



Hochschule für Forstwirtschaft
Rottenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

BACHELORARBEIT

Im Studiengang
Nachhaltiges Regionalmanagement

Deutscher Titel
Handlungsempfehlung zum Hasenmonitoring mit
Hilfe von Drohnen

Englischer Titel
Recommendation for action on hare monitoring
with the aid of drones

Simon Keck

I. ALLGEMEINE ANGABEN

Verfasser und Wohnadresse

Simon Keck
Bachstraße 51
D-73274 Notzingen

Matrikelnummer: 600537
Studiengang: Nachhaltiges Regionalmanagement

Erstprüfer:

Prof. Dr. Rainer Luick
Professor HFR,

Zweitprüfer:

M.Sc. Steffen Döring
Projekt-Koordinator 'DroBio'

Anschrift der HFR:

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Schadenweilerhof
D-72108 Rottenburg a.N.

Copyright © 2021

D-72108 Rottenburg

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder über elektronische Systeme verbreitet werden. Die Genehmigung ist bei der HFR einzuholen. Bei gesperrten Arbeiten ist jegliche Art der Weiterverwendung verboten.

II. INHALTSVERZEICHNIS

I.	Allgemeine Angaben	I
II.	Inhaltsverzeichnis	II
III.	Abkürzungsverzeichnis	IV
IV.	Abbildungsverzeichnis	V
V.	Tabellenverzeichnis	V
VI.	Zusammenfassung	VI
VII.	Summary	VII
1	Einleitung	1
1.1	Fragestellung und Zielsetzung	2
2	Grundlagen	3
2.1	Feldhase (<i>Lepus europaeus</i>)	3
2.1.1	Taxonomie	3
2.1.2	Merkmale	3
2.1.3	Verbreitungsgebiet	3
2.1.4	Lebensraum und Fluchtverhalten	4
2.1.5	Populationsdichte und Rückgang der Besätze	5
2.2	Scheinwerfertaxation	6
2.2.1	Verwendete Technik	8
2.2.2	Zählzeitpunkt	8
3	Methodik	10
3.1	Untersuchungsgebiet und Referenzfläche	10
3.1.1	Untersuchungsgebiet	10
3.1.2	Referenzfläche	12
3.2	Zählverfahren mit Hilfe von Drohnen	14
3.3	Parameter für den Drohnenflug	16
3.4	Verwendete Technik	18

3.4.1	Drohnen- und Kameratechnik	18
3.4.2	Software.....	20
3.5	Zähltermine	21
4	Ergebnisse	23
4.1	Zählergebnisse	23
4.1.1	Scheinwerfertaxation	23
4.1.2	Zählung mit Hilfe einer Drohne	24
4.1.3	Zeitaufwand für die Durchführung der Zählungen mit Hilfe von Handscheinwerfern.....	26
4.1.4	Zeitaufwand für die Durchführung der Zählungen mit Hilfe von unbemannten Luftfahrzeugen.....	27
4.2	Störungen der angetroffenen Fauna.....	28
5	Diskussion	29
5.1	Detektierte Individuen bei beiden Verfahren.....	29
5.2	Erfassungsgeschwindigkeit	30
5.3	Störung bei der Befliegung der einzelnen Flächen	31
6	Anwendung in der Praxis.....	32
6.1	Monitoring.....	32
6.2	Handlungsempfehlung beim Einsatz	33
6.2.1	Durchführung einer Zählung	34
6.3	Mögliche Verbesserung der Technik	35
7	Kritische Einschätzung beim eigenen Vorgehen	36
8	Fazit.....	37
VIII.	Literaturverzeichnis.....	VII
IX.	Anhang	XI
X.	Danksagung	XV
XI.	Eidesstattliche Erklärung	XVI

III. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

µm	Mikrometer
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
dB(A)	bewerteter Schalldruckpegel
e.V.	eingetragener Verein
FPA	Focal Plane Array
g	Gramm
GPS	Global Positioning System
Hz	Hertz
IP	Schutzart
JWVG	Jagd- und Wildtiermanagement Gesetz
Kfz	Kraftfahrzeug
KI	künstliche Intelligenz
LuftVO	Luftverkehrs-Ordnung
m	Meter
Min	Minuten
mm	Millimeter
MP4	Video-Containerformat
NTSC	National Television Systems Committee / Fernsehsystem
UAS	Unbemanntes Luftfahrzeug
z.B.	zum Beispiel

IV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verbreitungsgebiet Feldhase in Baden-Württemberg	4
Abbildung 2: Skizze einer Scheinwerfertaxation	7
Abbildung 3: Untersuchungsgebiet.....	10
Abbildung 4: Zählflächen der WFS (Ausschnitt).....	12
Abbildung 5: Referenzfläche.....	13
Abbildung 6: Skizze zur Berechnung der Breite der Untersuchungsfläche	15
Abbildung 7: klare Wärmesignatur eines Feldhasen (<i>Lepus europaeus</i>)	16
Abbildung 8: Flugplanung 1.Teilfläche des Untersuchungsgebiets	18
Abbildung 9: DJI Inspire	19

V. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Scheinwerfertaxation Frühjahr 2021	24
Tabelle 2: Drohnenzählung Frühjahr 2021	25
Tabelle 3: Zeitaufwand Scheinwerfertaxation Untersuchungsfläche	26
Tabelle 4: Zeitaufwand Scheinwerfertaxation Referenzfläche	26
Tabelle 5: Zeitaufwand Drohnenflug Untersuchungsfläche	27
Tabelle 6: Zeitaufwand Drohnenflug Referenzfläche	27

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Die Zahl der Besitzer und Anwender von Drohnen steigt stetig, vor allem unter Jägern und anderen Tierschützern, die damit die Rehkitzrettung effizienter gestalten wollen. Im Wildtiermonitoring dagegen ist der Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen noch eher selten. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Zählung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) mit Hilfe einer, mit Wärmebildtechnik ausgestatteten, Drohne, die in dieser Form auch bei der Rehkitzrettung zum Einsatz kommt. Es wird dazu ein ähnliches Verfahren verwendet, wie es bereits in der Kitzrettung angewendet wird und dieses insbesondere auf Effektivität, Genauigkeit und Geschwindigkeit untersucht.

Hierfür wurden insgesamt vier Flüge mit einer DJI Inspire durchgeführt, welche mit einer Wärmebildkamera des Herstellers FLIR vom Typ Zenmuse XT ausgerüstet ist. Außerdem wurde jeweils an denselben Abenden und auf denselben Flächen das standardisierte Verfahren der Scheinwerfertextation angewendet. Die erzielten Ergebnisse und der benötigte Zeitaufwand wurden anschließend verglichen.

VII. SUMMARY

The number of owners and users of drones is steadily increasing, especially among hunters and other animal rights activists who want to use them to make fawn rescue more efficient. However, in wildlife monitoring the use of unmanned aerial vehicles is still rather rare. This paper deals with the census of European hares (*Lepus europaeus*) using a drone equipped with thermal imaging technology, which is also used in this form for fawn rescue. For this purpose, a similar method is applied as it is already used in fawn rescue, and is particularly tested for its effectiveness, accuracy and speed.

For this purpose four flights were carried out with a DJI Inspire, equipped with a thermal imaging camera of the type Zenmuse XT manufactured by FLIR. Additionally the standardized procedure of headlight taxation was applied in the same evenings and in the same areas. Finally the obtained results and the required time were compared.

1 EINLEITUNG

Der Feldhase (*Lepus europaeus*) ist auf Grund seiner vorwiegend nächtlichen Aktivitäten nur selten tagsüber zu beobachten, wodurch der Besatz früher hauptsächlich über die Jagdstrecken ermittelt wurde, was infolge zu einer Fehleinschätzung der tatsächlichen Population führte. (Johannes Lang, 2010)

Durch die Einführung der Scheinwerfertextation nach Pegel, die seit 23 Jahren durch Jagdausübungsberechtigte in Ihren heimischen Revieren in Baden-Württemberg mit Hilfe dieser Zählmethodik durchgeführt werden, ist ein verbessertes und angepasstes Wildtiermanagement möglich. Dies hat zur Folge, dass ein besseres Verständnis der Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Hasenpopulation in unserer Kulturlandschaft erlangt wird. (Wildforschungsstelle Aulendorf beim Landwirtschaftlichem Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) & Landesjagdverband Baden-Württemberg e.V., 2011)

Pressemitteilungen aus dem Bereich der Rehkitzrettung lassen die Thematik von unbemannten Flugfahrzeugen im zivilen Einsatz immer mehr in den Fokus der Gesellschaft rücken.

Deshalb ist es an der Zeit diese, in anderen Bereichen bereits in der Anwendung befindliche Technik auf ihre Tauglichkeit in anderen wildtierbiologischen Fragen, wie zum Beispiel bei der Erfassung der Hasenpopulation zu prüfen und Synergien zu vorhandenen Methoden abzuleiten.

1.1 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG

In den letzten Jahren fand aufgrund sinkender Preise, verbesserter Technik und damit verbundener Zunahme der Einsatzmöglichkeiten, sowie steigendem Interesse am Fliegen von unbemannten Luftfahrzeugen, sogenannten UAS, ein rascher Zuwachs von Drohnen im zivilen Bereich statt. Besonders der Bereich von gewerblich genutzten UAS, konnte einen Zuwachs von 138%, seit dem Jahr 2019 verzeichnen. (Claudia Nehring, 2021)

Diese Flugsysteme können, unter anderem, mit Wärmebildtechnik ausgestattet werden und finden deshalb zum Beispiel in der Kitzrettung sowie bei der Erfüllung von Sicherheitsaufgaben von speziellen Behörden und Organisationen (BOS) Anwendung. (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2021), (Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021)

Aufgrund der bereits hohen Anwenderzahl und der stetigen Weiterentwicklung der UAS und Thermaltechnik, stellt sich die Frage:

Besteht die Möglichkeit auch die Zählung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) effektiver, genauer, sowie schneller als bei der „klassischen“ Hasentaxation zu gestalten und das mit einer Technik (Drohne mit Wärmebildkamera) die bereits zahlreich bei Kitzrettungsaktionen vor der Frühjahrsmahd eingesetzt wird?

Um dies zu evaluieren, werden in dieser Arbeit beide Verfahren auf denselben zwei landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführt und verglichen. Die Flächen unterscheiden sich vorwiegend durch ihre Geländestruktur sowie die Vegetationshöhen, bedingt durch abweichende Bewirtschaftung.

Ziel dieser Arbeit ist es eine Handlungsempfehlung zum Hasenmonitoring mit Hilfe von Drohnen / UAS abzugeben.

2 GRUNDLAGEN

2.1 FELDHASE (*LEPUS EUROPAEUS*)

2.1.1 Taxonomie

Der Typus Feldhase (lateinisch = *Lepus europaeus*) gehört der Klasse der Säugetiere (*Mammalia*) an und ist der Unterklasse der Höheren Säugetiere (*Eutheria*) zugeordnet. Innerhalb ihrer Ordnung der Hasenartigen (*Lagomorpha*) bilden sie zusammen mit den Schneehasen die Gattung Echte Hasen (*Lepus*). (Schulte, 2002)

2.1.2 Merkmale

Rammler und Häsin sind äußerlich kaum zu unterscheiden. Beide weisen ausgewachsen eine Körperlänge zwischen 57 und 83 cm auf. Die Löffel sind länger als der Kopf. Das Gewicht eines erwachsenen Hasen schwankt zwischen 3,0 und 4,0 kg. Die Hinterläufe sind deutlich länger als die Vorderläufe. Der Hasenbalg hat eine schwarz-graubraune Oberseite und eine weiße Bauchseite. Die Oberseite der Blume und die Löffelspitzen sind schwarz. Besonders an diesem Merkmal und an der Augenfarbe (gelblichbraune Iris und schwarze Pupille) ist der Feldhase leicht vom schwarzäugigen Wildkaninchen zu unterscheiden. (Schulte, 2002)

2.1.3 Verbreitungsgebiet

Als natürliches Verbreitungsgebiet der Feldhasen (*Lepus europaeus*) kann das Gebiet von Nordspanien über Südkandinavien bis in den mittleren Osten und Teile Sibiriens angesehen werden. (Zörner, 1981)

Neben diesem natürlichen Verbreitungsgebiet und der Tatsache, dass es sich bei dieser Tierart um eine jagdbare Art handelt, hat eine künstliche Ausdehnung in andere Regionen der Welt stattgefunden. Dies hat dazu geführt, dass nun ebenfalls Populati-

onen auf der Britischen Insel und Irland, sowie anderen Kontinenten wie bspw. Südamerika, Nordamerika und Australien anzutreffen sind. (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2019)

Für die Gemeinden in Baden-Württemberg kann für das Jagdjahr 2016/2017 von einem fast flächendeckenden Verbreitungsgebiet gesprochen werden (siehe Abbildung 1). (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2019)

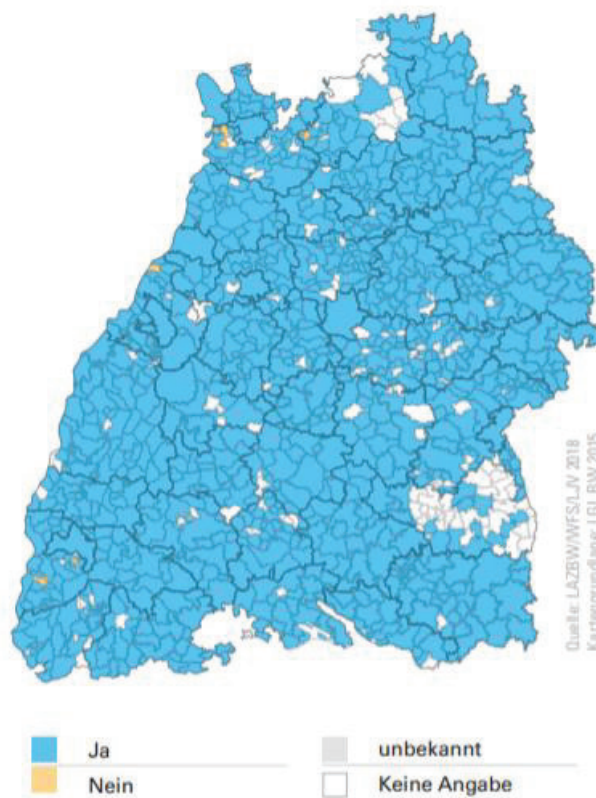


Abbildung 1: Verbreitungsgebiet Feldhase in Baden-Württemberg
Quelle: Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2019

2.1.4 Lebensraum und Fluchtverhalten

Aufgrund seines Lebensraums, welcher sich durch steppenartige Strukturen auszeichnet und durch Säume, welche durch vorhandene Deckungsstrukturen in Form von umgepflügten Äckern, Grabenböschungen oder aber auch wenig genutztem Grünland,

entsteht bzw. charakteristisch ist, zeigt der Feldhase (*Lepus europaeus*) sein typisches Fluchtverhalten in Form von schnellen Richtungswechseln.

Auf Grund der bevorzugten Strukturen, seines Fluchtverhaltens, sowie seiner guten Tarnung wird die visuelle Ermittlung seiner Population, mit Hilfe der Scheinwerferta-
tion erschwert. (Zörner, 1981), (Krebs, 2004)

2.1.5 Populationsdichte und Rückgang der Besätze

Im landwirtschaftlich genutzten Offenland Deutschland erreichen Feldhasen sehr unterschiedliche Dichten von weniger als einem Hasen pro 100 Hektar in intensiv ge-
nutzten Ackerbaugebieten Ostdeutschlands bis zu über 100 Hasen pro 100 Hektar in
manchen Gebieten Westdeutschlands. (Johannes Lang, 2010)

Für Baden-Württemberg kann, trotz der in den letzten Jahren rückläufig gemeldeten
Anzahl der für die Feldflur charakteristischen Art, von einer niedrigen, aber flächende-
ckenden Ausbreitung von 10 bis 13,2 Feldhasen (*Lepus europaeus*) je 100 Hektar
(Taxaktionsfläche) gesprochen werden. (Ministerium für Ländlichen Raum und
Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2019)

Dieser Rückgang ist auf eine Lebensraumveränderung zurückzuführen. Insbesondere
die Intensivierung der Landwirtschaft und dem daraus folgenden Mangel an Deckung,
sowie das dadurch verringerte Nahrungsangebot führt beim Feldhasen (*Lepus euro-
paeus*) zu einem Anstieg der Mortalität. Dieser wird sowohl durch einen erhöhten Ener-
gieaufwand für die Nahrungsbeschaffung sowie den gestiegenen Prädationsdruck¹
ausgelöst. (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-
Württemberg, 2019)

¹ gestiegene Gefahr von Fressfeinden entdeckt und erbeutet zu werden

2.2 SCHEINWERFERTAXATION

Aktuell wird als Zählverfahren die sogenannte Scheinwerfertextation für die Bestandsermittlung der Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Feldrevieren verwendet. Dieses Verfahren hat sich bisher als anerkanntes und probates Mittel für die Zählung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) etabliert. Sie kann in den Hauptaktivitätsphasen dieser Art, welche sich in den späten Abend- und Nachstunden befindet nach kurzer Einweisung von Jagdausübungsberechtigten und freiwilligen Helfern selbstständig durchgeführt werden. Durch Wiederholungen der zwei bis drei notwendigen Zählungen im Frühjahr sowie im Herbst desselben Jahres, lässt sich eine Stichprobenzahl generieren, welche Rückschlüsse auf die Populationsdichte ermöglicht. (Johannes Lang, 2010), (H. Nösel, 2002)

Bei dieser Methode wird vom Fahrer eines PKWs ein zuvor exakt definierter Korridor abgefahren (siehe Abbildung 2). Ein Beifahrer zählt währenddessen mit Hilfe eines standardisierten 12 Volt Handscheinwerfers (Reichweite ca. 150 m, Ausrichtung 90° zur Fahrtrichtung auf Seite des Beifahrers), reflektierenden Augenpaare sowie Silhouetten des detektierten Wildes und vermerkt diese. (Pegel, 1986), (Strauß, 2018)

Dieses Verfahren ist besonders für Feldreviere mit einer geringen Anzahl an Feldgehölz (Büsche, Sträucher und Bäume) geeignet, da eine freie Sicht über 150m benötigt wird. (Pegel, 1986), (Strauß, 2018)

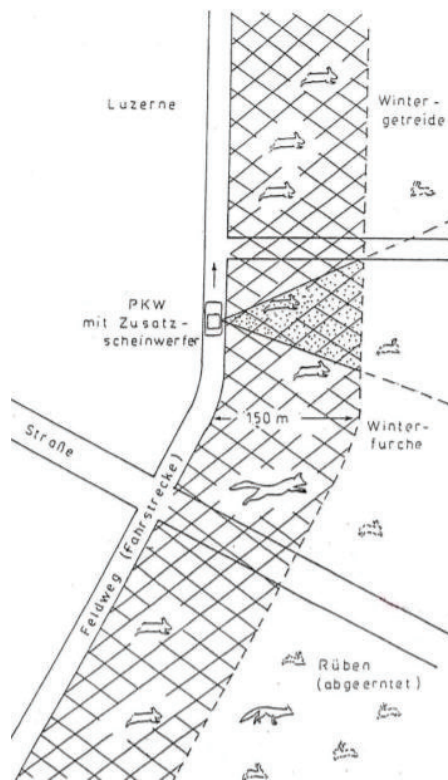


Abbildung 2: Skizze einer Scheinwerfertextation
Quelle: Strauß 2018

Damit eine über mehrere Jahre, sowie mit anderen Revieren vergleichbare Datenbasis entsteht, müssen diese Korridore folgende Parameter aufweisen:

- eine ausgeleuchtete Gesamtfläche von mindestens 200 Hektar
- die Untersuchungsfläche muss repräsentativ für das gesamte Revier sein
- alle Fahrstrecken müssen im Frühjahr, sowie Herbst befahrbar sein

(Hannover, 2001)

In Baden-Württemberg werden diese Flächen und Korridore seit 1997 durch die Wildforschungsstelle definiert. Die Zählung wird von Jagdausübungsberechtigten und freiwilligen Helfern durchgeführt, sofern diese sich für die Erfassung ihrer Besätze für Forschungszwecke bereiterklären. (Wildforschungsstelle Aulendorf beim Landwirtschaftlichem Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) & Landesjagdverband Baden-Württemberg e.V., 2011)

Anhand der ermittelten Daten, der definierten Taxaktionsfläche und Flächen, welche durch doppelte Ausleuchtung oder aufgrund von besonderen Strukturmerkmalen wie z.B. Mauern, Senken oder Erhebungen abgezogen werden müssen, lassen sich die Bestände für das Untersuchungsgebiet je Zählung für 100 Hektar (ha) ermitteln.

$$\text{Anzahl Feldhasen je 100 ha} = \frac{\sum \text{gezählte Hasen}}{\text{abgeleuchtete Fläche}} * 100$$

(Strauß, 2018)

2.2.1 Verwendete Technik

Da es sich bei der Scheinwerfertextation auf den Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Baden-Württemberg um ein durch die Wildforschungsstelle in Aulendorf standardisiertes Verfahren handelt, wurde auf der Untersuchungsfläche sowie der Referenzfläche der Handscheinwerfer Typ 170 293 vom Hersteller Rinder mit nachfolgender Ausstattung für alle Zählungen verwendet:

- H3 Birne
- 12 Volt KFZ-Anschluss

(H. Nösel, 2002)

Durch diese Scheinwerferkomponenten ist bei passender Witterung die vorgegebene Lichtkegelreichweite von 150 Metern gegeben (siehe Kapitel 2.2.). Damit die Vergleichbarkeit der Zählungen erhalten bleibt, ist von einer Nutzung anderer Modelle abzusehen.

2.2.2 Zählzeitpunkt

Bestimmt durch die Hauptaktivitätsphasen des Feldhasen (*Lepus europaeus*), welche sich hauptsächlich der Dämmerung und Nacht zuschreiben lassen, kann eine aussagekräftige Zählung nur in diesem Zeitraum stattfinden. Weshalb auch der Beginn einer

Erfassung erst eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang erfolgt. Ebenfalls als Kriterium zur Auswahl des richtigen Zählzeitpunktes sind die phänologischen Gegebenheiten.

Das heißt, dass der Zustand der Vegetation in Bezug auf seine Attraktivität für den Feldhasen (*Lepus europaeus*) und seine Dichte und Höhe berücksichtigt werden muss. Die im Frühjahr stattfindende Zählung, welche zur Ermittlung des Stammbesatzes durchgeführt wird, aufgrund dieser Voraussetzungen nur in einem zeitlichen Rahmen von Anfang März bis ca. Anfang April angewandt werden. (Greiner, 2014), (Hannover, 2001), (Zörner, 1981)

Die genauen Termine der Scheinwerfertextation für diese Arbeit sind unter Punkt 3.5 Zähltermine zu finden.

3 METHODIK

Im nachfolgenden Kapitel wird auf die Auswahl des Untersuchungsgebietes, der Referenzfläche, der angewandten Methodik, sowie auf die eingesetzte Drohnentechnik näher eingegangen.

3.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND REFERENZFLÄCHE

3.1.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich für diese Arbeit auf der Gemarkung der Gemeinde Dettingen unter Teck im Landkreis Esslingen in Baden-Württemberg und ist somit Teil der Pächtergemeinschaft Dettinger Jäger. Es wird begrenzt durch die Baustellenzufahrt der Eisenbahntrasse Stuttgart - Ulm, die Bundesstraße 465, durch einen landwirtschaftlichen Weg, welcher parallel zur Landstraße nach Kirchheim unter Teck / Ortsteil Nabern verläuft und einen zeitweise wasserführenden Graben in östlicher Richtung. Die Fläche des Untersuchungsgebietes weist eine Größe von 20,75 Hektar auf. Abbildung 3 soll einen Überblick über die geographische Lage geben.



Abbildung 3: Untersuchungsgebiet
Quelle: eigene Erstellung

Das Untersuchungsgebiet ist ebenfalls ein Teilgebiet der Erfassungsfläche für die Hasenpopulation, die von der Wildforschungsstelle des Landes Baden-Württembergs untersucht wird. In Abbildung 4 wird das Untersuchungsgebiet mit der Ziffer 4 gekennzeichnet.

Die Wahl fiel auf dieses Gebiet auch wegen fehlender Stromtrassen, sowie einer nicht vorhandenen Einbindung in eine Schutzgebietskategorie. Dies hätte eine Befliegung deutlich erschwert, da vorhandene Stromtrassen zur Befliegung nach Abschnitt 5a § 21h Absatz 3 Satz 3 LuftVO eine gesonderte Flugerlaubnis durch den Betreiber erfordern und nach Abschnitt 5a § 21h Absatz 3 Satz 6 LuftVO die Zustimmung der Naturschutzbehörde notwendig wird, falls sich dieses Gebiet in einem Naturschutzgebiet bzw. Fauna-Flora-Habitat befunden hätte. (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2021), (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 18)

Ebenfalls sprach die Ebenheit der Fläche und der geringe Anteil an Feldgehölz, welche so keine Korrektur der Berechnung nötig machten, sowie das Vorhandensein von Datensätze aus Scheinwerfertaxationen der Vorjahre, für die Wahl dieser Fläche.

Während der Datenaufnahme fielen verschiedene durchgeführte Bodenbearbeitungsprozesse, wie Grubbern, Pflügen und eine bereits stattgefundenen Saat auf der Fläche auf, Teilbereiche lagen daneben brach. Diese künstlich hervorgerufene Vielfalt an Strukturen bot neue potenzielle Versteckmöglichkeiten für den Feldhasen (*Lepus europaeus*), was dieses Gebiet für einen Vergleich der zwei Verfahren geeignet machte.

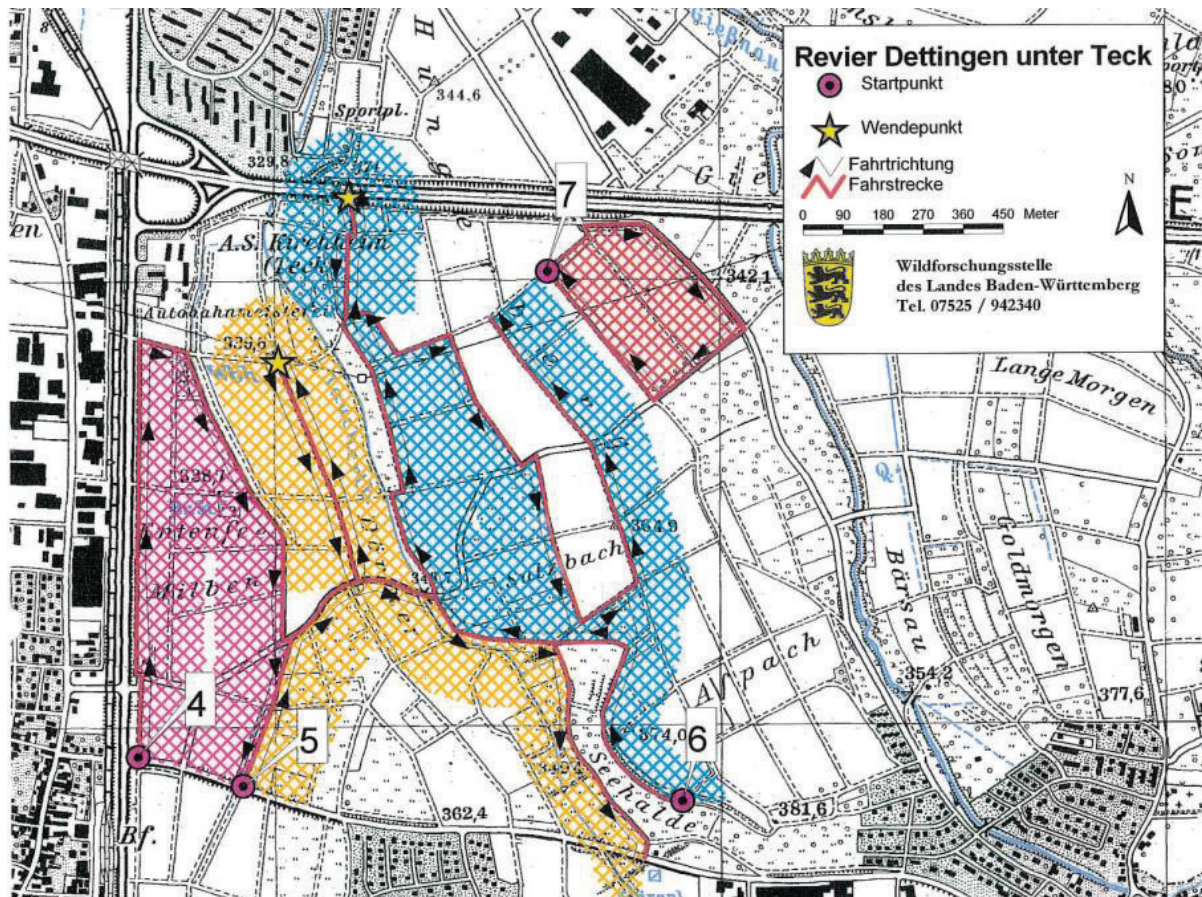


Abbildung 4: Zählflächen der WFS (Ausschnitt)
Quelle: Wildforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg

3.1.2 Referenzfläche

Um eine direkte Abhängigkeit der Ergebnisse von der Fläche auszuschließen, muss das gleiche Verfahren auf mindestens einer weiteren Fläche, der sogenannten Referenzfläche, angewandt werden. Dabei handelt es sich um eine vereinfachte Fläche, welche der Überprüfung von erfassten Daten, Berechnungen oder Verfahren dient. (Naturland - Verband für ökologischen Landbau e.V., 2014), (Stadt Wien - Stadtvermessung, 2021)

Der zu untersuchenden Fläche wird in diesem Fall eine zweite Fläche, auf welcher dieselben Flugparameter, sowie die Scheinwerfertaxation angewandt wurden, gegenübergestellt. Diese weist eine andere Größe und Struktur als die Untersuchungsfläche auf. Ziel hierbei war die Überprüfung der Tauglichkeit des Verfahrens auf anderen Flächen.

Hierzu wurde das Segelfluggelände mit Start-, Landebahn und angrenzenden Flächen, mit Erlaubnis der Fliegergruppe Dettingen unter Teck e.V., verwendet. In Abbildung 5 wird diese beflogene Fläche farblich gekennzeichnet. Es handelt sich dabei um eine Fläche von 15,09 Hektar, welche sich ebenfalls in keinem Schutzgebiet befindet. (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2021)

Die Referenzfläche, weist im Gegensatz zum Untersuchungsgebiet eine gleichmäßige Struktur auf, die lediglich unterschiedliche Grashöhen erkennen lässt. Dies wird durch eine regelmäßig stattfindende Mahd auf Start- und Landebahn gewährleistet, die auf den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen in dieser Form nicht stattfindet.



Abbildung 5: Referenzfläche
Quelle: eigene Erstellung

Aufgrund der fortgeschrittenen Vegetationshöhe, sowie ungünstigen meteorologischen Begebenheiten² musste auf die Befliegung mit einem UAS auf einer weiteren Vergleichsfläche verzichtet werden.

3.2 ZÄHLVERFAHREN MIT HILFE VON DROHNEN

Um mit Hilfe von Drohnen eine Hasenzählung durchführen zu können, benötigt es eine Flugplanung, die auf verschiedenen Parametern beruht. Diese ergeben sich durch die verwendende Technik, die Außentemperatur, sowie weiteren meteorologischen Einflüssen (z.B. Wind, Regen oder Nebel). (U-ROB GmbH, 2015), (Lufthansa Technik AG, 2017)

Folgende Punkte sind bei allen verwendbaren Flugplanungen wichtig um aussagekräftige und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten:

- Die Flughöhe muss so gewählt werden, dass verschiedene Wärmesignaturen klar voneinander zu unterscheiden sind. (Peter Christiansen, 2014)
- Die einzelne Bildüberlappung muss so gewählt bzw. berechnet werden, dass die Wahrscheinlichkeit einer doppelten Aufnahme sowie Nichtaufnahme einzelner Individuen minimiert bzw. ausgeschlossen wird. Abbildung 6 skizziert dabei die Berechnung der Untersuchungsfläche.

$$B = \tan \frac{\alpha}{2} * h * 2$$

α = Bildwinkel des Objektivs

h = Flughöhe

B = Breite der Untersuchungsfläche = Seitlicher Versatz des Flugrasters
(Papula, 2009)

² Regen und starker Wind

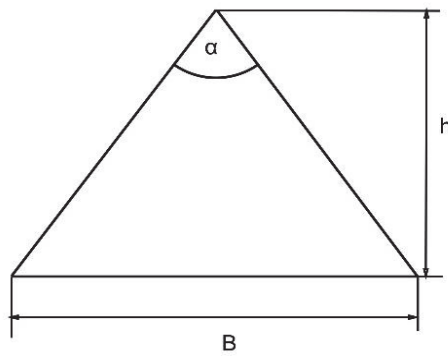


Abbildung 6: Skizze zur Berechnung der Breite der Untersuchungsfläche
Quelle: eigene Erstellung

- Eine leichte nach vorne gerichtete Ausrichtung der Kamera in Flugrichtung, von ca. 60° ist zu empfehlen, da so Bewegungsmuster der zu erfassenden Spezies aufgezeichnet werden können und dies die Auswertung bei fraglichen Wärmesignaturen erleichtert.

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgt im Nachgang per Zählung mit Hilfe eines Computers, welcher die Wiedergabe der verwendeten Dateiformate unterstützt.

Im Gegensatz zur bereits vorgestellten Scheinwerfertextation, wird bei diesem Verfahren die gesamte Fläche beleuchtet und somit Erhebungen, Senken sowie andere Strukturelemente mit in die Erfassung einbezogen. Dies hat zur Folge, dass eine Anpassung der Besatzberechnung im Offenland, wie sie gegebenenfalls bei der Scheinwerfertextation notwendig ist, hier nicht benötigt wird.

Grundsätzlich gilt, dass die Parameter, welche für die Befliegung des Untersuchungsgebietes definiert wurden, nicht verändert werden dürfen. Nur so ist eine Vergleichbarkeit der Zählungen, welche ebenfalls im Frühjahr, sowie im Herbst stattfinden und mindestens eine Wiederholung aufweisen sollten, gegeben.

Im Vergleich zur klassischen Scheinwerfertextation sollten die Flüge zu einem etwas früheren Zeitpunkt im Frühjahr, bzw. zu einem etwas späteren im Herbst durchgeführt werden, um durch niedrigere Temperaturen Fehlinterpretationen der Wärmesignaturen zu verringern. (Rosenkranz, 2020)

3.3 PARAMETER FÜR DEN DROHNENFLUG

Durch einen vorab durchgeführten Testflug am 09. Februar 2021 konnten weitere wichtige Parameter definiert werden, welche zur sicheren Identifizierung eines Feldhasen (*Lepus europaeus*) mit Hilfe der verwendeten Technik notwendig sind.

Dies erfolgte durch einen sich in einer Sasse befindlichen Hasen, welcher zuvor mit Hilfe eines Fernglases erfasst wurde und somit als Referenzpunkt dienen konnte.

Flughöhe:

Die Flughöhe wurde auf 70 m festgelegt. Zum einen ist von dieser Höhe aus die Wärmesignatur eines Feldhasen (*Lepus europaeus*) (siehe Abbildung 7), bei der verwendeten Wärmebildkamera, noch deutlich von anderen Wärmequellen unterscheidbar. Zum anderen wird die Störung anderer nicht zu detektierenden Arten, welche gegebenenfalls empfindlicher als der Feldhase (*Lepus europaeus*) auf eine Überfliegung reagieren könnten, eventuell verringert. Dieser Aspekt könnte besonders im Frühjahr zur Brut- und Setzzeit von Bedeutung sein.

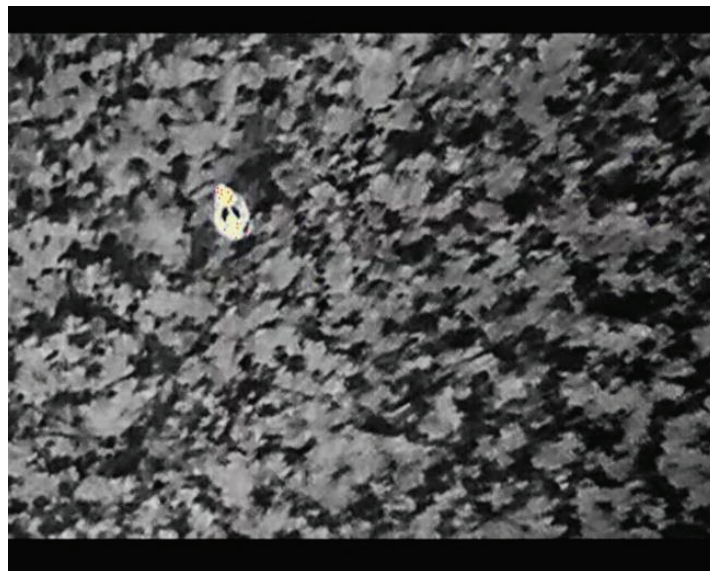


Abbildung 7: klare Wärmesignatur eines Feldhasen (*Lepus europaeus*)
Quelle: eigene Aufnahme

Ausrichtungswinkel der Kamera:

Die Kamera wurde während des Fluges auf einen Neigungswinkel von 60° in Flugrichtung gestellt. Durch diese Neigung ließ sich die Zuordnung der detektierten Individuen zu einer Art verbessern, da so artentypische Verhaltensweisen und Fortbewegungsmuster besser dargestellt werden.

Überlappung der Bildaufnahmen:

Damit das Risiko von Doppelzählungen von Individuen ausgeschlossen werden konnte, wurde auf eine Überlappung der Bilder verzichtet. Stattdessen wurde die Flugplanung so durchgeführt, dass die komplette Abdeckung der Fläche durch ein aneinanderlegen der aufgenommenen Videosequenzen erfolgte. Positiver Nebeneffekt dieser Entscheidung war, dass sich dadurch die Flugstrecke verringerte, sich die benötigte Flugzeit verkürzte und die Anzahl der notwendigen Akkuwechsel geringer wurden.

Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebiets wurde die zu befliegende Fläche in Teilflächen aufgeteilt. Nach dieser Einteilung wurden mit Hilfe des Flugplanungsprogramms „Litchi“ diese Teilflächen weiter in zu befliegende Bahnen unterteilt um einen geraden und einheitlichen Flug der Drohne zu gewährleisten zu können (siehe Abbildung 8). Die Wahl fiel auf das Flugplanungsprogramm „Litchi“, weil das Kitzrettungsteam, welches in die Flüge involviert war, besser mit diesem agieren konnte. Andere Planungsprogramme wie bspw. „PIX4D“ wären für Datenerhebungen geeigneter und in der Handhabung einfacher gewesen.

Die Flugplanung ist essentiell und darf je Untersuchungsgebiet / Fläche nicht verändert werden.



Abbildung 8: Flugplanung 1. Teilfläche des Untersuchungsgebiets
Quelle: eigene Aufnahme

3.4 VERWENDETE TECHNIK

Infolge der Tatsache, da es aktuell noch kein standardisiertes und landesweit angewandtes Verfahren zur Hasenzählung mit Hilfe von Drohnen gibt, wurde zur Erstellung dieser Arbeit auf bereits vorhandene und in Kitzrettungsprojekten angewandte Technik zurückgegriffen.

3.4.1 Drohnen- undameratechnik

Bei der verwendeten Drohne handelt es sich um ein unbemanntes Flugsystem der Firma DJI mit der Modellbezeichnung Inspire (siehe Abbildung 9), welche für den professionellen Einsatz konzipiert ist. Angesichts der professionellen Anwendungsbereiche und der dadurch notwendigen Modularität, besteht bei diesem Modell die

Möglichkeit, die zur Landschaftsfotografie verwendete Kamera, durch eine Thermal-kamera zu ersetzen, welche mit Hilfe eines Gimbals während des Fluges auf drei Achsen stabilisiert wird und somit gleichbleibende Bilder liefert. (SZ DJI Technology Co., Ltd., 2021)

Hinsichtlich des hohen Startgewichts von 2935 g inkl. Akkus wird die Flugzeit des Flugsystem laut Herstellerangaben auf etwa 18 Minuten bei optimalen Bedingungen (Windstille, Außentemperatur über 10 Grad Celsius, etc.) deklariert. Da die Hasenzählung im Frühjahr vor der Vegetationszeit durchgeführt werden sollte, wurde der geringen Außentemperaturen geschuldet, die maximale Flugzeit vom Drohnenpiloten auf ca. 13 Minuten inklusive eines Sicherheitspuffers, geschätzt. Die Schätzung der Flugzeit erfolgte auf Basis seiner Erfahrungen. Diese Schätzung der Flugzeit erfolgte auf Basis der Erfahrung des Drohnenpiloten. (SZ DJI Technology Co., Ltd., 2021)



*Abbildung 9: DJI Inspire
Quelle: eigene Aufnahme*

Bei der Verwendeten Thermalkamera handelt es sich um eine Zenmuse XT des Herstellers FLIR. Dieser Hersteller für Wärmebildtechnik hat sich auf diverse luftgestützte Anwendungsbereiche im zivilen, sowie militärischen Bereich und deren unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten spezialisiert und beliefert unter anderem den Drohnenhersteller DJI. (SZ DJI Technology Co., Ltd, 2021), (Teledyne FLIR LLC, 2021)

Nachfolgend finden Sie die genauen Daten der verwendeten Kamera:

- Maße / Gewicht: 103 mm x 74 mm x 102 mm / 270 g
- Thermischer Sensor: uncooled VOxMicroblometer
- integrierter Bildsensor (Focal Plane Array kurz FPA): 640 x 512 Pixel
- Bildraten (Full Frame Rates): 30 Hz (NTSC)
- Pixel Pitch: 17 µm
- erkennbarer Temperaturbereich: -40° bis 550° Celsius
- Betriebstemperatur: -10° bis 40° Celsius

(SZ DJI Technology Co., Ltd, 2021)

Für die Steuerung der Drohne wurde ein Apple iPad verwendet, auf welchem sich die bereits vordefinierte Flugplanung befand.

Damit der Pilot sich auf das Fluggerät konzentrieren und im Bedarfsfall bei Störungen direkt eingreifen konnte, wurde die Steuerung der Thermalkamera durch eine zweite Person mit separater Fernbedienung übernommen. Diese hatte eine direkte Verbindung zur Steuereinheit und war mit einem zweiten Kontrollmonitor verbunden.

3.4.2 Software

Für die Flugplanung der Drohne und die Auswertung der entstandenen Videosequenzen wurden für diese Arbeit zwei verschiedene Softwareprogramme verwendet.

Bei der Flugplanung kam die Software Litchi des Unternehmens VC Technology Ltd zum Einsatz, welche für Drohnen des Herstellers DJI konzipiert wurde. Diese bietet die Option neben einer Planung vor Ort bereits die gewünschten Parameter, sowie Flugstrecken vorab zu definieren, zu speichern und auf das gewünschte Steuermodul zu übertragen. Durch die Option geplante Flugmissionen zu speichern, bietet sich die Möglichkeit diese exakt zu wiederholen, was eine Vergleichbarkeit der Zählungen

zulässt. Neben diesen Funktionen bietet diese Software auch die Möglichkeit laufende Flüge bspw. bei einem notwendigen Akkuwechsel zu unterbrechen, diesen durchzuführen und die Aufnahme am Abbruchpunkt, durch das in der Drohne verbaute GPS-Modul, fortzusetzen. (VC Technology Ltd, 2021)

Für diese Arbeit wurde hierbei die Funktion „Wegepunkte setzen“ verwendet, welche eine systematische Befliegung der Untersuchungsflächen zulässt. Dadurch ließ sich die exakte Abdeckung der Fläche, ohne unerwünschte Überlappung der Sequenzen realisieren.

Für die Auswertung der durchgeführten Flüge wurde ein Windows Mediaplayer verwendet, welcher das Dateiformat MP4 abspielen kann und die Möglichkeit besitzt die Filmsequenzen bei Unklarheiten in der Wärmesignatur zu wiederholen oder zu unterbrechen, damit eine genauere Betrachtung erfolgen konnte. Hierbei kann jedes kostenlos verfügbare Programm verwendet werden, welches das Dateiformat der Kamera wiedergeben kann und oben genannte Anforderungen erfüllt.

Da der zur Auswertung verwendete Computer über die von Microsoft mitgelieferte Windows Mediaplayer Software verfügte und eine Wiedergabe von MP4-Daten ermöglichte, wurde auf die Anschaffung einer anderen Software verzichtet.

Für die Berechnung der erhobenen Daten, wurde das von Microsoft veröffentlichte Tabellenkalkulationsprogramm Excel verwendet.

3.5 ZÄHLTERMINE

Die gewählten Zähltermine richteten sich nach den phänologischen Begebenheiten (siehe Kapitel 2.2.2), sowie nach den erforderlichen Außentemperaturen, welche für eine bessere Darstellung der Wärmesignaturen durch größere Temperaturunterschiede, etwas tiefer sein sollten. (Rosenkranz, 2020)

Für die erste Zählung und Befliegung wurde, auf dieser Grundlage, auf der Untersuchungsfläche der 16. Februar und auf der Referenzfläche der 17. Februar gewählt. Flugbeginn war jeweils um 17:45 Uhr. Die Scheinwerfertextation fand direkt im Anschluss an den Drohnenflug statt.

Ebenfalls spielt die Vergleichbarkeit eine wichtige Rolle. Daher wurden die zweiten Zählungen auf der jeweiligen Fläche mit einem zeitlichen Versatz von einer Woche bis 10 Tage, wie es bereits bei der Scheinwerfertextation der Fall ist, geplant. (Hannover, 2001)

Aufgrund von erhöhtem Niederschlag, war es jedoch nicht möglich am geplanten zweiten Termin einen sicheren Drohnenflug zu gewährleisten, da das eingesetzte UAS nicht einem IP-Standard³ gerecht wird. (SZ DJI Technology Co., Ltd., 2021)

Zudem ist durch den Niederschlag die Aktivität der Hasen eingeschränkt (Zörner, 1981), was vermutlich zu einer verfälschten Datenlage geführt hätte.

Aus diesen Gründen wurde diese Zeitspanne zwischen den Datenerhebungen auf drei Wochen ausgedehnt, wodurch die zweite Zählung erst am 09. März bzw. 10 März erfolgen konnte. Auch der Flugbeginn verschob sich aufgrund des späteren Sonnenuntergangs auf 18:30 Uhr.

Durch den späteren Zeitpunkt musste mit einer höheren Vegetation und gestiegener Population der Feldhasen (*Lepus europaeus*) durch eventuell bereits gesetzter Junghasen gerechnet werden.

³ wasserdicht und spritzwassergeschützt

4 ERGEBNISSE

4.1 ZÄHLERGEBNISSE

4.1.1 Scheinwerfertaxation

Bei der Scheinwerfertaxation in der Untersuchungsfläche wurde bei der ersten Zählung eine Individuenzahl von 15 Feldhasen (*Lepus europaeus*) ermittelt. Bei der Gegenzählung am 09. März wurde ein Anstieg um vier Individuen festgestellt (siehe Tabelle 1).

Ein Anstieg von Individuen ließ sich auch auf der Referenzfläche feststellen, hier betrug bei der zweiten Zählung die ermittelte Anzahl vier Feldhasen (*Lepus europaeus*), was ein Zuwachs von zwei Individuen bedeutete.

Augenpaare, welche nicht eindeutig der gezählten Art zuordenbar waren, wurden nicht mit in die Zählung aufgenommen und werden in Tabelle 1 als fraglich deklariert

$$\bar{x} = \frac{\sum_n^1 \left[\left(\frac{x}{A} \right) * 100 \right]}{n}$$

x = Anzahl der gezählten Individuen

A = Untersuchungsfläche

n = Anzahl der Untersuchungen

(Papula, 2009)

Für die Anzahl von 81,93 Feldhasen (*Lepus europaeus*) (siehe Formel) je 100 Hektar für das Untersuchungsgebiet sowie 19,87 Feldhasen (*Lepus europaeus*) für das Referenzgebiet, wurde das arithmetische Mittel aus den durchgeführten Taxaktionen ermittelt. Diese Angabe je 100 Hektar ist nicht für das gesamte Revier repräsentativ, da nicht alle Aufnahmestrecken, die von der Wildforschungsstelle Aulendorf für das Monitoring ausgewählt wurden, untersucht wurden. Für das gesamte Revier liegt eine

Hasenpopulation von 33,09 Stück je 100 Hektar vor. Diese Zahl wurde bei einer Zählung durch die Jagdausübungsberechtigten im Frühjahr 2021 mit Hilfe der Scheinwerfertextation ermittelt.

Tabelle 1: Scheinwerfertextation Frühjahr 2021

Quelle: eigene Erstellung

Scheinwerfertextation Frühjahr 2021				
Datum	Fläche	Dauer der Aufnahme	Anzahl der Individuen	fraglich
16.02.2021	Untersuchungsfläche	ca. 10 Min.	15	0
17.02.2021	Referenzfläche	ca. 5 Min.	2	0
09.03.2021	Untersuchungsfläche	ca. 10 Min.	19	0
10.03.2021	Referenzfläche	ca. 3 Min.	4	1

4.1.2 Zählung mit Hilfe einer Drohne

Die Zählung welche mit Hilfe von Thermaltechnik an einer Drohne durchgeführt wurde wies bei der ersten Zählung im Februar, auf der Untersuchungsfläche eine Individuenzahl von 15 auf. Wohingegen bei der zweiten Zählung Anfang März 18 Individuen ermittelt wurden. (siehe Tabelle 2)

Bei der Referenzfläche wurde ein Rückgang der Anzahl an Feldhasen (*Lepus europaeus*) von vier auf zwei Exemplare festgestellt.

Bei beiden Flächen wurden nicht eindeutig definierbare Wärmesignaturen als fraglich deklariert und in Tabelle 2 der gleichnamigen Kategorie zugeordnet.

Tabelle 2: Drohnenzählung Frühjahr 2021
Quelle: eigene Erstellung

Drohnenzählung Frühjahr 2021				
Datum	Fläche	Dauer des Fluges	Anzahl der Individuen	fraglich
16.02.2021	Untersuchungsfläche	17 Min	13	4
17.02.2021	Referenzfläche	13 Min	4	2
09.03.2021	Untersuchungsfläche	17 Min	18	5
10.03.2021	Referenzfläche	13 Min	2	0

Damit ein Vergleich der beiden Zählungen erfolgen kann, wurde hier ebenfalls das arithmetische Mittel als Vergleichswert ermittelt. Dieses wies für die Untersuchungsfläche den Wert 79,52 Feldhasen (*Lepus europaeus*) pro 100 Hektar und 19,88 Feldhasen (*Lepus europaeus*) pro 100 Hektar für die Referenzfläche auf.

$$\bar{x} = \frac{\sum_n^1 \left[\left(\frac{x}{A} \right) * 100 \right]}{n}$$

x = Anzahl der gezählten Individuen

A = Untersuchungsfläche

n = Anzahl der Untersuchungen

(Papula, 2009)

4.1.3 Zeitaufwand für die Durchführung der Zählungen mit Hilfe von Handscheinwerfern

Für die Durchführung der Scheinwerfertaxaktion innerhalb der Untersuchungsfläche war das Team aus Fahrer und Zähler ca. 10 -15 Minuten im Einsatz (siehe Tabelle 3). Für die Referenzfläche war ein Zeitaufwand für die Erfassung von ca. 3-5 Minuten (siehe Tabelle 4) nötig.

Eine Vorbereitung der Fahrtstrecken war hinfällig, da die Fahrkorridore durch die Wildforschungsstelle bereits definiert vorlagen. Ebenfalls war eine Nachbearbeitung der erfassten Daten nicht notwendig, da Fehlinterpretationen direkt durch ein längeres Beobachten vermieden werden konnten und dies nur eine geringe Verzögerung der Fahrzeit mit sich brachte. Lediglich die Berechnungen nahmen etwa 5-6 Minuten in Anspruch.

Untersuchungsfläche

*Tabelle 3: Zeitaufwand Scheinwerfertaxation Untersuchungsfläche
Quelle: eigene Erstellung*

Arbeitsschritt	Dauer in Minuten
Planung Fahrtstrecke	0
Datenerhebung	10 – 15
Nachbearbeitung / Auswertung	5 – 6

Referenzfläche

*Tabelle 4: Zeitaufwand Scheinwerfertaxation Referenzfläche
Quelle: eigene Erstellung*

Arbeitsschritt	Dauer in Minuten
Planung Fahrtstrecke	0
Datenerhebung	3 – 5
Nachbearbeitung / Auswertung	5 – 6

4.1.4 Zeitaufwand für die Durchführung der Zählungen mit Hilfe von unbemannten Luftfahrzeugen

Der Zeitaufwand für die Befliegung mit Hilfe eines unbemannten Luftfahrzeuges setzt sich aus mehreren Vorgängen zusammen, welche exemplarisch für die erste Erhebung der Untersuchungsfläche in Tabelle 5, sowie in Tabelle 6 für die Referenzfläche, mit der jeweiligen dafür notwendigen Zeit gelistet sind. Bei einer wiederholten Befliegung der jeweiligen Fläche entfällt der Punkt der Flugplanung, da eine erneute Planung durch die bereits gespeicherten Flugparameter hinfällig ist.

Untersuchungsfläche:

*Tabelle 5: Zeitaufwand Drohnenflug Untersuchungsfläche
Quelle: eigene Erstellung*

Arbeitsschritt	Dauer in Minuten
Flugplanung je Fläche	15 – 25
Datenerhebung	20 – 30
Nachbearbeitung / Auswertung	45 – 60

Referenzfläche:

*Tabelle 6: Zeitaufwand Drohnenflug Referenzfläche
Quelle: eigene Erstellung*

Arbeitsschritt	Dauer in Minuten
Flugplanung je Fläche	15 – 20
Datenerhebung	15 – 25
Nachbearbeitung / Auswertung	30 – 40

An Hand dieser Daten lässt sich eine maximale Dauer von 115 Minuten für die erste Erhebung der Untersuchungsfläche ermitteln. Für alle fortlaufenden Zählungen auf

dieser Fläche lässt sich diese auf 90 Minuten kürzen. Trotz einer Verringerung von 25 Minuten ist dies immer noch ungefähr ein fünffach so hoher Wert, im Vergleich zur herkömmlichen Scheinwerfertextation auf der Untersuchungsfläche.

4.2 STÖRUNGEN DER ANGETROFFENEN FAUNA

Eine starke und langanhaltende Störung der Feldhasen (*Lepus europaeus*) wurde bei keinem der beiden Verfahren festgestellt. Lediglich ein Ducken in die Sasse bei einer Flughöhe von unter zehn Metern konnte festgestellt werden. Ein Fluchtverhalten setzte erst ein als das unbemannte Luftfahrzeug im Schwebeflug auf einer Flughöhe von ca. einem Meter über der Sasse verweilte.

Durch die Befahrung der unbefestigten Wege zur Nachtzeit für die Scheinwerfertextation, wurde Rehwild (*Capreolus capreolus*) teilweise kurzzeitig aufgeschreckt. Im Großteil aller Fälle konnte bei dieser Art aber kein Fluchtverhalten festgestellt werden. (ACEVEDO, 2010)

Bei der Befliegung der Flächen durch das unbemannte Luftfahrzeug, konnte bei Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) keine Reaktion beobachtet werden. Auswirkungen auf Vögel und andere in diesem Gebiet vorhandenen Lebewesen konnten nicht erkannt bzw. durch die noch geringen Datenlage nicht ermittelt werden. Aufgrund der bisherigen Flüge ist aber davon auszugehen, dass eine Störung nur bei zu nahem Anfliegen der Individuen erfolgt. (Tölge, 2018), (Margarita Mulero-Pázmány, 2017)

5 DISKUSSION

Seit Einführung des Jagd- und Wildtiermanagement Gesetz (JWMG) im Jahre 2015, welches das bisherige Jagdgesetz in Baden-Württemberg ersetzt und das Ziel verfolgt neue wildtierökologische Erkenntnisse zu gewinnen, wird das Wildtiermonitoring stetig weiter ausgebaut und auf neue Erfassungsmöglichkeiten der einzelnen Wildtierpopulationen untersucht. (Innenministeriums Baden-Württemberg, 2014)

Im Folgenden wird die Einsatzmöglichkeit eines UAS zur Feldhasenzählung auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 4, welche durch Feldversuche entstanden sind, im Vergleich zur Scheinwerfertextation in Bezug auf Genauigkeit, Geschwindigkeit, Effizienz und Störung des Wildes diskutiert wird.

5.1 DETEKTIERTE INDIVIDUEN BEI BEIDEN VERFAHREN

Vergleicht man die Zählergebnisse der einzelnen durchgeführten Verfahren miteinander (siehe Kapitel 4.1.1 und 4.1.2), stellt man fest, dass trotz der vermuteten genaueren Datenerfassung mit Hilfe eines UAS, im Vergleich zur Scheinwerfertextation nur eine geringe Abweichung ermittelt werden konnte.

Diese geringe Abweichung zum herkömmlichen Verfahren lässt sich vermutlich durch gestiegene Fehlerquellen, welche durch äußere Einflussfaktoren, sowie die nicht vorhandener Bewegungsmuster einzelner Individuen erklären.

Diese Vermutung basiert auf der Durchführung, dass Wärmesignaturen, welche nicht eindeutig dem Feldhasen (*Lepus europaeus*) zuordenbar sind, in die Kategorie „fraglich“ eingeordnet wurden. Beispiele für solche fraglichen Wärmesignaturen können durch die Sonne erwärmte Steine, Bodenerhebungen oder bereits verlassene Sassen sein. Diese Fehlerquelle wird bei der Scheinwerfertextation durch eine klare optische Abgrenzung innerhalb des Scheinwerfelkegels vermieden.

Wohingegen aus der Praxis bekannte Fehldeutungen welche bei der Taxation mit Hilfe des standardisierten Scheinwerfers auftreten, bei einer Erfassung durch eine Drohne

vermieden werden können, da die notwendige und eindeutige Zuordnung einer Silhouette zu einer Tierart (Pegel, 1986) durch die vorhandene Wärmesignatur und der sich in der Aufnahme bewegendes Silhouette erleichtert werden kann.

Eine Minimierung einiger dieser unklaren Wärmesignaturen, welche durch thermische Einstrahlung entstehen, würden bei bedecktem Himmel oder einer Besatzerfassung zur frühen Morgenstunde vermutlich verringert werden. Da eine Erhöhung der Oberflächentemperatur langsamer erfolgt und somit Temperaturunterschiede zur Körperwärme deutlich sichtbarer wären. Bei der Befliegung der einzelnen Flächen welche zur späten Abenddämmerung durchgeführt wurden, erwies sich dies als Hauptproblem bei der Analyse der Aufzeichnungen. Strukturelemente wie bspw. Hügel, welche bei der Scheinwerfertextation die Sicht einschränken und damit das Zählergebnis beeinflussen können (Johannes Lang, 2010), würden beim Einsatz von Drohnen, aufgrund der Erfassungshöhe keine Relevanz spielen, was trotz des erhöhten Zeitbedarfs (siehe Kapitel 4.1.3 und 4.1.4) für die Verwendung von Drohnen sprechen kann.

Eventuell würde auch eine veränderte Technik zu einem besseren, bzw. eindeutig differenzierbarer Ergebnis führen.

5.2 ERFASSUNGSGESCHWINDIGKEIT

Vergleicht man die beiden Zahlenwerte der unterschiedlichen Erfassungsmethoden miteinander (siehe Kapitel 4.1.3 und 4.1.4), stellt man fest, dass der zeitliche Aufwand bei einer Erfassung per UAS mit einer Dauer von 90 -115 Minuten je Flug, allein auf der Erfassungsfläche um einiges höher liegt als bei der Durchführung einer Scheinwerfertextation.

Bezogen auf ein Erfassungsgebiet welches mindestens eine Größe von 200 Hektar aufweisen muss (siehe Kapitel 2.2) und der ermittelten Werte, ergibt dies bei der geforderten Mindestgröße bereits einen Zeitaufwand von ca. 900 – 1150 Minuten und somit wäre eine Erfassung des Erfassungsgebietes innerhalb eines Abends durch Befliegung nicht mehr möglich. Als Alternative zur verwendeten und bereits veralteten Drohnentechnik würde sich der Zeitaufwand die Erfassung von größeren Flächen mit dem Einsatz von UAS der Bauart eines Starrflüglers verringern. (Riemer, 2018)

5.3 STÖRUNG BEI DER BEFLIEGUNG DER EINZELNEN FLÄCHEN

Bei der Auswertung der aufgenommen Videosequenzen kann bei der untersuchten Wildart keine Störung bei der festgelegten Flughöhe (siehe Kapitel 3.3) festgestellt werden. Dadurch kann angenommen werden, dass der Feldhase (*Lepus europaeus*) das unbemannte Luftfahrzeug nicht als Bedrohung ansah und dadurch kein Fluchtverhalten aufzeigte.

Erst bei einer Flughöhe von ca. einem Meter über dem Individuum, setzte ein kurzes Fluchtverhalten von ca. zehn Metern ein. Dies lässt sich vermutlich durch das gestiegene Strömungsgeräusch der Propeller, sowie durch die entstehenden Winde der Rotoren, welche auf den Feldhasen (*Lepus europaeus*) wirken, erklären. Es wird dabei von einer Lärmbelästigung bis zu 57,8 dB(A) in einer Schwebehöhe von 1,20 Meter ausgegangen. (Julia Treichel, 2018)

Eine erhöhte Störanfälligkeit bzw. eintretendes Fluchtverhalten konnte bei anderen Arten wie dem Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) bei der festgelegten Flughöhe (siehe Kapitel 3.3), welche sich zur Zeit der Datenerhebung ebenfalls auf der Untersuchungs- bzw. Referenzfläche befanden, nicht festgestellt werden. Dieses Verhalten wurde auch bereits 2017 in einer Studie (Margarita Mulero-Pázmány, 2017) von Margarita Mulero-Pázmány bei terrestrischen Säugetieren festgestellt. Ähnliches Verhalten gegenüber Drohnen konnte auch bei einer anderen Abschlussarbeit, welche sich mit dem Monitoring einer Lachmöwenkolonie beschäftigte bestätigt werden. (Tölge, 2018)

6 ANWENDUNG IN DER PRAXIS

Anhand der vorliegenden Ergebnisse dieser Abschlussarbeit und gesammelter Erfahrungswerte während der einzelnen Erfassungen, werden im folgendem Teil Handlungsempfehlungen zum Monitoring des Feldhasen (*Lepus europaeus*) mit Hilfe von unbemannten Luftfahrzeugen, welche in der Kitzrettung zum Einsatz kommen, gegeben.

6.1 MONITORING

Für die Durchführung eines Monitoringfluges sind bei der angewandten Technik mindestens zwei Personen erforderlich, damit eine sichere Durchführung des Fluges gewährleistet werden kann.

Durch neuere Technik, welche leider für die Erstellung dieser Arbeit noch nicht verfügbar war, kann sich die benötigte Personenanzahl bei der Befliegung auf eine Person reduzieren. Während des Fluges ist von einer Auswertung abzusehen, da ab einer Flugdauer von ca. 60 - 90 Minuten beim Piloten mit einem starken Konzentrationsabfall zu rechnen ist. (Engelhard Arzneimittel GmbH & Co. KG, 2021) Daher ist eine Auswertung der Videosequenzen im Nachgang empfehlenswert. Hierzu genügt eine Person, welche jedoch Erfahrung mit der Identifizierung einzelner Wärmesignaturen hat und so eine möglichst genaue Unterscheidung dieser vornehmen kann.

Der Zeitpunkt der einzelnen Flüge muss so gewählt werden, dass die angewandte Technik die optimale Detektionsrate bzw. Genauigkeit bietet, damit die bereits erwähnten Fehlerquellen minimiert werden (siehe Kapitel 3.2).

Es sind die noch kalten Tagen des Frühjahrs, vor der einsetzenden Vegetationsphase, zu empfehlen (siehe Kapitel 2.2.2). Durch diesen gewählten Zeitraum ergibt sich auch die Möglichkeit Bereiche zu untersuchen, welche im späteren Jahresverlauf durch die fortgeschrittene Vegetation eine Erfassung mit Hilfe von Thermaltechnik, aufgrund von Abschirmung erschwert bzw. nicht mehr ermöglicht und somit eine Erfassung eines möglichst genauen Besatzes nicht erfolgen kann. (Veile, 2020) Ebenfalls müssen die

meteorologischen Gegebenheiten in das Erfassungsfenster passen, ist dies nicht der Fall, muss gegebenenfalls über einen erweiterten Erfassungszeitraum nachgedacht werden und dieser auf seine Eignung überprüft werden.

Beim Einsatz des UAS bei geringen Temperaturen muss im Gegensatz zum Einsatz eines Handscheinwerfers (siehe Kapitel 2.2.1) mit erhöhtem Energieaufwand gerechnet werden. Dies hat zur Folge, dass mit erhöhten Kosten, aufgrund eines gestiegenen Bedarfs an Akkus, für die Erfassungsfläche gerechnet werden sollte. Eine genaue Anzahl der Akkus für das Feldhasenmonitoring kann nicht genannt werden, da dies von den Umwelteinflüssen, der Flächengröße, der verwendeten Technik und hauptsächlich von der Erfahrung des Piloten abhängt.

Für das Monitoring mit Hilfe von Drohnen und Thermaltechnik, ist die Erfahrung und Übung des UAS-Piloten, sowie das Durchführen von Testflügen vor der eigentlichen Erfassung nötig. Dies ist relevant um eine etwaige Fehlkalkulation der vorhanden bzw. benötigten Akkus ausschließen zu können. Diese Testflüge ermitteln des Weiteren die maximale Flughöhe, in welcher die Wärmebildkamera die gewünschte Auflösung liefert und die gewünschte Bildüberlappung gewährleistet (siehe Kapitel 3.2). Die Kalibrierung lässt sich mit Hilfe von Wärme abstrahlenden Dummies, z.B. unterschiedlich großen, mit Warmwasser befüllten, Flaschen durchführen.

6.2 HANDLUNGSEMPFEHLUNG BEIM EINSATZ

Anhand von diesen Informationen und komplexen Berechnungen, wäre möglicherweise eine Anpassung der Erfassungsfläche nötig, damit weiterhin die Populationsdichte auf 100 Hektar als repräsentativer Wert erhalten bleibt.

Langfristig durchgeführte Studien zum Thema Störverhalten durch Drohnen auf diversen wichtigen Wildarten, müssten ebenfalls durchgeführt worden sein, bevor dieses Verfahren als standardisiertes Verfahren in breiter Masse im Feld eingesetzt werden kann.

Des Weiteren müsste bei einer Erfassungsmethode wie bei der Scheinwerfertaxation gewährleistet sein, dass alle Personen, welche sich mit der Erfassung von Feldhasen-

populationen beschäftigen, über entweder dieselbe oder angepasste technische Ausstattung verfügen, da ansonsten keine Vergleichbarkeit der einzelnen Reviere und Hasenbesätzen möglich ist. Eine weitere Qualifikation, neben dem bereits notwendigen „Drohenführerschein“, wäre der Besuch einer speziellen Schulung. Diese befindet sich an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg in Kooperation mit dem Landesjagdverband Baden-Württemberg e.V. gerade in der Entwicklung und soll auch bei der Rehkitzrettung mit Hilfe von Drohnen Hilfestellung bieten. (Döring, 2021)

Nicht nur die Hardware der Drohne, sondern auch die Planungssoftware spielt bei diesem Verfahren eine wichtige Rolle und muss daher ebenfalls wie bei der Scheinwerfertextation verbindlich vorgeschrieben werden oder je nach Entwicklungsstand immer wieder neu angepasst werden. Hierbei sollte auf eine einfache Anwendung mit geringem Fehlerpotential bei der Bedienung dieses Programmes geachtet werden.

Geeignete Projekte neben der Hasenzählung könnten die Erfassung von Gelegen (Israel, 2017), das Aufspüren von Kadavern in unwegsamen Gelände (Grommel, 2020) oder aber auch die Ermittlung von Populationsdichten innerhalb einer Kolonie (Jarrod C. Hodgson, 2018) sein, welche nicht landesweit untersucht werden. Außerdem könnten dabei auch lokale Kitzrettungsteams mit in diese Projekte involviert werden und dadurch bereits vorhandene Technik und die Erfahrung der, bereits ausgebildeten und geübten, Piloten genutzt werden.

6.2.1 Durchführung einer Zählung

Um die Durchführung eines Monitoringfluges in seinen Grundzügen aufzuzeigen, befindet sich nachfolgend eine Auflistung der Vorgehensweise, nach welcher eine Standardisierung möglich wäre.

1. Untersuchungsgebiet auswählen
2. Genehmigungen beantragen
3. Geeignete Technik auswählen (Hard- und Software)
4. Flugplanung
 - a. Flughöhe, Flugstreifen, ggf. Überlappung der Bildaufnahmen
 - b. Zeitpunkt für die Zählung definieren

- c. meteorologische Gegebenheiten überprüfen
- d. Flächenaufteilung vornehmen
- 5. Durchführung des Fluges
- 6. Datenanalyse

6.3 MÖGLICHE VERBESSERUNG DER TECHNIK

Durch den Einsatz von UAS, in Form von Starrflüglern, wäre vermutlich eine schnellere Flächenerfassung möglich, was die Effektivität möglicherweise stark erhöhen würde. (Riemer, 2018)

Des Weiteren würde eine mögliche Implementierung einer künstlichen Intelligenz zur Datenauswertung, eine genauere und schnellere Auswertung möglich machen. Aktuell befinden sich die erste KI's auf dem Markt und werden bereits eingesetzt. (Sahu, 2019), (Conservation AI, 2021)

7 KRITISCHE EINSCHÄTZUNG BEIM EIGENEN VORGEHEN

Aufgrund der Tatsache, dass ich leider nicht im Besitz einer für diese Arbeit geeigneten Drohne bin, musste ich auf die Hilfe von externen Piloten, sowie deren Technik zurückgreifen. Dies hatte zur Folge, dass ein spontaner Einsatz bei geeigneter Wetterlage, sowie die Durchführung weiterer Erfassungsflüge auf anderen Flächen nicht möglich war.

Des Weiteren wäre es interessant gewesen, die Datenerhebung über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr erfolgen zu lassen. Dies hätte eine weitere Zählung im Herbst mit eingeschlossen und damit einen Vergleich innerhalb verschiedener Vegetationsphasen ermöglicht.

8 FAZIT

Zum jetzigen Zeitpunkt, kann zum Ende der Arbeit festgestellt werden, dass eine Erfassung der Hasenpopulation mit Hilfe einer Drohne möglich ist, dies aber mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden ist. Mit verbesserter Technik wäre vermutlich aber auch dieses Problem in absehbarer Zeit zu lösen.

Der in dieser Arbeit durchgeführte Arbeitsablauf müsste jedoch bei den stetig wechselnden gesetzlichen Regulierungen und der veränderten Technik nur leicht angepasst werden, damit eine Erfassung auf breiter Fläche, mit den Kitzrettungsteams und deren Ausrüstungen möglich wäre.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

- ACEVEDO, P. F. (2010). Estimating roe deer abundance from pellet group counts in Spain: An assessment of methods suitable for Mediterranean woodlands. *Ecological Indicators*.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2021. Juni 18). *Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)*. Von https://www.gesetze-im-internet.de/luftvo_2015/LuftVO.pdf abgerufen
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (21. März 2021). *Kampf gegen den Mähtod: Drohnen retten Rehkitze*. Von <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/038-rehkitze.html> abgerufen
- Claudia Nehring, B. u. (März 2021). *Analyse des deutschen Drohnenmarktes*. Von https://www.bdl.aero/wp-content/uploads/2021/04/VUL-Markststudie_2021_DE_final.pdf abgerufen
- Conservation AI. (7. Juli 2021). *conservationai.co.uk*. Von <https://www.conservationai.co.uk/> abgerufen
- Döring, D. C. (2021. Juni 23). (S. Keck, Interviewer)
- Engelhard Arzneimittel GmbH & Co. KG. (16. Januar 2021). *Konzentrationsstörungen bei Erwachsenen*. Von <https://www.esprico.de/konzentration/konzentrationsstoerungen-bei-erwachsenen#close> abgerufen
- Greiner, R. (16. Dezember 2014). *Bachelorarbeit - Entwicklung eines Feldhasenbestandes in Stuttgart-Mühlhausen im Kontext von Landnutzung und Witterung*. Nürtingen, Deutschland.
- Grommel, C. (3. November 2020). *landundforst.de*. Von <https://www.landundforst.de/niedersachsen/region-stade-lueneburger-heide/asp-drohnen-wildschweinsuche-563441> abgerufen
- H. Nösel, M. A. (März 2002). *Zur Besatzsituation des Feldhasen in Deutschland*. Von https://www.jagdverband.de/sites/default/files/wildjahresbericht2001_0708_0.pdf abgerufen
- Hannover, I. f. (Oktober 2001). *Methode Feldhasenerfassung*. Von https://www.jagdverband.de/sites/default/files/Methode_Feldhasenerfassung.pdf abgerufen
- Innenministeriums Baden-Württemberg. (25. November 2014). *Jagd- und Wildtiermanagementgesetz (JWMG)*. Von https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/ahf/page/bsbawueprod.psml?pid=Dokumentanzeige&sho wdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=1&numberofresults=1&fr

- omdoctodoc=yes&doc.id=jlr-WildTManagGBWrahmen&doc.part=X&doc.price=0.0#focuspoint abgerufen
- Israel, M. (27. April 2017). *UAV-gestützte Detektion von Kiebitznestern in Agrarflächen*. Von https://elib.dlr.de/112104/1/CBA2017_Israel_UAV-gest%c3%bctzte%20Detektion%20von%20Kiebitznestern%20in%20Agrarfl%c3%a4chen.pdf abgerufen
- Jarrold C. Hodgson, R. M. (Feburar 2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution*. Von https://www.researchgate.net/publication/323161385_Drones_count_wildlife_more_accurately_and_precisely_than_humans abgerufen
- Johannes Lang, J. G. (2010). *Fachtagung Feldhase*. Kassel: Iutra Verlags und Vertriebsgesellschaft.
- Julia Treichel, S. K. (1. März 2018). Untersuchung der Geräuschemission von Drohnen. *ingenieur.de*. Von <https://www.ingenieur.de/fachmedien/laermbekaempfung/laermschutz/untersuchung-der-geraeuschemission-von-drohnen/> abgerufen
- Krebs, H. (2004). *Vor und nach der Jägerprüfung*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. (2. Februar 2021). *Daten- und Kartendienst der LUBW*. Von <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml?mapId=eb124e93-a911-422f-a715-e6f230479794&overviewMapCollapsed=false&mapSrs=EPSG%3A25832&mapExtent=531540.9137801579%2C5383399.915954663%2C537832.9562497877%2C5386742.563516655> abgerufen
- Lufthansa Technik AG. (30. August 2017). *Fliegen bei unterschiedlichen Temperaturen und Wetterlagen*. Von <https://www.safe-drone.com/de/schoenwetterdrohne/> abgerufen
- Margarita Mulero-Pázmány, S. J.-E. (21. Juni 2017). Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PLOS ONE*. Von <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178448> abgerufen
- Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen. (18. Juni 2021). *Unterstützung aus der Luft: Drohnen ermöglichen der Polizei NRW ganz neue Perspektiven*. Von <https://polizei.nrw/artikel/unterstuetzung-aus-der-luft-drohnen-ermoeglichen-der-polizei-nrw-ganz-neue-perspektiven> abgerufen
- Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. (2019). *Wildtierbericht 2018 für Baden-Wüttemberg*. Stuttgart.
- Naturland - Verband für ökologischen Landbau e.V. (Mai 2014). *naturland.de*. Von https://www.naturland.de/images/Naturland/Richtlinien/Naturland-Richtlinien_Waldnutzung.pdf abgerufen

- Papula, L. (2009). *Mathematische Formelsammlung für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Pegel, M. (1986). *Der Feldhase (Lepus europaeus Pallas) im Beziehungsgefüge seiner Um- und Mitweltfaktoren, Tl 1*. Stuttgart: Enke.
- Peter Christiansen, K. A. (30. Juli 2014). *Automated Detection and Recognition of Wildlife Using Thermal Cameras*. Von <https://www.mdpi.com/1424-8220/14/8/13778/htm> abgerufen
- Riemer, U. (5. Mai 2018). *Drohnen über dem Wald – zum Einsatz von unbemannten Fluggeräten*. Von <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/waldinventur/hintergruende-regeln-und-bautypen> abgerufen
- Rosenkranz, A. (02. Februar 2020). *Thermografie zeichnet ein Bild der Wärme*. Von <https://heizung.de/heizung/wissen/thermografie-zeichnet-ein-bild-der-waerme/> abgerufen
- Sahu, R. (13. Februar 2019). *Detecting and Counting Small Animal Species Using Drone Imagery by Applying Deep Learning*. Von <https://www.intechopen.com/books/visual-object-tracking-with-deep-neural-networks/detecting-and-counting-small-animal-species-using-drone-imagery-by-applying-deep-learning> abgerufen
- Schulte, J. (2002). *Hase und Kaninchen konkret*. Hannover: Landbuch Verlag Hannover.
- Spittler, D. r. (1996). *Der Hase in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft*. Vettelschoß: Diana-Verlag.
- Stadt Wien - Stadtvermessung. (2021). <https://www.wien.gv.at/>. Von <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/service/glossar.html#r> abgerufen
- Strauß, R. G. (Juli 2018). *Anleitung zur Scheinwerfertaxation des Feldhasen*. Von <https://www.jagd-bayern.de/wp-content/uploads/2019/01/Anleitung-zur-Scheinwerfertaxation-beim-Feldhasen.pdf> abgerufen
- SZ DJI Technology Co., Ltd. (23. Juni 2021). *Flir Zenmuse XT*. Von <https://www.dji.com/de/zenmuse-xt> abgerufen
- SZ DJI Technology Co., Ltd. (23. Juni 2021). *DJI Inspire*. Von <https://www.dji.com/de/inspire-1> abgerufen
- Teledyne FLIR LLC. (5. Mai 2021). *Teledyne FLIR Company History*. Von <https://www.flir.com/about/company-history/> abgerufen
- Tölge, R. (9. Oktober 2018). *Bachelorarbeit - Monitoring einer Lachmöwenbrutkolonie mit Hilfe eines unbemannten Luftfahrtssystems im Naturschutzgebiet „Krakower Obersee“ in Mecklenburg-Vorpommern*. Von https://digibib.hs-nb.de/file/dbhsnb_derivate_0000002702/Bachelorarbeit-Toelge-2018.pdf abgerufen

U-ROB GmbH. (4. Juni 2015). *Einfluss des Wetters auf das Flugverhalten*. Von <https://u-rob.com/wissensartikel/technik/wettereinfluss-auf-das-verhalten-einer-drohne/> abgerufen

VC Technology Ltd. (28. April 2021). *Litchi*. Von <https://flylitchi.com/> abgerufen

Veile, C. (17. Juli 2020). Bachelorarbeit - Evaluierung des Einsatzes von Wärmebildkamera und Scheinwerfer beim Monitoring von Rebhühnern (*Perdix perdix*) und Handlungsempfehlung für das landesweite Rebhuhnmonitoring in Baden-Württemberg. Ellwangen.

Wildforschungsstelle Aulendorf beim Landwirtschaftlichem Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) & Landesjagdverband Baden-Württemberg e.V. (Dezember 2011). *Begleitinformationen zur Feldhasenzählung in Baden-Württemberg*. Von https://www.landesjagdverband.de/fileadmin/Medien/LJV/Dokumente/4__Projekte/Monitoring/504592_info_hasenz_hlung_2011_12.pdf abgerufen

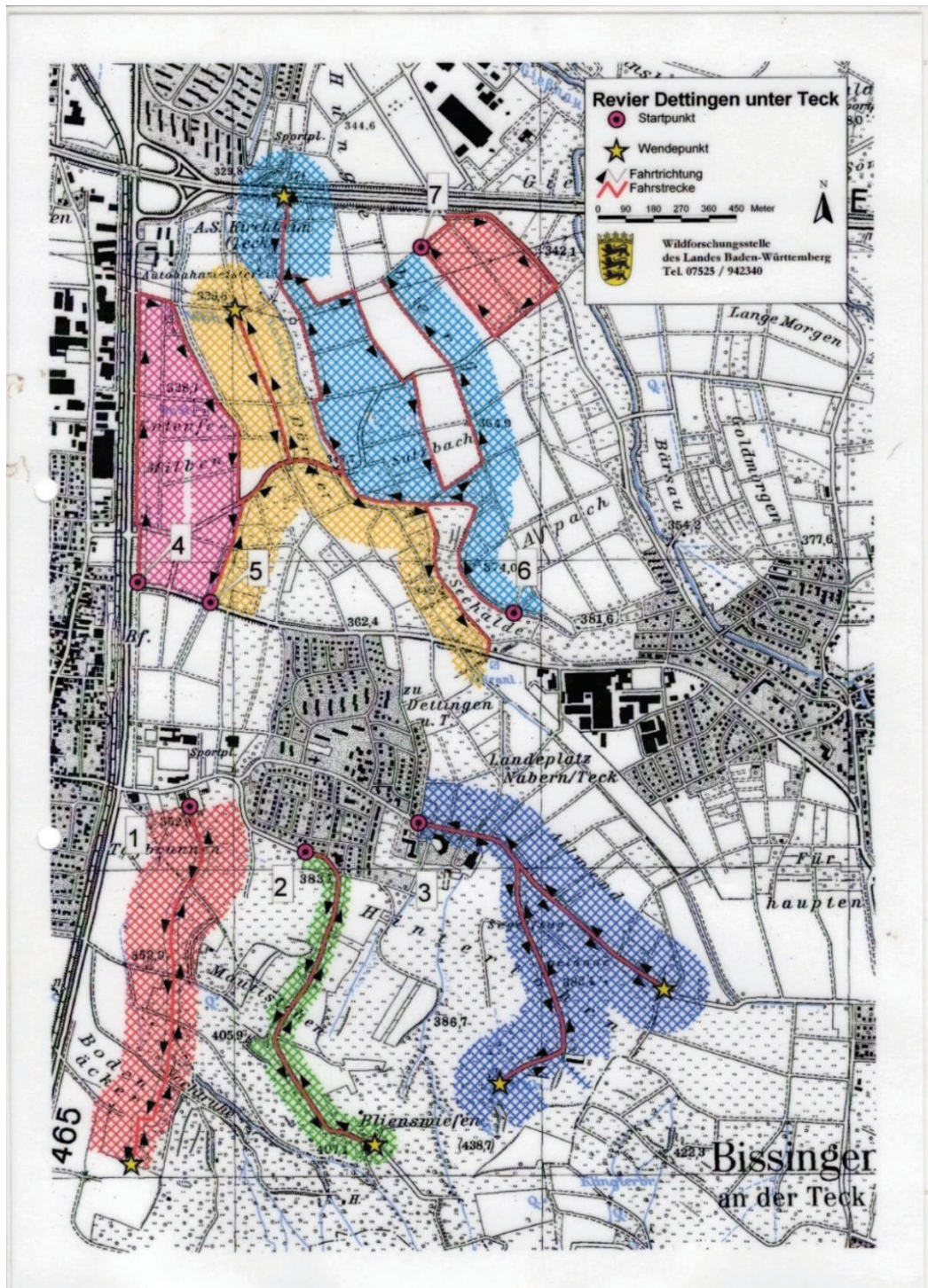
Zörner, D. H. (1981). *DER FELDHASE*. Ballenstedt.

IX. ANHANG

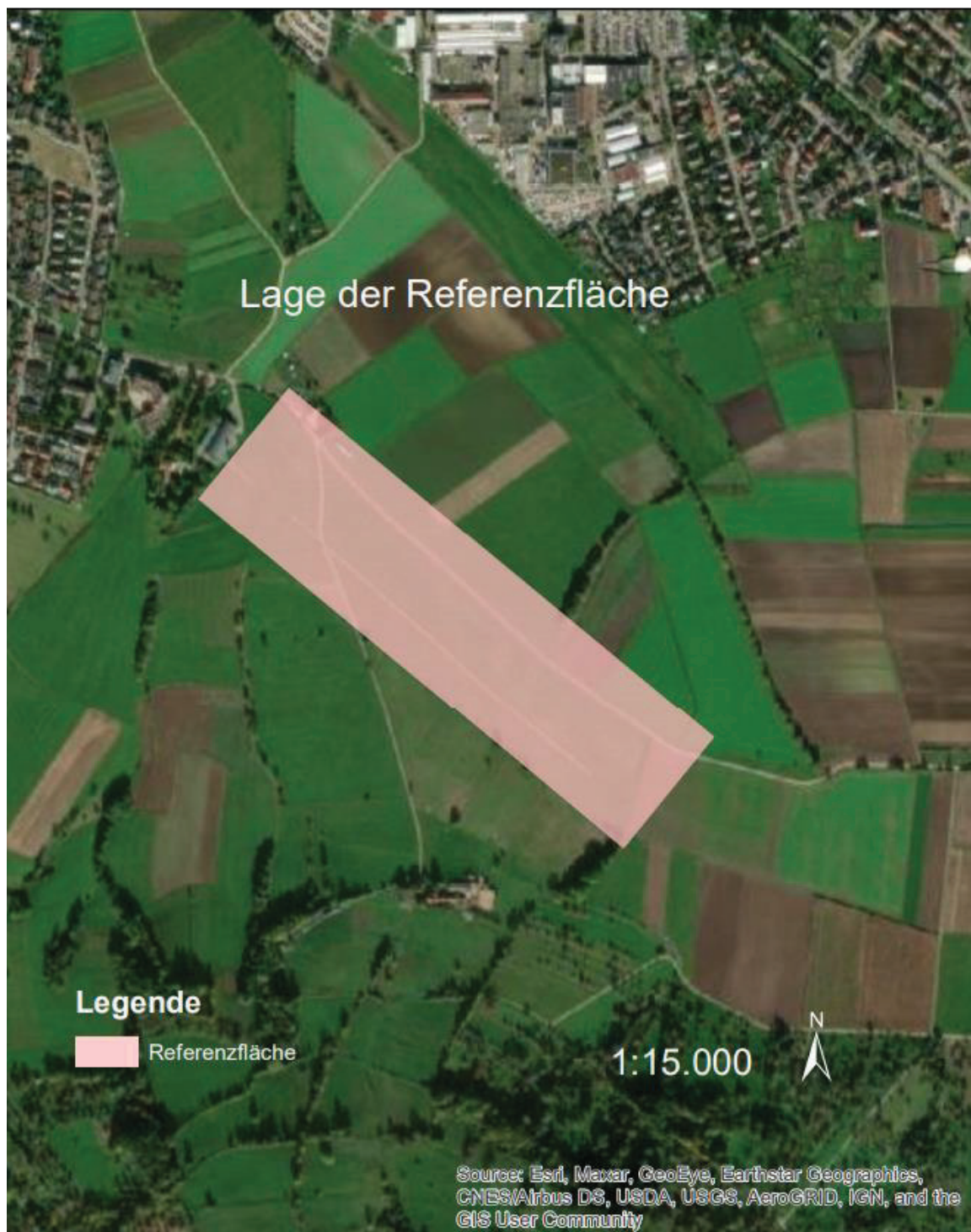
Untersuchungsgebiet (eigene Erstellung)



Fahrstrecken der Scheinwerfertaxation für das Revier Dettingen unter Teck (Wildforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg)

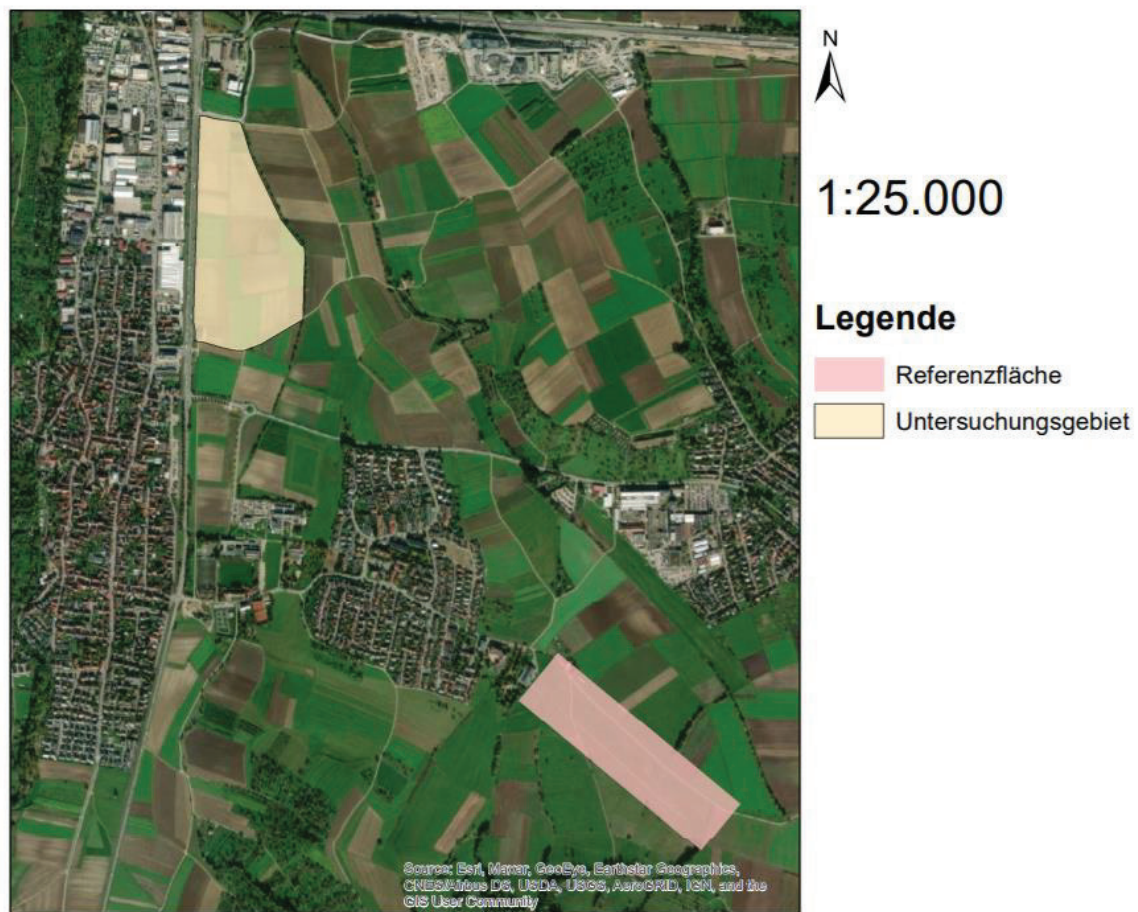


Referenzfläche (eigene Erstellung)



Karte zur Lage der untersuchten Flächen (eigene Erstellung)

Lage der Untersuchungsfläche und der Referenzfläche



X. DANKSAGUNG

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn M.Sc. Steffen Döring, welcher mich bei der Bearbeitung der Bachelorarbeit tatkräftig unterstützt hat.

Weiteren Dank geht an das Kitzrettungsteam des Vereins „SchwabenKitz e.V.“, da nur mit Ihrer Hilfe die Durchführung der einzelnen Flüge möglich gewesen ist.

Ein großes Dankeschön geht ebenfalls an die Jagdausübungsberechtigten in Dettin-
gen unter Teck, welche mir Ihr Revier für diese Arbeit zur Verfügung gestellt haben.

Ganz besonders möchte ich mich auch noch bei Franziska Beckmann und meiner Familie für ihre Unterstützung.

XI. EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Vorname, Name und Heimatort:

Simon Keck

Ort, Datum:

Notzingen, den 23. Juli 2021

.....