



**Methoden zur Reduktion von Mähtod bei
Wildtieren am Beispiel von Rehkitzen
– Erfahrungsaustausch mit beteiligten
Gruppen und Erarbeitung des Optimie-
rungsbedarfs**

Kurztitel: Wildtierrettung



Projektendbericht

Projektförderung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)

Finanzierung: Kapitel 08 03 TG 53

Förderkennzeichen: A/18/19

Geschäftszeichen: G2-7950-1/444

Projektlaufzeit: 15.09.2018 bis 31.12.2019

Projektleiter: Stefan Thurner

Projektbearbeiter: Katharina Mikschl, Theresa Heim, Jessica Vogl, Matthias-Weig

Herausgegeben im: Februar 2020

**Methoden zur Reduktion von Mähtod
bei Wildtieren am Beispiel von Rehkit-
zen – Erfahrungsaustausch mit betei-
ligten Gruppen und Erarbeitung des
Optimierungsbedarfs**

Kurztitel: Wildtierrettung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	11
2 Stand des Wissens	13
2.1 Biologie des Rehwilds.....	13
2.2 Rechtslage	14
2.3 Maßnahmen zur Wildtierrettung	15
2.4 Drohnen mit Wärmebildkamera zur Wildtierrettung	17
2.4.1 Rechtliches zum Flug mit einer Drohne.....	19
2.4.2 Wärmebildkameras.....	20
2.4.3 Erfolgskennzahlen zur Wildtierrettung mit Drohne und Wärmebildkamera	21
3 Zielsetzung	22
4 Material und Methoden	23
4.1 Einsatzgebiete, -flächen und -tage sowie -planung und Equipment für die Datenerhebung	23
4.2 Eingesetzte Techniken zur Wildtierrettung.....	27
4.2.1 Scheuchen und akustischer Wildretter	27
4.2.2 Tragbarer Wildretter.....	30
4.2.3 Drohnen mit Wärmebildkamera	32
4.3 Datenerhebungen.....	36
4.4 Wärmflaschentests	37
4.5 Datenauswertung	37
4.6 Wirtschaftlichkeitsberechnungen	39
5 Ergebnisse	42
5.1 Lernkurven der Wildtierretter	42
5.2 Vierfeldertafeln für die Wärmflaschentests	44
5.3 Vierfeldertafeln für den Feldeinsatz nach Wildtieren	45
5.4 Vierfeldertafeln für den Feldeinsatz nach Flächen	46
5.5 Einfluss der Waldrandstrukturen, der Rehwilddichte und der Bestandshöhen auf die Anwesenheit von Rehkitzten.....	47
5.6 Einsatzzeiten pro Hektar	47
5.7 Scheuchentests	49
5.8 Wirtschaftlichkeitsberechnungen	50
6 Diskussion	52
6.1 Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter.....	52

6.2	Wildtierrettung mit einer Drohne mit Wärmebildkamera.....	53
6.3	Einflüsse verschiedener Größen auf die Anwesenheit von Rehkitzen.....	56
6.4	Scheuchentests	57
6.5	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	57
7	Ergebnisse des Workshops	59
8	Veröffentlichungen, Vorträge und Präsentationen.....	60
9	Schlussfolgerungen.....	63
	Literaturverzeichnis	64

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Systematik der Wildtierrettung (Bildquelle: J. Vogl, 2019).....	15
Abbildung 2: Selbstgebaute Scheuchen mit Müllsack: Nahaufnahme (rechts) und Einsatz auf einem Grünlandschlag (links) (Bildquellen: M. Weig, 2019).....	17
Abbildung 3: Schematische Darstellung der fehlenden Bildüberlappung am Hang (Quelle: ISRAEL ET AL., 2015)	19
Abbildung 4: Übersicht zu den Einsatzorten während der Setzsaison 2019 (Quelle Karte: geoportal.bayern.de).....	24
Abbildung 5: Akustischer Wildretter zur Anbringung am Mähwerk (Bildquelle: T. Heim, 2019).....	29
Abbildung 6: Schematischer Aufbau des tragbaren Wildretters (Quelle: Firma i_s_a_industrieelektronik GmbH).....	30
Abbildung 7: Tragbarer Wildtierretter im Einsatz auf einem Quad (Bildquelle: S. Thurner, 2019).....	31
Abbildung 8: Drohne Yuneec H520 mit Wärmebildkamera CGO ET (Bildquelle T. Heim, 2019).....	32
Abbildung 9: Fernbedienung ST16S für die Yuneec H520 (Bildquelle: S. Thurner, 2019).....	34
Abbildung 10: DJI Matrice 200 Drohne mit CGO ET Wärmebildkamera (Bildquelle: S. Thurner, 2019)	35
Abbildung 11: Software DJI Ground Station Pro bei der Flugplanung am i-pad (Bildquelle: S. Thurner, 2019)	36
Abbildung 12: Lernkurve für den tragbaren Wildretter (Einsatz im Tragebetrieb und mit Quad kombiniert; J. Vogl)	43
Abbildung 13: Lernkurve für die DJI Drohne (M. Weig).....	43
Abbildung 14: Lernkurve für die Yuneec-Drohne (T. Heim).....	43
Abbildung 15: Zeitbedarf für die Wildtierrettung in Bezug zur Flächengröße.....	48
Abbildung 16: Durchschnittlicher Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter nach Flächenkategorien für beide Einsatzarten	48
Abbildung 17: Durchschnittlicher Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit den Drohnen.....	49
Abbildung 18: Anzahl mit der Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera gefundene Wildtiere vor dem Scheuchen aufstellen am Tag vor der Mahd und am Tag der Mahd	49

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Auswahl verschiedener Drohnenmodelle kombiniert mit verschiedenen Wärmebildkameras zur Wildtierrettung (grün schattiert: Kombinationen wurden im Projekt verwendet)	18
Tabelle 2: Rechtlich relevante Gewichtsklassen für Drohnen (nach BMVI, 2018).....	20
Tabelle 3: Statistik über die Rehkitzfunde und die Flächenleistung des Prozessschrittes Flug (ISRAEL, 2016, Seite 79)	21
Tabelle 4: Ablaufschema für den Einsatz der Wildtierrettungsdrohne Version „pro“.....	25
Tabelle 5: Eingesetzte Scheuchensysteme	27
Tabelle 6: Programme des LS20 Wildvergrämer (Quelle: L A R S Wildrettungssysteme; Bedienungsanleitung, 05/17).....	28
Tabelle 7: Einstellbare Betriebsmodi der Martin Thoma KR01 Rehkitz-Retter/Wildschreck (Quelle: Gebrauchsanleitung Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01).....	29
Tabelle 8: Darstellungsoptionen der Kameraaufnahmen auf dem Display.....	33
Tabelle 9: Wahrheitsmatrix der Wildtiere und Fehllarmer	38
Tabelle 10: Wahrheitsmatrix der Flächen und Wildtiere	38
Tabelle 11: Flächengrößenklassen und Anzahl an Feldwechselln (FW) für die Szenarien zur Wirtschaftlichkeitsberechnung (links mit den Drohnen, rechts mit dem tragbaren Wildretter)	41
Tabelle 12: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Tragebetrieb (Wärmflaschen).....	44
Tabelle 13: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Betrieb mit Quad (Wärmflaschen).....	44
Tabelle 14: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (Wärmflaschen).....	44
Tabelle 15: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (Wärmflaschen)	44
Tabelle 16: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Tragebetrieb (Wildtiere).....	45
Tabelle 17: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Betrieb mit Quad (Wildtiere)	45
Tabelle 18: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (Wildtiere).....	45
Tabelle 19: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (Wildtiere).....	45
Tabelle 20: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter (beide Betriebsarten, flächenweise Betrachtung)	46
Tabelle 21: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (flächenweise Betrachtung).....	46
Tabelle 22: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (flächenweise Betrachtung)	46
Tabelle 23: Einsatzkosten für den tragbaren Wildtierretter in beiden Betriebsarten bei unterschiedlichen Flächengrößen bei einer beteiligten Person	50
Tabelle 24: Einsatzkosten für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software bei unterschiedlichen Flächengrößen und Anzahl an beteiligten Personen (für 5 Ereignisse pro Fläche; hellorange und dunkelorange: Szenario mit 2 Feldwechselln in vorgegebener Zeit nur sehr knapp zu schaffen)	50
Tabelle 25: Einsatzkosten für die Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera bei unterschiedlichen Flächengrößen und zwei beteiligten Personen (Pilot + Hilfsperson).....	51

Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojekts „Methoden zur Reduktion von Mähtod bei Wildtieren am Beispiel von Rehkitzten – Erfahrungsaustausch mit beteiligten Gruppen und Erarbeitung des Optimierungsbedarfs“ mit dem Kurztitel „Wildtierrettung“ (Förderkennzeichen A/18/19) war es, einen Workshop mit allen beteiligten Interessensvertretern durchzuführen, um den Stand der verschiedenen Methoden und Vorgehensweisen zur Wildtierrettung aus deren Sicht zu beleuchten. Weiterhin war es Ziel des Projekts, gegebenenfalls noch bestehenden Forschungsbedarf zu identifizieren und im Rahmen eines weiteren Forschungsantrags diese Bereiche gezielt anzugehen. Das dritte Ziel des Forschungsprojekts war die Erprobung und Bewertung verschiedener Techniken zur Wildtierrettung in der Praxis und der Wissenstransfer zum Thema Wildtierrettung.

Im Rahmen des Workshops konnten der aktuelle Stand der Umsetzung in der Praxis, bestehende Wissenslücken sowie verschiedene Ansatzpunkte für eine Verbesserung der derzeitigen Praxis erarbeitet werden. Zentrale Ergebnisse waren die Forderungen nach einem Mäh-Knigge, nach verstärkter Forschung im Bereich der Biologie des Rehwilds und im Bereich der Effektivität verschiedener Wildtierrettungsmaßnahmen genauso wie im Bereich der Entwicklung neuer praxistauglicher Lösungen idealerweise gemeinsam mit der Landtechnikindustrie. Die beteiligten Interessensvertreter, angefangen beim Bauernverband über den Jagdverband, den Lohnunternehmerverband, die Maschinenringe, die Futtertrocknungen, Vertreter der Landtechnikindustrie und der Behörden (StMELF, Wildlebensraumberatung) und weitere, begrüßten, dass die Thematik der Wildtierrettung bei der Grünland- und Feldfuttermahd wieder neue Aufmerksamkeit bekam und vereinbarten einen regelmäßigen Austausch.

In der Rehkitzsaison 2019 wurden schließlich verschiedene Techniken zur Wildtierrettung an insgesamt 20 Einsatztagen in ganz Bayern mit drei Wildtierrettungsteams getestet. Neben verschiedenen Scheuchen (akustische und visuelle Vergrämung) und weiteren Vergrämungsmaßnahmen (akustischer Wildretter am Mähwerk und Mähmethoden) wurden der tragbare Wildretter, eine günstige Drohne mit Wärmebildkamera sowie eine Profiversion einer Drohne mit Wärmebildkamera samt Softwarepaket zur automatisierten Wildtiererkennung getestet. Bei den Praxistests wurden umfangreiche Daten zur Erfolgsrate der einzelnen Maßnahmen und zum Arbeitsaufwand sowie zu den Kosten erhoben. Bei der Betrachtung nach einzelnen gefundenen bzw. übersehenden Wildtieren schnitt der tragbare Wildretter im Tragebetrieb mit einer Sensitivität von 0,67 besser ab als die günstige Drohne (Sensitivität 0,57) und der tragbare Wildtierretter im Einsatz auf einem Quad (Sensitivität 0,40) sowie die Profiversion einer Drohne (Sensitivität 0,30). Bei der Betrachtung nach ganzen Feldstücken konnte bei der günstigsten Drohne die niedrigste Fehlerrate von 14 % erzielt werden, gefolgt von der Profiversion einer Drohne (21 %) und dem tragbaren Wildretter (25 %) beim Einsatz im Tragebetrieb und mit Quad kombiniert. Die Effektivität der verschiedenen Scheuchen und weiteren Vergrämungsmaßnahmen konnte aufgrund der niedrigen Einsatzhäufigkeit in der Saison 2019 nicht detailliert bewertet werden. Abschließend kann festgehalten werden, dass der Einsatz der verschiedenen Techniken einiges an Erfahrung erfordert und somit eine gewisse Anlernzeit notwendig ist, bis die einzelnen Verfahren beherrscht werden. Weiterhin gibt es aktuell kein Verfahren, bei dem sicher alle sich auf einem Feldstück befindlichen Wildtiere vor dem Mähtod gerettet werden können.

Der Arbeitszeitaufwand betrug im Mittel der durchgeführten Einsätze beim tragbaren Wildretter im Tragebetrieb bei Flächengrößen von weniger als 0,5 ha rund 50 min bis hin

zu rund 30 min bei Flächen zwischen einem und 3 ha. Für größere Flächen stieg der Arbeitsaufwand wieder an. Der Einsatz des tragbaren Wildretters auf einem Quad konnte die notwendige Arbeitszeit zur Wildtierrettung nochmals auf 20 bis 25 min / ha senken. Für die Durchführung der Wildtierrettung mit der Profiversion einer Drohne fielen zwischen 40 min / ha bei den kleinen Flächen (bis 0,5 ha) bis zu rund 10 min / ha für die großen Flächen (ab 10 ha) an. Bei der günstigen Drohne waren bei vergleichbaren Flächengrößen Arbeitszeiten zwischen 30 min / ha und rund 5 min / ha erforderlich. Neben der Flächengröße hatten die Anzahl der Feldwechsel und die Anzahl der gefundenen Wildtiere einen Einfluss auf die notwendigen Arbeitszeiten zur Wildtierrettung.

Die Kosten für die Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter lagen je nach Einsatzszenario bei vielen kleinen Flächen (< 0,5 ha) bei knapp 80 € und sanken mit steigender Flächengröße auf unter 10 € pro Hektar (Flächengröße > 3 ha). Ähnlich verhielt es sich bei den Drohnen: bei der Profiversion reichten die Einsatzkosten von über 100 € / ha bei Flächen kleiner 1 ha bis rund 26 € / ha bei Flächen größer 10 ha. Die günstige Drohne lag für die gleichen Flächenkategorien ebenfalls bei Kosten von über 100 € / ha bis rund 12 € / ha. Für den tragbaren Wildretter reicht eine Person beim Einsatz aus, für die günstige Drohne sollten zwei Personen und für die Profiversion einer Drohne drei Personen den Einsatz durchführen.

Im Rahmen des Projekts wurde ein umfangreicher Wissenstransfer in die Praxis und für Interessierte mittels Vorträgen, Demonstrationen bei Grünlandtagen, Artikeln in Fachzeitschriften und Posterpräsentationen bei Ausstellungen sowie über die Projektinternetseite durchgeführt. Bei allen Interessensvertretern wurde der veröffentlichte Mäh-Knigge begrüßt. Die große Nachfrage nach dem Mäh-Knigge, betrachtet sowohl anhand der Aufrufzahlen im Internet als auch anhand der bisher bestellten und versandten Printexemplare bestätigt die Relevanz des Themas Wildtierrettung bei der Grünland- und Feldfuttermahd.

Als Schlussfolgerung aus den bisher durchgeführten Aktivitäten lässt sich ableiten, dass der Forschungsbedarf zum Thema Biologie des Rehwilds und zu den Methoden der Wildtierrettung noch groß ist. So kann derzeit nicht abgeschätzt werden, in welchen Flächen sich Rehkitze oder andere Wildtiere befinden und was Flächen z. B. als Sitzplatz für eine Geiß oder als Abliegeplatz für ein Rehkitz attraktiv macht. Weiterhin kann festgehalten werden, dass keine der getesteten Techniken zur Wildtierrettung eine zufriedenstellende Erfolgsrate aufweisen konnte. Ebenso eignen sich die getesteten Techniken nicht als Standardmaßnahme, die für alle zu mähenden Flächen routinemäßig eingesetzt werden könnte. Dafür ist der Zeitaufwand pro Hektar kombiniert mit der auf die Morgenstunden beschränkten Einsatzzeit beim Einsatz moderner Mähetechnik, mit der mehr als 100 ha pro Tag gemäht werden können, zu hoch. Dies würde für jedes Mähwerk 5 - 6 Wildtierrettungsteams bestehend aus 2 - 3 Personen bedeuten. Weiterhin können Rehkitze oder andere Wildtiere nicht den ganzen Tag lang z. B. unter Wäschekörben gesichert werden sondern die Mahd sollte zeitnah zur Suche und Sicherung erfolgen, sodass die Tiere wieder in die Freiheit entlassen werden können. Somit ist es erforderlich, dass die zu mähenden Flächen bzw. Teilflächen anhand relevanter Parameter wie z. B. Abstand vom Wald, Bestandshöhe und anderem in Gefährdungskategorien eingeteilt werden. Für die einzelnen Gefährdungskategorien z. B. eine dreistufige Skala sollte dann ein unterschiedlich intensives Maß an Wildtierrettungsmaßnahmen vorgesehen werden, angefangen beim Aufstellen von Scheuchen bei einer niedrigen Gefährdungsstufe über den Einsatz des tragbaren Wildretters bis hin zum Einsatz von Drohnen mit Wärmebildkamera bei einer hohen Gefährdungsstufe. Somit sollte am Thema Wildtierrettung von mehreren Seiten intensiv geforscht werden um praxistaugliche Lösungen für die Vermeidung des Mähtods zu finden.

1 Einleitung

Ende April beginnen die ersten Landwirte ihre Wiesen zu mähen, um den Aufwuchs zu sichern oder als Heu zu ernten. Diese selbst erzeugten Grundfutterkonserven sind für die Betriebe ein entscheidender Bestandteil der Futterrationen für Wiederkäuer; vor allem in der Milchviehhaltung wird Grassilage eingesetzt.

Dazu nutzen die Landwirte heutzutage moderne Mähwerke, die mit großen Arbeitsbreiten (bis zu 14 m) und vergleichsweise hoher Geschwindigkeit (mehr als 15 km/h) die Flächen in kurzer Zeit abmähen (STEEN ET AL., 2012). Dieser Arbeitsvorgang bzw. diese Technik birgt aber verschiedene Gefahren für viele Wildtiere. Auch wenn es historisch gesehen nicht neu ist, dass Wildtiere bei der Mahd zu Schaden kommen: „Schon in der frühen Jagdliteratur Mitte des 19ten Jahrhunderts wird auf die deutlichen Verluste von brütenden Rebhühnern und Fasanen durch den Einsatz von Sichel und Sense hingewiesen (INTERNATIONAL COUNCIL FOR GAME AND WILDLIFE CONSERVATION (CIC), 2011).

Durch den Einsatz der modernen Mähtechniken hat sich auch das Spektrum der betroffenen Wildtiere ausgeweitet. Bereits KITTLER (1979) führte die fortwährende Weiterentwicklung der Mechanisierung in der Landwirtschaft als Faktor für steigende Wildverluste an. Die teils unbekannt hohe Populationsdichte und der Raubtierdruck erschweren es zahlenmäßig genaue Rückschlüsse auf die tatsächlichen Auswirkungen landwirtschaftlicher Maschinen auf den Wildverlust zu ziehen.

Die am schlimmsten durch die Gras- und Feldfütterernte betroffenen Säugetiere (*Mammalia*) sind der Feldhase (*Lepus europaeus*) und das europäische Reh (*Capreolus capreolus*) (CUKOR ET AL., 2019a). Insbesondere bei Junghasen wird über eine Todesrate von 100 % bei der Grasernte berichtet (MILANOV, 1995, GRENDDELMEIER, 2011). Zahlen zu den Wildverlusten beim Reh werden nur in wenigen Studien angegeben. In Schweden wurde die Anzahl der durch Mäharbeiten getöteten Rehkitze im Rahmen einer Studie auf 25 bis 44 % des jährlichen Wurfes geschätzt (JARNEMO, 2002). Dabei wurden alle zum Zeitpunkt des Mähens noch in der Fläche befindlichen Rehkitze (welche mittels Sender gekennzeichnet waren) als potentiell vermählt angenommen.

Ein bedeutender Faktor im Hinblick auf die Überlebensrate von Rehkitzen im ersten Jahr ist der Setzzeitpunkt. 80 % der Rehkitze werden innerhalb von 20 bis 30 Tagen im Zeitraum von Mai bis Juni geboren (LINNELL und ANDERSEN, 1998). Der Setzzeitpunkt fällt damit mit der Periode des ersten und zweiten Grünlandschnitts zusammen. Zusätzlich zum zeitlichen Zusammenfallen von Setzzeitpunkt und Grünlandmahd stellt das so genannte Drückverhalten der Rehkitze in den ersten zwei bis drei Wochen nach ihrer Geburt ein großes Problem dar. Die frisch gesetzten Kitze verharren in der Regel auch bei Gefahr regungslos ins Gras gedrückt und weisen keinerlei Fluchtverhalten auf (KURT, 1991). Maßnahmen, welche auf das Vergrämen der Jungtiere aus der Fläche abzielen sind somit unter Umständen wirkungslos.

Bei der Mahd sind jedoch noch weitere Tiere gefährdet. Neben weiteren Säugetieren wie z. B. dem Igel (*Erinaceus europaeus*) oder Füchsen (*Vulpes vulpes*) sind auch im Bereich der Vögel (*Aves*) vor allem Bodenbrüter wie der Fasan (*Phasianus colchicus*), das Rebhuhn (*Perdix perdix*) und der Wachtelkönig (*Crex crex*) gefährdet (CUKOR ET AL., 2019a). Auf diese wird sowohl durch eine Reduktion der verfügbaren (potentiellen) Nistfläche, wie auch durch die Zerstörung bereits vorhandener Gelege negativer Einfluss genommen (VICKERY ET AL., 2001, TYLER ET AL., 1998). Daneben werden auch Amphibien (*Amphi-*

bia) und aus dem Bereich der Gliederfüßer (*Arthropoda*) vor allem die Insekten (*Insecta*) und Spinnentiere (*Arachnida*) bei der Mahd verletzt oder getötet (METZNER und SOMMER, 2019).

Aber nicht nur bei der Grünlandmahd spielt die Wildtierrettung eine Rolle, sondern auch bei der Ernte von Getreide und Mais, sowie bei der Mahd und Pflege anderer Flächen, bis hin zu Rasenflächen sollte der Aspekt des unbeabsichtigten Mähtods von Wildtieren beachtet werden.

Die umgekommenen Tiere können jedoch auch wirtschaftliche Folgen für den Landwirt haben. Unbemerkt vermähete Tiere können in die Silage gelangen und somit für die damit gefütterten Tiere gesundheitsschädliche bis tödliche Folgen haben. So beschreibt GALEY (2000) ein Ereignis, bei dem das Toxin Botulinum, welches durch Kadaverteile in der Silage entstehen kann, bei 427 von 441 Milchkühen zum Tode führte. Auslöser dafür war laut Autor eine tote Katze in der Silage.

Auch wenn ein vermähetes Tier vor der Konservierung des Futters bemerkt wird, kann die Tatsache des durch das Mähwerk getöteten Tieres weitere Folgen haben. Es kommt zu Verzögerungen im Arbeitsablauf. Beteiligte könnten durch den Anblick des vermäheten Tieres bzw. bei einer nötigen Nottötung eine psychische Belastung erleiden. Außerdem wurde unter Umständen gegen das Tierschutzgesetz verstoßen was für den Landwirt rechtliche Folgen haben kann. Das Tierschutzgesetz regelt in § 1 folgendes: „Zweck dieses Gesetzes ist es, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen. Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen“ (Stand Sept. 2019). Somit darf ein Tier nicht ohne vernünftigen Grund (der z. B. das Schlachten des Tieres zum Zwecke der Lebensmittelgewinnung ist) getötet werden. Dieses Gesetz gilt auch im Bereich der Mahd, da das Vermähen von Tieren keinen vernünftigen Grund entsprechend dem Tierschutzgesetz darstellt. Damit ist der Landwirt verpflichtet Vorsorgemaßnahmen zu treffen, um Verletzungen oder den Tod von Tieren durch die Mahd zu vermeiden.

Obwohl Wildtierversluste ein allgemein bekanntes Phänomen sind, gibt es bisher nur wenige wissenschaftlich fundierte Untersuchungen zu Möglichkeiten sie zu reduzieren. Zahlreiche Methoden wurden schon erprobt um Wildtiere vor dem Mähtod zu bewahren. Es wird mit Scheuchen vergrämt oder versucht die Tiere mittels Drohne, tragbarem Infrarot-Wildretter oder Schweißhund aufzufinden und zu sichern. Auch der Schnittzeitpunkt, das Mähverfahren und die Mahdtechnik selbst haben Einfluss auf den Schutz der betroffenen Lebewesen. Dennoch gibt es keine Technik, die eine 100 % -ige Erfolgsquote garantiert. Zusätzlich sollte das Verfahren zeit- und kosteneffizient sein, damit die Bewirtschaftung von Grünland- und Feldfutterbauflächen für die Landwirte auch in Zukunft wirtschaftlich bleibt.

2 Stand des Wissens

2.1 Biologie des Rehwilds

Mit der Wildtierrettung und dem MähTod werden in erster Linie junge Rehkitze verbunden. Weshalb gerade diese Wildart damit in Zusammenhang steht, soll im Folgenden dargestellt werden.

Die Geburt und Aufzucht der Kitze von Mai bis Ende Juli fallen in die Zeit des günstigsten Nahrungsangebots für Rehwild. Die Abhängigkeit populationsdynamischer Parameter von der Ernährungslage – im Wesentlichen – der Mütter kann in einen jahreszeitlichen Bezug gestellt werden (ELLENBERG, 1978; S. 150). Dabei setzt die Verdaulichkeit der Pflanzendecke Grenzen. So werden die Entwicklungschancen für spät gesetzte Kitze immer geringer. Die Parallelität aus Untersuchungen zum Austreiben der Pflanzen in Zusammenhang zu den Setzterminen legen die Vermutung nahe, dass äußere Faktoren Jahr für Jahr modifizierend Einfluss auf den Zeitpunkt des Setzens der Kitze nehmen (ELLENBERG, 1978; S. 157). Hierbei könnten auch hormonwirksame Inhaltstoffe sprießender Pflanzen von Bedeutung sein (WIESENER, 1972).

Um die Kitze mit ausreichend Milch ernähren zu können, benötigen die Mütter proteinreiche Nahrung. Bei einem idealen Setztermin stellt dies kein Problem dar. Der Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI), ein Indikator für die Fotosyntheseleistung der Pflanzen, erreicht kurz nach der Hauptsetzzeit das Maximum. Die Fotosyntheseleistung steht in direktem Zusammenhang zum Nährstoffgehalt der Pflanzen, der somit auch kurz nach der Hauptsetzzeit am höchsten ist (PETTORELLI ET AL., 2005). Allerdings ist ein hoher Nährstoffgehalt auch für den Landwirt das Kriterium für hochwertiges Futter und damit der ideale Schnitzeitpunkt.

Die Rehkitze verbringen die ersten Lebenswochen meistens in eingerollter Bauchlage am Boden liegend. Als Liegeplätze suchen sie sich Stellen mit guter Sichtdeckung. Sie legen sich unter Büsche mit tiefhängenden Ästen oder in Zonen mit 30 bis 60 cm hohen Gras- oder Krautschichten (CHRISTEN ET AL., 2018). Dabei wurden nach CHRISTEN ET AL. (2018) weniger als ein Fünftel im Wald und somit mehr als 80 % der Rehkitze auf einer angrenzenden Wiese gefunden. Weiterhin spielte der Waldrand die entscheidende Rolle für den Liegeplatz des Rehkitzes: so wurden 56 % der im Wald abgelegten Kitze innerhalb der ersten 50 m nach dem Waldrand gefunden. Ebenso wurden auf der angrenzenden Wiese 60 % der Kitze innerhalb der ersten 50 m und innerhalb der ersten 100 m sogar 80 % der Rehkitze gefunden. Mehr als 500 m Entfernt vom Waldrand, in beide Richtungen, waren nur noch sehr wenige Rehkitze (< 2 %) zu finden. Das häufige Liegen und Alleinsein der Kitze in den ersten Lebenswochen ist eine Instinkthaltung des Neugeborenen. Rehkitze flüchten während der kritischen Periode auch nicht vor einer Gefahr (rasche Bewegungen, Lärm, fremder Geruch). Sie drücken sich und verharren starr auf den Boden gepresst. Dieses Verhalten bewährte sich gegen natürliche Widersacher wie Füchse, Greife, Eulen oder streunende Hunde, nicht aber gegenüber Mähmaschinen (KURT, 2002).

Israel (2016, Seite 91) berichtet dagegen von einem weniger starken Zusammenhang zwischen Aufwuchshöhe und Anzahl gefundener Rehkitze. So fand er in 44 % der Wiesen mit einer Bewuchshöhe von 30 cm Rehkitze. Bei Wiesen mit einer Bewuchshöhe von 50 cm (70 cm und > 80 cm) waren die Wiesen mit Kitzbesatz mit 63 % (55 % und 57 %) nur unwesentlich mehr.

Die Jungtiere sind in den ersten Tagen nur circa 10 Prozent des Tages aktiv. Erst nach rund 60 Tagen erreichen sie die durchschnittliche tägliche Aktivitätszeit eines erwachse-

nen Tieres (LINNELL, 1994). Dabei beschreibt LINNELL (1994) auch das Fluchtverhalten von Rehkitzen: in den ersten 9-10 Tagen zeigen die Rehkitze kein Fluchtverhalten. Danach steigt der Anteil der Jungtiere, die bei Annäherung eines Menschen fliehen bis zum 40. Lebenstag schnell an, wobei beim 40. Lebenstag ca. 95 % der Jungtiere flohen. Ab dem 60. Lebenstag flohen alle Jungtiere. In gleichem Maße nahm die Fluchtdistanz zu: zwischen dem 10. und dem 30. Lebenstag erhöhte sie sich kontinuierlich von 0 auf 2 m und vom 30. bis zum 60. Lebenstag stieg sie schließlich noch schneller, auf dann 12 m, an. Damit ist dargestellt, dass Rehkitze durch den angepassten Setzzeitpunkt und das zu Beginn fehlende Fluchtverhalten besonders von Mähtod beim ersten und zweiten Schnitt in der landwirtschaftlichen Futtergewinnung betroffen sind.

Um die Rehkitze vor dem Mähtod zu bewahren, müssen sie vor der Mahd gefunden oder verscheucht werden. Dies stellt die betroffenen Landwirte und Jäger vor eine Herausforderung. PINTER (1963) hat dazu folgende Erfahrungen bei der Aufzucht von Rehkitzen zusammengefasst: „Das Kitz hat, solange es ausschließlich von Milch lebt, nur eine äußerst geringfügige Eigenwitterung, und ist somit weitgehend vor herumstreifenden Füchsen und Hunden geschützt. [...] Selbst jagderfahrene Hunde erwiesen sich als vollständig unfähig ein etwa eine Woche altes Kitz zu finden, selbst wenn sie das Versteck desselben auf kürzeste Entfernung (etwa 1 Meter) passierten. [...] Dieselben Proben wurden später, als die Kitze Pflanzenkost zu sich nahmen, wiederholt. Dabei war augenscheinlich, dass nunmehr deutliche Eigenwitterung vorhanden war, denn die Hunde fanden das Kitz ohne Umstände.“

Wenn Kitze auf einer zu mähenden Fläche gefunden werden, müssen diese sicher aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Dazu werden üblicherweise Grasbüschel oder Handschuhe verwendet, um eine Übertragung menschlichen Geruchs auf das Kitz zu vermeiden (ISRAEL, 2016). Dass die Geiß das Kitz grundsätzlich nicht mehr annimmt, wenn es mit der Hand berührt wurde, ist ein Gerücht, das sich seit vielen Jahrzehnten hält, obwohl seit 1965 in verschiedenen wissenschaftlichen Experimenten immer wieder das Gegenteil bewiesen wurde (KURT, 2002).

2.2 Rechtslage

Es wurden bereits zahlreiche Urteile wegen dem Töten von Kitzen beim Mähen gefällt (z. B. AG Hadamar: AZ 1 DS 3 Js 12550/03; AG Bitburg: AZ 5 C 327/04; LG Trier: AZ 1 S 183/04). Diese berufen sich meist auf das Tierschutzgesetz § 1 und § 17. Letzterer besagt folgendes: „Mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe wird bestraft, wer 1. ein Wirbeltier ohne vernünftigen Grund tötet oder 2. einem Wirbeltier a) aus Rohheit erhebliche Schmerzen oder Leiden oder b) länger anhaltende oder sich wiederholende erhebliche Schmerzen oder Leiden zufügt“ (Stand Sept. 2019). Der Tathergang gestaltete sich bei den Gerichtsurteilen meist ähnlich. So hatte der angeklagte Landwirt den zuständigen Jagdpächter vor der Mahd nicht informiert oder ihm weniger als 24 Stunden Zeit gegeben die zu mähenden Flächen nach Wild, vor allem Rehkitze, abzusuchen (LIEHNER, 2018; BJV, 2015; PÜCKLER, 2005).

Weiterhin stellen die Urteile klar, dass der Landwirt bzw. Bewirtschafter der Flächen für die Durchführung von Maßnahmen zur Wildtierrettung zuständig ist. Der Jagdpächter bzw. Jagd ausübungs berechtigte trägt nicht die Verantwortung für die Wildtierrettung sondern kann unterstützend tätig werden.

Wird ein Wildtier bei der Grünlandmahd durch das Mähwerk verletzt oder getötet muss laut aktueller Rechtsprechung ein sofortiger Stopp der Mäharbeiten erfolgen. Vor der

Wideraufnahme muss eine weitere Maßnahme der Wildtierrettung ergriffen werden. Wird diese Maßnahmenkaskade nicht beachtet und vermählt der Fahrer erneut ein Tier handelt er mit Vorsatz, was in der Regel zu höheren Strafen führt.

2.3 Maßnahmen zur Wildtierrettung

Im Folgenden werden die derzeit verfügbaren Maßnahmen zur Wildtierrettung kurz beschrieben. Einen Überblick zur Systematik der Wildtierrettung gibt Abbildung 1. Detaillierter werden im Anschluss die im Projekt eingesetzten Maßnahmen dargestellt (vgl. Kapitel 2.3 bis 2.4.3).

Zum Ablenken der Wildtiere gibt es bisher nur wenige gesicherte Erfahrungen. Das Auszäunen von Rehen wird z. B. im Hopfenanbau und bei Forstkulturen durchgeführt, um einen Verbiss der jungen Triebe bzw. Jungpflanzen zu vermeiden. Denkbar wäre es daher, auch die zu mähenden Flächen durch Zäune von Rehen frei zu halten. Bisher wurde diese Maßnahme jedoch nicht zur Vermeidung von Mähtod angewendet. Das Anlegen von Wildäckern und Wildwiesen wird derzeit vor allem zum Zweck des Nahrungs- und Deckungsangebots für Wildtiere durchgeführt. Inwiefern diese jedoch auch als Setzhabitat bzw. als Abliegeorte von Seiten der Rehkitze (bevorzugt) genutzt werden wurde bisher noch nicht untersucht. Gleiches gilt für die in den letzten Jahren vermehrt zu findenden Dauerkulturen wie z. B. dem Riesen-Chinaschilf (*Miscanthus × giganteus*) oder der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*). Das Mähen von kurzen Beständen führt laut Praxisberichten zu weniger vermählten Wildtieren. Als Ursache wird angeführt, dass diese kurzen Bestände nicht attraktiv für die Rehkitze sind. Dies wird auch bei CHRISTEN ET AL. (2018) bestätigt. So wurden nur 26 % der Rehkitze in Vegetation die kleiner als 20 cm war gefunden, wohingegen die Mehrheit (54 %) in Vegetation mit einer Höhe von 20 – 50 cm und nur 20 % in Vegetation mit einer Höhe von mehr als 50 cm gefunden wurde.

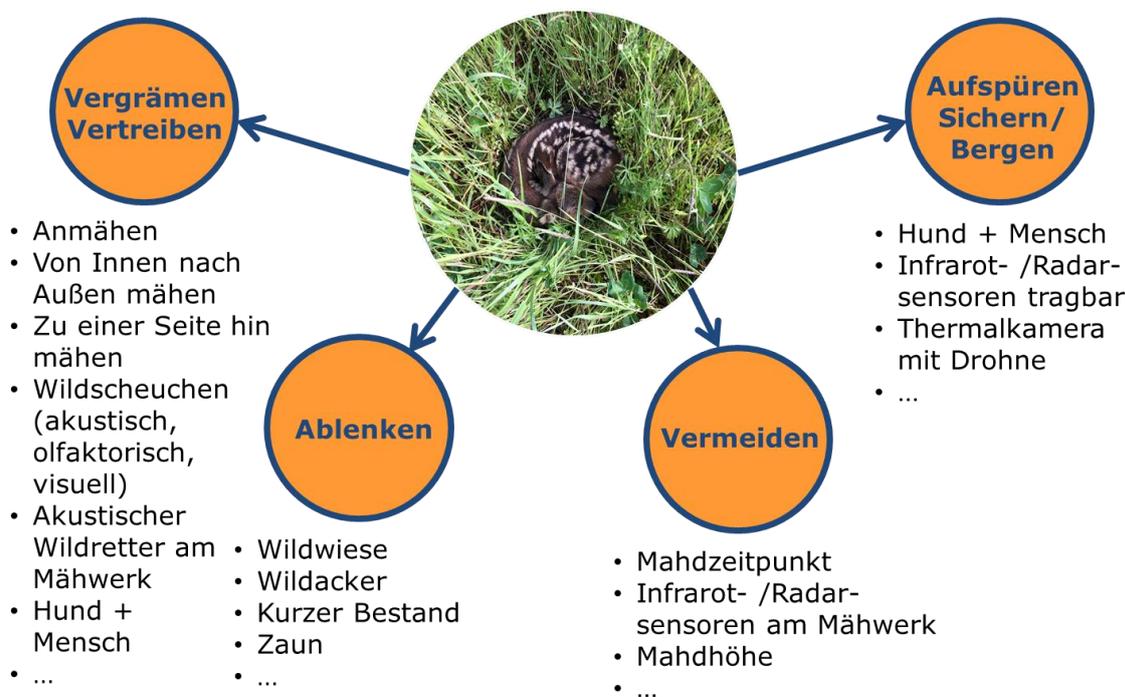


Abbildung 1: Systematik der Wildtierrettung (Bildquelle: J. Vogl, 2019)

Eine weitere Möglichkeit Wildtiere vor dem Mähtod zu bewahren ist das Vermeiden des Konflikts. So kann z. B. durch geschickt gewählte Mahdzeitpunkte mit z. B. dem 1. Schnitt bereits Ende April bei kurzem Bestand und dem 2. Schnitt erst ab Mitte Juni das Vermähen von Rehkitzen vermieden werden. Ein 2. Schnitt im Abstand von 8 Wochen zum 1. Schnitt würde es weiterhin Bodenbrütern ermöglichen, ein beim 1. Schnitt zerstörtes Gelege erneut anzulegen und erfolgreich auszubrüten, so dass die Jungvögel bereits flügge sind und vor dem Mähwerk flüchten können. Gleiches würde ein sehr später 1. Schnitt ab Mitte Juni bewirken. Kleinere Tiere wie z. B. Amphibien werden bei einer größeren Schnitthöhe (ab rund 10 cm und höher) geschont. Ebenso könnten Wildtiere mittels Sensoren am Mähwerk detektiert und umfahren werden, so dass der Bereich in dem sie sich befinden nicht gemäht wird. Das jüngst auf der Agritechnika 2017 prämierte System Sensosafe Tiererkennung der Firma PÖTTINGER (2017) hat es bisher jedoch nicht bis zur Marktreife geschafft und wird aktuell auch nicht weiterentwickelt.

Die Maßnahmen zum Vertreiben werden sehr häufig von Landwirten eingesetzt um Wildtiere zu schonen. Durch das gesetzliche Verbot des Mähens von außen nach innen auf Flächen >1 ha seit dem Volksbegehren „Rettet die Bienen“ ist in Bayern das Mähen von innen nach außen bzw. von einer Seite zur anderen mit dem Zweck die Wildtiere aus dem Bestand in die umliegende Vegetation zu treiben eine Standardmaßnahme. Die Fahrmuster sollten also so gewählt werden, dass die Tiere zu einer Seite herausgetrieben werden bzw. der ungemähte Bestand in Verbindung mit den Feldrändern bleibt (PROCHNOW und MEIERHÖFER, 2003). Eine weitere Maßnahme zum Vertreiben der Wildtiere ist der Einsatz eines akustischen Wildretters am Mähwerk. Der schrille Ton des akustischen Wildretters soll dabei die Wildtiere aufschrecken und zur Flucht vor dem Mähwerk treiben. Bei beiden Maßnahmen sollte der Landwirt seine Fahrgeschwindigkeit an die Fluchtgeschwindigkeit der potentiell vorhandenen Wildtiere anpassen.

Daneben können Landwirte verschiedene Vergrämgungsmaßnahmen einen Tag (bis maximal zwei Tage) vor dem Mähen einsetzen um insbesondere Rehkitze aus den Flächen zu vertreiben. Dazu gehört das Anmähen der Fläche. Dabei mäht der Landwirt z. B. die beiden kurzen Vorbeete der Fläche und einen Streifen durch die Mitte der Fläche um somit den Schlag „zu stören“. Aufgrund der Störung soll die Geiß veranlasst werden, das Rehkitz aus dem Schlag zu holen und andernorts abzulegen bzw. erst gar nicht den zu mähenden Schlag als Setzort zu nutzen. Weiterhin wird damit auch darauf abgezielt, dass bereits mobile Kitze den Schlag ebenfalls verlassen.

Eine weitere Form der Störung ist das Aufstellen von Scheuchen. Dabei gibt es verschiedene selbstgebaute oder im Handel erhältliche Modelle, die mittels akustischer, visueller oder olfaktorischer Signale bzw. durch eine Kombination dieser Effekte die Vergrämung der Kitze und Geißen hervorrufen sollen. Als wirkungsvolle Methode hat sich auf Aufhängen von Plastiksäcken an Stäben in der zu mähenden Fläche erwiesen (JARNEMO, 2002). Dabei wurden in einem Experiment 21 von 22 Rehkitzen nach zwei Tagen von den Geißen aus dem zu mähenden Bestand geholt. Eine Möglichkeit diese Scheuche, die auf akustische (bei Wind) und optische Vergrämung abzielt, zu realisieren ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das Begehen der Fläche mit einem Hund soll ebenfalls durch zurückbleibende Hundehaare eine Vergrämung über den Geruch auslösen. Wie bereits erwähnt (vgl. Kapitel 2.1), wird es dem Hund dabei jedoch nicht gelingen, die geruchlosen Rehkitze zu finden. Praxiserfahrungen zur Folge sollen alle Vergrämungsmaßnahmen maximal ein bis zwei Tage vor der Mahd durchgeführt werden, da sonst ein Gewöhnungseffekt auftreten kann.

Als weiterer Maßnahmenblock steht das Aufspüren, Sichern und Bergen der Wildtiere zur Verfügung. Dabei können die Landwirte mit einem Hund durch den Bestand gehen, wobei der Hund je nach Bestand einen Teil der Wildtiere (keine jungen Rehkitz) wittern kann. Zielführender ist es jedoch, mit vielen Menschen den Bestand abzusuchen. Dabei gehen die beteiligten Personen je nach Bestandshöhe im Abstand von 3-5 m durch den Bestand und suchen nach Wildtieren. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, den Schlag bereits Tage/Wochen vor der Mahd intensiv zu beobachten und dadurch die Setzplätze bzw. Liegeplätze der Rehkitz ausfindig zu machen.



Abbildung 2: Selbstgebaute Scheuchen mit Müllsack: Nahaufnahme (rechts) und Einsatz auf einem Grünlandschlag (links) (Bildquellen: M. Weig, 2019)

Als technische Maßnahmen steht schon seit längerem der tragbare Wildretter, der mittels Infrarotsensoren Rehkitz in den Morgenstunden aufspüren kann, zur Verfügung. Seit kurzem werden auch vermehrt Drohnen mit Wärmebildkameras für das Aufspüren von Wildtieren eingesetzt. Diese technischen Maßnahmen (näher beschrieben in den folgenden Kapiteln 2.4 ff.) finden die Wildtiere aufgrund des Temperaturunterschieds zur Umgebung. Daher sind sie oft nur in den frühen Morgenstunden anwendbar. Neben den genannten Sensoren wurden auch z. B. Radarsensoren getestet um das Rehkitz aufgrund des höheren Wassergehalts im Vergleich zur Umgebung aufzuspüren (FACKELMEIER und BIEBL, 2009). Bisher gibt es jedoch kein Gerät das Radarsensoren verwendet.

2.4 Drohnen mit Wärmebildkamera zur Wildtierrettung

Bis vor kurzer Zeit war der Einsatz von Drohnen zur Wildtierrettung noch eine fiktive Idee. PRZYBILLA und WESTER-EBBINGHAUS (1979) führten erstmals einen Bildflug mit einer Kamera an einem ferngelenkten Kleinflugzeug durch. Die Technik hat sich seitdem entscheidend weiterentwickelt und in den letzten Jahren durchgesetzt. Inzwischen werden die unterschiedlichsten Drohnenmodelle angeboten. Teilweise sind diese sogar ausdrücklich als „zur Wildtierrettung geeignet“ ausgeschrieben. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl möglicher Modelle mit Wärmebildkamera.

Alle diese Modelle sind Multikopter, deren grundlegende Funktionsweise gleich ist. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der einzelnen Propeller wird beim Start gleichzeitig im selben Maß erhöht. Dadurch wird der Schub der Propeller erhöht während die Drehmomente der Propeller sich weiterhin gegenseitig aufheben. Sobald der Schub größer ist als das Gewicht der Drohne hebt diese dadurch ab. Durch eine Reduzierung der Umdrehungsge-

schwindigkeit der Propeller sinkt die Drohne wieder. (QUAN QUAN, 2017). Durch Variieren der Umdrehungsgeschwindigkeit einzelner Propeller bzw. Propellerpaare kann die Drohne schließlich manövriert werden (links-rechts) bzw. sich um die eigene Achse drehen. In diesem Kapitel wird auf die für die Wildtierrettung wichtigen Aspekte eingegangen. Für einen tieferen Einblick in die technisch komplexe Materie der Multikopter wird auf weiterführende Literatur verwiesen (z. B. QUAN QUAN, 2017)

Tabelle 1: Auswahl verschiedener Drohnenmodelle kombiniert mit verschiedenen Wärmebildkameras zur Wildtierrettung (grün schattiert: Kombinationen wurden im Projekt verwendet)

Drohnenhersteller	DJI	DJI	Yuneec	Yuneec
Modell	Mavic 2 Enterprise Dual	Matrice 200	Typhoon H	H520
Kamerahersteller	Flir	Flir	Yuneec	Yuneec
Modell	Lepton Thermo-Kamera	Zenmuse XT2	CGO ET	CGO ET
Paketpreis	4.100 €	24.000 €	2.900-3.650 €	4.250 €

Multikopter werden in der Regel Software gesteuert, wobei die genaue Flugroute vorab einprogrammiert wird. Somit muss die Drohne nur in Ausnahmesituationen manuell vom Piloten gesteuert werden. Regulär wird der eingespeicherte Auftrag automatisch entlang der eingegebenen Wegpunkte abgeflogen. Die Software für die Auftragsplanung verfügt über ein geometrisches Raster, um bestimmte Bereiche mithilfe der angebauten Kamera abzuscannen. Die Programme sind für die kompatiblen Kameras vorprogrammiert, so kann die Überlappung der Bilder einfach in Prozent eingestellt werden. Die abzuscannende Fläche wird mit einem virtuellen Polygon überspannt. Anhand des Polygons bestimmt die Software automatisch die Flugroute, die anschließend manuell noch verschoben werden kann (z. B. um den Startpunkt günstig zu legen). Zusätzlich kann die Höhe der Wegpunkte separat eingestellt werden (ISRAEL ET AL., 2015). ISRAEL ET AL. (2015) beschreibt auch das Problem der fehlenden Bildüberlappung am Hang. Seine Schemazeichnung (Abbildung 3) erklärt dieses Phänomen verständlich.

Bei neueren Versionen der Software ist dieses Problem bereits weitestgehend behoben. Dafür kann eine Höhenlinienkarte verwendet werden. Diese beinhaltet die Topographie des Geländes und die Flughöhe ist nicht mehr starr, sondern wird automatisch an die Oberfläche angepasst. In vielen Programmen kann auch vorab schon eine Karte als Satellitenbild heruntergeladen werden. Damit wird das Problem einer langsamen Internetverbindung vor Ort umgangen. Sehr effektiv kann das Problem auch dadurch vermieden werden, indem am höchsten Punkt im Gelände der Startpunkt für die Drohne festgelegt wird.

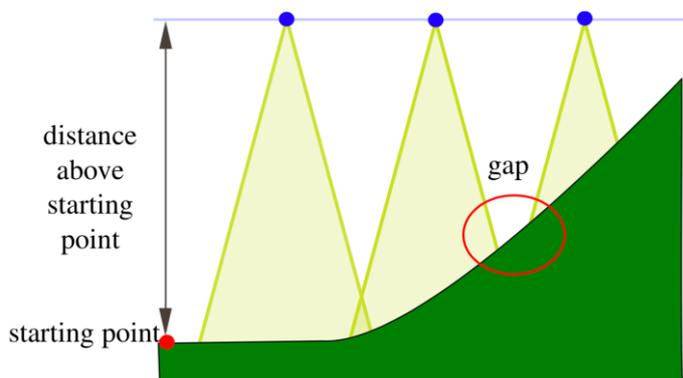


Abbildung 3: Schematische Darstellung der fehlenden Bildüberlappung am Hang (Quelle: ISRAEL ET AL., 2015)

2.4.1 Rechtliches zum Flug mit einer Drohne

Unter einer ‚Drohne‘ versteht man ein unbemanntes Fluggerät (unmanned aerial vehicle, UAV). Das Luftrecht unterscheidet zwischen unbemannten Luftfahrtsystemen und Flugmodellen. Gemäß § 1 Luftverkehrsgesetz handelt es sich bei unbemannten Luftfahrtsystemen um ausschließlich gewerblich genutzte Geräte. Flugmodelle sind hingegen privat, also zum Zwecke des Sports oder der Freizeitgestaltung genutzte Geräte.“ (BMVI, Stand 2019) Die Unterscheidung in gewerbliche und private Nutzung spielt eine entscheidende Rolle in der Wildtierrettung. Da hierbei meist ein Auftrag eines Landwirts oder Jägers ausgeführt wird, handelt es sich um eine gewerbliche Nutzung. Dies ist unabhängig von einem Geldfluss oder einer ehrenamtlichen Tätigkeit.

Weiterhin hat die Unterscheidung zwischen privater und gewerblicher Nutzung Auswirkungen auf die Versicherung der Drohne. In Deutschland unterliegen unbemannte Luftfahrtsysteme und Flugmodelle, wie alle Luftfahrzeuge, den Regelungen über die Haftpflicht für Drittschäden nach den § 33 ff. LuftVG. Da es sich jeweils um den Betrieb eines Luftfahrzeugs handelt, sind Unfälle, die von Drohnen verursacht werden, in der Regel nicht über die Privathaftpflichtversicherung abgedeckt. Vielmehr ist eine sogenannte Halterhaftpflichtversicherung erforderlich (BMVI, Stand 2019). Diese Versicherungen unterscheiden ihre Absicherung genau nach der Verwendung des Multikopters. Zusätzlich ist es möglich eine Vollkaskoversicherung für die Drohne abzuschließen. Die Vor- und Nachteile und vor allem Kosten müssen je nach Verwendung im speziellen Fall abgewogen werden.

Neben der Unterscheidung in der Verwendung der Drohne, ist ihre Einstufung in die jeweilige Gewichtsklasse rechtlich bedeutend. Tabelle 2 zeigt die rechtlich relevanten Gewichtsklassen und die sich daraus ergebenden Vorschriften. Entscheidend ist immer das Gesamtgewicht zum Zeitpunkt des Abhebens (Startgewicht). Generell ist der Flug mit einer Drohne nur in Sichtweite erlaubt! Das heißt es besteht ein Nachtflugverbot. Ohne Ausnahmegenehmigung darf erst ab der/ bis zur bürgerlichen Dämmerung (Sonne steht 6° unter dem Horizont) geflogen werden. Weiterhin darf auch nicht bei Nebel (fehlende Sicht) geflogen werden.

Die nationalen Regelungen in Europa, die heute den zivilen Einsatz von Drohnen mit einem Gewicht von weniger als 150 kg regeln, sollen bis 2020 schrittweise durch neue eu-

ropäische Rechtsvorschriften der European Aviation Safety Agency (EASA) ersetzt werden (Bundesverband Copter Piloten, 2019).

Tabelle 2: Rechtlich relevante Gewichtsklassen für Drohnen (nach BMVI, 2018)

Startgewicht	Rechtliche Auswirkungen
< 0,25 kg	Keine Einschränkungen
> 0,25 kg	Kennzeichnungspflicht (feuerfeste Plakette mit Inhaber und Adresse)
> 2,00 kg	Kenntnisnachweis erforderlich (Drohnenführerschein)
> 5,00 kg	Start nur mit spezieller Erlaubnis der Luftfahrtbehörde erlaubt

Im Bereich eines Modellflugplatzes ist der Betrieb von unbemannten Leichtflugzeugen nahezu uneingeschränkt möglich. Die Einsätze in der Wildtierrettung finden allerdings außerhalb dieser Bereiche statt. Aus diesem Grund muss der Pilot, unabhängig vom Gewicht der Drohne, die Flugverbotszonen kennen und sich gegebenenfalls vorab um eine Ausnahmegenehmigung kümmern. Im Flyer „Die neue Drohnenverordnung“ (2018) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) werden diese Zonen verständlich dargestellt. Sehr wichtig für die Wildtierrettung sind zum Beispiel Abstände zu Flughäfen und zu Anlagen zur Energieerzeugung, wie Biogasanlagen. Auch zu Straßen und Hochspannungsleitungen muss ein Sicherheitsabstand eingehalten werden. Zusätzlich können die zu befliegenden Flächen Teil eines Naturschutzgebietes sein, in dem der Einsatz von Drohnen zunächst grundsätzlich verboten ist (BMVI, 2019). Das heißt für die Befliegung eines Naturschutzgebiets ist ebenfalls eine Ausnahmegenehmigung einzuholen.

Für einige dieser Verbote kann regional durch den Erwerb einer „Allgemeinverfügung“ eine Ausnahmegenehmigung erwirkt werden. Diese wird zum Beispiel in Südbayern von der Regierung von Oberbayern erteilt: „Allgemeinverfügung der Regierung von Oberbayern – Luftamt Südbayern – zur Erteilung der Erlaubnis zum Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen und Flugmodellen gemäß § 21a Abs. 1 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) und zur allgemeinen Zulassung von Ausnahmen von Verboten nach § 21b LuftVO in den Regierungsbezirken Oberbayern, Niederbayern und Schwaben des Freistaates Bayern (2017)“. Darin enthalten ist zum Beispiel die Erlaubnis einen geringeren Abstand zu Straßen und Bahnstrecken einhalten zu müssen. Die Zuteilung dieser Erlaubnis kostet 50 € und ist auf zwei Jahre befristet.

2.4.2 Wärmebildkameras

Wärmebildgeräte gibt es schon seit der Zeit des zweiten Weltkriegs. In den ersten vierzig Jahren ihrer Geschichte waren Wärmebildgeräte eine rein militärisch genutzte Technologie. Die Geräte der ersten und zweiten Generation waren durch die Notwendigkeit von Scanner und Kühler kompliziert und dadurch sehr teuer (NOLTING, 2005). Heutige Wärmebildkameras benötigen dagegen keine aktive Kühlung mehr und sind in der Bauform auch sehr kompakt, so dass sie mit Hilfe eines Gimbal an einer Drohne geführt werden können.

Je nach Auflösung und Brennweite der Wärmebildkamera können unterschiedlich große Bereiche bei einem Überflug angezeigt bzw. aufgenommen werden. Die Flughöhe der Drohne richtet sich daher nach der Qualität der verwendeten Kamera. Gleichzeitig bestimmt die maximal realisierbare Flughöhe die Flächenleistung, da je nach Flughöhe mehr

oder weniger Flugbahnen für die gleiche Fläche erforderlich sind. Bei Dunst oder leichtem Nebel wird unter Umständen das Bild derart beeinflusst bzw. unscharf, dass ein tieferer Flug notwendig ist oder der Flug abgebrochen werden muss. Je nach Qualität der Kamera gibt es auch einen Mindesttemperaturunterschied, der für eine Differenzierung zwischen verschiedenen Objekten notwendig ist. So gehen professionelle Drohnenpiloten davon aus, dass mindestens 10 K Temperaturunterschied erforderlich ist um Dinge voneinander zu unterscheiden. So konnte ISRAEL (2016, Seite 94) einen klaren Zusammenhang zwischen der Sonneneinstrahlung und der Anzahl Fehldetektionen herstellen. Zwischen 10 und 16 Uhr stieg die Sonneneinstrahlung stark an und gleichzeitig auch die Anzahl der Fehlalarme.

2.4.3 Erfolgskennzahlen zur Wildtierrettung mit Drohne und Wärmebildkamera

Bisher wurden nur wenige Erfolgskennzahlen zur Wildtierrettung mithilfe einer Drohne mit Wärmebildkamera veröffentlicht. Die ersten Erfolgskennzahlen wurden von ISRAEL (2011) veröffentlicht. Dabei wurden im Juni 2011 auf gut 70 ha bei unterschiedlichen Flughöhen 14 Rehkitze, 3 Geißen, 5 Hasen, 1 Fuchs und einige weitere kleinere Tiere gefunden. Bei einer Flughöhe von 50 m wurden im Vergleich zu einer Flughöhe von 30 m Tiere übersehen. Allerdings wurde nach dem Flug der Bestand nicht gemäht, womit keine echte Erfolgskennzahl genannt werden konnte. Der Zeitaufwand für den Flug lag im Mittel bei 3:47 Minuten (50 m Flughöhe) bzw. bei 8:48 Minuten (30 m Flughöhe) bei einer eingestellten Bildüberlappung von 30 %. Weitere Versuche von ISRAEL (2016, Seite 79) ergaben eine Erfolgsrate von 90,9 % (im Jahr 2014) bzw. 92,3 % (im Jahr 2015; vgl. Tabelle 3). Dabei konnte eine Flächenleistung von bis zu 22 ha bei einer Flughöhe von 80 m erreicht werden. Gleichzeitig wurde für das Jahr 2015 die Anzahl an Fehldetektionen erfasst. Diese lag mit 91 Fehldetektionen auf 39 gefundene und 3 übersehende Rehkitze bei einer Rate von nur 23 % (ISRAEL, 2016, Seite 126).

Tabelle 3: Statistik über die Rehkitzfunde und die Flächenleistung des Prozessschrittes Flug (ISRAEL, 2016, Seite 79)

Jahr	Flughöhe	gefundene Kitze	vermähte Kitze	Fläche	Flugzeit	Flächenleistung pro Stunde
2012	50 m	7	?	25 ha	5,5 h	4,5 ha/h
2013	50/80 m	21	?	21 ha	8,5 h	10 ha/h
2014	80 m	30	3	230 ha	10,5 h	22 ha/h
2015	80 m	39	3	171 ha	8,5 h	20 ha/h

CUKOR ET AL. (2019b) berichteten von einer 100 % Erfolgsrate, also alle vorhandenen Rehkitze und Geißen wurden mit der eingesetzten Drohne (Hersteller: Zodiac, Typ: GD HX-1100F) mit Wärmebildkamera (Hersteller: Workswell Typ: WIRIS 2nd generation) gefunden bzw. verscheucht. Dabei wurden auf 130 ha beflogene Fläche in den Jahren 2016 bis 2018 bei insgesamt 13 Einsätzen 24 Rehkitze gefunden. Jeweils im Anschluss an den Flug wurde gemäht, so dass hier eine echte Erfolgskontrolle vorliegt. Dabei lag die Flugdauer bei einer durchschnittlichen Flughöhe von rund 35 m bei 1,76 min/ha, womit mit einem Akku (Flugzeit rund 25 min) in etwa 13,9 ha abgeflogen werden können.

3 Zielsetzung

In Bezug auf die Drucksache 17/21561 (Dringlichkeitsantrag der CSU-Landtagsfraktion zum Thema „Mährod bei Wildtieren nachhaltig reduzieren“) war das Ziel des Forschungsprojekts, den aktuellen Stand des Wissens und die Erfahrungen aus der Praxis anhand eines Workshops mit allen Stakeholdern (z. B. BBV, MR, BJV, usw.) zusammenzutragen und anschließend für die Landwirte aufzubereiten. Weiterhin sollten eigene Erfahrungen zum Einsatz von Drohnen zum Zweck der Wildtierrettung gesammelt werden. Dazu sollte eine Drohne in der Version „pro“ der Firma geo-konzept und eine günstigere Drohne, die üblicherweise von Wildtierrettern eingesetzt wird, angeschafft und im Rahmen zweier Masterarbeiten in der Setzsaison 2019 getestet werden um Aussagen zu den Erfolgsraten in Kombination mit dem Aufwand beim Einsatz zu erhalten. Im Rahmen einer Bachelorarbeit sollten weiterhin Untersuchungen mit einem tragbaren Wildretter, der entweder wie ursprünglich vorgesehen durch die Fläche getragen wird oder mithilfe eines Quads über die Fläche gefahren wird, durchgeführt werden. Zusätzlich sollten am Markt erhältliche Scheuchen getestet werden. Basierend auf diesen Ergebnissen sollen Handlungsempfehlungen erarbeitet und ggf. weiterer Forschungsbedarf identifiziert werden.

Dazu war das Forschungsprojekt in drei Arbeitspakete und den Wissenstransfer gegliedert. Ziel des Arbeitspakets Stakeholder Workshop war es, mit allen Stakeholdern die wichtigsten Pro's und Contra's zur Wildtierrettung zu erarbeiten und in aufbereiteter Form bis zum Frühjahr 2019 den Teilnehmern und den Landwirten zur Verfügung zu stellen. Das zweite Arbeitspaket beschäftigte sich mit Handlungsempfehlungen für alle Beteiligten und sollte ggf. weitere notwendige Forschungstätigkeiten identifizieren. Dabei sollen möglichst viele der im Workshop identifizierten Barrieren aufgelöst werden und aufgrund des zeitlich und finanziell begrenzten Umfangs dieses Forschungsprojekts in folgenden Arbeiten z. B. gezielt Techniken oder Verfahren weiterentwickelt werden. Das dritte Arbeitspaket „Erste Techniktests“ hatte zum Ziel eigene Erfahrungen zum Einsatz der neu am Markt verfügbaren Drohnen/Kamerasysteme und der bereits länger verfügbaren Systeme (tragbarer Wildretter, Scheuchen) zu erarbeiten. Da mit insgesamt drei Wildtierrettungsteams in der Setzsaison 2019 gearbeitet werden sollte, sollte insgesamt mehr Fläche abgesucht werden und die Flächen sollten in ganz Bayern liegen. Zusätzlich wurde angestrebt, bekannte Vereine und Privatpersonen, die eine Wildtierrettung für Landwirte anbieten, in das Projekt miteinzubeziehen. Ziel war es, dass diese ebenfalls beim Einsatz ihrer Drohne etc. Daten zu den gefundenen, geretteten bzw. vermähnten Rehkitzen sammeln.

Ziel war es ebenso, die im Workshop erarbeiteten Erkenntnisse und die gewonnenen Erfahrungen beim Einsatz der Drohne für den Wissenstransfer aufzubereiten und über das Internet, auf Fachveranstaltungen sowie mittels Beiträgen in einschlägigen Fachzeitschriften einem breiten Anwenderkreis und der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

4 Material und Methoden

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden verschiedene technische Geräte verwendet, die im Folgenden erläutert werden sollen. Trotz zahlreicher, unterschiedlicher Einsatzorte wurde stets darauf geachtet denselben Versuchsaufbau und -ablauf zu verfolgen. Somit sind die erhobenen Daten vergleichbar.

4.1 Einsatzgebiete, -flächen und -tage sowie -planung und Equipment für die Datenerhebung

Die Versuchsflächen waren über ganz Bayern verteilt, um die regionalen Unterschiede bei den Mähterminen zu nutzen um möglichst viele Einsätze realisieren zu können. Laut THAYSEN ET AL. (2014, Seite 215 ff.) gibt es im Klimagebiet 4-8 (diese Klimagebiete liegen in Bayern, Voralpenland = 4 bis Maintal = 8) im Zeitraum Mai bis Juni im Minimum 18 und im Maximum 27 Grobfuttererntetage. Somit können pro Saison in ganz Bayern maximal 27 Grobfuttererntetage für die Wildtierrettungsversuche genutzt werden. Weiterhin wurden verschiedene Landwirtschaftsbetriebe gesucht, da diese auf Grund ihrer verschiedenen Bewirtschaftungsformen (intensives/extensives Grünland, Feldfutterbau, konventionell/ökologisch wirtschaftend usw.) beim Zeitpunkt der Mahd variierten. Die Betriebe wurden über persönliche Kontakte der beteiligten Personen bzw. aufgrund eigener Anfragen der Betriebe z. B. über die Projektinternetseite gesucht und gefunden. Da es zwangsläufig zu Mahdterminkollisionen kommen musste, das heißt, dass ausgewählte Betriebe am selben Tag ernten, waren weit mehr Betriebe vorzuhalten als dann letztendlich zum Zweck der Wildtierrettung besucht werden konnten. Durch dieses Vorgehen war es möglich innerhalb des Versuchszeitraums möglichst viele Flächen zu befliegen. Es wurde auch mit den Jägern vor Ort Rücksprache gehalten, um möglichst die Flächen zu lokalisieren, die jährlich von Wildtieren zur Aufzucht der Jungtiere genutzt werden.

Insgesamt wurden an 20 Einsatztagen vom 01.05.2019 bis 17.06.2019 Einsätze auf 68 Flächen durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 256,2 ha abgesucht, die im Anschluss gemäht wurden. Zusätzlich wurden auf 39,5 ha Tests mit Scheuchen durchgeführt, wobei jeweils vor dem Aufstellen der Scheuchen ein Drohnenflug zur Detektion der Wildtiere durchgeführt wurde und vor dem Mähen. Die Lage der Betriebe bzw. Einsatzflächen in Bayern ist in Abbildung 4 zu sehen. Zusätzlich wurde am 23. und 24.05.2019 eine Fläche bei Schneitzlreuth befliegen, um die Techniken zur Wildtierrettung im Rahmen eines Presetermins mit Frau StMin Kaniber zu präsentieren.

Vorab wurde von den Eigentümern die schriftliche Erlaubnis zum Aufstieg mit einem UAV und zum Betreten der Fläche eingeholt. Im Zuge der Einsatzvorbereitung wurde für jeden Flugtag überprüft, ob im zu befliegenden Gebiet eine Einschränkung zum Betrieb eines UAV vorlag. Weiterhin wurden Einverständniserklärungen für weitere anwesende Personen (z. B. Jagdpächter) und ggf. zufällig vorbeikommende Personen (z. B. Freizeitsport betreibende Personen) bereitgehalten, damit diese über die Videoaufnahmen informiert wurden und ggf. ihr Einverständnis geben konnten.

Für jeden Einsatz waren mehrere Personen notwendig. Bei der DJI-Drohne waren ein Drohnenführerscheininhaber und eine Hilfskraft erforderlich. Für die Yuneec-Drohne war ein Pilot, der aber kein Drohnenführerscheininhaber sein musste und meist eine zusätzliche Hilfsperson vorgesehen. Der tragbare Wildretter konnte von einer Person bedient werden, wobei für den Einsatz des Quads ein gültiger Führerschein erforderlich war. Weiterhin wurde eine Hundeführer mit Hund (in der Regel der zuständige Revierjäger) und

der Fahrer des Traktor mit Mähwerk für die Versuchsdurchführung benötigt. Neben den notwendigen Personen wurde folgendes Material für die Versuchsdurchführung eingesetzt:

- Wildtierrettungsdrohne mit Wärmebildkamera (und Software, nur Version pro)
- Transportkisten „Bäckerkisten“ mit Deckel und Wäschekörbe
- PKW (mind. zwei)
- Smartphones (alle Hilfskräfte)
- GPS-Tracker (alle Hilfskräfte + Drohnenpilot + Schlepper)
- GoPro Kameras (alle Hilfskräfte+ Schlepper + Drohnenpilot)
- Einweghandschuhe
- Klemmbretter
- Dokumentationsunterlagen
- Erlaubnis zum Aufstieg
- Akustischer Wildretter
- Stirnlampen (drei Stück)

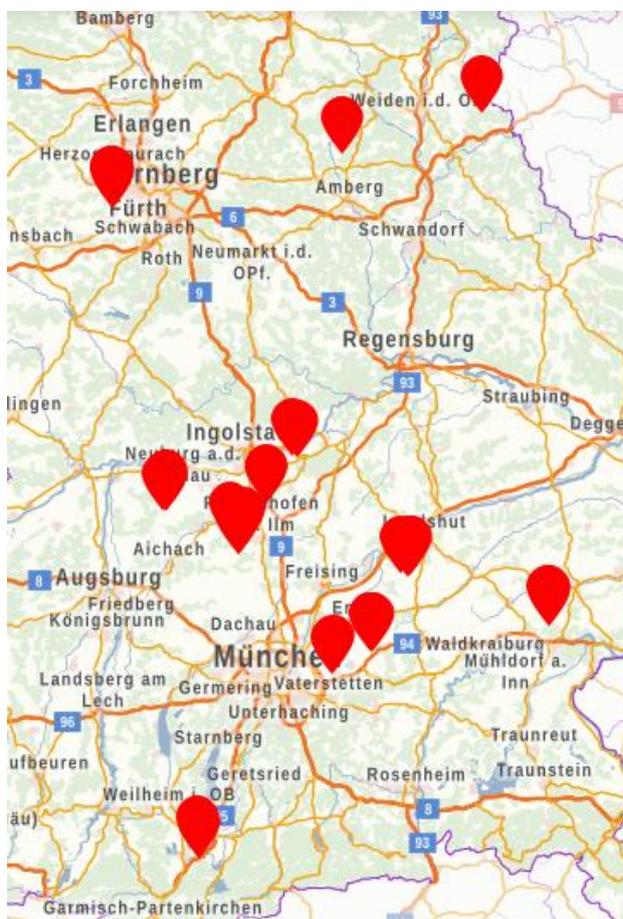


Abbildung 4: Übersicht zu den Einsatzorten während der Setzsaison 2019 (Quelle Karte: geoportal.bayern.de)

Die folgende Tabelle 4 beschreibt beispielhaft den Ablauf der Datenerhebung an einem Versuchstag mit der DJI-Drohne. Vorausgesetzt wurden hierbei drei Versuchsflächen mit 2 bis 5 ha, die jeweils ca. 10 min Fahrzeit voneinander entfernt liegen. Es wird dabei von einem zusätzlichen Helfer ausgegangen. Die Planungen für die Versuchstage, mussten für jeden Tag nochmals individuell durchgeführt werden und hingen von den Flächengrößen

und deren Entfernungen zueinander ab. Beim Einsatz der Yuneec Drohne entfällt die Suche anhand von GPS-Koordinaten, da diese über einem potentiellen Wildtier stehen bleibt und ein Helfer (oder der Drohnenpilot selbst) dann die Stelle aufsucht und ggf. das Wildtier sichert. Beim Einsatz des tragbaren Wildretters zu Fuß oder mit Quad wird ein gefundenes Wildtier vom Träger/Fahrer gesichert.

Tabelle 4: Ablaufschema für den Einsatz der Wildtierrettungsdrohne Version „pro“

Zeitpunkt	Tätigkeiten
Mind. 2 Tage vor der Mahd	<ul style="list-style-type: none"> • Mitteilung der Mähtermine durch die Landwirte • Entscheidung/Planung über die Untersuchungsflächen • Evtl. Aufstellen von Scheuchen und erste Befliegung (nach Maßnahmen zu Befliegung), ohne Rettungsmaßnahmen
1 Tag vor der Mahd	<ul style="list-style-type: none"> • Abarbeitung der Checkliste • Verladung des Materials (außer Akkus) • Erstellen der Flugpläne für die Flächen
Am Tag der Mahd	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 3:30 Uhr: Verladen der Akkus und Abfahrt • ca. 4:30 Uhr: Ankunft am Einsatzort: <ul style="list-style-type: none"> - Einweisung der Hilfskraft - Dokumentation der Bedingungen (Bestandhöhe, Temperatur und Bewölkung) und Vegetationsaufnahme • ca. 5:00 Uhr; Beginn mit erstem Flugeinsatzes: <ul style="list-style-type: none"> - Einschätzung möglicher Flugrisiken - Eintrag ins Flugbuch - Funktionstest des UAV - eventuell anpassen des Flugplans für die Fläche - automatische Befliegung der Fläche (Pilot trägt Aktionkamera) • ca. 5:30 Uhr: Detektion der Kitze: <ul style="list-style-type: none"> - erste Auswertung der Flugbilder durch die Software Co-GIS mit Kitz-Modul - Ermittlung der Koordinaten möglicher Wildtiere - Weitergabe der Koordinaten an die Hilfskräfte • ca. 6:00 Uhr: Rettungsmaßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Überprüfung der detektierten Stellen durch den Helfer mittels Mobiltelefon mit GPS (Helfer tragen GPS-Datenlogger sowie Aktionkamera) - bei Rehkitz ohne Fluchtverhalten: Sicherung und späterer oder sofortiger Abtransport mittels Transportkiste, an den Waldrand, Dokumentation - bei Rehkitz mit Fluchtverhalten: Verscheuchen von der Fläche, Dokumentation - bei andern Wildtieren. Verscheuchen oder Sichern (falls möglich) und aus der Fläche bringen, Dokumentation - bei Vogelgelege: Markierung durch Stab, Dokumentation - bei Fehldetektion: Dokumentation

Fortsetzung Tabelle 4: Ablaufschema für den Einsatz der Wildtierrettungsdrohne Version „pro“

Zeitpunkt	Tätigkeiten
Am Tag der Mahd	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 6:00 Uhr: Weiterfahrt zur nächsten Fläche bzw. Befliegung nächster Fläche, die Vorgänge Flugeinsatz bis Rettungsmaßnahmen werden so oft wiederholt, bis alle Flächen abgeflogen sind oder die Sonneneinstrahlung zu hoch ist wodurch keine Rehkitze mehr detektiert werden können • ca. 9:00 Uhr: Mähbeginn: <ul style="list-style-type: none"> - Einweisung des Landwirts (Drohnenführer oder Helfer, situationsbedingt vor Ort) - Montage der Aktionkamera und des GPS-Datenloggers am Schlepper - Montage des akustischen Wildretters am Mähwerk der als 2. Maßnahme im Fall eines vermähnten Wildtieres eingeschaltet wurde - ggf. fachgerechte Nottötung eines verletzten Wildtieres (Durchführung durch den Jagdrevierinhaber) • ca. 10:00 Uhr: Mähende: <ul style="list-style-type: none"> - Freilassen der Wildtiere im Wald (Hilfskraft/ Drohnenführer) möglichst zügig nach der Mahd, beginnend bei erster fertig gemähter Fläche • ca. 11:30 Uhr: Erfolgskontrolle: <ul style="list-style-type: none"> - Begehung der Fläche durch den Hundeführer - Dokumentation von Mähverlusten

Um eine fehlerfreie und lückenlose Datenerhebung zu gewährleisten, trugen alle Personen beim Wildtierrettungseinsatz Actionkameras mithilfe eines Kopfbands. Ebenso wurden Actionkameras auf dem Traktor mithilfe einer Kamerahalterung mit Saugnapf an Heck- oder Frontscheibe während der Mäharbeiten eingesetzt um zu dokumentieren ob ein Wildtier vor dem Mähwerk geflüchtet ist. Die Aufzeichnungen erfolgten mit dem Modell „HERO 7“ der Marke „GoPro“. Die Kamera wurde in der Sichtfeldeinstellung „Weitwinkel“ mit einer Auflösung von 1080p und 24 fps (Frames per Second) benutzt. Diese Maßnahme stellt sicher, dass abspringende Wildtiere bei der Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter (mit und ohne Quad) sowie bei der Mahd sicher erkannt werden.

Für die Bewertung der gelaufenen bzw. gefahrenen Strecken hinsichtlich der Effizienz wurden die zurückgelegten Strecken aller Personen bei allen Wildtierrettungseinsätze mit einem GPS-Tracker des Typs „Travel Recorder XT“ der Marke „QSTARZ“ aufgezeichnet. Der GPS-Tracker zeichnete die Koordinaten mit einer Frequenz von 1 Hz auf. Zusätzlich wurden die Mäharbeiten mit einem GPS-Tracker überwacht um im Nachhinein Rückschlüsse auf die Mahdmethode ziehen zu können und gegebenenfalls vermeintliche Fehlalarme mit vermähnten Wildtieren in Verbindung bringen zu können.

4.2 Eingesetzte Techniken zur Wildtierrettung

Neben den verschiedenen Techniken zum Auffinden, Sichern und Retten (Drohnen, tragbarer Wildretter) wurden Scheuchen, Personen und Mähtechniken zur Wildtierrettung eingesetzt. Die eingesetzten Techniken werden im Folgenden detailliert beschrieben.

4.2.1 Scheuchen und akustischer Wildretter

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden verschiedene Scheuchen getestet. In Tabelle 5 werden die getesteten Scheuchen im Überblick dargestellt und anschließend detaillierter beschrieben.

Der LARS Wildretter LS20 kann drei Programme abspielen, die in Tabelle 6 dargestellt sind. Der „einfachere“ LARS LS01 Rehkitzretter kann dagegen nur das Programm Wildrettung/ Rehkitzrettung wie in Tabelle 6 dargestellt abspielen. Da in der Bedienungsanleitung keine Angaben zum Abstand zwischen den einzelnen Scheuchen gegeben sind, wurde für die Versuche der Abstand anhand des Lautstärkenverlaufs, der in der Bedienungsanleitung angegeben wird, abgeleitet. Direkt an der Quelle beträgt die Lautstärke laut Bedienungsanleitung 95 dB und nimmt auf einer Wiese bis zu einer Entfernung von 50 m um 25 dB auf 70 dB ab, das heißt bei einer Entfernung von 100 m sollte die Lautstärke noch rund 45 dB betragen. Im Feldversuch wurde als Abstand von Scheuche zu Scheuche in alle Richtungen daher das auch bei den anderen Scheuchen häufig angegebene Maß von ca. 100 m gewählt.

Tabelle 5: Eingesetzte Scheuchensysteme

Hersteller	Modell	Akku/ Besonderheit
Lettener Animal Rescue Systems (LARS) Wildrettungssysteme	LS01 Rehkitzretter	Betrieb mit drei C-LR14 Size L 1,5 V Batterien
	LS20 Wildvergrämer	verschiedene Programme
Martin Thoma	Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01 "Power"	Betrieb mit vier C-LR14 Size L 1,5 V Batterien
	Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01 "Komplett"	Akku mit Ladegerät,
	Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01 "Solar"	Solarpanel zur längerfristigen Energieversorgung
BFI Industrie-Elektronik GmbH & Co. KG	Wildretter B0/40	zeitgesteuert

Als zweite Variante wurden drei Produkte der Firma Martin Thoma (vgl. Tabelle 5) verwendet. Die Unterschiede liegen nur in der Energieversorgung und nicht in der Art und Weise der Wildvergrämung. Die Wildvergrämung funktioniert nach den gleichen Prinzipien wie beim LARS LS01 Rehkitzretter einmal visuell mit blauem Licht und weiterhin akustisch mit Konstantton mit hoher Frequenz. Die wählbaren Betriebsmodi sind in Tabelle 7 dargestellt. Dabei kann Schalter 1 und Schalter 2 in beiden Positionen belassen werden, so dass insgesamt vier Betriebsmodi möglich sind. Die Versuche im Rahmen des Projekts wurden alle mit der Einstellung „24 Stunden Betrieb“ (Schalter 1) und „Rehkitz-

Rettung“ (Schalter 2) durchgeführt. Die Abstände zwischen zwei Scheuchen in den Versuchen waren wie in der Gebrauchsanweisung angegeben bei 160-200 m. Dabei wurden die Scheuchen gleichmäßig auf die Fläche verteilt.

Die dritte Scheuchenvariante war der Wildretter B0/40 der Firma BFI Industrie-Elektronik GmbH & Co. KG. Diese Scheuche ist sofort betriebsbereit und emittiert einen lauten Intervallton mit hoher Frequenz gleichzeitig mit blauem Blinklicht.

Tabelle 6: Programme des LS20 Wildvergrämer (Quelle: L A R S Wildrettungssysteme; Bedienungsanleitung, 05/17)

Programm	Ausgesendete Licht und Tonsignale
Wildvergrämung nachts	Nachtbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenz: 20-40 min - Dauer: 2-4 min - Ton/ Licht: Konstantton gefolgt von oder Intervallton und Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) gefolgt von Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) - Ziel: Beunruhigung Tagbetrieb: Kein Betrieb
Wildvergrämung tagsüber und nachts	Nachtbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenz: 10-30 min - Dauer: 2-4 min - Ton/ Licht: Konstantton gefolgt von oder Intervallton und Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) gefolgt von Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) - Ziel: Beunruhigung Tagbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenz: 10-30 min - Dauer: 1-2 min - Ton: Konstantton gefolgt von Intervallton (kein Licht) - Ziel: Beunruhigung
Wildrettung/ Rehkitzrettung	Nachtbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenz: 30 min - Dauer: 3 min - Ton/ Licht: Konstantton gefolgt von oder Intervallton und Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) gefolgt von Blinklicht (zwei Farben: weiß und blau) - Ziel: Beunruhigung Tagbetrieb: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenz: 20 min - Dauer: 2 min - Ton: Konstantton gefolgt von Intervallton (kein Licht) - Ziel: Beunruhigung

Neben den Scheuchen kam auch ein akustischer Wildretter der Firma reichelt elektronik GmbH zum Einsatz (Abbildung 5). Dieser war während der Mahd mit Kabelbindern am Mähwerk angebracht. Der akustische Wildretter am Mähwerk stellte die zweite Maßnah-

me dar, so dass nach dem Vermähen eines Wildtieres der akustische Wildretter eingeschaltet werden konnte und somit die notwendige Maßnahmenkaskade zur rechtlichen Absicherung beim Fortsetzen der Mahd gegeben war. Der akustische Wildretter gibt Intervalltöne in hoher Frequenz und Lautstärke ab und soll damit weitere gefährdete Tiere aus der Fläche verscheuchen. Der akustische Wildretter der Firma reichelt elektronik GmbH ist ein Selbstbausatz bestehend aus einer Sirene, einem Einbau-Druckschalter zum Ein- und Ausschalten sowie einem Batterieclip und einem 9 V Block.



Abbildung 5: Akustischer Wildretter zur Anbringung am Mähwerk (Bildquelle: T. Heim, 2019)

Weitere Scheuchen waren zum Zeitpunkt der Anschaffung um Ostern 2019 nicht verfügbar. So kamen z. B. keine Verstärkungsmittel wie Buttersäure oder ähnliches zum Einsatz, da der entsprechende Scheuchentyp ausverkauft bzw. nicht verfügbar war.

Tabelle 7: Einstellbare Betriebsmodi der Martin Thoma KR01 Rehkitz-Retter/ Wildschreck (Quelle: Gebrauchsanleitung Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01)

	Betriebsmodus	Betriebszeiten und Licht/Tonsignaldauer sowie -frequenz
Schalter 1	Nachtbetrieb	Dämmerungssensor ist aktiv, der KR01 schaltet sich automatisch zur Dämmerung ein und circa zwei Stunden bei „Wildvergrämung“ bzw. sechs Stunden bei „Kitzrettung“ nach Sonnenaufgang wieder aus
	24 Stunden Betrieb	Dämmerungssensor ist deaktiviert, der KR01 ist Tag und Nacht aktiv
Schalter 2	Wildvergrämung	Frequenz: circa 10-20 min zwischen den Signalen Ton/ Licht: kurze Pausen zwischen den Signalen: Konstantton mit blauem Licht gleichzeitig
	Rehkitz-Rettung	Frequenz: circa 20-40 min zwischen den Signalen Ton/ Licht: lange Pausen zwischen den Signalen: Konstantton mit blauem Licht gleichzeitig

Mit den dargestellten Scheuchen wurden Tests durchgeführt. Bei diesen wurde einen Tag vor der Mahd ein Drohnenflug mit Wärmebildkamera durchgeführt. Die gefundenen Wildtiere wurden hierbei nicht gefangen, sondern es wurden nur die GPS-Daten ihrer Standorte notiert. Anschließend wurden die Scheuchen (jeweils ein Modell pro Fläche) gleichmäßig im vom Hersteller bzw. aus der Literatur empfohlenen Abstand auf der Flä-

che aufgestellt. Dabei war darauf zu achten, dass jeder Teil der Fläche von dem Schall der Scheuche erreicht wird. Am darauffolgenden Tag wurde die Fläche wieder mit einer Drohne überflogen. Es wurde notiert wie sich die Anzahl und Orte der Wildtiere in der Fläche verändert haben. Anschließend wurde die Fläche gemäht, so dass gleichzeitig eine Aussage über die Wirkungsweise der Scheuchen und der Drohne möglich war.

4.2.2 Tragbarer Wildretter

Der tragbare Infrarot-Wildretter wurde 1987 durch das Deutsche Patentamt als „Einrichtung zur Erkennung von Wild“ patentiert (TANK ET AL., 1987). 1990 erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Elektrische Messtechnik der Technischen Universität München (TUM) die Entwicklung eines ersten Labormusters, welches im Mai des Jahres 1990 getestet wurde. Ein daraus resultierendes verbessertes Experimentalmuster wurde im Mai des Jahres 1992 getestet. Für die Strahlungsmessung wurden kommerzielle, pyroelektrische Infrarotdetektoren verwendet, welche optimal in einem Spektralbereich von 8 – 14 μm Wellenlänge arbeiten (TANK ET AL., 1992). Ein auftretendes Problem war am Messobjekt reflektiertes Sonnenlicht, welches nicht von einer Temperaturdifferenz zu unterscheiden war. Die Markteinführung des tragbaren Wildretters erfolgte 1999. Im Rahmen des Verbundprojektes „Entwicklung und Erprobung eines Trägersystems mit Sensortechniken zur Auffindung lebender Tiere beim Mähen landwirtschaftlicher Flächen – Wildretter“ zwischen dem DLR Oberpfaffenhofen, der CLAAS Saulgau GmbH und der TUM wurde die Sensortechnik ab 2008 weiterentwickelt.

In Abbildung 6 ist der Aufbau des tragbaren Infrarot-Wildretters schematisch dargestellt. Beidseitig der zentralen Auswerteeinheit befindet sich ein ausziehbares Teleskoptragegestell. Die 10 Sensoreinheiten des tragbaren Wildretters befinden sich jeweils im Abstand von 50 cm zueinander rechts und links von der zentralen Auswerteeinheit. Die Nummerierung der Sensoreinheiten beginnt beidseitig ausgehend von der zentralen Auswerteeinheit. Die Arbeitsbreite im betriebsbereiten Zustand beträgt 6 m. Links und rechts an der zentralen Auswerteeinheit befinden sich Ösen zum Befestigen des Tragegurtes.

Der Öffnungswinkel der Optik jeder Sensoreinheit ist mit Blickrichtung nach unten am Teleskoptragegestell montiert und beträgt 28°. Je Sensoreinheit wird eine Fläche von 0,5 x 0,05 m überwacht. Die Breite der überwachten Bodenstreifen kann mit der Tragehöhe variieren. Die Arbeitsbreite von 6 m setzt sich in Abhängigkeit von der empfohlenen Tragehöhe von 80 cm aus einem 5 m breiten, durch die Sensoreinheiten überwachten Bodenbereich und der visuell, durch den Träger überwachten 1 m breiten Laufbahn zusammen.

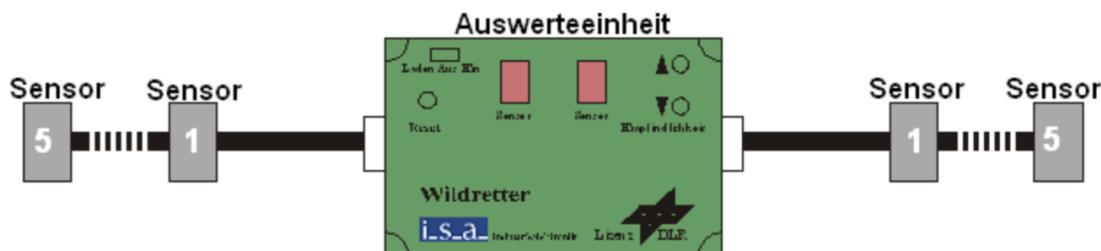


Abbildung 6: Schematischer Aufbau des tragbaren Wildretters (Quelle: Firma i_s_a_ industrieelektronik GmbH)

Die Spannungsversorgung der Sensoreinheiten erfolgt jeweils über einen in der Steuereinheit verbauten Akku mit 12 Volt Gleichstrom. Die Einstellung der Empfindlichkeit der Sensoreinheiten wird für alle Einheiten einheitlich über zwei Taster geregelt. Die Einstellungswerte für die Empfindlichkeit reichen von 1 bis 99 (dimensionslos). Die Schwelle für die Temperaturdifferenz nimmt mit steigendem Wert zu und somit steigt die Empfindlichkeit der Sensoren und umgekehrt. Zentral befindet sich eine Anzeige bestehend aus zwei getrennten 7-Segment Anzeigen für die linke und rechte Sensorseite. Der Lautsprecher für den Signalton bei positiver Detektion ist ebenfalls in der zentralen Steuereinheit verbaut.

Das Aufspüren von Wildtieren mithilfe des tragbaren Wildretters erfolgt über einen Temperaturunterschied zwischen dem Wildtier gegenüber der umliegenden Umgebung. Dies ist gleichzeitig der Nachteil des tragbaren Wildretters, da er somit nur am Morgen (und ggf. späten Abend) eingesetzt werden kann. In der Regel ist es während des Tages bei Sonneneinstrahlung nicht möglich ein Wildtier mit dem tragbaren Wildretter zu detektieren, da der Temperaturunterschied zwischen Wildtier und der umgebenden Vegetation zu gering ist. Die maximale Suchleistung wurde von ISRAEL ET AL. (2010) mit ca. 3 ha/h im Tragebetrieb angegeben.

Der tragbare Wildtierretter wurde in einem der drei Wildtierrettungsteams (Bachelorarbeit VOGL, 2019) im Tragebetrieb oder auf ein Quad aufgebaut eingesetzt. Für die Wildtierrettung auf einem Quad wurde das Modell „MXU 50“ der Marke „KYMCO“ mit Straßenbereifung eingesetzt. Dabei handelt es sich um ein Leichtfahrzeug bis 350 kg mit einer Erstzulassung aus dem Jahr 2006. Die Abmessungen des Fahrzeugs belaufen sich auf eine Länge von 1120 mm, eine Breite von 958 mm und eine Höhe von 1010 mm. Die maximale Geschwindigkeit liegt bei 42 km / h. Es ist ausgestattet mit 2 Sitzplätzen sowie einem Front- und Heckgepäckträger. Der tragbare Wildtierretter wurde mittels einer verschraubbaren Konstruktion auf dem Frontgepäckträger des Quad angebracht. In Abbildung 7 ist der tragbare Wildtierretter auf dem Quad im Einsatz zu sehen.



Abbildung 7: Tragbarer Wildtierretter im Einsatz auf einem Quad (Bildquelle: S. Thurner, 2019)

4.2.3 Drohnen mit Wärmebildkamera

In den folgenden Kapiteln werden die im Projekt eingesetzten Drohnen mit Wärmebildkamera ausführlich beschrieben.

4.2.3.1 Yuneec H520 mit CGO ET Wärmebildkamera

Der Hexacopter „H520“ der Firma Yuneec wurde in einem Wildtierrettungsteam (Masterarbeit HEIM, 2019) eingesetzt (Abbildung 8). Mit seinen Abmessungen von 520 x 455 x 295 mm war er handlich und kompakt. Mit der hier eingesetzten Dualkamera „CGO ET“ Wärmebild- und RGB-Kamera lag das Gewicht bei 1.905 g. Die Flughöhe für die Wildtierrettung in dieser Kombination beträgt normalerweise 20 m.

Entscheidend für den Einsatz in der Wildtierrettung ist die Akkulaufzeit. Der H520 trägt eine wechselbare „Power 4P Lithium Polymer Battery“ mit 5.250 mAh im Rumpf. Dieser hat laut „Yuneec“ eine Flugzeit von circa 25 min. Allerdings ist dies stark von Wind und dem Flug selbst abhängig. Häufige Richtungswechsel, Aufsteigen und Sinken zehren stark an der Flugdauer pro Akku. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die Lithium-Ionen-Akkus nicht zu kalt verwendet werden. Kältere Akkus können nicht die gesamte Leistung abrufen. Um dem entgegenzuwirken wurden sie in einer Isolierbox mit einer Wärmflasche zum Einsatzort transportiert und darin bei einer Temperatur zwischen 20 bis 22 °C bis zum Einsatz aufbewahrt. Die Akkus werden mit dem Ladegerät „DY5“ aufgeladen, welches ein gleichzeitiges Aufladen zweier Akkus ermöglicht. Die Aufladedauer betrug bei einer Entladung auf 20 % ca. 90 min.

Rettung: die Yuneec H520 mit der Wärmebildkamera CGO ET. Die Drohne mit Wärmebildkamera hat gerade vom Boden abgehoben.



Abbildung 8: Drohne Yuneec H520 mit Wärmebildkamera CGO ET (Bildquelle T. Heim, 2019)

Durch die sechs Rotoren kann der Flug bei einem Ausfall eines Motors trotzdem sicherer fortgesetzt werden, als bei vier Rotoren (KÜHN, 2013). Dies kann entscheidend sein, da bei der Wildtierrettung häufig im Bereich von Bäumen geflogen wird. Hier ist die Gefahr besonders hoch versehentlich einen herausragenden Zweig zu streifen. Die Yuneec H520

wird von einigen Anbietern schon in einem Paket „Rehkitzrettungsset“ angeboten. Im für das Forschungsprojekt angeschafften Paket waren folgende Produkte enthalten:

- H520 (Drohne)
- CGO ET (Kamerakombination)
- ST16S (Fernsteuerung) mit Powerbank und Kabel
- Vier-Akkus
- DY5 (Ladegerät)
- Rucksack

Der „Yuneec H520“ ist für die Wildtierrettung mit einer Wärmebildkamera und einer Restlichtkamera, der „CGO ET“ ausgestattet. Mit dieser ist es möglich 360 ° zu gieren und 90 ° zu nicken. Somit ist eine Rundumsicht möglich ohne die Flugrichtung zu ändern. Auch die Stützfüße sind dabei nicht störend, da sie während des Fluges eingeklappt werden. Die Wärmebildkamera ist der essentielle Bestandteil des Setups für die Wildtierrettung. Die zusätzliche Restlichtkamera ermöglicht auch bei schlechten Lichtverhältnissen RGB-Bilder zu sehen. Da in der Wildtierrettung meist in der Dämmerung am frühen Morgen geflogen wird, kann dies zur Identifizierung eines Tieres beitragen. Die Bilder werden direkt auf das Tablet der Fernbedienung übertragen. In Tabelle 8 sind die möglichen Darstellungsoptionen für die Kombinationen der zwei Kameraaufnahmen aufgeführt:

Tabelle 8: Darstellungsoptionen der Kameraaufnahmen auf dem Display

Option	Beschreibung
Aus	Nur RGB-Bild ist sichtbar
Mischung	Das Wärmebild wird über das RGB-Bild gelegt
Voll	Nur das Wärmebild ist sichtbar
Bild im Bild	Das Wärmebild erscheint als kleiner Rahmen links oben im RGB-Bild

Bei der Wildtierrettung wird meist mit der Option „Mischung“ geflogen. Die Kamera ist dabei auf 0 ° Gieren und 90 ° Nicken eingestellt. Dabei sieht die Kamera vertikal nach unten und es wird das exakte Abscannen der gesamten Fläche gewährleistet. Die RGB-Kamera nimmt Filme in Full HD auf. Diese Auflösung ist für die Liveübertragung in der Wildtierrettung ausreichend. Es können auch Fotos aufgenommen werden. Da diese aus dem Full HD Filmen geschnitten werden, eignet sich die Kamera nicht, um hochauflösende Bilder zu erreichen. Für anderweitige Einsätze wäre es aber möglich die Kamera gegen eine andere passende des Herstellers Yuneec zu tauschen. Dazu ist kein Umbau der Drohne nötig.

Die Fernbedienung „ST16S“ für die Yuneec H520 ist mit einem integrierten Tablet ausgestattet (Abbildung 9). Das Betriebssystem dafür ist Android. Zur Datenübertragung an die bzw. zum Datenempfang von der Drohne wurden die mitgelieferten Antennen verwendet. Das sind zwei 2,4 GHz Stab- und eine 5,8 GHz Pilzantenne. Damit kann unter optimalen Bedingungen eine Reichweite von 1,6 km erreicht werden (Herstellerangaben).



Abbildung 9: Fernbedienung ST16S für die Yuneec H520 (Bildquelle: S. Thurner, 2019)

4.2.3.2 DJI Matrice 200 mit Zenmuse XT 2 Wärmebildkamera

Als zweites Gerät im dritten Wildtierrettungsteam (Masterarbeit WEIG, 2019) wurde die Drohe des Typs Matrice200 des Herstellers DJI verwendet. Diese hatte mit der Kamera (Hersteller: Zenmuse, Typ: XT2) und zwei Akkus (Hersteller: DJI, Typ: TB50) ein Gewicht von ca. 4,8 kg und durfte damit nur mit einem Kenntnissnachweis für ein UAV geflogen werden (Abbildung 10). Der Lieferant hatte dazu in der „Pro Version 2.0“ ein Paket mit folgenden Komponenten zusammengestellt:

- DJI Matrice 200 (Drohne)
- Zenmuse XT2 (Kamerakombination)
- DJI Inspire 2 / M200 Fernsteuerung mit Kabel
- DJI M200 / M210 TB50 Flugakku (4 Stück)
- DJI Ladestation 4-fach mit Netzteil
- Apple iPad mini 4 (WiFi) für Inspire 2 mit Haltegurt und Sonnenschutz
- AgiSoft Photoscan PRO, Einzelplatzlizenz
- CoGIS Basic und Kitmodul
- Transportkoffer
- Produktschulung (2 Tage) sowie Schulung und Prüfung zum Kenntnissnachweis (1 Tag)

Zusätzlich musste ein Laptop zum Betrieb der verschiedenen Softwarekomponenten und ein Rucksack für den Laptop angeschafft werden. Die Akkuladedauer betrug bei einer Entladung auf ca. 20 % in etwa 30 min, ebenso wie die Flugdauer pro Akku (wiederum abhängig von der Temperatur, dem Wind und dem Flug selbst).



Abbildung 10: DJI Matrice 200 Drohne mit CGO ET Wärmebildkamera (Bildquelle: S. Thurner, 2019)

Die Kamera hat zwei Linsen, dabei ist eine für RGB-Bilder (Auflösung 3840×2160 pixel (px)) und die andere für Wärmebilder (Auflösung 640×512 px) verbaut. Für die Wildtier-suche wurden die Aufnahmen aus der Wärmebildkamera verwendet. Das Befliegen der Fläche lief automatisch über die Software „DJI Ground Station Pro“ (GS Pro) des Drohnenherstellers (Abbildung 11). Dabei wird in dieser App der Flugplan für die Fläche erstellt und die Parameter für den Flug eingestellt. Geflogen wurde auf einer Höhe von 50 m und mit einer frontalen Überlappung von 80 % sowie einer seitlichen von 60 beziehungsweise 65 %. Die seitliche Überlappung variierte, da bei steilem Gelände mit einer größeren geflogen wurde.

Die Auswertung der Wärmebilder wurde mittels dem vom Lieferanten mitgelieferten Softwarepaket durchgeführt. Die aufgenommenen Luftbilder wurden mit Hilfe von Agisoft Photoscan georeferenziert und zusammengesetzt, um daraus GPS-Koordinaten ableiten zu können. Diese Orthofotos wurden im Anschluss durch CoGIS, welches ein spezielles Modul zur Wildtierrettung enthält, ausgewertet. Dadurch kann man die genauen Koordinaten von potenziellen Wildtieren erfassen, welche als hellere Stellen auf dem Luftbild zu erkennen sind. Diese werden dann entweder automatisch, anhand der Graustufen, oder nach Inaugenscheinnahme der optischen Differenzierungen händisch markiert. Diese Stellen werden im Anschluss als eine Google-KML Datei ausgegeben.

Die Personen, welche die Wildtiere auf der Fläche suchen, waren mit einem Smartphone ausgestattet und suchten damit die zuvor identifizierten Stellen mit potentiellen Wildtieren auf. Dazu wurde mittels der App Google-Earth die Google-KML Datei aus der Auswertung auf das Smartphone importiert. Somit wurden die möglichen Wildtiere in der Karte angezeigt und konnten mittels der Standortfunktion der App aufgesucht werden. Zur Bestimmung des eigenen Standorts wurde von der App die Standortfunktion des Smartphones genutzt, welches auf die Ortungsfunktion mittels GPS, Glonass und das Mobilfunknetz (je nach Modell) zurückgriff. Beim Erreichen der markierten Position wurde geschaut, ob es sich um ein Wildtier oder etwas anderes handelte; das Ergebnis wurde in einem Erfassungsbogen festgehalten. Die nicht flüchtigen Wildtiere wurden im Anschluss mit einem Wäschekorb gesichert oder von der Fläche getragen.



Abbildung 11: Software DJI Ground Station Pro bei der Flugplanung am i-pad (Bildquelle: S. Thurner, 2019)

4.3 Datenerhebungen

In Folgenden ist eine Übersicht aller erhobenen Daten (von A bis Z) dargestellt. Dazu wurden mehrere Erfassungsbögen verwendet. Die Ermittlung der Vegetationszusammensetzung, der umliegenden Flächen und die Analysedaten von den Mahdproben sind bei Erstellung des Berichts noch nicht ausgewertet bzw. analysiert und werden daher nicht in den Ergebnissen dargestellt. Diese wurden zusammen mit weiteren Daten rein für den Zweck weiterführender Arbeiten im Folgeprojekt erhoben.

- Abschusszahlen: Um eine Einschätzung über die Rehwilddichte zu erhalten, wurden deren Abschusszahlen bei den Jagdrevieren vor Ort anhand der Abschusspläne erfragt. In diesen werden die durchzuführenden Abschüsse pro 100 ha angegeben.
- Anreise: Je Einsatz wurde die Anreise in Kilometer und die Anreisezeit ermittelt.
- Anzahl vermähter und flüchtender Wildtiere: Die Anzahl der vermähten und vor dem Mähwerk flüchtenden Wildtiere wurde durch Videoauswertung (Mahdvideos), den Aussagen des Schlepperfahrers und der abschließenden Kontrollen durch den Jäger mit Schweißhund ermittelt.
- Durchschnittliche Bestandshöhe: Die Bestandshöhen wurden einheitlich an 10 Stellen pro Versuchsfläche mit einem Zollstock gemessen. Dies wurde mit der „Deckelmethode“ durchgeführt. Für diese Methode nach STEINBERGER (2011) wird der Deckel eines Kübels, in welchen in der Mitte ein Loch gebohrt ist, auf den Aufwuchs gelegt. Der Deckel drückt den Bestand leicht nach unten und bewirkt, dass man der mittleren Aufwuchshöhe näherkommt. Anschließend wird ein Meterstab durch das Loch gesteckt und daran die Höhe des Bestandes abgelesen.
- Fehldetektionen: Jeder Alarm des Wildretters bzw. jedes potentiell gefundene Wildtier bei den Drohnen, bei dem es sich um kein Wildtier handelte, wurde als Fehlalarm mit möglicher Ursache (z. B. Maulwurfshügel, Stein, verlassener Liegeplatz usw.) festgehalten.
- Flächengröße: Die Größe der Versuchsflächen wurde durch Vermessen der Luftbilder im Bayernatlas ermittelt.

- Mahdprobe: Von jeder Versuchsfläche wurden nach Abschluss der Mäharbeiten Proben des Mähgutes genommen und zur Analyse bei AQU3 in Grub eingereicht.
- Rüstzeit: In der Vorbereitungszeit wurde der Start- und Endzeitpunkt der Planung und Vorbereitung für einen Einsatz ermittelt. Das Laden der Akkus und die Flugplanung wurden hier miteinberechnet.
- Umliegende Vegetation: Die Art des Bestandes, sowie 5 Bestandshöhen der umliegenden Flächen im Umkreis von 100 m wurden auf einem Luftbild eingezeichnet und notiert.
- Vegetationszusammensetzung: Die Bestimmung der Vegetationszusammensetzung erfolgte durch eine Ertragsanteilsschätzung der einzelnen Arten nach KLAPP-STÄHLIN (zitiert bei VOIGTLÄNDER und VOSS, 1979).
- Vorbereitungszeit vor Ort: Vor Ort musste meist mit dem Landwirt kurz Rücksprache gehalten werden und zu den Flächen gefahren werden. Dort wurde dann das Equipment aufgebaut und (beim Einsatz einer Drohne) die Flugroute nochmals genau überprüft (sind Hindernisse wie herabhängende Äste oder ähnliches in der Flugbahn).
- Waldränder: Die Erfassung der an die Versuchsflächen angrenzenden Waldränder erfolgte im Nachhinein mittels eines Aufnahmebogens, der sich an dem Waldbau-Kompendium von BORK (2014) orientiert.
- Wetter: Bewölkung (optische Beurteilung) und Umgebungstemperaturen in Bodennähe wurden jeweils am Anfang und Ende der Wildtierrettungseinsätze pro Fläche notiert.
- Wildtiere: Bei Detektion eines Wildtieres wurden die genauen Koordinaten, die Art und das Fluchtverhalten des gefundenen Tieres notiert. Weiterhin wurde ab Ende Mai zusätzlich das Körpergewicht, die Lauflänge und die Körperlänge bei Rehkitzen erfasst.
- Zeiterfassung: Die Start und Endzeit der Detektion wurden während dem Einsatz aufgeschrieben. Mögliche Unterbrechungen des Einsatzes durch nicht versuchsrelevante Tätigkeiten wurden durch die Videoauswertungen herausgerechnet.

4.4 Wärmflaschentests

Die Wärmflaschentests dienten der Kontrolle der Verfahren. Hierbei wurden Babywärmflaschen mit 0,5 l Fassungsvermögen und einem Stoffüberzug auf einer Fläche verteilt. Die Zieltemperatur der Wärmflaschen betrug zwischen 35 und 45 °C. Die Kontrolle der Wärmflaschentemperaturen erfolgte durch berührungsloses Messen mittels Infrarot-Thermometer. Damit stellten sie eine Kitzattrappe dar. Anschließend wurde wie in einem regulären Einsatz vorgegangen. Mit diesen Tests wurde die generelle Vorgehensweise in einem künstlich angelegten Versuch erprobt. Zusätzlich erfolgten beim Einsatz des tragbaren Wildretters aufgebaut auf das Quad mehrere Fahrten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf gerader Strecke, um die Genauigkeit der Sensoren bei erhöhter Geschwindigkeit zu testen.

4.5 Datenauswertung

Die bei den Versuchen erhobenen Daten wurden in unterschiedlichen Wahrheitsmatrizen, getrennt nach Wildtierrettungsverfahren zusammengefasst. In Tabelle 9 wird die Auswertung für die vorgekommenen Wildtiere und alle Detektionen dargestellt. Um die Ergebnisse der Wärmflaschentests darzustellen, wurde ebenfalls die Matrix aus Tabelle 9 verwendet. In Tabelle 10 wird die Auswertung auf Basis der einzelnen Flächen in Bezug zu den

Wildtieren dargestellt. Dabei wird jede überflogene Fläche unabhängig von ihrer Größe als eine Fläche gewertet. Es wird immer die gesamte Fläche betrachtet.

Tabelle 9: Wahrheitsmatrix der Wildtiere und Fehllarme

	Wildtier	Kein Wildtier
Detektion positiv	Wildtier gefunden und gesichert (true positiv, TP)	Wildtier detektiert obwohl kein Wildtier vorhanden war (false positive, FP)
Detektion negativ	Wildtier nicht gefunden und daher vermählt oder abgesprungen (false negativ, FN)	Kein Wildtier gefunden und kein Wildtier detektiert (true negativ, TN) → Kann mit den durchgeführten Tests nicht dargestellt werden; kann nur über die Gesamtfläche (vgl. Tabelle 10) abgebildet werden.

Die Erfolgsbeurteilung der Feldeinsätze und Wärmflaschentests erfolgt schließlich anhand der Sensitivität (Richtig-positiv-Rate), Spezifität (Richtig-negativ-Rate), Fehlerrate (Falsch-Positiv-Rate + Falsch-Negativ-Rate) und Erfolgsquote (Sensitivität + Spezifität) hervorgehen. Die Sensitivität errechnet sich aus den „Richtig gefundenen“ Tieren dividiert durch die Summe aller Wildtiere [Sensitivität = $TP / (TP + FN)$]. Die Sensitivität gibt den Prozentsatz an mit welchem ein Wildtier korrekt als Wildtier erkannt wird. Je höher diese ist, desto weniger Wildtiere werden übersehen. Zusätzlich wird der positiv prädikative Wert errechnet [PPV = $TP / (TP + FP)$]. Er gibt an mit welcher Wahrscheinlichkeit es sich bei einer Detektion um ein Wildtier handelt und es somit kein Fehllarm ist.

Tabelle 10: Wahrheitsmatrix der Flächen und Wildtiere

	Fläche mit Wildtier	Fläche ohne Wildtier
Mindestens ein Wildtier detektiert	Mindestens ein Wildtier in der gesamten Fläche gefunden und gesichert (true positiv, TP)	Mindestens ein Wildtier in gesamter Fläche detektiert obwohl kein Wildtier in gesamter Fläche vorhanden war (false positive, FP)
Kein Wildtier detektiert	In gesamter Fläche kein Wildtier detektiert aber mindestens ein Wildtier in gesamter Fläche vermählt oder abgesprungen (false negativ, FN)	In gesamter Fläche wurde kein Wildtier detektiert und es war auch kein Wildtier in gesamter Fläche vorhanden (true negativ, TN)

Um die Spezifität bei der Betrachtung nach Flächen zu erhalten, wird die Anzahl „falsch negativen“ Ergebnisse zur der Summe aus „falsch negativen“ und „falsch positiven“ Er-

gebnissen ins Verhältnis gesetzt [Spezifität = $FN / (FP + FN)$]. Somit misst die Spezifität mit welcher Prozentzahl eine Fläche ohne Wildbesatz auch korrekt als solche erkannt wurde. Die Fehlerrate der Detektion ergibt sich aus der Summe der falsch positiven und falsch negativen Ereignisse im Verhältnis zu allen Ereignissen [Fehlerrate = $(FP + FN) / (FP + FN + TP + TN)$].

Die Daten zur Waldrandstruktur, den Abschusszahlen und zur Bestandshöhe wurden mittels Korrelationsanalyse mit der Software R (Version 3.6.2) ausgewertet. Dazu wurde zunächst die Normalverteilung der Daten mittels dem Kolmogorov-Smirnov-Test in Verbindung mit der Lilliefors-Korrektur getestet. Die Korrelationsanalyse wurde schließlich für die nicht normalverteilten Daten mittels der Spearman Rangkorrelation getestet.

4.6 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Ein wichtiger Aspekt für den zukünftigen Einsatz der verschiedenen Techniken zur Wildtierrettung sind nicht nur die Erfolgsraten bezüglich z. B. der gefundenen Tiere, sondern auch die entstehenden Kosten und somit die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes. Auf Grund dessen wurde im Rahmen dieser Forschungsarbeit auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung bei unterschiedlichen Einsatzszenarien durchgeführt. Für die hier dargestellten Berechnungen wurde ein Unternehmensgewinn von 20 % in die dargestellten Kosten mit einberechnet. In den Arbeiten von VOGL (2020) und HEIM (2019) wurde ebenfalls der Unternehmensgewinn mit einbezogen. In der Arbeit von WEIG (2020) wurde dagegen kein Unternehmensgewinn bei der Kostenberechnung veranschlagt.

In den Fixkosten sind alle Anschaffungskosten für den Einstieg in die Wildtierrettung mit der jeweiligen Technik enthalten. Für die Drohnen wurden die notwendigen Akkus mit einberechnet (DJI: 4 Akkus; Yuneec: 7 Akkus). Mit dem entsprechenden Ladegerät und der jeweiligen Akkulaufzeit ist somit eine durchgehende Flugzeit von mindestens vier Stunden gewährleistet. Zusätzlich wurde eine Powerbank für die Fernbedienung der Yuneec-Drohne miteinkalkuliert.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung beim Einsatz mit dem Quad wurde vom Neupreis inklusive Off Road Bereifung ausgegangen. Da ein Quad in der Landwirtschaft vielerlei Einsatzmöglichkeiten aufweist wurde nicht der komplette Neupreis der Wildtierrettung zugeschrieben. Bei einer jährlichen Nutzungsdauer von 10 Monaten fallen 3 Monate für den Einsatz in der Wildtierrettung an. Daher wurden 30 % des Neupreises für das Quad angesetzt. Der durchschnittliche Benzinverbrauch beläuft sich auf 7 l / 100 km. Gerechnet wurde mit dem aktuellen durchschnittlichen Benzinpreis für 2019 von 1,438 € / l Superbenzin (MWV, 2019). Es wird davon ausgegangen, dass die Flächenwechsel direkt mit dem Quad erfolgen. Somit wurden die anfallenden Kilometer für die Flächenwechsel auf die gefahrenen Kilometer der Detektion beim Einsatz des tragbaren Wildretters auf dem Quad aufaddiert.

Für die Kitzrettung wurden zehn Wäschekörbe, Sonnenschirme und Markierungsstäbe berechnet (20 € pro Set für fünf Jahre). Zu den wichtigen Utensilien bei der Wildtierrettung mittels Drohnen zählen zusätzlich eine Kühl- bzw. Isolierbox und Walkie-Talkies für die Informationsübertragung auf dem Feld (200 € für fünf Jahre; entfallen bei der Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildtierretter). Durch den Tau waren die Bestände am Morgen häufig nass, sodass entsprechende Arbeitskleidung für den Einsatz erforderlich ist. Die Kosten für Arbeitskleidung (Gummistiefel, Arbeitsschuhe und wasserfeste Hose) wurden mit 130 € pro Person (für fünf Jahre) angesetzt.

Der Kalkulationszins beträgt 2 %. Auf Grund der schnellen technischen Entwicklung wurde die Abschreibung der Fixkosten für die Drohnen mit fünf Jahren angesetzt. Für den tragbaren Wildretter und das Quad wurde die Abschreibung der Fixkosten auf zehn Jahre festgelegt.

Auf die Fixkosten folgt die Berechnung der variablen Kosten. Dazu zählt die Haftpflichtversicherung, die jeder Drohnenpilot und auch für das Quad abgeschlossen werden muss. Beim Einsatz einer Drohne kommen zusätzlich die Kosten für die Allgemeinverfügung, die in Kapitel 2.4.1 näher erläutert wird, und die Instandhaltungskosten (pro Einsatzjahr ein kompletter Satz Propeller und ggf. Gummilagerungen des Gimbal) dazu.

Als mögliche Einsatztage pro Jahr wurden die verfügbaren Feldarbeitstage im Mai und Juni verwendet (THAYSEN ET AL., 2014). Diese gehen mit 24 Einsatztagen in die Berechnung ein.

Als Lohnkosten wurden für den Piloten 45 €/h und für eine Hilfsperson 25 €/h angesetzt. In der hier dargestellten Kalkulation besteht das Team für den Einsatz einer Drohne aus einem Piloten mit einer (Yuneec) oder einer bis zwei (DJI) Hilfspersonen. Die Vor- und Nachbereitung eines Einsatzes wurde nur vom Piloten ausgeführt. Darin enthalten sind die Routenplanung, die routinemäßige Wartung der Drohne nach einem Einsatz und das Ordnen der Gerätschaften.

Für die Anfahrt bildete das Wildtierrettungsteam eine Fahrgemeinschaft. Somit wurde die Kilometerpauschale nur für ein Fahrzeug berechnet (tragbarer Wildretter und Yuneec-Drohne). Für die DJI-Drohne wurden zwei Fahrzeuge berechnet, da deren Vorteil ja das Suchen der Wildtiere unabhängig vom Flug ist, und somit zwei Fahrzeuge für die Durchführung der Wildtierrettung benötigt werden. Als Anfahrtsweg wurde in den Berechnungen dieser Arbeit immer von 30 km ausgegangen. Grundlage hierfür ist der Gedanke, dass sich z. B. ein Jagdverband oder ein Hegering eine Drohne zur Wildtierrettung anschafft. Es wurde mit einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 60 km/h auf der Landstraße gerechnet.

Für den Auf- und Abbau vor Ort wurde die „Ist“-Arbeitszeit aus den Versuchen verwendet. Diese beträgt jeweils 8 min (tragbarer Wildretter), 15 min (Yuneec-Drohne) und 9 min (DJI-Drohne). Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Kosten pro Hektar beeinflusst, ist die Anzahl der Feldwechsel. Da nicht immer alle Flächen nahe zusammenlagen und zu Fuß erreichbar waren, mussten die Fahrt und der erneute Aufbau mitkalkuliert werden. Pauschal wurde hier von einer Schlagentfernung von 2,5 km ausgegangen. Es wird davon ausgegangen dass die Felder durch Feldwege verbunden sind, auf denen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 30 km/h gefahren werden kann. Die zusätzliche Auf- und Abbauzeit für die Drohnen betragen jeweils 2 min (entfällt beim tragbaren Wildretter). Diese konnte so kurz kalkuliert werden, da die Drohne für eine kurze langsame Fahrt mit dem Gurt gesichert auf dem Beifahrersitz transportiert werden kann, ohne dass die Propeller demontiert werden müssen.

Die Flächenleistung der Wildtierrettungstechniken wurde in mehrere Klassen unterteilt. Jede der Klassen bildet ein Szenario ab und ist somit das entscheidende Kriterium für die anfallenden Kosten je Hektar. Verwendet wurden hierbei immer die während den Versuchen entstandenen „Ist“-Zeiten. Bei dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde immer von einer Einsatzzeit von 05:00 Uhr bis 09:00 Uhr ausgegangen. Somit entsteht eine mögliche Flug- bzw. Suchzeit von 4 h abzüglich der Zeit für die Feldwechsel. An- und Abreise und Auf- bzw. Abbau fanden außerhalb dieser Zeiten statt. Zu jeder der Feldgrößen-Klassen wurden die Kosten je Hektar bei zwei Feldwechseln (FW) berechnet. Zusätzlich

wurden Szenarien berechnet, bei denen mit sinkender durchschnittlicher Feldgröße die Anzahl der FW steigt (Tabelle 11). Die Anzahl der FW ergibt sich aus der durchschnittlichen Schlaggröße, der Flächenleistung und der Zeit für die FW in der geplanten Einsatzzeit von 05:00 bis 09:00 Uhr.

Tabelle 11: Flächengrößenklassen und Anzahl an Feldwechseln (FW) für die Szenarien zur Wirtschaftlichkeitsberechnung (links mit den Drohnen, rechts mit dem tragbaren Wildretter)

Flächengrößenklassen beim Einsatz von Drohnen	Flächengrößenabhängige Anzahl an Feldwechseln (FW) beim Einsatz von Drohnen	Flächengrößenklassen beim Einsatz des tragbaren Wildretters	Flächengrößenabhängige Anzahl an Feldwechseln (FW) beim Einsatz des tragbaren Wildretters im Tragebetrieb	Flächengrößenabhängige Anzahl an Feldwechseln (FW) beim Einsatz des tragbaren Wildretters mit Quad
< 1 ha	10 FW	< 0,5 ha	9 FW	entfällt
1 - 5 ha	6 FW	0,5 -1,0 ha	7 FW	entfällt
5 – 10 ha	4 FW	1 - 3 ha	3 FW	4 FW
> 10 ha	3 FW	> 3 ha	2 FW	3 FW

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse aus den drei studentischen Arbeiten dargestellt. Dabei werden immer an erster Stelle die Ergebnisse zum tragbaren Wildretter (Bachelorarbeit VOGL, 2019), an zweiter Stelle die Ergebnisse zur DJI-Drohne mit Wärmebildkamera (Masterarbeit WEIG, 2019) und an dritter Stelle die Ergebnisse zur Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera (Masterarbeit HEIM, 2019) dargestellt. An vierter Stelle werden weitere Ergebnisse z. B. zu den Scheuchen usw. dargestellt. Weitere bzw. ausführlichere Ergebnisse sind in den studentischen Arbeiten enthalten, die als Anhang zum Bericht nachgereicht werden.

5.1 Lernkurven der Wildtierretter

Für die Einarbeitungszeit zur Anwendung des tragbaren Wildretters ohne Vorkenntnisse wurden 5 h in Anspruch genommen. Darin enthalten waren das Lesen der Bedienungsanleitung und das vertraut machen im Umgang mit der zentralen Auswerteeinheit. In die Zeit wurden ebenfalls 4,5 h Testdetektion mit dem tragbaren Wildretter miteinbezogen um das Abschätzen der Lauf- bzw. Fahrbahn zu üben. Besonders die Einstellung der Empfindlichkeiten erforderte intensive Auseinandersetzung mit der Funktionalität des Geräts um häufige Fehlalarme zu vermeiden.

Für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Softwarepaketen war zunächst der Erwerb des Kenntnisnachweises erforderlich. Dafür viel ein Schulungs- und Prüfungstag (8 h) an. Zusätzlich war es im Vorfeld erforderlich, sich intensiv mit dem Lernstoff auseinanderzusetzen, wodurch mindestens 20 h aufgeteilt auf mehrere Tage investiert werden mussten. Weiterhin wurde der Umgang mit der Drohne, Wärmebildkamera und Auswertesoftware an zwei weiteren Schultagen (16 h) geübt. Zusätzlich mussten im Anschluss noch Testflüge mit Softwareeinsatz an einem Tag (8 h) durchgeführt werden. Somit betrug die Einarbeitungszeit für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Softwarepaketen insgesamt rund mehr als eine Woche bzw. mehr als 52 h.

Die Einarbeitungszeit in die Bedienung der Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera ohne Vorkenntnisse betrug insgesamt 25 h. Darin enthalten waren das Lesen der Bedienungsanleitung, das Lernen mit der Fernbedienung umzugehen und die Flüge zu programmieren. Auch sieben Testflüge wurden in diese Zeit miteinberechnet.

Anhand der Lernkurven zu den drei Techniken kann abgeschätzt werden, wie lange in etwa benötigt wird, um mit der Technik sicher umzugehen. Beim tragbaren Wildretter wirkten sich einzelne Fehldetektionen auf die Kennzahl pro ha mehr aus aufgrund der geringeren Flächengrößen (Abbildung 12). Ab dem dritten Einsatztag wurden jedoch nahezu keine Wildtiere mehr übersehen. Bei der DJI-Drohne waren die Flächen entsprechend groß, allerdings gab es bis zuletzt immer wieder Fehldetektionen und übersehene Wildtiere (Abbildung 13). Wenn auch auf einem etwas niedrigerem Niveau konnte dies für die Yuneec-Drohne bestätigt werden (Abbildung 14).

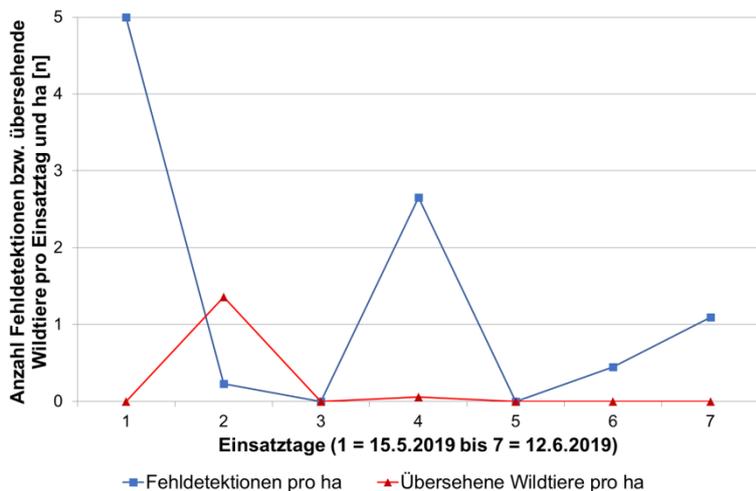


Abbildung 12: Lernkurve für den tragbaren Wildretter (Einsatz im Tragebetrieb und mit Quad kombiniert; J. Vogl)

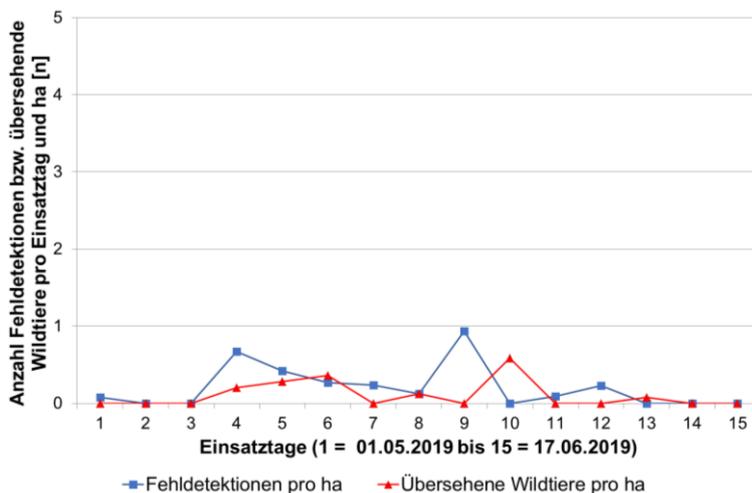


Abbildung 13: Lernkurve für die DJI Drohne (M. Weig)

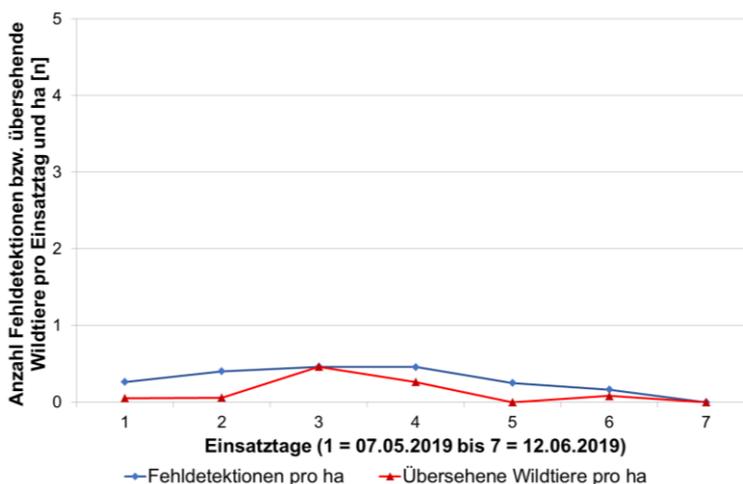


Abbildung 14: Lernkurve für die Yuneec-Drohne (T. Heim)

5.2 Vierfeldertafeln für die Wärmflaschentests

Die Wärmflaschentests wurden mit allen Wildtierrettungsteams bzw. -techniken nach der Saison, im Juli 2019 durchgeführt. Es hatten also alle Teams ausreichend Erfahrungen gesammelt. Für den tragbaren Wildretter wurden Wärmflaschentests im Tragebetrieb und im Betrieb mit Quad durchgeführt (Tabelle 12 und Tabelle 13). Dabei lag im Tragebetrieb die Sensitivität bei 0,69 und somit auf einem ähnlichen Wert wie beim Betrieb mit Quad (0,60). Aufgrund der nicht aufgetretenen Fehldetektionen (false positiv = keine Wärmflasche aber positive Detektion) lag der positiv prädikative Wert (PPV) für beide Tests bei 1.

Tabelle 12: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Tragebetrieb (Wärmflaschen)

	Wärmflasche	Keine Wärmflasche
Detektion positiv	9	0
Detektion negativ	4	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Tabelle 13: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Betrieb mit Quad (Wärmflaschen)

	Wärmflasche	Keine Wärmflasche
Detektion positiv	3	0
Detektion negativ	2	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software ergaben sich bei den Wärmflaschentests eine Sensitivität von 0,35 und ein PPV von 0,70 (Tabelle 14).

Tabelle 14: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (Wärmflaschen)

	Wärmflasche	Keine Wärmflasche
Detektion positiv	7	3
Detektion negativ	13	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Bei der Yuneec-Drohne ergab sich bei den Wärmflaschentests eine Sensitivität von 0,74 und ein PPV von 0,91 (Tabelle 15). Somit konnte mit der DJI-Drohne bei einer geringeren Anzahl an Tests eine höhere Sensitivität bei gleichzeitig niedrigerem PPV im Vergleich zur Yuneec-Drohne erzielt werden. Die erzielten Ergebnisse hängen jedoch in Zusammenhang mit der ausführenden Person, die das Quad fährt bzw. die Drohne fliegt und somit die Zahl der Wärmflaschen detektiert.

Tabelle 15: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (Wärmflaschen)

	Wärmflasche	Keine Wärmflasche
Detektion positiv	31	3
Detektion negativ	11	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

5.3 Vierfeldertafeln für den Feldeinsatz nach Wildtieren

Für die Anzahl der gefunden/ detektierten Wildtiere (entspricht je einem Ereignis) wurden beim Wildtierrettungseinsatz auch Vierfeldertafeln erstellt. Für den tragbaren Wildretter wurden wieder zwei Vierfeldertafeln für den Tragebetrieb und Einsatz mit Quad erstellt (Tabelle 16 und Tabelle 17). Dabei lag im Tragebetrieb die Sensitivität bei 0,67 und somit auf einem höheren Niveau als beim Betrieb mit Quad (0,40). Ebenso lag der PPV für den Tragebetrieb mit 0,67 auf einem höheren Niveau als beim Einsatz mit Quad (0,31). Somit sinkt durch den Einsatz des tragbaren Wildretters auf dem Quad die Sensitivität, es werden also mehr Wildtiere übersehen bei gleichzeitig steigender Anzahl an Fehldetektionen.

Tabelle 16: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Tragebetrieb (Wildtiere)

	Wildtier	Kein Wildtier
Detektion positiv	2	1
Detektion negativ	1	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Tabelle 17: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter im Betrieb mit Quad (Wildtiere)

	Wildtier	Kein Wildtier
Detektion positiv	4	9
Detektion negativ	6	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software ergaben sich im Feldeinsatz eine Sensitivität von 0,30 und ein PPV von 0,18 (Tabelle 18).

Tabelle 18: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (Wildtiere)

	Wildtier	Kein Wildtier
Detektion positiv	6	28
Detektion negativ	14	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

Bei der Yuneec-Drohne ergaben sich im Feldeinsatz eine Sensitivität von 0,57 und ein PPV von 0,31 (Tabelle 19). Somit wurden mit der Yuneec-Drohne weniger Rehkitze übersehen und es wurden auch weniger Fehldetektionen verzeichnet und sie lag in etwa auf dem Niveau des tragbaren Wildretters im Einsatz mit Quad. Die erzielten Ergebnisse hängen jedoch wiederum in Zusammenhang mit der ausführenden Person, die das Quad fährt bzw. die Drohne fliegt und somit die Zahl der Wildtiere detektiert.

Tabelle 19: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (Wildtiere)

	Wildtier	Kein Wildtier
Detektion positiv	12	27
Detektion negativ	9	n. a.*

*n. a. = nicht anwendbar, Wert konnte auf Grund des Versuchsaufbaus nicht bestimmt werden

5.4 Vierfeldertafeln für den Feldeinsatz nach Flächen

Damit auch die Flächen, auf denen kein Wildtier gefunden wurde in die Betrachtung einfließen können, wurden die Wildtierrettungseinsätze noch auf Flächenbasis (jede Fläche entspricht einem Ereignis) Vierfeldertafeln erstellt. Für den tragbaren Wildretter wurde hier nur eine Vierfeldertafel erstellt (Tabelle 20). Dabei lag die Sensitivität bei 0,75 und die Spezifität war bei 0,25. Der PPV hatte einen Wert von 0,75 und der negative prädikative Wert (NPV) von 0,25. Die Fehlerrate betrug ebenfalls 25 %.

Tabelle 20: Vierfeldertafel für den tragbaren Wildretter (beide Betriebsarten, flächenweise Betrachtung)

	Fläche mit Wildtier	Fläche ohne Wildtier
Detektion positiv	6	2
Detektion negativ	2	6

Für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software ergaben sich im Feldeinsatz bei der flächenweisen Betrachtung eine Sensitivität von 0,71, eine Spezifität von 0,10 sowie einen PPV von 0,38 und einen NPV von 0,90 (Tabelle 21). Die Fehlerrate betrug 21 %.

Tabelle 21: Vierfeldertafel für die DJI-Drohne (flächenweise Betrachtung)

	Fläche mit Wildtier	Fläche ohne Wildtier
Detektion positiv	5	8
Detektion negativ	2	19

Bei der Yuneec-Drohne ergaben sich im Feldeinsatz bei der flächenweisen Betrachtung eine Sensitivität von 1,00, eine Spezifität von 0,00 sowie einen PPV von 0,79 und einen NPV von 1,00 (Tabelle 22). Die Fehlerrate betrug 14 %. Somit wurden mit der Yuneec-Drohne am wenigsten Wildtiere übersehen und am wenigsten pro Fläche fehlerhaft detektiert. Auch die Fehlerrate sinkt vom tragbaren Wildretter über die DJI-Drohne zur Yuneec-Drohne.

Tabelle 22: Vierfeldertafel für die Yuneec-Drohne (flächenweise Betrachtung)

	Fläche mit Wildtier	Fläche ohne Wildtier
Detektion positiv	11	3
Detektion negativ	0	7

Die erzielten Ergebnisse hängen jedoch wiederum in Zusammenhang mit der ausführenden Person, die das Quad fährt bzw. die Drohne fliegt und somit die Zahl der Wildtiere pro Fläche detektiert.

5.5 Einfluss der Waldrandstrukturen, der Rehwilddichte und der Bestandshöhen auf die Anwesenheit von Rehkitzen

Alle Parameter zur Waldrandstruktur waren nicht normalverteilt. Die Korrelation zwischen der Anzahl an gefundenen Rehkitzen pro ha und den Parametern wurde daher mittel der Spearman Rangkorrelation errechnet. In Tabelle 23 zeigt sich, dass keiner der Waldrandfaktoren mit der Anwesenheit von Rehkitzen auf der angrenzenden Fläche signifikant korrelierte. Auch die errechneten Korrelationskoeffizienten sind verhältnismäßig gering.

Tabelle 23: Korrelationen der Parameter zur Waldrandstruktur mit der Anwesenheit von Rehkitzen in den benachbarten Flächen zum Zeitpunkt der Mahd

Parameter zur Waldrandstruktur	Korrelationskoeffizient (ρ)	p-Wert
Nadelholzanteil	0,027	0,819
Laubholzanteil	-0,026	0,826
Wichsklasse	0,017	0,887
Beschirmungsgrad	0,035	0,768
Strukturelemente	-0,167	0,145
Astung am Waldrand	-0,106	0,380

Ein ähnliches Ergebnis ergab sich für die anhand der Abschussplanung pro 100 ha erhobenen Daten zur Rehwilddichte. So war die Korrelation zwischen den geplanten Abschüssen pro 100 ha und der vorgefundenen Rehkitze zwar bei 0,243, also höher als für die Waldrandstrukturparameter, aber dennoch nicht signifikant.

Die gemessenen Bestandshöhen waren zwar normalverteilt, da die Anzahl der gefundenen Rehkitze pro ha nicht normalverteilt war, musste für die Betrachtung der Korrelation dieser beiden Parameter ebenfalls der nichtparametrische Test verwendet werden. Die Korrelation beider Parameter lag bei 0,125 und war wiederum nicht signifikant.

5.6 Einsatzzeiten pro Hektar

Die Einsatzzeit pro ha wurde für den tragbaren Wildretter wiederum getrennt nach Einsätzen im Tragebetrieb und mit dem Quad ermittelt. In Abbildung 15 sind die jeweiligen Einsatzzeiten für alle Techniken für die Einzelflächen anhand deren Größe in ha dargestellt. Für jede Technik zeigt sich ein exponentieller Verlauf des Zeitbedarfs mit stark zunehmendem Zeitbedarf je kleiner die Fläche war. Bei größeren Flächen lag der Zeitbedarf pro ha beim Einsatz von Drohnen meist unter 10 min / ha.

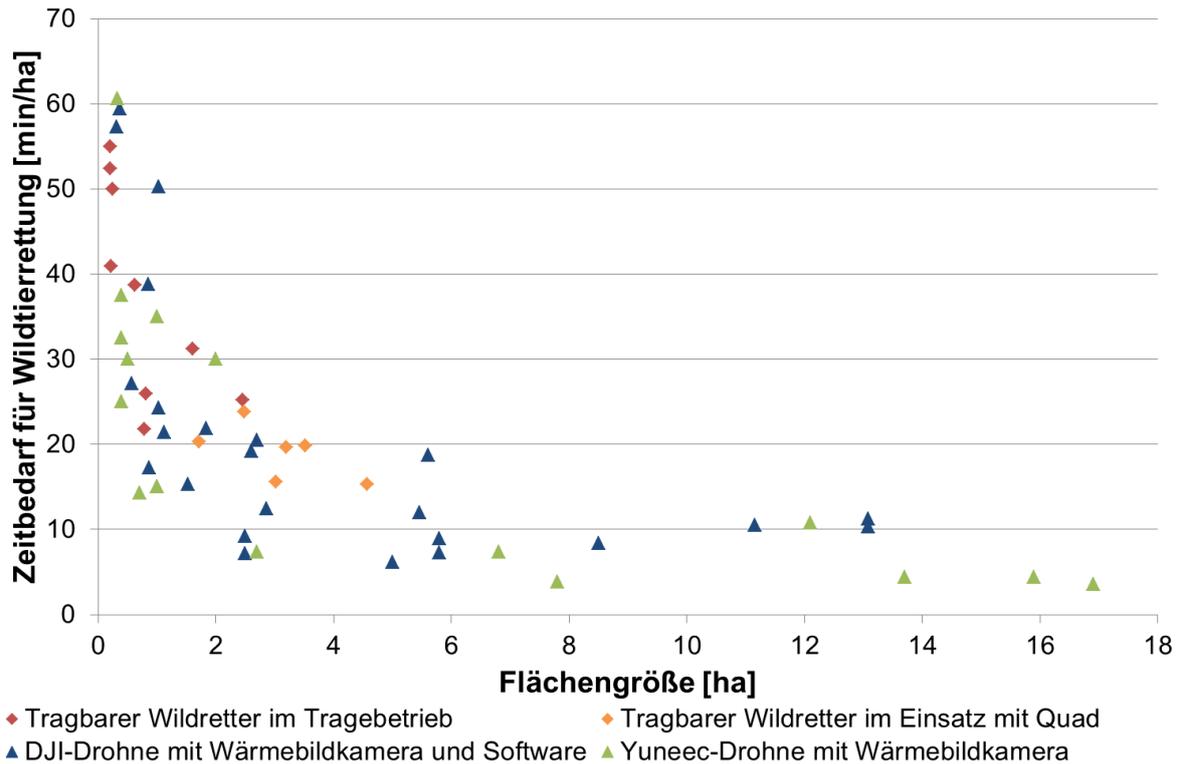


Abbildung 15: Zeitbedarf für die Wildtierrettung in Bezug zur Flächengröße

In Abbildung 16 ist der Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter (Mittelwert \pm Standardabweichung) kategorisiert nach Flächengröße abgebildet. Dabei fällt auf, dass der Zeitbedarf bei Flächen die größer waren als 3 ha beim Tragebetrieb wieder zu nahm. Am niedrigsten war der Zeitbedarf von 0,5 bis 3 ha, wobei im Mittel etwas weniger als 30 min benötigt wurden. Der Einsatz des tragbaren Wildretters auf dem Quad brachte eine weitere Zeitersparnis, die mit größer werdenden Flächen noch etwas zunahm.

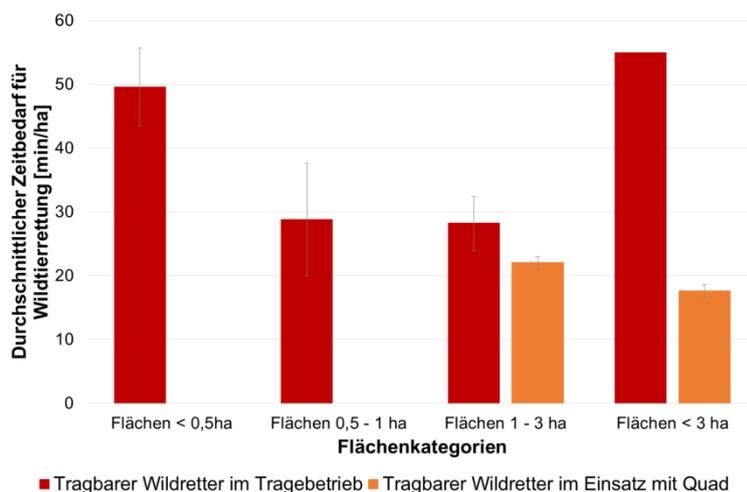


Abbildung 16: Durchschnittlicher Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter nach Flächenkategorien für beide Einsatzarten

Beim Einsatz von Drohnen mit Wärmebildkamera zur Wildtierrettung war der Zeitbedarf in allen Kategorien unter dem Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter (Abbildung 17). Bis zu einer Flächengröße von 10 ha nahm der Zeitbedarf kontinuierlich ab. Bei Flächen größer 10 ha ergab sich keine weitere Zeitbedarfseinsparung. Die

Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera konnte trotz niedrigerer Flughöhe eine höhere Flächenleistung erzielen als die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software.

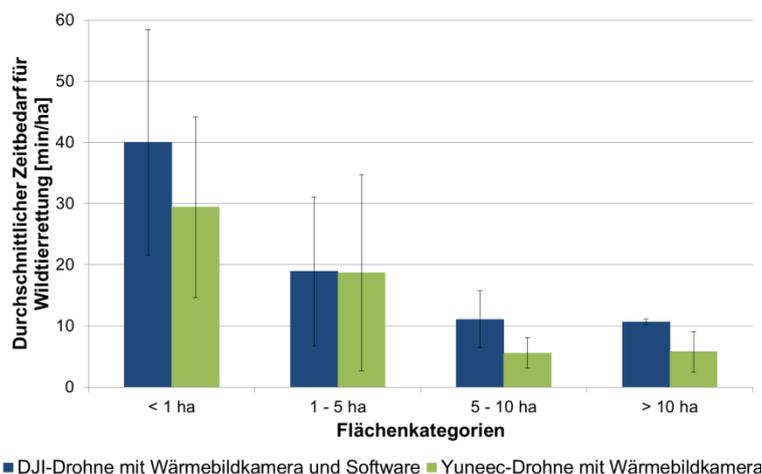


Abbildung 17: Durchschnittlicher Zeitbedarf für die Wildtierrettung mit den Drohnen

5.7 Scheuchentests

Bei den Scheuchentests konnten nur die Tests mit den LARS Wildrettungssystemen und den Systemen von Martin Thoma (Rehkitz-Retter/Wildschreck KR01) ausgewertet werden. Bei den weiteren Scheuchen im Einsatz waren sowohl vor dem Aufstellen der Scheuchen als auch bei der Mahd keine Rehkitze im Bestand. Da auch für diese beiden Modelle nur wenige Ergebnisse vorliegen, werden sie in Abbildung 18 gemeinsam darge-

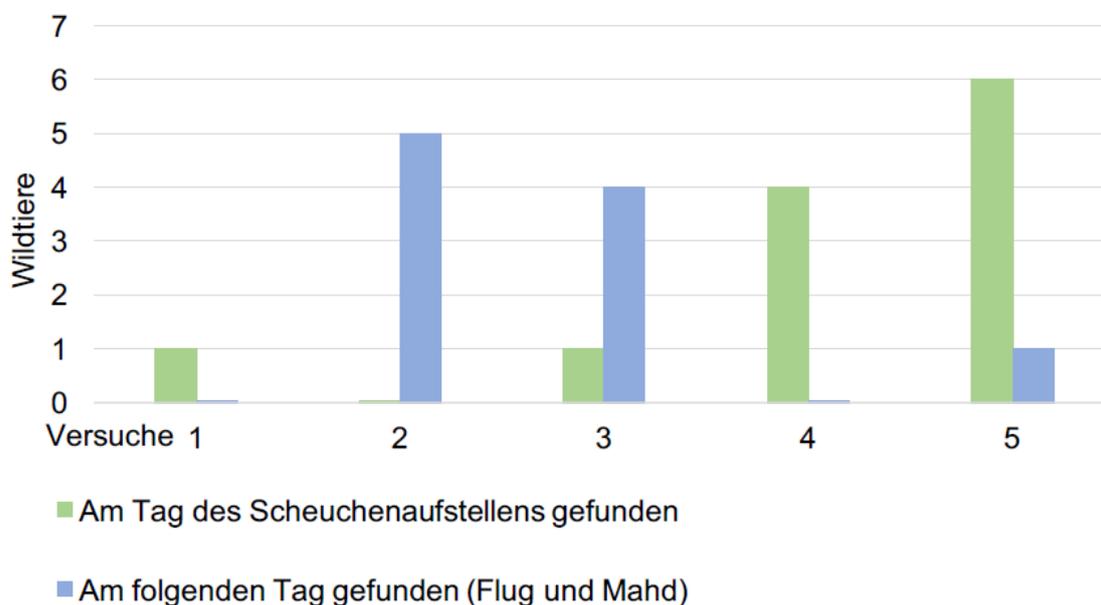


Abbildung 18: Anzahl mit der Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera gefundene Wildtiere vor dem Scheuchen aufstellen am Tag vor der Mahd und am Tag der Mahd

stellt. Insgesamt ergab sich ein sehr uneinheitliches Bild. An einzelnen Standorten konnten die Rehkitze und weiteren Wildtiere erfolgreich verscheucht werden, an anderen Standorten wanderten über Nacht trotz Scheuchen sogar noch Rehkitze zu. Generell ist der Testaufbau kritisch zu sehen, da ja mit den Drohnen nicht alle Rehkitze (Wildtiere) gefunden

werden konnten, und somit die Daten zum Wildtierbesatz vor dem Aufstellen der Scheuchen mit gewissen Fehlern behaftet sind

5.8 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden in den folgenden Tabellen für ausgewählte Szenarien dargestellt. Der tragbare Wildretter ist aufgrund seiner geringen Anschaffungs- und Betriebskosten die günstigste Variante (Tabelle 24). Allerdings sind mit dem tragbaren Wildretter nur geringere Flächenleistungen im gegebenen Zeitfenster realisierbar.

Tabelle 24: Einsatzkosten für den tragbaren Wildtierretter in beiden Betriebsarten bei unterschiedlichen Flächengrößen bei einer beteiligten Person

Flächenkategorie // Betriebsart	Tragebetrieb Kosten in (€ / ha)	Einsatz mit Quad Kosten in (€ / ha)
< 0,5 ha	78,93 € / ha	Einsatz nicht sinnvoll
0,5 – 1 ha	34,58 € / ha	
1 - 3 ha	18,95 € / ha	21,54 € / ha
> 3 ha	9,61 € / ha	15,47 € / ha

Der Einsatz der DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software ist dagegen die teuerste Variante (Tabelle 25). Hier kommt zusätzlich zum Tragen, dass bei größeren Flächen drei Personen für das Ausschöpfen einer maximalen Flächenleistung pro Tag erforderlich sind. Durch die begrenzte Anzahl an Bildern, die pro Flug in die Auswertesoftware eingespielt werden können, wird die Flächenleistung trotz höherer Flughöhe (50 m) im Vergleich zur Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera begrenzt.

Tabelle 25: Einsatzkosten für die DJI-Drohne mit Wärmebildkamera und Software bei unterschiedlichen Flächengrößen und Anzahl an beteiligten Personen (für 5 Ereignisse pro Fläche; hellorange und dunkelorange: Szenario mit 2 Feldwechseln in vorgegebener Zeit nur sehr knapp zu schaffen)

Flächenwechsel (FW)	2 FW		Flächengrößenabhängige Anzahl an FW	Anzahl an	
	Kosten (€ / ha)			Kosten (€ / ha)	
Anzahl Personen // Flächenkategorie	2 Pers. (Pilot + 1 Hilfsperson)	3 Pers. (Pilot + 2 Hilfs- personen)	x FW	2 Pers. (Pilot + 1 Hilfsperson)	3 Pers. (Pilot + 2 Hilfs- personen)
< 1 ha	99,32 € / ha	102,69 € / ha	8 FW	134,55 € / ha	141,33 € / ha
1 - 2 ha	53,68 € / ha	54,68 € / ha	5 FW	61,43 € / ha	63,72 € / ha
2 - 5 ha	42,19 € / ha	43,62 € / ha	3 FW	44,33 € / ha	45,96 € / ha
5 - 10 ha	37,82 € / ha	38,23 € / ha	1 FW	36,10 € / ha	36,23 € / ha
> 10 ha	27,05 € / ha	27,51 € / ha	1 FW	25,84 € / ha	26,11 € / ha

Die Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera liegt bei den Kosten nur etwas über dem tragbaren Wildretter und stellt dabei bei maximal realisierbarer Flächenleistung und sehr guten Detektiererfolg die zu bevorzugende Variante dar (Tabelle 26).

Tabelle 26: Einsatzkosten für die Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera bei unterschiedlichen Flächengrößen und zwei beteiligten Personen (Pilot + Hilfsperson)

Flächenwechsel (FW)	2 FW	Flächengrößenabhängige Anzahl an FW	
Flächenkategorie	Kosten (€ / ha)	x FW	Kosten (€ / ha)
< 1 ha	67,96 € / ha	10 FW	102,10 € / ha
1 - 5 ha	30,52 € / ha	6 FW	36,70 € / ha
5 - 10 ha	13,18 € / ha	4 FW	14,40 € / ha
> 10 ha	11,28 € / ha	3 FW	11,77 € / ha

6 Diskussion

In der folgenden Diskussion werden die Ergebnisse kritisch betrachtet und weitere Aspekte, die bei der Versuchsdurchführung als relevant erschienen kurz dargestellt.

6.1 Wildtierrettung mit dem tragbaren Wildretter

Die Zeitspanne ab Ende März, welche zur Suche der Versuchsfleichen zur Verfügung stand, wurde durch die herannahende Setzzeit der Kitze im Mai und Juni sehr stark eingeschränkt. Durch den Mangel an Zeit war es nicht möglich sich konkreter auf Flächen zu konzentrieren, auf welchen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit einem Wildtierbesatz gerechnet werden konnte. Durch ein erstmaliges Durchführen der Wildtiersuche in dieser Form ist es zusätzlich möglich, dass kooperierende Landwirte und Jäger das Angebot der Wildtiersuche vor der Mahd für alle zu mähenden Flächen sozusagen „ausnutzten“. Dabei wurden nicht ausschließlich gefährdete Flächen nach Wildtieren abgesucht. Dies ist vermutlich ein Grund dafür, dass nur wenige Rehkitze detektiert werden konnten. Für weitere Versuchsreihen in der Zukunft ist es sinnvoll sich bereits im Vorjahr um potentielle Flächen mit regelmäßigem Wildtierbesatz bei der Frühjahrsmahd zu bemühen.

Die Straßenbereifung des Quads verursachte teilweise Probleme. Auf Flächen mit Steigungen und höherem Vegetationsbestand fuhr sich das Quad fest bzw. rutschte. Besonders in noch feuchten Wiesen trat dieses Problem häufig auf. Daher ist es empfehlenswert entsprechend griffige Reifen für das Quad zur Wildtierrettung zu verwenden.

Mit dem tragbaren Wildtierretter war es insgesamt recht schwierig ein genaues Anschlussgehen bzw. Anschlussfahren zu realisieren. Auch wenn die Überlappungsflächen und undetektierten Bereiche nicht genau ermittelt werden können ist dennoch klar zu erkennen, dass diese vorhanden sind. Sowohl im Tragebetrieb wie auch im Einsatz auf dem Quad ist es in der Praxis extrem schwer die Fläche lückenlos abzusuchen. Dadurch besteht grundsätzlich die Möglichkeit ein Wildtier zu übersehen. Ein einfaches Spurführungssystem wäre sehr hilfreich gewesen, um zum einen keine Flächenstreifen auszulassen und zum anderen Flächen nicht doppelt zu Scannen.

Beim Einsatz des tragbaren Wildretters mit dem Quad wurde beobachtet, dass im Vergleich zum Tragebetrieb der Wildretter nicht so stark von einer Seite zur anderen schwankte. Dies könnte ein Grund sein, warum der Wildretter beim Einsatz mit dem Quad bei den Wärmflaschentests tendenziell etwas mehr Wärmflaschen richtig detektiert hatte. Die Furcht vieler Landwirte, dass das durch das Quad umgefahrene Gras nicht sauber gemäht werden kann hat sich bei normalen Beständen nicht bestätigt. So konnten nach dem Mähen die Quadspuren nicht mehr eindeutig identifiziert werden. Bei älteren Beständen, insbesondere z. B. alten Klee grasbeständen kann dies jedoch ein einschränkender Grund für den Einsatz eines Quads sein.

Der Versuchsablauf war grundsätzlich im Voraus ausführlich durchgeplant worden und konnte gut umgesetzt werden. Die durch die Versuchsplanung vorgesehenen Erfolgskontrollen nach der Mahd konnten auf Grund von mangelnder Anzahl von Jägern mit Schweißhunden nur auf einem Teil der Versuchsfleichen durchgeführt werden. Die Zahlen für die Erfolgskontrolle, welche sich aus vermähenden und abspringenden Wildtieren vor dem Mähwerk zusammensetzen (Aufnahmen der Aktionkameras), können somit nicht mit 100 %-iger Sicherheit als vollständig angenommen werden. Durch fehlende Hilfskräfte war es auch nicht möglich jeden Mähvorgang zu begleiten. Bei der Anzahl der vermähenden

und abspringende Wildtiere musste man sich somit in diesen Fällen auf die Aussagen der Landwirte und Lohnunternehmer, sowie die Kameraaufnahmen, verlassen.

Der tragbare Wildretter ist für den Einsatz auf kleineren Flächen geeignet. Bei größeren Flächen stößt man schnell an seine Grenzen, da das Durchlaufen des Bestands mit der Zeit sehr anstrengend werden kann, dazu kommt, dass der Bestand in der Regel sehr feucht ist. Weiterhin werden bei größeren Flächen die Strecken zum Feldrand, an dem z. B. die Wäschkörbe für die Sicherung der Rehkitze lagern, länger und somit ist einiges an Laufarbeit zu leisten.

Die Flächenleistung wird durch verschiedene Gegebenheiten vor Ort stark beeinflusst. Ausschlaggebende Faktoren für die Flächenleistung des tragbaren Wildretters in beiden Einsatzarten sind Bestandshöhe und Beschaffenheit der Vegetation, Flächenform, Wildbesatz und Art der Bergung von gefundenem Wild. Mit zunehmender Bestandshöhe wurde es schwieriger die Fläche in einem möglichst schnellen Tempo abzulaufen. Höhere Kräuteranteile in der Vegetation erhöhten zusätzlich die Stolpergefahr durch Hängenbleiben. Auch das Teleskoptragegestell des tragbaren Wildretters verhakte sich des Öfteren im hohen Bestand.

6.2 Wildtierrettung mit einer Drohne mit Wärmebildkamera

Die Einarbeitungszeit bei den Drohnen hängt deutlich von den Vorkenntnissen ab und lässt sich daher nicht pauschal angeben. Die Lernkurve zeigt die Fehlinterpretationen und die vermählten Wildtiere je Hektar im Verlauf des Versuchszeitraumes. Der Pilot muss bei der Yuneec-Drohne das Wärmebild selbst richtig interpretieren können, da ein vermutetes Wildtier nicht von einem Programm automatisiert angezeigt wird (DJI-Drohne) oder ein akustisches Signal (tragbarer Wildretter) warnt. Im Laufe der Versuche ist dabei deutlich zu erkennen, dass die Fehldetektionen pro Hektar sinken. Dies ist mit einem Lerneffekt zu begründen. Je mehr Erfahrung der Pilot hat, desto genauer kann er am Wärmebild auf dem Bildschirm der Fernbedienung erkennen, ob es sich um ein Wildtier oder zum Beispiel um einen Maulwurfshügel handelt. Nach einer Saison mit vielen Einsätzen ist davon auszugehen, dass der Pilot erfahren ist und nur noch wenig fehlerhaft detektiert bzw. übersieht. Damit ist auch von einer höheren Flächenleistung in den folgenden Jahren auszugehen. Bei der DJI-Drohne stellte sich im Laufe der Untersuchungen ebenso heraus, dass eine Interpretation des zusammengesetzten Wärmebildes durch den Piloten mit ausreichender Erfahrung zielführender ist als die automatisierte Auswertung mittels Kitz-GIS.

Die Kurve der vermählten Wildtiere je Hektar steigt zunächst an und fällt tendenziell mit mehr Einsatztagen wieder ab. Bei dieser geringen Anzahl an Versuchstagen und Versuchsergebnissen insgesamt wäre jedoch eine Aussage über die Bedeutung sehr vage. Hinter der Graphik steht ein anderer Gedanke. Die Vermutung war, dass mit dem Sinken der Fehlinterpretationen die Quote der vermählten Wildtiere stiege; der Pilot quasi öfter das Risiko eingeht etwas übersehen zu haben. Allerdings kann dies mit den Ergebnissen dieser Versuchsreihe nicht nachgewiesen werden. Zusätzlich wurde die Erfahrung gemacht, dass das Übersehen der Tiere meist nicht an der Interpretation des Wärmebildes liegt. Wahrscheinlicher sind andere Einflüsse, die in einem weiteren Kapitel erläutert werden. Rehkitze sind auf dem Wärmebild mit etwas Erfahrung und unter guten Bedingungen sehr deutlich zu erkennen.

Die Flugzeit pro Hektar ist ausschlaggebend für die Tagesleistung der Drohne und des Piloten. Einfluss darauf haben viele Faktoren, die nicht beeinflusst werden können. Wie an den Ergebnissen sichtbar ist, hat die Flächengröße einen wesentlichen Einfluss auf die

Flächenleistung. Bei kleinen Flächen muss meist mehr umgesetzt werden. Die Start- und Landezeiten fallen hierbei mehr ins Gewicht. Auch sind meist mehr Landschaftselemente oder angrenzende Hecken zu beachten.

Ein ähnlicher Faktor ist die Struktur der Fläche. Schon die Planung einer verwinkelten Fläche nimmt mehr Zeit in Anspruch, zusätzlich muss meist vor Ort nachgeplant werden. Dabei muss die Fläche aufgeteilt werden, um ein sinnvolles Flugraster darüber legen zu können. Zwischen den einzelnen Flugabschnitten muss immer wieder gelandet werden, damit der nächste Flugplan geladen werden kann. Bei einer größeren Flughöhe könnte das Areal geradlinig überflogen werden. Aber bei einer geringen Flughöhe wie im Fall der Yuneec-Drohne von nur 20 m müssen auch Landschaftselemente wie Bäume beachtet und umflogen werden. Leider kann aufgrund der Qualität der Wärmebildkamera nicht höher geflogen werden.

Auch die Temperatur hat Auswirkung auf die Flächenleistung. So muss bei höherer Temperatur die Flughöhe und damit auch die Fluggeschwindigkeit gesenkt werden, woraufhin die Flächenleistung sinkt. Dies ist nötig, da die Wärmebildkamera auf die Unterschiede der Strahlungstemperatur von Boden und Wildtier reagiert. Bei einer höheren Bodentemperatur ist die Differenz zwischen der Strahlungstemperatur von Boden und Tier zu gering. Dadurch kann bei einer höheren Umgebungs- und Strahlungstemperatur die Wärmebildkamera aus 20 m Höhe Wildtiere nicht mehr sicher detektieren.

Des Weiteren verlängert sich die Flugzeit pro Hektar durch viele Fehldetektionen. Auf einem Schlag mit vielen Wühlmausschäden, die sich unter bestimmten Bedingungen sehr schnell durch die aufgehende Sonne erwärmen steigt die Rate der Fehldetektionen stark an. Wobei auch hier die Erfahrung des Piloten wie oben beschrieben eine entscheidende Rolle spielt.

Interessanterweise wurde eine Drohnenpilotin ausfindig gemacht, die mit der Yuneec-Drohne auch nach 9 Uhr bzw. bei wärmeren Bedingungen erfolgreich Rehkitze sucht. Dazu wird nach Aussage der Pilotin die Flughöhe weiter auf ca. 10 m reduziert und langsamer geflogen. Trotz geringem Temperaturunterschied zwischen Rehkitz und Umgebung gelingt es der Pilotin nach eigener Aussage nahezu alle Rehkitze in einer Fläche zu finden. Diese Vorgehensweise wurde im Rahmen des Projekts bisher nicht getestet, wird aber im Nachfolgeprojekt eingesetzt werden.

Ein weiterer unbeeinflussbarer Faktor ist der Wildbesatz. Je mehr Wildtiere gefunden werden, desto häufiger muss mit der Yuneec-Drohne angehalten werden, um das Wildtier zu sichern. Ist der Pilot alleine, so muss zusätzlich gelandet werden. Dies kostet viel Zeit und zusätzlich Akkuleistung. Wenn ein oder mehrere Helfer und der Pilot ein eingespieltes Team bilden, ist dies der Faktor, der die Flugzeit pro Hektar deutlich verkürzt. Weiß der Helfer was zu tun ist, so kann der Pilot während der Wildtiersicherung weiterfliegen und eine dementsprechend höhere Flächenleistung erbringen. Leider standen im Rahmen dieser Arbeit keine eingewiesenen Helfer zur Verfügung. Zusätzlich waren die Piloten zu Beginn der Versuche noch unerfahren, wodurch viele Fehldetektionen die benötigte Zeit pro Hektar negativ beeinflussen. Unter diesen Aspekten sind die in dieser Forschungsarbeit angegebenen Flugzeiten pro Hektar nicht als fester Maßstab zu betrachten, sondern als sehr variabel anzusehen.

Von technischer Seite besteht auch die Möglichkeit die Flächenleistung zu optimieren. So kam es bei den Versuchen mit der Yuneec-Drohne mehrmals zu Verzögerungen durch Störungen der Funkverbindung. Sehr oft brach direkt nach dem Start die Übertragung des Wärmebildes zwischen Drohne und Fernbedienung ab. Blieb die Drohne ca. 30 s schwe-

bend in der Luft, so behob sich das Problem und der Einsatz konnte fortgeführt werden. Dieses könnte durch eine Investition in eine größere und stärkere Antenne an der Fernbedienung wahrscheinlich behoben werden.

Auch mit der DJI-Drohne gab es einige Probleme. So konnte leichter Dunst bzw. sich auflösender Nebel, bei dem ein Sichtflug eindeutig bereits möglich war, dazu führen, dass die aufgenommenen Bilder von der Software Agisoft nicht zu einem georeferenzierten Bild zusammengesetzt werden konnten. Es gab zu viele ähnlich Bilder, so dass sich die Rechenzeit sehr stark erhöhte oder gar kein Ergebnis verfügbar war. In diesen Fällen musste der Flug wiederholt werden. Ebenso war es notwendig, bei größeren Flächen in etwa Teilstücke, auf denen maximal 300 Bilder anfielen abzufliegen und nacheinander von der Software zusammensetzen zu lassen. Sobald man deutlich mehr Bilder zum Zusammensetzen in die Software eingelesen hatte, erhöhte sich die Rechenzeit exponentiell und allein die Verrechnung der Bilder hätte mehrere Stunden in Anspruch genommen.

Bei den Versuchen in der Praxis war die Erfolgsquote mit z. B. 57 % Sensitivität bei der Yuneec-Drohne mit Wärmebildkamera bei den gefundenen Wildtieren noch geringer als bei den Wärmflaschentests. Viele Faktoren, die im Folgenden erläutert werden, können dies beeinflussen. Wie bereits beschrieben, können auch hier zu geringe Temperaturunterschiede dazu führen, dass Wildtiere nicht gefunden werden können. Bei den Einsätzen wurde meist erst gegen 05:30 Uhr begonnen zu fliegen. Das führte dazu, dass die Wildtiersuche noch während des morgendlichen Sonnenscheins und des sich erwärmenden Bodens stattfand. Durch dies wird es schwieriger z. B. auf dem Wärmebild der Yuneec-Drohne Wildtiere zu erkennen. Ein weiterer Grund dafür, dass Rehkitze nicht gefunden wurden, könnte die Höhe des Bewuchses sein. Da die Kitze sich im Bestand drücken, können sie durch das Gras verdeckt werden und die Wärmeabstrahlung der Tiere wird isoliert. Dann ist es nicht möglich diese mit der Wärmebildkamera zu finden. So wurden auf einer der Versuchsflächen mit 13,7 ha drei Rehkitze vermäht und eine Geiß ist abgesprungen. In der Fläche wurde zuvor beim Befliegen kein Wildtier entdeckt. Der Bestand war hier circa 68 cm hoch und als Wickengemenge sehr dicht gewachsen. Vermutlich waren die Tiere unter dem Bewuchs versteckt.

Ein weiteres Problem ist die Standorttreue der Rehkitze. So können schon etwas ältere Tiere nicht mehr eingefangen, sondern nur noch verscheucht werden. Wenn daraufhin der zeitliche Abstand zwischen Wildtiersuche und Mahd zu lange dauert, laufen die Tiere wieder zurück in die Fläche. Dieses Problem lässt sich nur durch einen schnellen Mahdbeginn nach der Wildtiersuche minimieren, ganz auszuschließen ist es jedoch nicht. Für die Auswertung bedeutet dies, dass die Tiere zweimal erfasst wurden, sowohl als gefunden, als auch als vermäht.

Wie im Kapitel 2.4 beschrieben, müssen Flugverbotszonen eingehalten werden. Diese können teilweise nur mit einer Sondererlaubnis befliegen werden. Zum Beispiel in der Nähe von Elektrizitätswerken und Flughäfen oder in Naturschutzgebieten ist dies der Fall. Da der genaue Einsatzzeitpunkt aber wetterabhängig und nicht langfristig voraussagbar ist, kann dies zu Komplikationen führen. Gegebenenfalls muss die Methode der Wildtierrettung geändert werden und die Fläche zum Beispiel mit mehreren Helfern abgesucht werden.

Eine weitere Erfahrung, die gemacht wurde, ist die lückenhafte Internet- und Mobilfunkverbindung im ländlichen Raum. So war es im Feld teilweise unmöglich weiteres Kartenmaterial auf die Fernbedienung zu laden. Dies hatte zur Folge, dass kurzfristig vor Ort keine neuen Flächen in die Befliegung mit aufgenommen werden konnten. Die mangel-

hafte Mobilfunkverbindung erschwerte die Kommunikation auch unter den Beteiligten. Somit waren die vorgehaltenen Walkie-Talkies eine empfehlenswerte Alternative.

Die meisten Flächen sind mit einzelnen Bäumen, einer Hecke oder einem Waldrand gesäumt. Um die gesamte Fläche mit der Wärmebildkamera absキャンen zu können, muss so nah wie möglich an diesen Landschaftselementen vorbeigeflogen werden. Dafür verfügen beide Drohnen über eine Hinderniserkennung. Diese soll Hindernisse wie Äste erkennen und eine Kollision vermeiden. Allerdings wurde die Erfahrung gemacht, dass diese Technik nicht zuverlässig funktioniert. Es wird ein sicherer Flugabstand empfohlen.

Während der Befliegung einer Fläche kann es vorkommen, dass zwischengelandet werden muss, um zum Beispiel den Akku zu wechseln. Hierbei hat sich herausgestellt, dass dies oft schwierig ist. Das hohe Gras kann sich in den auslaufenden Rotoren verfangen. Hierfür wäre eine leichte, klappbare Platte als Landeplatz, die auf das Gras gelegt werden kann, vorteilhaft.

6.3 Einflüsse verschiedener Größen auf die Anwesenheit von Rehkitzen

Den Waldflächen sind die Rehkitze pro ha der angrenzenden Fläche zugeordnet worden. Dabei sind alle Flächen und Funde des gesamten Projekts mit in die Auswertung eingeflossen. Die Tiere auf den Flächen konnten auch mehreren Waldrändern zugeordnet werden, wenn verschiedene Waldstrukturen an diese angrenzten. Dies kann unter Umständen den Einfluss der jeweiligen Waldränder verzerren und dies kann zu dem weniger spezifischen Ergebnis beigetragen haben. Dass die Parameter nicht Normalverteilt waren, war bei einzelnen durchaus zu erwarten. So war es z. B. zu erwarten, dass der Laubholz- und Nadelholzanteil nicht normalverteilt sein würde, da dies ja viele Mischwälder und wenig Reinbestände vorausgesetzt hätte. Da wir sehr viele Flächen ohne Rehkitzfunde im Projekt hatten, sind diese im Vergleich zu den Flächen mit Rehkitzfunden überrepräsentiert. Weiterhin haben wir keine längeren Zeiträume auf den einzelnen Flächen abgebildet. Das heißt also, dass sich vor der Mahd oder zu einem späteren Zeitpunkt durchaus noch Rehkitze auf der Fläche aufgehalten haben können. Vermutlich sind diese Faktoren und die geringe Anzahl an einbezogenen Flächen die Hauptfaktoren für die errechnete niedrige und nicht signifikante Korrelation. In der Literatur finden sich nämlich schon Hinweise darauf, dass der Waldrand einen Einfluss auf die gesetzten Kitze in den angrenzenden Strukturen hatte (CHRISTEN et al., 2018; LINELL et al., 1999).

Die Auswertung zu den Abschussplanzahlen im Verhältnis zu den gefundenen Rehkitzen basiert auf der Annahme, dass diese indirekt Auskunft über die Rehwilddichte in einem Jagdrevier gibt. Dies ist insofern kritisch, da diese Vorgabe über mehrere Jahre immer wieder neu festgelegt wird und so der aktuelle Abschlussplan die Anzahl an Rehwild im Jagdrevier auch unter- oder überrepräsentieren kann. Insbesondere wird dies deutlich wenn die gängige Praxis bei der Festlegung der Abschusszahlen berücksichtigt wird, die ja auf den Empfehlungen des forstlichen Gutachtens zur Verjüngungssituation im Wald basieren und bei gleichbleibender Einstufung von den unteren Jagdbehörden im Dreijahresturnus erhöht werden. Da eine echte Kontrolle der erfolgten Abschüsse in der Regel nicht durchgeführt wird, kann diese in manchen Revieren zu sehr hohen Abschusszahlen führen, die jedoch nicht realisiert werden könnten. Zudem kann die tragbare Rehwilddichte in einem Revier regional stark variieren, da sie z. B. vom Äsungsangebot über das gesamte Jahr im jeweiligen Revier abhängt. Für diese Betrachtung ergab sich der größte Korrelationskoeffizient mit 0,243, der jedoch ebenfalls nicht signifikant war. Eine Ursache für dieses Ergebnis könnten wiederum die wenigen eingeflossenen Daten sein. Andererseits

könnten auch die bereits geschilderten Punkte zu den Abschusszahlen oder weitere Faktoren zum Ergebnis beigetragen haben.

Vergleicht man die Daten zur Vegetationshöhe bei den gefundenen Rehkitzten mit den Ergebnissen von CHRISTEN et al. (2018), so zeigt sich, dass in unserer Untersuchung mehr Rehkitze (58 %) in Beständen mit einer Vegetationshöhe von > 50 cm gefunden wurden, wohingegen bei CHRISTEN et al. (2018) in der vergleichbaren Kategorie nur 20 % der Rehkitze gefunden wurden. Konträr verhält es sich bei Vegetationshöhen zwischen 20 und 50 cm: CHRISTEN et al. (2018) fanden dort 54 % der Kitze wohingegen in der vorliegenden Erhebung bei diesen Vegetationshöhen nur 42 % der Kitze gefunden wurden. Wiederrum könnte die geringe Anzahl an Kitzfunden im Jahr 2019 oder aber auch die verschiedenen Gebiete für die Datenerhebung, bei CHRISTEN et al. (2018) wurden die Daten in alpinen Gebieten in der Schweiz erhoben, für die Unterschiede verantwortlich sein.

6.4 Scheuchentests

Bei den Scheuchentests war kein klares Ergebnis zu erkennen. Es konnte nicht festgestellt werden, ob die Scheuchen die Wildtiere verscheuchen oder sogar anziehen. Auffällig sind auf jeden Fall zwei Scheuchenversuche bei denen am folgenden Tag mehr Wildtiere auf der Fläche waren als am Tag als die Scheuchen aufgestellt wurden. Ein Grund dafür könnte die nicht weit entfernte Autobahn A9 sein: sie war im ersten Fall ca. 370 Meter und in zweiten Fall ca. 800 Meter entfernt. Die aufgestellten Scheuchen wirken wie in Material und Methoden beschrieben vor allem mit akustischen und visuellen Signalen. So könnte es sein, dass die Tiere schon durch die nahe Autobahn A9 an Lärm und Licht gewöhnt sind und sich durch die Scheuchen nicht mehr zusätzlich stören lassen. Auch sind beide Flächen nahe an einer Siedlung und könnten zusätzlich zur Autobahn von dort mit Lärm beaufschlagt werden. In einem weiteren Fall war eine Kiesgrube neben der zu mähenden Fläche. Dort verursachten Lastwagen, die über einen Feldweg zur Kiesgrube fahren sehr laute Geräusche.

Ein anderer Grund könnte aber auch ein Fehler in der Detektion der Wildtiere mittels Drohne sein. Beim Aufstellen der Scheuchen wird natürlich keine Fehlerkontrolle mit der anschließenden Mahd durchgeführt. Diese findet erst nach einer erneuten Suche am folgenden Tag statt. Allerdings beträgt die Erfolgsquote bei den Versuchen mit folgender Kontrolle durch die Mahd wie oben beschrieben je nach Drohne und Pilot im besten Fall lediglich 57 %. Somit könnte es sein, dass Wildtiere am ersten Tag übersehen wurden. Die Kontrolle am folgenden Tag wurde bei allen Tests von einer anderen Person mit einer anderen Drohne oder dem tragbaren Wildtierretter durchgeführt. Dies hat aber keine Auswirkung auf die Ergebnisse, da immer anschließend eine Kontrolle durch die Mahd stattfand.

Mit diesen wenigen Versuchen kann daher keine Aussage über die Wirksamkeit der Scheuchen getroffen werden. Für ein verlässliches Ergebnis sind mehr Versuche notwendig. Dies sollte im Folgeprojekt überprüft werden. Dabei könnten zum Beispiel gezielt Flächen an befahrenen Straßen und Flächen in einer ruhigen Gegend unterschieden werden.

6.5 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigen, dass mit steigender durchschnittlicher Flächengröße die Kosten je Hektar sinken. Beim tragbaren Wildretter stößt man dabei jedoch an eine Grenze, so können größere Fläche ab 3 ha im Tragebetrieb nicht

mehr so effizient abgesucht werden als kleinere Flächen. Beim Einsatz auf dem Quad können dahingegen auch auf größeren Flächen noch gute Flächenleistungen erzielt werden.

Bei den Drohnen lässt sich die höhere Flächenleistung bei größeren Flächen dadurch begründen, dass solche Einheiten besser mit der Flugroutenplanung vereinbar sind und somit seltener Zeit und Akkukapazität kostende Zwischenlandungen durchgeführt werden müssen. Zusätzlich wird keine Zeit für Feldwechsel benötigt. So kostet z. B. ein Feldwechsel mit der Yuneec-Drohne bei den in dieser Arbeit angenommenen Kosten 11,40 €. Da bei kleinen Flächen die Flächenleistung sinkt und gleichzeitig die Anzahl der Flächenwechsel steigt, sind die Kosten pro Hektar hoch. Um eine höhere Flächenleistung pro Einsatz zu erzielen, müssen mehr Akkus vorgehalten werden um Ladezeiten zu vermeiden. Diese würden wiederum mit den Anschaffungskosten in die Fixkosten einfließen. Hierzu wurden im Rahmen dieser Arbeit keine speziellen Kostenrechnungen erarbeitet. Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass der Einsatz einer Drohne mit Wärmebildkamera zur Wildtierrettung vor dem Mähtod erst ab einer Flächengröße von über fünf Hektar in Anbetracht der Kosten sinnvoll erscheint.

7 Ergebnisse des Workshops

Die Durchführung eines Workshops mit allen Interessensvertretern zum Thema Wildtierrettung war ebenfalls ein Ziel des Forschungsprojekts. Der Workshop fand am 4. Dezember 2018 in Grub statt. Er wurde von MinDirig. Wolfram Schöhl moderiert. Die Ergebnisse wurden auf der Projektinternetseite zusammengefasst und veröffentlicht (verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/205793/index.php>). Die besprochenen Punkte und Forderungen der Teilnehmer waren:

- Wildtierrettung in die Wildlebensraumberatung integrieren (inkl. Erstellen einer neuen App zur Vernetzung der Akteure),
- Förderung von Maßnahmen zur Wildtierrettung bzw. des Einsatzes von Drohnen,
- Erarbeitung eines Fahrerknigge,
- Auslobung und Bereitstellung von Preisen, Gütesiegeln oder Plaketten,
- Integration des Themas Wildtierrettung in die landwirtschaftliche Ausbildung,
- Forschung mit den vom StMELF geförderten Scheuchen,
- Erfassen von Praxiserfahrungen,
- Unterstützung der Entwicklungen in der Landtechnik (z. B. Sensoren am Mähwerk zur Erkennung von Tieren),
- Forschung zu den Themenkomplexen „Biologie des Rehwilds“ und „Methodenvergleich Wildtierrettung“.

Die Erstellung des im Workshop geforderten Fahrerknigge erfolgte in Form des Mäh-Knigge (THURNER und MIKSCHL, 2019). Der zunächst im Rahmen des Biogas-Forum-Bayern in der Arbeitsgruppe I „Substrate“ erarbeitete Entwurf wurde bis zur Veröffentlichung intensiv mit den verschiedenen Interessensvertretern aus den Bereichen Naturschutz, Jagd und Landwirtschaft sowie der Politik (StMELF, Runder Tisch) abgestimmt. Veröffentlicht wurde der Mäh-Knigge schließlich im Landtechnik-Forum der ALB-Bayern und als LfL-Information. Zwischenzeitlich wurden von Seiten der ALB und der LfL jeweils 5000 Stück gedruckt. Ein Großteil dieser Exemplare wurde bereits an verschiedene Interessensvertreter versandt.

Eine zweite Forderung aus dem Workshop wurde ebenfalls bereits umgesetzt. So wurde im Sommer 2019 ein Forschungsantrag in Kooperation mit der Technischen Universität München (Lehrstuhl für Ökoklimatologie, Frau Prof. Dr. Anette Menzel und Lehrstuhl für Tierernährung, Fachgebiet Wildbiologie, Herr Prof. Dr. Andreas König) und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Arbeitsgruppe Wildbiologie, Frau Dr. Wibke Peters) zum Thema Wildtierrettungsstrategien geschrieben und eingereicht. Zwischenzeitlich liegt eine mündliche Zusage von Seiten des StMELF vor, so dass damit gerechnet wird, dass zum 01.01.2020 das auf 3,5 Jahre angelegte Projekt starten kann.

Laufend wird am Wissenstransfer (vgl. Kapitel 8) und an der Erprobung der Technik auch im Praxiseinsatz gearbeitet. Weiterhin stehen wir in Kontakt zu einigen Landtechnikherstellern, die auf dem Gebiet Forschungsarbeiten durchführen. Ebenfalls besteht Kontakt zu verschiedenen Wildtierrettungsteams, die in unterschiedlichen Gegenden Landwirte bei der Wildtierrettung unterstützen. Deren Erfahrungen und Ergebnisse fließen auch in die Durchführung dieses Projekts ein bzw. werden in die laufende Projektplanung für das Folgeprojekt einbezogen.

8 Veröffentlichungen, Vorträge und Präsentationen

Im Rahmen dieses ersten Forschungsprojekts wurden bereits einige Tätigkeiten im Bereich des Wissenstransfers umgesetzt. Im Folgenden werden die bisher erfolgten Veröffentlichungen, Vorträge und Präsentationen chronologisch aufgeführt. Im Anschluss folgt eine Liste an weiteren, bereits fest eingeplanten künftigen Punkten zum Wissenstransfer. Bei Bedarf können die Schriftstücke (als pdf-Datei oder gedruckt), die Folien der Vorträge oder die präsentierten Poster gerne zur Verfügung gestellt werden. Einige der genannten Beiträge sind auch auf der Projektinternetseite verfügbar bzw. werden noch dort eingestellt.

- Erstellen und Überarbeiten der Projektinternetseite (verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/205793/index.php>, 1.677 mal aufgerufen seit Dezember 2018)
- Vortrag zum Thema „Wildtierrettung - Aktueller Stand der Maßnahmen an der LfL und Herausforderungen für den MR“ bei der Geschäftsführerschulung des KBM in Neuburg a. d. Donau am 19.03.2019 (S. Thurner)
- Vortrag zum Thema „Methoden zur Reduktion von Mähtod bei Wildtieren“ im Rahmen des Abstimmungsgesprächs StMELF-ILT in München am 11.04.2019 (S. Thurner)
- Veröffentlichung zum Thema „Mähtod bei Wildtieren vermeiden“ im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt 16/2019, Seite 30 (K. Mikschl und S. Thurner).
- Vortrag zum Thema „Mäh-Knigge“ im Rahmen des verlängerten Runden Tisches in München am 17.05.2019 (K. Mikschl)
- Pressetermin mit Frau Staatsministerin Michaela Kaniber am Haiderhof in Schneitzlreuth am 24.05.2019 (K. Mikschl, T. Heim, J. Vogl, M. Weig und S. Thurner) mit anschließender Berichterstattung in den Medien wie z. B. die Sendung mit Landwirtschaftsministerin Michaela Kaniber bei 17:30 SAT.1 BAYERN vom 01.06.2019 mit Beitrag vom Pressetermin zur Wildtierrettung.
- Vortrag zum Thema „Mähknigge - Handlungsempfehlungen zur tierschonenden Mahd“ im Rahmen des Kitzrettungs-Stammtisches in Moosinning am 06.06.2019 (S. Thurner)
- Sendung „Notizbuch“ Radio Bayern 2 mit Beitrag zum Thema „Vorsicht Rehkitze und andere Wildtiere in der Wiese - Mähknigge für Landwirte“ (Sendetermin: 06.06.2019, 10:05 Uhr, S. Thurner)
- Sendung „Unser Land“ BR-Fernsehen mit Beitrag zum Thema „Wiesen mähen und Rehkitze, Vögel und Insekten schützen“ (Sendetermin: 07.06.2019, 19:00 Uhr, S. Thurner, M. Weig, J. Vogl)
- Veröffentlichung des „Mäh-Knigge – Handlungsempfehlungen zur tierschonenden Mahd“ im Landtechnik-Forum der ALB-Bayern e. V. und als LfL-Information im Juni 2019 (Thurner, S. und K. Mikschl)
 - bis Anfang März 2020 wurden bereits 13.500 gedruckte Exemplare des Mäh-Knigges bayernweit verteilt (teils über die Landesgrenzen hinaus)
 - auf der Internetseite der ALB-Bayern e. V. (www.alb-bayern.de/laf2) wurde der Mähknigge seit dem Einstellen im Juni 2019 1.617 mal aufgerufen, wobei die Verweilzeit auf der Seite im Durchschnitt 3:03 Minuten betrug
 - auf der Internetseite der LfL (2.635 mal aufgerufen (allein im Februar 2020 über 1.000 mal, d. h. das Interesse steigt wieder stark an)
- Ausstellung einer Drohne mit Wärmebildkamera und Präsentation eines Übersichts-posters zur Wildtierrettung beim Erlebnistag der Ernährung „Digital ist real“ am

Samstag, den 29. Juni 2019 im Schmuckhof des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Dr. M. Demmel, Frau J. Pfeiffer, Projektgruppe Digitalisierung)

- Ausstellung einer Drohne mit Wärmebildkamera und verschiedener Scheuchen mit Präsentation von drei Postern (Projektübersicht, Drohnen, tragbarer Wildretter und Scheuchen) sowie Verteilung des Mäh-Knigge beim Hoffest der Familie Pellmeyer „600 Jahre Eggertshof“ am 30.06.2019 (S. Thurner)
- Vortrag zum Thema „Wildrettung bei der Frühjahrsmahd – Neue technische Entwicklungen und Handlungsbedarf - „Mähknigge“ als Reaktion auf das Volksbegehren in Bayern“ bei der Sitzung der Verbändeplattform Landtechnik und Verkehr am 2. und 3. Juli 2019 im HdLE in Berlin (S. Thurner)
- Projektpräsentation mit drei Postern (Projektübersicht, Drohnen, tragbarer Wildretter und Scheuchen) und Flugvorführung der Yuneec-Drohne sowie Wildtierrettungstechnikpräsentation beim 47. Grünlandtag in Steinach am 03.07.2019 (T. Heim und M. Weig)
- Projektpräsentation mit drei Postern (Projektübersicht, Drohnen, tragbarer Wildretter und Scheuchen) und Wildtierrettungstechnikpräsentation beim 31. Grünlandtag „Grünland im Wandel“ am Spitalhof am 12.07.2019 (S. Thurner).
- Ausstellung einer Drohne mit Übersichtsposter und Mäh-Knigge bei der Allgäuer Festwoche vom 06.-16.08.2019 in Kempten (R. Höck).
- Beitrag zum Thema „Handlungsempfehlungen zur tierschonenden Mahd“ für die Zeitschrift Naturland Nachrichten Ausgabe 06/2019, Seiten 32-34 (S. Thurner).
- Präsentation des Übersichtsposters und Mäh-Knigges beim Deutschen Grünlandtag, am 18. und 19. Oktober 2019 in Steinach (J. Maxa).
- Ausstellung einer Drohne mit Übersichtsposter und Mäh-Knigge bei der Fachmesse Agritechnica vom 10. – 16.11.2019 in Hannover (S. Thurner).
- Vortrag zum Thema „Einsatz von Drohnen zur Wildtierrettung“ bei der Mitgliederversammlung der ALB Bayern e. V. am 26. November 2019 in Ergolding (S. Thurner).
- Vortrag zum Thema „Mäh-Knigge – was heißt das?“ beim Milchviehtag an der Ökoakademie Kringell am 29.11.2019 in Kringell (S. Thurner).
- Vortrag zum Thema „Tierschonende Mähverfahren im Grünland“ im Rahmen des Gruber Seminars am 06.12.2019 in Grub (S. Thurner).
- Vortrag zum Thema „Verfahrenstechnik zur Wildtierrettung – Mähknigge“ beim Futterbautag 2020 Günzburg und Neu-Ulm am 2. Februar 2020 in Waldstetten (S. Thurner).
- Veröffentlichung zum Thema "Mäh-Knigge" für eine tierschonende Mahd in der (österreichischen) Bauernzeitung 7/2020 Seite 2 (S. Thurner).
- geplant: Vortrag zum Thema „Der Mähknigge – Möglichkeiten zur Wildtierrettung“ beim Infoabend zum Thema Wildtierrettung der Landwirtschaftlichen Lehranstalten des Bezirks Oberfranken in Bayreuth am 25.03.2020.
- geplant: Vortrag zum Thema „Untersuchungen zu verschiedenen Methoden zur Rehkitzrettung“ bei der 15. Tagung Landtechnik im Alpenraum vom 1.-2. April 2020 in Feldkirch, Österreich.
- geplant: Vortrag zum Thema „Evaluation of methods to avoid wildlife losses especially roe deer fawn losses when mowing grassland or fodder crops“ bei der 5th CIGR International Conference 2020 zum Thema Integrating Agriculture and Society through Engineering vom 14.-18. Juni 2020 in Quebec City.

Angefertigte studentische Arbeiten im Rahmen des Projekts (sind dem Bericht als Anlage beigelegt):

- Heim, T. (2019): Wildtierrettung bei der Grünlandmahd mit Drohne und Wärmebildkamera. Unveröffentlichte Masterarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München. 82 Seiten.
- Vogl, J. (2020): Wildtierrettung mit einem Infrarot-Wildretter bei der Grünlandmahd in zwei Einsatzarten. Unveröffentlichte Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München. 60 Seiten.
- Weig, M. (2020): Wildtierrettung mit einer Drohne – Erarbeitung von Erfolgskennzahlen. Unveröffentlichte Masterarbeit in der Arbeitsgruppe Wildbiologie und Wildtiermanagement am Lehrstuhl für Tierernährung am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München. 76 Seiten.

9 Schlussfolgerungen

Als Schlussfolgerung aus den bisher durchgeführten Aktivitäten lässt sich ableiten, dass der Forschungsbedarf zum Thema Biologie des Rehwilds und zu den Methoden der Wildtierrettung noch groß ist. So kann derzeit nicht abgeschätzt werden, in welchen Flächen sich Rehkitze oder andere Wildtiere befinden und was Flächen z. B. als Sitzplatz für eine Geiß oder als Abliegeplatz für ein älteres Rehkitz attraktiv macht. Weiterhin kann festgehalten werden, dass keine der getesteten Techniken zur Wildtierrettung eine zufriedenstellende Erfolgsrate aufweisen konnte. So wurden noch zu viele Fehldetektionen und übersehene Wildtiere gezählt. Ebenso eignen sich die getesteten Techniken nicht als Standardmaßnahme, die für alle zu mähenden Flächen routinemäßig eingesetzt werden könnte. Dafür ist der Zeitaufwand pro Hektar mit im Idealfall mindestens 10 min, kombiniert mit der auf die Morgenstunden von 5 bis 9 Uhr beschränkten Einsatzzeit zu hoch. Mit einem Wildtierrettungsteam bestehend aus 2 - 3 Personen können somit maximal 25 ha abgesehen werden. Beim Einsatz moderner Mähtechnik mit Arbeitsbreiten von mehr als 10 m werden jedoch bei günstigen Witterungsbedingungen mehr als 100 ha pro Tag gemäht. Dies würde für jedes Mähwerk 5 - 6 Wildtierrettungsteams bedeuten also insgesamt rund 15 Personen. Weiterhin können Rehkitze oder andere Wildtiere nicht den ganzen Tag lang z. B. unter Wäschekörben gesichert werden sondern die Mahd sollte zeitnah zur Suche und Sicherung erfolgen, sodass die Tiere wieder in die Freiheit entlassen werden können. Ebenso gibt es Tage, an denen z. B. Nebel oder Dunst die Suche nach den Rehkitzen mit Hilfe einer Drohne unmöglich macht. Gleichermaßen schränken hohe Temperaturen im Bereich von 20 °C und mehr in den frühen Morgenstunden sowie die rasche weitere Aufwärmung durch die Sonneneinstrahlung den Zeitraum zum Einsatz der Technik auf nur noch ein bis zwei Stunden ein. Darüber hinaus gibt es viele Flächen, die im Bereich von Flugverbotszonen liegen.

Somit ist es erforderlich, dass die zu mähenden Flächen bzw. Teilflächen anhand von Parametern wie z. B. dem Abstand vom Wald, der Bestandshöhe und –zusammensetzung, den Witterungsbedingungen der Rehwilddichte am Standort und anderen relevanten Parametern in Gefährdungskategorien eingeteilt werden. Für die einzelnen Gefährdungskategorien z. B. eine dreistufige Skala sollte dann ein unterschiedlich intensives Maß an Wildtierrettungsmaßnahmen vorgesehen werden, angefangen beim Aufstellen von Scheuchen bei einer niedrigen Gefährdungsstufe über den Einsatz des tragbaren Wildretters bis hin zum Einsatz von Drohnen mit Wärmebildkamera bei einer hohen Gefährdungsstufe. Somit sollte am Thema Wildtierrettung von mehreren Seiten intensiv geforscht werden um praxistaugliche Lösungen für die Vermeidung des Mähbods zu finden.

Neben der Weiterentwicklung der Methoden ist auch eine weitere Sensibilisierung der handelnden Personen hinsichtlich der Thematik Wildtierrettung generell aber auch in Bezug auf die vorhandenen Strategien erforderlich. Daher sollte das Thema Wildtierrettung gezielt bei Winterversammlungen, Feldtagen und Branchentreffs sowie in der Ausbildung angesprochen werden.

Literaturverzeichnis

BJV (2015): Kitzrettung – der Landwirt trägt Verantwortung! Online verfügbar unter: <https://www.jagd-neu-ulm.de/index.php/aktuelles/aktuelles-blog/318-bjv-newsletterapril-2015#c1590>, zuletzt aufgerufen am 15.10.2019.

Bork, J. (2014): Waldbau-Kompodium. TUM Lehrstuhl für Waldbau. Freising.

Braun, U. (2005): Botulismus beim Rind, Departement für Nutztiere der Universität Zürich, Schweiz. Arch. Tierheilk. 2006 by Verlag Hans Huber, HogrefeAG, Bern, Band 148, Heft 7, Juli 2006, Seiten 331–339.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Flyer: Die neue Drohnenverordnung.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019): Klare Regeln für Betrieb von Drohnen. Online verfügbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LF/151108-drohnen.html>, zuletzt aufgerufen am 15.10.2019.

Bundesverband Copter Piloten (2019): Die neuen Europäischen Drohnen-Regeln kommen. Online verfügbar unter: <https://bvcp.de/multicopter-news/recht/die-neuen-europaeischen-drohnen-regeln-kommen/>, zuletzt aufgerufen am 15.10.2019.

Christen, N., Janko, C. and M. Rehnus (2018): The effect of environmental gradients on the bed site selection of roe deer (*Capreolus capreolus*). In: Mamm. Res. (2018) 63, pp. 83–89. <https://doi.org/10.1007/s13364-017-0343-z>.

Cukor, J., Barto, J., Rohla, J. Sova, J. and A. Machálek (2019b): Use of aerial thermography to reduce mortality of roe deer fawns before harvest. Peer J. 7: e6923. <http://doi.org/10.7717/peerj.6923>.

Cukor, J., Havránek, F., Vacek, Z., Bukovjan, K., Podrázský, V. and R. P. Sharma (2019a): Roe deer (*Capreolus capreolus*) mortality in relation to fodder harvest in agricultural landscape. In: Mammalia 83/5, pp. 461–469. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2018-0002>.

Dumke, R. und C. Pils (1997): Renesting and Dynamics of Nest Site Selection by Wisconsin Pheasants; The Journal of Wildlife Management, Vol. 43, No. 3 (Jul., 1979), pp. 705–716.

Ellenberg, H. (1978): Zur Populationsökologie des Rehes (*Capreolus capreolus* L., Cervidae) in Mitteleuropa; Spixiana, Zeitschrift für Zoologie, hrsg. Zoologische Staatssammlung München.

Fackelmeier, A. and E. M. Biebl (2009): A Multistatic Radar Array for Detecting Wild Animals During Pasture Mowing. In: Proceedings of 2009 European Radar Conference (EuRAD) from 30th September to 2nd October 2009 in Rome, Italy. Published in IEEE Xplore from IEEE, 4 pages. ISBN: 978-1-4244-4747-3.

Galey, F. D. (2000): Type C botulism in dairy cattle from feed contaminated with a dead cat. J. Vet. Diagn. Invest. 12, pp. 204–209.

Grendelmeier, B. (2011): Entwicklung einer junghasenschonenden Mähmethode. Bachelorarbeit an der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW).

Heim, T. (in Arbeit 2019): Wildtierrettung bei der Grünlandmahd mit Drohne und Wärmebildkamera. Masterarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (Prof. Dr. H. Bernhard).

International Council for Game and Wildlife Conservation (CIC): Mowing Mortality in Grassland Ecosystems, 2011.

Israel, M. (2011): A UAV-based roe deer fawn detection system. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XXXVIII-1/C22, pp. 51-55. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-51-2011>. ISPRS Zürich 2011 Workshop, 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland.

Israel, M. (2016): Entwicklung eines UAV-basierten Systems zur Rehkitzsuche und Methoden zur Detektion und Georeferenzierung von Rehkitzen in Thermalbildern. Der Fliegende Wildretter. Dissertation am Fachbereich für Mathematik/Informatik der Universität Osnabrück, 147 Seiten.

Israel, M., Mende, M. and S. Keim (2015): UAVRC, a generic MAV flight assistance software. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-1/W4, pp. 287-291. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-287-2015>.

Israel, M., Schlagenhaut, G., Fackelmeier, A. und P. Haschberger (2010): Untersuchungen zur Wilderkennung beim Mähen.

Jarnemo, A., Liberg, O., Lockowandt, S., Olsson, A. and K. Wahlström (2002): Predation by red fox on European roe deer fawns in relation to age, sex and birth date. In: Can. J. Zool: 82, pp. 416-422. DOI: 10.1139/Z04-011.

Kittler L. (1979): „Wildverluste durch den Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen nach einer Erhebung aus dem Jagdjahr 1976/77 in Nordrhein-Westfalen“ Zeitschrift für Jagdwissenschaft, Ausgabe 25, April 1979: 22-32.

Kühn, M (2013): Stabilisierung und Verbesserung des Multicopter-Flugverhaltens anhand einer Simulation (S. 7).

Kurt, F. (2002): Das Reh in der Kulturlandschaft, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart.

Kurt, F. 1991. Das Reh in der Kulturlandschaft.

Liehner, C. (2018): Unkooperativer Landwirt verurteilt: Kitzrettung ist ein Muss, Jagderleben, Online verfügbar unter: <https://www.jagderleben.de/news/unkooperativer-landwirt-verurteiltkitzrettung>, zuletzt aufgerufen am 25.09.2019.

Linell, J. D. C. and R. Andersen (1998): Timing and synchrony of birth in a hider species, the roe deer *Capreolus capreolus*. Journal of Zoology, 244, pp. 497-504.

Linell, J. D. C., Nijhuis, P., Teurlings, I. and Reidar, A. (1999): Selection of bed-sites by roe deer *Capreolus capreolus* fawns in an agricultural landscape. In: Acta Theriol 49 (1), pp. 103-111. DOI: 10.1007/BF03192512.

Linnell, J. D. C. (1994): Reproductive tactics and parental care in Norwegian Roe Deer, Ph. D. thesis, National University of Ireland.

Metzner, J. und M. Sommer (2019): Schutz unserer heimischen Insekten – Leitlinien des DVL. Eigenverlag Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (DVL), Ansbach, 2. aktualisierte Auflage, 11 Seiten. Online verfügbar unter:

- <https://www.lpv.de/uploads/media/DVL-Insektenschutz-Leitlinien.pdf> (zuletzt aufgerufen am 10.10.2019).
- Milanov, Z. B. (1995): Effect of mowing fodder plants on small game populations in central Bulgaria.
- MWV (2019) Durchschnittlicher Preis für Superbenzin in Deutschland in den Jahren 1972 bis 2019 (Cent pro Liter). 08.2019.
- Nolting, J. (2005): Wie funktionieren eigentlich Wärmebildgeräte?, Doz. Optometrie 7-2005, S. 36-41.
- Pettorelli, N. Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J. and N. C. Stenseth (2005): Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. In: Trends in Ecology and Evolution Sept 01, 2005, Vol. 20, Issue 9, pp. 503-510. DOI: 10.1016/j.tree.2005.05.011.
- Pinter, H (1963): Beobachtungen bei der künstlichen Aufzucht von Rehkitzen. In: Zeitschrift für Jagdwissenschaft, June 1963, Volume 9, Issue 2, pp. 69–73.
- Pöttinger (2017): Sensosafe Tierernkennung. Online verfügbar unter: http://www.poettinger.at/de_de/Agritechnica (zuletzt aufgerufen am 10.10.2019).
- Prochnow, A. und J. Meierhöfer (2003): Befahrmuster bei der Grünlandmahd: Faunaschönung und Aufwendungen. Agrartechnische Forschung 9 (2003) Heft 4, S. 36-43.
- Przybilla, H.-J. und W. Wester-Ebbinghaus (1979): Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug. Bildmessung und Luftbildwesen, 47, Seiten 137-142.
- Pückler, M (2005): Acht Kitze ausgemäht, Magazin Jagdrecht, Wild und Hund 9/2005.
- Quan Quan (2017): Introduction to Multicopter Design and Control (6f), ISBN 978-981-10-3381-0.
- Regierung von Oberbayern, Luftamt Südbayern (2017): Oberbayerisches Amtsblatt Nr. 25 / 2017; Wirtschaft und Verkehr (202 ff.).
- Steen, K. A., A. Villa-Henriksen, O. R. Therkildsen and O. Green (2012): Automatic detection of animals in mowing operations using thermal cameras. In: Sensor 12, pp. 7587-7597.
- Steinberger, S. (2011): Kurzrasenweide – der Weideprofi misst seinen Aufwuchs. 2011.
- Tank, V., Dietl, H. und A. Tank (1987): Einrichtung zur Erkennung von Wild. Deutsches Patent Nr. 3730 449, 10. September 1987.
- Tank, V., Haschberger, P., Dietl, H. und W., Lutz (1992): Infrarotoptischer Wildsensor — eine Entwicklung zur Detektion von Wild in Wiesen und zur Wildrettung bei der Frühjahrsmahd. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 38, Seiten 252-261.
- Thaysen, J., Spiekers, H., Fübbecke, A., Grube, J., Berg, W., Böhm, H., Fröba, N., Gerighausen, H.-G., Schroers, J. O. und R. Tölle (2014): KTBL-Datensammlung Futterbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren. Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt, 452 Seiten. ISBN 978-3-941583-88-7.
- Thurner, S. und K. Mikschl (2019): Mäh-Knigge – Handlungsempfehlungen zur tierschonenden Mahd. LfL-Information, Hrsg. Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 2. Auflage, Juni 2019, 11 Seiten. Online verfügbar unter

https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/maehknigge_lfl-information.pdf, und Beratungsblatt im Landtechnik-Forum der ALB-Bayern e. V., Juni 2019, 12 Seiten. Online verfügbar unter www.alb-bayern.de/laf2, zuletzt aufgerufen am 15.10.2019. Zuletzt aufgerufen am 15.10.2019.

Tyler, G. A., Green, R. E. und C. Casey (1998): Survival and behaviour of Corncrake *Crex crex* chicks during the mowing of agricultural grassland. *Bird Study*, 45, pp. 35-50.

Vickery, J. A., Tallowin, J. R., Feber, R. E., Asteraki, E. J., Atkinson, P. W., Fuller, R. J. and V. K. Brown (2001): The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology*, 38, pp. 647-6+64.

Vogl, J. (in Arbeit 2019): Wildtierrettung mit einem Infrarot-Wildretter in zwei Einsatzarten. Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (Prof. Dr. H. Bernhardt).

Vogtländer, G. und N. Voss (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und –bewertung Grünland – Feldfutter – Rasen. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Weig, M. (in Arbeit 2019): Arbeitstitel: Wildtierrettung mit einer Drohne – Erarbeitung von Erfolgskennzahlen. Masterarbeit am Lehrstuhl für Tierernährung in der Arbeitsgruppe Wildbiologie (Prof. Dr. A. König).

Wiesener, E. (1972): Fütterung und Fruchtbarkeit, Jena, Fischer, pp.104.