im unübersichtlichen Gebiet habe ich die definierten Eckpunkte noch zusätzlich mit Absperrband markiert, um bei der Erhebung die Plotgrenzen nicht zu übersehen. Nachdem ich das Plotzentrum markiert habe, begann ich mit der Aufnahme der Parameter in den Untersuchungskategorien Deckung, Wildtierpräsenz und Vegetation.



Abbildung 3: Stoffzylinder zur Markierung des Zentrums der Kontrollfläche
Quelle: Oliver Bär

2.4.3 Deckung

Als ersten Parameter nahm ich die Sichtdistanz in den Kontrollflächen auf und erfasste mit dem Distanzmessgerät den entferntesten Punkt in alle vier Himmelsrichtungen. Dafür definierte ich mit dem Kompass zuerst die Himmelsrichtung, peilte mit dem das Distanzmessgerät den Punkt (Baum, Fels, etc.) an, der vom Plotzentrum am weitesten entfernt liegt und notierte die Distanz. So gab es pro Kontrollfläche vier Distanzen (je eine pro Himmelsrichtung). Für die spätere Datenanalyse benutzte ich dann pro Kontrollfläche den berechneten Mittelwert aller vier Himmelsrichtungen. Nach der Distanzmessung notierte ich den Deckungstyp, der eine weitere Sicht in die jeweilige Himmelsrichtung versperrte. Zur Auswahl standen jeweils folgende Deckungstypen:

- Topografie
- Baumstrunk/Wurzelstock
- Asthaufen
- Stein/Fels
- Vegetation
- Liegendes Totholz
- Sonstiges

Falls ich vom Zentrum der Kontrollfläche eine Strasse/einen Weg sah, habe ich den sichtbaren Anteil des Stoffzylinders aufgenommen (auf 10 % genau). Damit man aber nicht noch einmal die ganze Strecke zur Strasse/zum Weg und wieder zurück ablaufen muss, kann der sichtbare Anteil auch vom Stoffzylinder aus definiert werden. Dazu blickt man von verschiedenen Höhen (von oben nach unten) direkt neben dem Stoffzylinder in Richtung der Strasse / des Weges und versucht so den sichtbaren Anteil abzuschätzen. Sieht man die Strasse / den Weg nicht mehr, so ist auch ab diesem Punkt der restliche Stoffzylinder nicht mehr sichtbar. Ab diesem Punkt, wo der Stoffzylinder nicht mehr sichtbar war, habe ich den sichtbaren Anteil abschätzen können. Wenn die nächstgelegene Strasse / der nächstgelegene Weg nicht eindeutig identifizierbar war, wurde die Strasse / der Weg genommen, wo einsehbarer ist.

2.4.4 Wildtierpräsenz

Um die Präsenz von Rothirsch, Reh und allenfalls Gämse in der Kontrollfläche nachweisen zu können, führte ich ein Pellet Group Sampling durch. Das Pellet Group Sampling ist eine häufig verwendete Methode zur Schätzung der Populationsdichte verschiedener Huftierarten, wobei entlang eines definierten Transekts nach Kothaufen gesucht wird. Das Verfahren geht dabei von einer positiven Beziehung zwischen der Anzahl der Tiere und den Pelletgruppen aus (Härkönen & Heikkilä, 1999). Für meine Studie suchte ich entlang eines 72 m langen Transekts, jeweils 1 m links und rechts entlang des Transekts nach Kothaufen. Ausgehend vom Zentrum der Kontrollfläche wurde das Transekt gemäss Vorgabe Feldprotokoll (Anhang 2) abgelaufen. Als Kothaufen wurden

Darmausscheidungen von mehr als fünf Kotkugeln definiert. Gefundene Kothaufen habe ich fotografiert. Um das Grössenverhältnis darstellen zu können, habe ich jeweils ein Massband unter die Kotkugeln platziert. Schlussendlich wurde die Anzahl gefundener Kothaufen pro Art notiert. Während des Pellet Group Sampling erfasste ich zudem die Anzahl gefundener Trittsiegel, die Anzahl Reh-/Hirschlager sowie die Pfadlänge von erkennbaren Wildwechsel. Die beim Pellet Group Sampling mitaufgenommenen Pfadlängen des Wildwechsels werden summiert. Weitere Funde von Kothaufen, Trittsiegel, Reh-/Hirschlager sowie Wildwechsel während der nachfolgenden Vegetationserfassung wurden ebenfalls erfasst. Es bietet sich an, das Pellet Group Sampling vor der Vegetationserfassung durchzuführen, da beim Ablaufen des Transekts bereits einen guten Überblick über die Vegetation gemacht werden kann. Gemäss Feldprotokoll würde auch beurteilt werden, ob es sich bei allfälligen Fegge-/Schlag-/Verbiss- und Schälspuren um frische oder ältere Spuren handelt. Jedoch erwies sich diese Beurteilung während den Feldaufnahmen als zu schwierig für meinen Wissensstand und meine Erfahrung, weshalb auf diese Beurteilung verzichtet wurde. Für die statistische Analyse von Reh- und Hirschpräsenz habe ich die einzelnen Nachweise pro Art und Kontrollfläche summiert (Abbildung 4.)

KSP-ID: 660216	
Pellet Group Sampling Reh: 2	} Reh-Präsenznachweise: 4
Anzahl Rehlager: 2	

Abbildung 4: Methodische Herleitung für die Reh-Präsenznachweise
Quelle: Eigene Darstellung

2.4.5 Vegetation

In einer ersten Untersuchung der Vegetation schätzte ich den prozentualen Anteil pro Entwicklungsstufe anhand der Anzahl Gehölze innerhalb der Kontrollfläche ab. Die Summe der erhobenen Prozentwerte aller Entwicklungsstufen musste stets 100 % ergeben. Folgende Entwicklungsstufen wurden vorgängig definiert:

- Entwicklungsstufe 1: Jungwuchs/Dickung (<12 cm BHD)
- Entwicklungsstufe 2: Stangenholz (12-30 cm BHD)
- Entwicklungsstufe 3: Baumholz (>30 cm BHD)

Neben den Entwicklungsstufen bestimmte ich auch den Deckungsgrad. Mit einer Schätzhilfe (Anhang 2) konnte ich die Deckungsgrade der folgenden Schichten bestimmen:

- Krautschicht (Höhe < 0.5 m)
- Strauchschicht (Höhe 0.5 m – 3.0 m)
- Baumschicht (Höhe > 3.0 m)

Die Deckungsgrade wurden in 10%-Schritten angegeben und der tiefste Deckungsgrad wurde mit $< 5\%$ definiert. Die Summe der drei Schichten konnte auch über 100% liegen. Pro Schicht wurde zusätzlich noch der Anteil Nadelhölzer und die dominierenden Pflanzen bestimmt, wobei bei den dominierenden Pflanzen jeweils die drei Häufigsten, absteigend nach Flächenanteil, notiert wurden. Wenn nur eine Pflanzenart dominant war, notierte ich auch nur die eine Art. Grasartige Pflanzenarten (*Graminoide*), Kräuter und Frane wurden als Grossgruppe behandelt, alle anderen Pflanzen wurden auf Artniveau bestimmt. Der Deckungsgrad für die vegetationsfreie Bodenbedeckung beurteilte ich in einem separaten Schritt. Dabei definierte ich die prozentuale Fläche, die keine Vegetation aufwies.

2.4.6 Zusätzliche räumliche Analysen

Neben den Feldaufnahmen berechnete ich zudem die Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg und die Distanz zum nächstgelegenen Waldrand ausgehend vom Zentrum der Kontrollfläche. Mit ArcGIS Pro (Version 2.8.0) und den bereits importierten Layern konnte ich mithilfe des Ermittlungstools "Messen" die Distanz berechnen. Die Distanz wurde auf 1 m genau angegeben. Ebenfalls wurde auch die Hangneigung in %, welche bereits durch den Forstkreis 1 in den jeweiligen Kontrollflächen aufgenommen wurde, in der Datenanalyse auf Unterschiede zwischen den Schäbelastungskategorien überprüft.

2.5 Datenaufbereitung

Die im Feld aufgenommenen Parameter mittels Feldprotokoll übertrug ich anschliessend in eine Excel-Tabelle (Anhang 4). Neben der Übertragung der Feldprotokolle in die Excel-Tabelle wurden zusätzliche Spalten für folgende Analysen erstellt:

- Mittelwert Sichtdistanz
- Sichtbarkeit Zylinder Ja/Nein
- Präsenznachweis Reh
- Präsenznachweis Rothirsch
- Distanz zum nächstgelegenen Waldrand
- Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg

2.6 Datenanalyse

Die aufbereitete Excel-Tabelle habe ich als CSV-Datei in R-Studio (Version 1.2.5) importiert. Für die statistische Analyse definierte ich pro Untersuchungskategorie (Tabelle 3) eine Fragestellung, für welche ich anschliessend systematisch den passenden Analysetest durchführte, um eine Aussage zur Signifikanz treffen zu können. Das Signifikanzniveau wurde in allen statistischen Tests mit $\alpha = 0.05$ definiert. Für die Signifikanzdarstellung wurden die Symbole gemäss Tabelle 2 verwendet.

Tabelle 2: Symbole für Signifikanz-Darstellung in den Resultat-Abbildungen.

Symbol	Bedeutung
NS	p-Wert = 1 (nicht signifikant)
ns	p-Wert > 0.05 (nicht signifikant)
*	p-Wert ≤ 0.05
**	p-Wert ≤ 0.01
***	p-Wert ≤ 0.001

Bis auf den statistischen Test bei der Reh- und Hirschpräsenz habe ich jeweils eine zweiseitig ungerichtete Hypothese aufgestellt, da ich keine Vorvermutung hatte. Bei der Reh- und Hirschpräsenz vermutete ich aufgrund der interspezifischen Konkurrenz weniger Rehpräsenz und mehr Hirschpräsenz an den von Schälung betroffenen Standorten. Die Auswahl des statistischen Tests pro Untersuchungskategorie ermittelte ich anhand der Normalverteilungsprüfung sowie der Varianzprüfung (Anhang 6).

Tabelle 3: Übersicht der Fragestellungen pro Untersuchungskategorie.

Untersuchungs-kategorie	Hypothesen	Test-Methodik	statistischer Test
Deckung			
Sichtdistanz	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Sichtdistanz im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Sichtdistanz im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis
Deckungstyp	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Deckungstyp im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Deckungstyp im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	ANOVA

<p>Sichtbarkeit Stoffzylinder</p>	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Sichtbarkeitsanteil des Stoffzylinders im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Sichtbarkeitsanteil des Stoffzylinders im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	<p>zweiseitig / ungerichtet</p>	<p>Kruskal-Wallis</p>
<p>Wildtierpräsenz</p>			
<p>Rehpräsenz</p>	<p>H0: Es gibt nicht signifikant weniger Rehpräsenz an belasteten Standorten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt signifikant weniger Rehpräsenz an belasteten Standorten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	<p>einseitig / gerichtet</p>	<p>Kruskal-Wallis</p>
<p>Hirschpräsenz</p>	<p>H0: Es gibt nicht signifikant mehr Hirschpräsenz an belasteten Standorten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt signifikant mehr Hirschpräsenz an belasteten Standorten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	<p>einseitig / gerichtet</p>	<p>Kruskal-Wallis</p>
<p>Wildwechsel</p>	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Pfadlänge des Wildwechsels im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Pfadlänge des Wildwechsels im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	<p>zweiseitig / ungerichtet</p>	<p>Kruskal-Wallis</p>

Vegetation			
Wald-Entwicklungsstufen	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und den einzelnen Entwicklungsstufen im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und den einzelnen Entwicklungsstufen im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis Oneway-Test
Deckungsgrad	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Deckungsgrad der einzelnen Schichten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Deckungsgrad der einzelnen Schichten im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis
vegetationsfreie Bodenbedeckung	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der vegetationsfreien Bodenbedeckung im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der vegetationsfreien Bodenbedeckung im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis
Nadelholzanteil Baumschicht	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Nadelholzanteil in der Baumschicht im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und dem Nadelholzanteil in der Baumschicht im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Oneway-Test t.test

Zusätzliche räumliche Analysen			
Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis
Distanz zum nächstgelegenen Waldrand	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Distanz zum nächstgelegenen Waldrand im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Distanz zum nächstgelegenen Waldrand im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	Kruskal-Wallis
Hangneigung	<p>H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Hangneigung im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich nicht oder nur zufällig.</p> <p>H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schälbelastung und der Hangneigung im Untersuchungsgebiet. Die Stichproben unterscheiden sich systematisch und nicht zufällig.</p>	zweiseitig / ungerichtet	ANOVA

3 Resultate

3.1 Deckung

Der Mittelwert aller durchschnittlichen Sichtdistanzen in stark belasteten Kontrollflächen betrug 23 m, in gering belasteten Kontrollflächen 24 m und in nicht belasteten Kontrollflächen 23 m. Die Unterschiede zwischen den drei Belastungsgruppen waren nicht signifikant (Abbildung 5, p-Wert = 0.75). Eine Tendenz, dass stärker belastete Kontrollflächen eine dichtere Vegetation aufweisen und darum die Sichtdistanz entsprechend kleiner ist, ging aus den Analysen nicht hervor. Auch beim jeweiligen Deckungstyp der Himmelsrichtungen Nord, Ost, Süd und West handelte es sich in den allermeisten untersuchten Flächen entweder um Vegetation oder Topografie. Lediglich in drei Kontrollflächen konnten noch andere Deckungstypen bestimmt werden. Auch die Analyse zwischen dem Deckungstyp und den Belastungsgruppen ergab keine signifikanten Zusammenhänge (Anhang 7; p-Wert Vegetation = 0.65, p-Wert Topografie = 0.50). Dennoch wies jede von Schälung belastete Kontrollfläche zumindest ein Deckungstyp in allen Himmelsrichtungen auf.

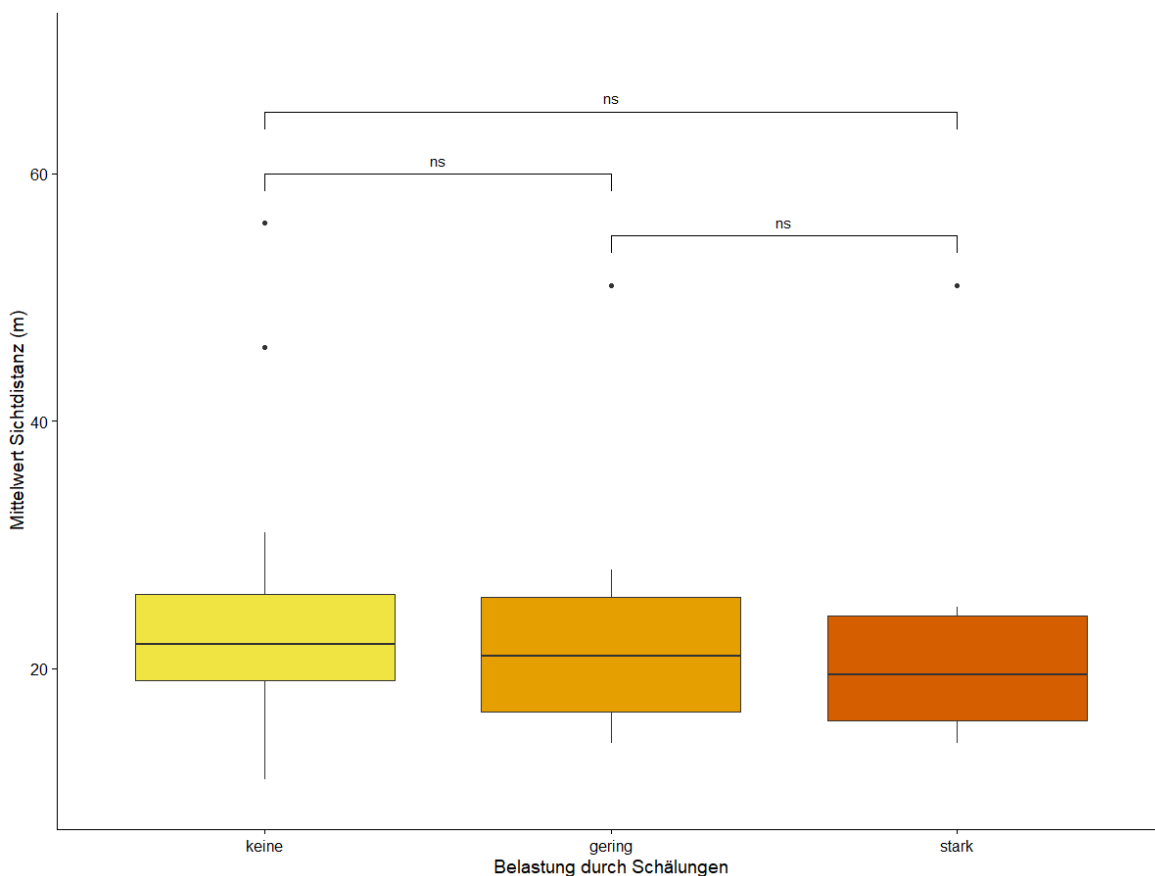


Abbildung 5: Mittlere Sichtdistanz (m) in alle vier Himmelsrichtungen der Kontrollflächen. Dargestellt in den drei Belastungsgruppen.

Bei lediglich 9 von 41 Kontrollflächen war der Stoffzylinder, der das Zentrum der Kontrollfläche markierte, von der nächstgelegenen Strasse/vom nächstgelegenen Weg aus sichtbar war. Davon war nur eine Kontrollfläche von Schälung stark belastet und die restlichen 8 waren nicht von Schälungen betroffen gewesen (Anhang 7). Die statistische Auswertung ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Belastungsgruppen und dem Sichtbarkeitsanteil des Stoffzylinders (Anhang 7, p-Wert = 0.13). Dennoch zeigt die Aufteilung in belastete und unbelastete Kontrollflächen, dass belastete Standorte anteilmässig weniger Einsicht ins Zentrum der Kontrollflächen bieten als unbelastete Standorte (Abbildung 6).

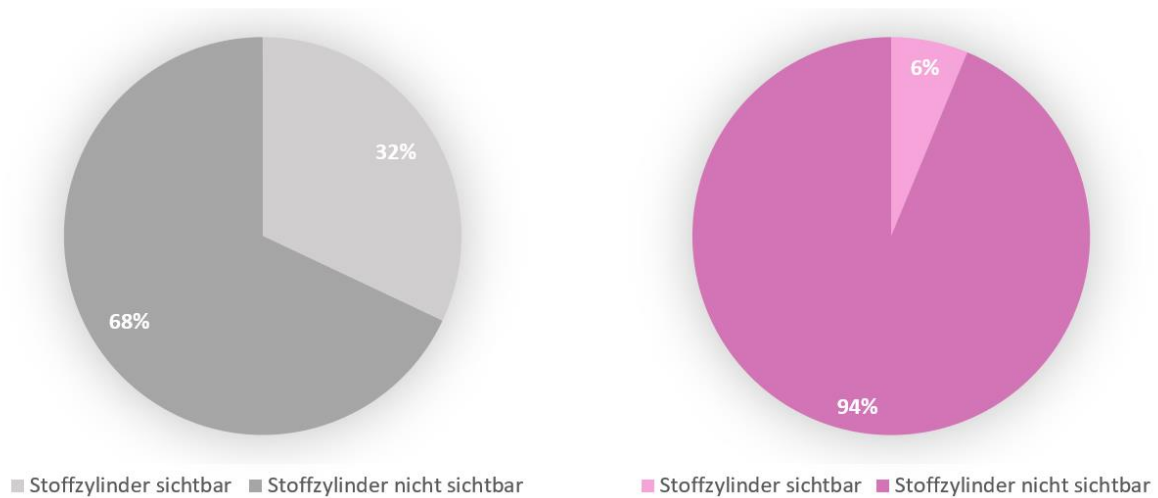


Abbildung 6: Einsicht ins Zentrum von unbelasteten Kontrollflächen (links) und belasteten Kontrollflächen (rechts)

3.2 Wildtierpräsenz

3.2.1 Rehpräsenz

Die Präsenz von Rehen konnte in insgesamt 17 Kontrollflächen nachgewiesen werden. In 15 Kontrollflächen wurden 27 Rehlager gefunden und 4 zusätzliche Rehnachweise durch Kotfunde erfasst. In zwei weiteren Kontrollflächen wurde die Rehpräsenz nur durch Kotfunde nachgewiesen. Von den 17 Kontrollflächen mit Rehpräsenz wiesen 3 eine starke Schälbelastung und 6 eine geringe Schälbelastung auf. Die Präsenz der Rehe unterscheidet sich in den einzelnen Belastungsgruppen signifikant (p-Wert = 0.044). In gering belasteten Standorten wurde mehr Rehpräsenz nachgewiesen als in nicht belasteten Standorten (Abbildung 7; p-Wert = 0.026). Ebenfalls wurde bei stark belasteten Standorten signifikant weniger Rehpräsenz nachgewiesen als bei gering belasteten Standorten (Abbildung 7; p-Wert = 0.035).

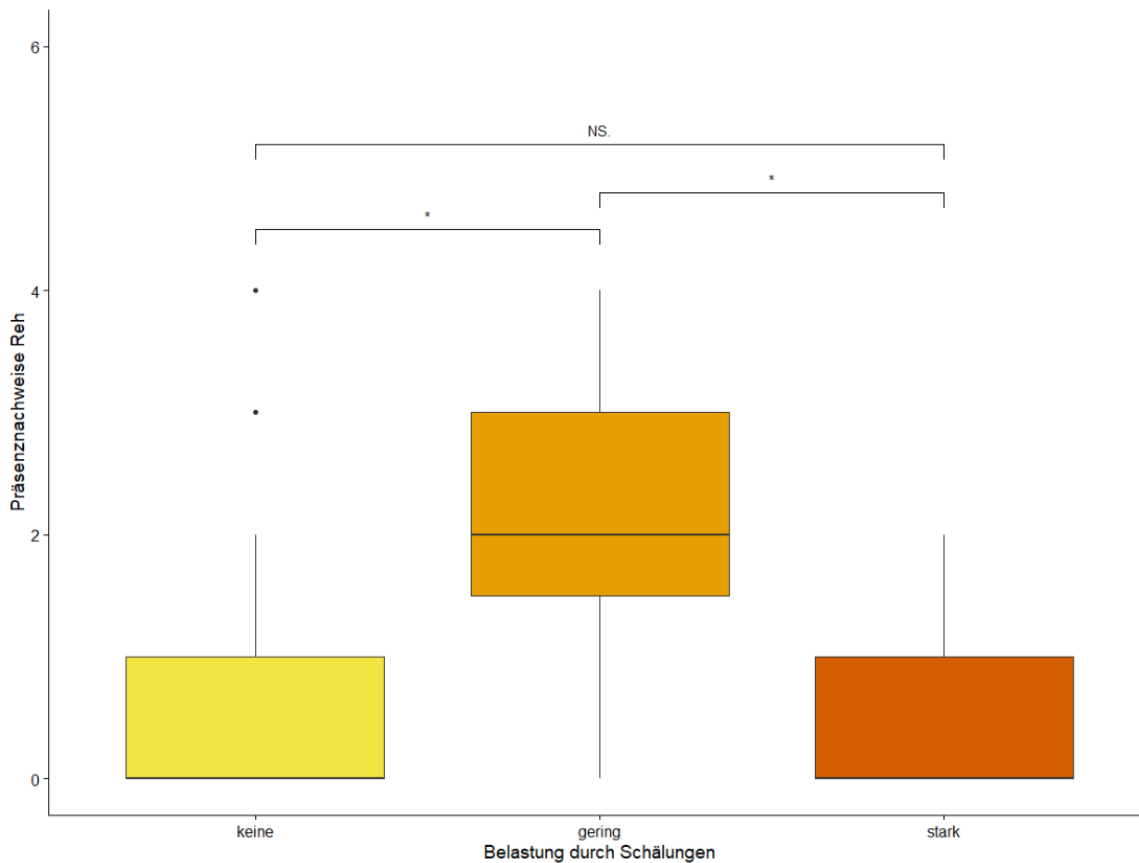


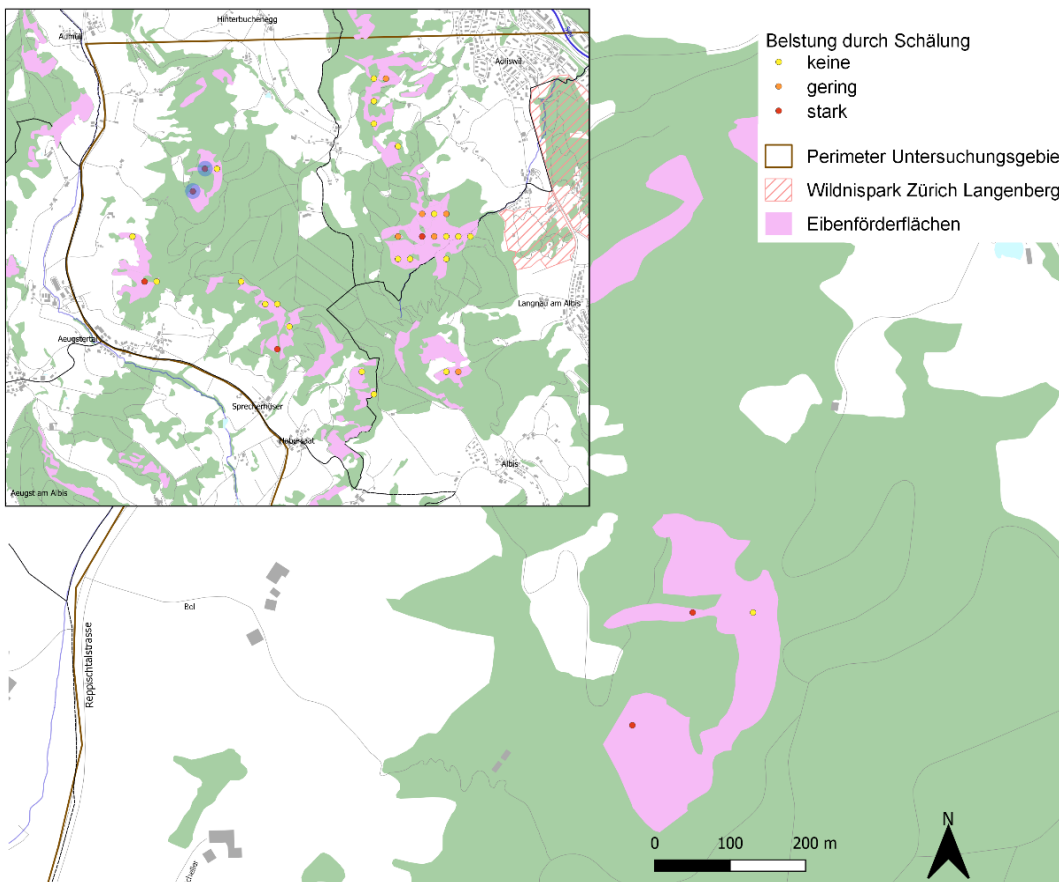
Abbildung 7: Anzahl Reh-Präsenznachweise dargestellt in den drei Belastungsgruppen

3.2.2 Rothirschpräsenz

Von den untersuchten 41 Kontrollflächen konnten nur in 2 Kontrollflächen Rothirschpräsenz nachgewiesen werden. In beiden Kontrollflächen wurden Kothaufen und Trittsiegel gefunden. Beide Kontrollflächen sind stark von Schälungen belastet und befinden sich räumlich nahe beieinander (Abbildung 8). Hirschlager konnten in keiner Kontrollfläche gefunden werden und somit auch keine klaren Hinweise auf ein Einstandsgebiet des Rothirschs. Die statistische Analyse zur Hirschpräsenz ergab signifikant mehr Rothirschpräsenz an stark belasteten Standorten im Vergleich zu nicht belasteten Standorten (Anhang 7; p-Wert = 0.026).

3.2.3 Wildwechsel

Bei der Aufnahme von Wildwechsel wurden in 24 Kontrollflächen Pfade angetroffen, welche als Wildwechsel benutzt werden. An allen stark belasteten Standorten und an 6 von 8 gering belasteten Standorten konnte Wildwechsel festgestellt werden. Bei nicht belasteten Standorten konnte in 10 von 25 Kontrollflächen Wildwechsel entdeckt werden. Aus der Analyse zeigte sich, dass es an stark belasteten Standorten signifikant mehr Wildwechsel gibt als an gering und nicht belasteten Standorten (Abbildung 9; p-Wert = 0.0017 und 0.026), womit stark belastete Kontrollflächen tendenziell mehr Pfadstrecke für eine mögliche Durchquerung von Wildtieren bieten können.



Autor: Oliver Bär | Datum: 07.01.2023 | Koordinatensystem: CH1903+/LV 95 | Geodaten Grundlagenkarte © swisstopo

Abbildung 8: Lage der gefunden Rothirschnachweise in den stark belasteten Kontrollflächen.

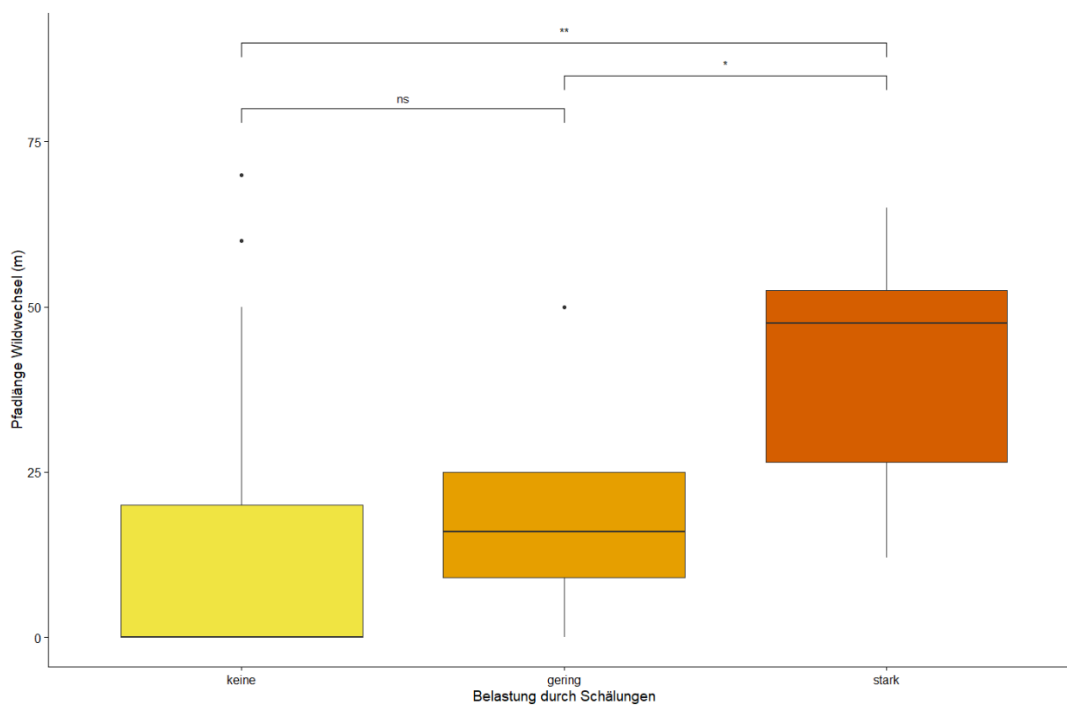


Abbildung 9: Summierte Pfadlängen von Wildwechsel (m) der einzelnen Kontrollflächen dargestellt in den drei Belastungsgruppen.

3.3 Vegetation

Bei der Analyse der Entwicklungsstufen fiel auf, dass vor allem die Entwicklungsstufe 2, Stangenholz mit 12 – 30 cm BHD, stärker vertreten war bei belasteten Kontrollflächen. Sowohl in stark belasteten wie auch in gering belasteten Kontrollflächen ist der Anteil an Stangenholz signifikant grösser als bei nicht belasteten Kontrollflächen (Abbildung 10, p-Wert 0.018 und 0.021). Die Entwicklungsstufe 1, Jungswuchs/Dickung mit < 12 cm BHD, war wiederum bei nicht belasteten Kontrollflächen stärker vertreten als bei den belasteten Kontrollflächen (Anhang 7). Bei der Entwicklungsstufe 3, Baumholz mit > 30 cm BHD, zeigt die Auswertung, dass der Anteil Baumholz mit zunehmender Schälbelastung tendenziell abnimmt (Anhang 7). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Belastungsgruppen bestand allerdings nicht (p-Wert = 0.19). Der Deckungsgrad in den drei Schichten Krautschicht, Strauchschicht und Baumschicht variierte in den einzelnen Belastungsstärken. So war die Krautschicht in belasteten Kontrollflächen meist weniger ausgeprägt als in nicht belasteten Kontrollflächen wobei der Deckungsgrad in stark belasteten Kontrollflächen sogar signifikant kleiner war als bei nicht belasteten Kontrollflächen (Anhang 7, p-Wert = 0.032). Die Strauchschicht war in den meisten Kontrollflächen nur sehr schwach vertreten und erreichte bis auf wenige Ausnahmen kaum einen Deckungsgrad über 25 %. Die Analyse gab keinen Hinweis darauf, dass sich die Strauchschicht in den einzelnen Belastungsgruppen unterscheiden (Anhang 7; p-Wert = 0.25). Im Vergleich zur Strauchschicht wies die Baumschicht in den meisten Kontrollflächen einen hohen Deckungsgrad auf (Anhang 7). Einen Zusammenhang zwischen den Belastungsgruppen ging aus der Analyse allerdings nicht hervor (p-Wert = 0.81).

Der Anteil der vegetationsfreien Bodenbedeckung widerspiegelt weitestgehend das Resultat beim Deckungsgrad der Krautschicht. In stark belasteten Kontrollflächen war der Anteil an vegetationsfreier Bodenbedeckung tendenziell höher als in nicht belasteten Kontrollflächen. So betrug der Anteil an vegetationsfreier Bodenbedeckung in stark belasteten Kontrollflächen durchschnittlich 66 %, in gering belasteten Kontrollflächen 65 % und in nicht belasteten Kontrollflächen 54 %. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Belastungsgruppen ging aus der Analyse allerdings nicht hervor (Anhang 7; p-Wert = 0.27).

Nadelhölzer kamen in allen Kontrollflächen fast ausschliesslich nur in der Baumschicht vor. In keiner Kontrollfläche war der Nadelholzanteil sowohl in der Kraut- wie auch in der Strauchschicht höher als 5 %. Der Nadelholzanteil in der Baumschicht war in belasteten Kontrollflächen signifikant höher als in nicht belasteten Kontrollflächen (Abbildung 11; p-Wert = 0.041). Die Analyse mit allen drei Belastungsgruppen ergab keinen signifikanten Zusammenhang (Anhang 7; p-Wert = 0.16), zeigte aber ebenfalls einen höheren Nadelholzanteil in gering und stark belasteten Kontrollflächen.

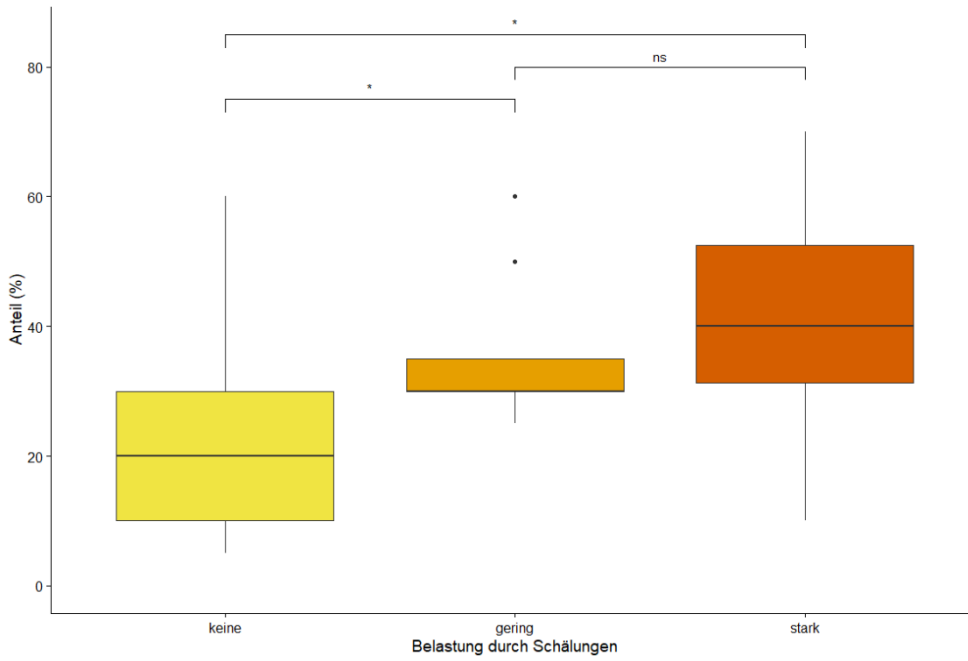


Abbildung 10: Anteil Stangenholz (%) dargestellt in den drei Belastungsgruppen.

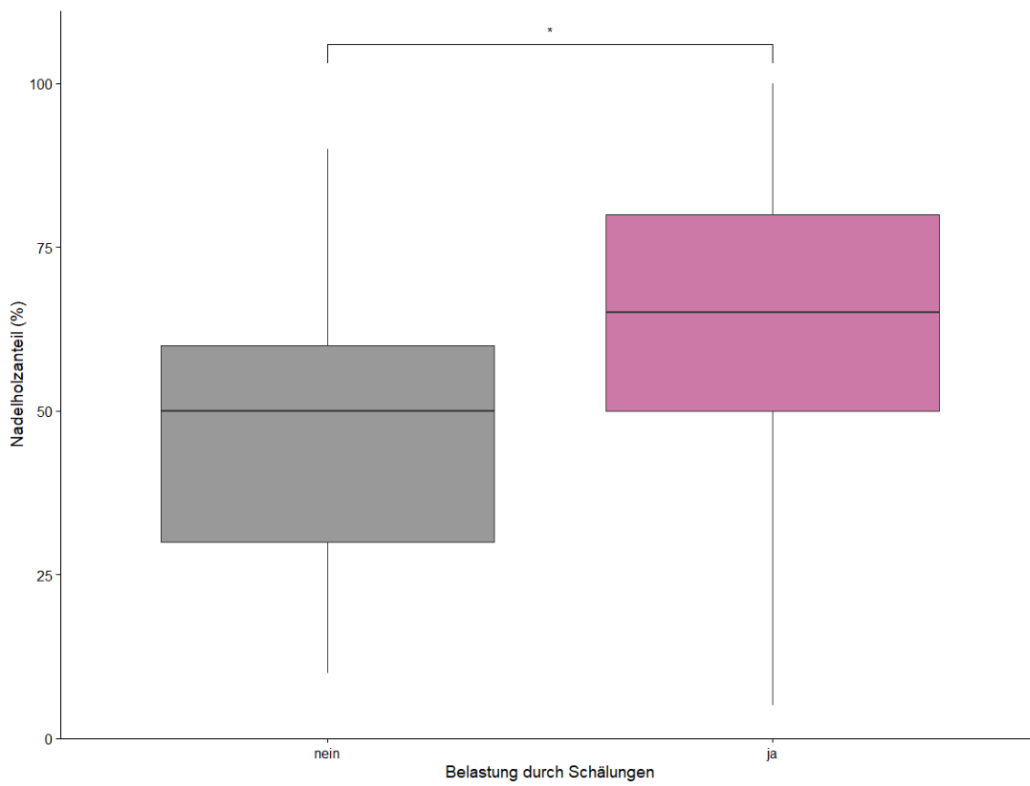


Abbildung 11: Nadelholzanteil (%) in belasteten und unbelasteten Kontrollflächen.

3.4 Zusätzliche räumliche Analysen

Die Untersuchung der Distanz vom Zentrum der Kontrollfläche zum nächstgelegenen Waldrand zeigte, dass sich die einzelnen Belastungsgruppen nicht stark voneinander unterscheiden (Anhang 7; p-Wert = 0.88). Bei allen Belastungsgruppen gibt es Kontrollflächen, die sich in der Nähe eines Waldrandes befinden, wie auch Kontrollflächen, die in Entfernungen von über 200 m zum nächstgelegenen Waldrand liegen. Die statistische Auswertung zeigt weder einen signifikanten Zusammenhang zwischen zwei Belastungsgruppen noch eine Tendenz, dass sich stark belastete Kontrollflächen tiefer im Wald befinden. Auch die Analyse zur Distanz vom Zentrum der Kontrollfläche zur nächstgelegenen Strasse/zum nächstgelegenen Weg zeigte kein Muster auf (Abbildung 12; p-Wert = 0.41). 75 % der untersuchten Kontrollflächen liegen in einer Entfernung von unter 100 m zur nächstgelegenen Strasse/zum nächstgelegenen Weg. Die kürzeste Distanz von einer belasteten Kontrollfläche zur nächstgelegenen Strasse/zum nächstgelegenen Weg liegt bei 21 m. Die Hangneigung zeigt gemäss statistischer Auswertung ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen den einzelnen Belastungsgruppen auf (Anhang 7; p-Wert = 0.86).

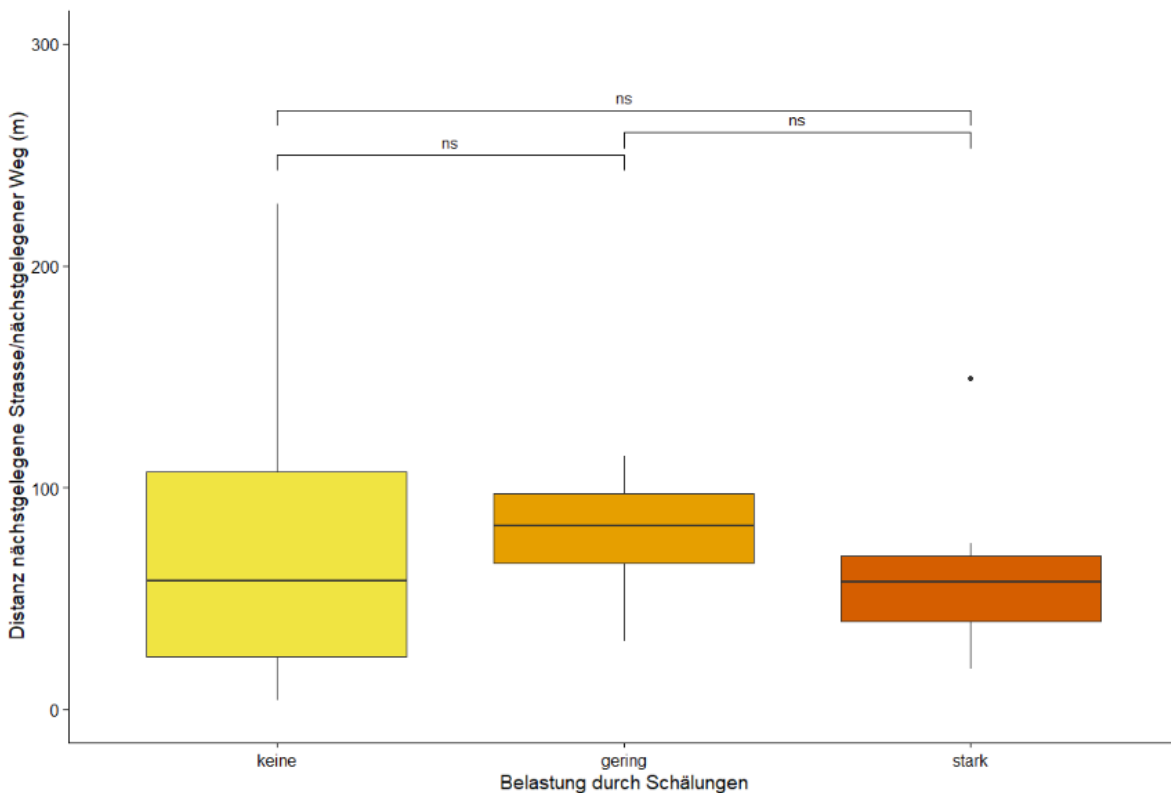


Abbildung 12: Distanz der Kontrollflächen zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg dargestellt in den drei Belastungsgruppen

4 Diskussion

Die Resultate zeigen, dass es durchaus Zusammenhänge zwischen dem Schälaufkommen und einzelnen Parameter gibt, welche Einfluss auf die Intensität der Schälung haben können. Die untersuchten Kontrollflächen befinden sich mehrheitlich in dichten Waldabschnitten, wo die Sicht in alle Himmelsrichtungen bereits nach einigen Metern durch die Vegetation oder die Topografie versperrt wird. Die wenigen Ausreisser in den Belastungsgruppen waren zumeist Rodungsflächen, weshalb dort die Sichtweite auch dementsprechend grösser war. Die Sichtdistanz in den belasteten Kontrollflächen weist nicht auf mögliche Tageseinstände des Rothirschs hin. Der Sichtschutz der Liegeplätze in Form von dichter Vegetation ist der dominante Faktor bei der Selektion der Tageseinstände der Rothirsche im Mittelland (Hummel et al., 2014). Wie die Studie von Hummel (2014) zeigt, ist die Sichtdistanz in Tageseinständen von Rothirschen im Mittel bis auf 6 m beschränkt. Diese geringe Sichtdistanz konnte aber bei weitem in keiner der belasteten Kontrollflächen festgestellt werden. Dennoch zeigt die Analyse zur Sichtbarkeit des Stoffzylinders von der nächstgelegenen Strasse bzw. vom nächstgelegenen Weg, dass die Deckung eine Rolle spielen kann, ob Schälung stattfindet oder nicht, respektive ob der Rothirsch sich am untersuchten Standort überhaupt aufhält. Die Abgelegenheit zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg hatte allerdings in dieser Untersuchung keinen Einfluss auf das Schälvorkommen. Im Gegenteil, alle von Schälung belasteten Kontrollflächen liegen in einer Distanz von unter 150 m zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg. Es wurde bereits herausgefunden, dass Schälungen an Bäumen durch den Rothirsch oft gehäuft im Nahbereich (100 m) von Forststrassen und Wanderwegen auftreten und mit zunehmender Entfernung in der Regel abnehmen, bei grösser Entfernung aber auch Spitzenwerte aufweisen können (Rheinberger & Suter, 2006). Da von den untersuchten 41 Kontrollflächen aber insgesamt nur 2 Kontrollflächen eine Distanz über 150 m aufweisen, ist die Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg wahrscheinlich kein ausschlaggebendes Kriterium für ein Schälvorkommen.

Der signifikant grössere Anteil Stangenholz bei stark und gering belasteten Standorten könnte ein Indiz sein, dass die Eiben für die Rothirsche vor allem in dieser Entwicklungsstufe besonders schälattraktiv sind. Die Häufigkeit von Schälungen in einem Untersuchungsgebiet ist massgeblich vom Entwicklungsalter des Bestandes abhängig, wobei eine hohe Schälintensität vor allem in den Entwicklungsstufen Dickung bis Stangenholz vorkommt. Nadelbäume wie die Eibe werden in der Regel allerdings in einer späteren Phase der Entwicklung geschält als Laubbäume und können bis zur Entwicklungsstufe des Baumholz 1 schälattraktiv bleiben (Rheinberger & Suter, 2006). Die schwache Präsenz von Jungwuchs / Dickung in den meisten Kontrollflächen könnte ein Indiz für fehlende Waldverjüngung und damit fehlende Nahrungsressourcen für den Rothirsch sein. Das Ässungsverhalten des Rothirschs ist zwar deutlich weniger selektiv als beim Reh, dennoch befindet sich die für den Rothirsch erreichbare Nahrung, die sich aus Süss- und Sauergräsern, Nadel- und

Laubholztrieben und -blättern, sowie Blätter von Himbeere und Brombeere zusammensetzt (Suter et al., 2005), hauptsächlich in der Kraut- und Strauchschicht. Sowohl der Deckungsgrad der Krautschicht wie auch der Strauchschicht unterliegt an belasteten Standorten klar der Baumschicht, die durch ihre grossen Kronen oftmals nur wenig Licht bis an den Waldboden durchlassen und so das Aufkommen von neuem Jungwuchs erschweren. Da die Eibe ein konkurrenzschwacher Baum ist und eine schwache Wachstumsentwicklung aufweist (Pietzarka, 2005), bleiben die Bäume sehr lange in der Entwicklungsstufe 2, was wiederum den hohen Stangenholzanteil an stark belasteten Standorten erklären würde. Der signifikant höhere Nadelholzanteil in belasteten Kontrollflächen ist damit zu begründen, dass in den belastenden Kontrollflächen durchschnittlich mehr Eiben vorhanden waren. Viele Eiben auf engem Raum könnten für den Rothirsch geruchlich leichter aufspürbar sein, denn die Eibe verspürt durch ihre Alkaloide ein starkes Aroma, welche die Rothirsche bei Pflanzen zwar im Allgemeinen meiden (Perry, 2019), aber durch ihre bestens ausgebildete Nase dennoch optimal aufspürbar ist.

Die signifikant grössere Pfadlänge des Wildwechsels bei belasteten Kontrollflächen könnte ein starker Hinweis sein, dass die Rothirsche während ihres Streifens durch den Wald auf die Eiben aufmerksam wurden. Rothirschlager wurden in keiner der untersuchten Kontrollflächen gefunden, was wiederum dafür spricht, dass Schälung vermutlich nicht in unmittelbarer Nähe von Einstandsgebieten der Rothirsche stattfinden. Die entdeckten Rehlager in praktisch jeder dritten Kontrollfläche zeigen die starke Verbreitung der Rehe im Gebiet. Die signifikant höhere Anzahl an Rehlager in gering belasteten Kontrollflächen zeigt, dass sich an diesen Standorten die Lebensräume von Reh und Rothirsch überschneiden. Eine räumliche Interaktion zwischen Reh und Rothirsch könnte vor allem im Zeitraum des Nachwuchses bestehen, da beide Arten für ihre Jungtiere eine "Versteck-Strategie" anwenden und besondere Bedingungen des Lebensraums die Auswahl ähnlicher Plätze für das Verstecken der Jungtiere bestimmen können (José & Aragón, 1997). Dass die Präsenz der Rehe aber einen Einfluss auf die Schälbelastung haben können, lässt sich aus der Analyse nicht schliessen. Die Distanz zum nächstgelegenen Waldrand hatte keinen Einfluss auf die Schälbelastung. Dass Rothirsche speziell in Warteräumen nahe dem Waldrand eine Tendenz zum Schälen zeigen, als Beschäftigung bis die Tiere ins offene Feld auf Nahrungssuche gehen, ist anhand der Resultate nicht zu erwarten. Auch die Hangneigung hat offenbar keinen Einfluss darauf, wie stark an den jeweiligen Standorten geschält wird.

Alle Resultate basieren auf einer statistischen Analyse von 41 Datensätze, aufgeteilt in drei Belastungsgruppen mit 25 und jeweils zwei Mal acht Datensätze. Diese Grösse des Datensatzes ist für eine aussagekräftige Beurteilung der Resultate eher klein. Auch die deutlich höhere Anzahl an Datensätze in der Belastungsgruppe "keine" im Vergleich zu den anderen beiden Belastungsgruppen ist nicht optimal und kann zur Überbewertung der Resultate führen. Dennoch können die genannten Interpretationen der Resultate mögliche Hinweise darauf sein, in welchen Situationen und bei welchen Standortbedingungen Schälungen auftreten können.

5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Rothirsche mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in ihren Tageseinständen an Eiben schälen. Dafür waren die Rothirschnachweise zu gering und die Standortbedingungen in den betroffenen Kontrollflächen zu schlecht, um für den Rothirsch ein geeignetes Rückzugshabitat darzustellen. Vielmehr deutet es darauf hin, dass die Rothirsche während ihres Streifens durch den Wald die Rinde an den Eiben abbeissen. Als Hauptauslöser kommt vor allem eine eingeschränkte Nahrungsquelle durch die schlecht ausgebildete Bodenvegetation in Frage. Denn der meist hohe Deckungsgrad der Baumschicht erschwert ein Aufkommen wichtiger Nahrungsquellen des Rothirsches in der Krautschicht. Diese fehlenden Nährstoffe können vom Rothirsch durch die Rinde der Eiben kompensiert werden. Somit könnte ein erster wichtiger Schritt, um Schälungen zu vermeiden, eine Auflichtung der Kronen sein, damit wieder mehr Licht den Waldboden erreicht und eine reichhaltige Krautschicht dem Rothirsch zur Verfügung steht, um seinen Nährstoffbedarf zu decken. Bei strengen Wintern, wo ein geringes Nahrungsangebot herrscht, müssen die Eibe vermutlich zusätzlich mit Massnahmen wie einem Schälschutznetz oder einem Verputz geschützt werden. Es muss sicherlich noch weitere Forschung mit mehr Datensätze betrieben werden, um noch genauere Aussagen treffen zu können, welche Standortbedingungen und Lebensraumsituationen vorherrschen müssen, damit Schälungen stattfinden. Dabei spielt die Entwicklung der Rothirschpopulation sicherlich auch eine Rolle. Wie sich die Schälungen im Vergleich zur Rothirschpopulation im Albisgebiet entwickeln wird, wird sich zeigen. Dank den regelmässigen Kontrollen und Aufnahmen der Kontrollflächen durch den Forstkreis 1 sowie die laufende Untersuchung zu den Rothirschbeständen im Albisgebiet durch die Forschungsgruppe Wildtiermanagement der ZHAW kann diese Entwicklung allerdings gut dokumentiert und entsprechende Massnahmen zum Schutz der Eiben getroffen werden.

6 Literaturverzeichnis

- Ammer, C., Vor, T., Knoke, T., & Wagner, S. (2010). *Der Wald-Wild-Konflikt: Analyse und Lösungsansätze vor dem Hintergrund rechtlicher, ökologischer und ökonomischer Zusammenhänge*. Göttingen University Press. <https://doi.org/10.17875/gup2010-280>
- Amt für Landschaft und Natur. (2010). *Waldentwicklungsplan Kanton Zürich 2010*.
- Cukor, J., Vacek, Z., Linda, R., Vacek, S., Marada, P., Šimůnek, V., & Havránek, F. (2019). Effects of Bark Stripping on Timber Production and Structure of Norway Spruce Forests in Relation to Climatic Factors. *Forests*, 10(4), 320. <https://doi.org/10.3390/f10040320>
- Gill, R. M. A. (1992). A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer. *Forestry Commission*, 65(2), 145–169. <https://doi.org/10.1093/forestry/65.2.145>
- Guetg, M. (2021). *Eibenschälsschäden im Zürcher Forstkreis*. 17.
- Härkönen, S., & Heikkilä, R. (1999). Use of pellet group counts in determining density and habitat use of moose *Alces alces* in Finland. *Wildlife Biology*, 5(4), 233–239. <https://doi.org/10.2981/wlb.1999.028>
- Hummel, S., Boldt, A., Willisch, K., & Willisch, C. (2014). Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück—Charakterisierung von Tageslagern im Sommereinstandsgebiet. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 71, 147–169.
- José, S., & Aragón, S. (1997). *Habitat use by roe and red deer in Southern Spain*.
- Kistler, M., & Altweg, J. (2019). *Eibenfreund*. 24, 25.
- Kupferschmid, A., & Brang, P. (2010). *Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald* (S. 9–39).
- Perry, L. (2019). Choosing Deer Resistant plants. *The Green Mountain Gardener*.
- Pietzarka, U. (2005). *Zur ökologischen Strategie der Eibe (Taxus baccata L.): Wachstums- und Verjüngungsdynamik*. Ulmer.
- Rheinberger, C., & Suter, W. (2006). Schälungen durch den Rothirsch: Eine Fallstudie in den Nordostschweizer Voralpen (reviewed paper). *Schweiz. Z. Forstwes.*, 10.
- Rudin, N. (2021). *Einfluss von Rothirschen auf die Verjüngungssituation dreier Wälder im Gebiet Aletsch, Wallis*.

- Signer, C., Sigrist, B., Reifler-Bächtiger, M., & Wiget, F. (2022). *Monitoring Rothirschbestände in der Region Albiskette/ Reusstal in den Kantonen Zürich und Aargau*.
- Sigrist, B., Philipp, U. J., & Zinggeler, J. (2017). *Rotwildkonzept Kanton Zürich*. 32.
- Suter, W., Zweifel-Schielly, B., Moser, B., Fankhauser, R., & Kreuzer, M. (2005). *Nahrungswahl und Raumnutzung der Huftiere – ein eng verflochtenes System*. 10.
- Verheyden, H., Ballon, P., Bernard, V., & Saint-Andrieux, C. (2006). Variations in bark-stripping by red deer *Cervus elaphus* across Europe. *Mammal Review*, 36(3), 217–234. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2006.00085.x>
- Vospersnik, S. (2006). Probability of bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) in Austria. *Silva Fennica*, 40(4). <https://doi.org/10.14214/sf.316>
- Willisch, C., Marreros, N., Schaufelberger, L., & Pisano, S. (2019). *Habitatwahl der Rothirsche im Mittelland. Schlussbericht*. Universität Bern.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes	9
Abbildung 2: Methodische Herleitung für die Einteilung in die Belastungsgruppen "keine", "gering", "stark". Quelle: Eigene Darstellung	11
Abbildung 3: Stoffzylinder zur Markierung des Zentrums der Kontrollfläche Quelle: Oliver Bär	12
Abbildung 4: Methodische Herleitung für die Reh-Präsenznachweise Quelle: Eigene Darstellung	14
Abbildung 5: Mittlere Sichtdistanz (m) in alle vier Himmelsrichtungen der Kontrollflächen. Dargestellt in den drei Belastungsgruppen.....	20
Abbildung 6: Einsicht ins Zentrum von unbelasteten Kontrollflächen (links) und belasteten Kontrollflächen (rechts)	21
Abbildung 7: Anzahl Reh-Präsenznachweise dargestellt in den drei Belastungsgruppen.....	22
Abbildung 8: Lage der gefunden Rothirschnachweise in den stark belasteten Kontrollflächen.....	23
Abbildung 9: Summierte Pfadlängen von Wildwechsel (m) der einzelnen Kontrollflächen dargestellt in den drei Belastungsgruppen.....	23
Abbildung 10: Anteil Stangenholz (%) dargestellt in den drei Belastungsgruppen.	25
Abbildung 11: Nadelholzanteil (%) in belasteten und unbelasteten Kontrollflächen.	25
Abbildung 12: Distanz der Kontrollflächen zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg dargestellt in den drei Belastungsgruppen	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Geodatenbezug	10
Tabelle 2: Symbole für Signifikanz-Darstellung in den Resultat-Abbildungen.....	16
Tabelle 3: Übersicht der Fragestellungen pro Untersuchungskategorie.	16

Anhang 1: Poster



Bachelorarbeit
Oliver Bär
Bachelorstudiengang 2019
Umweltingenieurwesen

Einfluss der Standortbedingungen auf die Eiben-Schälbelastung im Albisgebiet

Einleitung

Der Rothirsch (*Cervus elaphus*) verbreitet sich in der Schweiz zunehmend vom Alpenraum in Richtung Mittelland aus und kommt im Albisgebiet bereits seit mehreren Jahren als Standwild vor [1]. Seit seiner Präsenz im Albisgebiet werden vermehrt Schälungen an Eiben (*Taxus baccata*) festgestellt, die auf den Rothirsch zurückzuführen sind. Beim Schälen werden Rindenstücke oder ganze Rindenstreifen der Bäume abgenagt oder abgezogen [2] (Abb. 2). Grössere und stammumfassende Schälwunden führen oft zum Absterben der Eibe [3]. Damit der Kanton Zürich zukünftig die Eibenbestände erhalten sowie deren Verjüngung fördern kann, braucht es Informationen darüber, welche Standortbedingungen einen Einfluss auf ein Schälvorkommen durch die Rothirsche haben können.

Methodik

Zwischen Adliswil und Hirzel (Abb. 1) führte ich in zahlreichen Eibenförderflächen eine Feldstudie durch, wo ich verschiedene Parameter im Bereich der Deckung, Wildtierpräsenz sowie der Vegetation aufnahm. Insgesamt untersuchte ich 43 Kontrollflächen zwischen dem 23. Juni und 03. Juli 2022. Nach den Felddatenerhebungen versuchte ich mit Hilfe statistischer Analysen Muster zu erkennen, die eine Schälbelastung erklären können und eine Antwort auf die unten aufgeführten Fragestellungen geben können.

Fragestellungen

- 1) Hat die Deckung und Abgelegenheit von der nächstgelegenen Strasse / vom nächstgelegenen Weg einen Einfluss auf die Schälbelastung?
- 2) Gibt es Anzeichen, dass Schälungen in Einstandsgebieten der Rothirsche stattfinden?
- 3) Hat der Wildwechsel einen Einfluss auf die Schälbelastung?
- 4) Hat die Präsenz der Rehe einen Einfluss auf die Schälbelastung?
- 5) Zeigt die Zusammensetzung der Wald-Entwicklungsstufen ein Muster auf, welches das Schälvorkommen erklärt?
- 6) Hat der Deckungsgrad und die Bodenvegetation einen Einfluss auf die Schälbelastung?
- 7) Hat der Nadelholzanteil einen Einfluss auf die Schälbelastung?
- 8) Gibt es Anzeichen, dass Schälungen in Warteräumen nahe dem Waldrand stattfinden?
- 9) Hat die Hangneigung einen Einfluss auf die Schälbelastung?

Tabelle 1: Zusammenfassung der Resultate basierend auf den Fragestellungen mit Bemerkungen

Resultate		
Fragestellung	Muster erkennbar	Bemerkungen
1)	(✓)	Von Schälung belastete Kontrollflächen waren nicht abgelegener als nicht belastete Kontrollflächen. Stark und gering belastete Kontrollflächen hatten jedoch anteilmässig weniger Einsicht ins Zentrum der Kontrollfläche als nicht belastete Kontrollflächen.
2)	✗	Im Gegenteil. Die Hinweise deuteten darauf, dass Schälungen nicht in Einstandsgebieten des Rothirschs stattfinden.
3)	✓	Es gab mehr Wildwechsel in gering und stark belasteten Kontrollflächen.
4)	✗	Die An- oder Abwesenheit der Rehe hatte keinen Einfluss auf das Schälvorkommen. In gering belasteten Kontrollflächen wurden jedoch mehr Reh-Präsenznachweise gefunden als in stark oder nicht belasteten Kontrollflächen.
5)	✓	Die Entwicklungsstufe 2 (Stangenholz 12 – 30 cm BHD) ist in gering und stark belasteten Kontrollflächen stärker vertreten.
6)	✓	Die Krautschicht war in stark belasteten Kontrollflächen meist schlechter ausgebildet. Der Anteil an vegetationsfreier Bodenbedeckung war in stark belasteten Kontrollflächen meist höher als in nicht belasteten Kontrollflächen.
7)	✓	Der Nadelholzanteil in gering und stark belasteten Kontrollflächen war höher als in nicht belasteten Kontrollflächen und oft dominiert durch die Eibe.
8)	✗	Die Distanz zum nächstgelegenen Waldrand zeigte keinen Zusammenhang mit der Schälbelastung auf.
9)	✗	Die Hangneigung zeigte keinen Zusammenhang mit der Schälbelastung auf.

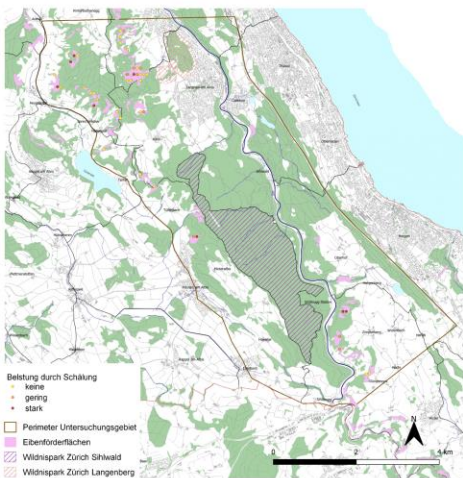


Abb. 1: Übersichtsplan über das Untersuchungsgebiet (Hintergrundkarte: ©swisstopo) (Oliver Bär, 2022)

Diskussion

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Rothirsche mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in ihren Tageseinständen an Eiben schälen. Dafür waren die Rothirschnachweise zu gering und die Standortbedingungen in den betroffenen Kontrollflächen zu schlecht, um für den Rothirsch ein geeignetes Rückzugshabitat darzustellen. Vielmehr deutet es darauf hin, dass die Rothirsche während ihres Streifens entlang von Wildwechsel durch den Wald die Rinde an den Eiben abziehen. Der höhere Nadelholzanteil, der meist in Zusammenhang mit der hohen Eibendichte stand, könnte ein Hinweis sein, dass viele Eiben auf engem Raum für den Rothirsch geruchlich leichter aufspürbar sind. Die Eibe versprüht durch ihre Alkaloide ein starkes Aroma, welches Rothirsche durch ihre bestens ausgebildete Nase optimal aufspüren können [4]. Ebenfalls könnte eine schwach ausgebildete Krautschicht sowie ein geringer Anteil an Jungwuchs/Dickung zu einem Schälvorkommen beitragen, da Nahrungsquellen fehlen und der Rothirsch mit der Rinde der Eibe wichtige Nährstoffe kompensieren kann [5]. Es muss sicherlich noch weitere Forschung mit mehr Datensätzen betrieben werden, um noch genauere Aussagen treffen zu können, welche Standortbedingungen und Lebensraumsituationen vorherrschend sind, damit Schälungen stattfinden. Danach könnte mit geeigneten waldbaulichen Massnahmen dem Schalldruck auf die Eibe entgegen gewirkt werden. Dabei sollte auch stets die Populationsentwicklung der Rothirsche beobachtet werden, um so die Schälbelastung ins Verhältnis zur Populationsdichte zu setzen.



Abb. 2: Schälspuren an einer Eibe (Oliver Bär, 2022)

Quellen: [1] Käster und Alweg (2019), Eibenforst, Band 24.25 [2] Kupferschmid und Brang (2010), Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald, BAFU [3] Rheinberger und Suter (2010), Schälungen durch den Rothirsch: eine Fallstudie in den Nordostschweizer Voralpen, Schweiz Z. Forstwes 157 [4] Perry (2019), Choosing deer-resistant landscape plants, University of Vermont, Department of Plant and Soil Science [5] Verheyden et al. (2006), Variations in bark-stripping by red deer *Cervus elaphus* across Europe, Mammal Rev., Band 36 Nr. 3 | Quelle Hintergrundbild Tabelle 1: © cmorphography

Anhang 2: Feldprotokoll und Hinweise zum Feldprotokoll

Protokoll Feldaufnahmen – Eibenförderflächen Forstkreis 1

Person: Datum: Uhrzeit: KSP-ID: 701152 Koordinate KSP: x:2681280/ y:1238100

Infos aus dem KSP (Guetg, 2021)				
Neigung(%): 90		Code Schälanteil/Schälumfang: 0/0		Belastung durch Schälung: <input checked="" type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> stark
Eiben_Total: 6		Schälanteil: 0.0		Schadenskala: keine Schäden
Deckung				
Sichtdistanz [m]	Nord: _____	Ost: _____	Süd: _____	West: _____
Deckungstyp	<input type="checkbox"/> Tp <input type="checkbox"/> BW <input type="checkbox"/> Ah <input type="checkbox"/> SF <input type="checkbox"/> Ve <input type="checkbox"/> S* <input type="checkbox"/> LT	<input type="checkbox"/> Tp <input type="checkbox"/> BW <input type="checkbox"/> Ah <input type="checkbox"/> SF <input type="checkbox"/> Ve <input type="checkbox"/> S* <input type="checkbox"/> LT	<input type="checkbox"/> Tp <input type="checkbox"/> BW <input type="checkbox"/> Ah <input type="checkbox"/> SF <input type="checkbox"/> Ve <input type="checkbox"/> S* <input type="checkbox"/> LT	<input type="checkbox"/> Tp <input type="checkbox"/> BW <input type="checkbox"/> Ah <input type="checkbox"/> SF <input type="checkbox"/> Ve <input type="checkbox"/> S* <input type="checkbox"/> LT
Sichtbarkeit von nächstem Weg/Strasse		<input type="checkbox"/> Ja, Sichtbarkeit des Zylinders von Weg/Strasse [%]: _____ <input type="checkbox"/> Nein		
Pellet Group Sampling				
Rothirsch		Reh		
Hinweise auf Wildtiere				
Wildwechsel	<input type="checkbox"/> Ja, Pfadlänge (m) angeben: _____		<input type="checkbox"/> Nein	
Rehlager	<input type="checkbox"/> Ja, Anzahl angeben: _____		<input type="checkbox"/> Nein	
Hirschlager	<input type="checkbox"/> Ja, Anzahl angeben: _____		<input type="checkbox"/> Nein	
Vegetation				
Entwicklungsstufe (Code / [%])	/		/	
Deckungsgrad Geröll/Vegetationsfrei [%]				
Deckungsgrad Krautschicht [%]			Anteil Nadelholz Krautschicht [%]	
Deckungsgrad Strauchsicht [%]			Anteil Nadelholz Strauchsicht [%]	
Deckungsgrad Baumschicht [%]			Anteil Nadelholz Baumschicht [%]	
Dominierende Arten Krautschicht	1.	2.	3.	
Dominierende Arten Strauchsicht	1.	2.	3.	
Dominierende Arten Baumschicht	1.	2.	3.	
Rothirsch-Hinweise				
Sichtung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Fege-/Schlagspuren	<input type="checkbox"/> Ja, <input type="checkbox"/> Nein	Wenn Ja; <input type="checkbox"/> frisch <input type="checkbox"/> alt
Trittsiegel	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Verbiss	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Wenn Ja; <input type="checkbox"/> frisch <input type="checkbox"/> alt
Hirschlager	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Schälung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Wenn Ja; <input type="checkbox"/> frisch <input type="checkbox"/> alt
Kot	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
Bemerkungen				

HINWEISE

1. Head

Plotgrösse: 25x25 m, Koordinaten bezeichnen das Plotzentrum (Koordinaten vom kantonalen Kontrollstrichprobeninventur KSP). Das Plotzentrum mittels Stoffzylinder markieren.

2. Infos zum KSP

- Die Informationen basieren auf dem Bericht "Eibenschälung im Zürcher Forstkreis 1" (Guetg, 2021)
- Eiben_Total: Anzahl Eiben im untersuchten Plot
- Schälanteil: Anzahl geschälte Eiben am Total der Eiben im untersuchten Plot
- Code Anteil/Umfang: gemäss Methodik Belastung durch Schälung
- Schadenskala: Veränderung der Schäden 2021 im Vergleich zum Monitoring 2018

Methodik Belastung durch Schälung:

basierend auf dem Bericht "Eibenschälenschäden im Zürcher Forstkreis 1" (Guetg, 2021)

Schälanteil: Je grösser der Anteil der geschälten Eiben im Plot, desto grösser die Schälintensität. Bsp.: Total Eiben im Untersuchungsgebiet 16. Davon weisen 12 Eiben Schälenschäden auf. Schälintensität = 75%

Schälanteil	Code
0	0
>0.00 – 0.25	1
>0.25 – 0.50	2
>0.50 – 0.75	3
>0.75 – 1.00	4

Schälumfang: Je grösser der geschälte Stammumfang, desto grösser die Schälintensität. In einem Plot gibt es mehrere Eiben mit unterschiedlich geschältem Stammumfang. Der Baum mit dem grössten geschältem Stammumfang bestimmt die Schälintensität im Plot.

Schälumfang	Code
0	0
0.01 – 0.25	1
0.26 – 0.50	2
0.51 – 0.75	3
0.76 – 1.00	4

Schälbelastung: Die Codes aus Schälanteil und Schälumfang werden pro Plot summiert. Daraus ergibt sich folgende Intensitätstabelle:

- 0 = Keine Schälbelastung
- 1-4 = Geringe Schälbelastung
- 5-8 = Starke Schälbelastung

3. Deckung

- Sichtdistanz: In alle 4 Himmelsrichtungen gehen, bis Zylinder nicht mehr sichtbar ist. 1 m lange Schritte zählen. Grössere Distanzen mit dem Distanzmessgerät abmessen.
- Deckungstyp: Alle Strukturelemente in allen 4 Himmelsrichtungen angeben (Mehrfachnennungen möglich); **Tp**=Topografie, **BW**=Baumstumpf/Wurzelstock, **Ah**=Asthaufen, **SF**=Stein/Fels, **Ve**=Vegetation (beinhaltet auch Krautschicht ohne Graminoide und Kräuter), **S***=Sonstiges (mit * in Bemerkungsfeld angeben), **LT**=liegendes Totholz
- Sichtbarkeit: Falls Zylinder in der Plotmitte von nächstgelegenen Weg/Strasse sichtbar, Angabe des sichtbaren Anteils des Zylinders.
- Wenn nächstgelegener Weg nicht eindeutig identifizierbar ist, wird der Weg genommen, der einsehbarer ist.

4. Pellet Group Sampling

- Zählen der Kothaufen entlang von Transekten mit 2 m Breite (siehe rote Transekte in Grafik unten)
- In Laufrichtung wird **1 m links & 1 m rechts** nach Kothaufen gesucht
- 1 Kothaufen wenn **>5** Kotkügelchen
- Tierart zuordnen: Gemäss Kotgrösse und/oder -form, evtl. Trittsiegel in Nähe als Bestimmungshilfe

5. Hinweise auf Wildtiere

- Plot absuchen nach erkennbaren Pfaden. Bei Sichtung die Länge aller gefundenen Pfade zusammenzählen.
- Plot absuchen nach Lager (Reh oder Hirsch). Anhand der Haare im Lager bestimmen, ob es sich um ein Rehlager oder Hirschlager handelt. Die Anzahl gefundener Lager ebenfalls angeben.

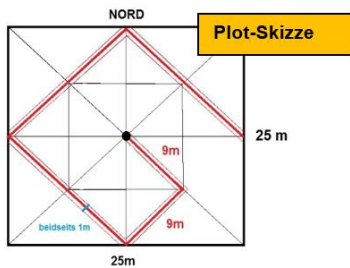
6. Vegetation

- Entwicklungsstufe: Codes **0**= Fläche mit unklarer Bestockung **1**=Jungwuchs/Dickung (<12 cm), **2**= Stangenholz (12-30 cm), **3**=Baumholz (>30 cm)
(Summe der Prozentzahlen ergibt stets 100%)
Alle Bäume zusammen ergeben 100%. Anhand der Anzahl Gehölze den % Anteil in der Fläche bestimmen
- 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)
- Nadelholzanteil: Geschätzter Flächenanteil von Nadelholz zu total vorhandenen Baumarten in % (max. 100%)
- Dominierende Arten: Ordnen nach Flächenanteil; Kräuter/Graminoiden als eine Grossgruppe behandeln, den Rest (Zwergsträucher, Sträucher, Baumarten) auf Artniveau bestimmen

7. Rothirsch-Hinweise

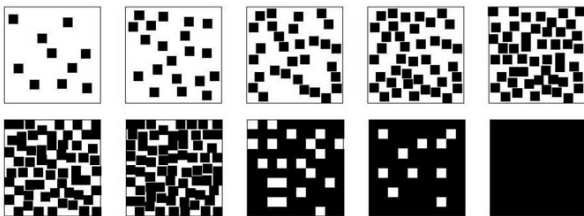
- Bei Sichtung noch in Bemerkungen erwähnen, welches Geschlecht und Alter gesichtet wurde (sofern möglich).
- Gamsvorkommen in den Bemerkungen erwähnen

Weitere Hilfestellungen:

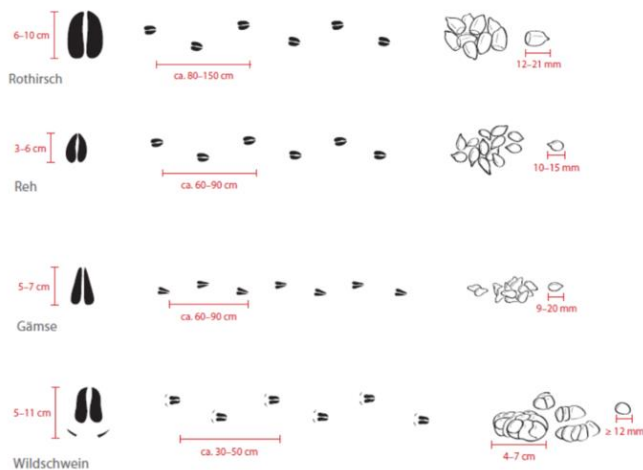


Reh
Gämse
Rothirsch Kalb
Rothirsch Adult

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



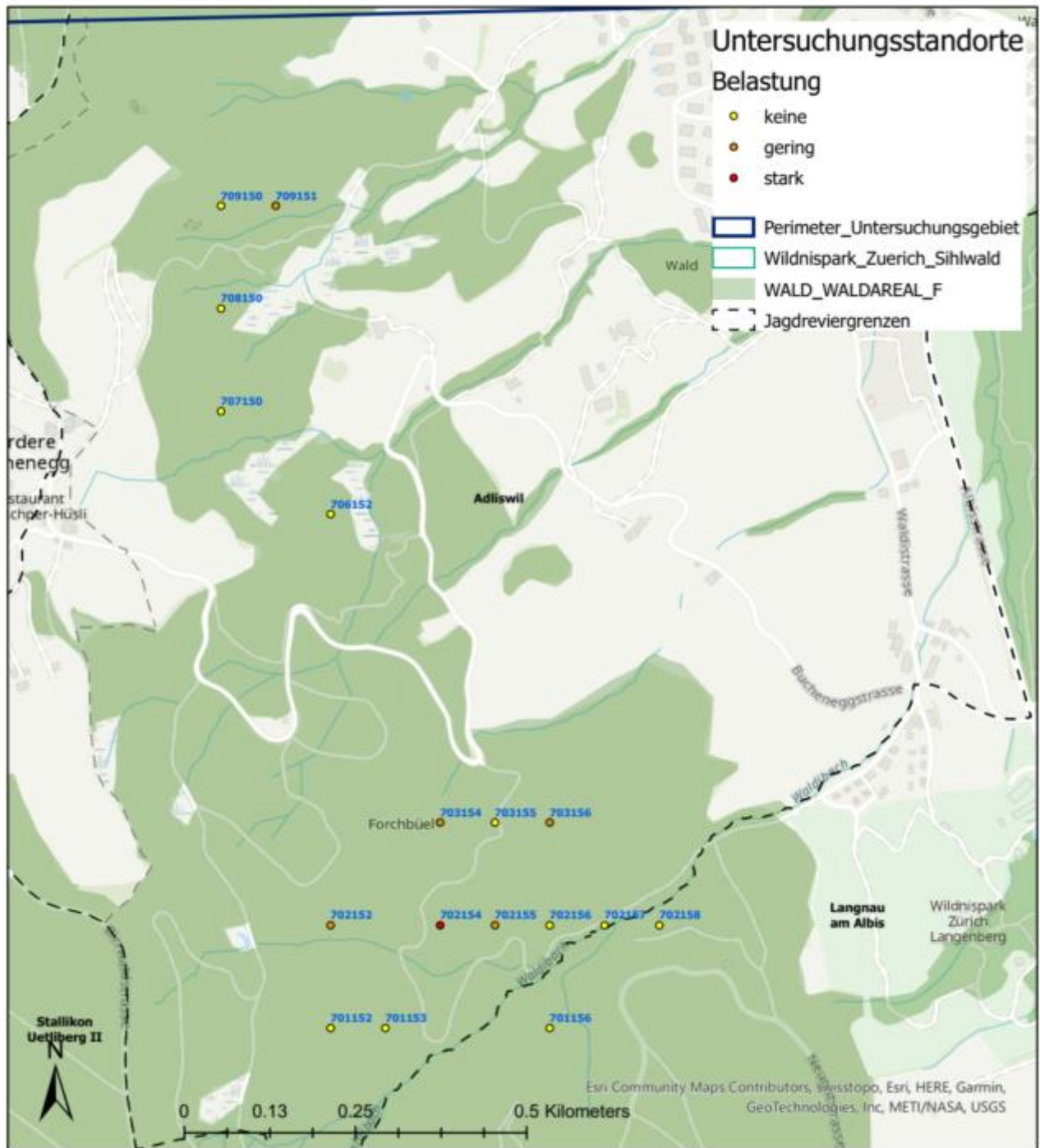
Trittsiegel



Anhang 3: Pläne Feldbegehung

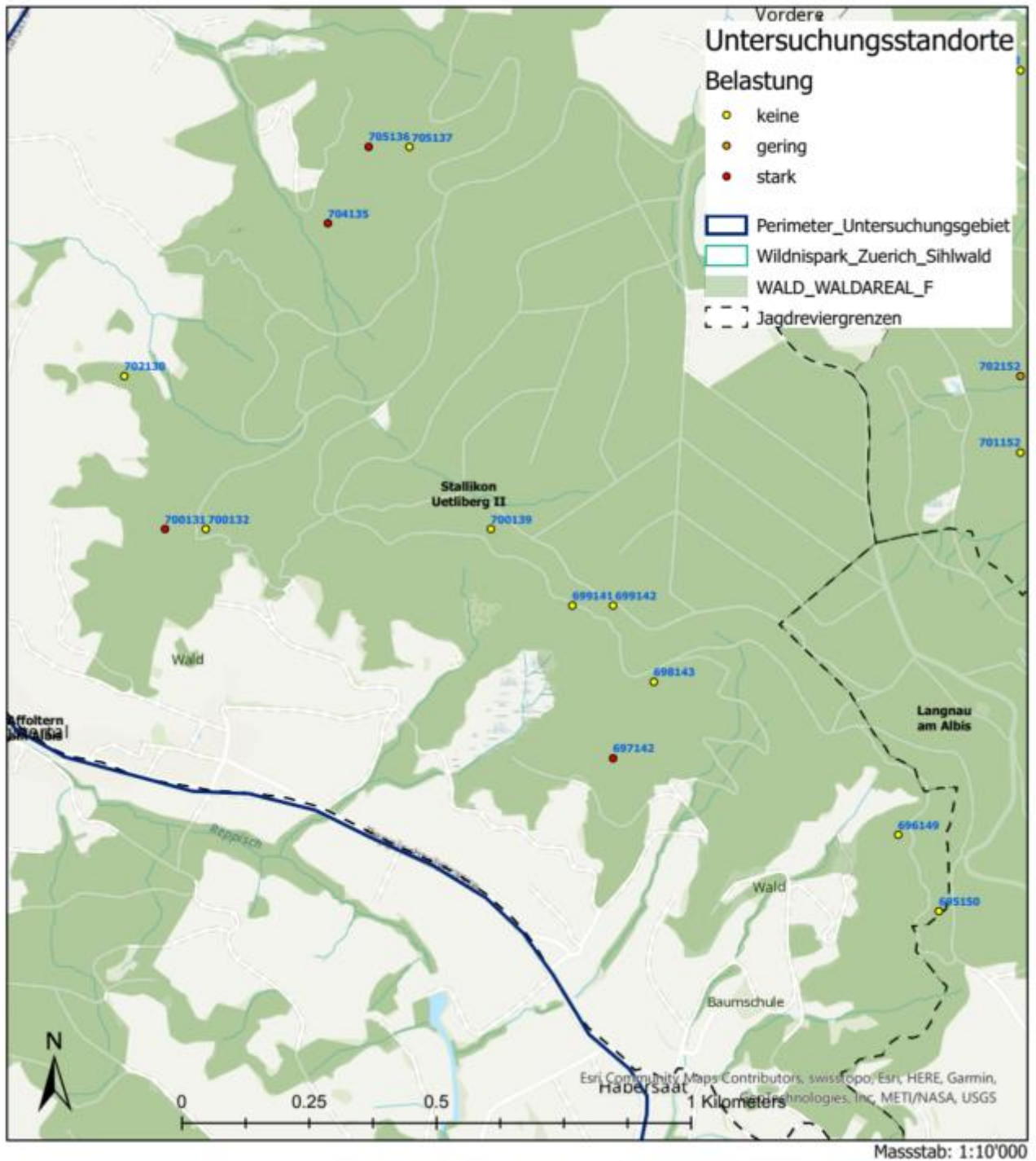
Untersuchungsplots Eiben - Adliswil

Bachelorarbeit Oliver Bär, ZHAW Wädenswil



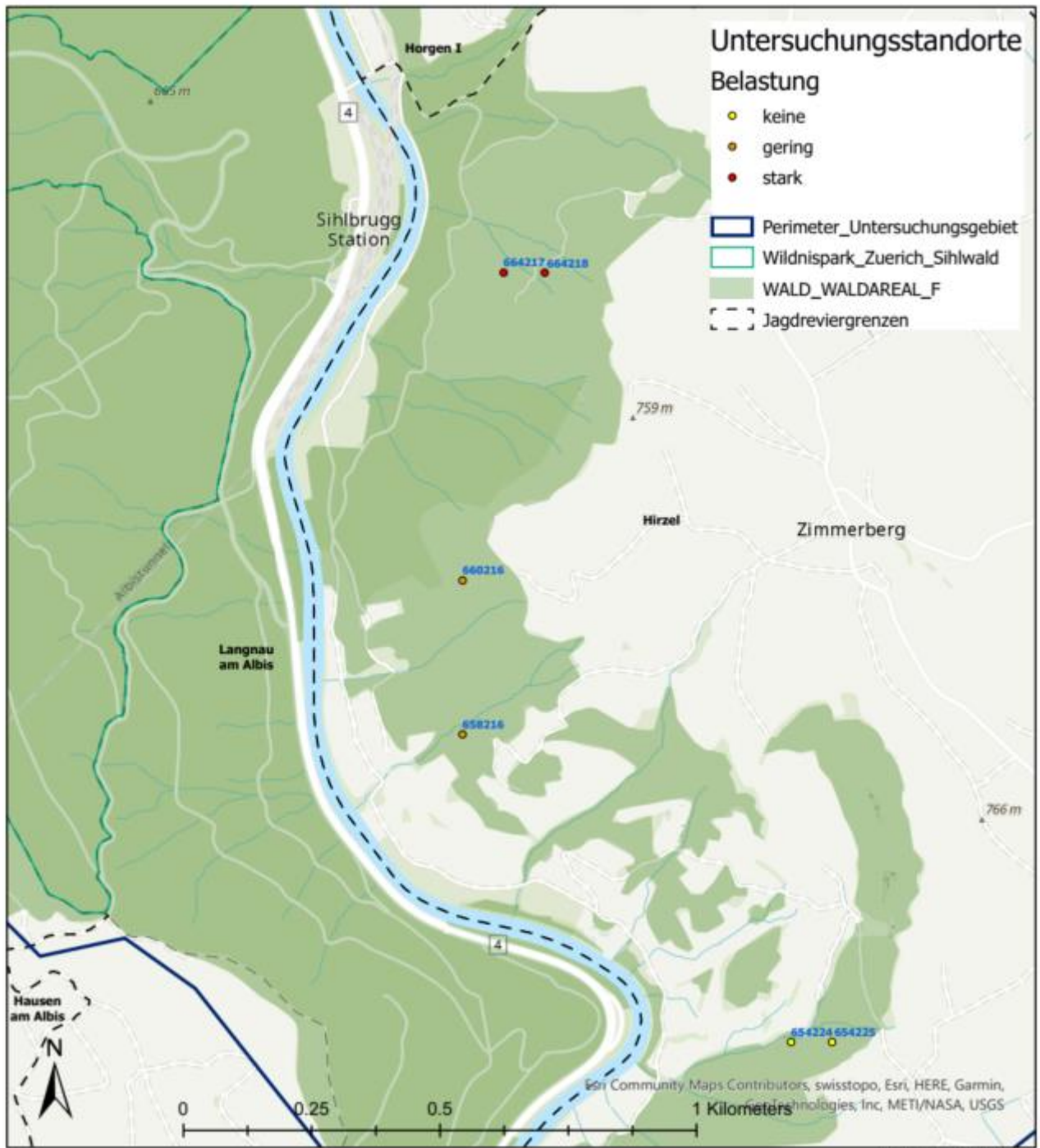
Untersuchungsplots Eiben - Stallikon

Bachelorarbeit Oliver Bär, ZHAW Wädenswil



Untersuchungsplots Eiben - Hirzel

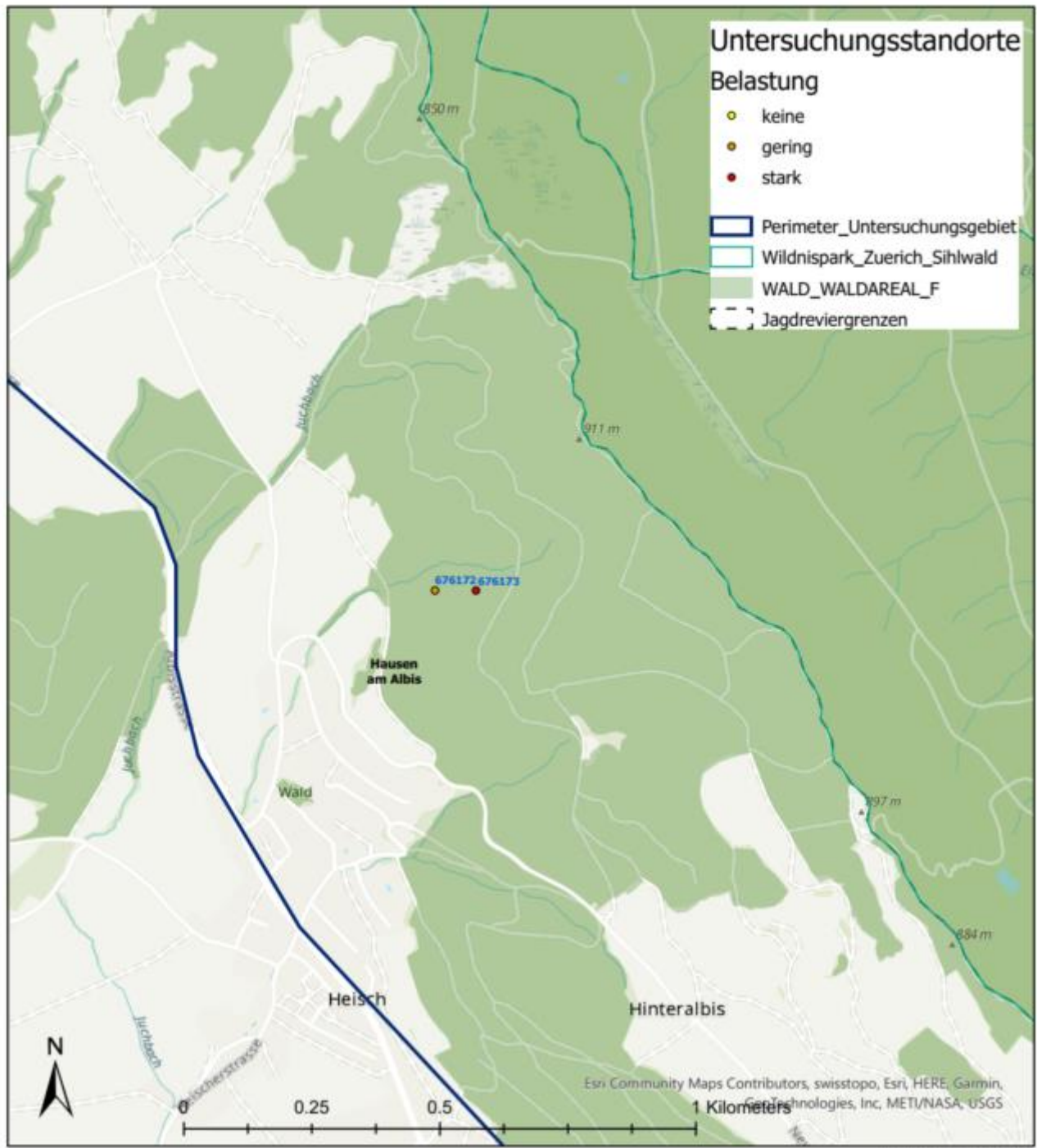
Bachelorarbeit Oliver Bär, ZHAW Wädenswil



Masstab: 1:10'000

Untersuchungsplots Eiben - Hausen am Albis

Bachelorarbeit Oliver Bär, ZHAW Wädenswil



Massstab: 1:10'000

Anhang 4: Übersichtstabelle Feldaufnahmen

KSP-ID	Datum	Zeit	Koordinate KSP	Neigung_%	Eiben_Total	belastet	Schadenteil_Code	Schadumfang_Code	Belastung_durch_Schaelung	Schadenskala
654224	03.07.2022	10:35 - 11:20	2687040/1231050	45	4	nein	0	0	keine	keine
654225	03.07.2022	11:25 - 12:00	2687120/1231050	95	18	nein	0	0	keine	keine
658216	03.07.2022	12:20 - 13:00	2686400/1231650	90	12	ja	2	2	gering	mehr
660216	03.07.2022	13:05 - 13:40	2686400/1231950	80	11	ja	2	2	gering	mehr
664217	03.07.2022	14:10 - 14:40	2686480/1232550	65	10	ja	2	4	stark	mehr
664218	03.07.2022	14:45 - 15:25	2686560/1232550	50	9	ja	2	4	stark	gleich
676172	30.06.2022	17:30 - 18:05	2682880/1234350	35	3	ja	2	1	gering	gleich
676173	30.06.2022	17:01 - 17:25	2682960/1234350	35	1	ja	4	1	stark	gleich
684160	30.06.2022	15:50 - 16:20	2681920/1235550	75	3	nein	0	0	keine	keine
686156	30.06.2022	15:00 - 15:40	2681600/1235850	65	2	nein	0	0	keine	keine
690145	30.06.2022	11:36 - 11:59	2680720/1236450	25	2	nein	0	0	keine	keine
695150	30.06.2022	12:15 - 12:50	2681120/1237200	100	2	nein	0	0	keine	keine
696149	30.06.2022	12:55 - 13:35	2681040/1237350	55	32	nein	0	0	keine	keine
697142	26.06.2022	18:15 - 18:50	2680480/1237500	55	50	ja	1	4	stark	mehr
698143	26.06.2022	17:30 - 18:00	2680560/1237650	25	4	nein	0	0	keine	keine
699141	26.06.2022	16:20 - 16:45	2680400/1237800	60	12	nein	0	0	keine	keine
699142	26.06.2022	17:00 - 17:25	2680480/1237800	0	5	nein	0	0	keine	keine
700131	26.06.2022	14:25 - 14:55	2679600/1237950	80	51	ja	3	4	stark	mehr
700132	26.06.2022	15:10 - 15:35	2679680/1237950	65	12	nein	0	0	keine	keine
700139	26.06.2022	15:40 - 16:10	2680240/1237950	50	6	nein	0	0	keine	keine
701152	23.06.2022	17:51 - 18:30	2681280/1238100	90	6	nein	0	0	keine	keine
701153	23.06.2022	17:02 - 17:33	2681360/1238100	80	3	nein	0	0	keine	keine
701156	23.06.2022	18:55 - 19:30	2681600/1238100	0	20	nein	0	0	keine	keine
702130	30.06.2022	10:05 - 10:40	2679520/1238250	90	1	nein	0	0	keine	keine
702152	26.06.2022	09:00 - 09:40	2681280/1238250	45	29	ja	1	3	gering	mehr
702154	26.06.2022	06:07 - 06:45	2681440/1238250	45	25	ja	2	4	stark	neue
702155	23.06.2022	17:02 - 17:33	2681520/1238250	40	18	ja	1	1	gering	gleich
702156	23.06.2022	16:07 - 16:40	2681600/1238250	25	9	nein	0	0	keine	keine
702157	23.06.2022	15:24 - 15:45	2681680/1238250	0	3	nein	0	0	keine	keine
702158	23.06.2022	14:42 - 15:14	2681760/1238250	35	13	nein	0	0	keine	keine
703154	26.06.2022	07:30 - 08:10	2681440/1238400	45	58	ja	1	2	gering	neue
703155	26.06.2022	06:55 - 07:21	2681520/1238400	40	9	nein	0	0	keine	keine
703156	26.06.2022	08:15 - 08:50	2681600/1238400	45	3	ja	2	1	gering	neue
704135	26.06.2022	13:17 - 13:45	2679920/1238550	70	16	ja	3	4	stark	mehr
705136	26.06.2022	11:20 - 11:55	2680080/1238700	85	54	ja	3	4	stark	mehr
705137	26.06.2022	12:22 - 12:48	2680080/1238700	90	19	nein	0	0	keine	keine
706152	23.06.2022	13:25 - 14:00	2681280/1238850	80	5	nein	0	0	keine	keine
707150	23.06.2022	10:29 - 11:17	2681120/1239000	80	7	nein	0	0	keine	keine
708150	23.06.2022	09:16 - 09:50	2681120/1239150	50	12	nein	0	0	keine	keine
709150	23.06.2022	08:20 - 09:00	2681120/1239300	75	32	nein	0	0	keine	keine
709151	23.06.2022	06:30 - 07:25	2681200/1239300	50	12	ja	1	1	gering	gleich

KSP-ID	Sichtstanz_nord	Sichtstanz_ost	Sichtstanz_sued	Sichtstanz_west	Mittelwert_Sichtstanz	Deckungstyp_Nord	Deckungstyp_Ost	Deckungstyp_Sued	Deckungstyp_West	Deckungstyp_code	Anz_Decktyp_Veg	Anz_Decktyp_Topo
654224	14	16	29	26	21	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Vegetation	V	4	0
654225	52	5	22	17	24	Vegetation	Topographie	Topographie	Topographie	VT	1	3
658216	12	24	15	20	18	Vegetation	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	3	1
660216	17	22	5	10	14	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	3	1
664217	18	15	14	16	16	Vegetation	Topographie	Vegetation	Topographie	VT	2	2
664218	20	25	10	12	17	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	2	2
676172	8	10	24	18	15	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Vegetation	V	4	0
676173	15	18	10	11	14	Vegetation	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	3	1
684160	15	35	29	18	24	Vegetation	Topographie	Topographie	Topographie	VT	2	2
686156	9	18	32	23	21	Topographie	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	1	3
690145	16	15	17	36	21	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	2	2
695150	20	38	9	19	22	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	2	2
696149	40	26	21	10	24	Topographie	Topographie	Vegetation	Topographie	VT	1	3
697142	9	15	30	33	22	Topographie	Topographie	Topographie	Topographie	T	0	4
698143	18	10	17	20	16	Vegetation	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	3	1
699141	18	16	28	62	31	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Topographie	VT	3	1
699142	80	96	7	42	56	Vegetation	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	3	1
700131	85	50	46	23	51	Topographie	Topographie	Topographie	Topographie	T	0	4
700132	23	28	9	21	20	Topographie	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	2	2
700139	20	23	32	36	28	Topographie	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	2	2
701152	14	6	39	16	19	Vegetation	Topographie	Vegetation	Topographie	VT	2	2
701153	12	16	15	11	14	Vegetation	Stein/Fels	Topographie	Vegetation	VTA	2	1
701156	22	19	26	20	22	Vegetation	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	3	1
702130	10	7	18	8	11	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Vegetation	V	4	0
702152	18	27	32	18	24	Topographie	Vegetation	Vegetation	Topographie	VT	2	2
702154	35	24	21	24	24	Topographie	Vegetation	Topographie	Vegetation	VT	2	2
702155	31	15	17	50	28	Topographie	Topographie	Vegetation	Vegetation	VT	2	2
702156	19	13	15	11	15	Topographie	Vegetation	Vegetation	Vegetation	VT	3	1
702157	32	43	26	12	28	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	2	2
702158	21	42	23	23	26	Topographie	Topographie	Vegetation	Vegetation	VT	2	2
703154	18	31	29	20	25	Topographie	Ashrauten	Topographie	Topographie	TA	0	3
703155	40	28	16	18	26	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	V	4	2
703156	41	90	30	43	51	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Vegetation	V	4	0
704135	16	17	12	13	15	Vegetation	Vegetation	Vegetation	Vegetation	V	4	0
705137	17	10	16	16	15	Topographie	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	1	3
706152	26	20	16	18	20	Vegetation	Baumstamm/Wurzelsack	Topographie	Topographie	VTA	2	1
707150	36	12	16	10	19	Vegetation	Topographie	Topographie	Topographie	VT	1	3
708150	39	29	55	59	46	Vegetation	Vegetation	Topographie	Topographie	VT	2	2
709150	37	10	18	46	28	Topographie	Topographie	Topographie	Vegetation	VT	1	3
709151	15	11	32	9	17	Topographie	Topographie	Topographie	Topographie	T	0	4

KSP-ID	SB_maehter_Stresse_Wue_%	SB_Zylinder_Ja_nein	PGS_Rohtrsch	PGS_Reh	Fraedlaenge_Wildwechsel	Rehlaeger_Anz	Hirschlaeger_Anz	Praesenznaehweis_Reh	Praesenznaehweis_Rohtrsch	Entwicklungsstufe_1	Entwicklungsstufe_2	Entwicklungsstufe_3
654224	0	nein	0	0	70	0	0	0	0	50	10	40
654225	0	nein	0	0	10	2	0	2	0	10	10	20
658216	0	nein	0	0	15	2	0	2	0	10	30	60
660216	0	nein	0	2	50	2	0	4	0	10	50	40
664217	0	nein	0	0	65	0	0	0	0	10	40	50
664218	0	nein	0	0	60	0	0	0	0	20	50	30
676172	0	nein	0	0	0	2	0	2	0	40	30	30
676173	0	nein	0	0	12	0	0	0	0	70	20	10
684160	0	nein	0	0	25	1	0	1	0	5	20	80
686156	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	20	10	70
690145	0	nein	0	3	25	1	0	4	0	30	10	60
695150	70	Ja	0	0	40	0	0	0	0	20	30	50
696149	0	nein	0	0	20	3	0	3	0	5	10	90
697142	0	nein	0	0	50	0	0	0	0	5	40	60
698143	0	nein	0	0	20	1	0	1	0	50	20	30
699141	100	Ja	0	0	0	0	0	0	0	10	30	60
699142	100	Ja	0	0	0	0	0	0	0	30	10	60
700131	0	nein	0	2	25	0	0	2	0	5	70	30
700132	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	20	30	50
700139	30	Ja	0	0	0	0	0	0	0	40	40	20
701152	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	20	10	70
701153	20	Ja	0	0	0	0	0	0	0	20	10	70
701156	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	30	20	50
702130	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	60	10	30
702152	0	nein	0	0	25	3	0	3	0	10	30	60
702154	80	Ja	0	0	27	1	0	1	0	5	35	60
702155	0	nein	0	2	25	1	0	3	0	10	30	60
702156	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	30	60	10
702157	100	Ja	0	0	0	0	0	0	0	30	40	30
702158	100	Ja	0	0	0	0	0	0	0	40	10	50
703154	0	nein	0	1	17	1	0	2	0	5	60	40
703155	100	Ja	0	0	0	0	0	0	0	20	40	40
703156	0	nein	0	0	12	0	0	0	0	20	30	50
704135	0	nein	0	1	50	0	0	1	0	60	10	30
705136	0	nein	3	0	45	0	0	4	0	5	60	40
705137	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	20	20	60
706152	0	nein	0	0	60	1	0	1	0	30	50	20
707150	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	10	5	90
708150	0	nein	0	0	18	3	0	3	0	30	10	60
709150	0	nein	0	0	50	3	0	3	0	10	30	60
709151	0	nein	0	0	0	0	0	0	0	5	25	70

KSF-ID	Deckgr_Gesamtl_Vestfrei	Deckgr_KS	Deckgr_SS	Deckgr_BS	Art_Nadelholz_KS	Art_Nadelholz_SS	Art_Nadelholz_BS	Dom_Art1_KS	Dom_Art2_KS	Dom_Art3_KS	Dom_Art1_SS	Dom_Art2_SS	Dom_Art3_SS
654224	60	40	30	80	5	5	50	Allium ursinum	Laminum galeobdolon	Polystichum aculeatum	Acer pseudoplatanus	Lonicera xylosteum	
654225	40	60	5	90	5	5	60	Mercurialis perennis	Graminoiden	Mercurialis perennis	Acer pseudoplatanus	Ilex aquifolium	
658216	80	20	5	90	5	5	50	Hedera helix	Graminoiden				
660216	50	40	10	80	5	5	60	Fagus sylvatica	Graminoiden	Hedera helix	Fagus sylvatica	Ilex aquifolium	
664217	80	20	10	80	5	5	50	Graminoiden	Fagus sylvatica				
664218	80	20	20	90	5	5	50	Fagus sylvatica	Graminoiden				
676172	60	40	20	70	5	5	5	Graminoiden	Mercurialis perennis	Equisetum sylvaticum	Fagus sylvatica		
676173	20	30	70	50	5	5	10	Hedera helix	Mercurialis perennis	Graminoiden	Fagus sylvatica		
684160	90	10	5	70	5	5	50	Graminoiden	Mercurialis perennis				
686156	10	90	20	70	5	5	40	Mercurialis perennis	Fagus sylvatica	Graminoiden	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus	
690145	50	30	30	90	5	5	10	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus	Graminoiden	Fagus sylvatica	Ilex aquifolium	
695150	40	60	10	70	5	5	40	Hedera helix	Fragaria vesca		Ligustrum vulgare	Lonicera albigena	Ilex aquifolium
696149	80	20	5	60	5	5	90	Graminoiden	Fraxinus excelsior	Mercurialis perennis			
697142	90	5	5	90	5	5	60						
698143	20	10	50	70	5	5	30	Fagus sylvatica	Graminoiden		Fagus sylvatica		
699141	70	10	20	50	5	5	90	Graminoiden	Hedera helix	Fagus sylvatica	Corylus avellana		
699142	50	50	5	80	5	5	20	Rubus sp.		Acer pseudoplatanus	Ilex aquifolium		
700131	80	5	5	20	5	5	100	Graminoiden					
700132	50	30	10	80	5	5	20	Graminoiden	Fagus sylvatica	Ilex aquifolium			
700139	70	10	10	90	5	5	90	Graminoiden	Rubus sp.		Ilex aquifolium		
701152	60	20	20	50	5	5	60	Graminoiden	Mercurialis perennis		Viburnum lantana	Lonicera xylosteum	Ligustrum vulgare
701153	10	70	10	30	5	5	30	Graminoiden	Allium ursinum	Rubus sp.	Atropa belladonna	Lonicera xylosteum	Fagus sylvatica
701156	60	40	10	60	5	5	80	Graminoiden	Fagus sylvatica		Fagus sylvatica		
702130	20	70	70	30	5	5	50	Graminoiden	Trifolium medium	Cornus sanguinea	Fagus sylvatica	Viburnum lantana	Cornus sanguinea
702152	90	5	5	90	5	5	80	Graminoiden			Fagus sylvatica		
702154	90	5	5	90	5	5	80	Allium ursinum			Fagus sylvatica		
702155	50	40	20	70	5	5	90	Allium ursinum	Graminoiden	Fagus sylvatica	Fagus sylvatica	Ilex aquifolium	Lonicera xylosteum
702156	50	50	10	80	5	5	10	Allium ursinum	Graminoiden	Fagus sylvatica	Fagus sylvatica		
702157	40	50	5	80	5	5	10	Allium ursinum			Fagus sylvatica		
702158	90	5	20	90	5	5	30	Hedera helix			Fagus sylvatica		
703154	50	30	5	50	5	5	60	Graminoiden			Fagus sylvatica	Lonicera xylosteum	Ligustrum vulgare
703155	70	10	10	50	5	5	60	Graminoiden	Acer pseudoplatanus	Prunus avium	Fagus sylvatica		
703156	50	20	20	60	5	5	70	Graminoiden	Allium ursinum		Fagus sylvatica	Lonicera xylosteum	
704135	20	50	5	70	5	50	70	Allium ursinum	Fagus sylvatica		Atropa belladonna		
705136	70	10	5	70	5	5	80	Graminoiden			Fagus sylvatica		
705137	80	20	20	90	5	5	60	Graminoiden	Mercurialis perennis	Fagus sylvatica	Fagus sylvatica	Lonicera xylosteum	Ligustrum vulgare
706152	80	10	20	90	5	5	20	Graminoiden	Mercurialis perennis	Fagus sylvatica	Fagus sylvatica		
707150	60	30	10	60	5	5	30	Graminoiden	Fagus sylvatica		Fagus sylvatica	Viburnum lantana	Ilex aquifolium
708150	20	70	5	70	5	5	50	Mercurialis perennis	Rubus sp.	Fraxinus excelsior	Sambucus nigra	Fagus sylvatica	Fragaria vesca
709150	80	20	20	70	5	5	50	Mercurialis perennis	Graminoiden	Acer pseudoplatanus	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus	Lonicera xylosteum
709151	90	5	5	90	5	5	90	Graminoiden	Ilex aquifolium		Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus	

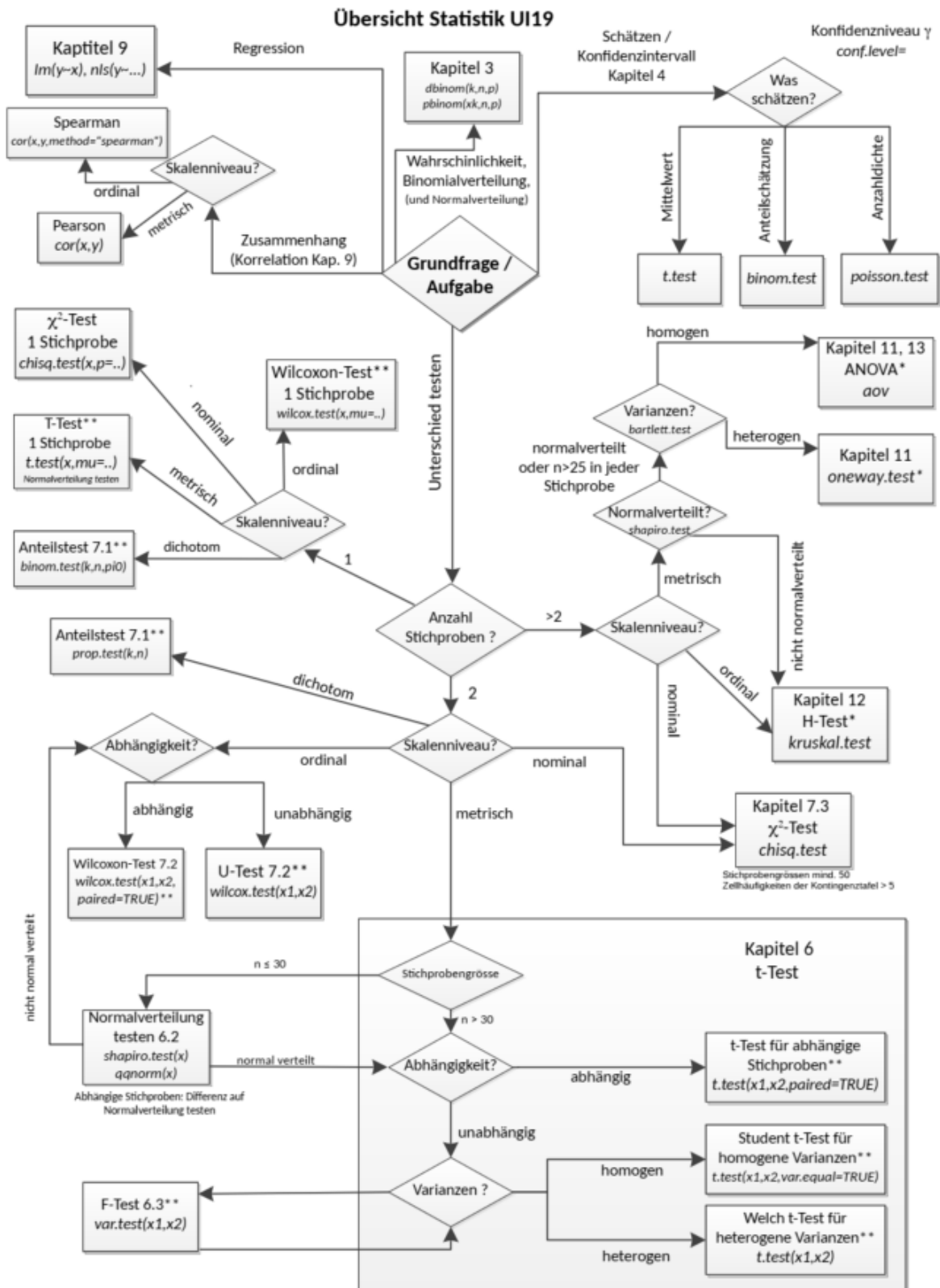
KSP-ID	Dom_Art1_B5	Dom_Art2_B5	Dom_Art3_B5	Sichtung	Trittleigel	Hirchlag	Kot	Entfernung_Waldrand	Entfernung_Strasse	Belastung_durch_Schabung_Nr	Bemerkungen
654224	Acer pseudoplatanus	Fagus sylvatica	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	22	170	1	
654225	Taxus baccata	Picea abies	Fagus sylvatica	Nein	Nein	Nein	Nein	47	101	1	
658216	Fagus sylvatica	Picea abies	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	57	59	2	Rehlagger in der flachen Ebene südlich des Pits
660216	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Pinus mugo	Nein	Nein	Nein	Nein	104	110	2	
664217	Fagus sylvatica	Picea abies	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	220	55	3	
664218	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Acer pseudoplatanus	Nein	Nein	Nein	Nein	120	18	3	
676172	Fagus sylvatica			Nein	Nein	Nein	Nein	91	93	2	
676173	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus		Nein	Nein	Nein	Nein	171	67	3	
684160	Picea abies	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	10	59	1	
686156	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus		Nein	Nein	Nein	Nein	34	108	1	
690145	Fagus sylvatica	Picea abies		Nein	Nein	Nein	Nein	41	45	1	
695150	Acer pseudoplatanus	Picea abies	Fagus sylvatica	Nein	Nein	Nein	Nein	123	28	1	Waldspielplatz/feuerstelle, Flusstiefl Kot
696149	Taxus baccata			Nein	Nein	Nein	Nein	49	132	1	Evtl. frische Schälspuren? Rehlagger direkt davor
697142	Taxus baccata	Fagus sylvatica	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	69	75	3	
698143	Taxus baccata	Taxus baccata	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	213	21	1	Foto fehlt
699141	Taxus baccata	Picea abies	Fagus sylvatica	Nein	Nein	Nein	Nein	114	4	1	
699142	Fagus sylvatica	Picea abies	Acer pseudoplatanus	Nein	Nein	Nein	Nein	172	7	1	
700131	Taxus baccata	Picea abies		Nein	Nein	Nein	Nein	82	149	3	Holzschlag
700132	Acer pseudoplatanus	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	76	81	1	Holzschlag
700139	Fagus sylvatica	Picea abies		Nein	Nein	Nein	Nein	244	23	1	
701152	Picea abies	Sorbus aria	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	135	113	1	
701153	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Fraxinus excelsior	Nein	Nein	Nein	Nein	207	55	1	
701156	Taxus baccata	Fagus sylvatica	Pinus mugo	Nein	Nein	Nein	Nein	376	107	1	Foto fehlt
702130	Fagus sylvatica	Pinus mugo	Sorbus aria	Nein	Nein	Nein	Nein	20	228	1	wenig Vegetation
702152	Taxus baccata	Picea abies	Fagus sylvatica	Nein	Nein	Nein	Nein	112	114	2	
702154	Taxus baccata	Fagus sylvatica		Nein	Nein	Nein	Nein	277	21	3	
702155	Picea abies	Taxus baccata	Pinus sylvestris	Nein	Nein	Nein	Nein	348	31	2	
702156	Fagus sylvatica	Acer pseudoplatanus		Nein	Nein	Nein	Nein	281	24	1	Kotbild
702157	Fagus sylvatica	Ulmus glabra	Taxus baccata	Nein	Nein	Nein	Nein	301	6	1	Eibenschutz durch Prastidehrt
702158	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	218	34	1	
703154	Taxus baccata	Fagus sylvatica	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	96	68	2	Kot/Fussabdruck/beschädigte Elbe abklären
703155	Taxus baccata	Fagus sylvatica		Nein	Nein	Nein	Nein	91	6	1	
703156	Picea abies	Fagus sylvatica		Nein	Nein	Nein	Nein	231	75	2	
704135	Taxus baccata	Fagus sylvatica		Nein	Nein	Nein	Nein	77	46	3	
705136	Taxus baccata	Picea abies		Nein	Nein	Nein	Nein	101	60	3	Kot/Fussabdruck abklären, Kot schwierig zu finden (Bucheckern)
705137	Taxus baccata	Fagus sylvatica	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	175	61	1	Fuchsbau/Dachsbau, wenig Krautschicht
706152	Fagus sylvatica			Nein	Nein	Nein	Nein	27	98	1	
707150	Fagus sylvatica	Picea abies	Acer pseudoplatanus	Nein	Nein	Nein	Nein	100	137	1	
708150	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	106	31	1	nur vereinzelt Sträucher
709150	Fagus sylvatica	Taxus baccata	Picea abies	Nein	Nein	Nein	Nein	92	58	1	
709151	Taxus baccata	Acer pseudoplatanus	Fagus sylvatica	Nein	Nein	Nein	Nein	89	91	2	

Anhang 5: Hinweise und Empfehlungen Feldaufnahmen

Ich empfehle nebst den in Kapitel 2.4 aufgeführten Materialien ein Kletterseil für eine solche Feldbegehung mitzunehmen, um sich in sehr steilem Gelände abseilen zu können und um beim Wiederaufstieg einfacher zurück auf den Weg zu gelangen. Man senkt so das Risiko eines Unfalls durch einen Sturz im steilen Gelände. Ebenfalls betrachte ich Zeckenspray als unbedingt notwendig in dieser Jahreszeit. Bei meiner ersten Begehung im Raum Adliswil zählte ich den ganzen Tag hindurch insgesamt 32 Zecken trotz der Auftragung von Zeckenspray. Die Feldprotokolle müssen schon so vorbereitet sein, dass die Felder KSP-ID und Koordinate KSP, sowie die Informationen aus dem KSP bereits ausgefüllt sind.

Zwischen den einzelnen Kontrollflächen liegen oft grosse Distanzen. Es empfiehlt sich daher, ein passendes Fortbewegungsmittel dabei zu haben. Optimal wäre ein e-Mountainbike, da man sich oft auch auf kleinen Nebenwegen befindet, die mit dem Auto nicht passierbar sind. Ebenfalls ist das Wenden mit dem Auto an vielen Stellen schwierig, wo es für nicht geübte Autofahrer auch schnell gefährlich werden kann. Ein Fahrrad ohne Motorantrieb ist nicht zu empfehlen, da die Fussmärsche zu den einzelnen Kontrollflächen über den Tag hindurch schon sehr anstrengend sind. Zusätzliche Anstrengung bei der Verschiebung von einer Kontrollfläche zur Nächsten sollte möglichst vermieden werden, um auch gegen Ende des Tages noch Energie zu haben und vor allem um die Konzentration hochzuhalten. Bei Müdigkeit sollte dringend über einen Unterbruch oder Abbruch der Feldaufnahmen nachgedacht werden, da es sonst im steilen Gelände wiederum zu gefährlichen Situationen kommen kann. Für meine Feldbegehung konnte ich mein eigenes Motorrad brauchen, um auf den schmalen Wegen voranzukommen. Es handelt sich dabei um einen Skyteam Monkey 125ccm und ist aufgrund der kleinen Grösse und dem geringen Gewicht optimal geeignet, um auf dem teils feuchten Untergrund zu fahren und in engen Verhältnissen zu wenden. Bei motorisierten Fahrzeugen muss dringend eine Fahrerlaubnis eingeholt und am Fahrzeug sichtbar gemacht werden, um auf den ansonsten für Privatfahrzeuge gesperrten Wegen fahren zu dürfen und keine unangenehmen Diskussionen mit Spaziergängern, Landwirten oder Förster führen zu müssen. Die eigene Telefonnummer sollte ebenfalls auf dem Fahrzeug ersichtlich sein, um kontaktiert werden zu können, sollte das Fahrzeug beispielsweise eine Blockade darstellen. Während den Feldaufnahmen sollte eine passende Verpflegung dabei sein. Schwere Lebensmittel verbrauchen mehr Energie beim Herumtragen und sollten daher vermieden werden. Jedoch sollte bei der Wassermenge nicht gespart werden. Es gibt innerhalb des Waldgebietes keine Möglichkeit, seine Wasserflasche aufzufüllen. Dafür müsste der Weg ins Dorf gemacht werden. Die Kleidung sollte ebenfalls dem Wetter entsprechend angepasst sein und Felddauglich sein. Aufgrund der Zeckengefahr im Sommer wird dringend empfohlen, lange Kleider zu tragen.

Anhang 6: Hilfs-Flussdiagramm für statistische Analysen



**Alternativhypothesen: zweiseitig (StandardEinstellung), einseitig grösser: alternative="greater", einseitig kleiner: alternative="less"
 *Post-Hoc-Tests: ANOVA, oneway.test; pairwise.t.test - H-Test (Kruskal-Wallis-Test): pairwise.wilcox.test

Anhang 6: R-Skripte

Deckung:

```
install.packages("tidyverse")
install.packages("ggpubr")
library("tidyverse")
library("dplyr")
library("ggpubr")
library("cowplot")

dataBA = read.csv2("C:\\Users\\oliba\\OneDrive - ZHAW\\BA\\Uebersicht_Feldprotokolle_bereinigt.csv", header = TRUE)
View(dataBA)

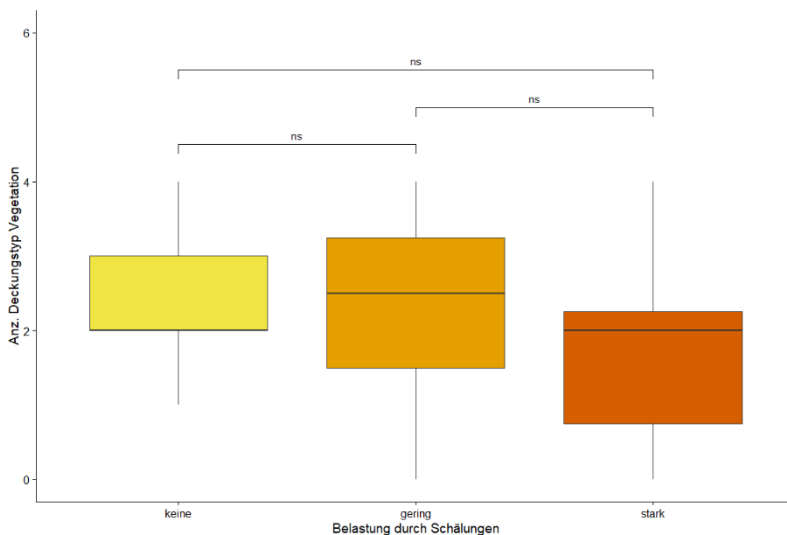
dataBA$Belastung_durch_Schaelung=factor(dataBA$Belastung_durch_Schaelung, levels =c("keine", "gering", "stark" ))
dataBA$belastet=factor(dataBA$belastet, levels =c("nein", "ja" ))
my_comparisons = list(c("keine", "gering"), c("gering", "stark"), c("keine", "stark" ))
my_comparisons2 = list(c("nein", "ja"))

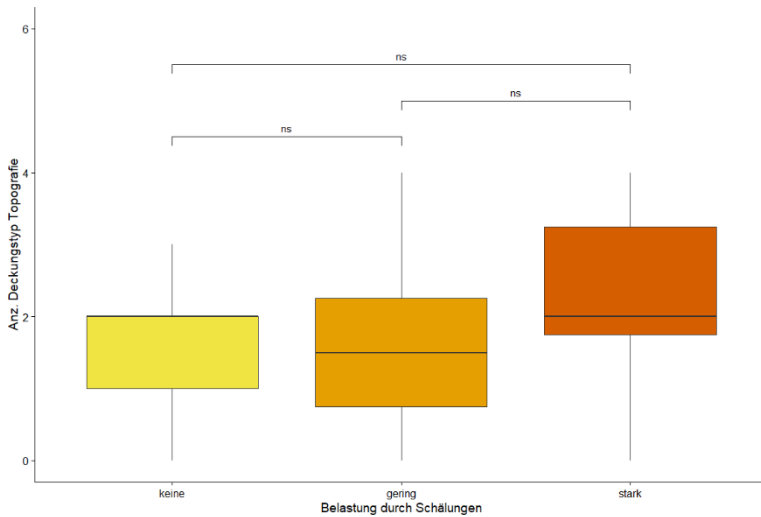
#### Deckungstypen
## Deckungstyp Vegetation
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Anz_Decktyp_Veg, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
  geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anz. Deckungstyp Vegetation") + # Achsentitel anpassen
  scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,6) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
  stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(4.5, 5, 5.5), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
  theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Anz_Decktyp_Veg~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert > alpha = Normalverteilung --> Varianzen pruefen
bartlett.test(Anz_Decktyp_Veg~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA) # p-Wert > alpha = Varianzhomogenitaet --> ANOVA-Test
summary(aov(Anz_Decktyp_Veg~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA)) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz

## Deckungstyp Topographie
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Anz_Decktyp_Topo, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
  geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anz. Deckungstyp Topografie") + # Achsentitel anpassen
  scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,6) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
  stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(4.5, 5, 5.5), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
  theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Anz_Decktyp_Topo~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert > alpha = Normalverteilung --> Varianzen pruefen
bartlett.test(Anz_Decktyp_Topo~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA) # p-Wert > alpha = Varianzhomogenitaet --> ANOVA-Test
summary(aov(Anz_Decktyp_Topo~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA)) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```





Mittelwert Sichtfläche

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Mittelwert_Sichtdistanz, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Mittelwert Sichtdistanz (m)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(10,70) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(60, 55, 65), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeohen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken
```

#statistische Auswertung

```
stripchart(Mittelwert_Sichtdistanz~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA,vertical=TRUE,add=TRUE,method="jitter",col="darkgreen")
shapiro.test(rstandard(aov(Mittelwert_Sichtdistanz~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Mittelwert_Sichtdistanz~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz.
```

Sichtbarkeit Stoffzyliner

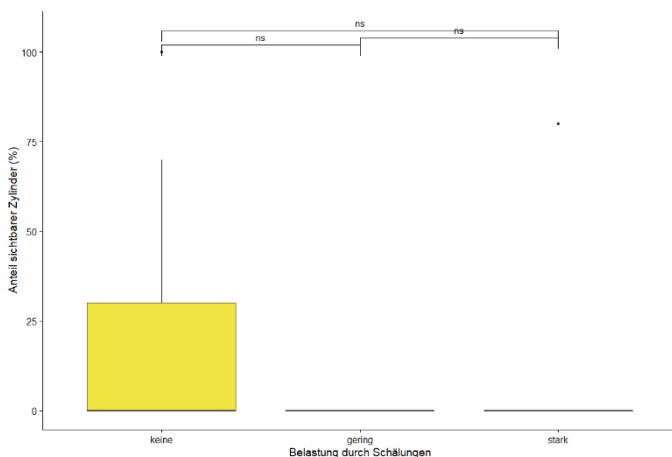
```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=SB_naechster_Strasse_Weg_, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anteil sichtbarer Zylinder (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(102, 104, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeohen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken
```

#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(SB_naechster_Strasse_Weg_~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung
kruskal.test(SB_naechster_Strasse_Weg_~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) #p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```

#Test mit 2 Stichproben

```
shapiro.test(rstandard(aov(SB_naechster_Strasse_Weg_~belastet,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung, Wilcoxon-Test anwenden
wilcox.test(SB_naechster_Strasse_Weg_~belastet,data=dataBA) #leichte Signifikanz
```



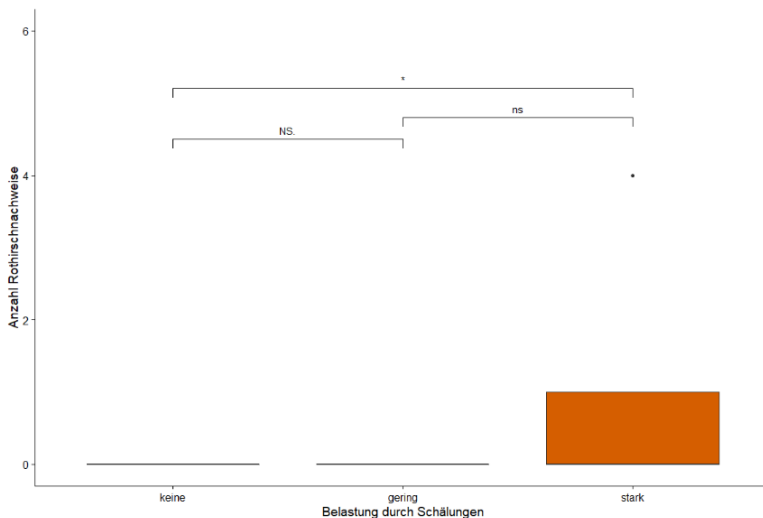
Wildtierpräsenz:

```
#### Rehpräsenz
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Praesenznachweis_Reh, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Präsenznachweise Reh") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,6) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(4.5, 4.8, 5.2), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

shapiro.test(rstandard(aov(Praesenznachweis_Reh~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> Kurskal-Wallis-Test verwenden
kruskal.test(Praesenznachweis_Reh~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert < alpha = signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Praesenznachweis_Reh,Belastung_durch_Schaelung)) # Signifikanz zwischen stark und gering und zwischen gering und kein

#### Rothirschpräsenz
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Praesenznachweis_Rothirsch, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anz. Nachweise Rothirsch") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,6) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(4.5, 4.8, 5.2), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Praesenznachweis_Rothirsch~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> Kurskal-Wallis-Test verwenden
kruskal.test(Praesenznachweis_Rothirsch~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert < alpha = signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Praesenznachweis_Rothirsch,Belastung_durch_Schaelung)) # signifikanter Unterschied zwischen stark und keine.
```

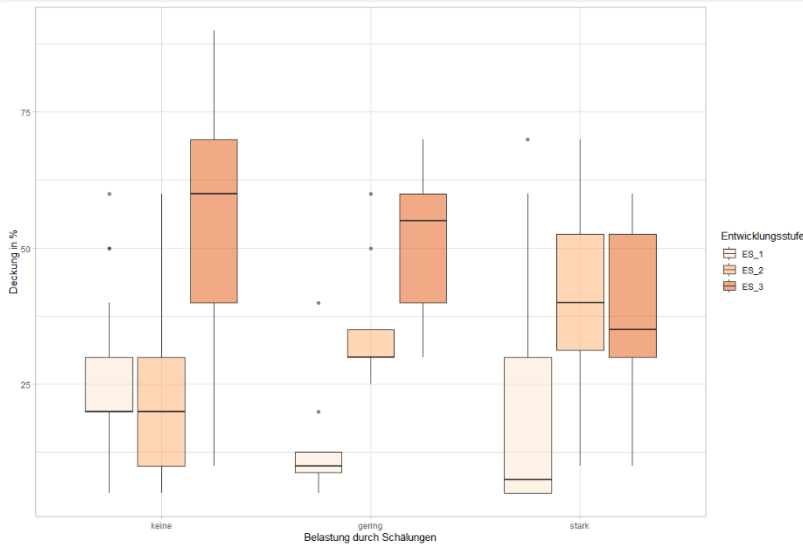


```
#### Wildwechsel
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Pfadlaenge_Wildwechsel, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Pfadlänge Wildwechsel (m)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,90) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(80, 85, 90), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken

#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Pfadlaenge_Wildwechsel~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> Kurskal-Wallis-Test verwenden
kruskal.test(Pfadlaenge_Wildwechsel~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert = 0.0041 < alpha = signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Pfadlaenge_Wildwechsel,Belastung_durch_Schaelung)) # signifikanter Unterschied (p-Wert = 0.005) zwischen stark Belasteten und nicht belasteten Standorten
```

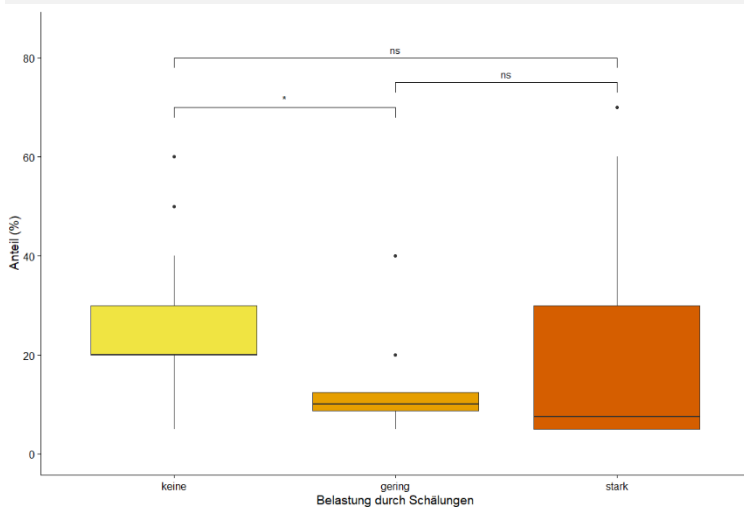
Vegetation

```
####Entwicklungsstufen
dataBA_long %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>%
ggplot(aes(Belastung_durch_Schaelung, `Deckung`, fill = Entwicklungsstufe)) +
geom_boxplot(alpha = 0.5) +
theme_light() +
xlab("Belastung durch Schälungen") +
ylab("Deckung in %") +
scale_fill_brewer(palette = "Oranges")
```



```
## nur Entwicklungsstufe 1
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Entwicklungsstufe_1, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anteil (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,85) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(70, 75, 80), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken
```

```
#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Entwicklungsstufe_1~ Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Entwicklungsstufe_1~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = kein signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Entwicklungsstufe_1,Belastung_durch_Schaelung))
```

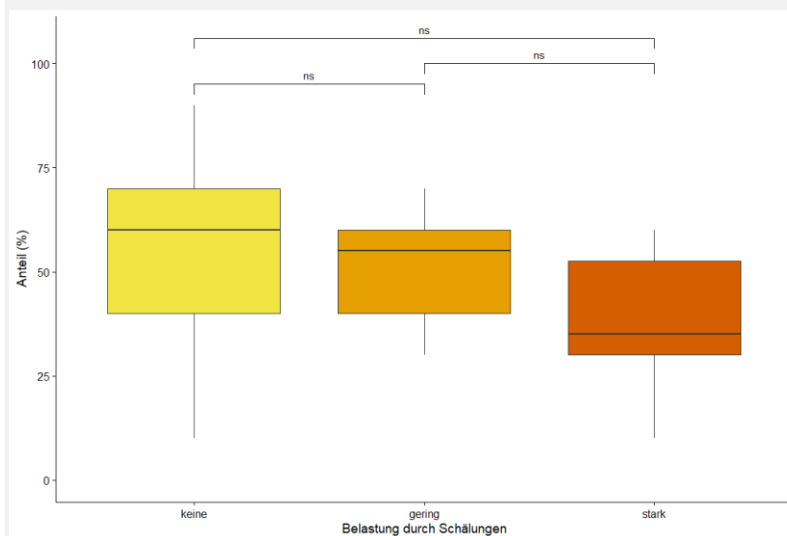


```
## nur Entwicklungsstufe 2
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Entwicklungsstufe_2, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anteil (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,85) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(75, 80, 85), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Entwicklungsstufe_2~ Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Entwicklungsstufe_2~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert < alpha = signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Entwicklungsstufe_2,Belastung_durch_Schaelung)) # leichte signifikanz zwischen stark und keine, sowie gering und keine

## nur Entwicklungsstufe 3
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Entwicklungsstufe_3, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anteil (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95,100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhoeihenn anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdruecken

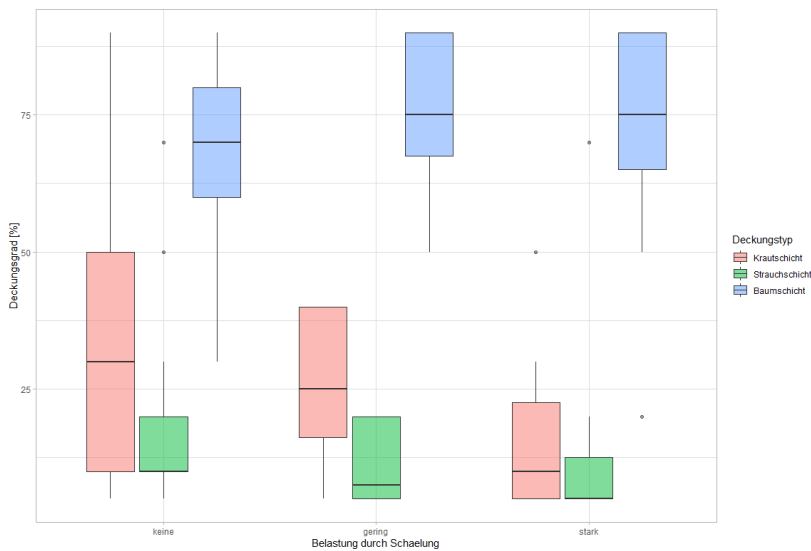
#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(EntwStufe_3_~ Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) #p-Wert > alpha = Normalverteilung. --> Var-Test durchf?hren
var.test(dataBA$EntwStufe_3_, dataBA$Belastung_durch_Schaelung_Nr) #p-Wert < alpha = Varianzheterogenit?t
oneway.test(EntwStufe_3_~Belastung_durch_Schaelung_Nr,data=dataBA) # p-Wert > alpha = kein signifikanter Unterschied
```



```
#### Deckungsgrad
dataBA <- dataBA %>%
  rename("Krautschicht" = Deckgr_KS,
         "Strauschicht" = Deckgr_SS,
         "Baumschicht" = Deckgr_BS)
view(dataBA)

dataBA_long2 <- dataBA %>% select(Belastung_durch_Schaelung, `Krautschicht`, `Strauschicht`, `Baumschicht`) %>%
  pivot_longer(-Belastung_durch_Schaelung, values_to = "Deckungsgrad [%]", names_to = "Deckungstyp")
dataBA_long2$`Deckungstyp` <- fct_inorder(dataBA_long2$`Deckungstyp`)

dataBA_long2 %>%
  ggplot(aes(Belastung_durch_Schaelung, `Deckungsgrad [%]`, fill = `Deckungstyp`)) +
  geom_boxplot(alpha = 0.5) +
  theme_light() +
  xlab("Belastung durch Schaelung")
```

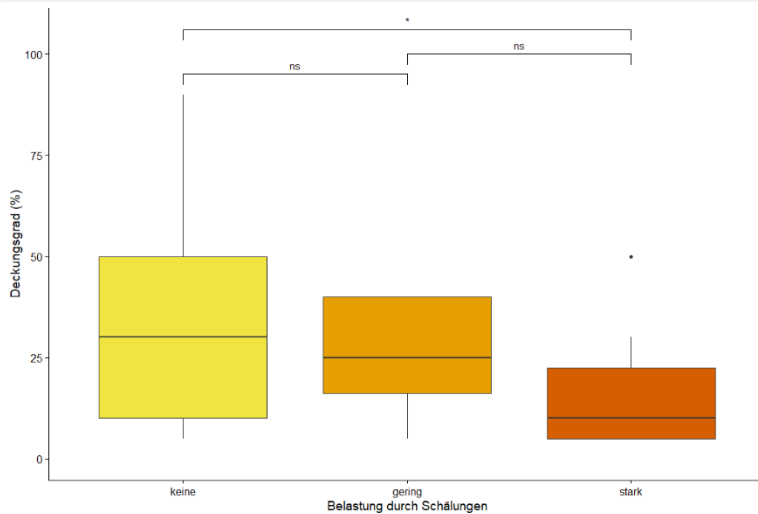


nur Krautschicht

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Krautschicht, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Deckungsgrad (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95,100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(Krautschicht~ Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Krautschicht~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Krautschicht,Belastung_durch_Schaelung))
```

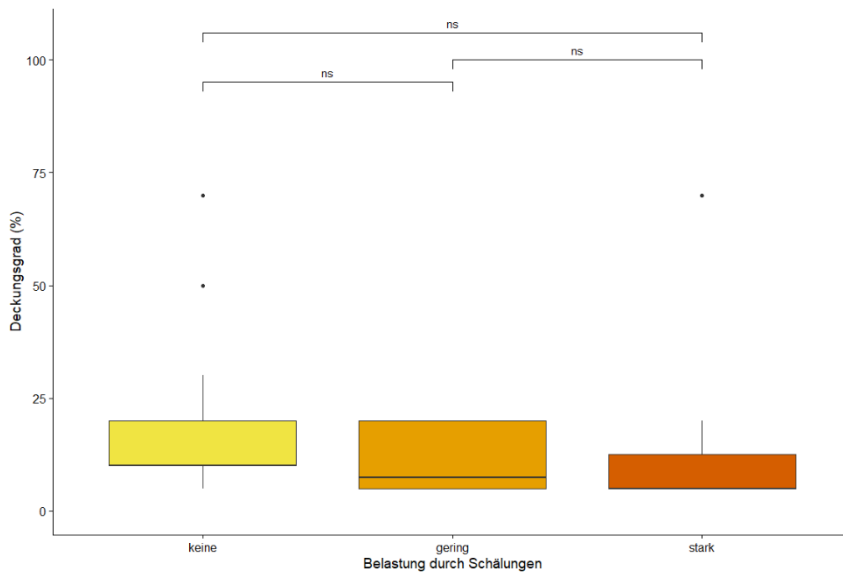


nur Strauchschicht

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Strauchschicht, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Deckungsgrad (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0,106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95,100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(Deckgr_SS~ Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Deckgr_SS~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```

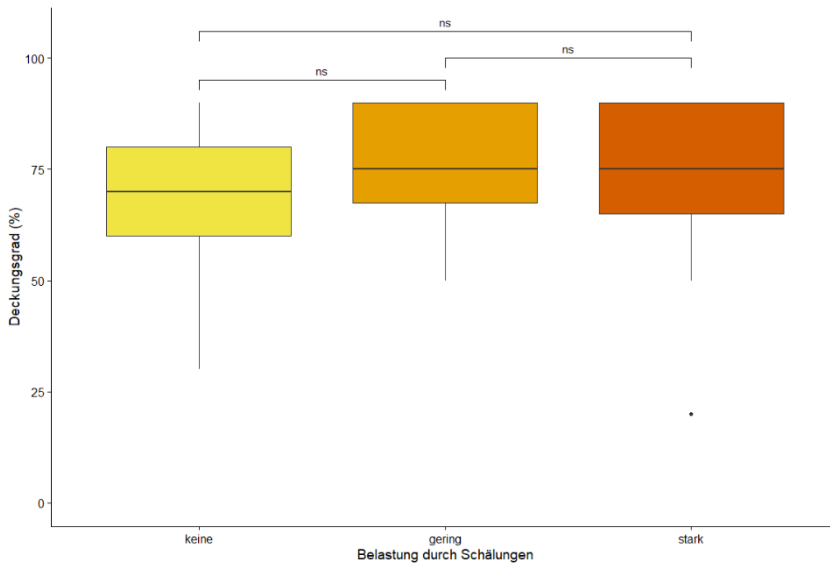


nur Baumschicht

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Baumschicht, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Deckungsgrad (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0, 106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95, 100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(Deckgr_BS~ Belastung_durch_Schaelung, data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Deckgr_BS~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```

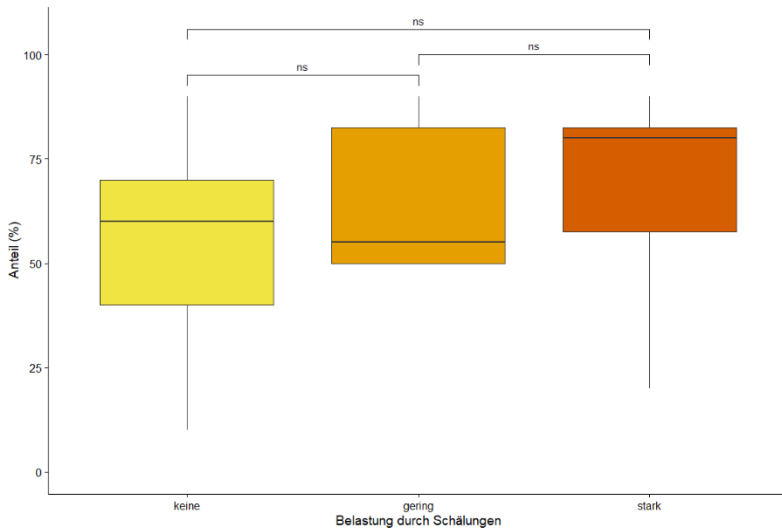


Vegetationsfreie Bodenbedeckung

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Deckgr_Geroell_Vegfrei, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Deckungsgrad (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0, 106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95, 100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

#statistische Auswertung

```
stripchart(Deckgr_Geroell_Vegfrei~Belastung_durch_Schaelung, data=dataBA, vertical=TRUE, add=TRUE, method="jitter", col="darkgreen")
shapiro.test(rstandard(aov(Deckgr_Geroell_Vegfrei~Belastung_durch_Schaelung, data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> (Kruskal-Wallis-Test) verwenden
kruskal.test(Deckgr_Geroell_Vegfrei~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) # p-Wert > alpha = kein signifikanter Unterschied
```

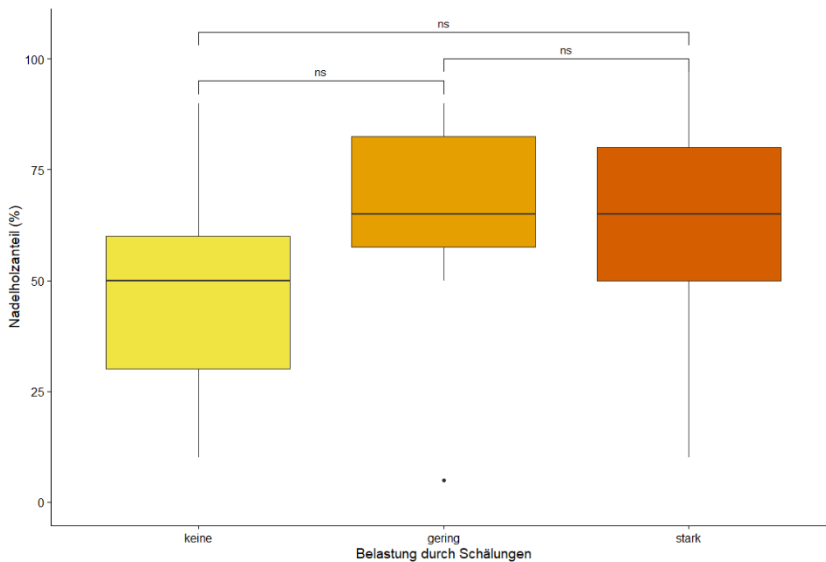


Nadelholzanteil Baumschicht

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Ant_Nadelholz_BS, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Nadelholzanteil (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0, 106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(95, 100, 106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(Ant_Nadelholz_BS~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert > alpha = Normalverteilung --> Varianz-Test
var.test(dataBA$Ant_Nadelholz_BS, dataBA$Belastung_durch_Schaelung_Nr) # p-Wert < alpha --> Varianzen sind heterogen
oneway.test(Ant_Nadelholz_BS~Belastung_durch_Schaelung_Nr,data=dataBA) # p-Wert > alpha = kein signifikanter Unterschied
```



mit 2 Stichproben (belastet/nicht belastet)

```
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=belastet, y=Ant_Nadelholz_BS, fill=belastet)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Nadelholzanteil (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#999999", "#CC79A7")) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons2, label.y = c(106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken
```

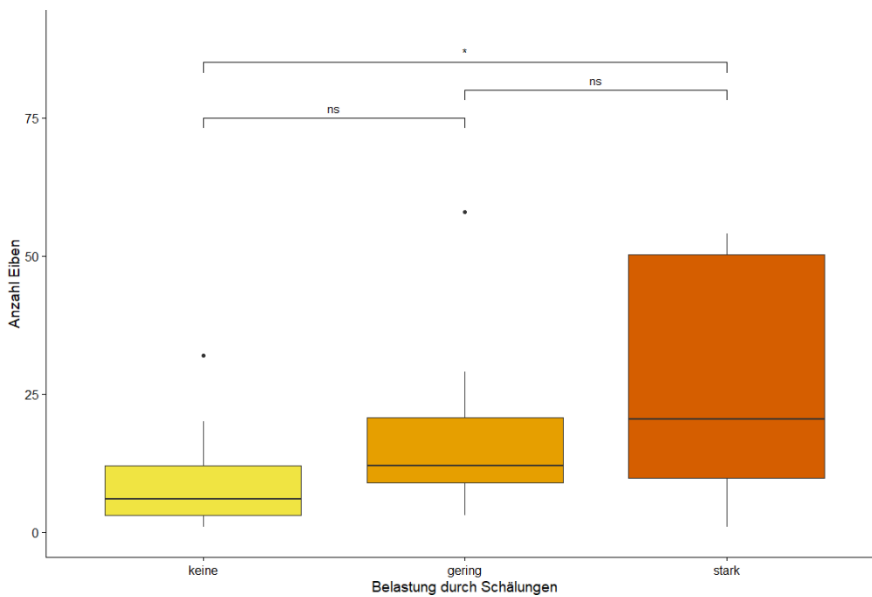
#statistische Auswertung

```
shapiro.test(rstandard(aov(Ant_Nadelholz_BS~belastet,data=dataBA))) # p-Wert > alpha = Normalverteilung --> t.test
t.test(Ant_Nadelholz_BS~belastet,data=dataBA)# p-Wert < alpha = Signifikanter Unterschied
```



```
#### Anzahl Eiben im Plot
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Eiben_Total, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
  geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Anzahl Eiben") + # Achsentitel anpassen
  scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00")) + ylim(0, 90) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
  stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(75, 80, 85), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
  theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken

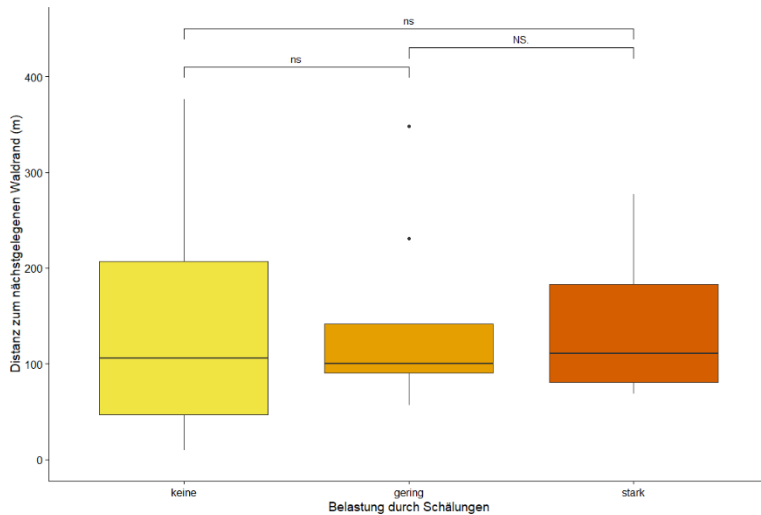
#statistische Auswertung
shapiro.test(rstandard(aov(Eiben_Total~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung --> Kruskal-Wallis-Test
kruskal.test(Eiben_Total~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA)# p-Wert < alpha = Signifikanter Unterschied
with(dataBA, pairwise.wilcox.test(Eiben_Total,Belastung_durch_Schaelung))
```



Zusätzliche räumliche Analysen

```
#### Distanz zum nächstgelegenen Waldrand
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Entfernung_Waldrand, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
  geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Distanz (m)") + # Achsentitel anpassen
  scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00"))+ ylim(0,450) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
  stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(410,430,450), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
  theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken

#statistische Auswertung
stripchart(Entfernung_Waldrand~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA,vertical=TRUE,add=TRUE,method="jitter",col="darkgreen")
shapiro.test(rstandard(aov(Entfernung_Waldrand~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) #p-Wert < alpha = keine Normalverteilung
kruskal.test(Entfernung_Waldrand~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) #p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```



```
#### Distanz zur nächstgelegenen Strasse / zum nächstgelegenen Weg
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Entfernung_Strasse, fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Distanz nächstgelegene Strasse/nächstgelegener Weg (m)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00"))+ ylim(0,300) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(250,260,270), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken

# statistische Auswertung
stripchart(Entfernung_Strasse~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA,vertical=TRUE,add=TRUE,method="jitter",col="darkgreen")
shapiro.test(rstandard(aov(Entfernung_Strasse~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung
kruskal.test(Entfernung_Strasse~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) #p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```

```
#### Hangneigung
dataBA %>% filter(!is.na(Belastung_durch_Schaelung)) %>% # NA's rausfiltern
ggplot(aes(x=Belastung_durch_Schaelung, y=Neigung_., fill=Belastung_durch_Schaelung)) +
geom_boxplot() + labs(x="Belastung durch Schälungen", y = "Hangneigung (%)") + # Achsentitel anpassen
scale_fill_manual(values = c("#F0E442", "#E69F00", "#D55E00"))+ ylim(0,106) + # Farben anpassen (scale_fill_manual) / Plotlimiten anpassen (ylim)
stat_compare_means(comparisons = my_comparisons, label.y = c(102,95,106), label = "p.signif", ref.group = ".all.") + # Balkenhöhen anpassen
theme_cowplot() + theme(legend.position = "none") # cowplot layout / Legende unterdrücken

#statistische Auswertung
stripchart(Neigung_~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA,vertical=TRUE,add=TRUE,method="jitter",col="darkgreen")
shapiro.test(rstandard(aov(Neigung_~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert > alpha = Normalverteilung
bartlett.test(Neigung_~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA) # p-Wert > alpha = Varianzhomogenität --> ANOVA-Test
summary(aov(Neigung_~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA)) # p-Wert > alpha = keinen Signifikanten Zusammenhang
shapiro.test(rstandard(aov(Entfernung_Strasse~Belastung_durch_Schaelung,data=dataBA))) # p-Wert < alpha = keine Normalverteilung
kruskal.test(Entfernung_Strasse~Belastung_durch_Schaelung, data = dataBA) #p-Wert > alpha = keine Signifikanz
```

