

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

## Haselmaus im Sihlwald und in angrenzenden Waldgebieten:

Eine systematische Suche mit Spurenfallen und Wärmebildkamera



Bachelorarbeit

von

Zwahlen Sunhild

Bachelorstudiengang 2020

Umweltingenieurwesen

Abgabetermin: 11.01.2024

Fachkorrektor:

Prof. Dr. Roland Felix Graf

ZHAW LSFM

IUNR

Schloss

8820 Wädenswil

Fachkorrektorin:

Martina Reifler-Bächtiger

ZHAW LSFM

IUNR

Schloss

8820 Wädenswil

### **Zitiervorschlag**

Zwahlen, S. (2023). Haselmaus im Sihlwald und in angrenzenden Waldgebieten: Eine systematische Suche mit Spurenfallen und Wärmebildkamera. Bachelorarbeit. ZHAW, Wädenswil.

### **Adresse Institut**

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Life Sciences und Facility Management, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, Grüental, 8820 Wädenswil, Schweiz.

### **Titelbild**

Eine kletternde Haselmaus (Adobe Stock, Liddy Lange).

### **Schlagworte**

Haselmaus, Spurentunnel, Wärmebildkamera, Vorkommen, Sihlwald

## Zusammenfassung

Die beiden Haselmausarten der Schweiz (*Muscardinus avellanarius* und *M. speciosus*) sind aufgrund ihres unauffälligen Verhaltens und ihrer nächtlichen Aktivität nur schwer in ihrem natürlichen Lebensraum zu beobachten. Vorliegende Arbeit zielte darauf ab, das Vorkommen der Haselmaus in unterholzreichen Gebieten des Sihlwals und angrenzenden Waldflächen zu untersuchen, indem sie die Häufigkeit, den Einfluss der Vegetationsstruktur sowie die Eignung von Transektbegehungen mit einer Wärmebildkamera zur Erfassung der Haselmaus analysiert. In einer Spurenfallenaktion kombiniert mit dem Begehen von Transekten mit Hilfe der handgeführten Wärmebildkamera wurde systematisch das Vorkommen der Haselmaus im Untersuchungsgebiet untersucht. Insgesamt zehn Transekte mit einem hohen Unterwuchsanteil wurden nach Durchführung einer Nachbarschaftsanalyse in ArcGIS Pro ausgewählt. Jeder Transekt enthielt 10 Spurentunnel, was insgesamt 100 Tunneln entsprach. Innerhalb von sechs Wochen zeigten die Hälfte der Transekte mindestens einmal oder mehrfach Spuren der Haselmaus. In 16 von 100 Spurentunneln wurden Nachweise gefunden. Die Vegetation rund um die Untersuchungsstandorte wurde erhoben, wobei die Anzahl an nahrungsrelevanten Pflanzenarten einen statistisch signifikanten positiven Zusammenhang mit dem Haselmausvorkommen aufwies. Mehr nahrungsrelevante Pflanzen erhöhten die Wahrscheinlichkeit des Antreffens von Haselmäusen. Eine dichte Kraut- und Strauchschicht begünstigte das Vorkommen, während ein höherer Anteil der Baumschicht mit einem geringeren Haselmausvorkommen verbunden war. Die Ergebnisse zeigen, dass Haselmäuse einen Standort mit einer hohen Vielfalt an möglichen Nahrungsquellen und einem lichten Kronenschluss bevorzugen, wo der Deckungsgrad der Kraut- und Strauchschicht hoch ist. Die Wärmebildkamera-Methode erzielte bei den nächtlichen Begehungen keine Nachweise, hauptsächlich aufgrund des artspezifischen Verhaltens der Haselmaus, die sich meistens in dichtem Unterwuchs aufhält und somit eine Erfassung durch die Wärmebildkamera erschwerte. Im Gegensatz dazu wurde die systematische Spurentunnel-Aktion als geeigneter wahrgenommen, um das Vorkommen der Haselmaus nachzuweisen. Die zusätzlichen Nachweise der Haselmaus im Sihlwald erweitern die Kenntnis der Verbreitung der Art. Mit Blick auf die kürzlich erfolgte Auftrennung der Art in die beiden Haselmausarten *Muscardinus avellanarius* und *M. speciosus* können die Erkenntnisse als Basis für weitere Untersuchungen dienen.

## Inhalt

Zusammenfassung .....	1
1 Einleitung.....	3
2 Material und Methode .....	5
2.1 Untersuchungsgebiet.....	5
2.2 Standortauswahl mit Hilfe einer Nachbarschaftsanalyse .....	6
2.3 Feldaufnahmen.....	7
2.4 Datenanalyse .....	8
3 Resultate.....	9
3.1 Spurentunnel und Vegetation .....	9
3.2 Wärmebildkamera .....	11
4 Diskussion.....	13
4.1 Vorkommen der Haselmaus in unterholzreichen Gebieten des Sihlwalds und angrenzenden Waldflächen. ....	13
4.2 Vegetationsstruktur und Haselmausvorkommen: Zusammenhang und Erklärung.....	13
4.3 Effektivität von Wärmebildkameras bei Transektbegehungen. ....	14
4.4 Fazit .....	15
4.5 Ausblick.....	15
5 Literaturverzeichnis.....	16
6 Abbildungsverzeichnis.....	18
Anhangsverzeichnis.....	20
Anhang A: Protokoll ArcGis Pro 2.9.5 .....	21
Anhang B: Spurenbelege .....	24
Anhang C: Protokoll Feldaufnahmen.....	32
Anhang D: R-Code .....	40
Anhang E: Selbstständigkeitserklärung .....	43

## 1 Einleitung

Die beiden in der Schweiz vorkommenden Haselmausarten (*Muscardinus avellanarius*, Östliche Haselmaus & *M. speciosus*, Westliche Haselmaus) (Ruedi et al., 2023) gehören zur Familie der Schläfer (*Gliridae*). Das Verbreitungsgebiet der beiden Arten scheint sich nach bisherigen Erkenntnissen kaum zu überschneiden. Für den genauen Grenzverlauf der Verbreitungsgebiete innerhalb der Schweiz, sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig (Naturmuseum St.Gallen, 2023). Das Vorkommen erstreckt sich vom Mittelland, über die grossen Flusstäler bis in die subalpine Stufe (2000 m ü.M.) (Torriani & Blant, 2021). Beide bewohnen Wälder mit artenreichem, zusammenhängendem, dichtem Unterwuchs und einem geringeren Anteil an Hochwald (über 10m Höhe; Goodwin, Hodgson, et al., 2018; Klarica et al., 2017). Die Nähe zu Waldrändern wird bevorzugt, da dort durch die stärkere Sonneneinstrahlung die Fruchtbildung und das Ausblühen gefördert wird, was wiederum Nahrung für die Schläfer bietet (Goodwin, Hodgson, et al., 2018; Ramakers et al., 2014). Die Haselmäuse ernähren sich von Nüssen, Beeren, Früchten, Knospen und teilweise durch Insekten (Torriani & Blant, 2021). Während der sommerlichen Aktivitätsperiode (Mai bis Ende Oktober) bewegt sich die Haselmaus ausschliesslich in der Strauchschicht zwischen 1-5 m über Boden. Nur zur Überwinterung sucht sie sich ein Quartier am Boden (z.B. in Laubstreu und Erdlöcher; Torriani & Blant, 2021). Dies, da es am Boden besser gelingt eine konstant niedrige Körpertemperatur aufrecht zu erhalten (Juškaitis & Büchner, 2010).

Gemäss der Roten Liste der gefährdeten Arten der IUCN wird der Erhaltungszustand der Haselmaus in Europa als "gering gefährdet" (least concern; LC) eingestuft (Hutterer et al., 2021). In Bezug auf die Schweiz wird die Haselmaus als «verletzlich» (vulnerable; VU) eingeordnet (Capt, 2022). Zusätzlich ist die Haselmaus nach der Berner Konvention geschützt (Anhang III). Kenntnisse über ihre Verbreitung und Lebensweise sind entscheidend für die Festlegung von Schutzstrategien (Melcore et al., 2020). In ihrem natürlichen Lebensraum ist die Haselmaus aufgrund ihres unauffälligen Verhaltens und ihrer Nachtaktivität nur schwer zu beobachten (Torriani & Blant, 2021). Gemeldete Nachweise, die Aufschluss über die Verbreitung liefern, beruhen im Kanton Zürich ab dem Jahr 2002, meist nur auf Zufallsfunden (CSCF, 2023), wie z.B. in Vogelnistkästen. Das Fehlen von grundlegenden Informationen kann Schutzbemühungen erschweren. Daher werden Methoden benötigt, die die Erfassung von Haselmäusen erleichtern. Um die Verbreitung der Haselmaus gezielter erfassen zu können, wird die Spurentunnelmethode im Vergleich zu anderen konventionellen Methoden (d.h. Nistkästen und Niströhren) als am besten geeignet erachtet (Melcore et al., 2020). Bei der Spurentunnelmethode hinterlässt das Tier Trittspuren, wenn es über die Tinte und das Papier läuft. Anhand dieser Spuren kann die Art bestimmt werden. Eine weitere Möglichkeit, um endotherme Wildtiere nachzuweisen, ist die Methode der handgeführten Wärmebildkamera. Die Wärmebildkamera nutzt emittierte Wärme (Infrarotstrahlung) anstelle von sichtbarem Licht zur Bilderzeugung. Dadurch ist eine genaue Sicht auch dann möglich, wenn die Dunkelheit die normale Sicht verhindert (Havens & Sharp, 2016). Die Wärmebildtechnik wurde in den späten 1960er Jahre erstmals zur Untersuchung von Weisswedelhirschen (*Odocoileus virginianus*) eingesetzt (Croon et al., 1968). Seither wurde die Methode zur Erkennung, Beobachtung und Überwachung verschiedener Säugetiere und Vögel angewendet (Karp, 2020; Mcgregor et al., 2021; Payne et al., 2022).

In einer Spurenfallenaktion kombiniert mit dem Begehen von Transekten mit Hilfe der handgeführten Wärmebildkamera wird systematisch das Vorkommen der Haselmaus im Wildnispark Zürich und angrenzenden Waldgebieten untersucht.

Konkret sollten damit folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie regelmässig ist das Vorkommen von Haselmäusen in unterholzreichen Flächen im Sihlwald und den anliegenden Waldflächen?
- Inwiefern erklären die Struktur und Zusammensetzung der Vegetation, ob die Haselmaus vorkommt oder nicht.
- Sind Transektbegehungen mit einer Wärmebildkamera eine geeignete Methode, um Haselmäuse nachzuweisen?

## 2 Material und Methode

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befand sich zum einen im Naturerlebnispark Wildnispark Sihlwald im Kanton Zürich (vgl. Abb. 1), zum anderen in den anliegenden bewirtschafteten Waldgebieten (Landforst und Mittelalbis). Der Sihlwald gilt als grösster zusammenhängender Buchenmischwald im Schweizer Mittelland und wird seit dem Jahr 2000 nicht mehr forstwirtschaftlich genutzt (Liverbardon et al., 2018). Mit seinen zwei Teilgebieten, Sihlwald und Langenberg, umfasst der gesamte Wald rund 12 km<sup>2</sup>. Innerhalb des Untersuchungsgebiets wurden 10 Transekte ausgeschieden (vgl. Abb. 1). Die Transekte 1-3 und 8-10 liegen im Sihlwald die Transekte 4-7 liegen ausserhalb des Sihlwalds und werden bewirtschaftet. Das Gebiet liegt in der niedermontanen Zone und der Wald wird von Buchenwaldgesellschaften dominiert. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8 bis 9 °C und der mittlere Jahresniederschlag bei 1300 bis 1500 mm (Meteo Schweiz, o. J.). Die Verbreitungsgrenzen der beiden Haselmausarten innerhalb der Schweiz sind noch nicht genau definiert (Naturmuseum St.Gallen, 2023). Eine Bestimmung auf Artniveau ist nur mittels DNA-Analyse möglich (Ruedi et al., 2023). In dieser Arbeit wird der Artbegriff «Haselmaus» verwendet, ohne Kenntnis, um welche der beiden Arten es sich handelt.



**Abbildung 1:** Untersuchungsgebiet im Sihlwald (Grenze WPZ) und den anliegenden Waldflächen sowie die eingezeichneten Transekte.

## 2.2 Standortauswahl mit Hilfe einer Nachbarschaftsanalyse

Um im Untersuchungsgebiet die Flächen zu identifizieren, welche den Lebensraumsprüchen der Haselmaus am ehesten Entsprechen, wurde der Fokus auf den Anteil Unterwuchs gelegt. Um einen Layer zu erstellen, welcher den Anteil an Unterwuchs in der Waldstruktur wiedergibt, wurde zur Grundlage für die Berechnung das digitale Oberflächenmodell und das digitale Terrainmodell in einer Auflösung von 0.5 m verwendet. Das digitale Oberflächenmodell wurde mittels hochauflösendem Laserscanning (LIDAR, Light detection and ranging; durchschnittliche Punktdichte zwischen 16 Pkt./m<sup>2</sup>) erstellt. Die verwendeten Modelle stammen aus der letzten Befliegung in den Jahren 2021/2022. Das digitale Oberflächenmodell bildet alle beständigen und sichtbaren Landschaftselemente wie Boden, Bewuchs, Wälder, Hochbauten und weiter Kunstbauten ab, während das digitale Terrainmodell die Erdoberfläche am Boden darstellt. Für jede Rasterzelle von 25x25 m wurde der Anteil der Vegetation in der Strauchschicht zwischen 0.5 - 3 m nach der Methode Ewald et al. (2014) berechnet. Anschliessend wurde mit diesem neu berechneten Layer («Unterwuchs») eine Nachbarschaftsanalyse (vgl. Anhang A, Protokoll ArcGIS pro2.9.5) durchgeführt, um die Bereiche zu identifizieren, in denen am meisten Unterwuchs vorhanden ist. Dazu wurde das Werkzeug «focal statistics» in ArcGIS pro verwendet. Das Tool berechnete für jede Rasterzelle einen Mittelwert basierend auf den Informationen innerhalb des definierten Umkreises. Als Form für die Nachbarschaft wurde einen Kreis mit einem Radius von 4 Zellen ausgewählt und als Einheit die Zellen mit 25x25 m festgelegt. Somit wurde der Durchschnitt des Unterwuchsanteils in einem Umkreis von 100 m<sup>2</sup> für jede Rasterzelle berechnet und ein neuer Layer mit den berechneten Werten erzeugt. Die berechneten Daten wurden anschliessend in 5 verschiedene Wertebereiche (0.1 - 0.2, 0.3, 0.4 - 0.5, 0.6 - 0.7, 0.8) eingeteilt und jeweils einer Farbe zugeordnet (vgl. Anhang A, Protokoll ArcGIS pro2.9.5). Auf Grund der Ausgabe der Nachbarschaftsanalyse wurden die Transekte dort eingezeichnet, wo der Mittelwert der Zellen möglichst hoch war; sprich der Unterwuchsanteil hoch. Insgesamt wurden 14 Transekte eingezeichnet, wovon 4 als Reserve gedacht waren. Die Reserven Transekte dienten als ausweiche Option falls vor Ort bemerkt wurde, dass der Standort nicht den Lebensraumsprüchen der Haselmaus entsprach (z.B. nur Buchenverjüngung). Fünf der Transekte lagen am Waldrand, die anderen fünf waren im Waldinnern.

### 2.3 Feldaufnahmen

Im Zeitraum vom 31.07 – 12.09.2023 (6 Wochen) wurden 10 Transekte à 200 m untersucht. Ein Transekt bestand aus 10 Untersuchungsstellen im Abstand von rund 20 m, an denen jeweils ein faltbares, aus Hohlkammerplatten gestanztes Spurentunnel (40cm x 7cm x 7cm) (Dietrich, 2023) angebracht wurde. Dies entspricht 100 Spurentunnel, welche auf einer Höhe von ca. 1 – 3 m in der Strauchschicht installiert wurden (vgl. Abb. 2).



**Abbildung 2:** Installiertes und beschriftetes Spurentunnel (eigene Aufnahme).

Für die Anwendung im Feld wurde das Einlagebrettchen des Spurentunnels in der Mitte zweimal mit 10 cm breitem, durchsichtigem Klebeband umwickelt. Auf diesem Streifen wurde die Tinte, welche aus Grafit und Paraffin zusammengesetzt ist, mit einem kleinen Farbroller aufgetragen. Auf beiden Seiten des Tintenstreifens wurde normales Druckerpapier mit Büroklammern befestigt. Beim Installieren der Spurentunnel wurde die Koordinate (vgl. Anhang C, Daten) der Untersuchungsstelle mit einer Genauigkeit von im Mittel  $\pm 6.5$  m aufgenommen sowie die Spurentunnel jeweils mit der Transektnummer (1-10) und der Untersuchungsstellennummer (1-10) beschriftet. Die Spurentunnel wurden alle zwei Wochen kontrolliert. Bei der Kontrolle wurden die Tinte neu aufgetragen, die Spurenblätter ausgewechselt und im Protokoll dokumentiert. Die Trittsiegel auf den Spurenblättern wurden zu Hause bestimmt (vgl. 2.4 Datenauswertung).

Am 11-12.09.2023 wurde einmalig die Vegetation bei jeder Probenahmestelle in einem Radius von 5 m um das Spurentunnel aufgenommen. Für die Kraut-, Strauch- und Baumschicht wurden die drei häufigsten Arten bestimmt und der Deckungsgrad in Prozent geschätzt. Arten mit einer Wuchshöhe bis 0,5 m wurden zur Krautschicht, Arten mit einer Wuchshöhe bis 5 m zur Strauchschicht und Arten mit einer höheren Wuchshöhe zur Baumschicht gezählt. Zudem wurde die Anzahl der Sträucher, die für die Haselmaus geeignete Nahrung bieten, erfasst. Nach Juškaitis & Büchner (2010), Juškaitis (2008) wurden die folgenden Pflanzenarten als relevant erachtet: *Alnus sp.*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, *Cornus mas*, *Crataegus sp.*, *Euonymus europaeus*, *Frangula alnus*, *Ligustrum vulgare*,

*Lonicera xylosteum*, *Picea abies*, *Prunus avium*, *Prunus spinosa*, *Rubus sp.*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum sp.*.

Ab der zweiten Kontrolle aller Spurentunnel wurde die Methode der handgeführten Wärmebildkamera zusätzlich einmal wöchentlich angewendet. Dafür wurde der Transekt 1, welcher Spurennachweise von Haselmäusen aufwies, mithilfe einer Wärmebildkamera (Pulsar Helion 2 XP50 Pro) in der Nacht zwischen 21:00 - 23:00 Uhr zu Fuss abgesucht. Wurde ein Tier gesichtet, dessen Grösse, der einer Haselmaus entsprach, erfolgte eine Annäherung und schliesslich eine Beleuchtung, die zur Identifizierung erforderlich war. Die Sichtung von Kleinsäugetieren wurde, wenn möglich mit der Wärmebildkamera aufgezeichnet.

## 2.4 Datenanalyse

Die Trittsiegel auf den Spurenblättern (vgl. Anhang B, Spurenbelege) wurden mit zwei unterschiedlichen Bestimmungshilfen (Bundesforst at, o. J.; Pro Bilche, 2020) bestimmt. Die Trittsiegel der Haselmaus wurden auf Gattungsniveau bestimmt, die der Siebenschläfer auf Artniveau. Weitere Mausspuren wurden der Überfamilie Mäuseartige (Muroidea) zugeordnet. Spuren von Spitzmäusen (*Soricidae*) und Vögeln wurden nicht genauer bestimmt. Für die Bestimmung wurden die Trittsiegel mit der 1:1 Vorlage abgeglichen und auf die relevanten Merkmale geprüft. Für die Identifikation eines Trittsiegels der Haselmaus waren die Grösse (weniger als 1 cm.; Unterschied zum Siebenschläfer) und das Aussehen (die inneren Pfotenabdrücke bilden kleine Dreiecke) relevant (Bundesforst at, o. J.; Pro Bilche, 2020).

Die erhobenen Daten wurden mithilfe von Microsoft Excel verwaltet. Zur statistischen Analyse wurde RStudio (Version 4.2.0) verwendet.

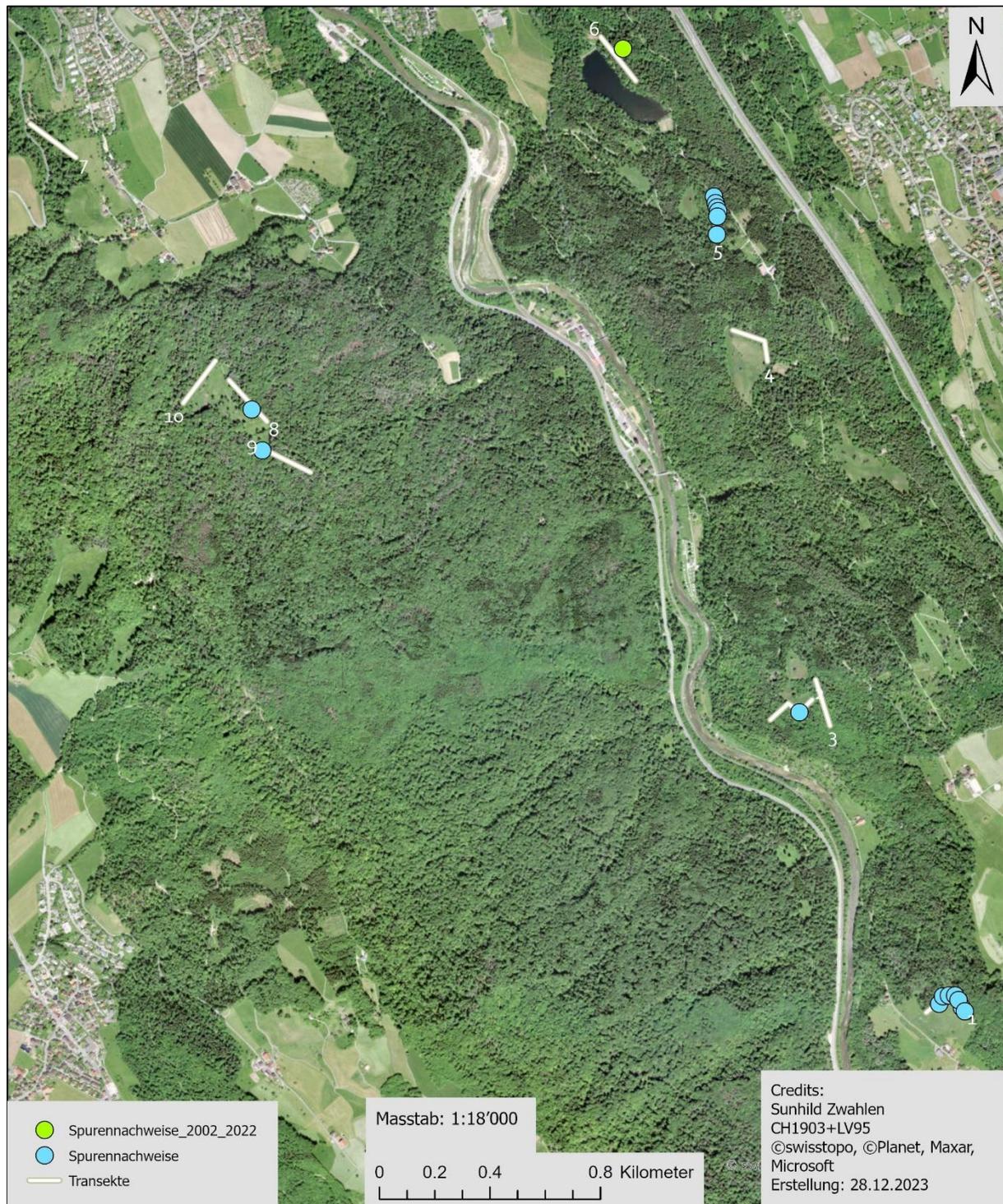
Da der Anteil der Haselmäuse in Absenz im Vergleich zu den präsenten Haselmäusen deutlich höher war (vgl. Anhang C, Daten) wurde geprüft, ob die logistische Regression mit einem durch «down sampling» angepassten Datensatz durchgeführt werden sollte. Für das «down sampling» wurden 100 Wiederholungen durchgeführt. In jeder Wiederholung wurde eine zufällige (i) Stichprobe von Haselmäusen in Absenz ausgewählt, um die gleiche Anzahl Haselmäuse in Absenz wie in Präsenz zu haben. Es wurde ein multivariates Modell gerechnet. Für jede Stichprobe wurde eine logistische Regression durchgeführt, wobei die Variable «Haselmaus» die abhängige Variable und die Deckungsgrade der Kraut- Strauch- und Baumschicht als unabhängige Variablen verwendet wurden. Die unabhängige Variable «relevanter Pflanzenarten» wurde aus dem Model entfernt, da der AIC-Wert mit dieser Variable deutlich höher war. Die Zusammenfassung der Ergebnisse der logistischen Regression sowie die Vorhersagen des Modelles wurde für jede Wiederholung gespeichert. Da die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalyse mit dem Down-Sampling Datensatz den Ergebnissen des unmodifizierten Datensatz übereinstimmten, wurde die logistische Regressionsanalyse für den Resultatenteil dieser Arbeit mit dem unveränderten Datensatz durchgeführt. Es wurden zwei logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Zum einen mit den unabhängigen Variablen der Deckungsgrade zum andern mit der unabhängigen Variable der Anzahl relevanter Pflanzenarten. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 5\%$  festgelegt.

Die Resultate wurden mithilfe von Streudiagrammen visualisiert (ggplot2). Bei den Streudiagrammen wurden die Vorhersagen des Modelles für jede unabhängige Variable einzeln dargestellt und eine logistische Regressionskurve eingezeichnet. Im Streudiagramm, das die Vorhersagen für die Anzahl der relevanten Pflanzenarten in Bezug auf das Vorkommen der Haselmaus darstellt, wurde zusätzlich die Funktion «noisy predictions» verwendet. Diese Visualisierungsmethode wurde verwendet, um zu zeigen, dass die tatsächliche Vorhersage in einem bestimmten Bereich liegen kann und nicht genau bei den vorhergesagten Werten.

### 3 Resultate

#### 3.1 Spurentunnel und Vegetation

In der Hälfte der untersuchten Transekte wurden in mindestens einem oder mehreren Spurentunneln Haselmäuse nachgewiesen. Insgesamt wurde in 16 von 100 Spurentunneln Trittsiegel von Haselmäusen gefunden (vgl. Abb. 3). Siebenschläfer wurden in sechs Transekten nachgewiesen. Diese verteilten sich auf insgesamt 17 Spurentunnel.



**Abbildung 3:** Alte (2002 – 2022) und neue Spurennachweise der Haselmaus im Untersuchungsgebiet Sihlwald.

**Tabelle 1:** Spurennachweise der Haselmaus und des Siebenschläfers pro Kontrollgang und Transekt. Kontrolle 1 fand am 14.08.2023 und 15.08.2023 statt, Kontrolle 2 am 28.08.2023 und 29.08.2023 und Kontrolle 3 am 11.09.2023 und 12.09.2023.

Transekt	Kontrolle 1		Kontrolle 2		Kontrolle 3	
	Haselmaus	Siebenschläfer	Haselmaus	Siebenschläfer	Haselmaus	Siebenschläfer
1	0	0	4	1	7	0
2	0	1	0	3	1	2
3	0	2	0	4	0	3
4	0	3	0	6	0	7
5	0	0	0	1	6	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	0	1
<b>Summe:</b>	<b><u>0</u></b>	<b><u>6</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>15</u></b>	<b><u>16</u></b>	<b><u>13</u></b>

Bei den drei Kontrollen im Abstand von jeweils zwei Wochen konnten bei der ersten Kontrolle in keinem, bei der zweiten in vier und bei dem letzten Kontrollgang in sechzehn Spurentunneln Haselmausnachweise festgestellt werden (vgl. Tab. 1). Bei den Siebenschläfern konnte beim ersten Kontrollgang sechs, beim zweiten vierzehn und bei der letzten Kontrolle in dreizehn Spurentunneln Spuren von Siebenschläfern nachgewiesen werden (vgl. Tab. 1). Weitere Arten, die mit den Spurentunneln erfasst wurden, waren Waldmäuse (*Apodemus sp.*), Spitzmäuse (*Soricidae*), Vögel und Insekten (vgl. Anhang B, Spurenebelege).

Bei 12 von 16 Standorten, wo Spuren von Haselmäusen nachgewiesen wurden, war die blaue Brombeere (*Rubus caesius*) die dominanteste Art in der Krautschicht. Bei den übrigen vier Standorten mit Haselmausnachweisen war die Krautschicht von Riesen-Schachtelhalm (*Equisetum telmateia*) oder Süßgräsern (*Poa sp.*) dominiert. Im Schnitt betrug der Deckungsgrad der Krautschicht 77%. In der Strauchschicht waren Hasel (*Corylus avellana*) und Faulbaum (*Frangula alnus*) die häufigsten Arten mit einem mittleren Deckungsgrad von 57%. In der Baumschicht lag der durchschnittliche Deckungsgrad bei 38% und die häufigste Baumart war die Rotbuche (*Fagus sylvatica*). In drei der fünf untersuchten Transekte am Waldrand wurden Spurennachweise der Haselmaus gefunden, wobei der Transekt 1 über alle drei Kontrollen hinweg die meisten Spurennachweise aufwies (vgl. Tab. 1). Bei den Transekten die im Waldinneren waren, wurde bei zwei von fünf Transekten ein Spuren der Haselmaus festgestellt (vgl. Abb. 3).

Die logistische Regression zeigte, dass zwischen dem Vorhandensein von Spuren der Haselmaus und der Anzahl an relevanten Pflanzenarten ein statistisch signifikanter Zusammenhang (p-Wert 0.042 \*) besteht. Das Vorkommen der Haselmaus nimmt mit der Anzahl nahrungsrelevanter Pflanzen Arten zu (Abb. 4). Die Streuung der Datenpunkte um die logistische Regressionskurve ist bei geringeren Anzahlen von relevanten Pflanzenarten deutlich grösser (vgl. Abb. 4, S. 12).

Des Weiteren wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Haselmaus und dem Deckungsgrad der Krautschicht festgestellt (logistische Regression, p-Wert 0.001 \*\*). Wie in der Abbildung 5 ersichtlich ist, steigt die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmausvorkommens mit zunehmendem Deckungsgrad der Krautschicht. Ab einem Deckungsgrad von 50% nimmt die Streuung der Datenpunkte um die logistische Regressionskurve zu.

Im Gegensatz dazu wurde kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Spuren der Haselmaus und dem Deckungsgrad der Strauchschicht (logistische Regression, p-Wert 0.096) festgestellt. Die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmausvorkommens nimmt mit einem höheren Deckungsgrad der Strauchschicht zu. Die Streuung um die logistische Regressionskurve ist relativ gross (vgl. Abb. 6, S. 12).

Auch der Deckungsgrad der Baumschicht steht in keinem statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Vorkommen der Haselmaus (logistische Regression, p-Wert 0.672). Wie in der Abbildung 7 ersichtlich, nimmt bei einer höheren Deckung der Baumschicht die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit ab. Die Streuung der Datenpunkte um die logistische Regressionskurve ist gross, wobei die Streuung zwischen 50 - 60% Deckung am grössten ausfällt.

Das Modell der logistischen Regression, welches die Deckungsgrade der Kraut- Strauch- und Baumschicht als unabhängige Variablen und die Haselmaus als abhängige Variable berücksichtigt, weist einen AUC von 0.841 auf.

### **3.2 Wärmebildkamera**

Mit Hilfe der Wärmebildkamera konnte bei den drei nächtlichen Begehungen des Transektes 1 kein klar identifizierbarer Nachweis für das Vorkommen der Haselmaus erbracht werden. Es wurden bei jeder Begehung mindestens eine oder bis zu vier Kleinsäugetiere gesichtet. Es war jedoch nicht möglich, genügend gute Aufnahmen zu generieren oder nahe genug hinzukommen, damit eine Beleuchtung effektiv genug war. Weitere angetroffene Arten während der Begehung waren Rehe (> 27), Füchse (2), Amseln (2), Mönchsgrasmücke (1), Rotkehlchen (2) und weitere nicht identifizierbare Vogelarten. Bei allen durchgeführten Begehungen war der Wärmekontrast zwischen Ziel und Hintergrund genügend gross.

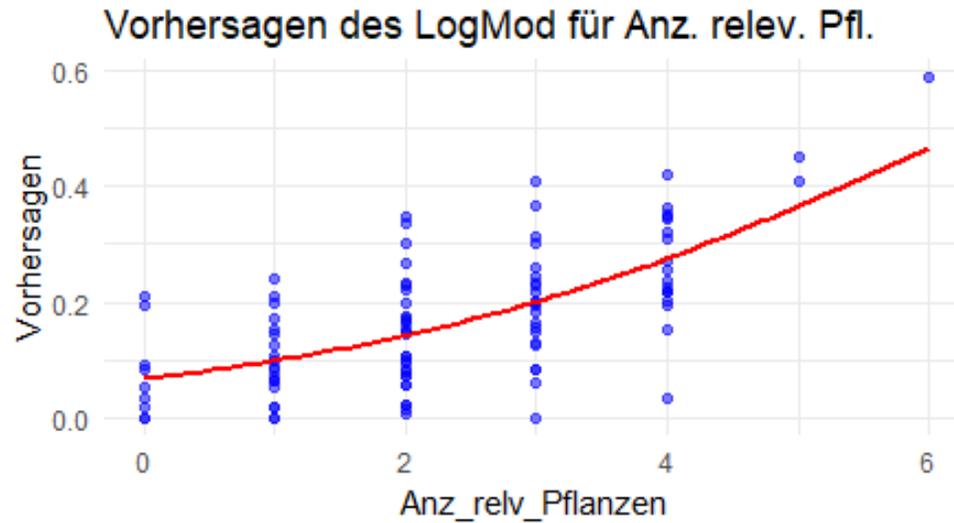


Abbildung 4: Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf die Anzahl nahrungsrelevanter Pflanzenarten.

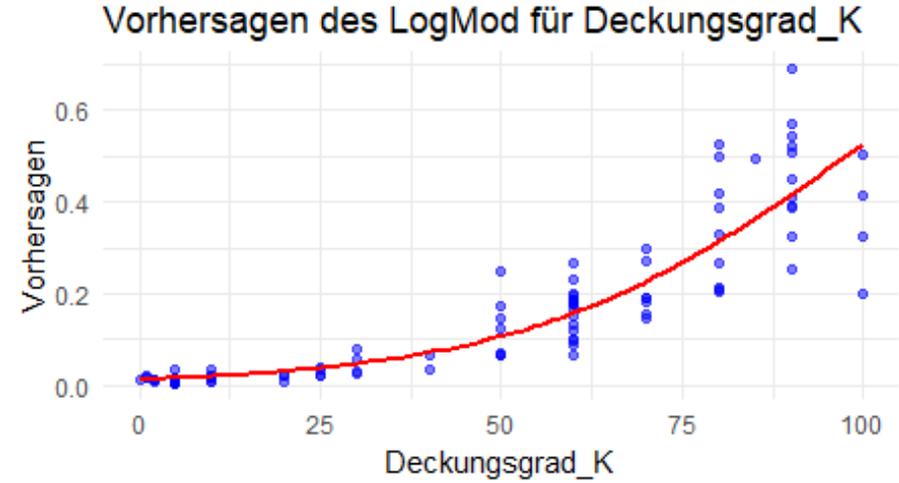


Abbildung 5: Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Krautschicht [%].

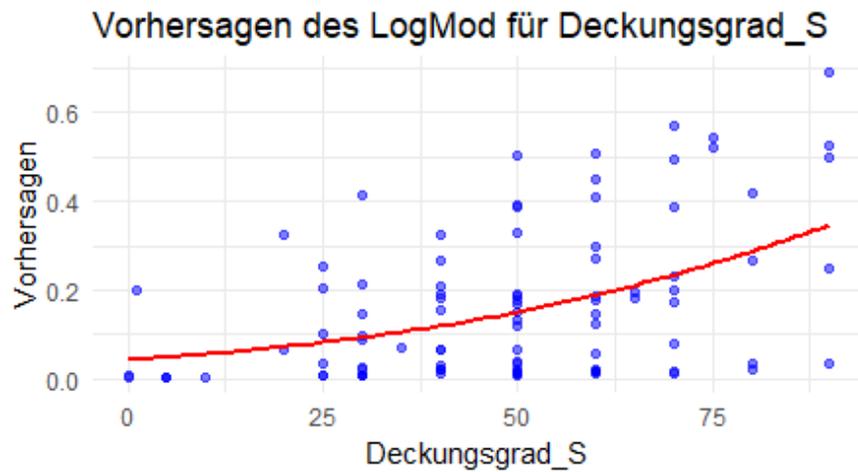


Abbildung 6: Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Strauchschicht [%].

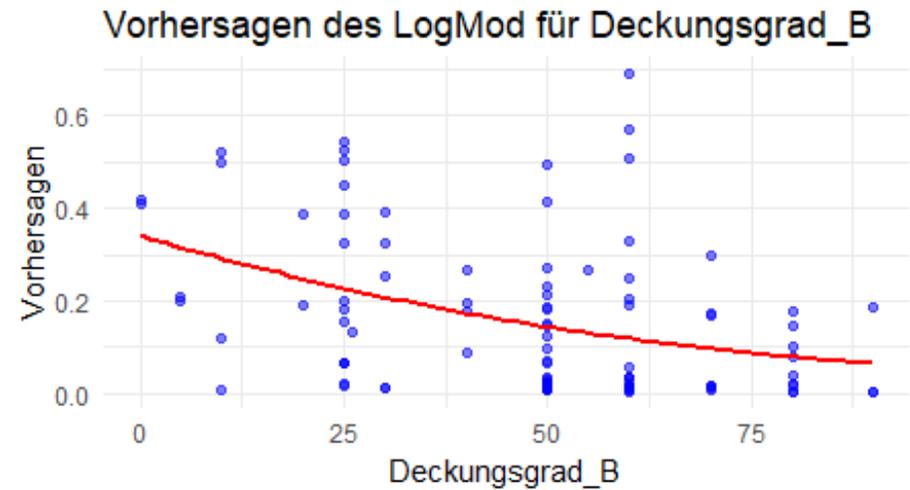


Abbildung 7: Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Baumschicht [%].

## 4 Diskussion

### 4.1 Vorkommen der Haselmaus in unterholzreichen Gebieten des Sihlwalds und angrenzenden Waldflächen

In einem Untersuchungszeitraum von sechs Wochen konnten im Untersuchungsgebiet in 16% der Spurentunneln Haselmausspuren nachgewiesen werden. Diese waren verteilt auf die Hälfte der untersuchten Transekte. Siebenschläfer konnten in 17% der Spurentunneln nachgewiesen werden, verteilt auf sechs von zehn Transekten. Im Vergleich dazu konnte bei der Erfolgskontrolle in Töss (ZH) im Gebiet Bannhalden mit einem Einsatz von 80 Spurentunneln in den Jahren 2014 in 25% der Tunnel Haselmausspuren festgestellt werden. In den Jahren 2017 und 2020 wiesen 7% der Spurentunnel Haselmausabdrücke auf (Wülflingen-Veltheim, 2020). Bei dem Siebenschläfer war die Aktivität im Herbst 2020 mit durchschnittlich 47,5% Spurennachweise sehr hoch. In den Jahren 2014 und 2017 wurden in 7% der Tunnel Spuren des Siebenschläfers festgestellt (Wülflingen-Veltheim, 2020). Verglichen mit den Daten aus dem Gebiet Bannhalden, weist das Untersuchungsgebiet im Mittel eine gute Nachweisdichte von Haselmaus und Siebenschläfer auf.

Spuren des Siebenschläfers konnten bereits bei der ersten Kontrolle festgestellt werden. Im Gegensatz zu der Haselmaus, bei welcher die Spurenbelege im Laufe der Zeit anstiegen. Ein möglicher Grund für das anfängliche Meiden der Spurentunnel könnte sein, dass die verwendeten Spurentunnel neu waren und einen für die Haselmaus fremden Geruch aufwiesen. Haselmäuse wagen sich im Vergleich zum Siebenschläfer nur selten in menschliche Behausungen (Torriani & Blant, 2021). Diese unterschiedlichen Präferenzen könnten auf eine unterschiedliche Toleranz gegenüber menschlichen Strukturen hinweisen.

Häufig waren die Haselmausspuren in benachbarten Spurentunnel (ca. 20m Abstand) ebenfalls anzutreffen. Es ist möglich, dass die Spuren von demselben Individuum kommen, da die nächtliche Entfernung zu den vorhergehenden Ruheplätzen bei der Haselmaus im Mittel etwa 46m beträgt (Goodwin, Hodgson, et al., 2018). Aussagen über die Populationsdichte der Haselmaus im Untersuchungsgebiet können deshalb nicht gemacht werden.

Mit Hilfe der Nachbarschaftsanalyse in ArcGis pro war es möglich, die Fläche im Untersuchungsgebiet zu ermitteln, die einen hohen Anteil an Unterwuchs aufweisen. Diese ausgeschieden Flächen waren entscheidend für die Standortwahl der Transekte. Die Nachbarschaftsanalyse zur Auswahl der Transektstandorte hat sich bewährt. Die Transekte 1-5, 7, 8 und 10 wiesen einen überwiegend dichten und vielseitigen Unterwuchs auf. Auch bei den Transekten 6 und 9 gab es Unterwuchs, jedoch war dieser abschnittsweise nur aus Baumverjüngung wie z.B. Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) oder Fichte (*Picea abies*) bestehend. Dennoch konnte beim Standort 9.10 ein Spurenbeleg der Haselmaus gemacht werden. In der Nähe des Transekts 6 wurde im Jahr 2022 eine Haselmaus gesichtet (CSCF, 2023), jedoch konnte dort während der Spurenerhebung in dieser Arbeit kein Nachweis erbracht werden.

### 4.2 Vegetationsstruktur und Haselmausvorkommen: Zusammenhang und Erklärung

Das Vorkommen der Haselmaus wird durch verschiedene Vegetationselemente beeinflusst. So konnte gezeigt werden, dass das Vorkommen der Haselmaus mit der Anzahl an nahrungsrelevanten Pflanzenarten signifikant zunimmt. Dieses Ergebnis wird auch durch die Untersuchung von Resch et al. (2021) gestützt, da auch dort nachgewiesen werden konnte, dass die Anzahl der besetzten Niströhren mit einer zunehmenden Diversität der Nahrungspflanzen zunimmt. Da die Haselmaus keine Vorräte anlegt, ist sie stark vom Zeitpunkt des Nahrungsangebots abhängig (Juškaitis, 2008). Da verschiedene

Pflanzenarten zu unterschiedlichen Jahreszeiten blühen und fruchten, ist die positive Korrelation zwischen dem Haselmausvorkommen und der Anzahl nahrungsrelevanter Pflanzenarten biologisch durchaus sinnvoll. Weiter wurde festgestellt, dass einen höherer Deckungsgrad der Krautschicht mit einer signifikant höheren Nachweiswahrscheinlichkeit der Haselmaus verbunden ist. Die dominanteste Pflanzenart in der Krautschicht, welche bei 75% der Nachweisstandorte vorhanden war, ist die blaue Brombeere (*Rubus caesius*). Der Lebensraum mit Brombeergestrüpp ist für die Populationsstabilität wichtig (Goodwin, Suggitt, et al., 2018; Wipfler, 2020), da die Brombeere als Schutz (Delarze et al., 2015) und Nahrungspflanze dient (Juškaitis & Büchner, 2010). Es zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Haselmaus und dem Deckungsgrad der Strauchschicht. Da sich die Haselmaus während der sommerlichen Aktivitätsperiode (Mai bis Ende Oktober) mehrheitlich in der Strauchschicht zwischen 1-5m über Boden bewegt (Torriani & Blant, 2021) ist die Konnektivität der Äste bzw. der Deckungsgrad wichtig, da dadurch die Bewegung und Nahrungssuche erleichtert wird (Bright & Morris, 1996; Mortensen et al., 2022; Resch et al., 2021). Bei der Baumschicht besteht ein schwacher negativer Zusammenhang. So nimmt die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmausvorkommens bei höheren Deckungsgraden der Baumschicht tendenziell ab. Diese Beobachtung wird durch andere Studien unterstützt, die zeigen, dass Haselmäuse einen niedrigeren Anteil an Hochwald und geringere Variation der Baumkronenschicht bevorzugen (Goodwin, Hodgson, et al., 2018; Resch et al., 2021).

So zeigen die Ergebnisse in Übereinstimmung mit Resch et al. 2021 sowie Mortensen et al (2022), dass Haselmäuse Standorte mit einer hohen Vielfalt an potenziellen Nahrungsressourcen und einem lichten Kronendach bevorzugen, wo der Strauch- und Krautbewuchs Anteil hoch ist.

### **4.3 Effektivität von Wärmebildkameras bei Transektbegehungen**

Mit der handgeführten Wärmebildkamera konnten bei den drei nächtlichen Begehungen keine klar identifizierbaren Nachweise erzielt werden. Die Wärmebildtechnik ist geeignet für das Erfassen von nachtaktiven Arten (Austin et al., 2016; Mitchell & Clarke, 2019) jedoch abhängig vom Lebensraum (Karp, 2020). Da sich die Haselmaus bevorzugt in dichter Vegetation aufhält, war eine ungehinderte Sicht auf das Ziel nicht möglich. Wärmebildgeräte zeigen zwar die abgestrahlte Wärme an, sind aber nicht in der Lage, Ziele hinter Hindernissen zu erkennen, die von der Wärme nicht durchdrungen werden können (Havens & Sharp, 2016). Das Hauptproblem bei der Erkennung von Kleintieren mittels Wärmebildtechnik ist daher die Verdeckung des Ziels durch die Vegetation (Austin et al., 2016; Galligan et al., 2003; Karp, 2020) . Je nach Höhe und Dichte der Vegetation waren nur sehr kleine Teile eines Tiers sichtbar oder, je nach Blickwinkel sogar gar nichts auf dem Wärmebild zu erkennen.

Die Wärmebildtechnik ist bei Kleintieren nicht immer zur Artenbestimmung ausreichend, es sei denn, die Zielart ist in Grösse, Form oder Verhalten sehr charakteristisch und kann nicht mit anderen im Gebiet vorkommenden Arten verwechselt werden (Havens & Sharp, 2016). Bei den verdächtigen Wärmesignaturen wurde daher versucht, für die Identifizierung sich dem Tier anzunähern und mit einer Stirnlampe anzuleuchten. Die Beleuchtung wurde jedoch durch das dichte Blattwerk erschwert. Aus diesem Grund konnte trotz Annäherung und Beleuchtung keine klare Identifikation erfolgen.

Andere im Gebiet vorkommende Arten, die im Wärmebild mit der Haselmaus verwechselt werden können, sind die Waldmaus (*Apodemus sp.*) und der Siebenschläfer (*Glis glis*). Der Grössenunterschied zwischen dem Siebenschläfer (Kopf-Rumpf-Länge 13-18cm) und der Haselmaus (Kopf-Rumpf-Länge 6.5 -9.1cm) ist der entscheidende Faktor, um eine Verwechslung zu vermeiden. Im Verhalten unterscheidet sich die Haselmaus von der Waldmaus dadurch, dass sie durch Beleuchtung im Gebüsch sitzen bleibt, während die Waldmäuse rasch flüchten (pers. Mitteilung, Irene Weinberger 2023). Dieses Verhalten konnte bei den durchgeführten Begehungen jedoch nicht beobachtet werden. Generell

erfordert der Einsatz der handgeführten Wärmebildkamera in dicht bewachsenen Gebieten viel praktische Erfahrung.

Für eine erfolgreiche Erkennung mit der Wärmebildtechnik ist ein ausreichender thermische Kontrast zwischen Ziel und Hintergrund erforderlich (Havens & Sharp, 2016). Der Wärmebildkontrast war bei allen drei nächtlichen Begehungen ausreichend. So konnten kleine Arten, z.B. Rotkehlchen, auch bei relativ hohen Umgebungstemperaturen gut erkannt werden. Dass kleine Singvögel, im Vergleich zu den Mäusen, besser bestimmt werden konnten, lag an der ruhenden Haltung der Vögel, die eine Annäherung und Beleuchtung besser erlaubte.

#### **4.4 Fazit**

Eine systematische Spurentunnel-Aktion eignet sich, um das Vorkommen der Haselmaus nachzuweisen. Im Gegensatz dazu wurde die Wärmebildkameramethode als weniger geeignet wahrgenommen. Grund dafür ist, dass durch die hohe Vegetationsdichte und die fehlende praktische Erfahrung, eine klare Identifikation einer Haselmaus ausblieb.

Es wurde festgestellt, dass Haselmäuse einen Standort mit einer hohen Vielfalt an möglichen Nahrungsquellen und einem lichten Kronenschluss bevorzugen, wo der Deckungsgrad der Kraut- und Strauchschicht hoch ist.

#### **4.5 Ausblick**

Die Kenntnisse über das Vorkommen und die Standorte der Haselmaus im Untersuchungsgebiet sind von Interesse, da sie dazu beitragen die Verbreitung besser zu kennen, was wiederum entscheidend für die Festlegung von Schutzstrategien ist. Dies ermöglicht zudem weitere gezielte Untersuchungen, welche vor allem in Hinblick auf die Verbreitung der beiden Haselmausarten (*Muscardinus avellanarius* & *M. speciosus*) wertvolle Erkenntnisse liefern könnten.

Im jetzigen Zustand kann der Sihlwald als Gesamtgebiet nicht als durchgehend geeignet für die Haselmaus angesehen werden. Da er seit dem Jahr 2000 nicht mehr bewirtschaftet wird, ist jedoch davon auszugehen, dass durch die natürliche Walddynamik wieder Lebensräume für die Haselmäuse entstehen werden. Durch den Ausfall von kranken und alten Bäumen wird das Kronendach auf natürliche Weise aufgelichtet und lässt so eine dichte Kraut- und Strauchschicht zu. Zukünftige Untersuchungen könnten wichtige Erkenntnisse über die potenzielle Entwicklung von Lebensräumen in unbewirtschafteten Waldgebieten aufzeigen.

## 5 Literaturverzeichnis

- Austin, V. I., Ribot, R. F. H., & Bennett, A. T. D. (2016). If waterbirds are nocturnal are we conserving the right habitats? *Emu - Austral Ornithology*, 116(4), 423–427.  
<https://doi.org/10.1071/MU15106>
- Bright, P. W., & Morris, P. A. (1996). Why are Dormice rare? A case study in conservation biology—BRIGHT - 1996—Mammal Review. *Mammal Rev.*, 26, 157–187.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1996.tb00151.x>
- Bundesforst at. (o. J.). Bestimmungshilfe\_Trittsiegel im Spurentunnel. Abgerufen 22. August 2023, von [https://www.bundesforste.at/fileadmin/wienerwald/PDF-DATEIEN/Projekte/Blick\\_ins\\_Dickicht/Bestimmungshilfe\\_Trittsiegel\\_im\\_Spurentunnel.pdf](https://www.bundesforste.at/fileadmin/wienerwald/PDF-DATEIEN/Projekte/Blick_ins_Dickicht/Bestimmungshilfe_Trittsiegel_im_Spurentunnel.pdf)
- Capt, S. (2022). Rote Liste der Säugetiere (ohne Fledermäuse). Gefährdete Arten der Schweiz. 42.
- Croon, G. W., McCullough, D. R., Olson, C. E., & Queal, L. M. (1968). Infrared Scanning Techniques for Big Game Censusing. *The Journal of Wildlife Management*, 32(4), 751.  
<https://doi.org/10.2307/3799549>
- CSCF. (2023). Info Species [dataset].
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S., & Vust, M. (2015). Lebensräume der Schweiz (3. Aufl.). hep verlag.
- Dietrich, A. (2023). Bilch-Spurentunnel | Verein Minimus. Verein Minimus. <https://verein-minimus.ch/spurentunnel>
- Ewald, M., Dupke, C., Heurich, M., Müller, J., & Reineking, B. (2014). LiDAR Remote Sensing of Forest Structure and GPS Telemetry Data Provide Insights on Winter Habitat Selection of European Roe Deer. *Forests*, 5(6), 1374–1390. <https://doi.org/10.3390/f5061374>
- Galligan, E. W., Bakken, G. S., & Lima, S. L. (2003). Using a Thermographic Imager to Find Nests of Grassland Birds. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 31(3), 865–869.
- Goodwin, C. E. D., Hodgson, D. J., Bailey, S., Bennie, J., & McDonald, R. A. (2018). Habitat preferences of hazel dormice *Muscardinus avellanarius* and the effects of tree-felling on their movement. *Forest Ecology and Management*, 427, 190–199.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.035>
- Goodwin, C. E. D., Suggitt, A. J., Bennie, J., Silk, M. J., Duffy, J. P., Al-Fulaij, N., Bailey, S., Hodgson, D. J., & McDonald, R. A. (2018). Climate, landscape, habitat, and woodland management associations with hazel dormouse *Muscardinus avellanarius* population status. *Mammal Review*, 48(3), 209–223. <https://doi.org/10.1111/mam.12125>
- Havens, K. J., & Sharp, E. J. (2016). Thermal Imaging Techniques to Survey and Monitor Animals in the Wild A Methodology. Academic Press.
- Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsainas, G., & H. & Juškaitis, R. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species 2021. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T13992A197519168.en>
- Juškaitis, R. (2008). The Common Dormouse *Muscardinus avellanarius*: Ecology, Population Structure and Dynamics. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4566.7685>
- Juškaitis, R., & Büchner, S. (2010). Die Haselmaus: *Muscardinus avellanarius*. Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH.
- Karp, D. (2020). Detecting small and cryptic animals by combining thermography and a wildlife detection dog. *Scientific Reports*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61594-y>

- Klarica, J., Schied, J., Mätzler, A., & Niederer, W. (2017). Sie ist noch da – Nachweise, Lebensraum und Schutz der Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*) in Vorarlberg.
- Liverbardon, I., Roth, I., & Hindenlang, C. K. (2018). Managementplan für den Betrieb Naturerlebnispark Wildnispark Zürich Sihlwald 2020 – 2029.  
[https://www.wildnispark.ch/?action=get\\_file&id=182&resource\\_link\\_id=1d2](https://www.wildnispark.ch/?action=get_file&id=182&resource_link_id=1d2)
- Mcgregor, H., Moseby, K., Johnson, C., & Legge, S. (2021). Effectiveness of thermal cameras compared to spotlights for counts of arid zone mammals across a range of ambient temperatures. *Australian Mammalogy*, 44. <https://doi.org/10.1071/AM20040>
- Melcore, I., Ferrari, G., & Bertolino, S. (2020). Footprint tunnels are effective for detecting dormouse species. *Mammal Review*, 50(3), 226–230. <https://doi.org/10.1111/mam.12199>
- Meteo Schweiz. (o. J.). Klima-Monitor—MeteoSchweiz. Abgerufen 16. November 2023, von <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel/entwicklung-temperatur-niederschlag-sonnenschein/klima-monitor.html>
- Mitchell, W. F., & Clarke, R. H. (2019). Using infrared thermography to detect night-roosting birds. *Journal of Field Ornithology*, 90(1), 39–51. <https://doi.org/10.1111/jofo.12285>
- Mortensen, R. M., Fuller, M. F., Dalby, L., Berg, T. B., & Sunde, P. (2022). Hazel dormouse in managed woodland select for young, dense, and species-rich tree stands. *Forest Ecology and Management*, 519, 120348. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120348>
- Naturmuseum St.Gallen. (2023, September 1). *Die 100*. Wildlebende Säugetierart der Schweiz entdeckt. <https://naturmuseumsg.ch/wp-content/uploads/2023/09/100.-Saeuetierart-1.pdf>
- Payne, W., Wade, D., Hartley, I., & Shemmings-Payne, J. (2022). An evaluation of thermal imaging as a tool for assessing occupancy of enclosed nests. *Ringling & Migration*, 37(1–2), 26–36. <https://doi.org/10.1080/03078698.2022.2160788>
- Pro Bilche. (2020). Spurenbestimmung | Pro Bilche.  
<https://probilche.ch/mitmachen/spurenbestimmung-2/>
- Ramakers, J. J. C., Dorenbosch, M., & Foppen, R. P. B. (2014). Surviving on the edge: A conservation-oriented habitat analysis and forest edge manipulation for the hazel dormouse in the Netherlands. *European Journal of Wildlife Research*, 60(6), 927–931. <https://doi.org/10.1007/s10344-014-0849-5>
- Resch, S., Resch, C., & Haberl, W. (2021). Population dynamics and nest site selection of the Hazel dormouse *Muscardinus avellanarius* in Austrian Alps shrubby deciduous woodland habitats.
- Ruedi, M., Manzinalli, J., Dietrich, A., & Vinciguerra, L. (2023). Shortcomings of DNA barcodes: A perspective from the mammal fauna of Switzerland. *Hystrix – The Italian Journal of Mammalogy*. <http://www.italian-journal-of-mammalogy.it/pdf-169342-92151?filename=Shortcomings%20of%20DNA.pdf>
- Torriani, D., & Blant, M. (2021). Haselmaus. In SGW (Hrsg.), *Atlas der Säugetiere, Schweiz und Lichtenstein*. Haupt.
- Wipfler, R. (2020). Haselmaus-Untersuchungen mit selbstgebauten Niströhren – Ergebnisse zu bevorzugten Vegetationsstrukturen.
- Wülflingen-Veltheim, V. (2020). Stadtgrün Winterthur & Staatswald Kanton Zürich. Jahresbericht.

## 6 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Untersuchungsgebiet im Sihlwald (Grenze WPZ) und den anliegenden Waldflächen sowie die eingezeichneten Transekte.	5
<b>Abbildung 2:</b> Installiertes und beschriftetes Spurentunnel (eigene Aufnahme).	7
<b>Abbildung 3:</b> Alte (2002 – 2022) und neue Spurennachweise der Haselmaus im Untersuchungsgebiet Sihlwald.	9
<b>Abbildung 4:</b> Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf die Anzahl nahrungsrelevanter Pflanzenarten.	12
<b>Abbildung 5:</b> Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Krautschicht [%].	12
<b>Abbildung 7:</b> Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Baumschicht [%].	12
<b>Abbildung 6:</b> Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Haselmaus Vorkommens in Bezug auf den Deckungsgrad der Strauchschicht [%].	12
<b>Abbildung 8:</b> Ausgabe der Nachbarschaftsanalyse in ArcGis pro, welche die unterholzreichsten Flächen im Sihlwald anzeigt sowie die untersuchten Transekte.	23
<b>Abbildung 9:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 5, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	24
<b>Abbildung 10:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 1, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	24
<b>Abbildung 11:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	24
<b>Abbildung 13:</b> Waldmausspuren vom Transekt 9, Spurentunnel 10, Kontrolle am 15.08.2023 (eigene Aufnahme).	25
<b>Abbildung 12:</b> Vogelspuren vom Transekt 7, Spurentunnel 3, Kontrolle am 15.08.2023 (eigene Aufnahme).	25
<b>Abbildung 15:</b> Siebenschläferspuren vom Transekt 10, Spurentunnel 2, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).	25
<b>Abbildung 14:</b> Spitzmausspuren vom Transekt 3, Spurentunnel 4, Kontrolle am 15.08.2023 (eigene Aufnahme).	25
<b>Abbildung 16:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 5, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).	26
<b>Abbildung 18:</b> Haselmausspuren vom Transekt 2, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	26
<b>Abbildung 17:</b> Haselmausspuren vom Transekt 8, Spurentunnel 7, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).	26
<b>Abbildung 19:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	26
<b>Abbildung 20:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 9, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	27
<b>Abbildung 21:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 8, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	27
<b>Abbildung 22:</b> Haselmaus- und Mausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	27
<b>Abbildung 23:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 4, Kontrolle am 11.09.2023. Papier von Schecken geraspelt (eigene Aufnahme).	28
<b>Abbildung 24:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).	28

<b>Abbildung 25:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 10, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	28
<b>Abbildung 28:</b> Hasel- und Mausspuren vom Transekt 9, Spurentunnel 10, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).	29
<b>Abbildung 26:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	29
<b>Abbildung 27:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	29
<b>Abbildung 29:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	29
<b>Abbildung 30:</b> Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 8, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).	30
<b>Abbildung 31:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 8, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	30
<b>Abbildung 32:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 10, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	30
<b>Abbildung 33:</b> Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 5, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).	31
<b>Abbildung 34:</b> Hasel- und Mausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 6, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).	31
<b>Tabelle 1:</b> Spurennachweise der Haselmaus und des Siebenschläfers pro Kontrollgang und Transekt. Kontrolle 1 fand am 14.08.2023 und 15.08.2023 statt, Kontrolle 2 am 28.08.2023 und 29.08.2023 und Kontrolle 3 am 11.09.2023 und 12.09.2023. ....	10
<b>Tabelle 2:</b> verwendete Daten für die Nachbarschaftsanalyse in ArcGis pro. ....	21

## **Anhangsverzeichnis**

Anhang A: Protokoll ArcGis pro 2.9.5

Anhang B: Spurenbelege

Anhang C: Protokollblatt

Anhang D: R-Code

Anhang E: Selbstständigkeitserklärung

---

## Anhang A: Protokoll ArcGis Pro 2.9.5

### Datenbezug- und Aufbereitung

Um im Sihlwald die Flächen zu finde, welche den Lebensraumsansprüchen der Haselmaus am ehesten Entsprechen, wurde der Fokus auf den Anteil Unterwuchs gelegt. Für die Erstellung eines Layers, der den Anteil an Unterwuchses in der Waldstruktur wiedergibt, wurden als Berechnungsgrundlage das Digitale Oberflächenmodell (DOM ZH, GIS-ZH Nr. 556) und das Digitale Terrainmodell (DTM ZH, GIS-ZH Nr. 555) mit einer Auflösung von 0.5 m verwendet. Das digitale Oberflächenmodell wurde mittels hochauflösendem Laserscanning (LIDAR, Light detection and ranging; mittlere Punktdichte zwischen 16 Pkt./m<sup>2</sup>) erstellt. Die verwendeten Modelle stammen aus der letzten Befliegung in den Jahren 2021/2022. Das digitale Oberflächenmodell bildet alle dauerhaften und sichtbaren Landschaftselemente wie Boden, Vegetation, Wald, Gebäude und sonstige Bauwerke ab, während das digitale Geländemodell die Erdoberfläche am Boden darstellt. Für jede Rasterzelle von 25x25 m wurde der Anteil der Vegetation in der Strauchschicht zwischen 0.5 und 3 m nach der Methode von Ewald et al. (2014) berechnet.

Folgende Daten dienten als Grundlage für die Analyse:

**Tabelle 2:** verwendete Daten für die Nachbarschaftsanalyse in ArcGis pro.

Datensatz	Datentyp	Beschreibung	Datenbezug
SwissTLM Regio	Shapefile, Typ Polygone	Kantonsgebiet, Bezirke	Kanton Zürich
SwissTLM3D	Shapefile, Typ Polygone	Schutzgebiete	Bundesamt für Landschaftstopografie
Swiss Map Raster 25	Raster	Digitale Landeskarten der Schweiz, 1:25 000	Bundesamt für Landschaftstopografie
DOM ZH	LIDAR	Digitales Oberflächenmodell	Kanton Zürich
DTM ZH	LIDAR	Digitales Terrainmodell	Kanton Zürich

### Vorgehen in ArcGis Pro

Um die oben genannten Daten (Tabelle 2) in ArcGis Pro einzulesen, wurde in der Registerkarte «Insert» und «Add Folder» verwendet. Anschliessend wurde ein Layer für das Untersuchungsgebiet erstellt. Dafür wurden die Gemeindegebiete Horgen, Langnau am Albis, Oberrieden und Thalwil mit «Select Layer by Attribute» selektiert und mit «Make Layer from selected feature» einen neuen Layer erstellt. Nachfolgend wurde der Layer «Unterwuchs» mit dem Werkzeug «clip Raster» auf das Untersuchungsgebiet zugeschnitten. Für die Nachbarschaftsanalyse wurde das Raumanalyse-Tool «Focal Statistics» auf den Layer «Unterwuchs» angewendet. Als Form für die Nachbarschaft wurde einen Kreis mit einem Radius von 4 ausgewählt und als Einheit die Zellen (25x25m) festgelegt. Als Statistiktyp wurde der Durchschnitt ausgewählt. Somit wurde der Durchschnitt des Unterwuchsanteils in einem Umkreis von 100 m<sup>2</sup> für jede Rasterzelle berechnet und ein neuer Layer mit den berechneten Werten erzeugt.

Auf Grund des Outputs der Nachbarschaftsanalyse wurden die Transekte dort eingezeichnet, wo der Mittelwert der Zellen möglichst hoch war. Um die Transekte einzuzichnen, wurde eine «Feature Class» mit dem Geometrietyp «Line» erstellt. Anschliessend wurden unter «Edit», «creat» 200 m lange

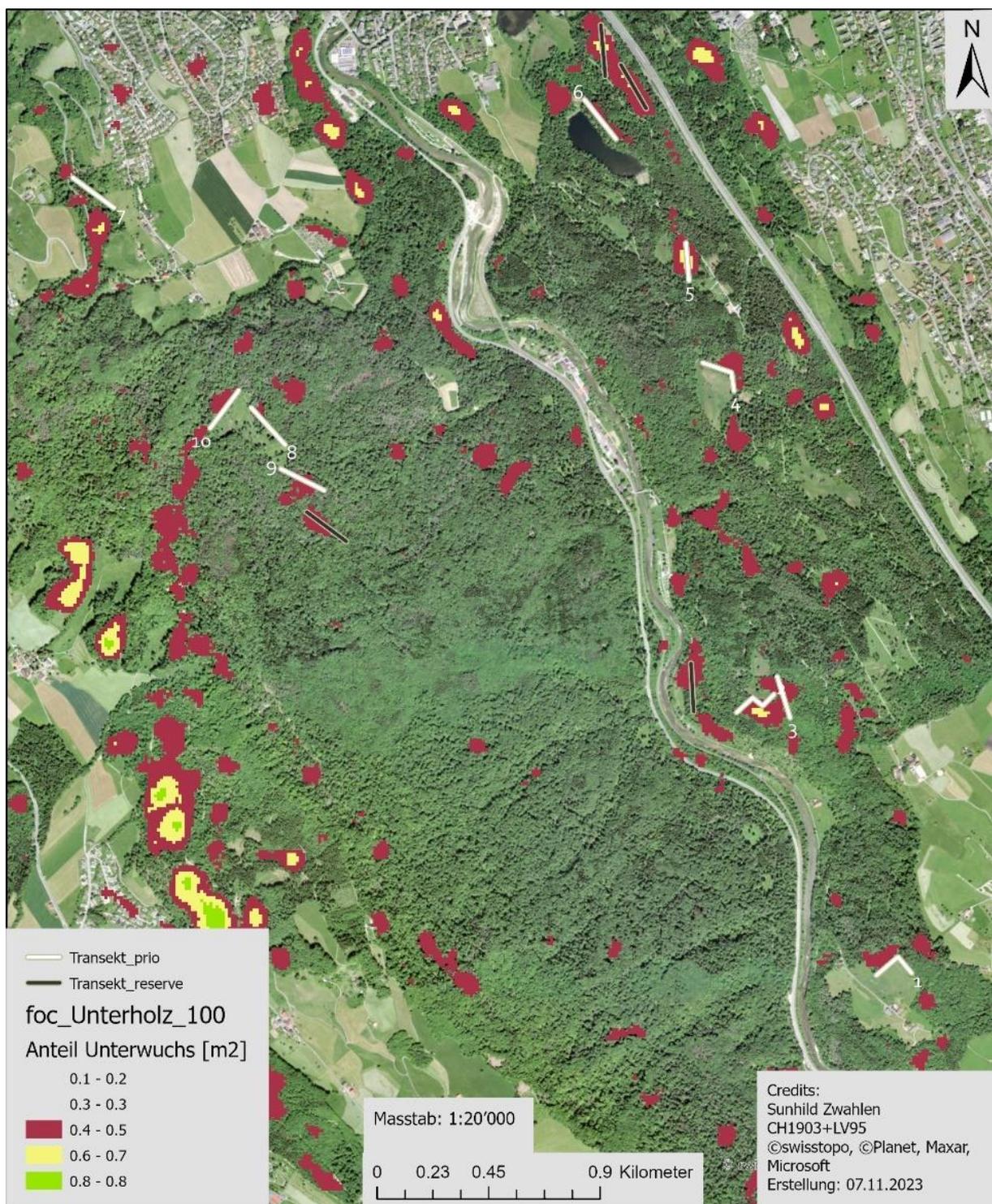
Transekte abgemessen und eingezeichnet. Insgesamt wurden 14 Transekte eingezeichnet, wovon 4 als Reserve gedacht waren. Bisherige Nachweise von Haselmäusen und Siebenschläfer, welche bei InfoFauna (CSCF & karch) gemeldet wurden, wurden mit dem Datenmanagement Werkzeug «xy Table to Point» auf die Karte übertragen.

### **Darstellung**

Für die Darstellung des Ergebnisses der Nachbarschaftsanalyse wurde unter «Symbology»; «classify» als primäre Symbologie festgelegt. Die berechneten Daten wurden in 5 verschiedene Wertebereiche (0.1 - 0.2, 0.3, 0.4 - 0.5, 0.6 - 0.7, 0.8) eingeteilt und jeweils einer Farbe zugeordnet.

Rot repräsentiert Flächen, die im Durchschnitt einen Unterwuchsanteil von 0.4 bis 0.5 m<sup>2</sup> aufweisen. Die gelben Flächen haben einen Unterwuchsanteil von 0.6 bis 0.7 m<sup>2</sup>, während grüne Flächen einen Anteil von 0.8 m<sup>2</sup> haben. Den Wertebereichen 0.1- 0.3 m<sup>2</sup> wurde keine Farbe zugeordnet, um eine bessere Sichtbarkeit der Flächen mit höherem Anteil zu gewährleisten (vgl. Abb. 8). Im westlichen Teil des Sihlwalds befinden sich Flächen mit einem hohen Anteil an Unterwuchs, die aufgrund ihrer überwiegenden steilen Lage nicht ausgewählt wurden (vgl. Abb. 8).

Für das Erstellen der Karten wurde in der Registerleiste, unter «Insert», ein neues Layout im Format A4 generiert. Es wurden drei Übersichtskarten mit einem Massstab von 1:18'000 erstellt. Bei allen drei Karten dient das Orthofoto als Grundlagenkarte. Auf der Karte des Untersuchungsgebiet sind die untersuchten Transekte sowie die Waldfläche inkl. Grenze des WPZ ersichtlich. Auf der Karte mit den Standorten, welche Haselmausnachweise aufweisen, sind die Transekte sowie die alten und neuen Nachweise von Haselmäusen im Sihlwald abgebildet. In der Karte zur Nachbarschaftsanalyse sind die Flächen ersichtlich, welche laut der Analyse am meisten Unterwuchs haben. Die drei erstellten Karten enthalten zusätzlich zu den Daten eine numerische Massstabangabe, einen Nordpfeil, eine Legende und die Credits.

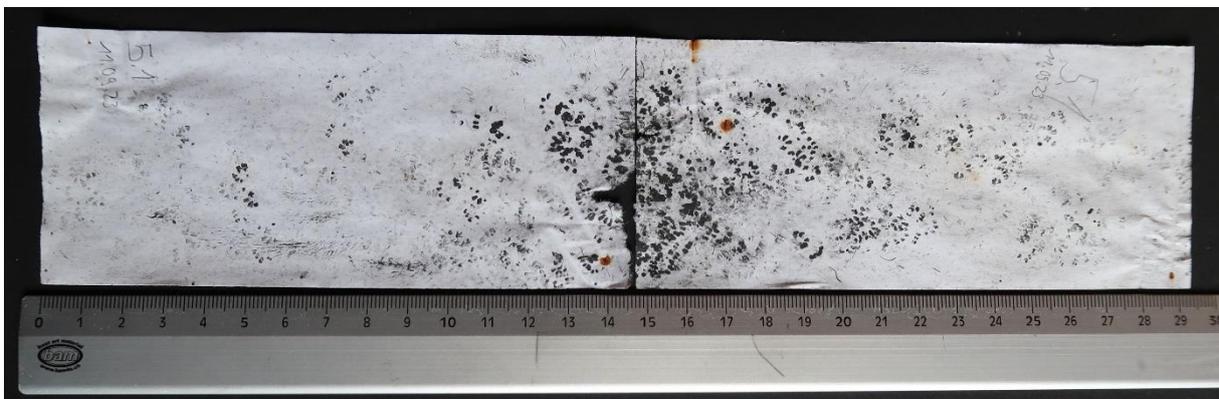


**Abbildung 6:** Ausgabe der Nachbarschaftsanalyse in ArcGis pro, welche die unterholzreichsten Flächen im Sihlwald anzeigt sowie die untersuchten Transekte.

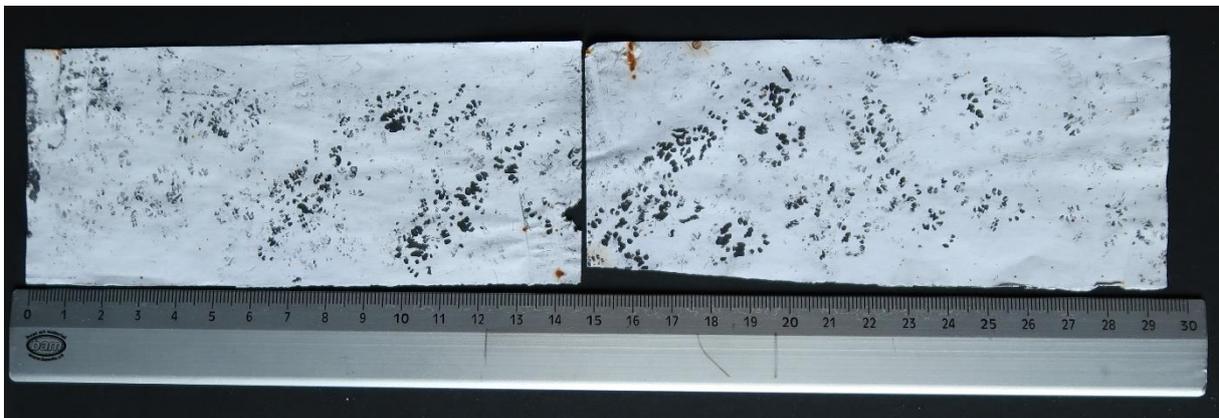
## Anhang B: Spurenbelege



**Abbildung 7:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 5, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 8:** Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 1, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

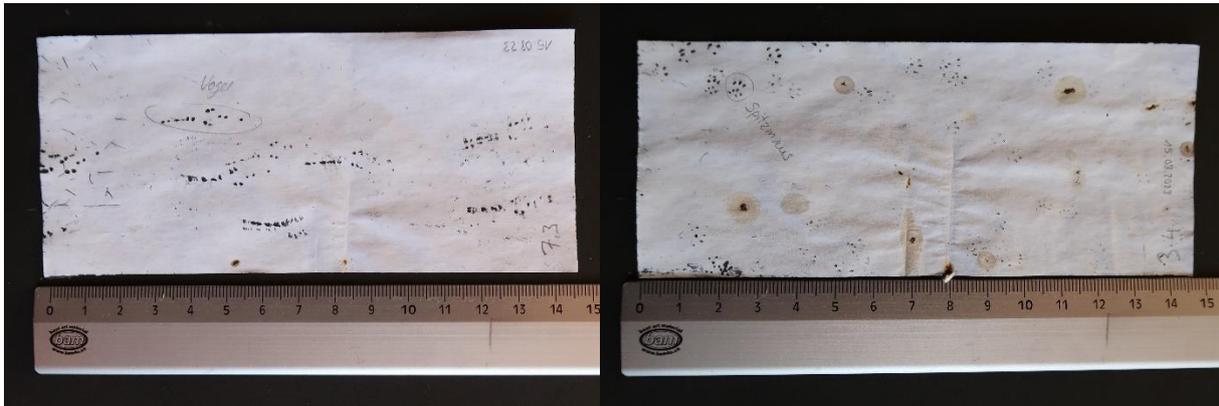


**Abbildung 9:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

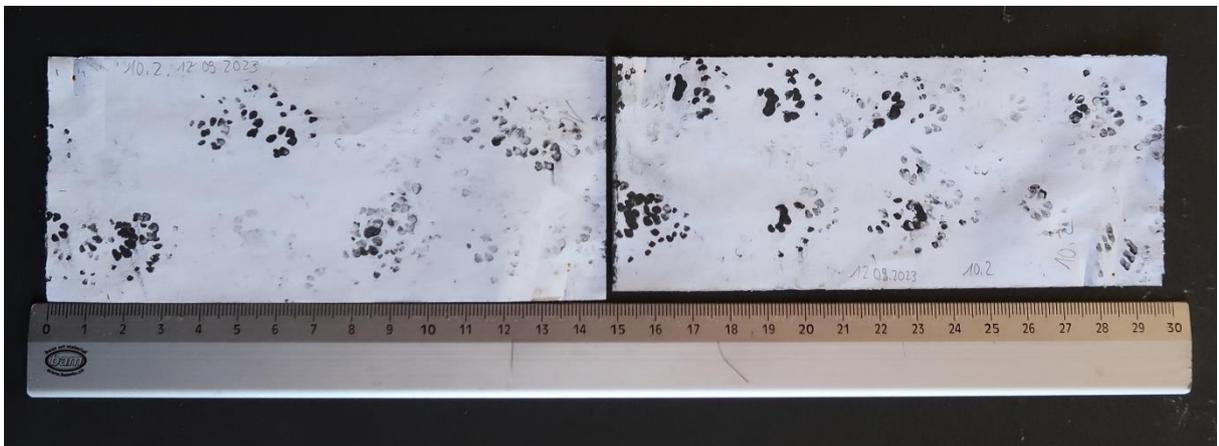
---



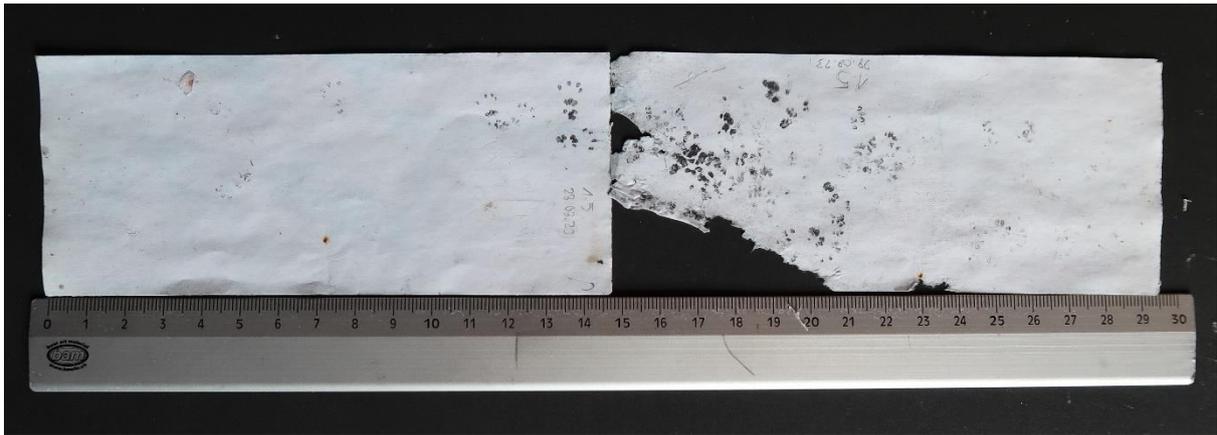
**Abbildung 11:** Waldmausspuren vom Transekt 9, Spurentunnel 10, Kontrolle am 15.08.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 10:** Vogelspuren vom Transekt 7, Spurentunnel 3, **Abbildung 12:** Spitzmausspuren vom Transekt 3, Spurentunnel 4, Kontrolle am 15.08.2023 (eigene Aufnahme).



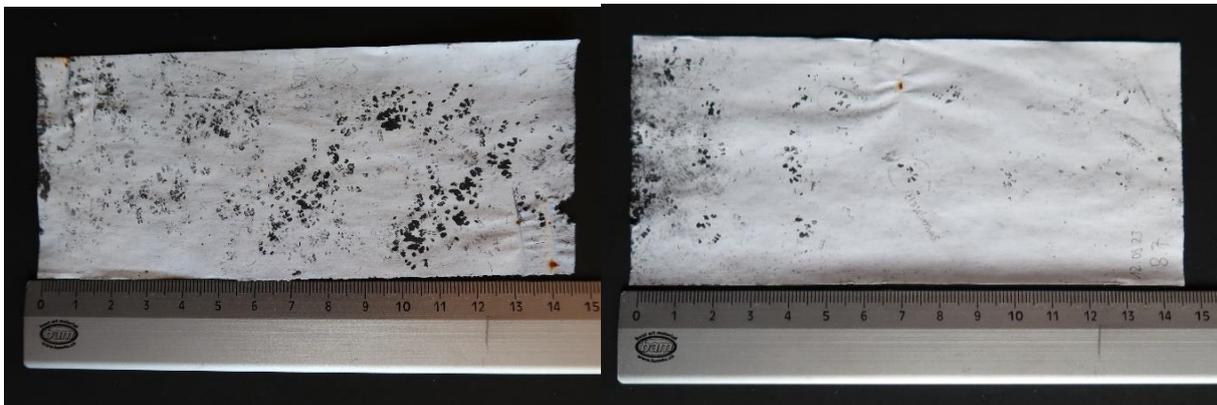
**Abbildung 13:** Siebenschläferspuren vom Transekt 10, Spurentunnel 2, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 14:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 5, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).



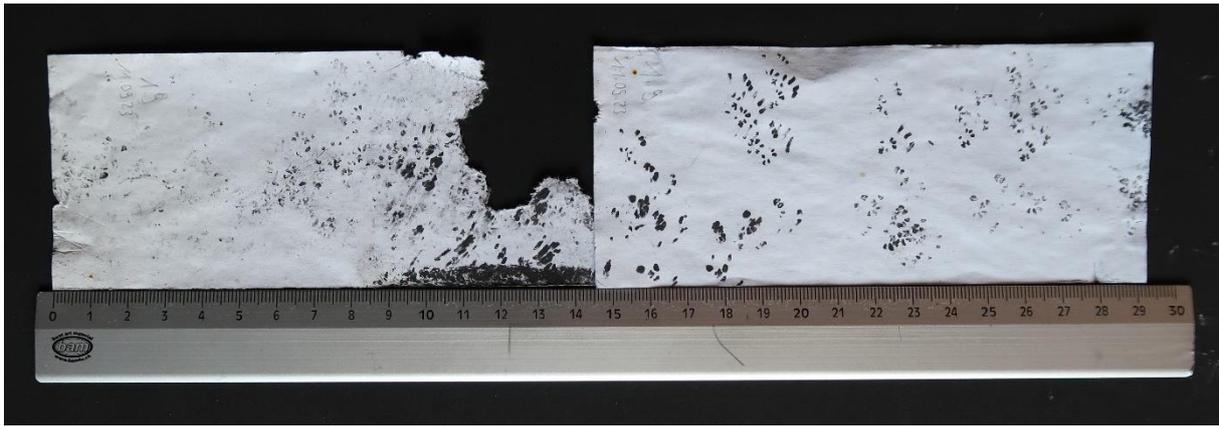
**Abbildung 16:** Haselmausspuren vom Transekt 2, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 17:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

**Abbildung 15:** Haselmausspuren vom Transekt 8, Spurentunnel 7, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).

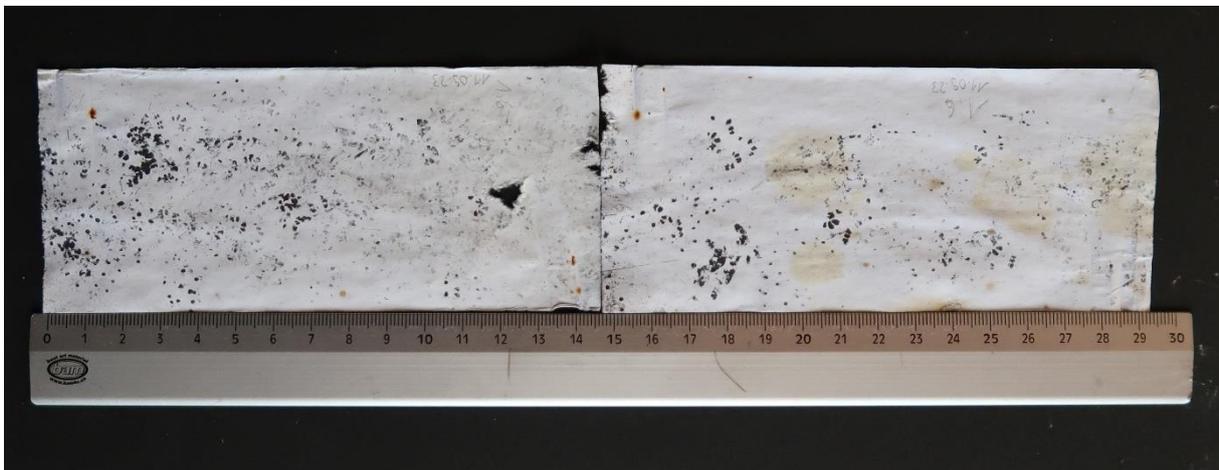
---



**Abbildung 18:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 9, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

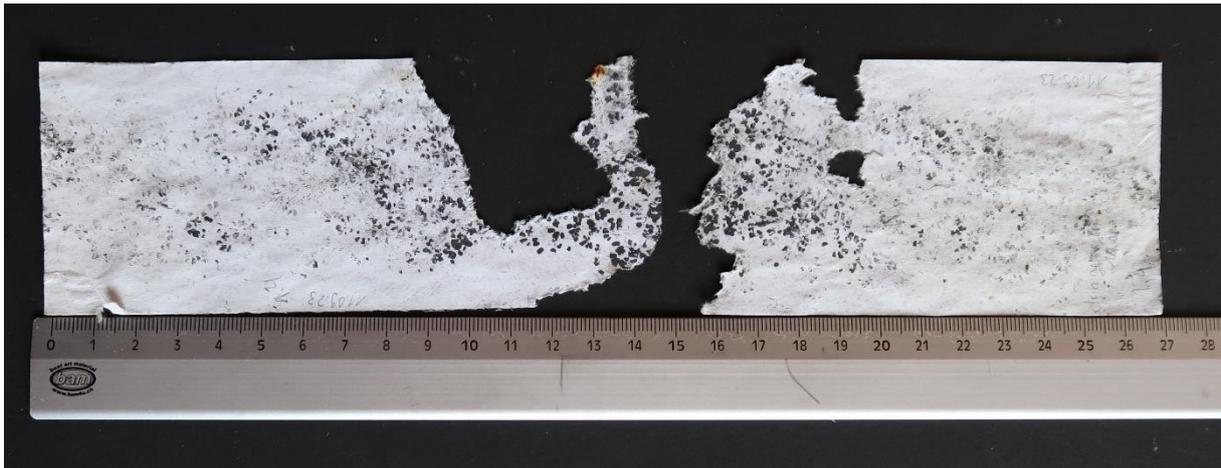


**Abbildung 19:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 8, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 20:** Haselmaus- und Mausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

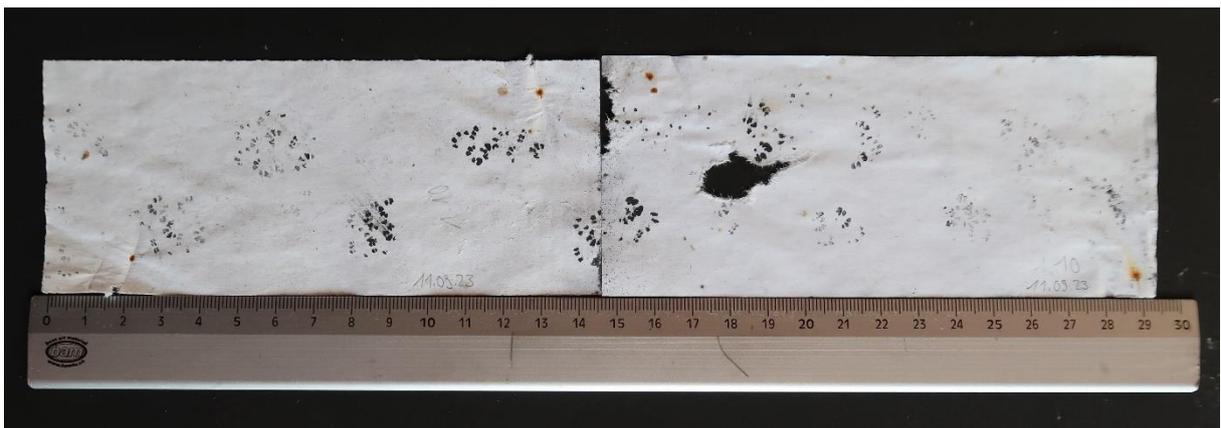
---



**Abbildung 21:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 4, Kontrolle am 11.09.2023. Papier von Schecken geraspelt (eigene Aufnahme).

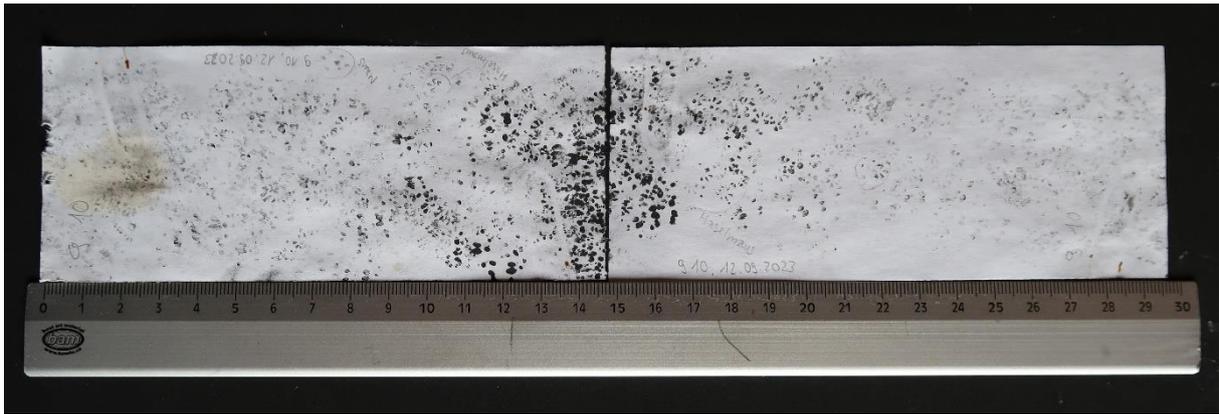


**Abbildung 22:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 23:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 10, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

---

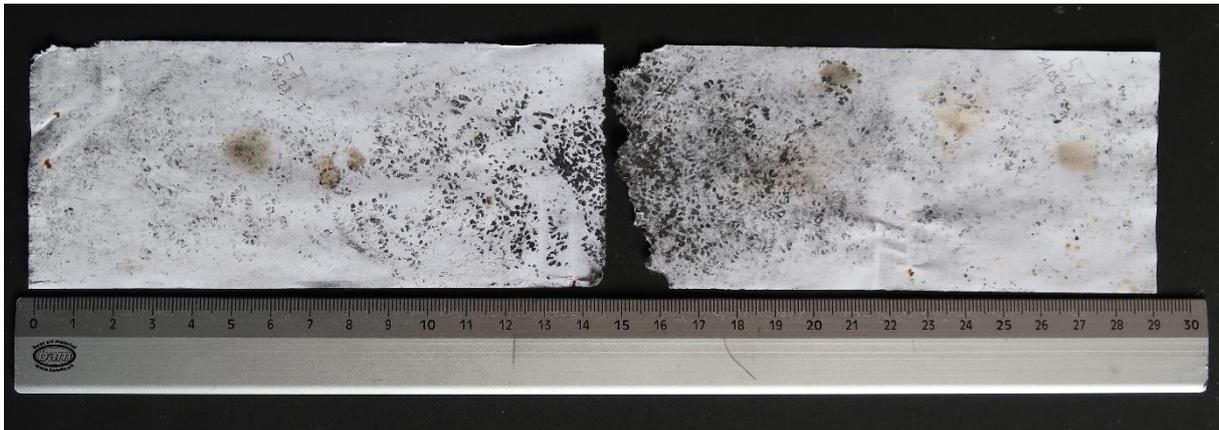


**Abbildung 26:** Hasel- und Mausspuren vom Transekt 9, Spurentunnel 10, Kontrolle am 12.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 24:** Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

**Abbildung 25:** Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 6, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 27:** Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 7, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

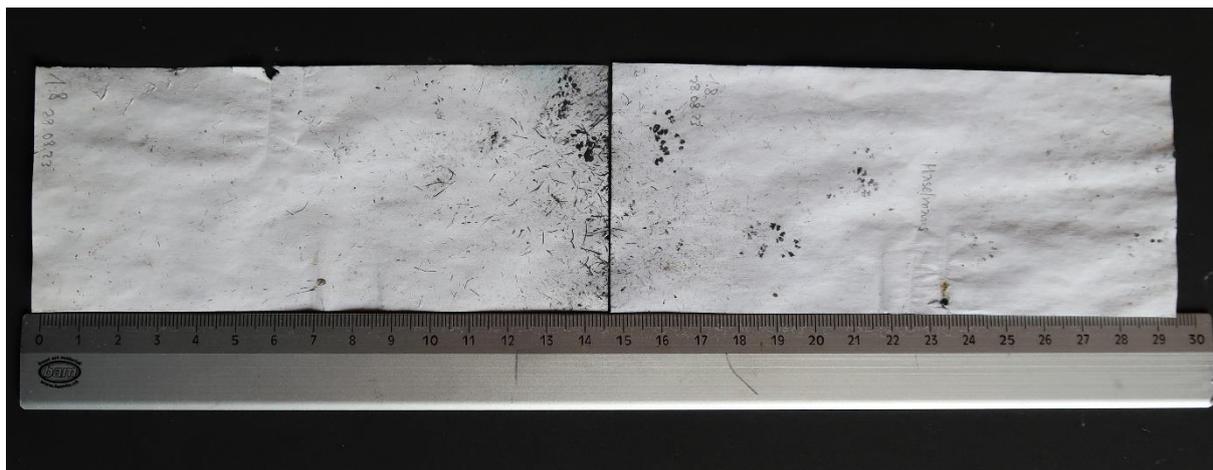


Abbildung 28: Haselmausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 8, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).

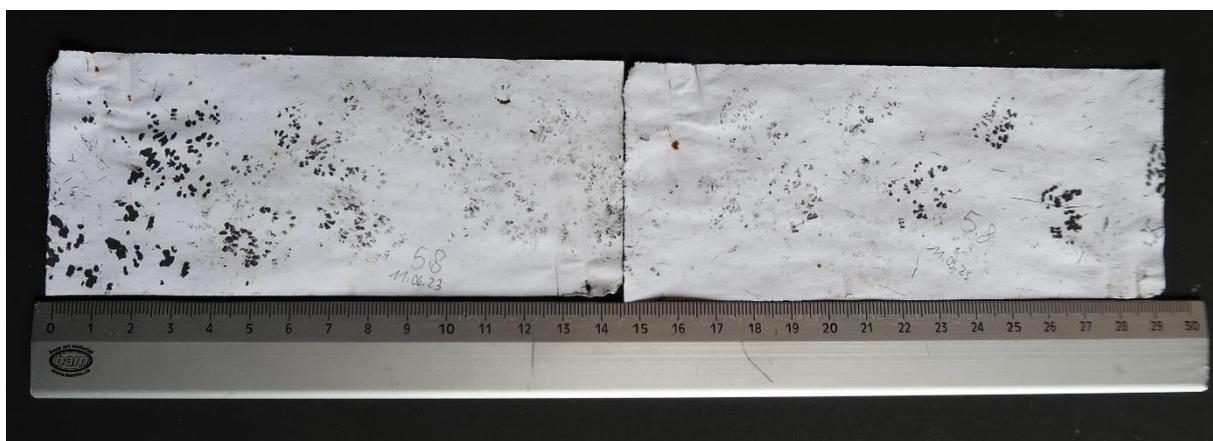
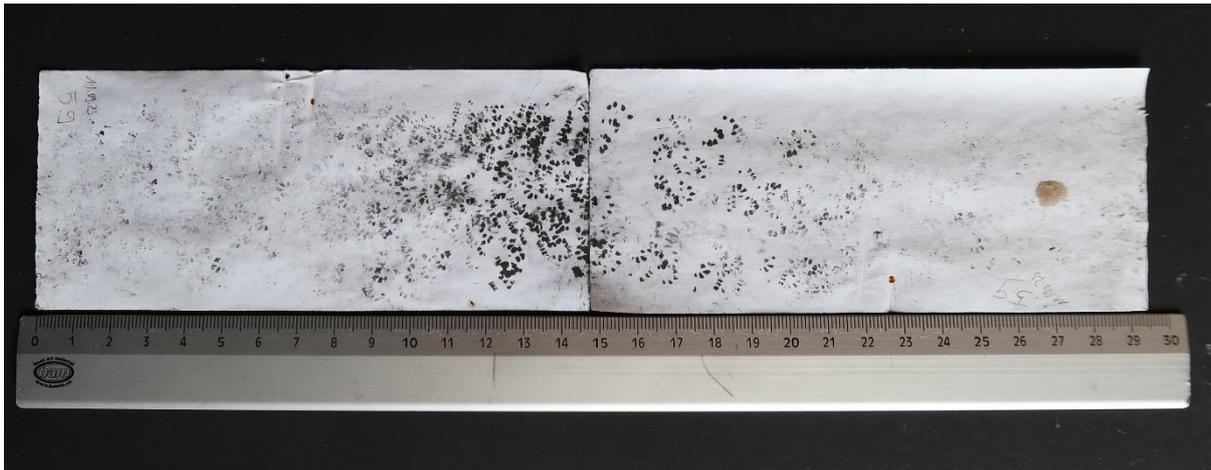


Abbildung 29: Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 8, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

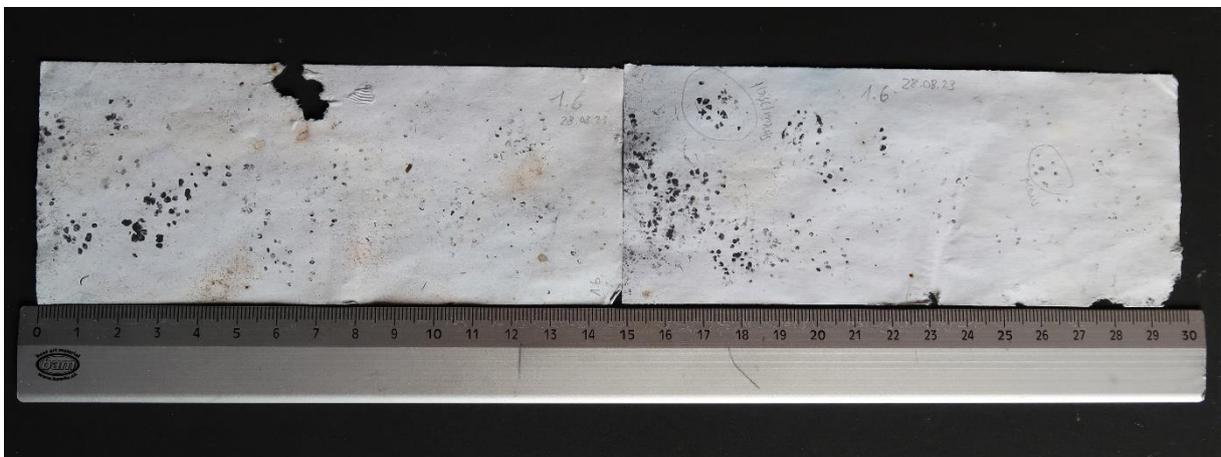


Abbildung 30: Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 10, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).

---



**Abbildung 31:** Haselmausspuren vom Transekt 5, Spurentunnel 5, Kontrolle am 11.09.2023 (eigene Aufnahme).



**Abbildung 32:** Hasel- und Mausspuren vom Transekt 1, Spurentunnel 6, Kontrolle am 28.08.2023 (eigene Aufnahme).

## Anhang C: Protokoll Felddaufnahmen

Sta.	Koordinaten	Ge n. (+/ -)	1_Mus_ ave	2_Mus_ ave	3_Mus_ ave	1_Gli_ gli	2_Gli_ gli	3_Gli_ gli	D- G_ K	D- G_ S	D- G_ B	Re - Pfl	Do_A _K	Do_A _K	Do_A _K	Do_A _S	Do_A _S	Do_A _S	Do_A _B	Do_A _B	Do_A _B	
1.1	2685755,123 3726	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10 0	1	5	2	Rub cae							Pru avi		
1.2	2685765,123 3742	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	80	40	55	3	Rub cae	Uti dio		Ace pse	Lon xyl			Pru avi	Ulm gla	Fag syl
1.3	2685785,123 3747	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10 0	50	25	4	Rub cae	Uti dio		Euo eur	Pru avi	Lig vul		Pru avi	Fra exc	
1.4	2685802,123 3758	7	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	90	75	10	4	Rub cae			Euo eur	Sam nig	Vib lan		Fag syl		
1.5	2685815,123 3787	5	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	90	60	25	3	Rub cae			Euo eur	Vib lan	Fag syl	Fag syl		Ace pse	
1.6	2685837,123 3789	5	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	80	80	0	2	Rub cae			Cor ave	Rub cae	Fag syl				
1.7	2685848,123 3785	7	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	90	60	0	2	Rub cae	Uti dio		Sam nig	Frau exc	Fag syl				
1.8	2685871,123 3773	5	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	40	25	60	1	Fra exc			Sam nig	Frau exc	Fag syl				
1.9	2685884,123 3745	7	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	80	90	10	4	Rub cae	Cor san	Vib opu	Vib opu	Cor san	Lig vul		Fra exc		
1.1 0	2685895,123 3732	8	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	10 0	20	30	2	Rub cae			Fra exc	Fag syl	Lig vul		Pin syl	Fag syl	
2.1	2685217,123 4798	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	20	0	70	1	Oxa ace	Rub cae						Fag syl	Abi alb	

Anhang

<b>2.2</b>	2685220,123 4844	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	5	5	80	2	Oxa ace		Lon xyl		Pic abi	Fag syl		
<b>2.3</b>	2685233,123 4828	7	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	60	50	10	3	Rub cae	Cor ave	Cor ave	Abi alb	Fag syl	Cor ave		
<b>2.4</b>	2685255,123 4855	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	30	30	50	3	Abi alb	Equ tel	Lon xyl		Cor ave			
<b>2.5</b>	2685266,123 4851	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	10	60	2	Rub cae	Equ tel	Fag syl		Ace pse	Fag syl	Pic abi	
<b>2.6</b>	2685296,123 4822	6	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	70	40	50	3	Equ tel		Cor ave	Cor san	Pic abi	Fag syl		
<b>2.7</b>	2685309,123 4839	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	90	50	30	5	Fest sp.	Rub cae	Cor ave	Lon xyl	Euo eur	Car bet	Pic abi	Pin syl
<b>2.8</b>	2685321,123 4853	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	65	25	3	Equ tel		Ber vul	Fra aln	Cor ave	Ace pse		
<b>2.9</b>	2685329,123 4856	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	40	25	3	Equ tel		Cor ave	Cor san		Ace pse		
<b>2.1 0</b>	2685342,123 4869	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	20	25	4	Equ tel		Cor ave	Euo eur	Sor ari	Pic abi	Fra exc	
<b>3.1</b>	2685407,123 4773	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	5	90	2	Oxa ace	Rub cae		Pic abi		Pic abi	Fag syl	Ace pse
<b>3.2</b>	2685396,123 4786	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	5	90	1	Gal odo			Pic abi		Fag syl		
<b>3.3</b>	2685368,123 4851	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	30	60	60	3	Rub cae		Cor ave		Pic abi	Fag syl		
<b>3.4</b>	2685408,123 4858	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	90	50	25	2	Rub cae		Cor ave		Fra exc	Ace pse		
<b>3.5</b>	2685376,123 4871	7	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	10	80	60	4	Rub cae		Lon xyl	Cor ave	Pic abi	Ace pse		

Anhang

<b>3.6</b>	2685376,123 4869	8	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	5	40	70	0	Ile aqi	Abi alb					Fag syl	
<b>3.7</b>	2685359,123 4891	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	90	25	30	1	Rub cae		Ace pse	Abi alb	Fag syl	Ace pse	Fra exc	
<b>3.8</b>	2685366,123 4888	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	70	40	60	2	Rub cae	Abi alb	Cor ave	Abi alb		Ace pse	Fag syl	
<b>3.9</b>	2685353,123 4915	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	80	40	5	2	Rub cae		Cor ave	Ace pse	Abi alb	Ace pse		
<b>3.1 0</b>	2685355,123 4937	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	80	25	60	3	Rub cae		Vib lan	Cor ave	Abi alb	Ace pse	Fag syl	
<b>4.1</b>	2685180,123 6103	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	90	60	60	4	Rub cae		Vib opu	Fra aln	Euo eur	Que sp.	Abi alb	
<b>4.2</b>	2685175,123 6121	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	80	70	20	4	Rub cae	Rub ida	Fra aln		Fra exc	Aln inc		
<b>4.3</b>	2685168,123 6139	7	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	80	90	25	5	Rub cae		Euo eur	Sor auc	Ber vul	Aln inc		
<b>4.4</b>	2685166,123 6162	7	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	90	90	60	4	Lig vul	Fra aln	Euo eur	Lig vul	Fra aln	Euo eur	Pic abi	Fag syl
<b>4.5</b>	2685151,123 6179	6	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	60	65	40	4	Car pen	Rub cae	Euo eur	Abi alb	Vib opu	Fra exc	Aln inc	
<b>4.6</b>	2685128,123 6181	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	60	50	80	2	Equ tel		Vib opu	Fra aln		Fag syl	Pin syl	
<b>4.7</b>	2685115,123 6194	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	5	90	50	3	Rub cae	Car pen	Lon xyl	Pru spi	Ace pse	Fag syl	Pin syl	
<b>4.8</b>	2685094,123 6198	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	20	40	50	3	Car pen	Rub cae	Euo eur	Sor auc		Ace pse	Fag syl	
<b>4.9</b>	2685077,123 6204	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	60	70	25	3	Car pen	Equ tel	Pru spi	Euo eur		Pic abi	Aln inc	

Anhang

<b>4.10</b>	2685054,123 6217	4	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	10	60	60	3	Rub cae	Equ tel	Fra aln	Ace pse	Aln inc	Que rob		
<b>5.1</b>	2684997,123 6567	6	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	60	50	70	1	Rub cae		Rub cae	Ace pse	Abi alb	Fag syl		
<b>5.2</b>	2684999,123 6591	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	60	70	2	Rub cae		Pic abi	Ace pse				
<b>5.3</b>	2684990,123 6597	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	60	50	3	Rub cae		Ile aqu	Eu eur	Aln inc	Ace pse	Fag syl	
<b>5.4</b>	2684980,123 6624	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	60	40	2	Rub cae	Car pen	Fag syl		Aln inc			
<b>5.5</b>	2684990,123 6641	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	85	70	50	6	Rub cae	Abi alb	Cor ave	Sor auc	Fra aln	Aln inc		
<b>5.6</b>	2684999,123 6632	4	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	90	40	25	4	Rub cae		Cor ave	Abi alb	Vib opu			
<b>5.7</b>	2685001,123 6651	3	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	90	70	60	4	Rub cae		Fra aln		Pic abi	Aln inc		
<b>5.8</b>	2684997,123 6666	5	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	80	50	60	4	Rub cae		Fra aln		Pic abi	Aln inc		
<b>5.9</b>	2684992,123 6681	5	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	50	70	70	4	Car pen	Rub cae	Ile aqu	Sor auc	Fra aln	Aln inc	Ace pse	Abi alb
<b>5.10</b>	2684986,123 6705	4	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	70	60	50	4	Rub cae		Fra aln	Sam nig	Ace pse	Aln inc	Abi alb	
<b>6.1</b>	2684687,123 7126	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	0	80	0	Abi alb				Abi alb	Fag syl		
<b>6.2</b>	2684682,123 7137	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	1	80	50	1	Vac myr	Pic abi	Pic abi	Abi alb	Fag syl	Pin syl		
<b>6.3</b>	2684670,123 7165	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	1	70	60	0	Fag syl		Abi alb	Fag syl	Lar dec	Fag syl	Que rob	

Anhang

<b>6.4</b>	2684650,123 7177	8	Nein	1	60	80	0	Abi alb	Fag syl		Abi alb	Fag syl		Fag syl	Abi alb	Pin syl						
<b>6.5</b>	2684660,123 7183	6	Nein	2	60	50	0	Vac myr			Fag syl	Abi alb		Fag syl	Pin syl							
<b>6.6</b>	2684629,123 7192	6	Nein	10	50	60	0	Vac myr	Fag syl		Abi alb	Fag syl		Fag syl								
<b>6.7</b>	2684627,123 7211	6	Nein	5	50	30	1	Pic abi	Vac myr		Fag syl	Abi alb		Pin syl	Fag syl	Abi alb						
<b>6.8</b>	2684616,123 7228	6	Nein	2	50	50	1	Rub cae	Abi alb		Fag syl	Ace pse		Abi alb	Fag syl							
<b>6.9</b>	2684618,123 7262	7	Nein	5	60	60	1	Sor auc	Fag syl		Fag syl	Ace pse		Fag syl	Pin syl							
<b>6.1 0</b>	2684570,123 7268	4	Nein	5	60	70	1	Hed hel	Rub cae		Ace pse	Abi alb	Fag syl	Fag syl	Abi alb							
<b>7.1</b>	2682515,123 6947	8	Nein	0	70	30	1				Cor ave	Fag syl		Fag syl	Ace pse							
<b>7.2</b>	2682533,123 6919	8	Nein	2	50	60	2	Fag syl			Sam nig	Cor ave		Fag syl	Cor ave							
<b>7.3</b>	2682544,123 6904	6	Nein	5	25	50	2	Fag syl			Fag syl	Cor ave	Ace pse	Abi alb	Pic abi							
<b>7.4</b>	2682576,123 6912	7	Nein	25	30	50	0	Fag syl			Fag syl			Fra exc	Fag syl	Abi alb						
<b>7.5</b>	2682600,123 6931	7	Nein	10	25	60	2	Rub cae	Fra exc		Cor ave			Fra exc	Fag syl							
<b>7.6</b>	2682605,123 6916	7	Nein	60	30	50	3	Rub cae	Fag syl	Ace pse	Ace pse	Cor ave		Fra exc	Pru avi							
<b>7.7</b>	2682609,123 6923	8	Nein	70	40	25	3	Rub cae			Cor ave	Fag syl		Fra exc	Ace pse	Pic abi						

Anhang

<b>7.8</b>	2682626,123 6895	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	2	30	60	3	Fag syl		Cor ave	Lon xyl	Ace pse	Ace pse	Fag syl	Pru avi
<b>7.9</b>	2682636,123 6872	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	30	40	2	Rub fru		Jug reg	Cor ave		Car bet	Fra exc	Fag syl
<b>7.1 0</b>	2682654,123 6842	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	60	60	2	Ace pse	Gal odo	Cor ave			Ace pse	Fra exc	Pic abi
<b>8.1</b>	2683231,123 6035	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10	50	80	4	Rub cae	Lon xyl	Ace pse	Cor ave		Pru avi	Ace pse	Fag syl
<b>8.2</b>	2683239,123 6018	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	25	50	80	4	Lon xyl	Rub cae	Vib opu	Cor san	Ace cam	Ace pse	Fag syl	
<b>8.3</b>	2683252,123 5985	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	30	40	50	2	Hed hel	Rub cae	Cor ave			Ace pse	Fag syl	
<b>8.4</b>	2683245,123 5963	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10 0	30	50	2	Equ sp.	Poa sp.	Cle vit	Cor ave		Ace pse	Fag syl	
<b>8.5</b>	2683258,123 5943	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	70	50	1	Poa sp.		Cor ave					
<b>8.6</b>	2683284,123 5937	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	20	40	50	2	Poa sp.		Lig vul	Ros can	Cor ave	Que rob	Ace pse	Fag syl
<b>8.7</b>	2683295,123 5938	4	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	70	60	70	2	Poa sp.		Cor ave	Fag syl	Ace pse	Fag syl	Pic abi	
<b>8.8</b>	2683328,123 5896	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	90	60	2	Poa sp.		Lig vul	Cor syl		Fag syl	Fra exc	Ace pse
<b>8.9</b>	2683361,123 5884	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	60	80	2	Fag syl		Cor ave	Fag syl		Fag syl	Pic abi	
<b>8.1 0</b>	2683376,123 5883	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	25	80	1	Fag syl		Ace pse	Fag syl		Fag syl	Pic abi	Pin syl
<b>9.1</b>	2683513,123 5708	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	30	50	1	Rub cae	Car pen	Fag syl	Ace pse	Ulm gla	Fag syl	Abi alb	

## Anhang

<b>9.2</b>	2683489,123 5719	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	30	50	2	Mer per	Rub cae	Fag syl	Ace pse		Fag syl	Pic abi	Ulm gla
<b>9.3</b>	2683475,123 5719	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10	30	50	0	Car pen	Fag syl	Fag syl	Ace pse		Fag syl	Ace pse	
<b>9.4</b>	2683465,123 5726	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	10	60	25	1	Car pen	Rub cae	Fag syl	Ulm gla	Ace pse	Fag syl	Ace pse	
<b>9.5</b>	2683457,123 5737	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	70	50	20	2	Rub cae	Car pen	Fag syl	Ace pse		Fag syl	Fra exc	Ace pse
<b>9.6</b>	2683428,123 5735	8	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	25	50	60	0	Car pen	Fag syl	Fag syl	Ace pse		Fag syl		
<b>9.7</b>	2683408,123 5753	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	80	30	50	1	Mer per	Fag syl	Fag syl			Fag syl	Pic abi	Fra exc
<b>9.8</b>	2683389,123 5762	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	50	50	2	Car pen	Rub cae	Fag syl			Pru avi	Fag syl	Ace pse
<b>9.9</b>	2683368,123 5768	4	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	50	26	1	Car pen	Rub cae	Ace pse	Fag syl		Fra exc	Fag syl	
<b>9.10</b>	2683350,123 5778	6	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	60	80	40	3	Equ tel		Lon xyl	Cor ave		Pic abi	Ace pse	
<b>10.1</b>	2683179,123 6096	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	60	50	90	4	Rub cae		Cor ave	Cra mon		Fag syl	Aln inc	
<b>10.2</b>	2683176,123 6075	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	40	50	50	4	Rub cae		Cor ave	Cra mon	Ace pse	Pru avi	Fag syl	
<b>10.3</b>	2683145,123 6073	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	70	30	50	2	Equ tel	Rub cae	Aln inc			Fag syl	Fra exc	Ace pse
<b>10.4</b>	2683149,123 6058	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	30	70	80	3	Equ tel	Rub cae	Fag syl	Cra mon	Sam nig	Ace pse		
<b>10.5</b>	2683138,123 6037	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	5	50	10	2	Cor ave		Sam nig	Cor ave		Ace pse	Cor ave	

Anhang

<b>10.6</b>	2683141,123 6015	7	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	25	40	25	3	Rub cae		Lon xyl	Fag syl	Cor ave	Ace pse	Ulm gla	Fag syl
<b>10.7</b>	2683139,123 6013	6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	60	50	3	Imp nol	Rub cae	Lon xyl	Fag syl	Cor ave	Fag syl	Ace pse	
<b>10.8</b>	2683125,123 6015	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	90	75	25	1	Poa sp.		Ace pse	Cor ave	Car bet	Cor ave	Ace pse	Fra exc
<b>10.9</b>	2683123,123 6028	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	40	25	1	Mer per	Car pen	Cor ave	Fag syl		Ace pse	Fag syl	
<b>10.10</b>	2683131,123 6059	5	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	50	35	50	3	Oxa ace	Mer per	Lon xyl	Sam nig		Fra exc	Ace pse	Pic abi

## Anhang D: R-Code

### #Korrelationsanalyse, logistische Regression und Visualisierung

```
library(ggplot2)
library(readxl)
library(tidyverse)

auswertung_daten_Ba <- read_excel("auswertung_daten_Ba.xlsx")
head(auswertung_daten_Ba)

#logistische Regression
modelx <- glm(Haselmaus ~ Deckungsgrad_K + Deckungsgrad_S + Deckungsgrad_B, data =
auswertung_daten_Ba, family = binomial)

summary(modelx)

# Vorhersagen
predictions <- predict(modelx, type = "response")

# Datenrahmen mit Vorhersagen erstellen
df <- cbind(auswertung_daten_Ba[c("Deckungsgrad_K", "Deckungsgrad_S", "Deckungsgrad_B")],
Vorhersagen = predictions)

# Funktion zur Visualisierung für einen Deckungsgrad
plot_deckungsgrad <- function(deckungsgrad) {
  ggplot(df, aes_string(x = deckungsgrad, y = "Vorhersagen")) +
    geom_point(color = "blue", alpha = 0.5) +
    geom_smooth(method = "glm", method.args = list(family = "binomial"), se = FALSE, color = "red") +
    labs(x = deckungsgrad, y = "Vorhersagen") +
    ggtitle(paste("Vorhersagen des LogMod für", deckungsgrad)) +
    theme_minimal()
}

# Diagramm für Deckungsgrad_K
plot_deckungsgrad("Deckungsgrad_K")

# Diagramm für Deckungsgrad_S
plot_deckungsgrad("Deckungsgrad_S")

# Diagramm für Deckungsgrad_B
plot_deckungsgrad("Deckungsgrad_B")

#AUC Berechnung logistische Regression.
install.packages("pROC")
library(pROC)

#logistische Regression
modelx <- glm(Haselmaus ~ Deckungsgrad_K + Deckungsgrad_S + Deckungsgrad_B, data =
auswertung_daten_Ba, family = binomial)

# Vorhersagen
predictions <- predict(modelx, type = "response")
roc_data <- roc(auswertung_daten_Ba$Haselmaus, predictions)
```

---

```
# AUC-Wert berechnen
auc_value <- auc(roc_data)
print(auc_value) # Gibt den AUC-Wert aus

#Daten einlesen für Analyse mit Anz_relv_Pfl.
Anz_relv_Pfl <- read_excel("Anz_relv_Pfl.xlsx")
head(Anz_relv_Pfl)

# Logistische Regression für Anz_relv_Pflanzen
logMod_Pfl <- glm(Haselmaus ~ Anz_relv_Pflanzen, data = Anz_relv_Pfl, family = binomial)
summary(logMod_Pfl)

# Vorhersagen erstellen
predictions1 <- predict(logMod_Pfl, type = "response")

# noisy_prediction zu den Vorhersagen hinzufügen, Bereich [0, 1]
set.seed(123) #Zufallszahlengenerator für die Reproduzierbarkeit
noisy_predictions <- pmin(pmax(predictions1 + rnorm(length(predictions1), mean = 0, sd = 0.1), 0), 1)

# Datenrahmen mit Vorhersagen erstellen
df <- data.frame(Anz_relv_Pfl = Anz_relv_Pfl$Anz_relv_Pflanzen, Vorhersagen = noisy_predictions)

# Funktion zur Visualisierung für Anz_relv_Pflanzen
plot_Anz_relv_Pflanzen <- function() {
  ggplot(df, aes(x = Anz_relv_Pfl, y = Vorhersagen)) +
    geom_point(color = "blue", alpha = 0.5) +
    geom_smooth(method = "glm", method.args = list(family = "binomial"), se = FALSE, color = "red") +
    labs(x = "Anz_relv_Pflanzen", y = "Vorhersagen") +
    ggtitle("Vorhersagen des LogMod für Anz. relev. Pfl.") +
    theme_minimal()
}
plot_Anz_relv_Pflanzen()

#Down Sampling
library(readxl)
library(tidyverse)
library(ggplot2)

auswertung_daten_Ba <- read_excel("auswertung_daten_Ba.xlsx")
head(auswertung_daten_Ba)

#Downsamling
num_iterations <- 100 # Anzahl der Iterationen für das Downsampling

# Ergebnisse speichern
results <- list()# numeric(num_iterations)
p_values = list()
coef_values = list()

for (i in 1:num_iterations) {
```

---

```
# Anzahl der Haselmaeuse (Präsenz)
num_present <- sum(auswertung_daten_Ba$Haselmaus == 1)

# Anzahl der Haselmaeuse (Absenz)
num_absent <- sum(auswertung_daten_Ba$Haselmaus == 0)

# Indexe für Haselmaeuse (Absenz) auswaehlen
index_absent <- which(auswertung_daten_Ba$Haselmaus == 0)

# Zufaeilige Auswahl eines Teils der Haselmaeuse (Absenz)
set.seed(i) #Seed für jede Iteration
selected_indices <- sample(index_absent, size = num_present)

# Kombinieren Präsenz und Absenz der Haselmaeusen
selected_data <- rbind(auswertung_daten_Ba[auswertung_daten_Ba$Haselmaus == 1, ],
                      auswertung_daten_Ba[selected_indices, ])
print(selected_data)

#logistische Regression mit dem Datensatz selected_data
model <- glm(Haselmaus ~ Deckungsgrad_K + Deckungsgrad_S + Deckungsgrad_B, data =
selected_data, family = binomial)
summary(model)

#summary p-Werte und coefficients
p_values[[i]] = coef(summary(model))[,4]
coef_values[[i]] = coef(summary(model))[,1]

# Speichern der Vorhersagen des Modells in results
results[[i]] <- predict(model, type = "response")

test = predict(model, type = "response")
plot(test)
}

p_values_df = t(as.matrix(as.data.frame(p_values)))
for(i in 1:length(p_values)){
  print(p_values[[i]])
}
#Dataframe erstellen
coef_values_df = t(as.matrix(as.data.frame(coef_values)))

#Visualisierung p-Werte (für den Abgleich mit unverändertem Datensatz)
boxplot(p_values_df[,1],p_values_df[,2],p_values_df[,3],p_values_df[,4])
abline(h=0.05)
abline(h=0.1)

#Visualisierung coef alle (für den Abgleich mit unverändertem Datensatz)
boxplot(coef_values_df[,1],coef_values_df[,2],coef_values_df[,3],coef_values_df[,4])
#Visualisierung coef ohne Krautschicht
boxplot(coef_values_df[,2],coef_values_df[,3],coef_values_df[,4])
```

---

**Anhang E: Selbstständigkeitserklärung**

Mit der Abgabe dieser Arbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Arbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

**Ort, Datum:** Wädenswil, 10.01.2024

**Unterschrift:**



Sunhild Zwahlen

---