

Fachbereich 1 - Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung

Masterarbeit

Erprobung des Einsatzes von Artenspürhunden
zur Kartierung von invasiven Pflanzenarten am
Beispiel von *Impatiens glandulifera* im Selketal



vorgelegt von: Maike Legerlotz (Matr.-Nr.: 4060882)

Studiengang: Naturschutz & Landschaftsplanung (M. Sc.)

Betreuung: Prof. Dr. Caroline Stolter, Hochschule Anhalt
Dr. Annegret Grimm-Seyfarth, UFZ
M. Sc. Nora Haack, UfU

Datum der Abgabe: 01.08.2023

Zusammenfassung

Invasive Pflanzen, wie *Impatiens glandulifera* sind immer weiter auf dem Vormarsch. Die rasche Ausbreitung der Art wird insbesondere durch die Möglichkeit zur Hydrochorie begünstigt. Ein frühzeitiges Entdecken neuer Populationen gilt als erfolversprechendes und wirtschaftlich günstiges Mittel, um ihrer Ausbreitung entgegen zu wirken. Da dieser invasive Neophyt gerade in kühleren Bachtälern erst spät keimt, ist er schwer zwischen der schon hochgewachsenen, grünen Vegetation zu finden. Eine Möglichkeit, neben der gängigen Kartiermethode mittels visueller Erfassung durch den Menschen, ist der Einsatz von Artenspürhunden. Diese in Deutschland noch wenig verbreitete Methode zur Arterfassung kann vor allem dann genutzt werden, wenn Arten schwer zu finden sind, möglichst alle Individuen einer Art gefunden oder große Flächen abgesucht werden müssen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zehn Transekte entlang der Selke im Harz zu zwei verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der Vegetationsperiode jeweils von einem Artenspürhund sowie von einer Botanikerin auf Vorkommen von *I. glandulifera* überprüft. Ziel war es, zu analysieren, in welchem Bereich der Kartierung von *I. glandulifera* ein Einsatz von Artenspürhunden dem Menschen gegenüber von Vorteil wäre.

Der Artenspürhund erzielte während beider Kartierungen eine bessere Fundrate als die Botanikerin. Dabei war das Artenspürhundeteam jedoch langsamer. Der Hund erreichte in den Wuchskategorien „steril“, „blühend“ und „verwelkt“ ähnlich gute Ergebnisse. Große Bestände wurden von ihm jedoch häufig überlaufen. Diese wurden dagegen alle von der Botanikerin entdeckt. Es zeigte sich, dass die Botanikerin für die Kartierung der verwelkten Pflanzen mehr Zeit benötigte, weil sie in der grünen Vegetation schwieriger zu finden waren. Während der zweiten Kartierung fing der Hund zudem an, vermutlich durch eine weitergehende Generalisierung, auch das dort vorkommende *Impatiens parviflora* anzuzeigen, welches als eingebürgerter Neophyt gilt.

Neben der Freilandkartierung wurde in einem Versuch überprüft, ob und welche Samenmengen von *I. glandulifera* der Artenspürhund erkennt. Dabei wurden dem Artenspürhund nach und nach verschiedene Mengen an Samen in einem Line-up präsentiert und analysiert, ob er eine höhere Menge an Samen besser erkennt als eine niedrigere. Der Samenversuch zeigte, dass der Hund keine Probleme hatte, Samen von *I. glandulifera* als seinen Zielgeruch zu erkennen. Zudem waren keine Unterschiede in der Fundrate zwischen den verschiedenen Samenmengen auszumachen. Die Ergebnisse zeigen, dass Artenspürhunde für die Erfassung von invasiven Pflanzenarten effektiv eingesetzt werden können.

Schlagwörter: Artenspürhunde, *Impatiens glandulifera*, invasive Arten, gebietsfremde Pflanzen, Kartiermethoden

Abstract

Invasive plants such as *Impatiens glandulifera* are becoming increasingly widespread. The rapid spread of the species is favoured in particular, by the possibility of hydrochory. Early detection of new populations is considered a promising and economically favourable means of counteracting their spread. Since this invasive neophyte germinates late, especially in cooler stream valleys, it is difficult to find among the already tall, green vegetation. One possibility, besides the common mapping method by means of visual detection by humans, is the use of wildlife detection dogs. This method of species detection, which is still not very widespread in Germany, can be used especially when species are difficult to find, all individuals of a species have to be found if possible, or large areas have to be searched.

Within the framework of this work, ten transects along the Selke river in the Harz region were checked for the presence of *I. glandulifera* at two different times within the vegetation period, each by a species sniffer dog and by a botanist. The aim was to analyse in which area of the mapping of *I. glandulifera* the use of wildlife detection dogs would be advantageous in comparison to humans.

The wildlife detection dog achieved a better detection rate than the botanist during both mappings. However, the wildlife detection dog team was slower. The dog achieved similarly good results in the growth categories "sterile", "flowering" and "wilted". Large stands were frequently overrun by it. These, on the other hand, were all discovered by the botanist. It turned out that the botanist needed more time to map the wilted plants because they were more difficult to find in the green vegetation. During the second mapping, the dog also began to indicate, presumably through further generalisation, the *I. parviflora* occurring there, which is considered a naturalised neophyte.

In addition to the field mapping, an experiment was conducted to test whether and which seed quantities of *I. glandulifera* the wildlife detection dog recognises. The wildlife detection dog was gradually presented with different quantities of seeds in a line-up and analysed to see whether it recognised a higher quantity of seeds better than a lower quantity. The seed test showed that the dog had no problems recognising the seeds of *I. glandulifera* as its target odour. In addition, no differences in the display between the different seed quantities were discernible. The results show that wildlife detection dogs can be effectively used for the detection of invasive plant species.

Keywords: Wildlife detection dogs, *Impatiens glandulifera*, invasive species, alien plants, monitoring methods

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	3
2.1 Lage	3
2.2 Klima	4
2.3 Geologie und Boden	5
2.4 Vegetation	5
2.5 Schutzgebiete	6
2.6 Neophyten	7
3. Material und Methodik	9
3.1 Artenspürhunde im Naturschutz	9
3.2 Datenerfassung	10
3.2.1 Kartierung von <i>Impatiens glandulifera</i> im Selketal	10
3.2.2 Versuch zum Aufspüren von Samen	13
3.3 Datenauswertung	15
3.3.1 Statistische Auswertungen der Kartierungen	15
3.3.2 Statistische Auswertungen des Samenversuchs	15
4. Ergebnisse	16
4.1 Kartierung von <i>Impatiens glandulifera</i> im Selketal	16
4.1.1 Ergebnisse der ersten Kartierung	16
4.1.2 Ergebnisse der zweiten Kartierung	17
4.1.3 Gesamtergebnisse	18
4.1.4 Modellierungen zur Bestimmung von Parametern mit Einfluss auf die Entdeckungswahrscheinlichkeiten von <i>Impatiens glandulifera</i>	21
4.2 Versuch zum Aufspüren von Samen	24
5. Diskussion	25
5.1 Kartierung von <i>Impatiens glandulifera</i> im Selketal	25
5.2 Versuch zum Aufspüren von Samen	31
5.3 Fazit und Ausblick	32
Quellenverzeichnis	34
Anhang	i

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets (roter Zielpunkt). (Quelle: basemap.de/BKG 2023. GeoBasis-DE/LVermGeo LSA, 2023. Karte verändert: Zugeschnitten und Zielpunkt eingefügt.).....	3
Abbildung 2: Klimadiagramm der Wetterstation Harzgerode im Zeitraum 01/2018 - 12/2022). Datenquelle: https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Harzgerode/Klima/	4
Abbildung 3: Das Selketal (Quelle: Eigene Aufnahme)	6
Abbildung 4: Größflächiger Bestand von <i>I. glandulifera</i> oberhalb der Selkemühle. (Quelle: Eigene Aufnahme).....	7
Abbildung 5: Vorkommen von <i>I. glandulifera</i> im Selketal zwischen Harzgerode und Meisdorf (Quelle: https://www.korina.info/projekte/selke-projekt/).....	7
Abbildung 6: Nuka mit Hundeführer*in Maike in der Startposition zum Suchen. (Quelle: Anne Zylinski, Wilde Pfoten Fotografie).....	10
Abbildung 7: Lage der Transekte entlang der Selke, zwischen dem IV. Hammer/Mägdesprung und Meisdorf. (Karte: Garmin TOPO Deutschland v9 Pro, Maßstab 1:500. Karte verändert: Zugeschnitten und Transekte eingefügt).....	12
Abbildung 8: Versuchsaufbau Line-up. Oben links: Probenbehälter mit Samen (Quelle: Eigene Aufnahme)	13
Abbildung 9: Korrekte Anzeige an einem Behälter mit Zielgeruch (=Richtig-Positiv) (Quelle: Eigene Aufnahme).....	14
Abbildung 11: Vergleich der Kartierzeit aus der 1. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=10). Gepaarter Wilcoxon Test, p=0,009.....	17
Abbildung 10: Vergleich der Anzahl von Fundpunkten aus der 1. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=10). Gepaarter T-Test, p=0,04.	17
Abbildung 12: Verwelkter Keimling im November, welcher verdeckt von Laub vom Hund gefunden wurde.....	17
Abbildung 14: Vergleich der Kartierzeit aus der 2. Kartierung zwischen beiden Teams (n=10). gepaarter T-Test, p=0,80.....	18
Abbildung 13: Vergleich der Anzahl von Fundpunkten aus der 2. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=10). Der Median vom Mensch ist gleich dem 3. Quartil. Gepaarter Wilcoxon Test, p=0,66.	18
Abbildung 15: Vergleich der Anzahl aller Fundpunkte beider Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Der Median beim Mensch ist identisch mit dem 3. Quartil. Gepaarter Wilcoxon Test, p=0,10.	19
Abbildung 16: Vergleich der Suchzeit zwischen dem Artenspürhundeteam auf allen Transekten (n=10) und der Botanikerin (n=10) während der 1. Kartierung. Gepaarter Wilcoxon-Test, p=0,11.	20

Abbildung 17: Vergleich der Suchzeit zwischen dem Artenspürhundeteam auf allen Transekten (n=10) und der Botanikerin (n=10) während der 2. Kartierung. Gepaarter T-Test, $p=0,74$	20
Abbildung 19: Vergleich der Suchzeit zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Gepaarter T-Test, $p=0,18$	21
Abbildung 18: Vergleich der Kartierzeit zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Gepaarter T-Test, $p=0,01$	21
Abbildung 20: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Hund in Abhängigkeit von der Temperatur. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.	22
Abbildung 21: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Hund in Abhängigkeit von der Luftfeuchte. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.	22
Abbildung 22: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen vom Hund in Abhängigkeit der verschiedenen Wuchskategorien. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.	23
Abbildung 23: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Menschen in Abhängigkeit der verschiedenen Wuchskategorien. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.	24
Abbildung 24: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Menschen in Abhängigkeit von der Temperatur. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Startpositionen der einzelnen Transekte	11
Tabelle 2: Witterungstabelle des Artenspürhundeteams für die 1. und 2. Kartierung.	13
Tabelle 3: Witterungstabelle der Botanikerin für die 1. und 2. Kartierung.	13
Tabelle 4: Beispiele aus der Trainingsdokumentation des Samenversuches. Nummer 2 ist ein fehlerfreier Durchgang mit einer richtig–positiven Anzeige und fünf richtig–negative Anzeigen. Nummer 26 ist ein fehlerhafter Durchgang mit einer falsch–negativ Anzeige, vier richtig–negativ Anzeigen und einer falsch–positiv Anzeige. Nummer 36 ist ein fehlerhafter Durchgang mit einer falsch–negativ Anzeige und fünf richtig–negativ Anzeigen. Die Probe befand sich in diesen drei Durchgängen jeweils im ersten Behälter (grün markiert). Beim Ausfüllen der Tabelle wurde ein Häkchen für eine Anzeige und ein Kreuz für keine Anzeige verwendet.	14
Tabelle 5: Auswertungsparameter im Vergleich beider Teams über beide Kartierzeitpunkte hinweg. Angabe des Durchschnitts und der Spannweite in Klammern. Die Prozentangaben der Wuchskategorien beziehen sich auf Verteilung der Funde in den einzelnen Teams. Der prozentuale Anteil der Bestände ergibt sich aus den Fundpunkten insgesamt.	19

Tabelle 6: Verbleibende Faktoren des geeignetsten Habitatmodels vom Hund. Signifikante Werte sind hervorgehoben.....	22
Tabelle 7: Verbleibende Faktoren des geeignetsten Habitatmodels vom Mensch.	23
Tabelle 8: Auswertung der Leistungsparameter im Durchschnitt von Training und Abschlusstest	25

1. Einleitung

Heutzutage sind nicht heimische Pflanzen, so genannte Neophyten, in fast allen Lebensräumen anzutreffen (DERICKS, 2006). Dabei werden einige Arten problematisch, wenn sie durch ihre Ausbreitung erhebliche ökologische Konsequenzen und ökonomische Auswirkungen haben (MWU, 2010). Weltweit stellen solche IGA (invasiven, gebietsfremden Arten) ein großes Problem für den Naturschutz dar, weil sie als eine der Hauptursachen für den Verlust von biologischer Vielfalt gelten (ESSL & RABITSCH, 2013). Problematisch sind sie vor allem dadurch, dass sie heimische Lebensräume, Arten oder Ökosysteme beeinträchtigen, indem sie Strukturen ändern, Dominanzbestände ausbilden und Artgemeinschaften negativ beeinflussen. Die ökonomischen Schäden lassen sich im Bereich der Landwirtschaft, Gartenbau, im kommunalen Bereich, der Forstwirtschaft, Wasser-, Fischereiwirtschaft und dem Gesundheitswesen finden (GRÖGER-ARNDT & ARNDT, 2011). Aufgrund dieser negativen Auswirkungen invasiver Arten wurde am 1. Januar 2015 die „Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten“ verabschiedet, welche einen Rechtsakt für die Erhaltung der Biodiversität darstellt. Ein Instrument dieser Rechtsverordnung ist die Unionsliste, welche für die gelisteten Arten ein Verbot von Einfuhr, Haltung, Zucht, Transport, Erwerb, Verwendung, Tausch und Freisetzung regelt (NEHRING & SKOWRONEK, 2020). Des Weiteren sieht die Verordnung Managementmaßnahmen für bereits weit verbreitete invasive gebietsfremde Arten vor, um Populationen zu finden und sie rechtzeitig zu beseitigen.

Nach der neuen Unionsliste über IGA ist *Impatiens glandulifera* (Drüsiges Springkraut) eine invasive Art mit wild lebendem Nachweis in allen 16 Bundesländern und damit von unionsweiter Bedeutung (NEHRING & SKOWRONEK, 2020). Diese Art profitiert von dem Diasporen-Transport der Bäche und Flüsse, der sogenannten Hydrochorie, was einen der bedeutendsten Transportwege für invasive Arten darstellt (SITTARO et al., 2023). Ihre Samen werden durch einen leicht auslösbaren Schleudermechanismus weit weg geschleudert und durch den Wasserweg schnell verbreitet (DERICKS, 2006). *Impatiens glandulifera* bildet große Dominanzbestände und verdrängt dabei die natürliche Vegetation. Die Auswirkungen auf das Gewässer sind vor allem Ufererosion und damit eine verringerte Wasserqualität aufgrund der geringen Wurzelbildung des Springkrautes. Des Weiteren hat diese Pflanzenart negative Auswirkungen auf die Abundanzen und Vielfalt vieler wirbelloser Tierarten (TANNER et al., 2013).

Um die Managementmaßnahmen der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 zu erfüllen und die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Pflanzenarten einzudämmen, müssen sie vor ihrer Samenreife beseitigt werden. Hierfür ist ein rechtzeitiges Auffinden der Populationen in einem möglichst frühen Wachstumsstadium notwendig. Die Hauptblütezeit von *I. glandulifera* dauert von Juli bis Oktober (DERICKS, 2006). Da diese Art erst bei wärmeren Temperaturen keimt, bleibt nur eine kurze Phase von etwa zwei Monaten, um die wachsenden Pflanzen zu entfernen. Im blühenden Zustand kann man die bis zu 2,5 m groß werdenden Pflanzen schon von weitem erkennen (TANNER et al., 2017). Im heranwachsenden Zustand stehen sie allerdings unter der schon hoch gewachsenen Vegetation, weswegen eine herkömmliche Kartierung durch den Menschen einige Zeit in Anspruch nimmt.

Eine andere Möglichkeit, neue Populationen von invasiven Pflanzenarten frühzeitig zu finden, ist der Einsatz von Artenspürhunden. Diese in Mitteleuropa noch recht junge Art der Kartierung wird in Afrika, Amerika, Neuseeland oder Australien bereits seit einigen Jahren für verschiedene Artengruppen erfolgreich angewendet (GRIMM-SEYFARTH et al., 2021a). Dabei zeigt sich, dass der Einsatz von Artenspürhunden häufig effektiver und dadurch kostengünstiger, sowie häufig weniger

invasiv als herkömmliche Erfassungsmethoden ist (BÖCKER et al., 2018). Artenspürhunde bieten daher, je nach Fragestellung, einen großen wissenschaftlichen und ökonomischen Mehrwert (GRIMM-SEYFARTH et al., 2021a). Bisher wurden Artenspürhunde hauptsächlich für Nachweise von Tierarten, insbesondere von Säugetieren eingesetzt. Dabei können direkte Nachweise (Individuen) oder indirekte Nachweise (Kot, Federn, Brutplätze oder Ähnliches) erbracht werden. Nach einer Studie über den Einsatz verschiedener Hunderassen für die Artenspürhundearbeit im Vereinigten Königreich, spielt die Suche nach Pflanzen dabei eine sehr untergeordnete Rolle (GRIMM-SEYFARTH et al., 2021a), dennoch gibt es schon einige vielversprechende Studien zum Einsatz von Artenspürhunden auf (invasive) Pflanzenarten (GOODWIN et al., 2010; HURT et al., 2016; MCLEAN & SARGISSON, 2017; NEEDS et al., 2021; VESELY, 2008). Aktuell gibt es in Deutschland noch keine Standards und Zertifizierungsmöglichkeiten für Artenspürhunde. An der Entwicklung und Umsetzung dafür arbeitet zurzeit ein Fachgremium des WDD (Wildlife Detection Dogs), sodass in naher Zukunft Teams nachweislich auf ihre Eignung des Einsatzes auf bestimmte Arten geprüft werden können.

Die vorliegende Arbeit findet im Rahmen des Bürgerwissenschaftsprojekts „IGAMon Dog“ (www.igamon.de) statt. Dabei werden Hundehalter*innen geschult, ihre Hunde als Artenspürhunde für IGA auszubilden. Da sich Hundehalter*innen viel und gerne draußen aufhalten, sowie häufig einen starken Bezug zur Umwelt haben, sind sie eine große Zielgruppe im Naturschutz. Das Projekt hat eine Laufzeit von April 2021 bis September 2024 und wird vom UfU (Unabhängiges Institut für Umweltfragen), UFZ (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung) und dem WDD geleitet. Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der zweiten Förderrichtlinie Citizen Science.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einsatz eines für das Aufspüren von *I. glandulifera* ausgebildeten Hundes auf seine Effizienz und insbesondere dessen Einsatzmöglichkeiten während verschiedener Wuchskategorien der Pflanzen zu überprüfen. Um den Fragestellungen nachzugehen, werden mit dem Artenspürhund mehrere Transekte im Selketal (Harz) zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahr abgesucht und jeder Fundpunkt von *I. glandulifera* aufgenommen. Die Transekte werden zu jedem Kartierzeitpunkt zusätzlich von einer Botanikerin nach *I. glandulifera* abgesucht.

Die wichtigsten Fragen dieser Masterarbeit sind folgende:

- Wie und in welchen Wuchskategorien unterscheiden sich die Ergebnisse der Kartierung von *I. glandulifera* bei der Kartierung durch ein Mensch-Hunde-Team einerseits und eine Botanikerin andererseits?
- Ist der Hund in der Lage, auch geringe Mengen an Samen von *I. glandulifera* zu finden?
- Kann der Hund *I. glandulifera* von anderen im Selketal vorkommenden Springkrautarten unterscheiden?

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Lage

Der Harz, das höchste Mittelgebirge Norddeutschlands, befindet sich im Ländereck Thüringen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt und erstreckt sich über eine Fläche von 2.226 km². Das nordöstlich gelegene Selketal liegt in der Landschaftseinheit des Unterharzes (SZEKELY, 2001), welcher sich von der Harzgeröder Zone (ca. 480 m ü. NN) bis zur östlichen Grenze des Harzes (unter 300 m ü. NN) in Sachsen-Anhalt zieht (REICHHOFF, 2000). Die kartierten Transekte befinden sich entlang des Selketals auf einer Strecke von 7 km zwischen Mägdesprung (Harzgerode) und Meisdorf (Abbildung 1), das nach der naturräumlichen Gliederung Deutschlands des BfN (Bundesamtes für Naturschutz) zur Einheit D37 „Harz“ als Bestandteil der Haupteinheit „Westliches Mittelgebirge“ gehört (SSYMMANK, 1994). Das Untersuchungsgebiet liegt im Wuchsbezirk „Ostharzer Abdachung“, welcher Teil des Wuchsgebiets „Harz“ ist (HEINRICH, 2011). Der Fluss Selke fließt auf rund 69 km durch ein Tal, das von den Orten Güntersberge, Straßberg, Harzgerode, Meisdorf und Hoym eingegrenzt wird. Hinter Hedersleben mündet sie schließlich als Hauptnebenfluss in die Bode. Das Untersuchungsgebiet ist administrativ vollständig dem Landkreis Harz unterstellt (SALIX, 2010) und liegt auf ca. 290 m Höhe. Das Untersuchungsgebiet fällt in den östlichen Bereich des FFH-Gebiet "Selketal und Bergwiesen bei Stiege".



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets (roter Zielpunkt). (Quelle: basemap.de/BKG 2023. GeoBasis-DE/LVermGeo LSA, 2023. Karte verändert: Zugeschnitten und Zielpunkt eingefügt.)

2.2 Klima

Der östliche Teil des FFH-Gebiets "Selketal und Bergwiesen bei Stiege" liegt nach der großklimatischen Einordnung im Bereich des Börde- und Mitteldeutschen Binnenlandklimas. Dieser Bereich liegt im Übergangsbereich zwischen subatlantischem und subkontinentalem Klima, wobei die Luvseite stärker atlantisch und die Leeseite des Harzes hauptsächlich kontinental geprägt ist (KARSTE et al., 2011). Durch die Höhe des Harzes steigen herankommende Luftmassen auf und es kommt auf der Luvseite zu Wolkenbildung und Niederschlag. Aufgrund der vorherrschenden Windrichtung aus Südwesten befindet sich die Leeseite im Harz im nordöstlichen Bereich. Das hat zur Folge dass dort durch die sogenannte Föhnwindbildung höhere Temperaturen vorherrschen als auf der Luvseite im Südwesten des Harzes (REICHHOFF, 2000) und sich so ein deutliches Klimagefälle innerhalb der Südwest-Nordost-Grenze bildet (KARSTE et al., 2011). Die Jahrestemperatur in Harzgerode lag in den letzten fünf Jahren im Mittel bei 9,8 C. Ein weiterer Effekt der Föhnwindbildung sind deutlich geringere Niederschlagsmengen auf der Leeseite (REICHHOFF, 2000). Man nennt diesen Bereich auch „Regenschatten des Harzes“. Der durchschnittliche Jahresniederschlag im Zeitraum von 2018 bis 2022 betrug in Harzgerode 480 mm. Die Monate Januar, Februar und Oktober sind mit über 51 mm die niederschlagsreichsten Monate (Abbildung 2). Die Vegetationsperiode mit Tagesmitteltemperaturen von 8°C beginnt in den Höhenlagen des Untersuchungsgebiets Mitte April (REICHHOFF, 2000) und geht bis Ende Oktober.

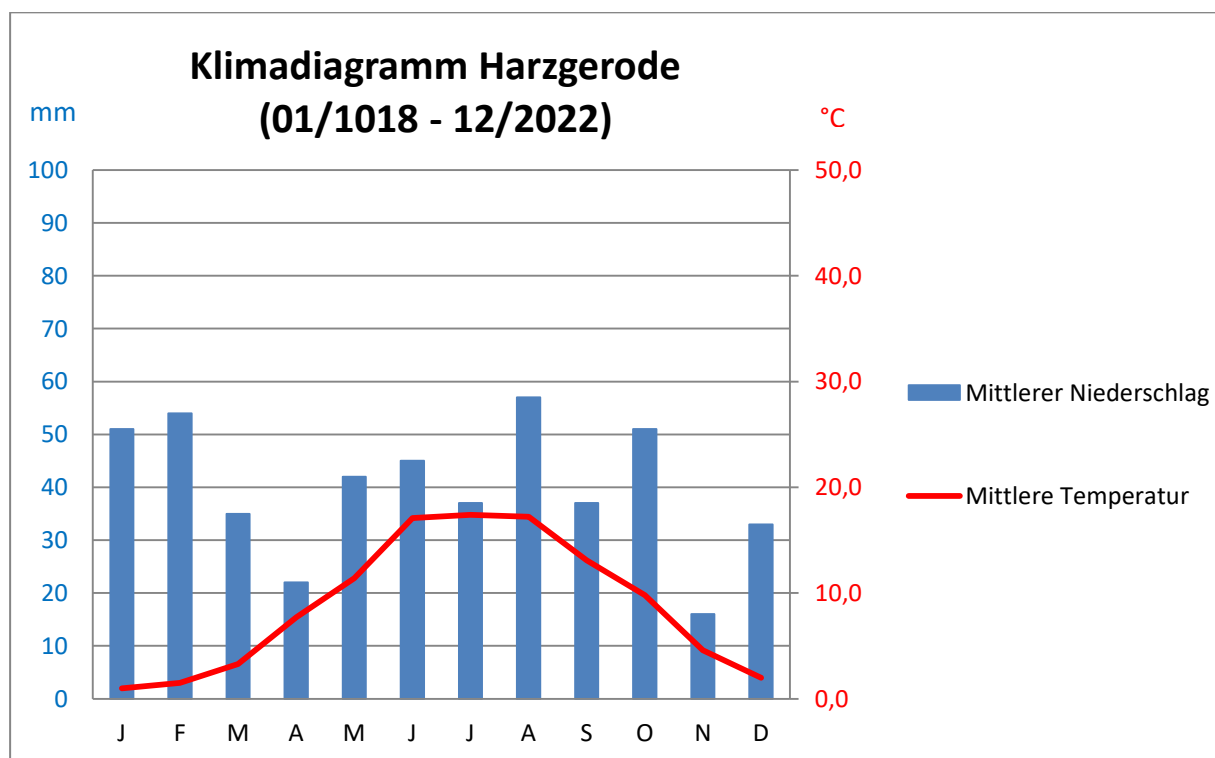


Abbildung 2: Klimadiagramm der Wetterstation Harzgerode im Zeitraum 01/2018 - 12/2022). Datenquelle: <https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Harzgerode/Klima/>.

2.3 Geologie und Boden

Der Harz ist morphologisch und geologisch in die drei Regionen Hoch-, Mittel- und Unterharz gegliedert und hat als nördlichstes Mittelgebirge Deutschlands eine geomorphologische Sonderstellung (FRANK, 2006). Der nördlichen Rand des Unterharzes bei Thale wird von einer ausgeprägten Bruchstufe mit fast senkrechten Steilhängen, anstehenden Felsen und Blockschutthalden aus hart anstehendem Grundgestein begrenzt. An den höchsten Punkten beträgt die Höhe dieser Bruchstufe von der Sohle aus 250 m. Weiterhin wird das Gebiet von tief eingeschnittenen Flusstälern der Bode und Selke durchzogen, die das Gebiet prägen. Das dichte Fließgewässernetz im Harz entstand aufgrund der geringen Versickerungsfähigkeit des anstehenden Gesteins mit gebietsweise hohen Niederschlägen (MAMMEN et al., 2013). Der geologische Untergrund besteht im ganzen Harz überwiegend aus Gesteinen des Paläozoikums.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über drei verschiedene tektonische Einheiten. Der Bereich von Harzgerode bis zur Selkemühle gehört geologisch gesehen zur Harzgeroder Zone. Die Gesteine in dieser Gegend bestehen aus submarin entstandenen Rutschmassen aus dem Unterkarbon. Bei dem anstehenden Gestein handelt es sich vor allem um Tonschiefer, aber auch teilweise Diabase, Grauwacken oder Graptolithenschiefer. Von der Selkemühle aus Richtung Meisdorf schließt sich das Gebiet der Selke-Decke an, das von Grauwacken, Tonschiefern, Konglomeraten und Kieselschiefern gebildet wird. In dem Teil des Selketals tritt auch die Selkegrauwacke auf, die durch ihre Härte und Verwitterungsfestigkeit Steilhänge und Felsformationen bildet, wie etwa den Felssattel der Burg Falkenstein. Daran anschließend durchfließt der Unterlauf der Selke das Meisdorfer Becken, das durch unterrotliegendes Gestein geprägt wird (SALIX, 2010). Diese Gesteine sind durch Basenarmut und eine niedrige Erosionsrate charakterisiert, was zur Folge hat, dass die Bäche durch Deposition von Luftschadstoffen versauert sind. Aufgrund der gesamten chemischen Zusammenhänge handelt es sich bei der Selke um einen Silikatbach mit grobem Substrat, der bei extremen Hochwasserspitzen einen starken Geschiebetrieb aufweist (HEITKAMP, 2002).

Diese geologischen Untergründe im Selketal beeinflussen - neben Klima, Relief, Wassereinfluss und Vegetationsbedeckung - die Bodenbildung. Neben Skelett-Deckaulehm Vega, Vegagleyen und Harzschotter in der Talaue kommen im Selketal Lehmschutt-Braunerden bis Fahlerden und Podsole im Durchbruchtal vor. Die Böden sind noch überwiegend in naturnahen Verhältnissen. Jedoch bewirken Eingriffe aus Landwirtschaft und Gewässerbau in das Gewässersystem, dass die Auenböden zunehmend austrocknen (SALIX, 2010).

2.4 Vegetation

Durch unterschiedlich exponierte Stellen, die geringen Höhenlagen und die breite Talöffnung (Abbildung 3) und den daraus resultierenden besonderen klimatischen Bedingungen haben sich viele verschiedene schützenswerte Pflanzengesellschaften im Selketal gebildet. Mit seinem Reichtum an naturnahen Laubwäldern gehört es zu den wertvollsten Tälern des Harzes (FUNKEL, 2002). Die steil aufragenden Hänge des Selketals weisen meist eine naturnahe Vegetation mit überdurchschnittlich viel Totholzanteil auf (MAMMEN et al., 2013). An den Südhängen im nördlichen Teil wechseln sich Offenlandbiotope aus Halbtrocken- und Trockenrasen mit wärmeliebenden, bodensauren Eichen- und Eichenmischwäldern ab. Die besonders armen Felsenstandorte werden von Felsgebüsch wie *Rosa spec.* (Wildrose), *Cotoneaster integerrimus* (Gemeine Zwergmispel) und *Cytisus scoparius* (Besenginster) besiedelt. Im südlichen Teil an den Nordhängen sind Waldgesellschaften frischer Standorte zu finden. Die Hänge im Westen und Osten des Gebietes sind mit bodensauren

Traubeneiche-Buchenwäldern bestockt. Im östlichen Selketal befinden sich Erlen-Eschenwälder (HENTSCHEL et al., 1983). Herauszuheben ist, dass das gesamte Selketal aus einem Mosaik aus Nadel-, Laubwald und Offenlandbiotopen besteht. Dabei machen die Waldbestände 76 % des FFH-Gebiets aus. Zudem befinden sich entlang der Selke Hochstauden- und Uferfluren (SALIX, 2010). Insgesamt wurden bei einer Kartierung im NSG „Oberes Selketal“, aus den Jahren 2000 und 2001 46 verschiedene Biotoptypen



Abbildung 3: Das Selketal (Quelle: Eigene Aufnahme)

kartiert, wovon 35 auf der Roten Liste Deutschlands stehen (FUNKEL, 2002). Des Weiteren gehört das FFH-Gebiet „Selketal und Bergwiesen bei Stiege“ zu den Gebieten mit der höchsten Diversität an LRT (Lebensraumtypen) in Sachsen-Anhalt. Es wurden 16 Offenland-LRT (darunter zwei prioritäre LRT) und fünf Wald-LRT (darunter zwei prioritäre LRT) kartiert, die insgesamt über die Hälfte der Fläche des FFH-Gebiets einnehmen. Die Selke ist fast vollständig als LRT 3260 (Flüsse der planaren bis montanen Stufe mit Vegetation des *Ranunculion fluitantis* und des *Callitricho-Batrachion*) eingestuft. Wichtige Elemente zur Einstufung in diesen LRT sind neben der natürlichen Fließgewässerdynamik eine entsprechende Vegetation mit Vorkommen von mindestens einer charakteristischen Pflanzenart und einen Neophytenanteil von höchstens 10 %. Begleitende Biotope an der Selke sind Erlen-Eschen- oder Weichholz-Auwälder, Hartholzauwälder und Feuchte Hochstaudenfluren (SALIX, 2010).

2.5 Schutzgebiete

Das gesamte Selketal, vom Quellgebiet bis zur Gemeindegrenze zur Stadt Falkenstein/Harz, ist als Naturschutzgebiet ausgewiesen und teilt sich in zwei Gebiete. Das rund 1611 ha große Naturschutzgebiet „Oberes Selketal“ steht seit 1998 durch die Verordnung des Regierungspräsidiums Magdeburg unter Schutz und umfasst das Selketal von Stiege bis östlich der Selkemühle, sowie mehrere Nebentäler. Direkt anschließend an die östliche Grenze bis zum Südwestrand des Ortes Meisdorf, befindet sich das ca. 660 ha große Naturschutzgebiet „Selketal“, welches seit 1994 durch die Verordnung des Regierungspräsidiums Halle unter Schutz steht. Beide Naturschutzgebiete sind vollständig Teil des FFH-Gebietes 96 „Selketal und Bergwiesen bei Stiege“ und erfassen vor allem die großflächig und naturnah erhaltenen Waldgebiete. Dabei erstreckt sich das FFH-Gebiet im Westen von der Harzhochfläche bei Stiege bis zum östlich gelegenen Meisdorf (SALIX, 2010). Im Bereich der zwei Naturschutzgebiete befinden sich auf sieben Teilflächen Totalreservate mit rund 195 ha für eine ungestörte, natürliche Waldentwicklung (FUNKEL, 2002). Dazu sind die nördlich und nordöstlich von Harzgerode liegenden Bereiche Teil des EU-Vogelschutzgebietes „Nordöstlicher Unterharz“. Zudem liegt das gesamte Untersuchungsgebiet innerhalb des Landschaftsschutzgebietes „Harz und Vorländer“ sowie des Naturparks „Harz/Sachsen-Anhalt“, welche sich über den gesamten Harz erstrecken (SALIX, 2010). Weitere nach Naturschutzrecht festgelegte Schutzgebiete im FFH-Gebiet sind fünf Flächennaturdenkmale, die das Untersuchungsgebiet allerdings nicht tangieren.

2.6 Neophyten

Im FFH-Gebiet 96 „Selketal und Bergwiesen bei Stiege“ kommen krautige Neophyten hauptsächlich im Raum Meisdorf vor, wo sich Arten wie *I. glandulifera*, *Fallopia japonica* (Japanischer



Abbildung 4: Großflächiger Bestand von *I. glandulifera* oberhalb der Selkemühle. (Quelle: Eigene Aufnahme)

Staudenknöterich), *Heracleum mantegazzianum* (Herkulesstaude) und *Spiraea x billardii* (Spierstrauch) in den Uferbereichen der Selke ausbreiten. Durch das stellenweise große Aufkommen an Neophyten, wurde die Selke als LRT bei dem Kriterium „Beeinträchtigungen“ massiv abgewertet. *Impatiens glandulifera* stellte im FFH-Gebiet 96 bis vor einigen Jahren, vor allem im Oberen Selketal um Straßberg, ein Problem dar und wird im Managementplan (SALIX, 2010) als „deutlich in Ausbreitung und schwer zu bekämpfen“ beschrieben. Diese hochwachsende, einjährige Pflanze hat

sich vermutlich in den 1980er Jahren im Harz etabliert und befindet sich heute an vielen Ufersäumen (DIERSCHKE, 2008). Die Diasporen dieser Pflanze werden das ganze Selketal hinabgetragen, sodass es auch weiter unterhalb zu einer vermehrten Ausbreitung kommt, wo sich dann große Dominanzbestände ausbilden (Abbildung 4; Abbildung 5).

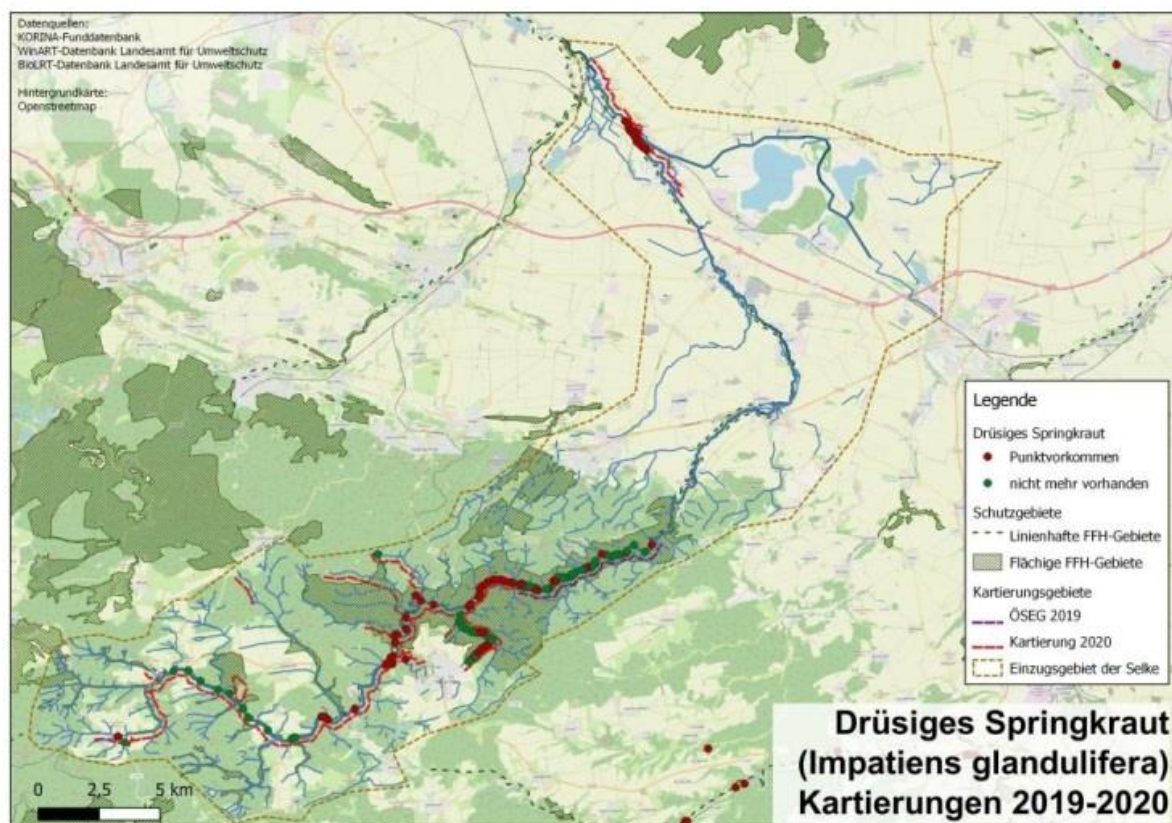


Abbildung 5: Vorkommen von *I. glandulifera* im Selketal zwischen Harzgerode und Meisdorf (Quelle: <https://www.korina.info/projekte/selke-projekt/>)

Laut dem Korina Fundatlas (<https://www.korina.info/funde/atlas/>) kommt im Selketal auch *Impatiens parviflora* (Kleinblütiges Springkraut) vor. Dieser nicht invasive Neophyt ist wesentlich kleiner als *I. glandulifera* und ist zumindest im blühenden Zustand mit seinen gelben Blüten gut von seiner verwandten, invasiven Art zu unterscheiden. Außerdem existieren noch einzelne Fundpunkte von *Impatiens edgeworthii* (Buntes Springkraut). Diese, in Deutschland noch recht neue, invasive Art weist unterschiedlich farbige Blüten auf die mal weiß, gelb, violett oder sogar mehrfarbig sein können (WEISS, 2013).

Rechtlich gesehen besteht bei allen invasiven Arten Handlungsbedarf. Dabei müssen, laut dem Bundesnaturschutzgesetz, auch bereits weit verbreitete IGA an einer weiteren Verbreitung verhindert oder die Auswirkungen der Ausbreitung vermindert werden (BNatschG §40). Die Biodiversitätsstrategie von Sachsen-Anhalt sieht vor, Neobiota in Monitoringprogramme zu integrieren und bei erheblicher Gefährdung von heimischen Arten und Lebensräumen Gegenmaßnahmen vorzunehmen (MWU, 2010). *Impatiens glandulifera* steht in Sachsen-Anhalt auf der Schwarzen Liste (Stand Oktober 2020) mit dem Vermerk „Handlungsbedarf“. Die Schwarze Liste hat, im Gegensatz zur Unionsliste, lediglich einen informierenden Charakter und ist nicht rechtlich wirksam. Dabei dient sie bei rechtlichen Entscheidungen bezüglich invasiver Arten als Grundlage. Die Pflanze gilt als großräumig verbreitet (auf über 25 Rasterquadranten vorhanden) und hat negative wirtschaftliche Auswirkungen, welche wohl vergleichbar mit den Auswirkungen von *F. japonica* sind, die sich auf jährlich rund 30 Millionen Euro belaufen (REINHARDT et al., 2003). Gemäß der Unionsliste 1143/2014 gilt für *I. glandulifera* der Artikel 19, in dem die Managementmaßnahmen für bereits weit verbreitete IGA geregelt sind. Dabei sollten Maßnahmen in einem angemessenen Verhältnis zu den Auswirkungen auf die Umwelt und einer Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt werden. Die notwendigen Maßnahmen für *I. glandulifera* in Sachsen-Anhalt werden in der Schwarzen Liste nach den Kriterien Interspezifische Konkurrenz, Hybridisierung, Krankheits- und Organismenübertragen und negative ökosystemare Auswirkungen als Einzelfall-Maßnahmen geführt, da ihre Verbreitung wahrscheinlich die Biodiversität von Ufern und Auen gefährdet (HORMANN, 2015). Dabei gilt nach Einzelfallprüfung eine Bekämpfung aus Vorsorgegründen. Dabei hat *I. glandulifera* weniger negative Auswirkungen auf einzelne vorherrschende Pflanzenarten als auf die Fließgewässer an sich (DIERSCHKE, 2008). Laut der Unteren Naturschutzbehörde Harz wird *I. glandulifera* oberhalb der Selkemühle, an der Selke selbst und an ihren Nebenflüssen manuell bekämpft (SALIX, 2010). Im Jahr 2009 startete die Ökologische Sanierungs- und Entwicklungsgesellschaft in Zusammenarbeit mit der Unteren Naturschutzbehörde Harz das Projekt „Neophytenfreies Selketal“ gestartet, bei dem jedes Jahr verschiedene IGA beseitigt werden. Dabei konnten Arten wie *H. mantegazzianum* und *I. edgeworthii* fast ausgelöscht werden. Arten wie *Bunias orientalis* (Orientalisches Zackenschötchen) und *I. glandulifera* konnten zurück gedrängt werden (KRAMER, 2023). Die bisher gängige Methode zur Beseitigung von *I. glandulifera* ist die Mahd oder das Ausreißen der Pflanzen zwischen Blüte und Fruchtreife. Vor allem bei einer Mahd darf nicht zu früh geschnitten werden, damit sich die Pflanzen während der Vegetationsperioden nicht noch so weit regenerieren können, dass sie es zur Fruchtreife schaffen, aber auch nicht zu spät, sodass die Samen schon reif werden konnten. Die Bestände müssen über etwa drei Jahre konsequent vor der Samenreife beschnitten werden, um sie zu beseitigen. Bisher wird als einzige praktikable Methode zur Früherkennung von der Besiedlung mit *I. glandulifera* die visuelle Kartierung genannt (TANNER et al., 2017). Dabei hat die Nichtentdeckung von Individuen erhebliche Konsequenzen da sie sich schnell etablieren und weiter ausbreiten (HAUSER et al., 2021). Die Kosten solcher Kartierungen und der manuellen Beseitigung würden sich bei konsequentem Handeln nur im Fall von *I. glandulifera* auf etwa 13 Millionen Euro pro Jahr und Land belaufen (TANNER et al., 2017).

3. Material und Methodik

3.1 Artenspürhunde im Naturschutz

Im Naturschutz werden für die Erfassung von Tier- und Pflanzenarten verschiedene gängige Kartiermethoden angewandt, meist durch ausgebildetes Fachpersonal. Dabei sind manche Methoden invasiv, wie etwa das Fangen von bestimmten Tierarten, kostenintensiv oder stoßen relativ schnell an ihre Grenzen, beispielsweise wenn seltene oder kleine Arten auf großer Fläche gesucht werden sollen. Verschiedene Studien belegen, dass Artenspürhunde in Naturschutzprojekten die Erfassungszeit verkürzen und die Genauigkeit der Erfassung erhöhen (LONG et al., 2007; WASSER et al., 2012; WOOLLETT (SMITH) et al., 2014; ORKIN et al., 2016) können.

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Wege, einen Hund als Artenspürhund auszubilden. Zum einen können die Hunde als Generalisten ausgebildet werden. Dabei sucht der Hund jeden Zielgeruch den man ihm vorher als Referenzgeruch präsentiert. Häufiger werden sie jedoch als Spezialisten ausgebildet. Hierbei werden die Hunde gezielt auf einzelne Gerüche trainiert und suchen diese nach einem Startkommando. Der Vorteil solcher Spezialisten liegt darin, dass der Hund seine erlernten Gerüche mit positiven Emotionen verknüpft. Gerüche werden im Hirn der Hunde zuerst von der Amygdala verarbeitet, die für Emotionen zuständig ist, bevor sie in den frontalen Kortex gelangen, wo sie kognitiv verarbeitet werden. Erlernte Gerüche werden somit emotional verarbeitet, bevor der Hund sie kognitiv erfasst und er fühlt sich spontan vom Zielgeruch angezogen, was sich positiv auf die Detektionsrate auswirkt. Ein weiterer Vorteil des Spezialisten ist, dass bei Hunden mehr spezifische Riechrezeptoren angelegt werden wenn sie für bestimmte Geruchsmoleküle ausgebildet werden (KRAUSS, 2021). Zudem ist eine Generalisierung für verschiedenste Individuen einer Art möglich, sodass der Hund jegliche Teile von Individuen einer Art anzeigen kann. Dies ist bei Generalisten deutlich schwieriger (GRIMM-SEYFARTH, 2021b) da Individuen im Geruch etwas variieren, je nachdem z.B. welches Geschlecht sie haben oder in welchem Zustand sie sind (tot, vertrocknet, lebend usw.). Gerade wenn eine Ausrottung von invasiven Arten angestrebt wird, ist die höhere Erkennungsrate eines spezialisierten Hundes von besonderer Wichtigkeit (BENNETT et al., 2022).

Der Artenspürhund für diese Arbeit ist Nuka, ein fünf Jahre alter Lapinporokoira-Rüde, der im Rahmen des Bürgerwissenschaftsprojekts „IGAMon-Dog“ unter Anleitung von Hundetrainerinnen von mir selbst belohnungsbasiert ausgebildet wurde und bis zum Beginn des Projektes nur sporadische Erfahrung im Bereich des Spürhundetrainings gemacht hatte. Zunächst wurde dem Hund ein passives Anzeigeverhalten bei der Sichtung eines Hundespielzeugs aus Kautschuk – des so genannten Kongs - beigebracht. Wir wählten als Anzeigeverhalten das Vorstehen und Anstarren aus. Dabei sollte der Hund den Kong aus etwa 10 cm Entfernung anschauen. Erst auf ein sprachliches Signal (Markerwort) hin das sein Verhalten als richtig markiert, durfte der Hund die Anzeige auflösen. Eine falsche Reaktion des Hundes wurde nicht belohnt und die Aufgabe abgebrochen. Das Anstarren aus geringer Entfernung ist wichtig, damit der Hund nicht direkt mit seinem Ziel direkt interagiert, die angezeigte Fundstelle aber dennoch auch für das menschliche Teammitglied eindeutig zu erkennen ist. Als Markerwort wählten wir „Jup“ und als Belohnung bekam Nuka ein für ihn hochwertiges Futter.

Im nächsten Trainingsschritt lernte er, den Kong zu suchen und bei einem erfolgreichen Fund das zuvor erlernte Anzeigeverhalten zu zeigen. Im letzten Schritt wurde das Erlernte auf den eigentlichen Zielgeruch (alle Teile von *I. glandulifera*) übertragen. Der Kong hat in der Ausbildung dabei geholfen, eventuelle Trainingsfehler nicht mit dem Zielgeruch in Verbindung zu bringen. Da während der Trainingsphase im Winter zunächst nur mit eingefrorenen Proben gearbeitet werden konnte, musste im Frühjahr der Zielgeruch auch auf frischtote und lebende Exemplare der Zielart generalisiert werden. Dabei war eine weitere Schwierigkeit das Übertragen auf alle Wuchskategorien sowie auf größere Ansammlungen der Zielart. Es ist davon auszugehen dass Pflanzen in verschiedenen Wuchsstadien etwas anders riechen. Der Hund musste lernen dass die Pflanzen in jedem Zustand und in jeglicher Größe zu seinem Zielgeruch gehören. Gerade von größeren Ansammlungen und demnach einer großen Geruchswolke sind Hunde meistens irritiert. Zu Beginn der ersten Kartierung lief die Ausbildung bereits seit einem Jahr und es wurden vorher keine Realeinsätze absolviert.



Abbildung 6: Nuka mit Hundeführer*in Maïke in der Startposition zum Suchen. (Quelle: Anne Zylinski, Wilde Pfoten Fotografie)

Die Suche nach einer Zielart hat immer den gleichen, ritualisierten Ablauf. Dabei wird der Hund in eine Startposition gebracht, von wo aus er mit einem Startkommando in die Suche geschickt wird. Als weiteres optisches Signal trägt der Hund bei der Suche immer dasselbe Suchgeschirr oder –halsband. Nukas Startposition war zwischen meinen Beinen und meiner ausgestreckten Hand neben seinem Kopf (Abbildung 6). Als optisches Signal bekam er ein Signalhalsband mit Klettverschluss, welches er nur bei der Artenspürhundesuche trug. So kann der Hund genau einordnen, welche Aufgabe er hat und es hilft ihm, konzentrierter und motivierter in die Suche zu starten. Wenn der Hund seinen Zielgeruch erstmalig in die Nase bekommt, arbeitet er ihn bis zur Quelle aus und zeigt sein Anzeigeverhalten. Bei einem positiven Fund wird der Hund anschließend belohnt.

3.2 Datenerfassung

3.2.1 Kartierung von *Impatiens glandulifera* im Selketal

Um die geltenden Vorschriften des FFH-Gebiets sowie des Naturschutzgebiets zu beachten, wurde für die Zeit der Kartierung von der Unteren Naturschutz Behörde Harz eine Befreiung der Wegepflicht gem. § 4 Abs. 2 NSG-VO Oberes Selketal, der Leinenpflicht sowie des Fahrverbotes gem. § 4 Abs. 3 Nrn. 1 und 2 NSG-VO Oberes Selketal genehmigt. Vor Beginn der Kartierungen fand eine Erstbegehung statt, um die Größe und Anzahl der Transekte festzulegen. Die Kriterien zur Auswahl der Transekte waren eine gute Erreichbarkeit und ein ähnlich häufiges Auftreten von *I. glandulifera*, in allen Transekten, was zunächst durch aktuelle oder ehemalige Fundpunkte im Korina-Atlas festgestellt und während der Erstbegehung durch eine Besichtigung überprüft wurde. Auch sollte die

Art und Höhe der Vegetation auf allen Transekten vergleichbar sein. Die Anzahl der Transekte wurde auf zehn Stück, verteilt über das Selketal, festgelegt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Startpositionen der einzelnen Transekte

Transekt	Position
1	N51° 40.386' E11° 11.613'
2	N51° 40.353' E11° 11.713'
3	N51° 40.263' E11° 12.501'
4	N51° 40.525' E11° 13.217'
5	N51° 40.594' E11° 13.483'
6	N51° 40.748' E11° 14.110'
7	N51° 40.993' E11° 14.465'
8	N51° 40.978' E11° 15.006'
9	N51° 40.143' E11° 10.077'
10	N51° 40.503' E11° 10.588'

Aus technischen Gründen bekamen die ersten zwei Transekte im westlichen Bereich des Selketals die Nummern 9 und 10, gefolgt von den Transekten 1 bis 8. Die Transekte befinden sich direkt entlang der Selke (Abbildung 7) auf 7 km der Flusslänge und haben eine Länge von je 100 m. Kartiert wurde dabei auf einer Breite von 3 m.

Um die Kartierung mittels Artenspürhundeteam mit der Kartierung durch eine Fachperson ohne Hund vergleichen zu können, wurden die vorgesehenen Transekte einerseits vom Artenspürhundeteam sowie andererseits unmittelbar davor oder danach durch eine in der Vegetationsaufnahme erfahrene Person (Botanikerin) ohne Spürhund kartiert. Damit die Ergebnisse verglichen werden konnten, musste der Start- und Endpunkt der Transekte bei dem Artenspürhundeteam und der Botanikerin übereinstimmen. Diese wurden daher nach der ersten Geländebegehung abgestimmt und in den GPS-Geräten gespeichert. Die Suchdauer wurde ebenfalls für beide Teams gleich festgelegt und belief sich auf 20 Minuten reine Suchzeit. Zur Aufnahme der Fundpunkte wurde die Zeit gestoppt. Die Kartierungen mit Hund wurden immer in den Vormittagsstunden absolviert, damit es nicht zu warm wurde. Die Kartierungen wurden zu zwei verschiedenen Aufnahmezeiten durchgeführt, um einen direkten Nachweis der unterschiedlichen Wuchskategorien wie blühende/fruchtende Pflanze (1. Kartierung, August) und welkende Pflanze (2. Kartierung, November) von *I. glandulifera* bringen zu können. Eine weitere Kartierung für die Keimlinge war für das Frühjahr vorgesehen, musste aber aus organisatorischen Gründen verschoben werden. Die Kartierung ist als Fortführung außerhalb dieser Arbeit geplant.



Abbildung 7: Lage der Transekte entlang der Selke, zwischen dem IV. Hammer/Mägdesprung und Meisdorf. (Karte: Garmin TOPO Deutschland v9 Pro, Maßstab 1:500. Karte verändert: Zugeschnitten und Transekte eingefügt).

Die Suchwege des Hundes beziehungsweise des Menschen wurden während der Kartierung mit GPS-Geräten aufgenommen. Für die Kartierung der Botanikerin wurde ein Garmin Oregon 450 verwendet, für die Kartierung des Artenspürhundeteams wurden ein Garmin Atemos 100 sowie ein Ortungshalsband Garmin K5 am Hund benutzt. Durch den Hersteller wird für das Oregon 450 durch den WAAS-fähigen GPS-Empfänger mit hoher Empfindlichkeit sowie HotFix™-Satellitenvorhersage eine Genauigkeit von etwa 3 m angegeben. Für das Atemos 100 wird vom Hersteller keine GPS Genauigkeit angegeben, lediglich einen schnellen und zuverlässigen Satellitenempfang und dadurch eine hohe Ortungsgenauigkeit auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen durch die GPS/GLONASS-Antenne. Im tief eingeschnittenen Selketal ist vermutlich von einer GPS-Genauigkeit von etwa 5 m auszugehen. Die Fundpunkte der Pflanzen wurden mittels Wegpunkten im Gerät gespeichert, sodass diese später wieder gefunden werden können. Zusätzlich wurden gefundene Pflanzen auf einem Erfassungsbogen (Anhang 1) dokumentiert. Das Artenspürhundeteam schrieb allerdings lediglich die Fundpunkte auf, die der Hund anzeigte und ließ die Pflanzen außer Acht, die der Hund überlief (falsch-negative Funde). Konnte der Mensch nach einer Anzeige des Hundes keine Pflanze finden, wurde dies ebenfalls vermerkt (falsch-positive Funde). Die Fundpunkte wurden bei der Aufnahme vor Ort in einzelne Wuchskategorien eingeteilt. Pflanzen, die keine Blüten aufwiesen wurden in die Kategorie „steril“ eingeteilt, egal welche Größe sie aufwiesen. Pflanzen mit Blüten wurden mit der Kategorie „blühend“ vermerkt. Gehäufte Ansammlungen von Pflanzen wurden in die Kategorie „Bestand“ eingeteilt, egal ob sie blühten oder steril waren. Während der zweiten Kartierung kam die Kategorie „verwelkt“ hinzu, in die alle Pflanzen eingetragen wurden die nicht mehr aufrecht standen. Die Suchzeiten und die Gesamtzeiten wurden ebenfalls auf dem Erfassungsbogen festgehalten. Zur Erfassung der abiotischen Faktoren wurden die Klimadaten zu Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Windstärke und –richtung der Wetterstation Harzgerode 10458 von Meteostat (<https://meteostat.net/de/>) entnommen (Tabelle 2; Tabelle 3). Weitere Parameter, die im Gelände erfasst wurden, sind die Höhe der Vegetation und die Struktur des Geländes. Auf dem Erfassungsbogen für das Artenspürhundeteam wurden außerdem Bemerkungen zum Verhalten des Hundes bezüglich der Motivation und eventuellen Verleitungen vermerkt.

Tabelle 2: Witterungstabelle des Artenspürhundeteams für die 1. und 2. Kartierung.

	1. Kartierung			2. Kartierung		
	Min.	Max.	Durchschnitt	Min.	Max.	Durchschnitt
Luftfeuchte %	58,1	86,9	79,6	64,7	97,2	80,4
Temperatur °C	13,0	17,1	14,7	5,0	13,3	8,0
Windstärke km/h	7,0	22,0	9,3	4,7	15,8	9,7
Windrichtung	Nordosten			Süden/Südwesten		

Tabelle 3: Witterungstabelle der Botanikerin für die 1. und 2. Kartierung.

	1. Kartierung			2. Kartierung		
	Min.	Max.	Durchschnitt	Min.	Max.	Durchschnitt
Luftfeuchte %	55,0	67,9	59,9	63,9	86,9	72,3
Temperatur °C	9,1	19,9	16,9	5,0	13,6	9,1
Windstärke km/h	7,6	22,0	15,5	7,0	15,5	10,6
Windrichtung	Nordwesten			Südwesten		

3.2.2 Versuch zum Aufspüren von Samen

Da Zielgerüche nur unter Laborbedingungen dieselbe Zielgeruchsvariation sowie –konzentration aufweisen können, müssen Hunde lernen, ihren Zielgeruch zu generalisieren um Variationen ihres Zielgeruchs auch im Feldeinsatz anzuzeigen (OLDENBURG et al., 2016). Um zu überprüfen, ob der Hund in der Lage ist auch Samen von *I. glandulifera* zu finden, wurde ein Versuch im sogenannten Line-up durchgeführt. Dabei werden dem Hund im Abstand von 30 cm hintereinander sechs gleich aussehende Zielgeruchsbehälter präsentiert (Abbildung 8). Alle Behälter beinhalten ein Glas gefüllt mit Erde eines landwirtschaftlich genutzten Feldes, wobei einer zusätzlich mit dem Zielgeruch (Samen von *I. glandulifera*) präpariert wird. Der Behälter mit dem Zielgeruch wird mithilfe der App Randomizer randomisiert (PAVELDEV, 2023) und nach jedem Durchgang neu an eine der Stellen 1 bis 6 im Line-up positioniert. Damit der Hund nicht nach Sicht, sondern lediglich mit der Nase sucht, ist auf den Behältern ein Deckel mit einem Loch zum Riechen. Diese sucht er nacheinander nach dem Zielgeruch ab und zeigt diesen dann durch sein erlerntes Anzeigeverhalten an (Abbildung 9). Bei einem Line-up hat der Hund vier Möglichkeiten, die Zielgeruchsbehälter durch sein Verhalten zuzuordnen:

- Richtig–Positiv = Behälter mit Zielgeruch wird angezeigt
- Falsch–Positiv = Behälter ohne Zielgeruch wird angezeigt
- Richtig–Negativ = Behälter ohne Zielgeruch wird nicht angezeigt
- Falsch–Negativ = Behälter mit Zielgeruch wird nicht angezeigt



Abbildung 8: Versuchsaufbau Line-up. Oben links: Probenbehälter mit Samen (Quelle: Eigene Aufnahme)

Der Hund darf, am Ende angekommen, wieder zurück suchen. Dieses Vorgehen soll eine vermehrt falsch–positive Anzeige am letzten Zielgeruchsbehälter verhindern, da der Hund sich erstmal einen Überblick über alle Behälter verschaffen kann ohne zwingend schon anzeigen zu müssen. Um Zielgeruchskontaminationen so gering wie möglich zu halten wurden die Behälter alle regelmäßig in der Spülmaschine gereinigt und die Samen sowie die Erde nach jeder Session (10 Durchgänge) erneuert.

Zunächst wurde dem Hund das Prinzip des Line-up mit seinem bekannten Zielgeruch (Pflanzenteile von *I. glandulifera*) beigebracht. Der Behälter mit dem Zielgeruch wurde zum besseren Handling durch Permanentmarker mit einem „X“ gekennzeichnet, die Behälter ohne Zielgeruch mit einem „O“. Nachdem der Hund das Prinzip verstanden hatte, wurde der Behälter mit den Pflanzenteilen durch einen mit getrockneten Samen von *I. glandulifera* ersetzt. Gestartet wurde mit zwanzig Samen als typische Menge einer selbst ausgezählten Springkrautkapsel. Um festzustellen, welche geringe Menge an Samen der Hund noch erkennen kann, wurde anschließend die Anzahl in Fünferschritten sukzessive verringert. Ab einer Menge von fünf Samen wurde die Anzahl in Einerschritten verringert. Bei jedem Schritt nach unten musste der Hund vier von fünf Durchgängen richtig



Abbildung 9: Korrekte Anzeige an einem Behälter mit Zielgeruch (=Richtig-Positiv) (Quelle: Eigene Aufnahme)

anzeigen. Die gesamten Trainingsdurchläufe mit Samen wurden dokumentiert (Tabelle 4). Dabei wurden die Durchgänge nummeriert, der Versuchsaufbau mit einem grünen Ring für den Zielgeruch, rot für Behälter ohne Zielgeruch dargestellt, das Datum sowie die Zeit und die Menge der Samen eingetragen. Nach jedem Durchgang wurde die Zuordnung des Hundes mit einem Häkchen für eine positive Zuordnung (richtig–positiv; falsch–positiv) notiert und einem X für eine negative Zuordnung (falsch–negativ; richtig–negativ). Als abschließenden Test wurde im doppel-blind nacheinander 24 Proben mit verschiedener Anzahl an Samen (20, 15, 10, 5, 4, 3, 2, 1) randomisiert nacheinander ausgebracht. Dabei war die Hundeführer*in nicht im Raum, wenn die Probe platziert wurde und während des Testdurchlaufes war niemand im Raum der wusste, in welchem Becher die Probe war. Die 24 Durchgänge wurden in drei Sessions mit anschließender Pause unterteilt.

Tabelle 4: Beispiele aus der Trainingsdokumentation des Samenversuches. Nummer 2 ist ein fehlerfreier Durchgang mit einer richtig–positiven Anzeige und fünf richtig–negativen Anzeigen. Nummer 26 ist ein fehlerhafter Durchgang mit einer falsch–negativen Anzeige, vier richtig–negativen Anzeigen und einer falsch–positiven Anzeige. Nummer 36 ist ein fehlerhafter Durchgang mit einer falsch–negativen Anzeige und fünf richtig–negativen Anzeigen. Die Probe befand sich in diesen drei Durchgängen jeweils im ersten Behälter (grün markiert). Beim Ausfüllen der Tabelle wurde ein Häkchen für eine Anzeige und ein Kreuz für keine Anzeige verwendet.

Nummer	Versuchsaufbau	Datum	Zeit	Samenmenge
2	✓ X X X X X	27.10.2022	15:10	20
26	X X X X X ✓	01.11.2022	17:15	10
36	X X X X X X	03.11.2022	13:35	15

3.3 Datenauswertung

Für die Auswertung der GPS-Daten wurde das Programm BaseCamp von der Firma Garmin genutzt. Dort wurden die Fundpunkte sowie die aufgezeichneten Tracks der GPS-Geräte hochgeladen und miteinander verglichen. Die dabei rausgefilterten Daten, wie etwa die Fundpunkte insgesamt, Fundpunkte der einzelnen Teams, Überschneidungen und Fundpunkte nur von einem einzelnen Team, wurden in einer Tabelle des Programms Excel 2010 von Microsoft übertragen. Alle Auswertungen der aufgenommenen Daten aus den Erfassungsbögen und die des Samenversuches wurden in Excel berechnet. Die Fundpunkte wurden mit denen aus dem Korina-Atlas verglichen und diese aktualisiert. Mit den Fundpunkten des Hundes wurden Karten für einen Vorher-Nachher Vergleich erstellt (Anhang 3 bis Anhang 18). Für die Auswertung wurden lediglich die Fundpunkte genommen, bei denen auch sichtbare Pflanzen gefunden wurden. Anzeigen vom Hund ohne sichtbaren Fund wurden außer Acht gelassen.

3.3.1 Statistische Auswertungen der Kartierungen

Die statistischen Analysen wurden mit dem Programm Past 4.03 (HAMMER et al., 2001) durchgeführt. Zunächst wurde ein Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung der Fundpunkte sowie Suchzeiten durchgeführt, um die weiteren parametrischen Tests auszuwählen. Für alle Teststatistiken wurde ein Signifikanzlevel von $p = 0,05$ angenommen, sodass bei $p < 0,05$ von einem signifikanten Unterschied zwischen den Daten vom Artenspürhundeteam und der Botanikerin ausgegangen werden konnte.

Zur Überprüfung, ob und inwiefern sich die zwei Kartiermethoden unterscheiden, wurde ein gepaarter T-Test für die normalverteilten Fundpunkte sowie die Suchzeit angewandt. Für die nicht normalverteilten Daten wurde ein gepaarter Wilcoxon-Test verwendet. Dabei wurden die Kartiermethoden untereinander für jede Kartierung miteinander verglichen, sowie die einzelnen Methoden mit sich selbst für beide Kartierungen. Für die grafische Darstellung wurden ebenfalls mit dem Programm Past Boxplots erstellt.

Zur Einschätzung, welche Parameter die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen beeinflussen, wurde mit dem Programm R 4.2.3. (R Core Team, 2023) ein Verallgemeinertes lineares Modell (GLM) (NELDER & WEDDERBURN, 1972) mit binomialer Fehlerverteilung (0 = nicht gefunden, 1 = gefunden) verwendet. Für das Modell wurden die Parameter Transekt, Kartierzeitpunkt, Wuchskategorie, Temperatur, Windstärke, Windrichtung, Luftfeuchte und Wiederfundrate verwendet. Zunächst wurden mit allen Parametern Korrelationstests durchgeführt. Dabei wurde von einem Schwellenwert von $r = \geq 0,5$ ausgegangen. Die möglichen Modellkombinationen wurden mithilfe des R-Pakets „MuMIn“ (BARTON, 2023) erstellt und diese mit dem Gütemaß Akaike Informationskriterium (AIC; AKAIKE, 1973) verglichen. Alle Modelle, die zwei AICs vom besten Modell abwichen, wurden außer Acht gelassen, da sie sich signifikant unterschieden.

3.3.2 Statistische Auswertungen des Samenversuchs

Um die Leistung des Hundes im Samenversuch auswerten und diskutieren zu können, wurden die Sensitivität, die Spezifität, die Genauigkeit und die Präzision berechnet. Die Sensitivität ergibt sich aus allen richtig-positiven Ergebnissen, die durch die Gesamtzahl aller vorhandenen Zielproben geteilt werden. Die Spezifität sagt aus, wie gut der Hund den Nicht-Zielgeruch (in diesem Versuchsaufbau die Erde ohne Samen) im Untersuchungsdesign richtig zuordnen konnte. Dafür werden alle richtig-negativen Ergebnisse durch die Gesamtzahl der Nicht-Ziel-Proben geteilt. Die Genauigkeit ergibt sich aus allen richtigen Zuordnungen (richtig-positiv, richtig-negativ) geteilt durch die Gesamtzahl aller

Proben aus Ziel- und Nicht-Zielart. Die Präzision gibt Auskunft über die Zuverlässigkeit der Anzeigen des Hundes und zeigt, wie gut er den Zielgeruch von anderen unterscheiden kann. Dafür werden die richtig-positiven Zuordnungen durch die Gesamtzahl aller positiven Zuordnungen geteilt (GRIMM-SEYFARTH, 2018; GRIMM-SEYFARTH et al., 2022; BENNETT et al., 2019). Aufgrund der geringen Anzahl an Durchgängen während des Abschlusstests wurden die Leistungsparameter nicht für die einzelnen Samenmengen berechnet, sondern ausschließlich für alle Durchgänge insgesamt. Um zu berechnen, ob der Hund Unterschiede zwischen den Samenmengen machte, wurden die richtigen sowie die falschen Durchgänge für jede Samenmenge gezählt und diese aufgrund der geringen Stichproben mittels Fisher's exact Test auf eine Signifikanz überprüft. Die Residuen wurden mittels Bonferroni-Korrektur bereinigt.

4. Ergebnisse

4.1 Kartierung von *Impatiens glandulifera* im Selketal

4.1.1 Ergebnisse der ersten Kartierung

Ziel der ersten Kartierung war es vor allem blühende Pflanzen zu erfassen. Dabei wurden vom Artenspürhundeteam und der Botanikerin zusammen insgesamt 32 unterschiedliche Fundpunkte kartiert. Die Kartierungen fanden zwischen dem 28.08.2022 und dem 01.09.2022 statt. Pro Transekt ($n=10$; Abbildung 7) wurden im Mittel $3,2 [\pm 1,5]$ (min. 0, max. 6) Fundpunkte kartiert, wobei lediglich im Transekt 7 kein Individuum von *I. glandulifera* gefunden wurde.

Die Fundpunkte des Artenspürhundeteams und der ohne Hund suchenden Botanikerin überschneiden sich zu 50,0 % ($n=16$). 37,5 % ($n=12$) wurden ausschließlich vom Hund gefunden, weitere 12,5 % ($n=4$) ausschließlich von der Botanikerin. Das Artenspürhundeteam verzeichnete an vier Kartiertagen 32 Funde, wobei vier Anzeigen des Hundes nicht verifiziert werden konnten und daher aus der Wertung genommen wurden. Im Transekt 7 zeigte der Hund keine Pflanzen an. Von den Funden wurden 17,9 % ($n=5$) erst nach der Anzeige des Hundes entdeckt, wovon zwei Fundpunkte auch nicht von der Botanikerin gefunden wurden. Im Durchschnitt wurden von dem Artenspürhundeteam mit $2,8 [\pm 1,7]$ (min. 0, max. 6) Fundpunkte pro Transekt hoch signifikant mehr Pflanzen kartiert als von der Botanikerin mit $1,9 [\pm 1,3]$ (min. 0, max. 4) Fundpunkten pro Transekt ($t=3,88$; $n=10$; $p=0,004$) (Abbildung 11). Der Anteil, der vom Hund nicht gefundenen Pflanzen, lag bei 12,5 % ($n=4$), der Anteil von der Botanikerin an nicht gefundenen Pflanzen lag bei 40,6 % ($n=13$; Anhang 2). Dieser Anteil ergibt sich aus den kartierten Gesamtfundpunkten. Die gefundenen Pflanzen lassen sich vor allem in die Wuchskategorien „steril“ (42,9 %) und „blühend“ (46,4 %) einordnen. Ein geringer Anteil gefundener Pflanzen waren ganze Bestände (7,1 %) und nicht weiter zugeordnete Pflanzen (3,6 %). Für die Suche der einzelnen Transekte benötigte das Artenspürhundeteam im Mittel $20,9 [\pm 8,3]$ (min. 7, max. 34) Minuten inklusive Protokollieren. Die Botanikerin brauchte dafür im Mittel $12,2 [\pm 5,0]$ (min. 5, max. 21) Minuten inklusive Protokollieren und war damit hoch signifikant schneller als das Artenspürhundeteam ($W=2,60$; $n=10$; $p=0,009$) (Abbildung 10).

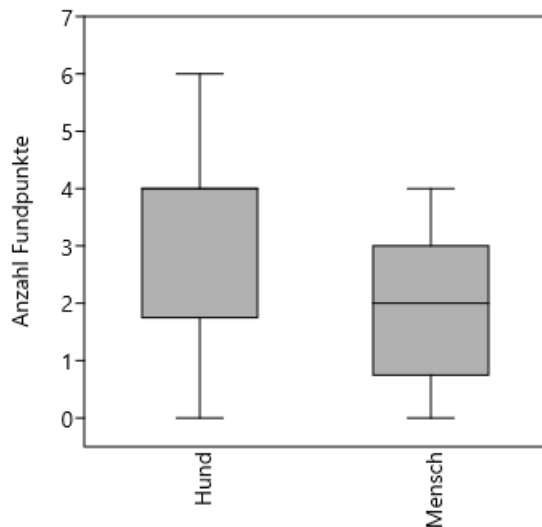


Abbildung 11: Vergleich der Anzahl von Fundpunkten aus der 1. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=10). Gepaarter T-Test, $p=0,04$.

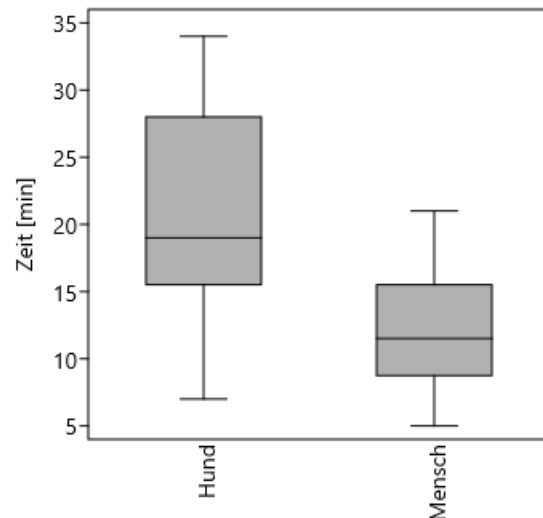


Abbildung 10: Vergleich der Kartierzeit aus der 1. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=10). Gepaarter Wilcoxon Test, $p=0,009$.

Die Kartierung ohne Hund wurde an zwei Kartiertagen mit insgesamt 19 Fundpunkten abgeschlossen. In den Transekten 6 und 7 wurden von der Botanikerin keine Pflanzen kartiert. Die Wuchskategorie mit dem größten Anteil gefundener Pflanzen ist „blühend“ (42,1 %). Weitere kartierte Wuchskategorien sind „steril“ (26,3 %), „Bestände“ (10,5 %) und „nicht weiter zugeordnete Pflanzen“ (21,1 %).

4.1.2 Ergebnisse der zweiten Kartierung

Die zweite Kartierung fand zwischen 14.11.2022 und 16.11.2022 statt. Vom Artenspürhundeteam und von der Botanikerin wurden diesmal insgesamt 25 unterschiedliche Fundpunkte vermerkt, dabei wurden im Durchschnitt $2,5 [\pm 1,4]$ (min. 1, max. 5) Fundpunkte pro Transekt verzeichnet. In allen Transekten wurden Pflanzen gefunden. Die Fundpunkte beider Teams überschneiden sich zu 36,0 % (n=9). Ebenso viele Fundpunkte wurden ausschließlich vom Artenspürhundeteam kartiert, weitere 28,0 % (n=7) ausschließlich von der Botanikerin.

Die Kartierung mit Artenspürhund wurde an drei aufeinanderfolgenden Tagen absolviert, wobei der Hund 21 Mal anzeigte. Bei drei Anzeigen wurden jedoch lediglich Individuen der verwandten Art *I. parviflora* gefunden, daher wurden diese Funde nicht einbezogen. So wurden im Durchschnitt $1,8 [\pm 1,7]$ (min. 0, max. 5) Fundpunkte pro Transekt kartiert. Die Ergebnisse der Fundpunkte unterscheiden sich signifikant von denen aus der ersten Kartierung ($t=2,7$; $n=10$; $p=0,02$). In den Transekten 7 und 8 fand der Hund keine Pflanzen. 77,9 % (n=14) der Fundpunkte wurden von der Hundeführer*in erst nach der Anzeige des Hundes entdeckt, acht Pflanzen davon wurden auch nicht von der Botanikerin gefunden. 21,9 % (n=7)



Abbildung 12: Verwelkter Keimling im November, welcher verdeckt von Laub vom Hund gefunden wurde.

der Fundpunkte stimmten mit Fundpunkten aus der ersten Kartierung überein und wurden somit wiedergefunden. Die meisten Fundpunkte ließen sich der Wuchskategorie „verwelkt“ zuordnen (63,2 %). Dennoch wurde auch ein großer Teil steriler, noch nicht verwelkter Pflanzen gefunden (21,1 %), darunter auch ein Keimling (Abbildung 14). Weitere Wuchskategorien waren „blühend“ (5,3 %), „Bestände“ (5,3 %) und „nicht weiter zugeordnete Pflanzen“ (5,3 %). Pro Transekt wurde vom Artenspürhundeteam im Durchschnitt 14,5 [$\pm 4,2$] (min. 8, max. 22) Minuten für die Suche inklusive Protokollieren benötigt. Die Botanikerin benötigte für die Suchzeit inklusive Protokollführung im Durchschnitt 14,1 [$\pm 3,5$] (min. 9, max. 20) Minuten pro Transekt und brauchte damit ähnlich lange für die Kartierung wie das Artenspürhundeteam ($t=0,26$; $n=10$; $p=0,80$) (Abbildung 13).

Die Kartierung ohne Hund schloss an zwei Tagen mit 16 Fundpunkten ab. Mit im Durchschnitt 1,6 [$\pm 1,0$] (min. 0, max. 3) gesetzten Fundpunkten pro Transekt wurden ähnlich viele Pflanzen gefunden wie von dem Artenspürhundeteam ($W=0,44$; $n=10$; $p=0,66$). Die Anzahl der Fundpunkte unterscheiden sich nicht signifikant zu der Anzahl aus der ersten Kartierung ($W=0,71$; $n=10$; $p=0,48$). In den Transekten 2 und 4 wurden von der Botanikerin keine Pflanzen gefunden. 12,5 % ($n=4$) der Fundpunkte wurden aus der ersten Kartierung wiedergefunden. Die Fundpunkte lassen sich vor allem in die Kategorien „verwelkt“ (43,8 %) und „Bestände“ (43,8 %) zuordnen. Die restlichen Pflanzen gehören in die Wuchskategorie „steril“ (12,5 %). Blühende Pflanzen wurden nicht gefunden.

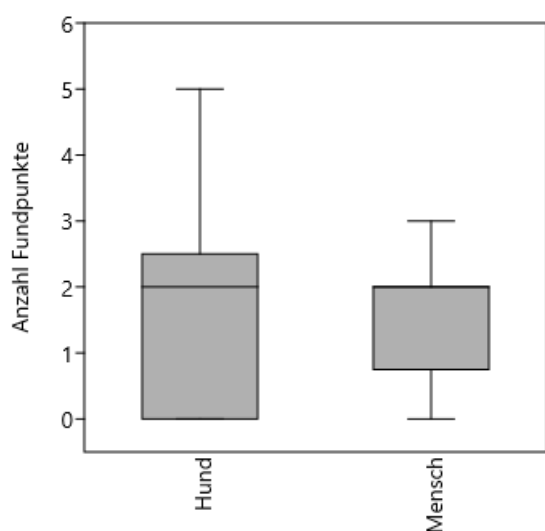


Abbildung 14: Vergleich der Anzahl von Fundpunkten aus der 2. Kartierung zwischen beiden Teams auf allen Transekten ($n=10$). Der Median vom Mensch ist gleich dem 3. Quartil. Gepaarter Wilcoxon Test, $p=0,66$.

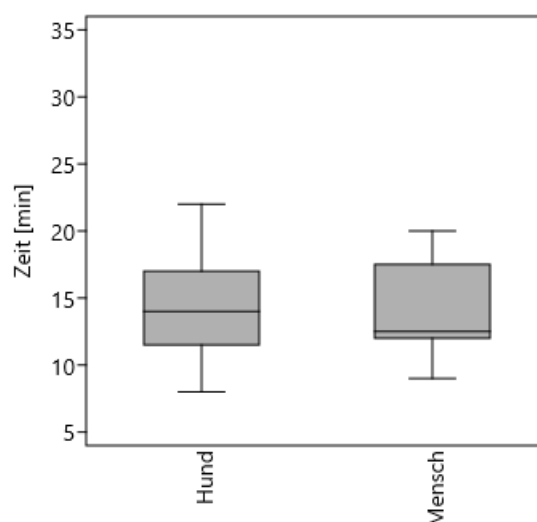


Abbildung 13: Vergleich der Kartierzeit aus der 2. Kartierung zwischen beiden Teams ($n=10$). gepaarter T-Test, $p=0,80$.

4.1.3 Gesamtergebnisse

Über beide Kartierungen hinweg lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Kartiermethoden hinsichtlich der Anzahl der Fundpunkte feststellen ($W=2,08$; $n=20$; $p=0,04$). Dabei fand der Hund im Durchschnitt 2,3 [$\pm 1,7$] Fundpunkte pro Transekt, der Mensch 1,8 [$\pm 1,1$]. Der Median ist mit 2 Fundpunkten bei beiden Teams identisch (Abbildung 15). Jedoch liegen 75 % der Fundpunkte der Botanikerin zwischen 0 und 2 Fundpunkten pro Transekt, wogegen beim Artenspürhundeteam 75 % der Fundpunkte zwischen 0 und 4 Fundpunkten pro Transekt liegen.

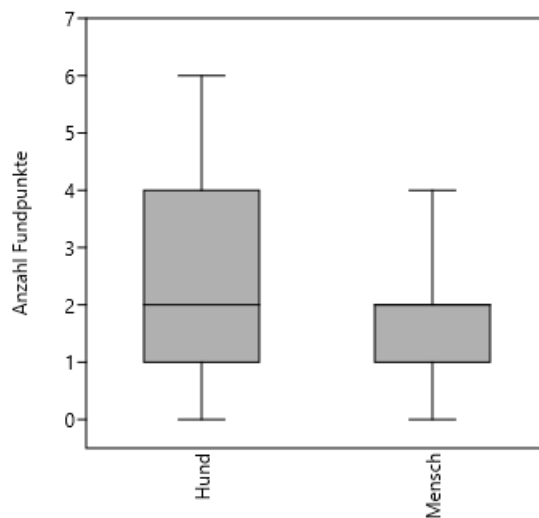


Abbildung 15: Vergleich der Anzahl aller Fundpunkte beider Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Der Median beim Mensch ist identisch mit dem 3. Quartil. Gepaarter Wilcoxon Test, p=0,10.

Bei den Gesamtfundpunkten über beide Kartierungen hinweg gab es 43,9 % (n=25) Überschneidungen von Artenspürhundeteam und der Botanikerin. Insgesamt wurde 21,9 % (n=7) der Fundpunkte aus der ersten Kartierung wiedergefunden. Somit wurden insgesamt 49 verschiedene Fundpunkte kartiert. Dabei standen auf Transekt 7 mit zwei Fundpunkten die wenigsten Pflanzen, auf Transekt 10 dagegen mit acht Fundpunkten die meisten. Daraus ergeben sich im Durchschnitt 4,9 [±1,8] Fundpunkte pro Transekt. Der Hund zeigte 79,6 % (n=39) aller vermutlich vorhandenen Pflanzen an. Auf vier Transekten fand der Hund alle vorhandenen Pflanzen. Seine Gesamtfunde verteilten sich mit etwa gleich vielen Funden in die Wuchskategorien „steril“ (34,0 %), „blühend“ (29,8 %) und „verwelkt“ (25,5 %). Bestände machten als Fundpunkte des Hundes nur 6,4 % aus. Weitere 4,3 % wurden nicht weiter zugeordnet. Die Botanikerin kartierte von allen Fundpunkten 63,3 % (n=31), wobei diese sich etwa gleich auf alle Wuchskategorien verteilen (Tabelle 5). Auf einem Transekt fand sie alle Fundpunkte. 32,7 % (n=16) der Gesamtfunde kartierte nur das Artenspürhundeteam, weitere 22,6 % (n=11) verzeichnete nur die Botanikerin. Nach dem Vergleich mit dem Korina-Fundatlas stimmten 13 der Gesamtfundpunkte mit schon eingetragenen Fundpunkten (Aufnahmezeitpunkte 2019 – 2022) überein. Bei vier Eintragungen stand allerdings der Vermerk „nicht mehr vorhanden“ dabei, was anschließend korrigiert wurde. Durch die Anzeigen des Hundes konnten 40 neue Fundpunkte in den Fundatlas eingetragen werden. Zwei eingetragene Fundpunkte wurden von „nicht mehr vorhanden“ auf „vorhanden“ aktualisiert und vier schon vorhandene Fundpunkte wurden nochmal bestätigt (Anhang 3 bis Anhang 18).

Tabelle 5: Auswertungsparameter im Vergleich beider Teams über beide Kartierzeitpunkte hinweg. Angabe des Durchschnitts und der Spannweite in Klammern. Die Prozentangaben der Wuchskategorien beziehen sich auf Verteilung der Funde in den einzelnen Teams. Der prozentuale Anteil der Bestände ergibt sich aus den Fundpunkten insgesamt.

Parameter	Mensch	Hund
Anzahl / 100 m	1,8 [0-4]	2,3 [0-6]
Zeit / 100 m	13,2 [5-21]	17,7 [7-34]
Wuchskategorie	20% steril, 22,9% blühend, 25,7% Bestand, 20% verwelkt, 11,4% nicht zugeordnet	34% steril, 29,8% blühend, 6,4% Bestand, 25,5% verwelkt, 4,3% nicht zugeordnet
Bestände	100%	33,3%

Betrachtet man die Gesamtzeiten im Vergleich zwischen den Kartiermethoden über beide Kartierungen hinweg, so fällt auf, dass das Artenspürhundeteam bei der zweiten Kartierung schneller geworden ist. Im Durchschnitt brauchte das Team statt 20,9 [$\pm 8,3$] Minuten pro Transekt nur noch 14,5 [$\pm 4,2$] Minuten und weist damit einen hoch signifikanten Unterschied auf ($t = 3,65$; $n = 10$; $p = 0,005$). Vor allem die Zeit zum Protokollieren verringerte sich von 3,6 Minuten pro Fundpunkt auf 1,9 Minuten. Die reine Suchzeit dagegen verbesserte sich von durchschnittlich 11,5 [$\pm 6,1$] Minuten zu 10,9 [$\pm 2,8$] Minuten pro Transekt nur unmerklich. Allerdings konzentrierten sich die meisten Suchzeiten der zweiten Kartierung auf eine Spanne zwischen 9,5 und 11,5 Minuten pro Transekt, während die Suchzeiten der ersten Kartierung vor allem zwischen 7 und 15,5 Minuten schwankten (Abbildung 16; Abbildung 17).

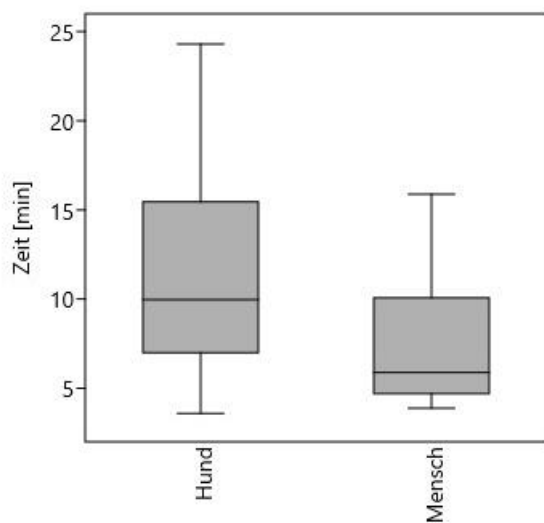


Abbildung 16: Vergleich der Suchzeit zwischen dem Artenspürhundeteam auf allen Transekten ($n = 10$) und der Botanikerin ($n = 10$) während der 1. Kartierung. Gepaarter Wilcoxon-Test, $p = 0,11$.

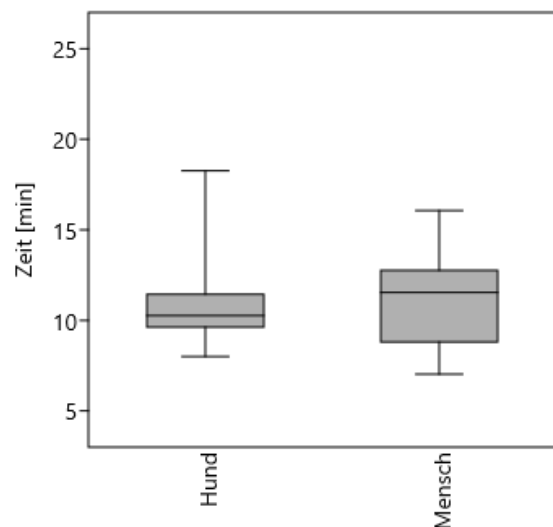


Abbildung 17: Vergleich der Suchzeit zwischen dem Artenspürhundeteam auf allen Transekten ($n = 10$) und der Botanikerin ($n = 10$) während der 2. Kartierung. Gepaarter T-Test, $p = 0,74$.

Die Kartierung ohne Hund dauerte im Durchschnitt 12,2 [$\pm 5,0$] Minuten während der ersten Kartierung sowie 14,1 [$\pm 3,5$] Minuten bei der zweiten Kartierung und weist damit einen annähernd signifikanten Unterschied auf ($t = -1,96$; $n = 10$; $p = 0,08$). Die Protokollzeit verbesserte sich von 2,6 Minuten zu 2,0 Minuten pro Fundpunkt. Die reine Suchdauer bei der zweiten Kartierung signifikant kürzer als bei der Ersten ($W = 2,40$; $n = 1$; $p = 0,016$).

Die Kartierzeit über beide Kartierungen weist einen signifikanten Unterschied zwischen dem Artenspürhundeteam und der Botanikerin auf ($t = 2,65$; $n = 20$; $p = 0,01$). Die mittlere Kartierzeit des Artenspürhundeteams liegt bei 17,7 [$\pm 7,2$] Minuten, die mittlere Kartierzeit bei der Botanikerin beträgt 13,2 [$\pm 4,3$] Minuten (Abbildung 19). Zwischen den Suchzeiten ($t = 1,39$; $n = 20$; $p = 0,18$) lässt sich über beide Kartierungen hinweg kein signifikanter Unterschied feststellen. Die durchschnittliche Suchzeit beläuft sich beim Artenspürhundeteam auf 11,2 [$\pm 4,6$] Minuten, bei der Botanikerin auf 9,3 [$\pm 3,9$] Minuten (Abbildung 18).

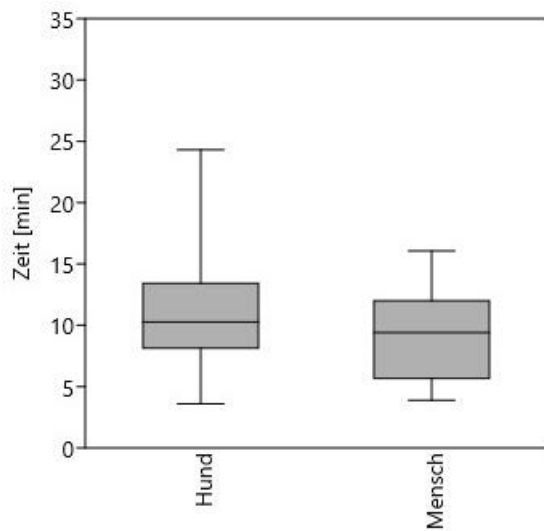


Abbildung 19: Vergleich der Kartierzeit zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Gepaarter T-Test, $p=0,01$.

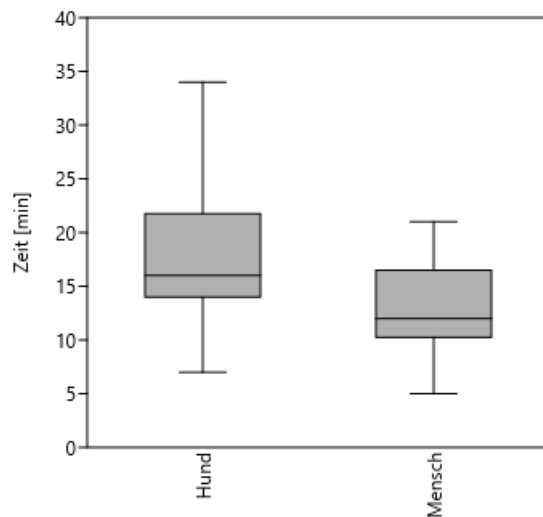


Abbildung 18: Vergleich der Suchzeit zwischen beiden Teams auf allen Transekten (n=20) über beide Kartierungen hinweg. Gepaarter T-Test, $p=0,18$.

4.1.4 Modellierungen zur Bestimmung von Parametern mit Einfluss auf die Entdeckungswahrscheinlichkeiten von *Impatiens glandulifera*

Für die Erhebung des Artenspürhundeteams korrelierte die Parameter Temperatur mit Niederschlag, Luftfeuchte mit Windstärke, Temperatur mit Windrichtung und Kartierzeitpunkt sowie Wiederfundrate mit einigen anderen Parametern (Anhang 19). Aufgrund des sehr geringen Niederschlags wurde dieser als Parameter entfernt. Die Windstärke sowie die –richtung wiesen eine gewisse Korrelation mit der Temperatur auf und hatten wenig Aussagekraft, daher wurden sie ebenfalls aus der Auswertung genommen. Das Modell für das Artenspürhundeteam umfasste letztendlich die Parameter Transekt, Wuchskategorie, Temperatur und Luftfeuchte. Der Parameter Transekt ergab aufgrund der hohen Fundrate auf fast allen Transekten einen Perfect Fit und wurde aus der Wertung genommen, um das Ergebnis des Modells nicht zu verfälschen.

Bei der Botanikerin korrelierten die Parameter Temperatur mit Luftfeuchte, Temperatur mit Windrichtung, Kartierzeitpunkt sowie Wiederfundrate mit fast allen anderen Parametern (Anhang 20). Da Windrichtung sowie Luftfeuchte keine bzw. kaum Auswirkung auf die Entdeckungswahrscheinlichkeit hatten, wurden auch diese Parameter aus der Betrachtung herausgenommen. Der Parameter Niederschlag wurde in den Korrelationstest nicht eingeschlossen, da es während der Kartierung der Botanikerin nicht regnete. Übrig blieben für das Modell der Botanikerin die Parameter Transekt, Wuchskategorie, Temperatur und Windstärke.

Bei beiden Modellen wurden alle Fundpunkte, die nicht einer Wuchskategorie zugeordnet wurden, bei den Berechnungen nicht berücksichtigt. Dies hatte keinerlei Einfluss auf die anderen Parameter.

Zur Einschätzung, welche Faktoren den Hund beeinflussen und die Entdeckungswahrscheinlichkeit erhöhen, wurde das Habitatmodell mit den Faktoren Wuchskategorie, Temperatur und Luftfeuchte verwendet (Tabelle 6). Dieses weist mit einem AIC von 24,4 den zweitniedrigsten AIC-Wert auf und unterschied sich damit nicht signifikant von dem Modell Luftfeuchte und Wuchskategorie mit dem niedrigsten AIC-Wert von 23,1 (Anhang 21).

Tabelle 6: Verbleibende Faktoren des geeignetsten Habitatmodells vom Hund. Signifikante Werte sind hervorgehoben

	Schätzfehler	Standardabweichung	z-Wert	p-Wert
Intercept	-14,973	8,204	-1,825	0,068
Wuchskategorie blühend	22,042	4240,772	0,005	0,996
Wuchskategorie steril	3,913	1,651	2,370	0,018
Wuchskategorie verwelkt	22,480	4954,384	0,005	0,996
Temperatur	0,190	0,254	0,746	0,456
Luftfeuchte	0,152	0,084	1,812	0,070

Dabei war der Parameter Wuchskategorie mit 1,00 am wichtigsten für die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen. Eine ähnliche Gewichtung mit 0,89 bekam die Luftfeuchte. Die Temperatur dagegen war mit 0,33 deutlich unwichtiger (Anhang 22). Die letzten beiden Parameter bedeuteten bei einem Anstieg eine bessere Fundrate (Abbildung 20; Abbildung 21). Innerhalb der Wuchskategorien bedeutete eine verwelkte oder blühende Pflanze eine höhere Entdeckungswahrscheinlichkeit. Ganze Bestände wurden am unwahrscheinlichsten vom Hund entdeckt, sterile Pflanzen dagegen deutlich wahrscheinlicher. Der Parameter Wuchskategorie steril ist im Modell signifikant (Tabelle 6; $p=0,0178$).

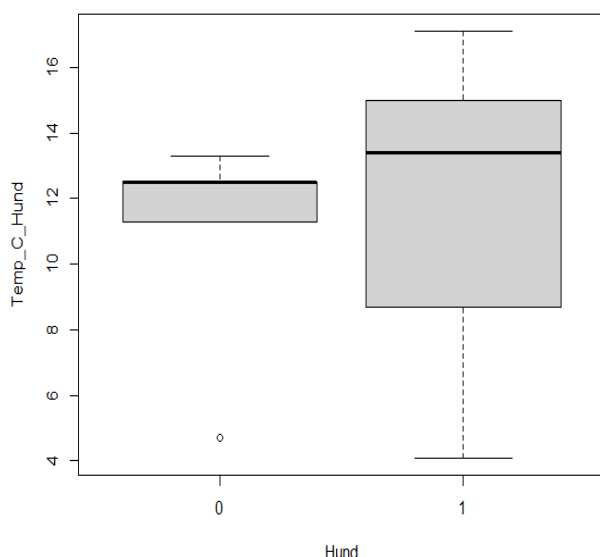


Abbildung 20: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Hund in Abhängigkeit von der Temperatur. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.

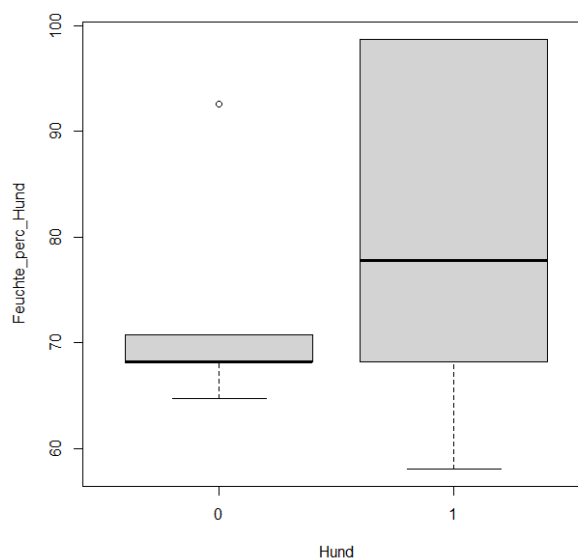


Abbildung 21: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Hund in Abhängigkeit von der Luftfeuchte. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.

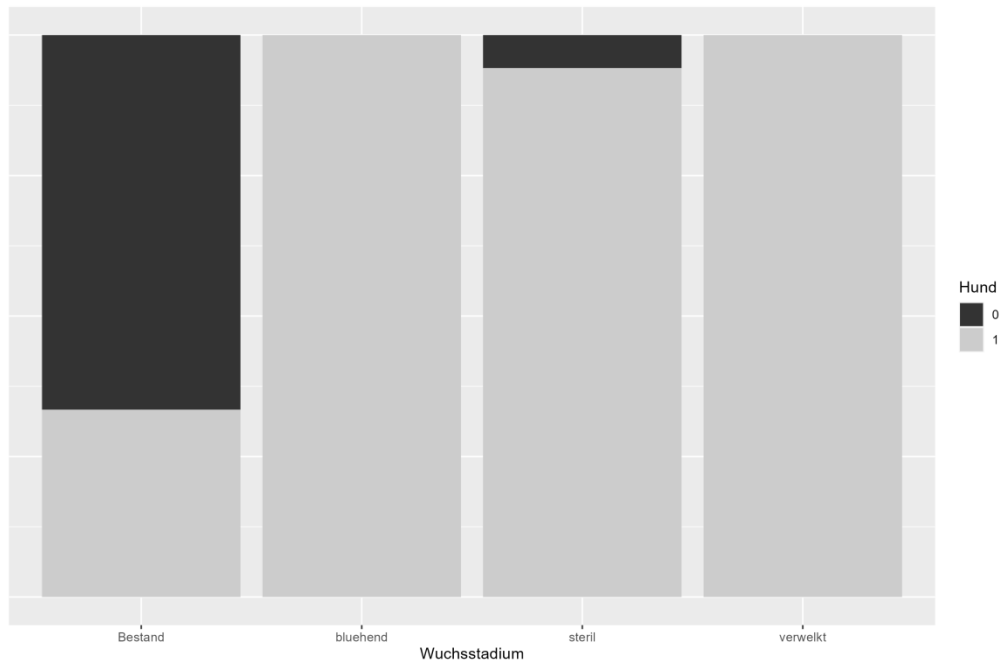


Abbildung 22: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen vom Hund in Abhängigkeit der verschiedenen Wuchskategorien. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.

Der Hund fand in den Wuchskategorien „blühend“ und „verwelkt“ alle Pflanzen, in der Kategorie steril fand er lediglich eine Pflanze nicht. Bei den Beständen hingegen überlief er sechs von neun Fundpunkten (Abbildung 22).

Das Habitatmodell der Botanikerin mit den Faktoren Wuchskategorie und Temperatur wies mit einem AIC von 66,0 den niedrigsten AIC-Wert auf (Anhang 23) und ist damit am geeignetsten zur Auswertung der Parameter, die eine Entdeckungswahrscheinlichkeit von *I. glandulifera* beeinflussen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Verbleibende Faktoren des geeignetsten Habitatmodells vom Mensch.

	Schätzfehler	Standardabweichung	z-Wert	p-Wert
Intercept	19,320	2365,852	0,008	0,994
Wuchskategorie blühend	-20,064	2365,852	-0,008	0,993
Wuchskategorie steril	-21,192	2365,852	-0,009	0,993
Wuchskategorie verwelkt	-18,056	2365,851	-0,008	0,994
Temperatur	0,074	0,141	0,523	0,601

Der Parameter Wuchskategorie war mit 0,97 am wichtigsten. Der Parameter Temperatur hatte mit 0,55 weniger Einfluss auf die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen. Die Parameter Windstärke und Transekt hatten mit 0,27 und 0,03 noch weniger Einfluss darauf (Anhang 24). Innerhalb der Wuchskategorien hatten nur Bestände einen hohen Einfluss auf die Fundrate. Alle anderen Wuchskategorien wurden ähnlich schlecht gefunden.

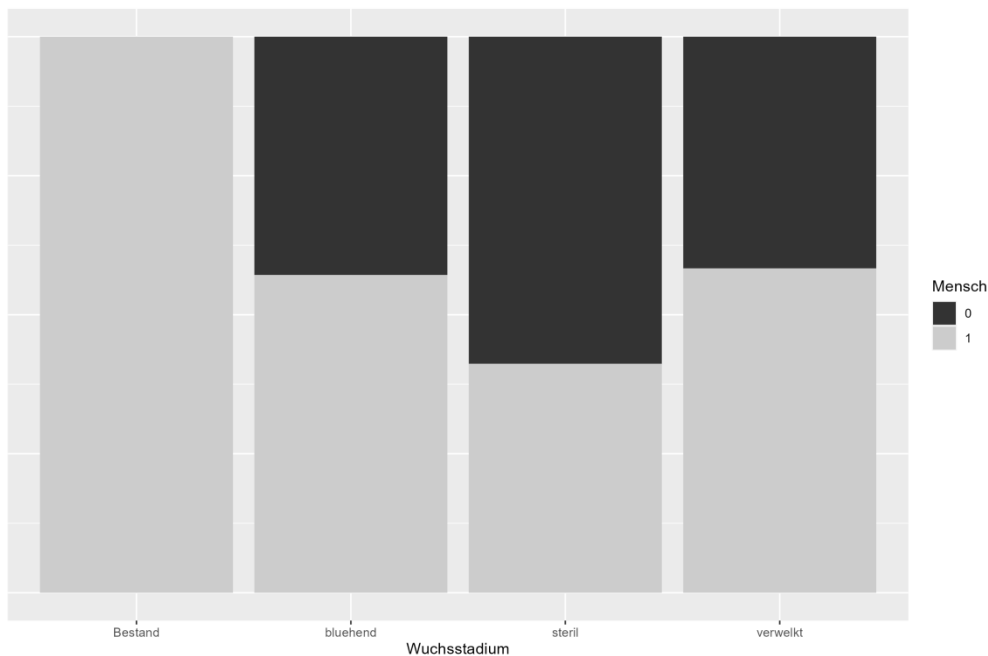


Abbildung 23: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Menschen in Abhängigkeit der verschiedenen Wuchskategorien. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.

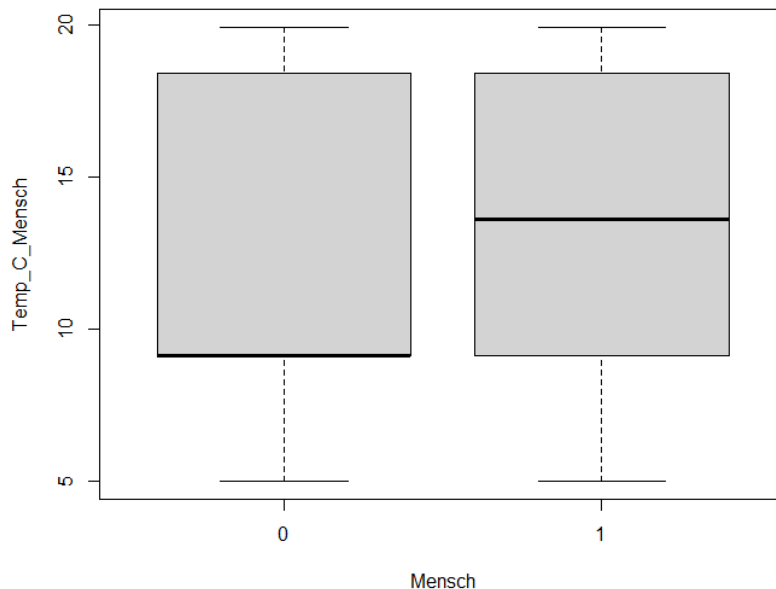


Abbildung 24: Entdeckungswahrscheinlichkeit der Pflanzen durch den Menschen in Abhängigkeit von der Temperatur. 0 steht für nicht entdeckte Pflanzen, 1 steht für entdeckte Pflanzen.

Die Botanikerin kartierte bei der Wuchskategorie Bestand alle Fundpunkte. Die Pflanzen der Wuchskategorie „steril“ wurden am unwahrscheinlichsten gefunden (Abbildung 23). Bei höheren Temperaturen ist die Fundrate etwas besser als bei kälteren Temperaturen (Abbildung 24).

4.2 Versuch zum Aufspüren von Samen

Im Training wurden unterschiedlich viele Durchgänge pro Samenmenge benötigt, um das angestrebte Ergebnis vier von fünf richtigen Durchgängen zu kommen (Anhang 25). Dabei wurden zunächst für die Samenmengen 20 sowie 15 die meisten Durchgänge benötigt (30 und 31). Allerdings gab es bei den ersten 40 Durchgängen noch eine Unsicherheit auf Seiten des Hundes, sodass diese

aus den Berechnungen der Leistungsparameter herausgenommen wurden. Nach der wiederholten Übertragung des bekannten Zielgeruchs (Pflanzenteile von *I. glandulifera*) auf die Samen wurde erneut mit dem Line-up gestartet. Im weiteren Verlauf wurden immer weniger Durchgänge benötigt, um auf das festgelegte Ziel (vier von fünf richtig-positiven Anzeigen) zu kommen. Das beste Ergebnis erzielte der Hund bei einer Samenmenge von fünf mit 90,0 % richtigen Durchgängen (jeden Probehälter richtig zugeordnet). Das schlechteste Ergebnis wurde bei einer Menge von 15 Samen mit 53,3 % richtige Durchgänge erzielt. Es gab beim Anteil der richtigen und falschen Durchgänge zwischen den verschiedenen Samenmengen keine signifikanten Unterschiede ($p=0,52$) (Anhang 26).

Tabelle 8: Auswertung der Leistungsparameter im Durchschnitt von Training und Abschlusstest

	Training	Abschlusstest
Anteil richtige Durchgänge (%)	75,8	68,8
Sensivität (%)	88,1	91,7
Spezifität (%)	95,3	91,7
Genauigkeit (%)	94,1	91,7
Präzision (%)	78,8	72,1

Die Berechnungen der Leistungsparameter zeigen, dass der Hund im Training nahezu eine gleichbleibend gute Leistung zeigt, unabhängig davon, welche Samenmenge ihm präsentiert wurde. So erzielte der Hund eine Sensivität von 80,0 % – 100,0 %. Bei einer Menge von 15 Samen zeigte er jedoch eine schwächere Leistung und erreichte dabei nur eine Sensivität von 53,3 %. Dadurch liegt die durchschnittliche Sensivität bei 88,1 % (Tabelle 8). Bei der Spezifität und Genauigkeit wurde bei fast allen Samenmengen ein Wert von über 90,0 % erzielt (Anhang 27). Die Präzision zeigte eine breite Spanne von 53,3 % (15 Samen) bis 90,0 % (fünf Samen). Beim Abschlusstest konnte der Hund die Leistungsparameter gegenüber dem Training nur bei der Sensivität verbessern. Die übrigen Leistungsparameter verschlechterten sich. Der Anteil der richtigen Durchgänge lag bei 68,8 %.

5. Diskussion

5.1 Kartierung von *Impatiens glandulifera* im Selketal

Ziel der vorliegenden Arbeit war es herauszufinden, inwiefern sich die Ergebnisse einer Kartierung von *I. glandulifera* durch einen Artenspürhund einerseits und durch eine Botanikerin andererseits unterschieden. Der Hund identifizierte alle möglichen Wuchskategorien von *I. glandulifera* als Zielgeruch. Dabei zeigte er in den Kategorien „steril“, „blühend“ und „verwelkt“ ähnlich gute Ergebnisse, beziehungsweise hatte keine Probleme Individuen dieser Wuchskategorien zu entdecken. Nach Auswertung der Funde sowohl des Hundes als auch der Botanikerin, ist davon auszugehen, dass der Hund auf vier von zehn Transekten alle vorhandenen Individuen gefunden hat. Lediglich die größeren Bestände überlief er in einigen Fällen und zeigte dort die schwächste Leistung (33,3 % Fundrate). Zu erwähnen ist, dass die Kartierung mit Artenspürhund eine Teamarbeit ist und daher Bestände trotzdem problemlos vom Menschen mit aufgenommen werden könne. Im Rahmen dieser Arbeit wurde darauf absichtlich verzichtet, um die Leistung des Hundes beurteilen zu können. Die Kartierung ohne Hund bestätigt, dass das Auffinden von Beständen problemlos erfolgt. Hier verzeichnete die Botanikerin mit 100,0 % die größte Fundrate.

Die schwache Leistung des Hundes bei den größeren Beständen von *I. glandulifera* war zu erwarten, da dies gleichzeitig einen großen Geruchspool bedeutet. Das machte es dem Hund schwer, das Ziel

genauer zu lokalisieren, da er nicht weiß, wo er genau anzeigen soll. Während des Trainings wurde viel Wert darauf gelegt, kleinere Zielgeruchsmengen aufzuspüren und diese sehr genau (max. 30 cm Entfernung) anzuzeigen. Ein ähnliches Verhalten beschreibt auch OSTERKAMP (2020), wobei Leichenspürhunde, die auf kleinere Quellen menschlichen Verwesungsgeruchs trainiert wurden, Leichen nicht anzeigten. Zudem wird angenommen, dass sich bei manchen Geruchsquellen die wahrgenommene Art des Zielgeruches mit ihrer Größe verändert. Der Hund hatte sich meistens dafür entschieden, einzelne Pflanzen anzuzeigen, die in der Nähe eines Bestandes standen. Der Mensch dagegen kann größere Ansammlungen von *I. glandulifera* gerade auch während der Blüte problemlos über größere Entfernung sehen. Dies bestätigen auch die Ergebnisse aus der ersten Kartierung im Sommer. Lediglich fünf Pflanzen entdeckte die Hundeführer*in erst, nachdem der Hund sie anzeigte und diese waren überwiegend im sterilen Zustand. Die hohe Fundrate der blühenden Pflanzen ist allerdings auch unter dem Aspekt zu betrachten, dass man als Hundeführer*in einen großen Einfluss auf die Suchleistung des Hundes hat (SCHWEITZER et al., 2011; JAMIESON et al., 2018). Auch wenn sich um ein objektives Führen des Hundes bemüht wird, lenkt man den Hund bei eigener Sichtung der blühenden Pflanzen unwillkürlich zu diesem Ziel.

Problematischer sind allerdings einzelne Pflanzen, die sich an einem neuen Standort etablieren und weiter ausbreiten. Dabei ist eine Früherkennung - am besten im Keimling-Stadium - unerlässlich, um eine Population frühzeitig einzudämmen. Untersuchungen zeigen, dass in Reinbeständen von *I. glandulifera* ca. 32.000 Samen pro Quadratmeter anfallen, wobei diese rund sieben Meter weit geschleudert werden (ARNDT, 2009). Gerade die kleinen Befallsherde, die meist erst unentdeckt bleiben, haben einen großen Beitrag zur Verbreitung der Art, da mehrere kleine Befallsherde einen größeren Verbreitungsumfang haben. Große Bestände dagegen produzieren die meisten Samen innerhalb dieser Befallsherde, sodass sie sich nicht so schnell ausbreiten wie kleine Bestände (MOODY & MACK, 1988).

Neben der Früherkennung ist das Entfernen möglichst aller Individuen und einer Kontrolle über viele Jahre unerlässlich, um invasive Arten dauerhaft an einem Standort auszurotten (HURT et al., 2016). Dabei sind Artenspürhunde besonders effektiv (BENNETT et al., 2022). Im Gegensatz zu den blühenden Pflanzen kann vor allem bei den sterilen Pflanzen davon ausgegangen werden, dass der Hund völlig ohne Beeinflussung des Menschen sein Ziel gefunden hat. Die hohe Fundrate des Hundes sowie die niedrige Fundrate der Botanikerin in der Wuchskategorie steril zeigt, dass hier die Methode Artenspürhund der Kartierung durch den Menschen klar im Vorteil ist. Eine Studie zur Ausrottung des Färberwaid (*Isatis tinctoria*) kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Artenspürhunde dem Menschen gegenüber bei nicht-blühenden Pflanzen eine sehr viel höhere Fundrate haben (HURT et al., 2016). Dadurch schafften es in den Jahren der Studie nur 1,0 % der Pflanzen zur Aussaat zu kommen, was bei der Ausrottung von invasiven Pflanzen elementar ist.

Trotzdem ist nicht nur eine Kartierung mit Artenspürhund im Frühjahr zu empfehlen. Der Anteil der sterilen und teilweise noch recht kleinen und damit zwischen der hohen, grünen Vegetation schlecht zu findenden Pflanzen, lag bei 37,5 %. Während der Herbstkartierung für die vorliegende Arbeit fand der Hund außerdem einen verwelkten Keimling im Laub unter einem dichten Pflanzenbestand (Abbildung 12), weswegen davon auszugehen ist, dass auch später im Jahr noch Keimlinge sprießen. Gerade der Anteil an von der Hundeführer*in nicht gefundenen Pflanzen, der während der zweiten Kartierung durch den kleineren Anteil an blühenden Pflanzen sehr hoch war (73,7 %), zeigt die Effektivität des Hundes im Gegensatz zum Menschen, wodurch eine Kartierung beschleunigt werden kann.

Es wäre davon auszugehen, dass der Hund während der zweiten Kartierung deutlich mehr Pflanzen als die Botanikerin gefunden hätte. Dennoch hat der Hund nur unmerklich mehr Funde angezeigt.

Während der Kartierung musste festgestellt werden, dass mindestens auf einem Transekt wohl von der Ökologischen Sanierungs- und Entwicklungsgesellschaft einige Individuen von *I. glandulifera* ausgerissen wurden. Diese wurden als gängige Ausrottungsmethode über Bäume gehangen und entfielen damit als Fundpunkte, da der Hund nicht gelernt hatte, in die Höhe zu suchen und diese Pflanzen somit nicht in sein Suchschema fielen. Damit waren weniger mögliche Fundpunkte vorhanden als bei der ersten Kartierung. Es ist also nicht genau einzuschätzen wie viele Fundpunkte tatsächlich auf den Transekten vorhanden waren. Die Leistung des Hundes war bei beiden Kartierungen ähnlich gut. Die Botanikerin ist dagegen während der zweiten Kartierung etwas besser bezüglich des Anteils der Gesamtfundpunkte geworden und hat im Vergleich zur ersten Kartierung mehr Pflanzen gefunden, die der Hund nicht fand. Grundsätzlich ist die Stichprobenanzahl auf den Transekten nicht sehr hoch. Ein größeres Monitoring mit mehr oder längeren Transekten würde vermutlich die Anteile der Fundraten zwischen Mensch und Hund zugunsten des Hundes verschieben, was getestet werden müsste.

Vier Anzeigen des Hundes konnten vor Ort nicht verifiziert werden. Da der Hund aber dort nach erneuter Aufforderung zu suchen, ohne diese Anzeige zu belohnen, erneut anzeigte, ist davon auszugehen, dass er dort auch deutlichen Zielgeruch von *I. glandulifera* wahrgenommen hat. Zwei der Anzeigen waren direkt am Uferrand der Selke. Möglicherweise wurde von der anderen Seite Zielgeruch von einzelnen Individuen hinüber geweht. Nach einem Abgleich der aufgenommenen Fundpunkte mit dem Korina-Fundatlas zeigte sich, dass bei jeder der vermeintlich falschen Anzeigen Fundpunkte verzeichnet waren. Eventuell wurden die Pflanzen von mir in der dichten Vegetation nur nicht gesehen.

Ein Nicht-Auffinden einzelner Individuen der Zielart kann bei einem trainierten Hund auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden, niemals aber auf die mangelnde Fähigkeit, sie aufspüren zu können. Umweltfaktoren, die zur Nicht-Anzeige von Individuen („Überlaufen“ durch den Hund) führen können, sind vor allem starker Wind, hohe Vegetation, hohe Temperaturen, niedrige relative Luftfeuchtigkeit oder unebenes Gelände, wo sich der Geruch in Mulden sammelt (GRIMM-SEYFARTH, 2022; CHERRY et al., 2016; DEMATTEO et al., 2019). Während der Kartierung gab es maximal mäßigen Wind mit höchstens 22 km/h, der sich wahrscheinlich nicht auf die Fundrate des Hundes auswirkte. Es wurde jedoch ein Zusammenhang mit höheren Temperaturen und der Entdeckungswahrscheinlichkeit von Pflanzen im Verallgemeinerten linearen Modell des Hundes festgestellt. Bei höheren Temperaturen wird die Flüchtigkeit von Geruchsmolekülen verbessert und so bekommt eine Geruchsquelle einen größeren und deutlicheren Geruchskegel. Bei kühleren Temperaturen legen sich die Geruchsmoleküle besonders gut auf natürliche Oberflächen wie Bäume, die eine größere Anzahl an Bindungsstellen für flüchtige organische Verbindungen haben als unnatürliche Oberflächen wie beispielsweise Metalle (OSTERKAMP, 2020). Allerdings hat der Zusammenhang zwischen höheren Temperaturen und einer besseren Fundrate seine Grenze, die je nach Hund früher oder später anfängt. Der Artenspürhund der vorliegenden Arbeit hat mit seiner dichten Unterwolle durchaus einen Nachteil zu kurzfelligen Rassen und gerät schneller in die Gefahr des Überhitzens. Grundsätzlich geraten Hunde ab ca. 18°C beim Suchen in einen Bereich der erhöhten Körpertemperatur. Hunde sind nur in geringem Maße dazu in der Lage, gleichzeitig zu riechen und zu hecheln. Das Hecheln ist allerdings die einzige Möglichkeit für Hunde, um schnell ihre Körpertemperatur zu regulieren. Somit können sich hohe Temperaturen auch negativ auf ihre Suchleistung auswirken. Vermutlich haben Hunde unter 15°C eine bessere Suchleistung (OSTERKAMP, 2020). Während der Kartierungen gab es allerdings keine Temperaturen, die über den Wohlfühlbereich des Hundes hinausgingen. Die relative Luftfeuchte war aufgrund der Tageszeit und des sonnigen Wetters durchgehend hoch. Dies wirkt sich positiv auf die Verteilung der Geruchsmoleküle aus, da die Wassermoleküle bei einer höheren Luftfeuchtigkeit flüchtige organische

Verbindungen von der Bodenoberfläche verdrängen und diese in die Luft entweichen (PETERSEN et al., 1996). Luftfeuchtigkeit ist auch immer in Abhängigkeit von Temperatur zu sehen, da diese sinkt, wenn die Temperatur steigt. Ausgehend von diesen Zusammenhängen kann angenommen werden, dass die Bedingungen für die Suche nach Geruchsquellen an den meisten Kartiertagen ideal waren. In den meisten Studien kann kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Fundrate des Hundes und dem Wetter gezogen werden (LONG et al., 2007; NUSSEAR et al., 2008; LEIGH & DOMINICK, 2015), was wahrscheinlich daran liegt, dass die Suchen überwiegend bei moderaten Wetterbedingungen stattfinden.

Zu steuernde Faktoren für eine hohe Sensivität sind eine vernünftige Ausbildung des Hundes, eine gute Beziehung zwischen Hund und Mensch (JAMIESON et al., 2018), ausreichend Pausen, um die Ermüdung des Hundes zu minimieren (NUSSEAR et al., 2008) und die Suchzeit pro Transekt. Letztere wirkt sich positiv auf die Fundrate aus, wenn man sie erhöht. Dabei muss die Suchzeit auch immer in Bezug zu der Beschaffenheit des Geländes gesetzt und angepasst werden (BENNETT et al., 2019). Bei dichterem Bewuchs oder herausforderndem Gelände z.B. braucht der Hund deutlich länger, um eine Fläche abzusuchen, als bei flachem, wenig bewachsenem Terrain. Während der Kartierungen wurde nach jedem Transekt eine Pause eingelegt, damit der Hund jedes Transekt mit einer ähnlichen Motivation abläuft. Dennoch war nicht zu verhindern, dass der Hund beim letzten Transekt an einem Kartiertag müde war. Auch wurde nach drei aufeinanderfolgenden Kartiertagen ein geringerer Arbeitswille bemerkt. Gerade bei einem noch unerfahrenen Artenspürhund wäre ein Pausentag nach zwei Kartiertagen sinnvoll gewesen. Die schnellere Ermüdung des Hundes ist tatsächlich ein Nachteil bei dieser Kartiermethode. Der Hund muss daher in kürzerer Zeit mehr Leistung bringen, um gegenüber anderen Methoden wirtschaftlich besser zu sein. Allerdings schafft der Hund es meistens, eine größere Fläche in kürzerer Zeit abzusuchen, als der Mensch und arbeitet dabei noch genauer (z.B. NUSSEAR et al., 2008; GRIMM-SEYFARTH et al., 2019; BALLOUARD et al., 2013). Zwar zeigt sich, dass Menschen in der Lage sind, länger zu arbeiten, aber die Qualität ihrer Suche nicht konstant gut bleibt. So stellte HAUSER et al. (2021) einen Leistungsanstieg in der Erkennung der Zielpflanze in den ersten vier Stunden des Kartierens fest, während die Leistungskurve danach wieder abfiel.

Andere Studien zur Erkennung von Pflanzen weisen darauf hin, dass Hunde von einer großen Anzahl an Pflanzen überwältigt werden und der Zielgeruch von ausgeprägter Vegetation mit einer ähnlichen chemischen Zusammensetzung überdeckt wird, wenn die Geruchsrezeptoren dadurch neuronal gehemmt werden (SARGISSON et al., 2010; GOODWIN et al., 2010). Das verallgemeinerte lineare Modell des Hundes zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Entdecken von *I. glandulifera* und der Wuchskategorie. Da der Hund fast ausschließlich ausgedehnte Bestände mit Individuen in größerer Anzahl überlief, ist davon auszugehen, dass ihn einzig und allein die Menge an Zielgeruch verunsichert und dafür verantwortlich ist, dass er diese Pflanzen vermeintlich nicht gefunden hat. Dass eine Vegetation mit ähnlich chemischer Zusammensetzung die Geruchsrezeptoren hemmt, könnte auch erklären, warum der Hund in der zweiten Kartierung auf einmal Individuen von *I. parviflora* anzeigte. Da *I. parviflora* und *I. glandulifera* der gleichen Gattung angehören, ist davon auszugehen, dass ihr Geruch eine ähnliche chemische Zusammensetzung hat. Der Hund lernte seinen Zielgeruch immer weiter auf verschiedene Wuchsstadien, Populationen, Individuen und Zustände (gefroren, getrocknet, lebend) zu generalisieren. Somit ist nicht ausgeschlossen, dass er von sich aus weitere Springkrautarten generalisiert hat. Dies kann jedoch im Training gezielt geübt werden, indem verschiedene Springkrautarten ausgebracht und nur die Anzeige von *I. glandulifera* belohnt wird. Dass Hunde in der Lage sind hervorragend Gerüche zu generalisieren zeigen Versuche in denen Spürhunde auf einen Zielgeruch mit getrockneten, gefrorenen oder lebenden Pflanzenproben trainiert wurden. Bei einer Überprüfung mit ihrem Zielgeruch in einer anderen Probenform als die Hunde es vom Training kannten, zeigten sie dennoch eine hohe Präzision sowie Empfindlichkeit

(NEEDS et al., 2021). Ebenso können Hunde mit künstlich hergestellten Gerüchen trainiert werden, denn sie schaffen es meist auf Anhieb ihren erlernten Zielgeruch auch auf lebende Exemplare zu übertragen (MOSER et al., 2020). Dies ist vor allem beim Training mit invasiven Arten oder solchen, bei denen es schwer ist Proben zu beschaffen von Vorteil.

Während der ersten Kartierung war das Artenspürhundeteam signifikant langsamer als die Botanikerin. Dies lag daran, dass wesentlich mehr Zeit für die Aufnahme der einzelnen Fundpunkte benötigt wurde. Zum einen war der Fragebogen für das Artenspürhundeteam etwas umfangreicher und zum anderen benötigt es etwas mehr Zeit, um den Hund zu belohnen und wieder in die Startposition zu bringen. Ein großer Faktor war hierbei wohl auch die Unerfahrenheit des Teams beim Kartieren. Denn die Gesamtzeit der Kartierung pro Transekt verbesserte sich signifikant von der ersten zur zweiten Kartierung. Die reine Suchdauer pendelte sich zwischen ca. 10 und 12 Minuten ein. Ein Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist die Arbeitsweise des Hundes. Der eingesetzte Hund suchte immer im unmittelbaren Bereich der Hundeführer*in. Vermutlich sind Hunde, die sich auch selbstständig weiter weg bewegen auch wesentlich schneller beim Suchen, da sie nicht darauf angewiesen sind, auf den Menschen zu warten. Jedoch muss hierbei beachtet werden, dass die Genauigkeit des Hundes dabei nicht abnimmt (VESELY, 2008). Bei der Botanikerin verschlechterten sich die Gesamtzeit sowie die Suchdauer von der ersten zur zweiten Kartierung. Die Suchzeit verschlechterte sich sogar signifikant. Hier wird deutlich, dass es erheblich schwieriger wurde, die verwelkten Pflanzen ohne hervorstechende Blüte zu finden, während der Hund nicht auf visuelle Hinweise angewiesen ist.

Grundsätzlich ist der Anteil an Studien, bei denen Artenspürhunde besser als andere Kartiermethoden abschneiden, sehr viel höher (88,7 %) als der Anteil bei denen sie gleichwertige (2,5 %), schlechtere (1,0 %) oder gemischte (7,9 %) Ergebnisse erzielten (GRIMM-SEYFARTH et al., 2021a). Einer Aufstellung aller Veröffentlichungen über Studien mit Artenspürhunden von GRIMM-SEYFARTH et al. (2021a) nach, schnitt die Methode Artenspürhund bei Mono- und Dikotyledonen grundsätzlich nicht besser ab als andere Methoden, da sie nicht zwischen vielen Pflanzen in hohen Dichten unterscheiden konnten. Die Gründe dafür, dass Artenspürhunde nicht besser abschnitten sind vielschichtig und in den meisten Fällen auf Probleme im Training zurückzuführen. Über beide Kartierungen hinweg zeigte sich, dass der Hund eine etwas höhere Fundrate (2,3 Fundpunkte pro Transekt) aufwies, als die Botanikerin (1,6 Fundpunkte pro Transekt). Aufgrund der geringen Menge an erfassten Pflanzen kann man in dieser Arbeit nicht eindeutig sagen, ob der Hund deutlich besser war als der Mensch. Das liegt zum einen an den Kartierzeitpunkten, an denen man eigentlich nicht unbedingt einen Hund zur Erfassung benötigt hätte. Zum anderen wurde ein noch relativ unerfahrener Artenspürhund eingesetzt, der zum Zeitpunkt der ersten Kartierung keine Realeinsätze durchlaufen hatte. Einen großen Einfluss hatte auch eine bis dahin noch nicht diagnostizierte Pankreatitis des Hundes, die sich sehr stark auf dessen Arbeitsleistung auswirkte. Diese verbesserte sich in der zweiten Kartierung deutlich, sodass davon auszugehen ist, dass die Fundrate mit einem gesunden Hund auch in der ersten Kartierung höher ausgefallen wäre. Dass Hunde aber in passenden Projekten besser beim Auffinden von seltenen oder invasiven Pflanzenarten sind als Menschen, zeigen einige Studien. GOODWIN et al. (2010) stellte in einer Studie zum Aufspüren von *Centaurea stoebe* fest, dass die Treffsicherheit der Hunde bei kleinen Pflanzen fast doppelt so groß war wie beim Menschen. Große Pflanzen dagegen wurden von Menschen genauso gut gefunden wie von Hunden. Ein aktueller Vergleich von Studien über Artenspürhunde zeigt, dass Hunde bei der Suche nach Pflanzenarten sogar eine höhere Sensitivität (81,0 % bis 100,0 %) als bei vielen anderen Tierartengruppen wie beispielsweise Reptilien, Amphibien, Vogelkadaver oder Insekten hatten (MCKEAGUE et al., 2023).

Der Hund hatte in den Wuchskategorien steril, blühend und verwelkt prozentual gleich hohe Fundraten, da er nicht nach optischen Signalen, wie rosa Blüten, sucht und somit nicht darauf angewiesen ist, dass sich seine Zielart optisch vom Hintergrundrauschen der Vegetation abhebt. Der Mensch dagegen ist dann am erfolgreichsten, wenn sich die Zielart von allen anderen durch Größe oder Farbe abhebt (GOODWIN et al., 2010). Das zeigt auch das Verallgemeinerte lineare Modell des Menschen, wo die Wuchskategorie die einzig wichtige Variable ist, welche die Entdeckungswahrscheinlichkeit erhöht, wobei die Bestände am wahrscheinlichsten entdeckt wurden. Eigentlich müsste man erwarten, dass die Kategorie blühende Pflanzen von der Botanikerin ähnlich gut entdeckt wurde. Diese wurden allerdings schlechter erkannt als die verwelkten Pflanzen. Lediglich die niedrigere Fundrate bei den sterilen Pflanzen war zu erwarten. Dennoch muss man sagen, dass die Fundrate der blühenden Pflanzen nicht so viel schlechter ist, als bei den Beständen und das die schlechtere Fundrate eher auf die geringe Anzahl an Stichproben zurückzuführen ist. Dennoch zeigen auch andere Studien, dass die menschliche Leistung bei der Kartierung von blütenlosen Pflanzen erheblich schlechter ist als im Fall von blühenden Pflanzen. Eine Studie zur Erkennung von Orangerotem Habichtskraut (*Hieracium aurantiacum* L.) (HAUSER et al., 2021) fand heraus, dass Kartierer*innen vermutlich 80 % eines Ausrottungsprogramms erreichen können, wenn die Pflanzen blühen. Dann schaffen sie es, in 5,5 Stunden einen Hektar zu kartieren. Wenn jedoch keine Blüten vorhanden sind, brauchen sie dazu 43 Stunden. Dies wurde aus den Ergebnissen abgeleitet, dass von den blühenden Pflanzen 81 %, von den nicht-blühenden jedoch nur 25 % gefunden wurden. Der Vorteil der guten Sichtbarkeit von blühenden Pflanzen wird wieder aufgehoben, wenn die Anzahl der Pflanzen zunimmt, die eine gleiche Blütenfarbe haben, wie die Zielart. Dies zeigt die Studie dadurch, dass die Zielpflanzen auf grasdominierten Beständen schneller gefunden werden, als auf heidedominierten Flächen. Auf den Transekten im Selketal waren jedoch keine weiteren rosa blühenden Pflanzen vorhanden. Die Vegetation bestand hauptsächlich aus nitrophilen Arten, wie unterschiedlichen Gräsern, Brennessel (*Urtica dioica*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Brombeere (*Rubus fruticosus*) und Himbeere (*Rubus idaeus*). Zusätzlich reagiert der Mensch durch das trichomatische Farbsehen besonders empfindlich auf Unterschiede zwischen Rot und Grün (KENDAL et al., 2013), was demnach bei der Suche von blühendem *I. glandulifera* in grün dominierender Vegetation ein Vorteil ist. Dabei erhöht vermutlich ein höherer Kontrast zwischen der Hintergrundvegetation und der Zielpflanze die Erkennungswahrscheinlichkeit. Weitere wichtige Faktoren für eine höhere Fundrate beim Menschen sind Form, Hintergrundkomplexität und Textur (KENDAL et al., 2013). Dass zu beiden Kartierzeitpunkten einige sterile Individuen von *I. glandulifera* vorhanden waren, erschwerte die Suche dennoch. Zusätzlich waren auf einigen Transekten auch Individuen von *I. parviflora* vorhanden, die im sterilen Zustand der Zielart durchaus ähneln. CHEN et al. (2009) fand heraus, dass die charakteristische Morphologie der Zielart eine signifikante Auswirkung auf die Entdeckungsrate hat. Dennoch hat die Blütenfarbe den größten Einfluss darauf. Da das im Selketal ebenfalls vorkommende *I. parviflora* eine ähnliche Blühzeit, aber gelbe Blüten hat (DERICKS, 2006), stellen hier vor allem die sterilen Individuen ein Problem bei der schnellen Entdeckung dar. Des Weiteren zeigt die Studie von HAUSER et al. (2021), dass Kartierer*innen mit mehr Erfahrung im Kartieren der Zielart meist schneller im Erkennen der Pflanze sind als unerfahrene Kartierer*innen. In den meisten Studien gibt es dennoch starke individuelle Schwankungen der Erkennungswahrscheinlichkeit (CHEN et al., 2009; HAUSER et al., 2021). Letztendlich zeigen unerfahrene, freiwillige Kartier*innen Potenzial, genauso effektiv zu sein wie erfahrene Mitarbeiter*innen, was im Naturschutz sehr viel Wert ist, da man häufig auf so genannte Bürgerwissenschaftler*innen angewiesen ist (HAUSER et al., 2021).

Abzuwägen ist, ob eine umfangreiche Kartierung und Entnahme von *I. glandulifera* einen großen Nutzen für die betroffenen Ökosysteme hat. Es gibt mittlerweile viele Studien über diesen invasiven

Neophyt, die zum Ergebnis kommen, dass die Auswirkungen auf die Artenanzahlen und Deckungen der einheimischen Pflanzen marginal sind (z.B. DIEKMANN et al., 2016; PATTISON et al., 2019; BIEBERICH et al., 2021). Auch wenn *I. glandulifera* potenzielle negative Auswirkungen auf ihren Standort hat, bleibt abzuwägen wie gefährdet ein Biotop durch eine Besiedlung ist. Der hohe Bewuchs begünstigt weniger trockenheitstolerante Arten, welche nach einer manuellen Entfernung verdrängt werden würden. Die Populationen von Wirbellosen dagegen steigen nach einer Beseitigung von *I. glandulifera* rasch an (WOOD et al., 2020). Untersuchungen zeigen, dass Umwelteinflüsse sich sehr viel stärker auf die einheimische Vegetation auswirken als *I. glandulifera* (DIEKMANN et al., 2016; BIEBERICH et al., 2021). Gerade Uferlebensräume sind aufgrund der Wasserdynamik sehr störungsanfällig. Aber auch *I. glandulifera* ist gegenüber einigen Umwelteinflüssen intolerant. So ist sie besonders intolerant gegenüber einer hohen Bodenfeuchtigkeit und verträgt keine Überschwemmungen (PATTISON et al., 2019). Daher kann eine Veränderung der Gewässerdynamik wie z.B. eine Renaturierung von Bachläufen eine effektivere Methode sein um Populationen einzudämmen als die manuelle Entfernung.

5.2 Versuch zum Aufspüren von Samen

Die Frage, ob der Hund auch geringe Mengen an Samen von *I. glandulifera* finden kann, lässt sich in dem genutzten Untersuchungsdesign positiv beantworten. Dabei machte es für den Hund keinen Unterschied, wie viele Samen sich in den Behältern befinden. Eine Überlegung war, ob der Hund erst ab einem bestimmten Schwellenwert der Geruchsmenge anzeigt. Während der Ausbildung wurde darauf geachtet, keine Anzeige an Restgeruch einer dort zuvor liegenden Probe zu belohnen, da der Hund nur tatsächlich vorkommende Teile von *I. glandulifera* anzeigen sollte. Man ist sich heute allerdings immer noch unsicher, ob Hunde in der Lage sind einen Schwellenwert zu erlernen, der erst erreicht werden muss, damit sie ihren Zielgeruch anzeigen (GADBOIS & REEVE, 2014). Im Training im Freien zeigte sich, dass der Hund keinen Restgeruch anzeigte, ohne dass dort noch Teile von *I. glandulifera* lagen. Stattdessen schnüffelte er interessiert daran, suchte aber weiter, weil es für ihn wohl keine offensichtliche Geruchsquelle gab. Da Hunde ein unvorstellbares Geruchsvermögen haben, ist davon auszugehen, dass ein Samen in einem kleinen Geruchsbehälter immer noch eine riesige Geruchswolke für den Hund darstellt. Hunde wären in der Lage, jedes einzelne Sandkorn an einem 500 m langen, 50 m breiten und 50 cm tiefen Strand mit einem Geruch zuzuordnen (WEINZINGER, 2021).

Nach der Auswertung zeigen die Leistungsparameter im Training und im Abschlusstest unterschiedlich gute Ergebnisse. Die Spezifität sowie die Genauigkeit werden vom Untersuchungsdesign bestimmt und können je nach Menge der zugegebenen Nicht-Zielarten besser oder schlechter ausfallen und sind somit nicht genau mit Ergebnissen anderer Untersuchungen zu vergleichen. Die durchschnittliche Genauigkeit lag im Training bei 94,1 % und im Abschlusstest bei 91,7 %. Die Präzision verschlechterte sich von 78,8 % im Training auf 72,1 % im Abschlusstest. Der Hund arbeitete beim Abschlusstest die Geruchswolke weniger zielgenau aus als beim Training und hatte somit mehr falsch-positive Anzeigen. Das ist damit zu erklären, dass der Abschlusstest in einem dem Hund unbekannten Gelände erfolgte, während er hormonell bedingt unter einer Stressphase litt. Dass er trotzdem grundsätzlich gut in dem Test abschnitt, zeigt, welches Potenzial Hunde bei der Erkennung eines Zielgeruchs haben. Die durchschnittliche Sensivität steigerte sich von 88,1 % im Training zu 91,7 % im Abschlusstest. Eine Studie über Geruchsverdünnung zeigt ebenfalls eine konstante Leistung des Hundes bei verschiedenen Stufen der Geruchsverdünnung (bis 1:100.000) (MATTHEW, 2016). Dabei hatte der Hund bei allen Verdünnungen eine Genauigkeit von 100 %, mit Ausnahme der Verdünnung 1:1, wo der Hund eine Genauigkeit von 93,3 % erreichte. Ebenfalls eine

hohe Gesamtleistung (Spezifität und Sensivität) zeigen Hunde bei der Zuordnung von Wasser mit Zielgeruch des invasiven Koi Karpfens (COLLINS et al., 2022). Dabei liegt der Hund über alle Verdünnungen hinweg bei einer Trefferquote von 87,7 % bis 95,1 %. Bei beiden Studien wurde bei den Geruchsverdünnungen unter oder an die Grenze der wahrscheinlich anzutreffenden Biomasseschwelle der Zielart gegangen, die der Hund noch finden sollte.

Es ist unerlässlich, eine solche Überprüfung doppelt blind durchzuführen, da Hunde sehr gut darin sind, Menschen zu lesen. Dabei hat das Wissen bzw. die Überzeugung des Menschen einen großen Einfluss auf den Hund, da sie durch kleinste Signale auf das vermeintliche Zielobjekt gelenkt werden (SCHWEITZER et al., 2011; JAMIESON et al., 2018). Das Training wurde vorwiegend „single blind“ durchgeführt, das heißt die Hundeführer*in versteckte den Probenbehälter, während der Hund nicht im Raum anwesend war. Zwischendurch wurden einige Durchgänge doppelt blind durchgeführt. Bei dem eingesetzten Artenspürhund ist aufgrund seiner Rasseigenschaften eher davon auszugehen, dass er sich nicht auf die Reaktionen seiner Hundeführer*in verlässt und sehr selbstständig arbeitet. Dennoch wurde für eine Vergleichbarkeit der Abschlusstest doppelt-blind durchgeführt, um den „Clever-Hans-Effekt“ auszuschließen, der für eine unbewusste menschliche Beeinflussung des Verhalten vom Versuchstier steht und dafür sorgt dass das Experiment zugunsten der eigenen Erwartungshaltung gelenkt wird (MOLL, 1904).

Die Ergebnisse der Geruchsdiskriminierung lassen sich jedoch nicht auf die Erfassung im Feld übertragen, da in einem Line-up als Versuchsdesign viele Faktoren ausgeschlossen werden, die die Detektionsfähigkeit des Hundes beeinflussen (GADBOIS & REEVE, 2014). Studien geben Leistungsparameter wie Sensivität oder Präzision im Line-up häufig höher an als bei den Kartierungen im Gelände, wobei in der Regel nur eine Art von Erhebungen durchgeführt wird (BENNETT et al., 2019). Ein Vergleich von Studien zur Geruchserkennung von Hunden zeigt, dass eine Sensivität zwischen 88,0 % und 100,0 % liegt (JOHNEN et al., 2013). Bei den Kartierungen im Gelände wird eine breite Spanne von 20,0 % Sensivität bei der Suche von Gewöllen (WASSER et al., 2012) bis zu 100,0 % Sensivität bei der Kartierung von Koalakot (CRISTESCU et al. 2015) angegeben. Die einzelnen Studien über Artenspürhunde lassen sich jedoch aufgrund ihrer unterschiedlichen Methodik schwer miteinander vergleichen. Ein wichtiger Faktor ist dabei das Training des Hundes und der Aufbau des Versuches (JOHNEN et al., 2013). Außerdem wird davon ausgegangen, dass Hunde mit bestimmten Eigenschaften wie z.B. einem hohen Beutetrieb, ein gewisses Maß an Selbstständigkeit oder eine hohe Ausbildungsfähigkeit auch eine bessere Fundrate erzielen (ARNESEN et al., 2020). In der Regel werden Artenspürhunde jedoch nicht explizit nach ihren Arbeitseigenschaften ausgewählt, häufig werden Hunde von Freiwilligen oder Mitarbeiter*innen der Studie genutzt. Der Hund dieser Studie ist ebenfalls nicht für Sucharbeiten ausgesucht und angeschafft worden.

5.3 Fazit und Ausblick

Eine Kartierung von *I. glandulifera* ist in den Sommermonaten auch ohne Artenspürhund gut durchführbar, beziehungsweise wirtschaftlich gesehen nicht die bessere Kartiermethode, da die etwas bessere Fundrate des Spürhundeteams im Gegensatz zum Menschen alleine die höheren Kosten nicht rechtfertigen. Die Stärken des Hundes liegen beim Finden von Pflanzen im Keimlingsstadium, wenn der Mensch kaum eine Chance hat, diese in hoher Vegetation zu finden. Bei der Bekämpfung von invasiven Pflanzenarten wie *I. glandulifera* wäre wohl ein Einsatz von Artenspürhunden im Frühjahr am sinnvollsten. Bei Verdacht einer neuen Besiedlung ist der Einsatz von Artenspürhunden auch ganzjährig geeignet, da bei dichter Vegetation selbst blühende Pflanzen nicht immer gut zu sehen sind. Der Samenversuch hat gezeigt, dass Hunde auch sehr geringe

Geruchskonzentrationen aufspüren können. Hier ist eher der Mensch der limitierende Faktor, denn es ist eher unwahrscheinlich, dass man im Gelände bei einer Anzeige des Hundes die Samen auch finden würde und so eliminieren könnte. Dennoch ist auch eine Anzeige des Hundes ohne sichtbaren Fund ein Hinweis darauf, dass man diesen Bereich zu einem späteren Zeitpunkt nochmals kontrollieren sollte, um so eine eventuelle Neubesiedelung zu verhindern. Ein Vergleich der Leistung des Hundes zum Samenversuch im Freiland wäre durchaus interessant, lässt sich aber schwer durchführen. Die Gefahr, ausgebrachte Samen nicht wiederzufinden, sodass diese keimen könnten, wäre zu hoch. Die Möglichkeit, diese in Behältern auszubringen, birgt immer die Gefahr, dass der Hund die Behälter anstatt der Samen sucht. Interessant wäre darüber hinaus, ob der Hund auch die Samen von *I. glandulifera* von anderen *Impatiens*-Arten unterscheiden kann.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an Studien zu Artenspürhunden. Diese Methode hat ihre Berechtigung im Naturschutz und ist trotz höherer Kosten häufig die wirtschaftlichere und effizientere Methode zur Kartierung verschiedener Artengruppen, da sie schneller, gründlicher und weniger invasiv ist als andere gängige Kartiermethoden. Ihren Einsatz finden Artenspürhunde vor allem dort, wo Individuen schwer zu entdecken sind oder in Projekten, wo eine hohe Fundrate wichtig ist. Direkte Vergleiche von verschiedenen Kartiermethoden sind ein gutes Mittel, um die Stärken und Schwächen des Einsatzes von Artenspürhunden zu erkennen. Viele Studien weisen jedoch einen Mangel an wichtigen Informationen auf, um sie vergleichbar zu machen. Gerade Informationen zur Ausbildung der Hunde und genaue Beschreibung des Versuch-Aufbaus sind wichtig, ebenso Aussagen zur Sensivität und Präzision. Die hier vorliegende Arbeit wurde unter Beachtung dieser wichtigen Informationen durchgeführt und geschrieben und trägt somit hoffentlich einen Teil dazu bei, Artenspürhunde bekannter zu machen und deren Qualität im Naturschutz aufzuzeigen.

Quellenverzeichnis

Verordnungen und Gesetze

BNATSCHG (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege – Bundesnaturschutzgesetz) i.d.F. vom 06 August 2009, BGBl. I S. 2542, zuletzt Durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 geändert.

RECHTSVERORDNUNG über das Naturschutzgebiet „Selketal“ in den Gemeinden Pansfelde (Landkreis Hettstedt) und Meisdorf (Landkreis Aschersleben) vom 21.02.1994.

VERORDNUNG DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS MAGDEBURG über das Naturschutzgebiet „Oberes Selktetal“ in den Städten Ballenstedt, Gernrode, Güntersberge, Harzgerode; in den Gemeinden Neudorf, Siptenfelde und Straßberg, Landkreis Quedlinburg; in den Gemeinden Stiege und Allrode, Landkreis Wernigerode und in der Gemeinde Pansfelde, Landkreis Aschersleben-Staßfurt vom 27. Januar 1998.

VERORDNUNG (EU) Nr. 1143/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten.

Literaturquellen

AKAIKE, H. (1973): Information theory and an extension of the maximum likelihood principle in: Petrov, B.N. & F. Csáki: 2nd International Symposium on Information Theory, Tsahkadsor, Armenia, USSR, 2.-8.9.1971, Budapest: Akadémiai Kiadó: 267-281.

ARNDT, E. (2009): Neobiota in Sachsen-Anhalt. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 46. Jahrgang, 2009, Heft 2: 3-63. LAU Sachsen-Anhalt (Hrsg.).

ARNESEN, C.H., JOHNSON, C.B., COSTANZI, J.M., ROSELL, F. (2020): Canines (*Canis lupus familiaris*) as biodetectors for conservation work: Can they discriminate the rock ptarmigan (*Lagopus muta*) from the willow grouse (*L. lagopus*) in a yes/no task? In: PLoS ONE 15(1): e0228143. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228143>

BALLOUARD, J., GRAVIER, C., RAPHAEL, G., VIRGINIE, C., CARON, S. (2013): Evaluation préliminaire de l'efficacité des chiens dans la recherche sur le terrain de la Tortue d'Hermann: implication pour sa conservation. Centre de Recherche & de Conservation des Chéloniens.

BENNETT, E., HAUSER, C.E., MOORE, J.L. (2019): Evaluating conservation dogs in the search for rare species. Conservation Biology, Volume 34, No. 2, 314-325. DOI: 10.1111/cobi.13431.

BENNETT, E., JAMIESON L.T., FLORENT, S.N., GILL, N., HAUSER, C., CRISTESCU, R. (2022): Detection dogs provide a powerful method for conservation surveys. In: Austral Ecology (2022) 47, 894-901. DOI:10.1111/aec.13162

BIEBERICH, J., MÜLLER, S., FELDHAAR, H., LAUERER, M. (2021): Invasive *Impatiens glandulifera*: A driver of changes in native vegetation? In: Ecology and Evolution (2021); 11:1320-1333. DOI: 10.1002/ece3.7135

- BÖCKER, F., TAUBMANN, J., GRIMM-SEYFARTH, A. (2018): Wildlife Detection Dogs – Einsatz und Grenzen von Artenspürhunden in Wildtierforschung und Naturschutz. S. 47-50 In: König, A., Arnold, J., Suchant, R., Sandrini, M. (Eds.) Wildbiologische Forschungsberichte. Tagungsbeiträge: Wildtierökologische Forschung für die Praxis – Vom Monitoring bis zum Management – (2018 im Nordschwarzwald). Schriftenreihe der Vereinigung der Wildbiologen und Jagdwissenschaftler Deutschlands. Band 3. Verlag Kessel. ISBN: 978-3-945941-43-0.
- CHEN, G., KÉRY, M., ZHANG, J., KEPING, M. (2009): Factors affecting detection probability in plant distribution studies. In: Journal of Ecology 2009, 97, 1383-1389: DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01560.x
- CHERRY, H., CONSTANTINE, A., PRIMROSE, K., HAUSER, C., TASKER, K. (2016): It takes a village: detection dogs, partnerships and volunteers aid hawkweed eradication in mainland Australia. In: Twentieth Australasian Weeds Conference.
- COLLINS, M.A., BROWNE, C.M., EDWARDS, T.L., LING, N., TEMPERO, G.W., GLEESON, D.M., CROCKETT, K., QUAIFFE, J. (2022): How low can they go: A comparison between dog (*Canis familiaris*) and environmental DNA detection of invasive koi carp (*Cyprinus rubrofuscus*). In: Applied Animal Behaviour Science 255 (2022) 105729
- CRISTESCU, R.H., FOLEY, E., MARKULA, A., JACKSON, G., JONES, D., FRERE, C. (2015): Accuracy and efficiency of detection dogs: a powerful new tool for koala conservation and management. In: Scientific Reports, 5:8349. DOI: 10.1038/srep08349.
- DEMATTEO, K., DAVENPORT, B., WILSON, L. (2019): Back to basics with conservation detection dogs: fundamentals for success. In: Wildlife Biology, September 2019 (1). DOI: 10.2981/wlb.00584
- DERICKS, G. (2006): Ökophysiologie und standörtliche Einbindung neophytenreicher Gattungen (*Impatiens*, *Solanum*) der Rheintalau. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf.
- DIEKMANN, M., EFFERTZ, H., BARANOWSKI, M., DUPRÉ, C. (2016): Weak effects on plant diversity of two invasive *Impatiens* species. In Plant Ecol. (2016) 217:1503-1514. DOI 10.1007/s11258-016-0663-0
- DIERSCHKE, H. (2008): Dynamik und Konstanz an naturnahen Flussufern – 27 Jahre Dauerflächenuntersuchungen am Oderufer (Harzvorland). Braunschweiger Geobotanische Arbeiten, 9: 119 – 138. März 2008
- ESSL, F., RABITSCH, W. (2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum.
- FRANK, D. (2006): Die Bedeutung des Harzes für die Landesflora von Sachsen-Anhalt. In: Abhandlungen und Berichte aus dem Museum Heineanum. Heft SH_7_1. S. 91 – 107.
- FUNKEL, C., (2002): Refugium Selketal (Vortrag vom 31.08.2002). Selketal-Konferenz, Meisdorf. https://www.rettet-das-selketal.de/4-texte-ereig-dok/4-032-refugium_selketal.htm (Abgerufen am 05.01.2022)
- GADBOIS, S., REEVE, C. (2014): Canine olfaction: Scent, sign, and situation. In: Domestic Dog Cognition and Behaviour: The Scientific Study of *Canis familiaris*, (2014), 3-29.

- GOODWIN, K.M., ENGEL, R.E., WEAVER, D.K. (2010): Trained Dogs Outperform Human Surveyors in the Detection of Rare Spotted Knapweed (*Centaurea stoebe*). In: Weed Science Society of America (Ed.), Invasive Plant Science and Management 2010 3:113-121. DOI: 10.1614/IPSM-D-09-00025.1
- GRIMM-SEYFARTH, A. (2018): Scent discrimination for species detection. Training, comparative tests and fields of application. Vortrag vom 23.03.2018.
- GRIMM-SEYFARTH, A., ZARZYCKA, A., NITZ, T., HEYNIG, L., WEISSHEIMER, N., LAMPA, S., KLENKE, R. (2019): Performance of detection dogs and visual searches for scat detection and discrimination among related species with identical diets. In: Nature Conservation 37: 81-98. DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.37.48208>
- GRIMM-SEYFARTH, A., HARMS, W., BERGER, A. (2021a): Detection dogs in nature conservation: A database on their world-wide deployment with a review on breeds used and their performance compared to other methods. Methods in Ecology and Evolution. 2021;12:568–579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13560>
- GRIMM-SEYFARTH, A. (2021b): Generalisten vs. Spezialisten. Betrachtung zweier Trainingstechniken. Vereinsinterner Vortrag im WDD vom 27.07.2021.
- GRIMM-SEYFARTH, A. (2022): Environmental and training factors affect canine detection probabilities for terrestrial newt surveys. In: Journal of Veterinary Behavior 57 (2022) 6-15.
- GRÖGER-ARNDT, H., ARNDT, E. (2011): NATURA verbunden. Einfluss von Neobiota auf geschützte Arten und Lebensräume. Natura 2000 Sachsen-Anhalt. LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt; Hrsg.)
- GOODWIN, K., ENGEL, R., WEAVER, D.K. (2010): Trained Dogs Outperform Human Surveyors in the Detection of Rare Spotted Knapweed (*Centaurea stoebe*). In: Invasive Plant Science and Management, April 2010).
- HAUSER, C.E., GILJOHANN, K., MCCARTHY, M., GARRARD, G., ROBINSON, A.P., WILLIAMS, N., MOORE, J.L. (2021): A field experiment characterizing variable detection rates during plant surveys. In: Conservation Biology, 36, e13888.. DOI: 10.1111/cobi.13888
- HEINRICH, J. (2011): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – Digitale Topographische Grundlagen – Neubearbeitung Stand 2011. Landbauforschung Sonderheft 359. GAUER, J., KROIHER, F. (Hrsg.)
- HEITKAMP, U. (2002): Gewässerökologie der Selke und ihren Nebenbächen. Vortrag – gehalten auf der Selketalkonferenz am 31. August 2002 in Meisdorf (Kurzfassung).
- HENTSCHEL, P., REICHHOFF, L., REUTER, B., ROSSEL, B. (1983): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Band 3 – Die Naturschutzgebiete der Bezirke Magdeburg und Halle. Urania-Verlag, Jena, Berlin. 2. Überarbeitete Auflage.
- HORMANN (2015): Die schwarze Liste invasiver Neophyten Sachsen-Anhalts – Ein Update. 4. Seminar „Neophytenmanagement in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts, 19.02.2015 Landesamt für Umweltschutz, Halle.

- HURT, A., GUSCIO, D., TIRMENSTEIN, D.A., RICHARDS, N., BURCH, A., MARLER, M. (2016): Using Search Dogs for Biological Eradication Programs – A Tale about Dyer’s Woad (*Isatis tinctoria* L.). Proceedings 37th the 3rd Northern Rockies Invasive Plants Council Conference. Airway Heights, Washington. February 10-13, 2014. Edited by: Mark Schwarzländer and John F. Gaskin. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. FHTET-2016-03. 189 pp.
- JAMIESON, T.J., BAXTER, G.S., MURRAY, P.J. (2018): You are not my handler! Impact of Changing Handlers on Dogs’ Behaviours and Detection Performance. In: *Animals* 2018, 8, 176. DOI:10.3390/ani8100176
- JOHNEN, D., HEUWIESER, W., FISCHER-TENHAGEN, C. (2013): Canine scent detection- Fact or Fiction? In: *Applied Animal Behaviour Science* 148 (2013) 201-208. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2013.09.002>
- KARSTE, G., WEGENER, U., SCHUBERT, R., KISON, H-U. (2011): Die Pflanzengesellschaften des Nationalparks Harz (Niedersachsen). Eine kommentierte Vegetationskarte. – Nationalparkverwaltung Harz; Wernigerode. Schriftreihe aus dem Nationalpark Harz, Band 6.
- Kendal, D., Hauser, C.E., Garrard, G.E., Jellinek, S., Giljohann, K.M, Moore, J.L (2013): Quantifying Plant Colour Difference as Perceived by Humans Using Digital Images. *PLoS ONE* 8(8): e72296. DOI:10.1371/journal.pone.0072296
- KRAMER, K. (2023): Neophytenbekämpfung. Leistungen der ÖSEG für den Naturschutz im Landkreis Harz. <https://www.kreis-hz.de/de/neophytenbekaempfung.html> (abgerufen am 05.02.2023)
- KRAUSS, K. (2021): Der Geruchssinn des Hundes. In: *SitzPlatzFuss*, Sonderausgabe 06, S 4-13.
- LONG, R., DONOVAN, T.M., MACKAY, P., ZIELINSKI, W.J., BUZAS, S. (2007): Effectiveness of Scat Detection Dogs for Detecting Forest Carnivores. *Techniques and Technology Article*. DOI: 10.2193/2006-230
- MAMMEN, K., MAMMEN, U., DORNBUSCH, G., FISCHER, G. (2013): Die europäischen Vogelschutzgebiete des Landes Sachsen-Anhalt. EU SPA Nordöstlicher Unterharz. In: *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*. Heft 10/2013. S. 169 – 176.
- MATTHEW, E. (2016): The use of a sniffer dog for amphibian conservation ecology.
- MCKEAGUE, B., FINLAY, C., ROONEY, N. (2023): Conservation detection dogs: A critical review of efficacy and methodology. DOI: <https://doi.org/10.22541/au.167733952.25607068/v1>.
- MCLEAN, I., SARGISSON, R. (2017): A dog as a generalist plant detection tool. In: *Weed Research*, June 2017. Dissertation, North-West University, May 2016.
- MOLL, A. (1904): Mitteilungen über den klugen Hans. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 6 (1904), 448-464.
- MOODY, M.E. & MACK, R.N. (1988): Controlling the spread of Plant Invasions. The Importance of Nascent Foci. In: *Journal of Applied Ecology* (1988), 25, 1009-1021.
- MOSER, A.Y., BROWN, W.Y., BIZO, L.A., ANDREW, N.R., TAYLOR, M.K. (2020): Biosecurity Dogs Detect Live Insects after Training with Odor-Proxy Training Aids: Scent Extract and Dead Specimens. In: *Chemical Sense*, 2020, Vol 45, 179-186. DOI: 10.1093/chemse/bjaa001
- MWU (Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt; 2010): Biodiversitätsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt.

- NEEDS, S. BENNETT, E., MAO, B., HAUSER, C. (2021): Do detection dogs respond differently to dried, frozen and live plant targets? In: *Applied Animal Behaviour Science* 236.
- NEHRING, S., SKOWRONEK, S. (2020): Die invasiven gebietsfremden Arten der Unionsliste der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 – Zweite Fortschreibung 2019 – BfN-Skripten 574. Bund für Naturschutz (Hrsg.).
- NELDER, J.A., WEDDERBURN, R.W.M. (1972): Generalized Linear Models. *J.R. Stat. Soc.* 135. 370-384. Doi: 10.2307/2344614
- NUSSEAR, K.E., ESQUE, T.C., HEATON, J.S., CABLK, M.E., DRAKE, K.K., VALENTIN, C., YEE, Y.L., MEDICA, P.A. (2008): Are Wildlife Detector Dogs or People better at Finding Desert Tortoises (*Gopherus Agassizii*)? In: *Herpetological Conservation and Biology* 3(1): 103-115.
- OLDENBURG, C., SCHOON, A., HEITKÖNIG, I.M.A. (2016): Wildlife detection dog training: A case study on achieving generalization between target odor variations while retaining specificity. In: *Journal of Veterinary Behaviour* 13 (2016) 34 – 38.
- ORKIN, J.D., YANG, Y., YANG, C., YU, D., JIANG, X. (2016): Cost-effective scat-detection dogs: unleashing a powerful new tool for international mammalian conservation biology. *Scientific Reports*. DOI: 10.1038/srep34758
- OSTERKAMP, T. (2020): Detector dogs and scent movement. How Weather, Terrain, and Vegetation influence Search Strategies. CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC.
- PATTISON, Z., VALLEJO-MARÍN, M., WILLBY, N. (2019): Riverbanks as Battlegrounds: Why Does the Abundance of Native and Invasive Plants Vary? In: *Ecosystems* (2019) 22: 578-586. DOI <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0288-3>
- PETERSEN, L.W., EL-FARHAN, Y.H., MOLDRUP, P., ROLSTON, D.E., YAMAGUCHI, T. (1996): Transient Diffusion, Adsorption, and Emission of Volatile Organic Vapors in Soils with Fluctuating Low Water Contents. In: *Journal of Environmental Quality* (25(5): 1054-1063.
- REICHHOFF, L. (2000): Die Landschaftsschutzgebiete Sachsen-Anhalts. Verlag: Magdeburger Druckerei GmbH. LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt; Hrsg.)
- REINHARDT, F., HERLE, M., BASTIANSEN, F., STREIT, B. (2003): Ökonomische Folgen der Ausbreitung von Neobiota. – Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 201 86 211. UBA-FB 000441. Im Auftrag des Umweltbundesamt (Hrsg.): 248 S.
- SALIX – Büro für Ökologie und Landschaftsplanung (2010): Managementplan für das FFH-Gebiet „Selketal und Bergwiesen bei Stiege“ und den dazugehörigen Ausschnitt des EU-SPA „Nordöstlicher Unterharz“. Europäischer Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des ländlichen Raums Sachsen-Anhalt 2007 – 2013. LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg.)
- SARGISSON, R., POPAY, I., MCLEAN, I.G., CROCKER, P. (2010): Biodetection technology for rare plants. In: S.M. Zydenbos (Ed.), *Seventeen Australasian Weeds Conference* (pp. 394-397). New Zealand Plant Protection Society.
- SCHWEITZER, J.B., LIT, L., OBERBAUER, A.M. (2011): Handlers beliefs affect scent detection dog outcomes. In: *Animal Cognition*, May 2011. DOI 10.1007/s10071-010-0373-2

- SITTARO, F., HUTENG, C., VOHLAND, M. (2023): Which factors determine the invasion of plant species? Machine learning based habitat modelling integrating environmental factors and climate scenarios. In: International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation 116 (2023) 103158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103158>
- SSYMANK, A. (1994): Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU. – Natur und Landschaft 69 (Heft 9): 395-406. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.).
- SZEKELY, S. (2001): Präzisierung der Landschaftsgliederung für den Harz. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 1: S. 53 – 54. 38. Jahrgang, 2001. Heft 1. ISSN 0940-6638. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.).
- TANNER, R., VARIA, S. ESCHEN, R., WOOD, S., MURPHY, S., GANGE, A. (2013) Impacts of an Invasive Non-Native Annual Weed, *Impatiens glandulifera*, on Above and Below-ground Invertebrate Communities in the United Kingdom. Plos ONE 8(6): e67271. Doi:10.1371/journal.pone.0067271
- TANNER, R., PARIS, F., ROY, H. (2017): Information on measures and related costs in relation to species included on the Union list: *Impatiens glandulifera*. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.
- WASSER, S.K., HAYWARD, L.S., HARTMANN, J., BOOTH, R.K., BROMS, K., BERG, J., SEELY, E., LEWIS, L., SMITH, H. (2012): Using Detection Dogs to Conduct Simultaneous Surveys of Northern Spotted (*Strix occidentalis*) and Barred Owls (*Strix varia*). PloS ONE 7(8): e42892. Doi:10.1371/journal.pone.0042892
- VESELY, D.G. (2008): Training of Conservation Detection Dogs to Locate Kincaid's Lupine (*Lupinus sulphureus* ssp. *kincaidii*). Prepared for the U.S. Fish & Wildlife Service, Oregon State Office.
- WEINZINGER, B. (2021): Nasenarbeit (zu) leicht gemacht. Trainingsfehler bei Suchaufgaben. In: SitzPlatzFuss, Sonderausgabe 06, S 4-13.
- WEISS, V. (2013): Zur Ökologie von *Impatiens edgeworthii* Hook. f. in Mitteldeutschland. In: Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anhalt (Halle 2013) 18: 15-29.
- WOLLETT (SMITH), D.A., HURT, A., RICHARDS, N.L. (2014): The current and future roles of free-ranging detection dogs in conservation efforts. Oxford University Press Chapter 10.
- WOOD, S.V., MACZEY, N., CURRIE, A.F., LOWRY, A.J., RABIEY, M., ELLISON, C.A., JACKSON, R.W., GANGE, A.C. (2021): Rapid impact of *Impatiens glandulifera* control on above- and belowground invertebrate communities. In: Weed Research 2021; 61: 35-44. DOI: 10.1111/wre.12454

Sonstige Quellen

- BARTON, K. (2023): MuMIn: Multi-Model Inference. R package Version 1.47.5. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.
- PAVELDEV (2023): Zufallsgenerator – Randomizer (Version 2.0.23) [Mobile app]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=mch.pavel.randomizer&hl=de>
- R Core Team (2023): A Language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.r-project.org/>.

Anhang

Anhang 1: Aufnahmebogen für die Kartierung von <i>I. glandulifera</i> im Selketal, welcher für jedes Transekt und von jedem Team getrennt ausgefüllt wurde. Spezifische Angaben zum Hund (Bemerkungen Hund, Anzeige, Sichtung HF) wurden nur vom Artenspürhundeteam ausgefüllt.	iv
Anhang 2: Übersicht der Verteilung der Gesamtfundpunkte pro Kartiermethode über die verschiedenen Wuchskategorien.	v
Anhang 3: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 1 und 2. Die Transekte sind jeweils als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt).....	vi
Anhang 4: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 1 und 2. Die Transekte sind jeweils als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt).....	vi
Anhang 5: Übersichtskarte der Fundpunkte vor und nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 3. Es wurde nur ein Fundpunkt kartiert, der jedoch nicht verifiziert werden konnte. Da an gleicher Stelle ein alter Fundpunkt verzeichnet ist, ist davon auszugehen dass dort doch noch <i>I. glandulifera</i> vorhanden ist. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	vii
Anhang 6: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 4. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	viii
Anhang 7: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 4. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	viii
Anhang 8: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 5. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	ix
Anhang 9: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 5. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	ix
Anhang 10: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 6. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina	

Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	x
Anhang 11: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 6. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	x
Anhang 12: Übersichtskarte der Fundpunkte vor und nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 7. Es wurden keine Fundpunkte kartiert. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xi
Anhang 13: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 8. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xii
Anhang 14: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 8. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xii
Anhang 15: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 9. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xiii
Anhang 16: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 9. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xiii
Anhang 17: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 10. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xiv
Anhang 18: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf Transekt 10. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas https://www.korina.info/funde/atlas/ ; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)	xiv
Anhang 19: Übersicht über Korrelationen der einzelnen Variablen für den Hund untereinander. Zu stark korrelierende Variablen rot markiert, auf festgelegten Grenze liegende gelb.	xv
Anhang 20: Übersicht über Korrelationen der einzelnen Variablen für die Botanikerin untereinander. Zu stark korrelierende Variablen rot markiert, auf festgelegten Grenze liegende gelb.	xvi
Anhang 21: Modellselektion für den Hund. Die Modellierungen ohne signifikante Abweichungen des besten Modells sind rot eingerahmt	xvii
Anhang 22: Auflistung nach Wichtigkeit der verglichenen Parameter für den Hund	xvii

Anhang 23: Modellselektion für den Mensch. Die Modellierungen ohne signifikante Abweichungen des besten Modells sind rot eingerahmt	xvii
Anhang 24: Auflistung nach Wichtigkeit der verglichenen Parameter für den Menschen.....	xvii
Anhang 25: Anzahl der Durchgänge, Anzahl der Dosen ohne Zielgeruch und die Zuordnung des Hundes aufgelistet je Samenmenge im Training des Line-up.....	xvii
Anhang 26: Signifikanztest mit Fisher's exact und Bonferroni Korrektur der richtigen und falschen Durchgänge pro Samenmenge. $p=0,52$	xviii
Anhang 27: Die Leistungsparameter Sensivität, Spezifität, Genauigkeit, Präzision des Hundes aufgelistet je nach Samenmenge im Training des Line-up.	xviii

Anhang 1: Aufnahmebogen für die Kartierung von *I. glandulifera* im Selketal, welcher für jedes Transekt und von jedem Team getrennt ausgefüllt wurde. Spezifische Angaben zum Hund (Bemerkungen Hund, Anzeige, Sichtung HF) wurden nur vom Artenspürhundeteam ausgefüllt.

Aufnahmebogen

Datum: _____

Flächennummer: _____

Bearbeiter*in: _____

Bemerkung Hund (Verleiter, Motivation):

Uhrzeit: _____

Start: _____

Ende: _____

Witterungstabelle

	<u>Temperatur [C°]</u>	<u>Niederschlag</u>	<u>Wind [bft]</u>	<u>Windrichtung</u>
<u>Anfang</u>				
<u>Ende</u>				

Gelände:

Terrain

- flach

- hügelig

- steil

Höhe der Vegetation

- 5 – 10 cm

- 11 – 20 cm

- > 20 cm

Funddaten

[illegible]

Anhang 2: Übersicht der Verteilung der Gesamtpunktzahlen pro Kartiermethode über die verschiedenen Wuchskategorien.

	1. Kartierung (August/September)			2. Kartierung (November)			Gesamtwerte		
	Hund	Mensch	Gesamt	Hund	Mensch	Gesamt	Hund	Mensch	Gesamt
Steril	12	5	12	4	2	5	16	7	17
Blühend	13	8	13	1	0	1	14	8	14
Bestand	2	2	2	1	7	7	3	9	9
Verwelkt	0	0	0	11	7	11	11	7	11
Nicht zugeordnet	1	4	5	1	0	1	2	4	6
Gesamt	28	19	32	18	16	25	46	35	57
Nicht gefundene Pflanzen (%)	12,5	40,6		24,0	36,0		21,7	47,4	
Ohne Sichtung HF (%)	17,9			77,8			33,3		

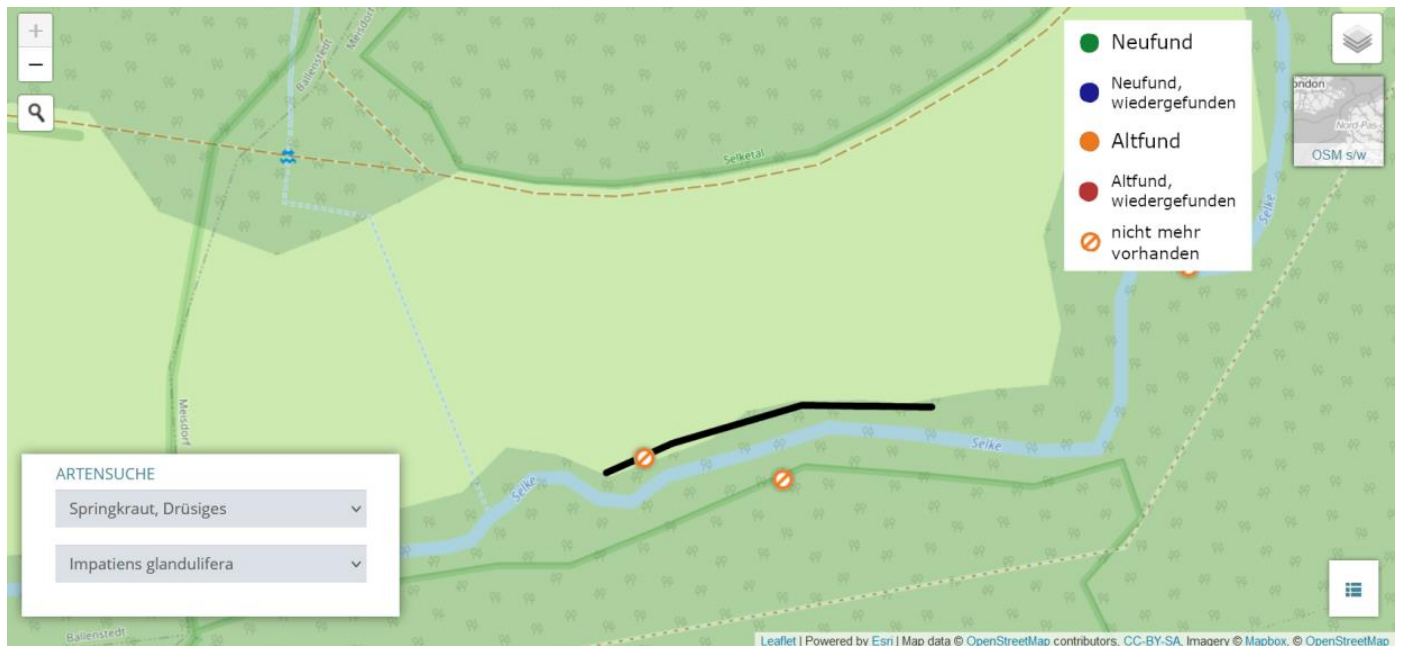
Anhang 3: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 1 und 2**. Die Transekte sind jeweils als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 4: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 1 und 2**. Die Transekte sind jeweils als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 5: Übersichtskarte der Fundpunkte vor und nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 3**. Es wurde nur ein Fundpunkt kartiert, der jedoch nicht verifiziert werden konnte. Da an gleicher Stelle ein alter Fundpunkt verzeichnet ist, ist davon auszugehen dass dort doch noch *I. glandulifera* vorhanden ist. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 6: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 4**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 7: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 4**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 8: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 5**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 9: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 5**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



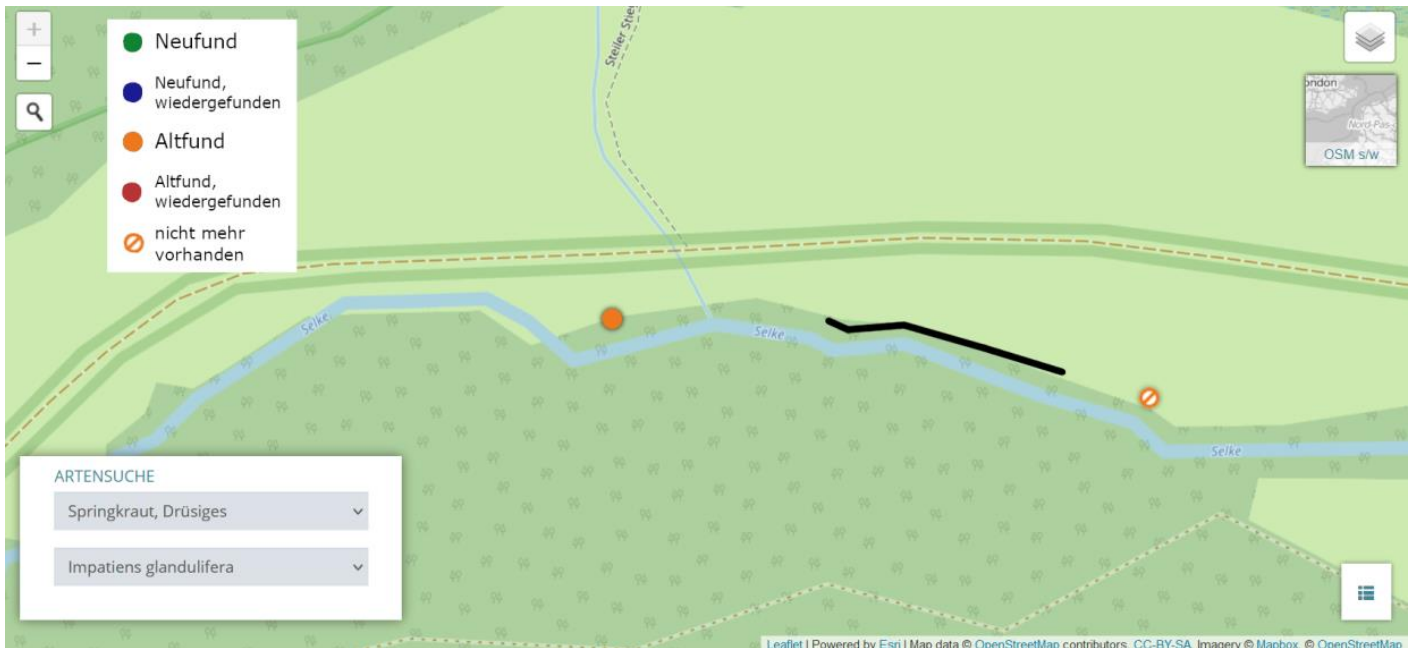
Anhang 10: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 6**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 11: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 6**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 12: Übersichtskarte der Fundpunkte vor und nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 7**. Es wurden keine Fundpunkte kartiert. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 13: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 8**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 14: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 8**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 15: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 9**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 16: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 9**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 17: Übersichtskarte der Fundpunkte vor den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 10**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 18: Übersichtskarte der Fundpunkte nach den Kartierungen mit Artenspürhund auf **Transekt 10**. Das Transekt ist als schwarze Linie eingezeichnet. (Quelle: Korina Fundatlas <https://www.korina.info/funde/atlas/>; eigene Fundpunkte, Transekte sowie Legende hinzugefügt)



Anhang 19: Übersicht über Korrelationen der einzelnen Variablen für den Hund untereinander. Zu stark korrelierende Variablen rot markiert, auf festgelegten Grenze liegende gelb.

Transekt	$r = 0,015$ $p = 0,92$	$r = -0,044$ $p = 0,76$	$r = 0,026$ $p = 0,86$	$r = -0,31$ $p = 0,024$	$r = 0,0087$ $p = 0,95$	$r = -0,033$ $p = 0,81$	$r = 0,10$ $p = 0,48$	$r = -0,012$ $p = 0,93$
	Kartierung	$r = 0,25$ $p = 0,075$	$r = -0,72$ $p = <0,01$	$r = 0,30$ $p = 0,034$	$r = -0,25$ $p = 0,075$	$r = 0,21$ $p = 0,14$	$r = 0,95$ $p = <0,01$	$r = 0,48$ $p = <0,01$
		Wuchsstadium	$r = -0,30$ $p = 0,033$	$r = 0,0027$ $p = 0,99$	$r = 0,0075$ $p = 0,96$	$r = -0,048$ $p = 0,74$	$r = 0,28$ $p = 0,043$	$r = 0,27$ $p = 0,051$
			Temperatur	$r = -0,59$ $p = <0,01$	$r = -0,31$ $p = 0,025$	$r = 0,37$ $p = <0,01$	$r = -0,66$ $p = <0,01$	$r = -0,52$ $p = <0,01$
				Niederschlag	$r = 0,33$ $p = 0,015$	$r = -0,35$ $p = 0,012$	$r = 0,065$ $p = 0,65$	$r = 0,011$ $p = 0,94$
					Luftfeuchte	$r = -0,78$ $p = <0,01$	$r = -0,33$ $p = 0,015$	$r = -0,049$ $p = 0,73$
						Windstärke	$r = 0,32$ $p = 0,02$	$r = -0,045$ $p = 0,75$
							Windrichtung	$r = 0,53$ $p = <0,01$
								Wiederfundrate

Anhang 20: Übersicht über Korrelationen der einzelnen Variablen für die Botanikerin untereinander. Zu stark korrelierende Variablen rot markiert, auf festgelegten Grenze liegende gelb.

Transekt		$r = 0,015$ $p = 0,92$	$r = -0,044$ $p = 0,76$	$r = 0,063$ $p = 0,66$	$r = -0,076$ $p = 0,59$	$r = -0,19$ $p = 0,18$	$r = 0,01$ $p = 0,94$	$r = -0,012$ $p = 0,93$
	Kartierung		$r = 0,25$ $p = 0,075$	$r = -0,87$ $p = <0,01$	$r = 0,74$ $p = <0,01$	$r = -0,30$ $p = 0,03$	$r = 0,93$ $p = <0,01$	$r = 0,48$ $p = <0,01$
			Wuchsstadium	$r = -0,31$ $p = 0,028$	$r = 0,33$ $p = 0,018$	$r = -0,12$ $p = 0,39$	$r = 0,28$ $p = 0,046$	$r = 0,27$ $p = 0,051$
				Temperatur	$r = -0,91$ $p = <0,01$	$r = 0,27$ $p = 0,055$	$r = -0,93$ $p = <0,01$	$r = -0,49$ $p = <0,01$
					Luftfeuchte	$r = -0,41$ $p = <0,01$	$r = -0,75$ $p = <0,01$	$r = -0,33$ $p = <0,01$
						Windstärke	$r = -0,26$ $p = 0,058$	$r = -0,33$ $p = 0,015$
							Windrichtung	$r = 0,44$ $p = <0,01$
								Wiederfundrate

Anhang 21: Modellselektion für den Hund. Die Modellierungen ohne signifikante Abweichungen des besten Modells sind rot eingerahmt

Intercept	Luftfeuchte	Temperatur	Wuchskategorie	dt	logLik	AIC	delta	weight
-11,690	0,135		+	5	-6,526	23,1	0,00	0,593
-14,970	0,152	0,190	+	6	-6,220	24,4	1,39	0,296
-0,693			+	4	-9,532	27,1	4,01	0,080
-1,456		0,067	+	5	-9,475	29,0	5,90	0,031
-10,060	0,119	0,264		3	-17,822	41,6	18,59	0,000
-2,373	0,056			2	-19,190	42,4	19,33	0,000

Anhang 22: Auflistung nach Wichtigkeit der verglichenen Parameter für den Hund

	Wuchskategorie	Luftfeuchte	Temperatur
Gewichtung	1,00	0,89	0,33
Anzahl der enthaltenen Modelle	4	4	4

Anhang 23: Modellselektion für den Mensch. Die Modellierungen ohne signifikante Abweichungen des besten Modells sind rot eingerahmt

Intercept	Temperatur	Transekt	Windstärke	Wuchskategorie	dt	logLik	AIC	delta	weight
17,030	0,1439			+	5	-27,976	66,0	0,00	0,398
18,570				+	4	-29,228	66,5	0,51	0,309
17,010	0,1435		0,002	+	6	-27,975	68,0	2,00	0,146
18,330			0,017	+	5	-29,189	68,4	2,43	0,118
0,390					1	-35,076	72,2	6,20	0,018
21,270		+		+	13	-23,558	73,1	7,16	0,011

Anhang 24: Auflistung nach Wichtigkeit der verglichenen Parameter für den Menschen

	Wuchskategorie	Temperatur	Windstärke	Transekt
Gewichtung	0,97	0,55	0,27	0,03
Anzahl der enthaltenen Modelle	8	8	8	8

Anhang 25: Anzahl der Durchgänge, Anzahl der Dosen ohne Zielgeruch und die Zuordnung des Hundes aufgelistet je Samenmenge im Training des Line-up.

Samenmenge	Durchgänge	Anzahl Nicht-Zielart	richtig positiv	falsch positiv	falsch negativ	richtig negativ
20	15	75	13	3	2	72
15	15	75	8	7	7	68
10	14	70	8	10	6	60
5	10	50	9	1	1	49
4	5	25	5	1	0	24
3	5	25	4	1	1	24
2	5	25	5	1	0	24
1	20	100	19	6	1	94
Summe	89	445	71	30	18	415

Anhang 26: Signifikanztest mit Fisher's exact und Bonferroni Korrektur der richtigen und falschen Durchgänge pro Samenmenge. $p=0,52$

Samenmenge	20	15	10	5	4	3	2	1
Richtige Durchgänge	-0,31254	-2,1878	0,50395	1,4754	0,50395	0,50395	0,50395	0
p-Wert	0,75463	0,02868	0,61430	0,14011	0,61430	0,61430	0,61430	
Falsche Durchgänge	0,31254	2,1878	-0,50395	-1,4754	-0,50395	-0,50395	-0,50395	0
p-Wert	0,75463	0,02868	0,61430	0,14011	0,61430	0,61430	0,61430	

Anhang 27: Die Leistungsparameter Sensivität, Spezifität, Genauigkeit, Präzision des Hundes aufgelistet je nach Samenmenge im Training des Line-up.

Samenmenge	Sensivität	Spezifität	Genauigkeit	Präzision
20	0,87	0,96	0,94	0,81
15	0,53	0,91	0,84	0,53
10	0,57	0,86	0,81	0,44
5	0,90	0,98	0,97	0,90
4	1,00	0,96	0,97	0,83
3	0,80	0,96	0,93	0,80
2	1,00	0,96	0,97	0,83
1	0,95	0,94	0,94	0,76
Durchschnitt	0,83	0,94	0,92	0,74

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen und mich unterstützt haben.

An erster Stelle möchte ich mich bei Veronika Kartheuser für die Unterstützung bei den Kartierungen und die angenehme Zusammenarbeit bedanken.

Dr. Annegret Grimm-Seyfarth danke ich besonders für die Betreuung und die Unterstützung bei methodischen Fragen. Danke auch an meine Erstbetreuerin Prof. Dr. Caroline Stolter von der Hochschule Anhalt für die Kritik und Anregungen an meiner Arbeit.

Ich danke dem Wildlife Detection Dog Verein für die finanzielle Unterstützung.

Ein großer Dank geht auch an Maria Zahn und Sibylle Mühlke fürs Korrekturlesen.

Zu guter Letzt danke ich natürlich dem weltbesten Artenspür-Nuka, ohne den es diese Arbeit gar nicht geben würde und der dafür gesorgt hat, dass ich nicht am Schreibtisch fest wachse.

IGAMon-Dog" ist eines von 15 Citizen Science Projekten, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert werden. Es gehört zu 15 Projekten, die bis Ende 2024 die Zusammenarbeit von Bürger*innen und Wissenschaftler*innen inhaltlich und methodisch voranbringen und Antworten auf gesellschaftliche Herausforderungen geben sollen. Weitere Informationen unter:

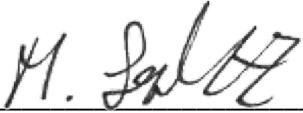
www.bmbf.de/de/buergerforschung-225.html und www.buergerschaffenwissen.de

Selbständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe.

Bernburg, den 01.08.2023

Unterschrift der Verfasser*in

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Legerlotz', written over a horizontal line.

Maike Legerlotz