

Rehkitzrettung und Wildtiersuche mit Drohnen (Multikoptern)

Hintergründe, Verfahrensweisen und Erfahrungen aus der Praxis



Hexakopter mit Wärmebildkamera (Foto: Ingo Janek)

Inhalt

1. Einleitung
2. Fallbeispiel: Rehkitzsuche im Park Schönbusch vor der Mahd
3. Hintergrundwissen: Wärmebildkamera
4. Kopter - Fluggerät - „UAV: Unmanned Aerial Vehicle“
5. Die Suche: Verfahrensweisen in der Praxis
6. Sonstiges
7. Unser bisheriges System
8. Fazit und Ausblicke

Dieser Text darf in unveränderter Form, unter Beibehaltung der Namensnennung, unentgeltlich gerne weitergegeben werden.

unmanned-technologies.de
c/o Edition Fin Gadar GmbH
Stefan Arbes
Im Weidig 19
63785 Obernburg
Tel. +49- (0) 60 22-26 49 33
info@unmanned-technologies.de
<http://www.unmanned-technologies.de>

1. Einleitung

Die Agentur Fin Gadar, eigentlich eine Produktionsagentur mit einem Bereich Luftbildaufnahmen, beschäftigt sich seit etwa 2 Jahren intensiv mit dem Einsatz von drohnengestützten Wärmebildkameras in unterschiedlichen Bereichen. Wir möchten hier nun die Erkenntnisse und Erfahrungen der letzten beiden Jahre zusammenfassen und etwas nötiges Hintergrundwissen vermitteln. Dabei versuchen wir, den sehr umfangreichen Themenkomplex mehr von der konkreten und praktischen Seite zu betrachten, auch wenn hier dadurch das Eine oder Andere stark vereinfacht dargestellt wird.

Besonderes Augenmerk legen wir dabei vor allem auch auf die praktische Umsetzung und unterschiedliche Verfahrensansätze mit ihren Vor- und Nachteilen. Denn die Anschaffung einer Drohne mit Kamera ist nur ein kleiner Teil der Herausforderung.

Wir bemühen uns dabei um eine gewisse Objektivität und Unabhängigkeit. Wir verkaufen keine Kopier oder Drohnen. Auf Grund unserer Erfahrungen stellen wir jedoch Ansätze und Ideen zusammen, die wir hoffen, auch mit anderen teilen und auch eventuell Entwicklungspartnerschaften eingehen zu können.

Aber, um es vor auszuschicken: Richtig eingesetzt, ist die Drohnensuche mit Wärmebildkamera ein äußerst leistungsfähiges Werkzeug zur Unterstützung bei der Rehkitzrettung.



2. Fallbeispiel: Rehkitzsuche im Park Schönbusch vor der Mahd

Mit Unterstützung der bayerischen Schlösserverwaltung wurde dieses Frühjahr erstmals eine Wärmebilddrohne zur Suche eingesetzt. Diesen Einsatz möchten wir hier exemplarisch beschreiben, da er einen idealen Einsatz im Zusammenspiel mit Helfern darstellte.



Wärmebildkopter (Foto Ingo Janek)

Zusätzlich zu den engagierten ehrenamtlichen Helfern entschloss sich Landwirt Johannes Becker aus Großostheim, Pächter der Heuwiesen Schönbusch, in diesem Jahr auch zusätzlich auf Hightech aus Obernburg zurückzugreifen.

Da sich auch Herr Konstantin Buchner von der Schloss- und Gartenverwaltung Aschaffenburg der Idee sehr aufgeschlossen zeigte, kam es in diesem Jahr am letzten Montag zu einer Premiere am Schönbusch auf den Heuwiesen nördlich des Nilkheimer Parks.

Im Vorfeld teilte Herr Becker uns die genaue Lage der Heuwiesen mit. So konnten wir uns am Abend vorher schon ein genaues Bild über die abzufliegende Fläche machen und ein Suchraster festlegen.

Die Aktion begann morgens um 07.00 Uhr. Für die Suche ist ein früher Startzeitraum unerlässlich, da mit steigenden Temperaturen am Vormittag die Erkennung der Wärmebilder eines Tieres immer schwieriger wird und immer mehr Fehlerkennungen in Form von Maulwurfshügeln, Saukuhlen und ähnliche durch die Sonne gewärmte Strukturen erfolgen.



Kopter beim Start (Foto Ingo Janek)



Koptercrew beim Programmieren des Flugplans (Foto Ingo Janek)

Zusätzlich zu den Landwirten waren erfahrene ehrenamtliche Helfer vor Ort.

So konnte bereits zwei Minuten nach dem Start schon das erste Kitz erfolgreich gefunden werden. Die Helfer arbeiteten Hand in Hand mit der Koptercrew und wurden von uns per vorher verteilten Handfunkgeräten an den genauen Fundort dirigiert, der mit Hilfe der Wärmebilddrohne erkannt worden war.

Da die Kitze im Alter des vorliegenden Falls schon über einen Fluchtreflex verfügen, konnte so das erste Kitz aus dem Gefahrenbereich gelotst werden. Die Mahd wurde dann Abschnittsweise sofort danach durchgeführt, um zu verhindern, dass die Kitze unbemerkt wieder in den Gefahrenbereich zurückkommen.

Zur Illustration, hier eine Aufnahme der Wärmebildkamera, wie sie der Steuerer während des Flugs auf dem Monitor sieht. Zu Erkennen hier ist deutlich der Wärmepunkt des Kitzes, das zu dem Zeitpunkt noch in der Wiese liegt. Als die Helfer an dieser Position ankommen, springt das Kitz auf, es ist schon alt genug, so dass es flieht. Jüngere Tiere würden geduckt an Ort und Stelle bleiben.

(Originalaufnahmen der Aktion).



Wärmebildaufnahme des Rehkitzes aus 40m Höhe



Das Rehkitz beim Aufspringen (Foto: Ingo Janek)

Insgesamt wurden während der Aktion insgesamt etwa 7 Hektar innerhalb einer Stunde abgesucht, dabei 6 Rehkitze gefunden und aus dem Bereich der Heuwiesen gelotst. Auf Grund der überaus positiven Erfahrungen wird die drohnenunterstützte Rehkitzrettung sicherlich auch zukünftig eine feste Einrichtung am Schönbusch werden.

Die Bayerische Schlösserverwaltung unterstützt dieses Projekt. Seitens der Bayerischen Schlösserverwaltung erhielt Herr Becker eine Ausnahmegenehmigung die dem Tierschutz dient, generell ist das Befliegen mit Drohnen jedoch verboten.

Einen Bericht aus der Lokalpresse (Main-Echo) ist unten folgendem Link zu finden:

<http://www.main-echo.de/4712452>

3. Hintergrundwissen: Wärmebildkamera

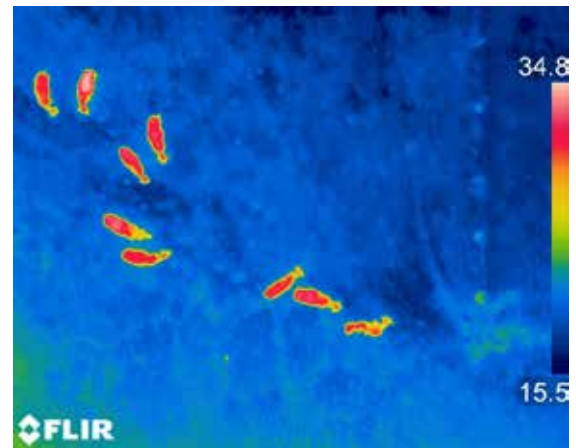
Das wichtigste Instrument ist natürlich die Wärmebildkamera. Eine Wärmebildkamera nimmt, wie jede Kamera, Bilder und Video auf. Im Unterschied zu einer normalen Kamera zeigt sie dabei aber kein sichtbares Licht, sondern Wärmestrahlung. Sie arbeitet also im infraroten Bereich.

Eine Wärmebildaufnahme ist von Haus aus schwarzweiß. Die Aufnahmen, die man üblicherweise kennt, sind sogenannte Falschfarbendarstellungen, um die Informationen für Menschen angenehmer zu machen.

Originalbild (Rinder aus 40m Höhe)



Falschfarbendarstellung



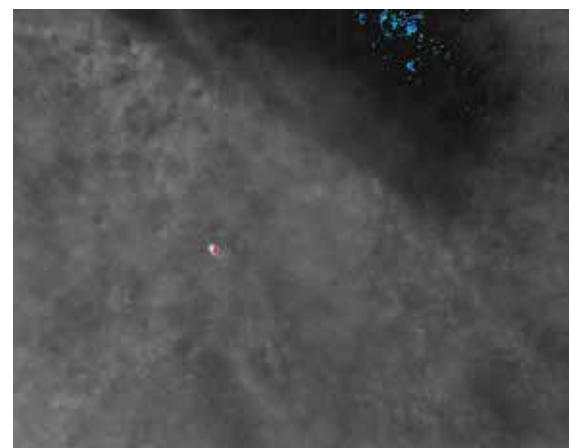
Optische Unterstützung durch Bilddarstellung

Bei Suchflügen wird in der Regel eine spezielle Darstellung verwendet, eine so genannte „Alert“- („Alarm“)-Darstellung. Dies unterstützt den Steuerer bei der Erkennung im Flug. Auf die Falschfarbendarstellung wird in der Praxis verzichtet, da sie sehr verwirrend ist. Bei der Alert-Darstellung werden uninteressante Bildteile im Kontrast abgesenkt, wichtige angehoben und durch eine Signalfarbe besonders herausgestellt:

Originalbild (Rehkitz aus 40m Höhe)



Alert-Darstellung

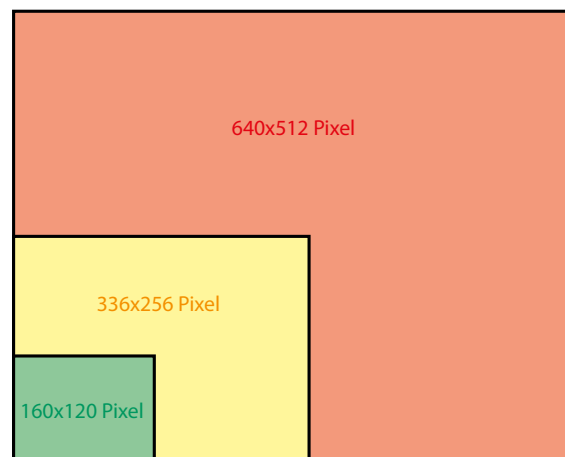


Auflösung

Wie eine normale Digitalkamera, haben auch Wärmebildkameras eine bestimmte Auflösung. Diese ist jedoch viel niedriger als bei einer Realbildkamera.

Übliche Handkameras, wie sie für die Gebäudeinspektion verwendet werden, oder als kleine Aufsatzgeräte für Smartphones erhältlich sind, haben eine Auflösung von 120x90 bis 160x120 Pixel. Diese sind für den luftgestützten Einsatz völlig ungeeignet. Wärmebildkameras für den Drohneneinsatz haben üblicherweise eine Auflösung von 336x256 Pixeln bzw. 640x512 Pixeln.

Um diese abstrakten Angaben etwas zu verdeutlichen, hier eine Illustration der Verhältnisse:



Was hat nun die Auflösung für Auswirkungen im praktischen Einsatz? Je höher die Auflösung der Kamera ist, desto mehr Punkte pro Fläche werden am Bildschirm dargestellt. Sprich, desto größer ist das Tier im Monitor. In Zusammenhang mit der Brennweite der Optik ergibt sich daraus auch die praktisch taugliche Flughöhe.

Zum Vergleich, eine Illustration, wie ein Rehkitz bei unterschiedlichen Auflösungen, bei gleicher Optik und Flughöhe erscheinen würde:

Originalbild (Rehkitz mit 640x512 Pixel)

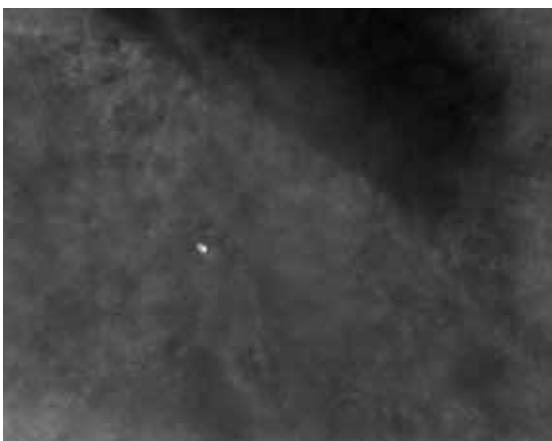


Illustration: gleiches Rehkitz mit 336x256 Pixel



Brennweite des Objektives

Auch eine Wärmebildkamera hat ein Objektiv mit einer Brennweite, wie man es auch von einer normalen Kamera kennt. Je kleiner die Brennweite ist, desto weitwinkliger ist das Objektiv.

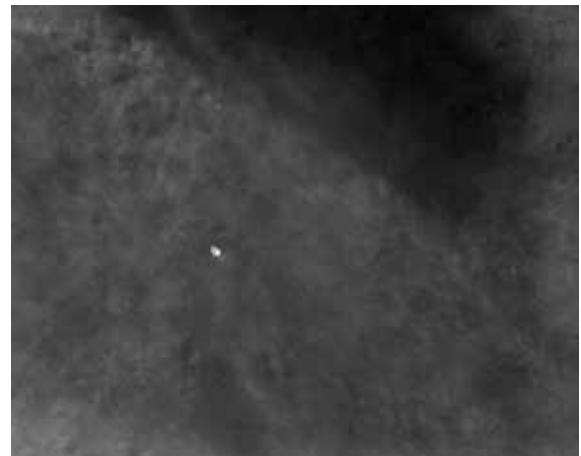
Je weitwinkliger ein Objektiv ist, desto mehr Fläche ist bei gleicher Flughöhe zu sehen, aber umso niedriger ist die Auflösung und damit die Größe und Empfindlichkeit der Darstellung.

Zum Vergleich, eine Illustration, wie ein Rehkitz bei gleicher Auflösung und Flughöhe, aber mit unterschiedlichen Brennweiten erscheinen würde:

**Rehkitz mit 640x512 Pixel bei 19mm
Brennweite, gleiche Flughöhe**

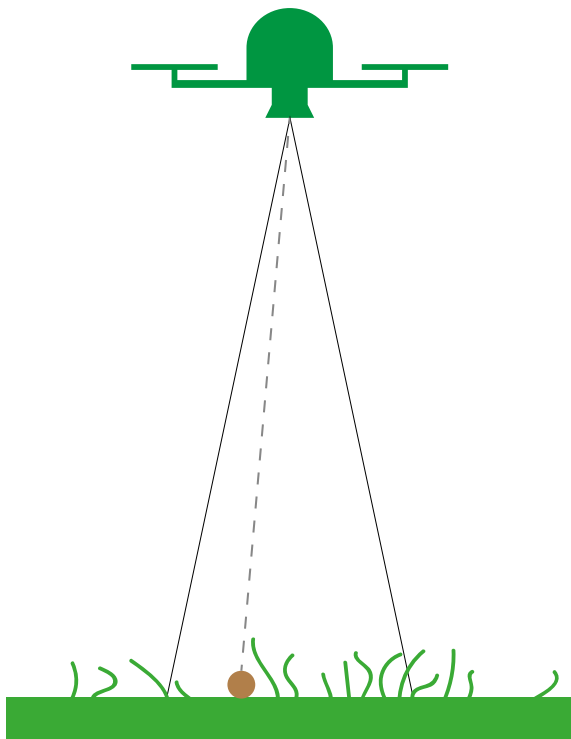


**Illustration: gleiches Rehkitz mit 9mm
Brennweite, gleiche Flughöhe**

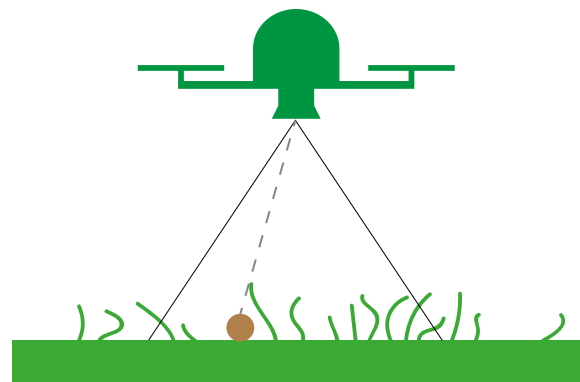


Wie gut zu sehen ist, kann man auf dem Bild mit der höheren Brennweite weniger sehen, dafür aber ist die Abbildung des Kitzes wesentlich größer. Auf dem rechten Bild ist das Kitz deutlich kleiner, dafür ist der Bildausschnitt wesentlich größer.

Zwischen der Brennweite und der Flughöhe gibt es in der Praxis den folgend illustrierten Zusammenhang:



Größere Brennweite, engeres Sichtfeld, aber größere Flughöhe



Kleinere Brennweite, breiteres Sichtfeld, aber niedrigere Flughöhe

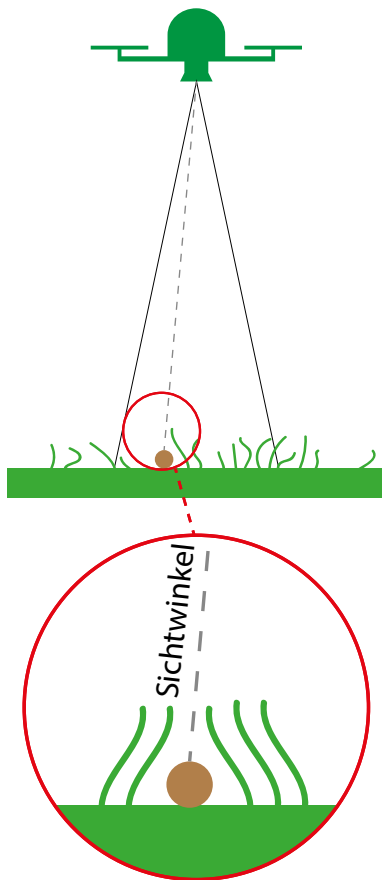
In der Praxis bedeutet eine kleinere Brennweite also zwar mehr Sichtfeld, dafür ist aber eine niedrigere Flughöhe nötig.

Mit einem 19mm-Objektiv bei einer Kameraauflösung ist eine Rehkitzerkennung aus 40m Höhe problemlos möglich, mit einer gewissen Übung und unter guten Bedingungen auch aus noch größerer Höhe. Damit liegt man sicher oberhalb üblicher Baumkronen.

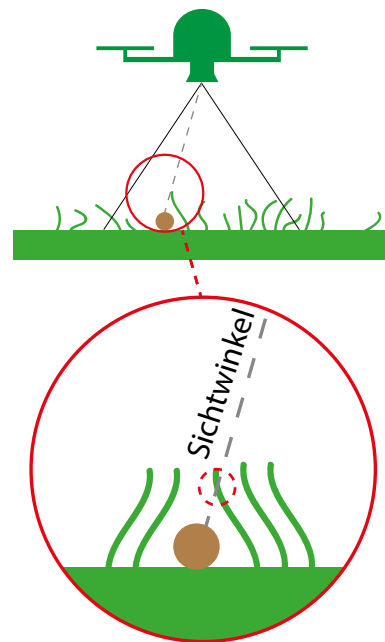
Bei einer ebenfalls oft eingesetzten 13mm-Optik liegt die reale Flughöhe zwischen 20-25m, eine Höhe, die durchaus Sorgfalt bei Planung und Flug bedeutet. Damit liegt man üblicherweise innerhalb der Baumwipfelhöhe unserer heimischen Mischwälder.

Bei der Rehkitzsuche in hohem Gras ist noch ein weiterer Aspekt, der sich aus der Objektivbrennweite ergibt, zu beachten. Rehkitze liegen im Vergleich zu den umliegenden Halmen sehr niedrig. Gras ist durch seinen hohen Wasseranteil ein hervorragender Wärmeisolator.

Je weitwinkliger die Optik ist, desto höher ist die Gefahr, dass umliegendes hohes Gras das Tier von der Kamera abschirmt und so nicht erkannt wird:



Größere Brennweite, größere Flughöhe



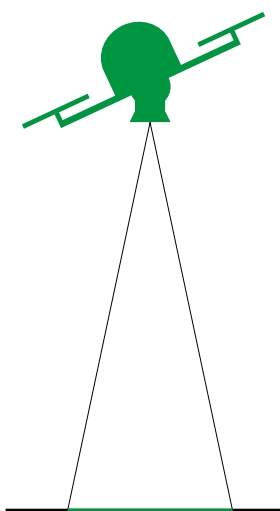
Kleinere Brennweite, niedrigere Flughöhe

Eine größere Brennweite bedeutet als eine größere Flughöhe, dabei ein steileres Blickfeld, also geradliniger Blick „von oben“. Allerdings ist das Sichtfeld kleiner, es müssen also mehr Bahnen für die gleiche Fläche abgeflogen werden.

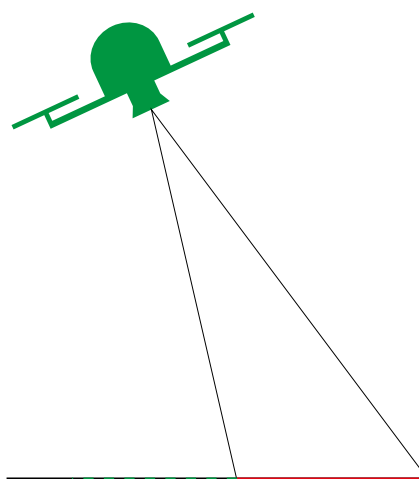
Kameramontage am Kopter

Die Wärmebildkamera ist im Flug senkrecht nach unten ausgerichtet. Dabei ist es von größter Wichtigkeit, dass die Kamera nicht starr an der Drohne montiert ist, sondern mit einer kardanischen Aufhängung, einem so genannten Gimbal.

Ein Kopter neigt sich im Flug immer in die Bewegungsrichtung. Nur durch einen Gimbal ist sicher, dass die Kamera immer nach unten zeigt und nicht in die Bewegungsrichtung kippt:



Gimbalgelagerte Kamera zeigt immer senkrecht nach unten



Starr montierte Kamera kippt mit der Bewegungsrichtung (auch bei Positionskorrekturen, auch zur Seite, nicht nur nach Vorn!)

Fazit:

Wärmebildkameras mit Auflösungen unter 332x256 Pixel sind für die Rehkitzsuche nicht praktikabel.

Höhere Brennweite bedeutet:

- ✓ mehr Sicherheit beim Auffinden
- ✓ mehr Flugsicherheit durch größere Höhen
- ✗ kleineres Sichtfeld, also längere Flugzeiten

Wir fliegen mit einer gimbalgelagerten Kamera mit 640x480 Pixeln mit Alert-Unterstützung mit 19mm Brennweite in einer Höhe von 40-50m.

Anmerkung: Es sind leider inzwischen Wärmebildkameras im Umlauf, bei denen die Auflösung des eigentlichen Wärmebildkopfes überhaupt nicht angegeben wird, sondern statt dessen eine Art „Kombiauflösung“ mit einer parallel verbauten, angeblichen „Restlichtkamera“. Solche Angaben sind mit äußerster Skepsis zu betrachten, denn hier hat der Wärmebildkopf tatsächlich nur eine Auflösung von 160x120 Pixel, die Kamera wird aber missverständlicherweise mit der Auflösung der Realbildkamera beworben. Dies betrifft z.B. die Yuneec CGO-ET.

4. Kopter - Fluggerät - „UAV: Unmanned Aerial Vehicle“

Nach den Grundlagen über dieameratechnik kommen wir zum zweiten Teil des Komplettsystems, nämlich der eigentlichen Drohne, die die Kamera trägt.

Spezielles Industriemodell, umgebautes „Consumer“-Modell, oder spezielle Konstruktion?

Die Idee, ein „unbemanntes Luftfahrzeug“ mit einer Wärmebildkamera auszurichten, lockt derzeit viele Hersteller und Händler an die, mit Blick auf den immer größer werdenden Konkurrenzdruck und drastisch eingebrochener Margen im „Consumer“-Bereich, ihre Chance auf ein Geschäftsmodell sehen. Wir möchten hier kurz Aspekte beleuchten die in die Kaufentscheidung einfließen sollten.

Professionelle Industriekopter

Renommierte Industriekopter-Hersteller bieten schon lange derartige Systeme an. Sie können in der Regel auf einen gewissen Erfahrungsschatz zurückblicken, wobei man allerdings auch hier nicht übersehen sollte, dass diese Erfahrung in der Regel bestenfalls fünf Jahre zurückreicht.

Diese Systeme sind aber als ausgereift zu bezeichnen, verzichten im Sinne der Betriebssicherheit auf Vieles, das man aus dem Consumerbereich an Funktionen kennt. Man befindet sich hier in der Regel aber in einer Preisregion als Komplettsystem mit Kamera bei >20.000€.

- ✓ Individueller Support
- ✓ Qualitativ wertige Systeme und Aufbau
- ✗ Technologisch oft etwas verzögert
- ✗ Bei System, Software und Bodenstation auf einen Hersteller festgelegt
- ✗ Kostenintensivste Lösung

Modifizierte oder umgebaute Fertigmodelle verbreiteter Hersteller

Die meisten derzeit eingesetzten Kopter in der Tierrettung sind aus Budgetgründen tatsächlich mehr oder weniger gut umgebaute so genannte „Ready-to-Fly“-Kopter der einschlägigen Massenmarkt-Kopterhersteller. Bei diesen, meistens von kleineren Anbietern durchgeführten Modifikationen wird die Wärmebildkamera, meist sogar mit eigener Video-Übertragungsstrecke, an ein bestehendes Modell angebaut. Je nachdem, wie gut diese Modifikation ausgeführt ist, verändern sich die originalen Flugeigenschaften mehr oder weniger.

Man sollte sich bei solchen Anbaulösungen nicht von den Leistungsangaben des unmodifizierten Originals täuschen lassen. Ein Kopter, der nach den meist schon nur unter optimalen Bedingungen zustande kommenden Herstellerangaben eine Flugzeit von 15 Minuten aufweist, wird durch das realistische Mehrgewicht von 20% und mehr sicherlich keine 20% kürzere Einsatzzeit haben, sondern weniger.

Für den praktischen Einsatz ist auch dabei zu bedenken, dass man durch die Verwendung eines modifizierten Fluggeräts natürlich einige weitere Nachteile übernimmt:

- Der Hersteller des Originals übernimmt natürlich für die modifizierte Variante keine Gewährleistung. Im Fall einer Reparatur kann das Gerät nicht direkt zum Originalhersteller reklamiert werden.
- Aktuelle Bestrebungen im Bereich der so genannten Consumer- oder Massenmarktdrohnen durch herstellerseitig festgelegte Maßnahmen in Flughöhe, -Entfernung und sogenannter „NoFly-Bereiche“, in welcher der Kopter überhaupt nicht erst startet, betreffen natürlich auch die modifizierte Variante. Was im Hobbybereich möglicherweise noch akzeptabel scheint, kann den professionellen Einsatz von Kopter, Helfer und Landwirt platzen lassen.
- Die Anbieter solcher modifizierten Geräte sind, bis auf wenige Ausnahmen, keine großen Unternehmen mit umfangreicher Infrastruktur. Lediglich die Flugplattform selbst wird von einem großen Hersteller gefertigt und von diesem zugekauft.

- ✓ In den Grundfunktionen einfach zu steuern, da für den Massenmarkt konzipiert
- ✓ Günstig in der Anschaffung
- ✓ Rückgriff auf Zubehör des Fertigmodell-Herstellers
- ✗ Angebaute Wärmebildkamera ist eine aufgesetzte Drittlieferanten-Lösung
- ✗ Potentielle und praktische Einschränkungen im Betrieb

Spezielle Konstruktionen

Da vieles im Bereich der nichtmilitärischen Koptertechnologie auf einem gewissen Komponenten- und Bauteil-System beruht, bieten unterschiedliche, in der Regel kleinere Unternehmen spezielle, auf den jeweiligen Einsatzzweck ausgerichtete Sonderbauten an. Je nach Qualität des Lieferanten können dies durchaus hoch optimierte, praxistaugliche Systeme sein. Allerdings gibt es natürlich auch hier sehr große Kompetenz- und Qualitätsunterschiede.

Auch bei diesen „Maßgefertigten“ Lösungen wird durchaus auf die gleiche Technik zurückgegriffen, die auch bei den renommierten Kopterherstellern verwendet wird.

Sinnvoll kann es hier sein, einen Lieferanten zu wählen, der Teileauswahl und Aufbau derart dokumentiert, dass Reparaturen und Systempflege auch durch andere Unternehmen im Fall der Fälle übernommen werden kann.

- ✓ Individuelle Lösung und Beratung
- ✓ Meist günstiger als der zuerst genannte rein professionelle Bereich
- ✓ Ausbaubarkeit
- ✗ Oft Kompromisse bei Bedienungskomfort und mehr Einarbeitung nötig
- ✗ Bindung an einen, meiste kleineren, Lieferanten
- ✗ Die Qualität des Systems hängt von der Qualität des Lieferanten ab

Quadro-, Hexa- oder Oktokopter

Ein Quadrokopter, wie der Name sagt, hat vier Antriebe, ein Hexakopter sechs, ein Oktokopter acht. Die praxisrelevanten Unterschiede sind recht einfach:

- Ein Quadrokopter mit vier Rotoren ist der energieeffiziente Aufbau.
- Bei einem Quadrokopter kann ein Motorausfall nicht ausgeglichen werden. Sprich, der Ausfall eines Antriebs beim Quadrokopter führt unweigerlich zum sofortigen Absturz.
- Ein Hexakopter verbraucht mehr Strom als ein Quadrokopter, ist also weniger effizient.
- Ein Hexakopter kann den Ausfall eines Antriebs in der Regel ausgleichen, d.h. er kann mit fünf statt sechs Antrieben noch gelandet werden.
- Ein Oktokopter kann höhere Lasten tragen, ist aber in der Regel die energetisch ineffizienteste Aufbauform.
- Ein Oktokopter kann je nach Aufbau ebenfalls den Ausfall eines Antriebs ausgleichen.
- Ein Oktokopter ist die teuerste Variante, da eben acht Antriebsstränge mit Motor, Regler und Propeller vorhanden sind.

In der Praxis spielt in der Wildtierrettung die Ausfallsicherheit eines Hexakopters nicht mehr die große Rolle wie früher. Moderne Antriebe sind, entsprechend sorgfältig aufgebaut, inzwischen kaum anfällig für Ausfälle. Die meisten Abstürze erfolgen nach wie vor durch Fehler des Steuerers.

Schlechtwetter- und Regenfestigkeit

Ein Aspekt, der in der Regel vernachlässigt wird, soll hier aber noch aufgeführt werden: der optimale Kopter für diesen Einsatzzweck ist eigentlich regenfest.

Man kann natürlich nun zu recht einwenden, dass bei Regen ja auch nicht gemäht wird. Unsere praktische Erfahrung zeigt aber, dass in der Hochzeit des ersten Schnitts bei der Mahd die Wetterverhältnisse sehr oft, gerade früh morgens, sehr unkalkulierbar sind. Wir konnten teilweise eine Stunde vor Einsatz noch nicht sagen, ob wir fliegen können, da auch unser bisheriges Prototypen-System nicht regenfest ist. Deshalb sind wir inzwischen der festen Meinung, dass der ideale Wärmebild-Suchkopter zumindest eingeschränkt regenfest sein muss.

Irgendwelche Versuche, mit Sprays oder Flüssiggummi einen handelsüblichen Kopter „abzudichten“, sind übrigens unsinnig. Normale, nicht speziell konzipierte Kopter brauchen zum Einen einen kontinuierlichen Luftstrom zur Kühlung der Komponenten, zum Anderen wird bei allen Koptern die direkte Flughöhenkontrolle barometrisch durch Luftdruck-Unterschiede gesteuert. Nicht durch GPS, wie manchmal vermutet, da das GPS dazu zu ungenau und nicht reaktionsschnell genug ist. Wenn durch derartige „Tuning“-Maßnahmen der barometrische Sensor mit abgedichtet wird, ist die Katastrophe schon vorgezeichnet.

5. Die Suche: Verfahrensweisen in der Praxis

Beim praktischen Einsatz einer Drohne bei der Rehkitz-Rettung gibt es mehrere Herangehensweisen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Wir haben die unterschiedlichen Verfahren getestet und stellen hier unsere Erkenntnisse zusammen.



Die eigentliche Kitzrettung ist immer eine Kombination aus Suche per Kopter und Zusammenarbeit mit Helfern am Boden.

Ein Wärmebildkopter kann eine Rehkitzrettung stets nur als Hilfsmittel unterstützen, aber die Helfer am Boden nicht ersetzen.

Der Unterschied ist jedoch, dass mit wenigen Helfern und entsprechender Ausstattung auch Flächen von mehreren Hektar kein Problem darstellen. In der Praxis erreichen wir bislang maximal etwa 8-10 Hektar pro Stunde unter idealen Bedingungen. Die eigentliche

Flugzeit liegt dabei im Bereich von ca. 10 Minuten, der Rest der Zeit ist nötig für Vorbereitung, Einweisung der Helfer und letztendlich das Anlaufen der gefundenen Wärmequellen.

Die prinzipielle Abfolge ist dabei (je nach Methode, die auf den folgenden Seiten dargestellt werden):

- Planung des Flugs
- Durchführung des Flugs bis zum Fund einer Wärmequelle, die wahrscheinlich ein Tier darstellt
- Einweisung der Helfer zum Fundort
- Weiterführung des Flugs

Die weiterführende Rettung der Kitze soll im Übrigen nicht Thema dieses sowieso schon umfangreichen Textes sein.

Die Einweisung der Helfer erfolgt bei uns stets über einfache Handfunkgeräte. Die Methode, auf Handies auszuweichen, hat sich in Mittelgebirgslagen durch zu viele Funklöcher nicht bewährt. Deshalb verwenden wir einfache Handgeräte.

Wenn der Kopter über dem potentiellen Fundtier stehen kann, ist die Einweisung der Helfer nahezu optimal. Denn im Bild der Wärmebildkamera tauchen schließlich neben dem Tier auch die Helfer auf. So können die Helfer tatsächlich punktgenau eingewiesen werden. Dazu braucht der Kopter allerdings ausreichende Flugzeitreserven.

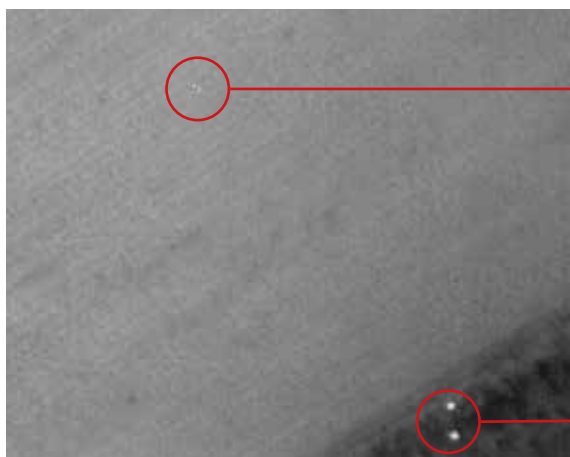
5.1. Die Suche: Hilfsmittel

Sinnvolle Hilfsmittel für die Helfer bei der Rehkitzsuche sind, wie schon erwähnt, Handfunkgeräte.



Damit lassen sich problemlos und unabhängig von Mobilfunknetzen der Kontakt zwischen Koptersteuerer und einem oder mehreren Helfern herstellen.

Wie ebenfalls schon ausgeführt, lassen sich die Helfer so auch perfekt zum Fundplatz einweisen, wenn der Kopter in diesem Moment stationär über dem Kitz schwebt:



Rehkitz

Ankommende Helfer

Um diese Methode noch zu verfeinern, werden wir in der nächsten Saison unsere Helfer mit kleinen tragbaren Monitoren ausstatten, auf denen Sie das Bild das der Kopter überträgt, direkt selbst sehen können. Sie können diese auf dem Weg zur Fundstelle mitnehmen und dadurch das Kitz und auch sich selbst direkt erkennen.



Prototyp eines mobilen tragbaren Monitors mit Empfängereinheit für das Bild der Wärmebildkamera



5.2 Methode 1: Die „Freiflugmethode“

Die von uns so genannte „Freiflugmethode“ ist die einfachste und intensivste Methode. Dabei wird eine Heuwiese mit dem Kopter einfach direkt durch den Steuerer (wir möchten den Ausdruck „Pilot“ vermeiden) gelenkt. Der Kopter wird gestartet, der Steuerer versucht, die Begrenzung des Suchgebiets an Hand aus der Luft erkennbarer Landmarken zu erfassen, dann fliegt der Steuerer Bahn für Bahn manuell.

Dabei hängt es ausschließlich von der Flugerfahrung, Disziplin und Übersicht des Steuerers ab, in wie weit diese Methode eine einigermaßen lückenlose Erfassung der Fläche erreicht. Was hier nun recht trivial klingt, ist in der Praxis eine enorme Herausforderung.

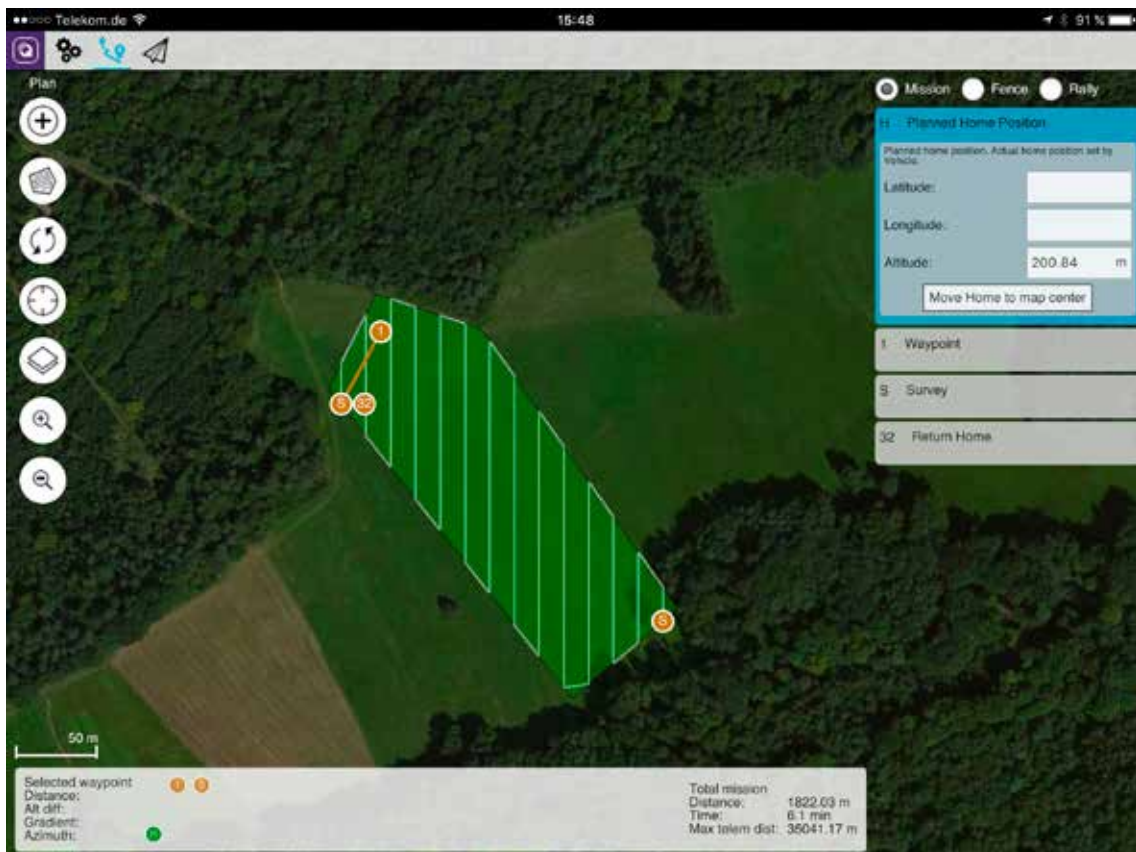
- Es müssen aus der Luft in der Darstellung der Wärmebildkamera erkennbare Landmarken oder Begrenzungen vorhanden sein, an Hand derer der Steuerer das Suchgebiet eingrenzen kann. Täuschen Sie sich dabei nicht: es ist äußerst schwierig, die absolute Position eines in der Luft schwebenden Kopters korrekt zu verorten.
- Die interne Steuerung und Lagekorrektur des Kopters muss extrem gut funktionieren. Nur wenige Systeme sind tatsächlich in der Lage, einen Kurs „geradeaus“ genau zu halten. GPS alleine hat eine Abweichung von $\pm 1-2\text{m}$ in der Praxis.
- Der Steuerer muss sehr diszipliniert arbeiten. Eine einzige unbeabsichtigte Drehung des Kopters führt unweigerlich zu Lücken im Suchgebiet.
- Der Steuerer braucht viel Erfahrung, um die Position des Kopters von Suchbahn zu Suchbahn genau optisch zu versetzen.
- Oftmals hat man aus der Position überhaupt keinen direkten Einblick auf einen Teil des Suchgebiets. Wir haben in der Praxis oft die Situation, dass Teile der Heuwiese durch Höhenunterschiede des Geländes, Hecken oder andere Sichthindernisse verdeckt sind. Dann ist es auch mit viel Erfahrung faktisch nicht möglich, aus der Position des Kopters in der Luft auf die tatsächliche Begrenzung des Suchgebietes zu schließen.

- ✓ Kurze Vorbereitungs- und Rüstzeit
- ✓ Intuitive Herangehensweise
- ✗ Die Genauigkeit steht und fällt mit dem Steuerer
- ✗ Eine sichere Abdeckung des Suchgebiets ist nur bei idealen Geländebedingungen möglich.
- ✗ Das Fehlerpotential ist sehr hoch.

5.3 Methode 2: Die teilautonome Methode

Diese Methode ist quasi eine Erweiterung der vorherigen Freiflugmethode. Im Unterschied dazu wird allerdings der Kopter hier nicht manuell gesteuert, sondern fliegt autonom ein vorher definiertes Suchraster ab.

Das Suchraster wird vor dem Flug mit Hilfe einer Bodenstations-Software auf dem Laptop oder einem Tablet definiert. Dazu wird ein Suchgebiet mit Hilfe von üblichen Satellitenkarten eingegrenzt, die Software errechnet daraus ein Flugbahn raster, das sicherstellt, dass die Drohne so fliegt, dass die Kamera schließlich das komplette Gebiet erfasst hat. Dabei wird zwischen den Bahnen normalerweise eine Überlappung zur Sicherheit eingeplant.



Beispiel eines Suchrasters, die grün unterlegte Fläche wird dabei komplett in Bahnen abgeflogen. Screenshot vom Tablet

Im vorliegenden Beispiel stellen die weißen Linien die Flugbahnen dar, die grüne Fläche das Suchgebiet. Dieses Suchmuster fliegt die Drohne dann vollständig autonom ab. Der Steuerer hat dabei allerdings selbstverständlich jederzeit und unmittelbar die Möglichkeit, einzugreifen.

Wird nun ein Tier gesichtet, unterbricht der Steuerer den Flug und lässt den Kopter über der Fundstelle stehen. Die Helfer werden nun auf diese Fundstelle eingewiesen.

Anschließend lässt der Steuerer die Drohne genau an der unterbrochenen Stelle das Suchraster wieder aufnehmen und der Kopter fliegt das Suchgebiet weiter ab.



- Es muss bei dieser Methode vor dem Flug ein Suchraster festgelegt werden. Dazu wird eine Bodenstations-Software verwendet. In der Praxis ist hier ein Tablet vor Ort besser zu bedienen als ein Laptop. Auch wenn auf dem Tablet die Suchgebiets-Festlegung gröber stattfindet, ist sie für die Kitzsuche ausreichend. Wichtig dabei ist ein System, das auch ohne ständige Internetverbindung funktionsfähig ist und z.B. das nötige Kartenmaterial gespeichert vorhält.
 - Die Flugsteuerung des Kopters muss darauf ausgelegt sein, ein so zuvor definiertes Suchraster autonom abfliegen zu können. Dabei muss der autonome Flug jederzeit unterbrechbar und wieder an der gleichen Stelle **wieder aufnehmbar** sein. Nicht alle Systeme können das.
 - Der Steuerer braucht ein Mindestmaß an räumlicher Orientierung und geografischem Vorstellungsvermögen.
 - So lange der Steuerer den Kopter auf seiner Flughöhe im Blick hat, ist es völlig egal, ob er einen direkten Einblick auf einen Teil des Suchgebiets hat oder nicht. Die in der Praxis oft auftretende Situation, dass Teile der Heuwiese durch Höhenunterschiede des Geländes, Hecken oder andere Sichthindernisse verdeckt sind, können so völlig problemlos bewältigt werden.
-
- ✓ Kaum Fehlerpotential, keine Fehlsteuerungen
 - ✓ Lückenlose und sichere Abdeckung des Suchgebiets
 - ✓ In der Praxis entspanntere Arbeitsweise für den Steuerer, er überwacht nur den Flug
 - ✗ Gewisse Vorbereitungszeit
 - ✗ Geografisches Vorstellungsvermögen und Grundwissen nötig

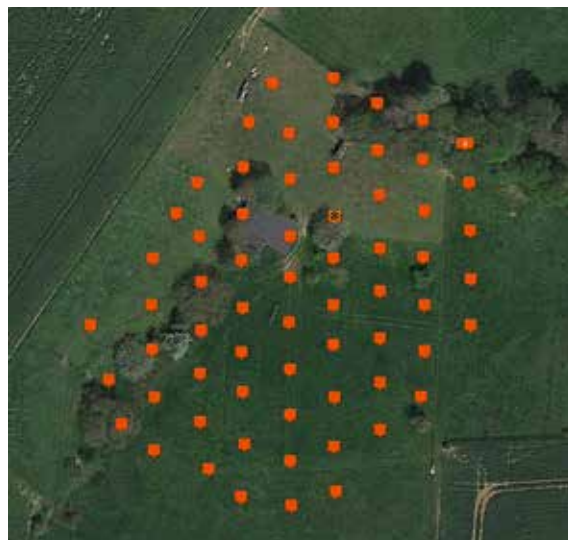
5.3 Methode 3: Die autonome Rasterbild-Methode

Diese Methode ist die Erweiterung der vorherigen teilautonomen Methode. Auch hier wird das Suchraster vor dem Flug mit Hilfe einer Bodenstations-Software auf dem Laptop oder einem Tablet definiert.

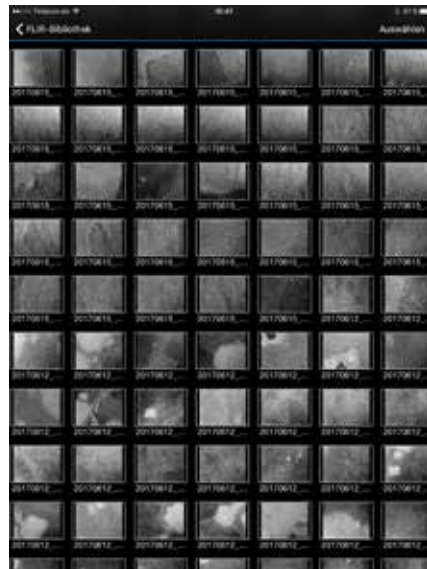
Dazu wird ein Suchgebiet mit Hilfe von üblichen Satellitenkarten eingegrenzt, die Software errechnet daraus ein Flugbahnraaster das sichergestellt, dass die Drohne so fliegt, dass die Kamera schließlich das komplette Gebiet erfasst hat. Dabei wird zwischen den Bahnen normalerweise eine Überlappung zur Sicherheit eingeplant.

Der Unterschied zur vorgehenden Methode ist dabei jedoch, dass hier die Wärmebildkamera in Abstandsintervallen ein Wärmebild aufnimmt und im internen Speicher abspeichert. Diese Bilder decken das komplette Suchgebiet ab (mit leichter Überlappung) und werden bei der Aufnahme mit den aktuellen GPS-Koordinaten des Kopters versehen. Der Flug des Kopters wird dabei zu keiner Zeit unterbrochen.

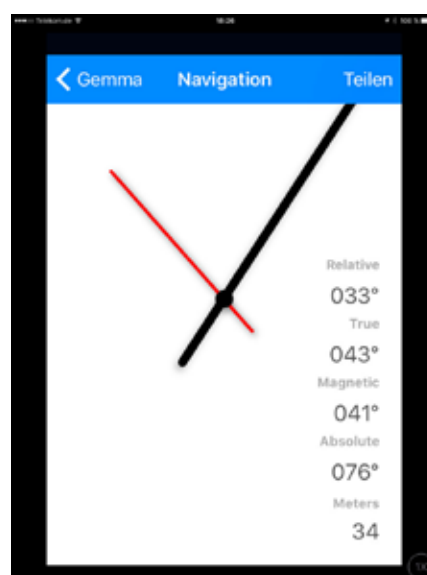
Das Ergebnis sieht dann, auf einer Satellitenkarte dargestellt, etwa so aus (jedes Fähnchen steht für eine Aufnahme):



Nach Ende des Suchflugs werden die Aufnahmen (bei uns etwa 60 Stück pro Hektar) vom Kopter geladen und auf dem Tablet gesichtet. Eine solche Aufnahmereihe sieht dann etwa so aus:



Die Aufnahmen, auf denen potentiell etwas zu finden scheint, werden dann einem Helfer auf ein Smartphone übertragen und mit einer speziellen App wird er dorthin geleitet, wo das Bild aufgenommen wurde. Der Helfer muss dann den Bereich (in unserem Fall maximal 15x15m) absuchen. Die App zeigt zu einem Bild, das mit Geokoordinaten versehen ist, die Richtung (großer schwarzer Pfeil) und die Entfernung an:





- Es muss bei dieser Methode vor dem Flug ebenfalls ein Suchraster festgelegt werden. Dazu wird genauso eine Bodenstations-Software verwendet. Zusätzlich muss die Möglichkeit bestehen, die georeferenzierten Suchbilder des Kopters zu empfangen, anzuzeigen und auszuwerten.
 - Der Steuerer braucht ein Mindestmaß an räumlicher Orientierung und geografischem Vorstellungsvermögen, allerdings auch technisches Verständnis.
 - Mit dieser Methode lassen sich sehr große Flächen in sehr kurzer Zeit absuchen. Da der Steuerer das Wärmebild nicht überwachen muss, kann der Kopter das Suchraster extrem schnell abfliegen (doppelt so schnell wie sonst). Wir haben mit dieser Methode mit nur einem Helfer etwa 8 Hektar Fläche in etwa 2,5 Stunden komplett durchsucht (einschließlich Ablaufen aller Fundstellen)
 - Diese Methode erfordert aber Vor- und Nachlaufzeit vor und nach dem Flug (ca. 10-20 Minuten nach jedem Flug).
 - Es ist keine „Live“-Einweisung der Helfer möglich. Die Helfer müssen an Hand der Geokoordinaten und der Navigation durch die Software einen Ausschnitt des Suchgebiets selbst absuchen. Je nach Ausschnittsgröße (in unserem Fall 15x15m) ein ebenso großes Gebiet +/- weitere 2m durch GPS-Ungenauigkeiten.
-
- ✓ Sehr große Suchgebiete können sehr schnell und effizient abgesucht werden.
 - ✓ Lückenlose und sichere Abdeckung des Suchgebiets
 - ✗ Aufwendigere Vor- und Nachbereitung
 - ✗ Technisch wesentlich aufwendiger
 - ✗ Geografisches Grundwissen, Erfahrung und technisches Verständnis nötig
 - ✗ Während der Vor- und Nachbereitungszeit Leerlauf für die Helfer
 - ✗ Höherer Suchaufwand für die Helfer
 - ✗ Zeitliche Verzögerung zwischen Fundaufnahme und Eintreffen der Helfer am Fundort
 - ✗ Nur für fortgeschrittene Anwender

6. Sonstiges

Noch einige kleine Hinweise auf leicht zu übersehende, aber dennoch wichtige Punkte:

Kopter, System und Wartung

Es muss für das System einen Verantwortlichen geben, der den Kopter nach dem Einsatz wartet, reinigt, überprüft und gegebenenfalls Reparaturen beauftragt. Ein Wärmebild-Kopter ist ein hochkomplexes technisches System, das eine gewisse Aufmerksamkeit benötigt. Hochleistungs-Litium-Polymer-Akkus, wie bei Koptern verwendet, dürfen beispielsweise nicht längere Zeit vollgeladen gelagert werden, sondern müssen auf eine sogenannte Lagerspannung ge- oder entladen werden.

Kenntnisnachweis / LuftVO

Da ein Wärmebildkopter sicher mehr als 2kg Startgewicht haben wird, müssen **alle** Steuerer einen Kenntnisnachweis nach LuftVO erbringen und nachweisen können.

Versicherung

Da die Wildtiersuche nicht als Flug zu Freizeit Zwecken gilt, brauchen Sie eine gewerbliche Lufthaftpflichtversicherung. Diese ist gesetzlich vorgeschrieben. Eine private Haftpflicht reicht nicht aus!



7. Unser bisheriges System

Von uns bisher verwendetes System:

System:	Elektrisch betriebener Hexakopter
Durchmesser:	800mm (ohne Propeller)
Gesamtgewicht:	max. 7,5kg, je nach Nutzlast und Akkubestückung
Fluggeschwindigkeit:	Missionsflug 18km/h, maximal 35km/h
Frequenz:	868MHz Steuerung, 2,4 GHz Telemetrie und Video
Motoren:	Bürstenlose Außenläufermotoren mit 2,6kg Maximalschub pro Motor
Propeller:	14" Carbon
Stromversorgung:	1x Lipo 6S 10000, alternativ redundant 2x Lipo 6S 5000mAh, 22,2V 3x 5V BEC (Primär, Backup, Companion-Computer) 2x 12V (Wifi, Gimbal)
Flugcontroller:	Pixhawk 2.4.6 mit Arducopter 3.4.6 Backupcontroller Seriously Pro Deluxe mit INAV 1.6.1 (Stand 05/2017)
GPS:	2x uBlox M8N, 1x REACH RTK
Companion-PC:	Raspberry Pi3
WiFi:	Ubiquity Pico 2.4GHz (Bridge Kopter <-> Bodenstation)
Video:	HDMI 720p-Wifibroadcast mit 2,4GHz
Fernsteuerung:	FrSky Taranis X9D
Präzisionslandung:	IR-Lock
Höhenmessung:	Lightware SF11/c
Ground Station:	qGroundControl auf iPad und Laptop Tower auf Android
Kamera:	Gimbalgelagerte Wärmebild- und Realbildkamerakombination
Wärmebildkamera:	FLIR Vue Pro R640 mit 19mm-Objektiv Realbildkamera 8 Megapixel



8. Fazit und Ausblicke

Die Suche nach Rehkitzen vor der Mahd mit Hilfe einer Wärmebilddrohne hat sich als äußerst leistungsfähige und praktikable Methode herausgestellt. Es ist nach wie vor viel Entwicklungsarbeit zu leisten, vor allem, um die Abläufe zu vereinfachen und zu verbessern.

Es ist nicht damit getan eine Drohne mit Kamera zu kaufen. Es gehören die Definition von praktischen Verfahrensweisen ebenso dazu wie Schulung und Einweisung.

Ich hoffe, ich konnte Ihnen einen Überblick der Ergebnisse unserer Bemühungen seit 2 Jahren geben. Wir haben in dieser Zeit wichtige Erkenntnisse gewonnen und Erfahrungen sammeln können. Da ich immer wieder nach der Anzahl der Kitze gefragt werde, für Statistiker: wir konnten in dieser Saison statistisch gesehen 0,6 Rehkitze pro abgesuchtem Hektar auffinden.

Wir werden auf Grund unserer Erfahrungen im Laufe diesen Jahres einen Kopter speziell für die Rehkitz- und Wildtiersuche neu konzipieren und zusammenstellen, mit folgenden Eigenschaften:

- **Langlauf-Quadkopter** mit einer Flugzeit von >30 Minuten (wir hoffen, 45 Minuten erreichen zu können)
- Gimbalgelagerte Wärmebild- und Realbildkamera-Kombination mit Georeferenzierung der Aufnahmen
- Frei-, Teil- und voll autonomer Flug für alle zuvor vorgestellten Szenarien
- Videosystem mit beliebig vielen tragbaren Empfängern für die Helfer
- regen- und wetterfestes System, bis zu leichtem Regen und Wind einsetzbar
- Kostenrahmen für das Komplettsystem geschätzt etwa 12-15.000€ einschließlich Wärmebildkamera

Bei entsprechendem Interesse werden wir für dieses Referenzsystem einen Produktions- und Technologiepartner suchen, der dieses dann für Interessenten und Anwender produziert und anbietet.

Die gesamte Entwicklung der vergangenen zwei Jahre, Kopter, Software, Anbindung und Abläufe wurde bislang von uns selbst, völlig unabhängig und aus eigenen Mitteln finanziert. Dies definiert allerdings ebenso unsere weiteren Möglichkeiten wie auch unsere Entwicklungsgeschwindigkeit. Leider können wir bislang nicht wie andere Projekte auf Fremdmittel zurückgreifen.

Gleiches gilt für zukünftige Flüge in der nächsten Saison. Wir werden auf jeden Fall wieder ehrenamtliche Einsätze durchführen, soweit es für uns möglich und darstellbar ist.

Sollten Sie Interesse an einer Zusammenarbeit mit uns haben, bitten wir um Kontaktaufnahme.

Vielen Dank!