

Autoren:

Dr. Martin Israel,
Dr. Peter Haschberger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Dissemination X Öffentlich
 X BMEL / BLE
 X Wildretter

Dateiname 2819100312_Schlussbericht.docx

Seitenzahl 34

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung und Stand der Technik	5
2	Projektidee und Zielsetzung	7
3	Arbeitsplanung und Projektorganisation	8
4	Durchgeführte Arbeiten und wichtigste Ergebnisse	9
4.1	Kurzfassung	9
4.2	Der Fliegende Wildretter	10
4.2.1	AP 110 Plattform: Fliegend	10
4.2.1.1	Designziel	10
4.2.1.2	Suchstrategien	11
4.2.1.3	Beobachtungsgeometrie	12
4.2.2	AP 130 Detektion	13
4.2.2.1	Bildverarbeitung	15
4.2.2.2	Fehlalarmreduktion	16
4.2.2.3	Mustererkennung	17
4.2.3	AP 140 Georeferenzierung	18
4.3	Praxistests	19
4.4	Begleituntersuchungen (AP 500)	21
4.4.1	AP 510 Betreuung Kleinserie	21
4.4.2	AP 520 Effizienz von Wildscheuchen	21
4.4.3	Weitere wildbiologische Untersuchungen	22
4.5	Wissenschaftliche Ergebnisse DLR	23
4.5.1	Patentanmeldungen, -erteilungen	23
4.5.2	Dissertationen	23
4.5.3	Veröffentlichungen	23
4.5.4	Studentische Arbeiten	23
5	Verbundprojekt: Ergebnisverbreitung	24
5.1	Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse	24
5.2	Publikationen	27
5.3	Zeitschriften-, Konferenzbeiträge	27
5.4	Öffentlichkeits- und Pressearbeit	28
5.5	Preise und Auszeichnungen	32
6	Anlage: Erfolgskontrollbericht (vertraulich)	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der Arbeitspakete und Teilarbeitspakete	8
Abbildung 2:	Fliegender Wildretter mit Thermalkamera und drei CMOS-Kameras (Stand 2012).....	10
Abbildung 3:	Geometrische Randbedingungen bei der Rehkitzdetektion im hohen Gras .	12
Abbildung 4:	Das Hanglagenproblem.	13
Abbildung 5:	Farb- und Thermalbilder von Rehkitzen aus 1,2 m Distanz.....	14
Abbildung 6:	Durchschnittsstrahlungstemperaturen von zehn Rehkitzen und ihrer Wiesenumgebung.....	14
Abbildung 7:	Histogramm zum Rohbild aus Abbildung 8.....	15
Abbildung 8:	Anwendung des Bildvorverarbeitungsalgorithmus MbOpt.....	15
Abbildung 9:	Farb- und Thermalbilder von vermeintlichen Rehkitzen.	16
Abbildung 10:	Korrelation von Bestrahlungsstärke der Sonne und Anzahl der Fehlalarme.	17
Abbildung 11:	Fehler bei der direkten Georeferenzierung.....	18
Abbildung 12:	Verbesserung der Georeferenzierung am Beispiel einer Fundstelle.	19
Abbildung 13:	Ergebnisse der Kitzkampagne 2015.....	20
Abbildung 14:	Kiebitzgelege, links: Foto, rechts: Thermalaufnahme aus 30 m Höhe.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abhängigkeit der Flächenleistung von der Flughöhe.....	13
Tabelle 2:	Ergebnisse der operationellen Kitzsuche mit dem Fliegenden Wildretter während des Projekts.	20

Die nachfolgenden Kapitel 1 – 3 erläutern Umfeld, Ziele, Aufgaben und den groben Ablauf des Verbundprojekts „System und Verfahren zur Rehkitzrettung während der Grünlandmahd“, Kapitel 5 fasst die wesentliche Ergebnisse des Verbundprojekts zusammen und stellt die Ergebnisverbreitung dar. Zur einheitlichen Darstellung werden diese Kapitel in identischer Form bei den Schlussberichten der Teilvorhaben aller Projektpartner verwendet.

Kapitel 4 dokumentiert die Arbeiten und Teilergebnisse des Projektpartners DLR.

1 Problemstellung und Stand der Technik

In der maschinellen Agrarlandbearbeitung werden in der Bundesrepublik Deutschland nach Schätzungen jedes Jahr etwa 500.000 Wildtiere (Rehkitze, Junghasen, Bodenbrüter etc.) verstümmelt oder getötet, davon alleine ca. 100.000 Rehkitze bei der Grünlandmahd. Der Verlust an Wildbret hat einen Wert von etwa 4 bis 5 Mio. €.

Mit Kadaverteilen kontaminiertes, siliertes Mähgut führt immer häufiger zu tödlichem Botulismus bei damit gefütterten Rindern und Pferden, mit oftmals beträchtlichem materiellen Schaden.

Im Jahre 2002 wurde der Tierschutz als Staatsziel in das Grundgesetz aufgenommen, was ihm somit zu einem zunehmend hohen Stellenwert in unserem Rechts- und Wertesystem verhilft.

In der Agrarlandbearbeitung kann der Tierschutz heutzutage aufgrund der steigenden Arbeitsbreiten (bis zu 14 m) und -geschwindigkeiten der Landmaschinen (bis zu 20 km/h) ohne technische Hilfsmittel praktisch nicht umgesetzt werden. Speziell während der Grünlandmahd sind der Zeitdruck und die Bearbeitungsintensität so hoch, dass die traditionell von Landwirten, Jägern und Tierschützern praktizierten Verfahren (u. a. Absuchen der Wiesen) nur marginalen Erfolg zeigen.

In der landwirtschaftlichen Praxis werden bisher zwei prinzipiell unterschiedliche Ansätze verfolgt, um das Vermähen der Rehkitze zu vermeiden:

1. Schutz durch Vertreiben der Tiere aus dem Gefahrenbereich.
2. Schutz durch Auffinden der Tiere und Ingewahrsamnahme für die Dauer der Gefährdung.

Ad 1.) In den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde das Vertreiben mit verschiedenen Verfahren untersucht. Scheuchen, Blitzlampen, Lärmquellen, Verstärkern, Rechen/Ketten am Mähwerk, Elektroschocks sowie Verfahren des "Anmähens" der Wiesen zeigten nicht den erwünschten Erfolg.

Ad 2.) Durch Feldbegehung, teilweise unterstützt durch Jagdhunde, wird seit langer Zeit in Einzelfällen das Verfahren der Sicherung nach Erkennung ausgeübt. Der erforderliche

Personal- und Zeitaufwand schließt eine auch nur annähernd hinreichende Anwendung dieser Methode bei der großflächigen Bewirtschaftung in heutiger Zeit jedoch aus.

Im Rahmen des Projekts "Entwicklung und Erprobung eines Trägersystems mit Sensortechniken zur Auffindung wildlebender Tiere beim Mähen landwirtschaftlicher Flächen – Wildretter" (BMBF-Förderkennzeichen 16SV3669, 01.04.2008 – 31.12.2011, Projektträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH) wurde in den letzten Jahren umfassend der Einsatz technischer Sensoren zur Erkennung des Wilds erprobt: Infrarotstrahlungssensoren (Einzelsensoren, Kameras) erkennen Warmblüter, Mikrowellensensoren (MW) erkennen das Wasser im Körper der Tiere, Daten von Videokameras und Abstandssensoren unterstützen die Auswertung der Sensorinformationen. Dieses Projekt lieferte folgende zentrale Erkenntnisse:

- Generell erfordern Wildrettungssysteme, die operationell am Traktor oder am Mähwerk betrieben werden, eine sehr robuste Ausführung. Sie unterliegen hohen Anforderungen hinsichtlich der Datenverarbeitungs-/Reaktionsgeschwindigkeit und der Erkennungszuverlässigkeit, und ihr Einsatz bedingt aufwändige mechanische Erweiterungen (Auslegertechnik).
- Für den Einsatz am Traktor erkennt ein multistatischer Mikrowellensensor, gekoppelt mit einem sondierenden Infrarotdetektor, zuverlässig Tiere im Gras.
- Bildgebende Systeme (Kameras) erwiesen sich als zentrale Bestandteile der Messkette. Im praktischen Einsatz am Traktor stellen die empfindliche Optik und die große Datenmenge, die schritthaltend verarbeitet werden muss, jedoch hohe Anforderungen an eine einsetztaugliche Geräteentwicklung. Beim Einsatz auf fliegenden Plattformen hingegen, von denen aus die Wiesen vor der Mahd nach Tieren abgesucht werden, sind sie die adäquaten Sensoren.
- Durch die zeitliche Entkopplung des Suchvorgangs vom Mähvorgang wird für die Suche Zeit gewonnen. Sensorsystem und die Suchstrategie können aufgabenspezifisch optimiert werden, wodurch die Erkennungsrate steigt. Ein anschließendes Wiederfinden der Kitze während der Mahd erfordert allerdings ein geeignetes Markierungsverfahren für die Tiere. Zudem besteht durch die zeitliche Trennung das Risiko, zwischenzeitlich geborene Tiere nicht erfassen zu können.
- Eine Studie mit Umfrage bei Jägern, Landwirten und Lohnmähern zeigte, dass nahezu alle Befragten ein Bedürfnis nach Wildrettung im Allgemeinen haben. Ein Großteil aller drei Personengruppen hat Interesse an einer Technologie zum zuverlässigen Aufspüren und Retten von Wildtieren. Hauptbeweggrund für das Interesse ist der Tierschutz, gefolgt von Futterqualität und Botulismus-Vorbeuge. Vor allem der hohe Zeitdruck während der Grünfutter-Ernte erschwert die zuverlässige Durchführung von geeigneten Maßnahmen zum Wildtierschutz. Der Großteil der Landwirte und Jäger bevorzugt ein Suchverfahren

vor dem Mähvorgang. Die in der Personenanzahl deutlich kleinere Gruppe der Lohnmäher würde ein Verfahren während des Mähvorgangs bevorzugen.

2 Projektidee und Zielsetzung

Die Arbeiten im Vorhaben "System und Verfahren zur Rehkitzrettung während der Grünlandmahd" hatten zum Ziel, ein einsatztaugliches System für die Kitzrettung zu entwickeln. Das Konsortium baute dabei auf den Ergebnissen und Erfahrungen des Projekts "Entwicklung und Erprobung eines Trägersystems mit Sensortechniken zur Auffindung wildlebender Tiere beim Mähen landwirtschaftlicher Flächen – Wildretter" (BMBF-Förderkennzeichen 16SV3669, 01.04.2008 – 31.12.2011, Projektträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH) auf.

Die folgenden Teilschritte wurden hinsichtlich der technischen und operativen Abläufe aufeinander abgestimmt und zu einem Gesamtsystem integriert:

- Finden der Kitze in der Wiese (= Suchen und sicheres Erkennen)
- Markieren der Kitze
- Wiederfinden markierter Kitze
- Retten/Sichern der Tiere

Das Gesamtsystem wurde auf die drei Parameter

- Sicherheit/Zuverlässigkeit bei der Detektion von Lebewesen,
 - Nutzerakzeptanz (Betrieb, Bedienung)
 - Marktakzeptanz (Praxistauglichkeit und Anschaffungskosten)
- optimiert.

3 Arbeitsplanung und Projektorganisation

Die Vorgehensweise im Projekt orientierte sich an den vier oben genannten Prozessschritten und spiegelt sich in der Aufteilung der Arbeitspakete wider:

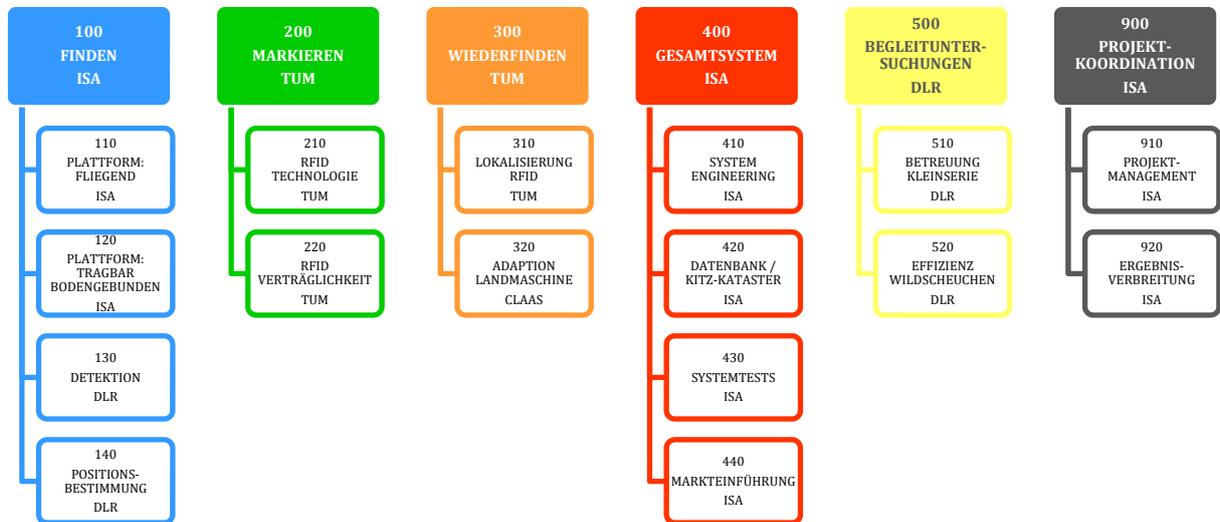


Abbildung 1: Übersicht der Arbeitspakete und Teilarbeitspakete

4 Durchgeführte Arbeiten und wichtigste Ergebnisse

Abschnitt 4.1 erläutert die wesentlichen Inhalte der DLR-Arbeitspakete im Verbundprojekt. Die Schwerpunkte des Teilprojekts werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

4.1 Kurzfassung

In der maschinellen Agrarlandbearbeitung werden in Deutschland jedes Jahr ca. 100.000 Rehkitze bei der Grünlandmahd verstümmelt oder getötet. Mit Kadaverteilen kontaminiertes, Mähgut kann zu tödlichem Botulismus bei damit gefütterten Nutztieren führen. Im Jahre 2002 wurde der Tierschutz in das Grundgesetz aufgenommen, seine Umsetzung in der Agrarlandbearbeitung ist zurzeit nicht möglich. Es wird seit Jahrzehnten vergeblich nach praktikablen Lösungen gesucht.

Ziel des Verbundvorhabens ist es, verfahrens- und gerätetechnisch ein Gesamtsystem zur Wildrettung aufzubauen, mit dem zeitlich entkoppelt vom Mähvorgang die Kitze zunächst in der Wiese gefunden werden (= DLR-Beiträge), diese geeignet markiert werden, um sie im direkten Umfeld der Mahd anhand dieser Markierung wiederfinden und sichern zu können.

Das DLR lieferte folgende Beiträge:

- Untersuchung, Festlegung geeigneter Strategien zur zeit- und flächenoptimierten Suche von Rehkitzen aus der Luft
- Entwicklung, Aufbau und Felderprobung eines vorwettbewerblichen, marktfähigen „Fliegenden Wildretters“ bestehend aus kommerziell verfügbaren Hardware-Komponenten (UAV, Infrarotkamera) und anwendungsoptimiert entwickelter Software
- Wissenschaftliche Untersuchung von projektspezifischen Verfahren der Fernerkundung: Rehkitz-Detektion, Bildverarbeitung, Mustererkennung, Georeferenzierung, Systemcharakterisierung
- Betrachtung, Optimierung des Gesamtsystems „Fliegender Wildretter“
- Untersuchung von Einsatzszenarien für weitergehende wildbiologische Fragestellungen

Die bei der Kitzrettung relevanten ersten Teilschritte „Suchen“, „Erkennen“, „Verorten“ sind mit den Arbeiten des DLR umfassend wissenschaftlich untersucht und auf ihre Effizienz bezüglich Zuverlässigkeit und Flächenleistung optimiert. Praxistauglichkeit und Nutzerakzeptanz wurden nachgewiesen.

4.2 Der Fliegende Wildretter

Die nachfolgenden Kapitel liefern einen Überblick über einige zentrale wissenschaftliche Untersuchungen und deren technische Umsetzung im Umfeld des „Fliegenden Wildretters“. Die umfassende Darstellung aller bearbeiteten wissenschaftlichen und technischen Aspekte dieses System findet sich in der parallel angefertigten Promotionschrift¹.

4.2.1 AP 110 Plattform: Fliegend



Abbildung 2: Fliegender Wildretter mit Thermalkamera und drei CMOS-Kameras (Stand 2012).

Im Arbeitspaket 110 wurden eine fliegende Plattform und geeignete Sensoren ausgewählt, untersucht und auf die Anwendung der Rehkitzdetektion angepasst und optimiert. Es wurden verschiedene Verfahren entwickelt, nach denen Rehkitze in Wiesen möglichst effizient detektiert werden können. Als Ergebnis besteht das prototypische System/Verfahren „Fliegender Wildretter“ aus einem Multikopter inkl. Bedieneinheit, einer Thermalkamera mit Datenerfassungselektronik und mehreren Softwarekomponenten. Abbildung 2 zeigt eine Version des Fliegenden Wildretters aus dem Jahr 2012.

4.2.1.1 Designziel

Ein System zur Rehkitz-Rettung kann in verschiedenen Dimensionen optimiert werden. Das wichtigste Optimierungsziel ist allerdings, dass möglichst wenige der in den Wiesen liegenden Kitz übersehen werden. Als zweitwichtigstes Ziel wurde auf Basis der Untersuchungen zur Nutzer- und Marktakzeptanz eine möglichst hohe Flächenleistung vorgegeben. Die Optimierungsaufgabe lautet:

**Maximiere die Flächenleistung unter der Nebenbedingung,
dass gerade kein Kitz übersehen wird.**

¹ Israel M., Entwicklung eines UAV-basierten Systems zur Rehkitzsuche und Methoden zur Detektion und Georeferenzierung von Rehkitzen in Thermalbildern, Universität Osnabrück (2015), in Druck

4.2.1.2 Suchstrategien

Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine Wiesenfläche mit einem Thermalkamera-bestückten Multikopter systematisch nach Kitzen abzusuchen. Vier Varianten wurden im Projekt genauer betrachtet:

Suchstrategie I: Das Fluggerät fliegt auf einer Flughöhe, bei der der Pilot oder eine andere Person Rehkitze auf einem Live-Video-Monitor detektieren kann. Bei jeder wahrscheinlichen Fundstelle wird das Fluggerät abgesenkt, um diese genauer zu betrachten. Falls es sich tatsächlich um ein Kitz handelt, läuft ein Helfer unmittelbar zu der Stelle, über der der Kopter schwebt und nimmt das Kitz in Gewahrsam. Diese Suchstrategie stellt die geringsten Anforderungen an die Hardware. Es wird lediglich ein Multikopter, eine Wärmebildkamera und ein Video-Downlink benötigt. Allerdings ist dieses Verfahren sehr zeitaufwändig.

Die Suchstrategie II ähnelt der ersten. Das Fluggerät fliegt nur so hoch, dass die Kitze auf dem Videomonitor noch sicher identifiziert werden können. Die GPS-Positionen der Fundstellen werden an der Bodenstation gespeichert und können nach dem Flug per Handheld-GPS-Gerät wieder aufgesucht werden. Bei dieser Suchstrategie werden zusätzlich ein Handheld-GPS-Gerät und die Möglichkeit der Speicherung von Fluggerätpositionen benötigt. Bei Einsatz einer Wegpunkt-Software ist dieses Feature in der Regel integriert.

Die Suchstrategie III besteht darin, Thermal-Rohbilder mit zugehörigen Lage- und Positionsdaten in einem festen Zeittakt aus großer Flughöhe aufzunehmen, nach dem Überflug zu analysieren und die Fundstellen zu georeferenzieren. Die Fundstellen werden dann alle mit Hilfe eines Handheld-GPS-Gerätes aufgesucht. Hierfür ist ein spezielles Rechnersystem an Bord des UAVs nötig, das die Fluglage- und Positionsdaten zusammen mit den Rohbildern der Thermalkamera abspeichert. Für die (teil-)automatisierte Auswertung der Daten nach dem Flug ist eine spezielle Software nötig.

Die Suchstrategie IV besteht darin, auf derselben Flughöhe zu fliegen wie bei der Suchstrategie III, jedoch die Fundstellen während des Flugs automatisch auszuwerten. Die Fundstellen werden bei Bedarf auf niedrigerer Flughöhe erneut angefliegen und analysiert. Durch die reduzierte Entfernung erhöhen sich die Detektionszuverlässigkeit und die Genauigkeit der Georeferenzierung. Allerdings benötigt die Suchstrategie IV bei erneutem Fundstellenanflug erheblich mehr Flugzeit und ein integriertes Auswertesystem an Bord des Fluggerätes. Diese Suchstrategie stellt die größten Anforderungen an die Hard- und Software. Wie bei Suchstrategie III speichert ein Rechnersystem an Bord des UAVs die Fluglage- und Positionsdaten gemeinsam mit den Rohbildern ab. Zusätzlich müssen diese Daten in Echtzeit automatisch analysiert und aus den Funddaten Wegpunkte generiert werden, die das Fluggerät dann selbstständig anfliegt, um weitere Bilder – diesmal auf niedrigerer Flughöhe – aufzunehmen, zu analysieren und erneut zu entscheiden, ob diese

relevante Fundstellen enthalten. Das Fluggerät muss zusätzlich eine Schnittstelle besitzen, über die Wegpunktcommandos von der Nutzlast aus abgesetzt werden können.

Nach umfangreichen Testeinsätzen unter realen Bedingungen stellte sich heraus, dass die Suchstrategie III die Rehkitzdetektion entsprechend der Optimierungsaufgabe „Maximiere die Flächenleistung unter der Nebenbedingung, dass gerade kein Kitz übersehen wird“ am effizientesten und am zuverlässigsten lösen kann.

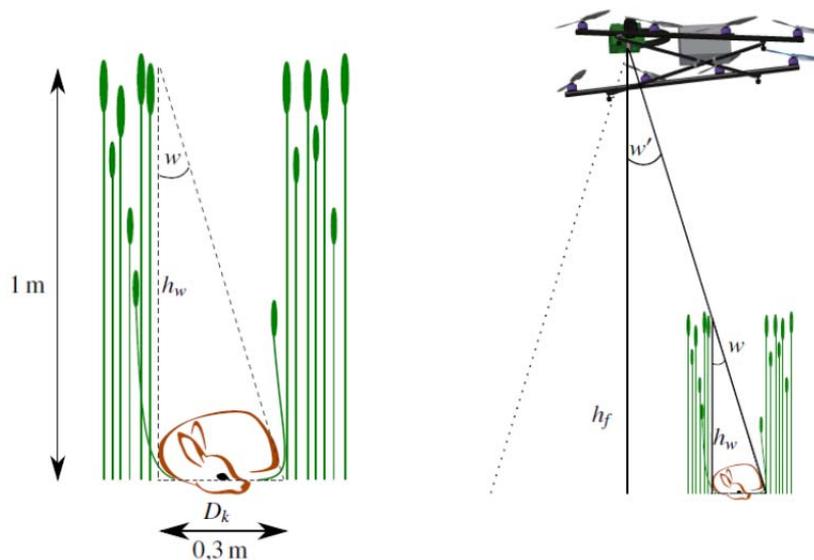


Abbildung 3: Geometrische Randbedingungen bei der Rehkitzdetektion im hohen Gras

4.2.1.3 Beobachtungsgeometrie

Elektromagnetische Wellen im sichtbaren und auch im infraroten Spektralbereich durchdringen kein Gras. Deshalb muss die Kamera so angeordnet werden, dass ein in der Wiese verstecktes Rehkitz im unverdeckten Blickfeld der Kamera liegt. Die geringste Verdeckung durch Gras wird erreicht, wenn sich die Kamera genau senkrecht über dem Kitz befindet und senkrecht nach unten blickt, da das Gras bei Bewuchshöhen von mehr als 30 cm in der Regel in Lotrichtung wächst (Abbildung 3). Aus der Bewuchshöhe und der Größe des Kitzes ergibt sich die Dimensionierung des Kameraobjektivs. Für die im Projekt verwendete Thermalkamera Tau640 (Fa. FLIR) ist ein 19 mm Objektiv optimal.

Um keine Rehkitze zu übersehen, ist es wichtig, dass die Wiesen flächendeckend abgesucht werden. Üblicherweise wird eine Fläche streifenweise durch parallele Bahnen abgescannt. Flächendeckung wird gewährleistet, wenn die Bahnen so nah beieinander liegen, dass der Randbereich von einem Flugstreifen beim nächsten Flugstreifen erneut abgedeckt wird. Im Rahmen des Wildretter-Projektes sind mehrere Flugwegplanungs-Werkzeuge entstanden, mit denen eine Fläche vor Ort effizient geplant und automatisch flächendeckend abgeflogen

werden kann. Dabei wurden verschiedene Aspekte wie z.B. der Flug an Hanglagen berücksichtigt (Abbildung 4).

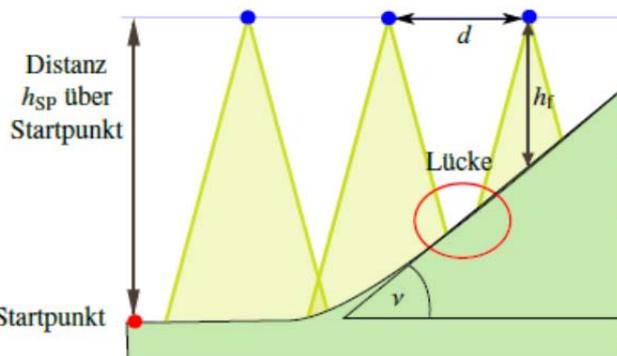


Abbildung 4: Das Hanglagenproblem. Bei konstanter Flughöhe kann bei Hanglagen die Überlappung der Bildstreifen nicht immer gewährleistet werden. Die Flughöhe muss daher dem Geländeverlauf angepasst werden.

Die Flughöhe ist der Parameter, der die Flächenleistung maßgeblich beeinflusst. In Tabelle 1 sind drei Flüge auf unterschiedlichen Flughöhen gegenübergestellt. Bei einer Flughöhe von 100 m kann eine fünfmal größere Fläche abgeflogen werden als bei einer Flughöhe von 30 m. Die Flächenleistung kann nochmal um ca. 50 % erhöht werden, wenn anstatt im Wegpunktmodus im Time-Lapse-Modus geflogen wird: Beim Wegpunktmodus bleibt das Fluggerät im Rasterabstand der aufgenommenen Bilder (mit vorgegebenem Überlapp entlang und quer zur Flugrichtung) stehen, um ein Bild aufzunehmen. Im Time-Lapse-Modus wird die Kamera während des Überflugs zeitäquidistant ausgelöst. Dadurch kann das Fluggerät mit konstanter Fluggeschwindigkeit fliegen und muss im besten Fall lediglich bei den Wendepunkten abbremsen.

Flughöhe		30 m	50 m	100 m
Anzahl Wegpunkte	(WP)	73	37	38
Fläche	(ha)	1,4	1,8	8,0
Wegpunkteflugdauer	(min)	10,1	5,4	11,4
Hin- und Rückflug	(min)	0,6	1,7	2,2
Flugdauer gesamt	(min:sec)	10:43	07:08	11:27
WP/min		7,3	6,8	3,3
Flächenleistung	(ha/h)	8,4	19,8	42,0
Fläche/Akku (Flugzeit: 12 min)	(ha/Akku)	1,6	3,6	7,0

Tabelle 1: Abhängigkeit der Flächenleistung von der Flughöhe. Geflogen wurde im Wegpunktmodus.

4.2.2 AP 130 Detektion

Das Arbeitspaket 130 befasst sich mit der Detektion der Rehkitze. Dabei wurde nach den signifikantesten Merkmalen gesucht und das System darauf optimiert, diese Merkmale bestmöglich auszuwerten.

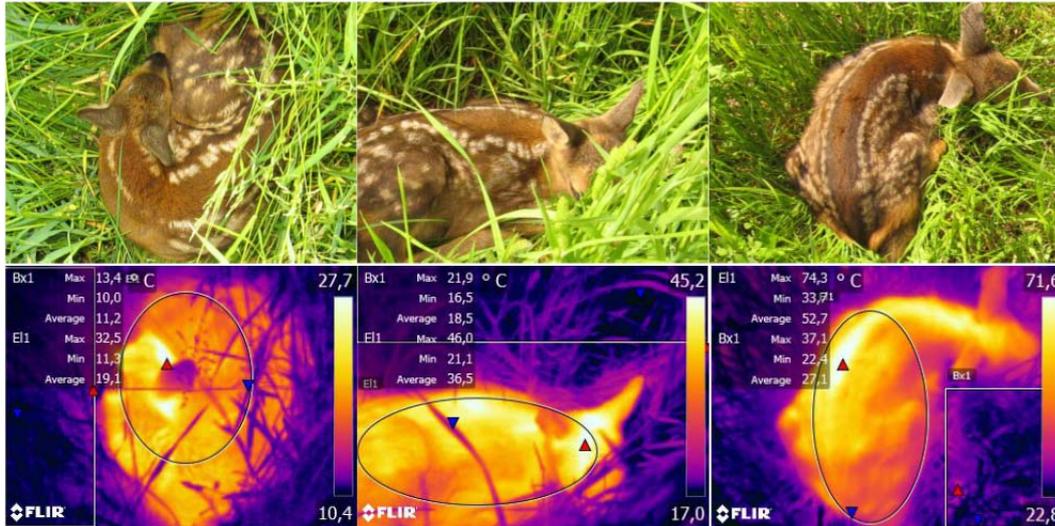


Abbildung 5: Farb- und Thermalbilder von Rehkitzen aus 1,2 m Distanz. Das linke Bild wurde früh am Morgen aufgenommen. Die Wiese hatte eine Strahlungstemperatur von ca. 11 °C, die Temperatur des Kitzes betrug im Durchschnitt 19 °C. Das Bild in der Mitte wurde an einem leicht bewölkten Tag um 14 Uhr aufgenommen. Die Strahlungstemperatur des Kitzes erreichte bis zu 46 °C. Das Bild rechts wurde an einem sonnigen Tag um 12 Uhr aufgenommen. Das Fell des Kitzes, das in der prallen Sonne lag, war an manchen Stellen 74 °C heiß.

Eines der signifikantesten Merkmale ist die Temperaturdifferenz zwischen Rehkitz und Umgebung. Es wurden Bilder von verschiedenen Rehkitzen aus kurzer Entfernung bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen an ihrem Fundort aufgenommen, um die Temperaturverhältnisse zu untersuchen. Eine Auswahl der Bilder ist in Abbildung 5 zu sehen.

Die Auswertung zeigt, dass die Strahlungstemperatur der Rehkitze zwar stark variiert, die Differenz zwischen Rehkitz und direkter Umgebung aber ein geeignetes Merkmal ist, um Kitze nicht zu übersehen (Abbildung 6).

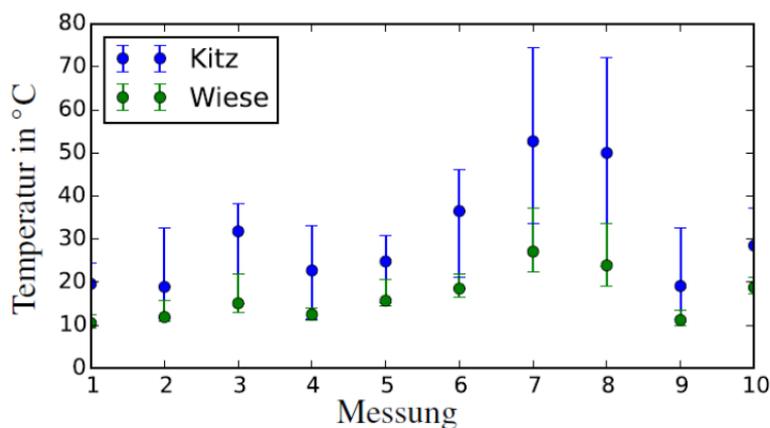


Abbildung 6: Durchschnittsstrahlungstemperaturen von zehn Rehkitzen und ihrer Wiesenumgebung. Die Balken markieren die Mindest- und Maximaltemperatur der Pixel in der jeweiligen Messfläche.

4.2.2.1 Bildverarbeitung

Ein kritischer Effekt bei der Detektion von Rehkitzen aus großer Entfernung auf Basis von Infrarotaufnahmen ist das sog. *Tail Rejection*-Verfahren moderner IR-Kameras: Zur Darstellung des Thermalbildes auf einem Monitor stehen pro Pixel üblicherweise nur 8 Bit zur Verfügung, obwohl der Sensorchip 14 Bit pro Pixel auflösen kann. Der Hersteller der Kamera reduziert die Bittiefe daher nach einem sehr einfachen Verfahren: Es werden zunächst die wärmsten 5 % und die kältesten 5 % des Bildes zu jeweils einem Farbwert zusammengefasst (weiß und schwarz bei der White-Hot-Darstellung). Die restlichen Werte werden auf die übrigen Grauwerte verteilt. Da im Infrarotbild ein Reh als warmes Objekt weniger als 5 % der Bildfläche einnimmt, wird sein Flächenanteil mit viel kälteren Bereichen zusammengefasst (Abbildung 7). Dadurch geht bereits in der Bildvorverarbeitung wichtige Kontrastinformation für die weiteren Prozessierungsschritte verloren.

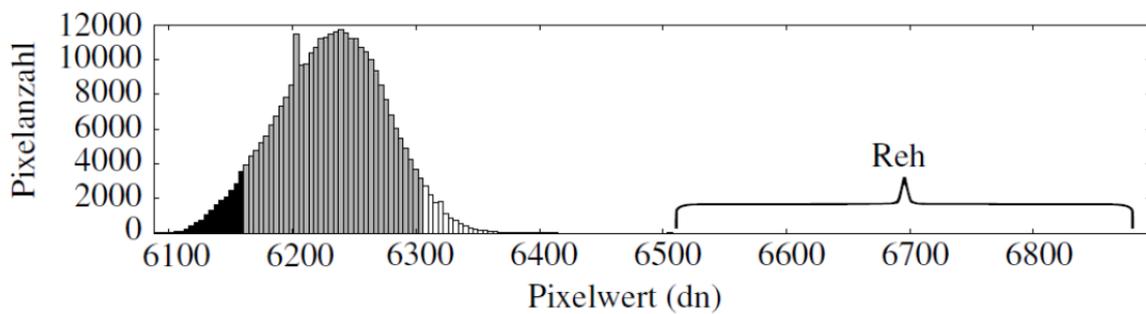


Abbildung 7: Histogramm zum Rohbild aus Abbildung 8. Die zusammengefassten Werte der *Tail Rejection* sind jeweils als weiße und schwarze Balken dargestellt.

Im Rahmen des Projekts konnte durch direkten Zugriff auf die Rohdaten des Sensors das *Tail-Rejection*-Verfahren umgangen und die weitere Bildverarbeitung auf Basis der hochaufgelösten Bilder durchgeführt werden (Abbildung 8).

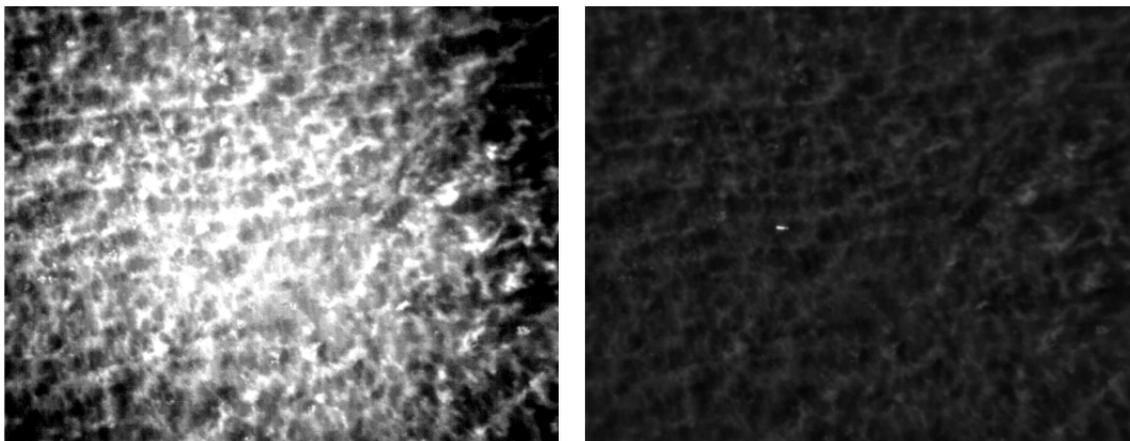


Abbildung 8: Anwendung des Bildvorverarbeitungsalgorithmus MbOpt an einer Szene mit einem Reh, aufgenommen aus 80 m Flughöhe. Das Reh ist erst nach der Prozessierung (rechts) zu erkennen.

4.2.2.2 Fehlalarmreduktion

Eine Herausforderung bei der Detektion von Rehkitzen besteht darin, die Anzahl der Fehlalarme (falsch-positiv) auch bei widrigen Umgebungsbedingungen gering zu halten. Gerade mittags, bei direkter Sonneneinstrahlung, erwärmen sich oft Erdhügel oder trockene Gräser so stark, dass sie mit Rehkitzen verwechselt werden können (Abbildung 9).

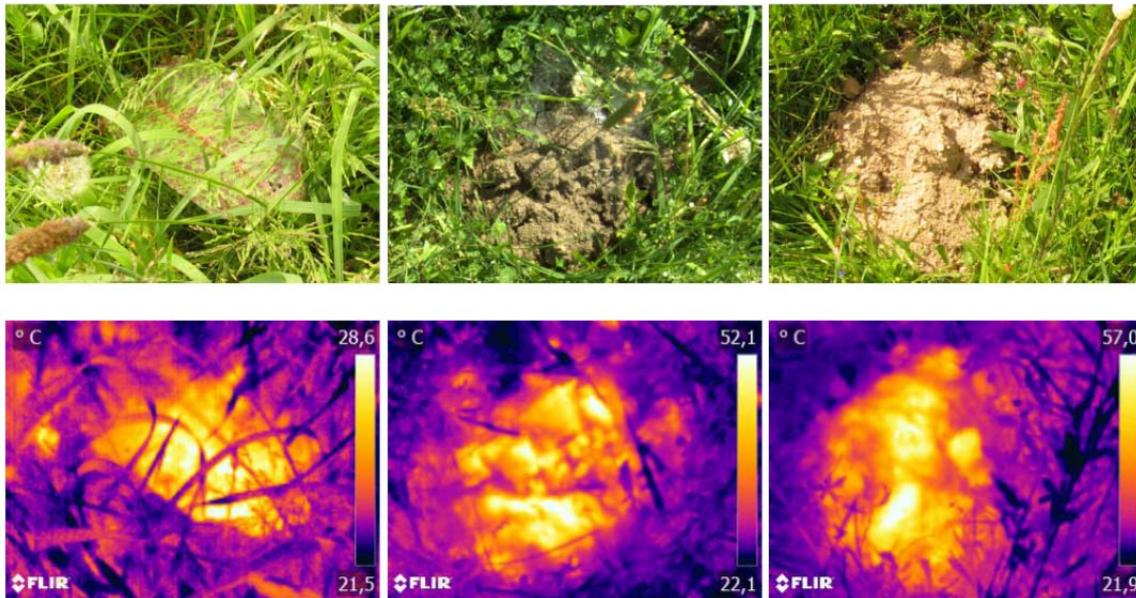


Abbildung 9: Farb- und Thermalbilder von vermeintlichen Rehkitzen. Die Strahlungstemperatur eines Erdhügels oder eines Sauerampferblattes kann im selben Temperaturbereich liegen wie die eines Rehkitzes.

Mit Hilfe der entwickelten Bildvorverarbeitung namens MbOpt konnte die Darstellung der Thermalbilder soweit verbessert werden, dass die Rehkitze auf den Bildern selbst bei schwierigen Umgebungsbedingungen viel leichter detektiert werden können. Abbildung 8 zeigt das Thermalbild einer Szene mit einem Reh vor (links) und nach (rechts) der Bildvorverarbeitung.

Die Anzahl der Fehlalarme konnte mittels MbOpt um ca. zwei Größenordnungen auf maximal 3,5 pro Hektar begrenzt werden. Erst dieses Verfahren ermöglicht es, Rehkitze tagsüber bei direkter Sonneneinstrahlung zuverlässig zu detektieren. Abbildung 10 zeigt, basierend auf 53 Flüge zu unterschiedlichen Uhrzeiten, dass die verbleibende Fehlalarmrate pro Hektar deutlich mit der Bestrahlungsstärke der Sonne korreliert.

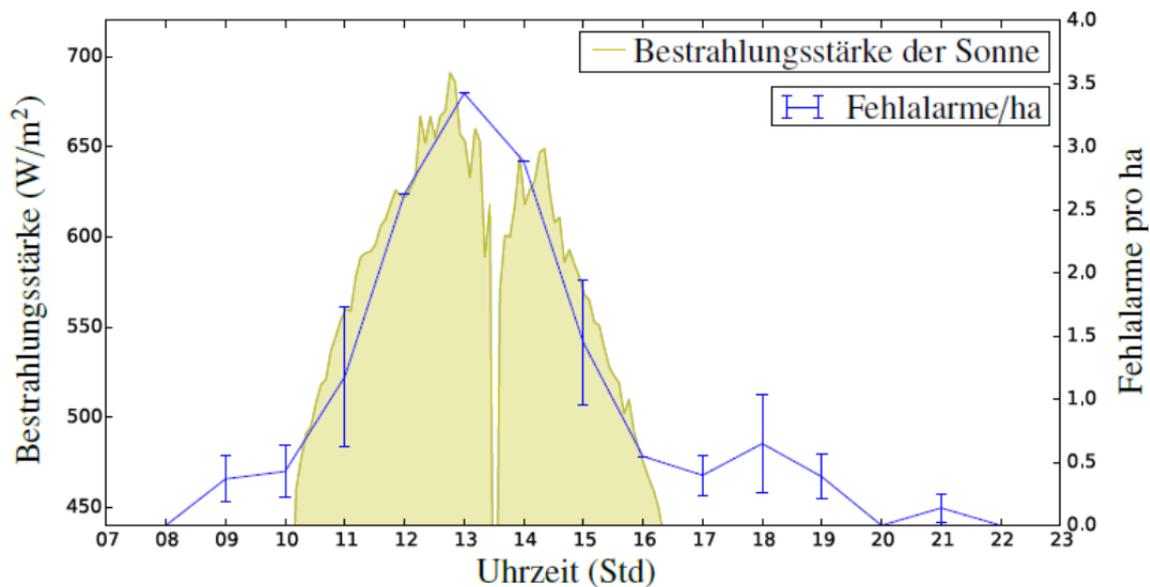


Abbildung 10: Korrelation von Bestrahlungsstärke der Sonne und Anzahl der Fehlalarme.

4.2.2.3 Mustererkennung

Es wurde ein automatischer Mustererkennungsalgorithmus namens *SimpleFawnDetector* entwickelt, der die Kitze bei einfachen Umgebungsbedingungen zuverlässig detektiert. Dieser Algorithmus basiert auf einem Difference of Gaussians Algorithmus zur besseren Blobselektion und dem Konturverfolgungsalgorithmus von Suzuki² als Blobdetektor. Außerdem benötigt er die Flughöhe über Grund, mit der die Objektgröße auf dem Thermalbild bestimmt werden kann. Objekte in der Größe zwischen 15 und 60 cm werden herausgefiltert und anhand von Kontrast und Form in relevante und irrelevante Blobs unterteilt. Die relevanten Blobs werden dem Nutzer zur Bestätigung als mögliche Kitze präsentiert.

Bei Abwesenheit der Sonne detektiert der entwickelte *SimpleFawnDetector* automatisch und zuverlässig alle Kitze. Für eine maximale Effizienz des gesamten Rettungsprozesses beschleunigt er damit als Vorselektor die visuelle Inspektion und Detektion. Unter schwierigen Umgebungsbedingungen sollte der *SimpleFawnDetector* nicht eingesetzt werden. Dann ist die alleinige visuelle Inspektion der aufbereiteten Infrarotbilder die einzig zuverlässige Methode, um möglichst wenige Kitze zu übersehen.

² Suzuki S., Topological structural analysis of digitized binary images by border following, Computer Vision, Graphics, and Image Processing 46 (1985),32–46

4.2.3 AP 140 Georeferenzierung

Bei den meisten in Kap. 4.2.1.2 dargestellten Suchstrategien muss die Position des gefundenen Rehkitzes verortet werden, d.h. aus den Bild- und Metainformationen muss die geografische Lage in Form von Koordinaten im Weltkoordinatensystem bestimmt werden. Während des Flugs zeichnet der Bordrechner dazu zu jedem Bild die Lage- und Positionsdaten des Fluggeräts auf. Bei idealer Messung müsste ein Objekt, das auf mehreren Bildern zu sehen ist, identische Koordinaten aufweisen. Da vor allem die Lagemessung de Fluggeräts stark fehlerbehaftet ist, ergeben sich in der Georeferenzierung der einzelnen Bilder starke Abweichungen. Abbildung 11 zeigt den Überflug des Fliegenden Wildretters über ein Rehkitz (gelbe Linie mit grünen Punkten). An den grünen Punkten befand sich das UAV jeweils zum Zeitpunkt einer Aufnahme. Die blauen Punkte stellen jeweils die errechnete Position des Rehkitzes dar. Die gelbe Linie zwischen den blauen und grünen Punkten zeigt, zu welchem Bild die errechnete Position des Kitzes gehört. Selbst bei korrektem Einbauwinkel der Kamera sind bei 80 m Flughöhe Abweichungen von ca. 10 m zu erwarten.



Abbildung 11: Fehler bei der direkten Georeferenzierung. Die Fundstelle eines Kitzes (blaue Punkte) kann ohne Kalibrierung nicht präzise ermittelt werden.

Mit Hilfe einer optimierten Kalibrierung der inneren und äußeren Orientierung der Kamera konnten diese Abweichungen um ca. 50 % reduziert werden. Dazu wurde u.a. ein neues Verfahren zur Thermalkamerakalibrierung entwickelt, das ein hochgenaues geometrisches Kameramodell erzeugt. Anders als die üblichen Testfeld-Kalibriermethoden kann die

entwickelte Labormethode zur geometrischen Thermalkamera-Kalibrierung für beliebige Fokussierungen verwendet werden. Die Randbereiche des Objektivs können damit in der Regel besser kalibriert werden.

Speziell die Kompass-Messung und die Ausrichtung der Kamera durch den Nutzlasthalter sind durch das dynamische Flugverhalten des UAVs stark fehlerbehaftet. Die Abweichungen konnten mit dem entwickelten Georeferenzierungsverfahren kompensiert werden. Abbildung 12 zeigt die Georeferenzierung einer Fundstelle von 12 Aufnahmen vor (dunkelblaue Punkte) und nach (hellblaue Punkte) der Optimierung. Die wahre Fundstelle ist mit einem roten Punkt markiert.

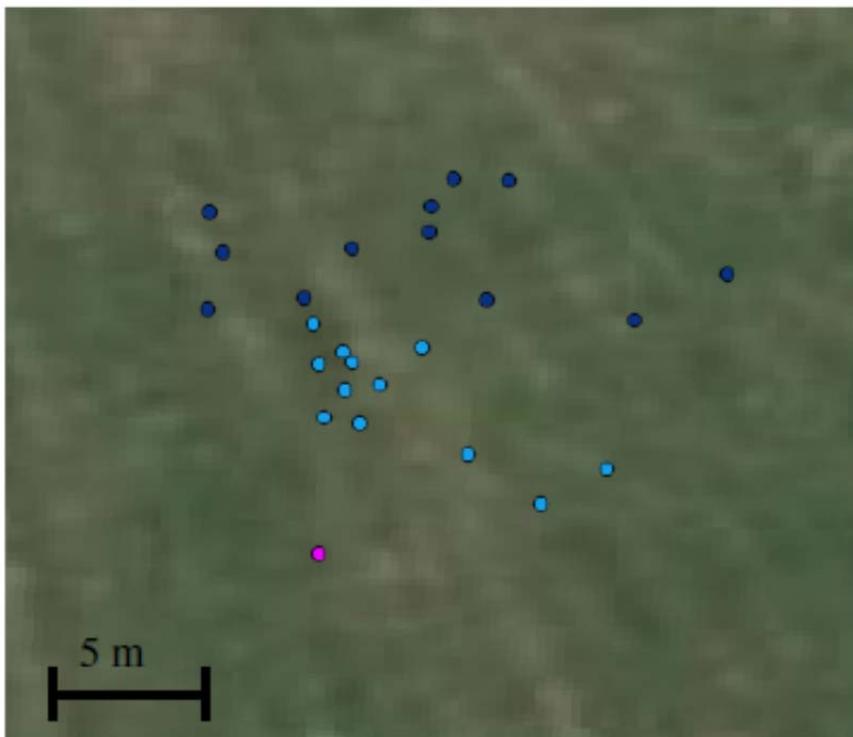


Abbildung 12: Verbesserung der Georeferenzierung am Beispiel einer Fundstelle.

Eine weitere Verbesserung der Georeferenzierung ist möglich, wenn z.B. die Lagedaten und die Drehraten der Motoren mit höherer Frequenz gemessen werden.

Neben diesen Optimierungen ist auch eine neue mathematische Formulierung für die direkte Georeferenzierung entstanden, die beim System Fliegender Wildretter erfolgreich angewendet wurde.

4.3 Praxistests

Die im Arbeitspaket 100 entwickelten Komponenten des Fliegenden Wildretters (Hardware, Software, Suchstrategien, Einsatzkonzepte) wurden während der Projektlaufzeit fortwährenden Feldtests unterzogen. Daneben setzte das Projektteam die jeweils aktuelle

Version des Prototyps auch während der Mahdzeiten zur operationellen Kitzsuche ein. Tabelle 2 zeigt, wie sich die Leistungsdaten des Systems während der Projektlaufzeit verbesserten.

Jahr	Kitze gefunden (vermählt)	abgesuchte Fläche (ha)	Flugzeit (Std)	Fläche/Zeit (ha/Std)
2012	7 (?)	25	5,5	4,5
2013	21 (?)	89	8,5	10
2014	30 (3)	230	10,5	22
2015	37(3)	171	8,5	20

Tabelle 2: Ergebnisse der operationellen Kitzsuche mit dem Fliegenden Wildretter während des Projekts.

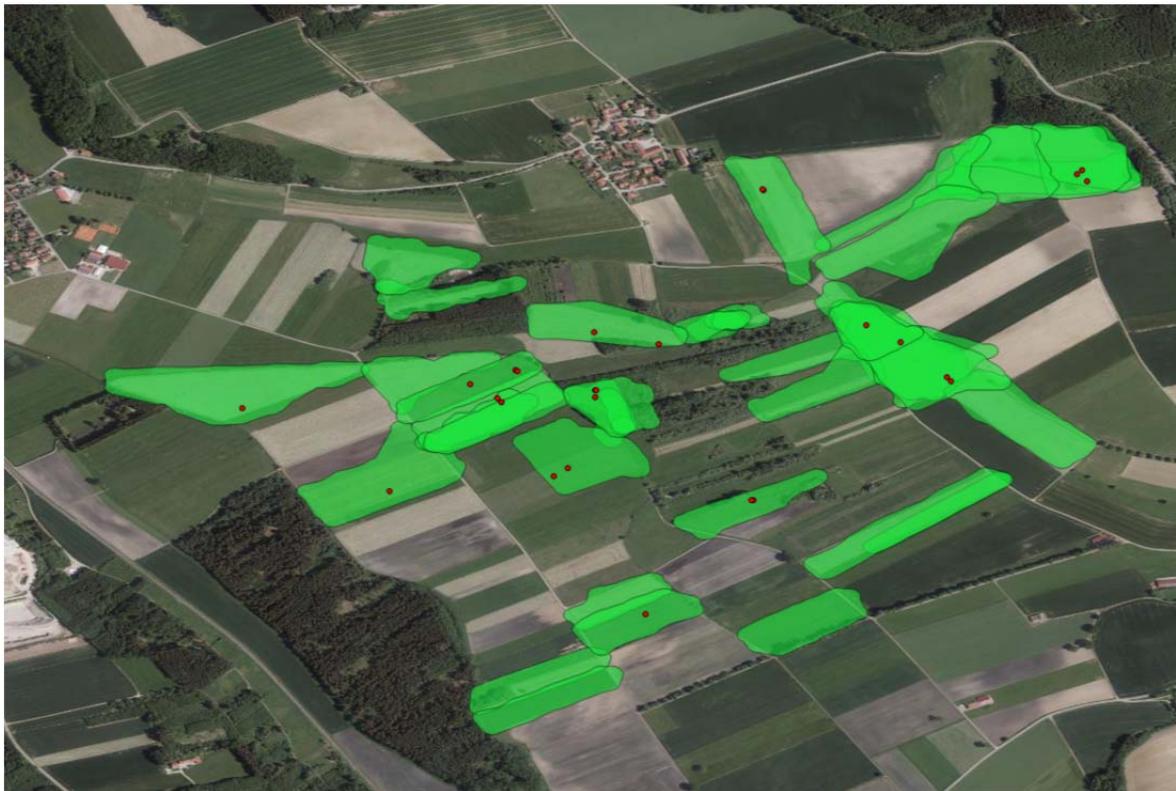


Abbildung 13: Ergebnisse der Kitzkampagne 2015: Rehkitzpositionen (rote Punkte) auf den mit dem Fliegenden Wildretter abgesuchten Flächen (hellgrün). Dargestellt ist ca. 50% der abgesuchten Fläche. Der Ausschnitt zeigt einen Bereich der beiden Jagdreviere Hausen und Walleshausen. Die Wiesen wurden im Anschluss an die Suche gemäht. Übersehene Kitze wurden bei der Mahd entdeckt. Dadurch können falsch negativ Fehler ausgeschlossen werden.

In der finalen Ausbaustufe wurde die höchste Flächenleistung bei der Suchstrategie III (vgl. Kap. 4.2.1.2) erreicht, bei der das System auf einer Flughöhe von 80 m vollautomatisch gesteuert von der entwickelten Flugsoftware *UAV-RC* bzw. *AutoPylot* die Wiese abfliegt und im Sekundentakt 14-Bit-Rohbilder aufnimmt. Eine semiautomatische Auswertung findet nach dem Flug mit der entwickelten Software *PoiTagger* bzw. *PoiTagger2* statt. Der darin integrierte *SimpleFawnDetector* findet bei Abwesenheit von direkter Sonnenstrahlung die Kitze vollautomatisch. Bei stärkerer Sonnenstrahlung muss auf den *SimpleFawnDetector* verzichtet werden. Es können aber dank der entwickelten Bildvorverarbeitung visuell selbst

bei Mittagssonne mit wolkenlosem Himmel und 36 °C im Schatten Kitz gefunden werden. Die maximal erzielte Flug-Flächenleistung beträgt 11,4 ha pro Akkuladung bei einer Flugdauer von 12 Minuten im Time-Lapse-Modus. Anhand der Kampagneneinsätze zeigte sich auch, dass die Georeferenzierungsgenauigkeit ausreichend ist. Es konnten alle Kitz gefunden werden. Die Suche im Feld dauerte im Schnitt 2,5 Minuten.

Mit dieser Konfiguration wurden in der Rehkitzsaison 2015 in zwei benachbarten Jagdrevieren mit einer Gesamtfläche von 170 ha nahezu alle Wiesen vor der Mahd abgesucht und dabei 39 Kitz vor dem Mähtod bewahrt werden (Abbildung 13). Damit erzielt das System im Vergleich zu allen bekannten Verfahren zur Rehkitzsuche die mit Abstand größte Flächenleistung und die höchste Detektionssicherheit bei Sonnenschein.

4.4 Begleituntersuchungen (AP 500)

4.4.1 AP 510 Betreuung Kleinserie

Außer dem DLR und der Firma ISA, die beide an einem Prototyp eines fliegenden Wildretters arbeiten, betrieben auch der Projektpartner CLAAS sowie der Bayerische Landesjagdverband (assoziiertes Partner) und eine Privatperson (Jäger) die identische Flugplattform Asctec Falcon 8 mit der identischen Thermalkamera Tau640. Diese drei Systeme wurden vom DLR baugleich zum DLR-Gerät aufgebaut, schrittweise entsprechend den Entwicklungsstufen nachgerüstet und während der Einsätze in den Mähperioden betreut. Die Nutzer erhielten dazu neben der entwickelten Software zur Flugplanung und Bilddatenauswertung jedes Jahr Schulungen und Systemupdates. Sie testeten die Systeme unter realen Bedingungen, berichteten über Schwierigkeiten beim Umgang mit dem System und trugen Verbesserungsvorschläge zusammen. Diese flossen in den Entwicklungsprozess ein.

4.4.2 AP 520 Effizienz von Wildscheuchen

Bisher werden Untersuchungen zu den Liegeplätzen von Rehkitzen von nahegelegenen Hochsitzen durchgeführt. Durch das hohe Gras können oftmals nicht die Kitz selbst, sondern nur die Ricken beobachtet werden. Anhand ihres Verhaltens schließt der Jäger darauf, wo sich ein Kitz aufhält. Der Fliegende Wildretter bietet erstmals die Möglichkeit alle Rehkitz in einer Wiesenfläche direkt zu beobachten, ohne dabei die Rehe zu verscheuchen. Dies bietet die Möglichkeit, die Effizienz von Wildscheuchen zuverlässig zu untersuchen. In Abstimmungsgesprächen mit wildbiologischen Experten (Prof. Herzog, Wildlife Ecology and Management, TU Dresden) wurde ein Suchprotokoll entwickelt, mit dem das Absuchen der Wiesenflächen genau dokumentiert wird. Angesichts des abgeschätzten Umfangs eines Feldversuchs mit Stichproben samt Kontrollgruppe in statistisch relevanter Größenordnung wurde auf die praktische Umsetzung innerhalb der Projektlaufzeit verzichtet.

4.4.3 Weitere wildbiologische Untersuchungen



Abbildung 14: Kiebitzgelege, links: Foto, rechts: Thermalaufnahme aus 30 m Höhe

Im Rahmen des Wildretter-Projekts wurden mehrere Test- und Demokampagnen zur Detektion von Bodenbrüter-Gelegen durchgeführt, um Bedarf und technische Möglichkeiten des fliegenden Systems abzugleichen (Abbildung 14). Nachfolgend einige Ergebnisse dieser Untersuchungen (hier: Kiebitz):

- Verlässt der Brutvogel das Nest (regelmäßig bei Annäherung des Fluggeräts in einer Höhe < 50 m), sind die warmen Eier im Infrarot-Bild deutlich zu sehen.
- Nach etwa 10 Minuten sitzt der Brutvogel wieder auf dem Nest.

Ähnlich wie bei der Kitzsuche aus der Luft

- hängt die Detektionsrate entscheidend von den thermischen Verhältnissen der Umgebung ab,
- kommt aufgrund der guten optischen Tarnung der Nester der genauen Georeferenzierung eine hohe Bedeutung zu,
- ist eine zeiteffiziente Suche wichtig, um die Störung des Brutvorgangs minimieren zu können,
- lassen sich neben der reinen Suche auch weitere wildbiologisch interessante Fragestellungen beantworten (Reaktion der Tiere auf Störung durch UAVs, Beobachtung der Jungtiere).

4.5 Wissenschaftliche Ergebnisse DLR

4.5.1 Patentanmeldungen, -erteilungen

- Israel M., Verfahren zum Auffinden von Lebewesen aus der Luft sowie Flugobjekte zum Auffinden von Lebewesen aus der Luft, DE 10 2012 221 580.8, angemeldet 26.11.12
- Israel M., Schwarzmaier T., Tank V., Nitsche R., Rupprecht V., Fackelmeier A., Verfahren und Vorrichtung zur Suche und Erkennung von in landwirtschaftlichen Feldern und Wiesen versteckten Tieren, österr. Patent AT508711, erteilt 15.7.12
- Israel M., Tank V., Fackelmeier A., Nitsche R., Rupprecht V., Schwarzmaier T., Verfahren und Vorrichtung zur Suche und Erkennung von in landwirtschaftlichen Feldern und Wiesen versteckten Tieren, CH701808B1, erteilt 14.11.14
- Israel M., Tank V., Haschberger P., Verfahren zur Erkennung von Tieren einschließlich Brutgelegen in landwirtschaftlich genutzten Feldern und Wiesen sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens
AT508514, erteilt 15.08.12
CH701643, erteilt 30.06.15
- Tank V., Israel M., Verfahren zum Detektieren von Objekten, wie Tieren und Vogelgelegen, im Acker- und Pflanzenbau
AT507124B1, erteilt 15.05.11
DE102008035888, erteilt 24.07.14

4.5.2 Dissertationen

- Israel M., Entwicklung eines UAV-basierten Systems zur Rehkitzsuche und Methoden zur Detektion und Georeferenzierung von Rehkitzen in Thermalbildern, Universität Osnabrück (2015, in Druck)

4.5.3 Veröffentlichungen

Siehe vereinheitlichte Darstellung für das Verbundprojekt in Kap. 5.2 und Kap. 5.3.

4.5.4 Studentische Arbeiten

- Ballesteros C. E., Linux-driver development for components of the UAV-based fawn detection system, Masterarbeit, TU Darmstadt, 2012
- Mende M., Flugassistenzsoftware für unbemannte Kleinfluggeräte, Bachelorarbeit, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mannheim, 2014

Der entwickelte Fliegende Wildretter übertrifft damit sowohl bei der Flächenleistung als auch bei der Detektion mit Abstand alle anderen Systeme zur Rehkitzsuche.

- Für ein zukünftiges generisches, also (UAV-)Plattformunabhängiges Wildrettungssystem mit erweiterten Einsatzmöglichkeiten (zB. vollautomatische Erkennung und Verortung während des Flugs an Bord) wurden erste Komponenten entwickelt.

Teilschritt „Markieren“

- Prototypisch entwickelte aktive (=batteriebetriebene) Transponder (Größe max. 25 mm x 50 mm, Lebensdauer > 4 Wochen) erlauben die Lokalisierung von Kitzen aus bis zu 200 m Entfernung.
- Feldversuche zur Untersuchung verschiedener Befestigungsvarianten der Markierungen am Tier wurden nicht durchgeführt, da während der Projektlaufzeit keine tierschutzrechtliche Genehmigung dafür erwirkt werden konnte.

Teilschritt „Wiederfinden“

- Die Lokalisierung der Tiermarken erfolgt über Winkelschätzverfahren oder GPS-Positionsinformation mittels eines maschinengebundenen Systems oder eines handgetragenen Suchgeräts.
- Die Anbringung der für das Wiederfinden benötigten Hardware stellt maschinenbaulich eine eher einfachere Herausforderung dar. Die Anbringung von Antennen auf dem Dach eines Traktors oder auch an einer Erntemaschine, wie etwa einem Mähdrescher, kann relativ einfach realisiert werden. Grundsätzlich sind hier sowohl Schnittstellen als auch Bauraum vorhanden.
- Die Integration der Technik in die Funktion der Landmaschine setzt hingegen eine umfangreichere Entwicklungsarbeit voraus. Eine Vielzahl von Szenarien ist hier denkbar, vom einfachen Alarmsignal für den Fahrer bis hin zur vollautomatischen Reaktion des Gesamtsystems auf einen Alarm.

Projektübergreifende Ergebnisse

- Drei projektunabhängige Beta-Nutzer erhielten identische Versionen des „Fliegenden Wildretters“ und wurden während der Projektlaufzeit geschult und betreut. Ihre Rückmeldungen lieferten wichtige Beiträge für die einsatztaugliche und praxisgerechte Optimierung des Systems.
- Rd. 40.000 Infrarot-Szenen aus Befliegungskampagnen stehen als Basis für das Training von Mustererkennungsalgorithmen zur Verfügung.

- Die Geodatenbank mit den verorteten Fundstellen von mehr als 200 Wildtieren kann für weitergehende wildbiologische Untersuchungen verwendet werden (Verhalten von Wildtieren, statistische Auswertungen).
- Erste Testeinsätze demonstrierten die Eignung des „Fliegenden Wildretters“ auch für andere wildbiologische Themen (Erkennung von Bodenbrütergelegen, Beobachtung von Wildtieren in landwirtschaftlichen Flächen).
- Der Internet-Auftritt www.wildretter.de informiert über den Stand der Projektarbeiten und kann zukünftig zum zentralen Webportal für das Thema Kitzrettung erweitert werden.
- Die umfassende Eigen- und Fremdbereichterstattung über das Projekt (TV, Internet, Presse, vgl. Kap. 5.4) sowie die projektseitige Beratung verschiedener Interessengruppen (Ministerien, Tierschützer, Jägerschaft, Landwirtschaft) führte zu einem erhöhten Problembewusstsein in der Bevölkerung (messbar an der zunehmenden Zahl von Kitzrettungsaktionen mittels UAV, Tierschutzgruppen, etc.).

5.2 Publikationen

- Ascher, A., Lehner, M., Eberhardt, M., Biebl, E., Improving the range of UHF RFID transponders using solar energy harvesting under low light conditions, Advances in Radio Science 2015 (in Druck)
- Eberhardt, M., Eschlwech, P., Biebl, E., Investigations on antenna array calibration algorithms for direction-of-arrival estimation, Advances in Radio Science 2016 (eingereicht)
- Eberhardt, M., Lehner, M., Ascher, A., Allwang, M., Biebl, E., An Active UHF RFID Localization System for Fawn Saving, Advances in Radio Science 2015 (in Druck)
- Israel, M., Mende, M., Keim S., UAVRC, a generic MAV flight assistance software, Intern. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-1/W4:287–291, 2015

5.3 Zeitschriften-, Konferenzbeiträge

- Ascher, A., Eberhardt, M., Lehner, M., Biebl, E., A Switchable Dual Band Antenna for Smart Devices in the UHF RFID- and the GPS L1 Band using MEMS, SmartSysTech 2015, Aachen, 16.-17.6.15
- Ascher, A., Eberhardt, M., Lippert, B., Biebl, E., A Small UHF-RFID Transponder with Integrated GPS for Localization Applications, Eurasip 2015, Oberaudorf, 22.-23.10.15
- Eberhardt, M., Ascher, A., Lehner, M., Biebl, E., Array Manifold Manipulation for Short Distance DOA Estimation with a Handheld Device, SmartSysTech 2015, Aachen, 16.-17.6.15
- Eberhardt, M., Ascher, A., Reitmayr, L., Biebl, E., RSS-Based RFID Transponder Distance Estimation for Fawn Saving, ChinaCom 2015, Shanghai/China, 15.-17.8.15
- Haschberger P., Lopez Villafuerte F., Wetzel A., Forschungsprojekt „Wildretter“, Workshop „Mähtod“, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 17.6.14
- Israel, M., Mende, M., Keim S., UAVRC – a generic MAV flight assistance software, ODAS 2015, Toulouse/F, 27.-29.5.15
- Lehner, M., Ascher, A., Eberhardt, M., Biebl, E., An Autonomous UHF RFID Transponder Concept for Fawn Saving using Solar Energy Harvesting, SmartSysTech 2015, Aachen, 16.-17.6.15
- Lehner, M., Eberhardt, M., Ascher, A., Biebl, E., An active UHF RFID transponder for fawn saving during pasture mowing, GeMiC 2015, Nürnberg, S.303-306, 16.-18.3.15
- Lehner, M., Ascher, A., Eberhardt, M., Biebl, E., A Solar Powered UHF Transponder for Wildlife and Low Light Applications, IEEE MAPE 2015, Shanghai/China, 28.-30.10.15
- Lehner, M., Ascher, A., Eberhardt, M., Biebl, E., UHF Ceramic Chip Antenna Designs for Wildlife Applications, IEEE International RF and Microwave Conference 2015, Kuching/Malaysia, 14.-16.12.15 (akzeptiert)
- Wimmer T., Israel M., Haschberger P., Weimann A., Der Fliegende Wildretter in Aktion: DLR und BJV nutzen ferngesteuerte Flugplattform zur Rehkitzrettung, Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern e.V., 20 (2013), S. 71-77
- Wimmer T., Israel M., Haschberger P., Weimann A., Rehkitzrettung mit dem Fliegenden Wildretter: Erfahrungen der ersten Feldeinsätze, Bornimer Agrartechnische Berichte 81 (2013), S. 85-95

5.4 Öffentlichkeits- und Pressearbeit

Informationen zum Projektverlauf sowie zum Thema Kitzrettung werden über das im Rahmen des Projekts etablierte Webportal

<http://www.wildretter.de>

kommuniziert. Im Folgenden sind Presseveröffentlichungen zu Testkampagnen und sonstigen Veranstaltungen des Projekts dargestellt.

- Bay. Landwirtschaftliches Wochenblatt, 04/16, <http://www.agrarheute.com/wochenblatt/news/bauernverband-bittet-landwirte>
- Jagd in Bayern, 03/16, http://www.jagd-bayern.de/fileadmin/BJV/Jagd_In_Bayern/jib_2016_03/17_JiB_03_16_Wildretter.pdf
- Straubinger Tagblatt, 05.12.2015
- Lufthansa Magazin 12/2015, S.71-78 (dt./engl.),
- Nordbayerischer Kurier, 17.06.2016
- Aufruf BJV, 24.06.2015, <http://tinyurl.com/hoxqyr4>
- pur+, KiKa, 05.07.2015
- Ratgeber Mahd, AgrarHeute, 11.06.2015, <http://www.agrarheute.com/ratgeber-mahd-so-vermeiden-sie-eine-wildvermaehung>
- Augsburger Allgemeine, 05.06.2015 sowie Wertinger Zeitung, 06.06.2015, <http://www.augsburger-allgemeine.de/wertingen/Fliegende-Bambi-Retter-id34309572.html>
- RTL und n-tv, 05.06.2015, <http://www.rtl.de/cms/drohnen-schuetzen-rehkitze-vor-toedlichen-maehdreschern-2336057.html> sowie <http://www.n-tv.de/mediathek/videos/panorama/Drohnen-sollen-Rehkitzen-das-Leben-retten-article15245911.html>
- RTL Hessen, 04.06.2015
- quer, BR3, 21.05.2015
- Presse-Info dpa, 11.05.2015 verfügbar z.B. bei Frankfurter Neue Presse, proPlanta, FocusOnline, Die Welt
<http://www.fnp.de/rhein-main/Eine-Drohne-soll-Bambi-retten;art801,1395636>
http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Umwelt/Rehkitz-Rettung-durch-Drohnen_article1431336385.html
http://www.focus.de/regional/hessen/tiere-wildrettungsprojekt-eine-drohne-fuer-den-tierschutz_id_4674012.html
<http://www.welt.de/vermishtes/article140814078/Drohnen-sollen-Rehe-vor-Tod-durch-Maeher-retten.html>
- Presseinfo des Bayerischen Bauernverbands, 29.04.2015, <http://www.bayerischerbauernverband.de/pd17-18-jungtiere>
- Rheinische Bauernzeitung, 25.04.2015, http://www.wildretter.de/fileadmin/user_upload/pdf/RBZ-R-035.pdf
- BLE-Imagefilm (ab 20:30min), April 2015, https://www.youtube.com/watch?v=Lh30sjrL8w&list=PLDyk01ljxcrzIznex6Mo-H-UI7K_xdZiX&index=3

- Beitrag bei Hund-Katze-Maus, VOX, 09.09.2014, <http://www.vox.de/epg/format/artikel/sendung/144755/tv/hundkatzemaus/hundkatzemaus-thema-u-a-wildtierdrohnen-mit-hightech-leben-retten>
- Moderner Tierschutz, Deutsche Welle, Deutschland heute, 30.06.2014, <http://www.dw.de/moderner-tierschutz/av-17745076>
- Bayrisches Fernsehen "Unser Land", 30.05.2014, <http://ssl.br.de/mediathek/video/sendungen/unser-land/rehkitz-rettung-oktokopter-100.html>
- Kika logo, 30.05.2014
- ZDF-Mittagsmagazin, 26.05.2014
- ZDF heute, 26.05.2014
- Mit Infrarot auf Rehsuche, Tierwelt.ch (DLR-/CLAAS-Video), 13.05.2014, <http://www.tierwelt.ch/?rub=4495&id=38726>
- „Wildretter“ stöbert Rehkitze vor der Mahd auf, JuraForum, 12.05.2014, <http://www.juraforum.de/wissenschaft/praktische-entscheidungshilfen-und-neue-technologien-zum-beginn-der-weidesaison-479597>
- Drohnen sollen Bambis retten, SZ (Titelseite), 25.04.2014
- Germany deploys drones to protect young deer from combine harvesters, The Guardian, 25.04.2014
- Maßnahmen zum Wildtierschutz bei der Mahd, proplanta, 19.04.2014, http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Umwelt/Massnahmen-zum-Wildtierschutz-bei-der-Mahd_article1397884406.html
- HALALI, 02/14, <http://www.halali-magazin.de/natur/317-2014-01-wildretter-teil1>
- Wildretter in Landwirtschaft, Hardt IN, 21.03.2014, <http://hardtin.de/index.php/de/fauna-flora-habitat/tierreich/2946-wildretter-in-landwirtschaft>
- Bambis fliegender Freund, Ferchau Engineering, 11.12.2013, <http://www.ferchau.de/news/details/bambis-fliegender-freund-2378/>
- top agrar online: Forschungsprojekt zum Schutz von Wildtieren bei der Mahd angelaufen, 07.06.2013, <http://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Forschungsprojekt-zum-Schutz-von-Wildtieren-bei-der-Mahd-angelaufen-1161557.html>
- Münchner Wochenanzeiger, 04.06.2013, <http://www.wochenanzeiger.de/article/134615.html>
- Deutsche Jagdzeitung, 03.06.2013, <http://www.djz.de/447.2398/>
- Der Standard, 23.05.2013, <http://derstandard.at/1369264064499/Drohnen-zum-Schutz-fuer-Rehkitze-im-Muehlviertel>
- ORF, 23.05.2013, <http://ooe.orf.at/news/stories/2585423/>
- Oberpfalznet.de, 20.05.2013, <http://www.oberpfalznetz.de/zeitung/3693713-129-rehkitz-rettung-aus-der-luft,1,0.html>
- Jägermagazin.de, 17.05.2013, <http://www.jaegermagazin.de/aktuelles/detail.php?objectID=5135&class=62>
- National Geographic: Fliegende Augen, 03/2013, S. 78-91, <http://www.nationalgeographic.de/reportagen/drohnen-fliegende-augen>

- Die Welt: Himmel voller Drohnen macht Hoffnung und Angst, 22.02.2013, <http://www.welt.de/wissenschaft/article113827498/Himmel-voller-Drohnen-macht-Hoffnung-und-Angst.html>
- Spiegel online: Drohnen: Ein Himmel voller Augen, 02.03.2013, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/drohnen-unbemannte-fluggeraete-in-usa-und-deutschland-im-einsatz-a-884518.html>
- Süddeutsche Zeitung: Die Drohne sieht alles, 17.11.2012
- DeutschlandRadio Wissen: Fliegender Wildretter, 06.08.2012, http://wissen.dradio.de/wildtiere-fliegende-wildretter.35.de.html?dram:article_id=215302
- Application Story, FLIR 2012, http://www.flir.com/uploadedfiles/Eurasia/MMC/Appl_Stories/AS_0051_EN.pdf
- BT24: Oktokopter vom Luft- und Raumfahrtzentrum soll Rehkitze vor dem Mähtod bewahren, 09.07.2012, <http://www.bt24.de/aktuelles/region/item/66023/gebiet/stadtsteinach/hightech-oktokopter-vom-luft-und-raumfahrtzentrum-soll-rehkitze-vor-dem-m%E4htod-bewahren-8211-hoher-preis>
- Nordbayerischer Kurier: Fliegender Retter für Bambi, 09.07.2012, <http://www.nordbayerischer-kurier.de/nachrichten/ein-fliegender-retter-f-r-bambi-1717>
- NWZ-online: Kitze vor dem Mähtod retten, 05.07.2012, <http://www.nwzonline.de/Region/Kreis/Oldenburg/Doettingen/Artikel/2901826/Kitze-vor-dem-M%E4htod-retten.html>
- Wärmebildkameras und Drohnen, Blick.ch, 27.06.2012 <http://www.blick.ch/news/schweiz/high-tech-soll-rehkitzen-das-leben-retten-id1941494.html>
- Wildrettung: Mit der Kraft des dritten Auges, Merkur-online.de, 19.06.2012, <http://www.merkur-online.de/lokales/eurasburg/wildrettung-kraft-dritten-auges-2359214.html>
- Fliegender Wildretter, OVB-Online, 23.06.2012, <http://www.ovb-online.de/neumarkt-stveit/fliegender-wildretter-2363826.html>
- Fliegender Wildretter, InnSalzach24.de, 22.06.2012, <http://www.innsalzach24.de/news/muehdorf/niedertaufkirchen/niedertaufkirchen-oktokopter-infrarotkamera-suche-hohen-gras-innsalzach24-2363208.html>
- Rehkitze sterben unter scharfen Mähmessern, Donaukurier.de, 14.06.2012, <http://www.donaukurier.de/lokales/neuburg/Neuburg-wochenn1242012-Rehkitze-sterben-unter-scharfen-Maehmessern;art1763,2617488>
- Oktokopter rettet Kitze vor dem Mähtod, Nordbayern.de, 12.06.2012, <http://www.nordbayern.de/region/pegnitz/oktokopter-rettet-kitze-vor-dem-mahtod-1.2138070>
- Hightech rettet Rehkitze, 09.06.2012, <http://www.frankenpost.de/lokal/hofrehau/hof-land/Hightech-rettet-Rehkitze;art2438,2021301>
- Augsburger Allgemeine: Mit 8 Propellern auf der Suche nach Kitze, 01.06.2012, <http://www.augsburger-allgemeine.de/dillingen/Mit-acht-Propellern-auf-der-Suche-nach-Kitzen-id20403491.html>
- Merkur Online, 31.05.2012, <http://www.merkur-online.de/lokales/landkreis-starnberg/presentiert-sensor-ausgestatteten-oktokopter-2339541.html>
- Augsburger Allgemeine, 31.05.2012, <http://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/Radar-zur-Rehkitz-Rettung-id20393751.html>

- Mitteldeutsche Zeitung, 31.05.2012, <http://www.mz-web.de/servlet/ContentServer?pagename=ksta/page&atype=ksArtikel&aid=1338485310606>
- Aargauer Zeitung/Schweiz, 31.05.2012, <http://www.aargauerzeitung.ch/schweiz/elektronische-systeme-sollen-rehkitze-vor-dem-maehod-retten-124540502>
- Press Relations, 31.05.2012, http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?aktion=jour_pm&r=496566
- Agrar-Presseportal, 31.05.2012, http://www.agrar-presseportal.de/Nachrichten/Bundeslandwirtschaftsministerium-startet-Forschungsprojekt-zur-Rettung-von-Rehkitzen_article13083.html
- Top Agrar online, 31.05.2012, <http://www.topagrar.com/news/Rind-News-Projekt-fuer-neuen-Wildretter-853927.html>
- Landtechnikmagazin.de, 31.05.2012, <http://www.landtechnikmagazin.de/Gruenland-und-Futterernte-Artikel-Projekt-Wildretter-High-Tech-fuer-den-Tierschutz-erhaelt-Foerderung-3501.php>
- Forstpraxis.de, 31.05.2012, <http://www.forstpraxis.de/forschungsprojekt-rettung-rehkitzen-gestartet>
- Wild und Hund, 31.05.2012, <http://www.wildundhund.de/438.7212/>
- Jagderleben.de, 31.05.2012, <http://www.jagderleben.de/2-5-millionen-fuer-kitzrettung>
- DPAD, 31.05.2012, <http://www.welt.de/newsticker/news3/article106399348/Flugroboter-soll-Rehkitze-vor-Maehmaschinen-retten.html>
- Epoch Times Deutschland , 31.05.2012, <http://www.epochtimes.de/wildtiere-aigener-will-rehkitze-vor-toedlichen-unfaellen-schuetzen-901758.html>
- Weinmarktplatz, 31.05.2012, <http://www.weinmarktplatz.com/de/weinmarktplatz/news-archiv/details/article/projekt-wildretter-gestartet/>
- München-querbeet.de, 31.05.2012, <http://www.muenchen-querbeet.de/politik-gesellschaft-trends/forschung-projekt-rettung-rehkitze-wildtiere#more-2907>
- Bayern1, 31.05.2012, <http://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/regionalzeit-suedbayern/fliegende-waermebildkameras-zum-schutz-fuer-rehkitze100.html>
- Bayern2, IQ, 31.05.2012, <http://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/iq-wissenschaft-und-forschung/landwirtschaft-rehkitz-rettung100.html>
- Bayerischer Lokalradiodienst, 31.05.2012, http://wildretter.caf.dlr.de/wiki/images/7/77/Aigener_Bayr-Lokalradio_20120531.mp3
- WDR 5, Leonardo, 31.05.2012, http://wildretter.caf.dlr.de/wiki/images/2/2d/Aigener_WDR-Leonardo_20123105.mp3
- SAT.1, 31.05.2012, <http://www.sat1bayern.de/news/20120531/forschungsprojekt-zur-rettung-von-rehkitzen/>
- Allgemeine Zeitung: Dem Rehkitz droht der Mäher-Tod, 26.05.2012, <http://www.allgemeine-zeitung.de/region/bad-kreuznach-bad-sobernheim-kirn/landkreis-bad-kreuznach/12015319.htm>
- HALALI: Kitzsuche mit dem fliegenden Wildretter – Der Bayerische Jagdverband (BJV) setzt zur Rettung von Jungtieren auf modernste Technik, 24.05.2012, <http://www.halali-magazin.de/news/14-pressenews/jagd/80-oktokopter>

- Bogener Zeitung: Vorführung "Fliegender Wildretter", 23.05.2012, <http://www.idowa.de/home/artikel/2012/05/24/fluggeraet-rettet-die-kleinen-kitze.html>
- ProPlanta, 14.05.2012, http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Umwelt/Maehen-Wildtiere_article1336969569.html
- Südwest-Presse: Wildtieren den Mähtod ersparen, 07.05.12, http://www.swp.de/bad_mergentheim/lokales/bad_mergentheim/Wildtieren-den-Maehod-ersparen:art5642,1450672

5.5 Preise und Auszeichnungen

Das Projekt Wildretter wurde mit folgenden Preisen ausgezeichnet:

- Innovationspreis 2013 der Gesellschaft von Freunden des DLR
- „Ausgewählter Ort 2012“ im Wettbewerb „365 Orte im Land der Ideen“
- Ehrenpreis für Naturschutz 2012 (Jägervereinigung Oberhessen e.V.)