



Hochschule für Forstwirtschaft
Rottenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Bachelorarbeit

**Digitale Aufnahme von Schadholz mittels Drohne und
anschließende Datenverarbeitung und -weitergabe mittels
Softwarelösung**

**Eine Vergleichsstudie zwischen terrestrischem und
digitalem Schadholzmonitoring**

**Moritz Wingartz
Sülchenstraße 38
D - 72108 Rottenburg a. Neckar**

Allgemeine Angaben

Verfasser

Moritz Wingartz
Sülchenstraße 38
D - 72108 Rottenburg am Neckar

Studiengang und Vertiefungsrichtung

B.Sc.: Forstwirtschaft
Vertiefung: Allgemeine Forstwirtschaft

Erstprüfer

Prof. Dr. Dirk Wolff
Professor Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Zweitprüfer

Dipl.-Ing. Martin Roth
Revierleiter Meersburg
Bodenseekreis

Anschrift der Hochschule

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Schadenweilerhof
D - 72108 Rottenburg am Neckar

Copyright

© 2020 D – 72108 Rottenburg

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

Danksagung

Ich möchte mich zunächst bei allen bedanken, die mich, während meines Studiums begleitet und vor allem beim Schreiben dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank geht an Professor Dr. Dirk Wolff, der diese Arbeit betreut hat und bei Fragen stets zur Klärung derer zur Verfügung stand.

Ausdrücklich bedanke ich mich bei Herrn Roth, der mich beim Erstellen dieser Arbeit und vor allem bei den Versuchsreihen unterstützt hat. Zusätzlich danke ich ihm für ein spannendes Experteninterview.

In diesem Zuge danke ich auch Markus Bertele, Manuel Dieing und Matthias Wieland, die für die Experteninterviews zur Verfügung standen und somit maßgeblich an den Ergebnissen dieser Arbeit beteiligt sind.

Ein großer Dank geht an die Firma Gebrüder Dieing GbR, die mir das nötige Equipment für die Durchführung der Versuche zur Verfügung gestellt hat.

Auch möchte ich mich bei der Firma NetwakeVision bedanken. Marcel Ruff und Florian Krepela waren stets hilfsbereit, gerade wenn es um Fragen bezüglich der digitalen NetwakeVision Anwendung ging.

Lina Preiss und Christoph Dieing danke ich für die Korrektur dieser Arbeit und die hilfreichen Ratschläge.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie, die meine Launen ausgehalten hat und immer für ein aufbauendes Gespräch zur Verfügung stand. Explizit möchte ich mich bei meiner Schwester Nathalie bedanken, die zu jeder Zeit meine Fragen beantworten konnte und diese Arbeit trotz Schwangerschaft Korrektur gelesen hat. Ich wünsche dir und deiner eigenen kleinen Familie von Herzen alles erdenklich Gute.

Genderhinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Bachelorarbeit entweder nur die maskuline oder feminine Form eines Begriffes verwendet. Die benutzten Formen beziehen sich dabei ausnahmslos auf weibliche und männliche Personen.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Angaben	I
Danksagung	II
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Zusammenfassung	1
Abstract	2
1 Einleitung	3
2 Zielsetzung.....	5
2.1 Forschungsfragen	5
2.2 Hypothesen.....	6
3 Methodik	8
3.1 Literaturrecherche	8
3.2 Experteninterviews.....	8
3.3 Interviewleitfaden	9
3.4 Datenauswertung.....	11
4 Fachliche Grundlagen	12
4.1 Ausrüstung.....	12
4.2 Beschreibung der Drohne DJI Phantom 4 RTK	14
4.3 Beschreibung der Flugplanungssoftware DJI Terra	15
4.4 Luftrechtliche Grundlagen	17
4.4.1 Behördliche Zuständigkeiten	17
4.4.2 EU-Drohnenverordnung 2021	18
4.4.2.1 Betriebskategorie "Offen"	18
4.4.2.2 Risikoklasse C2.....	19
4.5 NetwakeVision	20
4.5.1 Frontend.....	20
4.5.2 Backend.....	23

4.6	RoyalFix und RTK Antennenmodul	25
4.7	Unternehmensportrait Gebrüder Dieing.....	27
5	Datenerhebung	28
5.1	Versuchsflächen.....	28
5.1.1	Wälder der Stiftung Liebenau	28
5.1.2	Revier Kleinprivatwald Martin Roth.....	29
5.2	Verfahrensabläufe	29
5.2.1	Terrestrisches Sturmholzmonitoring im Großprivatwald	29
5.2.2	Terrestrisches Sturmholzmonitoring im Kleinprivatwald.....	30
5.2.3	Digitales Sturmholzmonitoring und Datenweitergabe	31
5.2.3.1	Planung und Vorbereitung.....	31
5.2.3.2	Befliegung	32
5.2.3.3	Datenaufbereitung.....	33
5.2.3.4	Analyse	34
5.2.3.5	Datenupload und -weitergabe in NetwakeVision	36
5.3	Datenaufnahme.....	38
5.3.1	Terrestrisches Verfahren.....	38
5.3.2	Digitales Verfahren.....	39
5.3.3	Verifizierung der Koordinaten und Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit....	40
5.3.4	Befliegung zu unterschiedlichen Zeitpunkten	41
6	Ergebnisse	42
6.1	Zeit.....	42
6.1.1	Terrestrisch	42
6.1.2	Digital	45
6.2	Kosten.....	46
6.2.1	Terrestrisch	46
6.2.2	Digital	46
6.3	Anzahl gefundener Sturmbäume	47
6.4	Verifizierung der Koordinaten und Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit.....	47
6.5	Befliegung zu unterschiedlichen Zeitpunkten.....	48

6.6	Auswertung der Interviews	49
7	Diskussion.....	53
7.1	Beantwortung der Forschungsfragen und Überprüfung der Hypothesen	53
7.2	Ergebnisdiskussion	59
7.3	Methodendiskussion.....	62
8	Ausblick.....	63
8.1	Verbesserungsvorschläge	63
8.2	Weitere Anwendungsfelder	64
8.3	Voraussetzungen für eine digitalisierte Forstwirtschaft	67
9	Literaturverzeichnis	i
	Anhang.....	iv
	Anhang 01 Interviewleitfaden Revierleiter	iv
	Anhang 02 Interviewleitfaden Forstwirte/ Unternehmer	vi
	Anhang 03 Technische Daten RoyalFix.....	viii
	Anhang 04 Technische Daten RoyalBase	ix
	Anhang 05 Luftrecht Ergänzung.....	x
	Anhang 06 Audiotranskription	xiii
	Eidesstattliche Erklärung	xiv

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau Befliegung	12
Abbildung 2: DJI Terra Flugroutenplanung	15
Abbildung 3: Gerendertes Orthofoto mit Markierungen.....	16
Abbildung 4: 3D Modell	17
Abbildung 5: Ansicht App-Anwendung.....	20
Abbildung 6: Ansicht Web-Portal	23
Abbildung 7: Statistische Auswertung.....	24
Abbildung 8: POI Konfiguration	25
Abbildung 9: Status des Haus Icons	26
Abbildung 10: Systemüberblick RoyalFix.....	27
Abbildung 11: Rekonstruktionsauftrag erstellen.....	33
Abbildung 12: Einstellung für die Rekonstruktion.....	34
Abbildung 13: Sturmholzmarkierung.....	35
Abbildung 14: fertige Analyse	35
Abbildung 15: Web-Ansicht NetwakeVision	36
Abbildung 16: App-Ansicht NetwakeVision ohne und mit Koordinaten.....	37
Abbildung 17: Flugroutenführung im Vergleich	39
Abbildung 18: Geschwindigkeitsdiagramm und durchschnittliche Geschwindigkeit	42
Abbildung 19: Bestandessituation zur Zeit des Begangs	43
Abbildung 20: Flurstücksgrenzenermittlung mit Royal Fix.....	44
Abbildung 21: Vergleich belaubt / unbelaubt.....	48
Abbildung 22: Laufwege, aufgezeichnet durch Trackingfunktion	60
Abbildung 23: digitale Betriebskarte	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitbedarf terrestrisch	43
Tabelle 2: Zeitbedarf für Grenzfeststellung.....	44
Tabelle 3: Zeitbedarf der einzelnen Prozessschritte	45
Tabelle 4: Kosten des digitalen Verfahrens	46
Tabelle 5: Verifizierung der Koordinaten.....	48
Tabelle 6: Variationen Zeitaufwand pro Hektar	59
Tabelle 7: Variationen Kosten pro Hektar	59

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampère
App	Applikation
BHD	Brusthöhendurchmesser (gemessen auf 1,30m Höhe)
BMS	Battery-Management-System
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CEP	Circular Error Probe (mit 50 % Treffer Wahrscheinlichkeit)
ID	Identifikation
GHz	Gigahertz
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
ha	Hektar
J	Joule
JPEG	Joint Photographic Experts Group (Bildformat)
LBA	Luftfahrt Bundesamt
LiPo	Lithium Polymer
LLB	Landesluftfahrtbehörde
mAh	Milliampèrestunden
MOV	Movie File (Videoformat)
MP	Mega Pixel
NVJ	Naturverjüngung
OSM	OpenStreetMap

POI	Point of Interest
PSM	Pflanzenschutzmittel
RTK	Realtime Kinematik
UAS	Unmanned Aircraft System
UAV	Unmanned Aircraft Vehicle
URL	Uniform Resource Locator (Webadresse)
VLOS	Visual Line of Sight

Zusammenfassung

In dem aktuellen Waldbericht 2021 der Bundesregierung werden die Chancen der Digitalisierung in der Forstwirtschaft aufgezeigt. Innovative Methoden zur Vermessung von Holz, digitale Datenaufnahme im Wald, sowie die Verwendung von Satelliten- und Drohnentechnologie werden als sinnvolle Entwicklungen gesehen, welche in der Forstwirtschaft zukünftig hohe Relevanz besitzen (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, 2021, S. 59–60).

Das Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich eines digitalen Verfahrens am Beispiel des Schadh Holzmonitorings mittels Drohnentechnologie mit der üblichen Vorgehensweise. Dafür werden die Vor- und Nachteile beider Verfahren herausgearbeitet und gegeneinander abgewogen. Es wird sich dabei hauptsächlich auf die Aufarbeitung von Sturmholz bezogen. Beim digitalen Schadh Holzmonitoring kommt eine Drohne zum Einsatz, die durch die Verwendung von Real Time Kinematik (RTK) zentimetergenaue Positionsbestimmungen des Schadh Holzes ermöglicht. In Kombination mit einer Flugplanungssoftware werden Waldflächen von der Drohne autonom befliegen. Die anschließende Datenauswertung und -weitergabe erfolgt mit einer Software der Netwake GmbH.

In der gängigen Praxis findet das Schadh Holzmonitoring im Rahmen eines terrestrischen Waldbegangs statt. Gefundenes Sturmholz wird in eine analoge Revierkarte eingetragen und den Forstwirten/ Unternehmern persönlich zur Verfügung gestellt.

Um einen Vergleich beider Verfahren zu ermöglichen und abschließend quantifizierbare Ergebnisse zu erhalten, werden drei praxisnahe Versuche durchgeführt. Im ersten Versuch wird überprüft, wie viel Zeit für die Verfahren pro Hektar benötigt wird. Daraus werden die jeweiligen Kosten pro Hektar berechnet. Hinzu kommt bei diesem Versuch das Erfassen der Anzahl der gefundenen Sturmbäume. Ein zweiter Versuch soll die Frage klären, ob die mittels digitaler Analyse gesetzten Markierungen in der Praxis auffindbar sind. Zusätzlich wird dabei untersucht, ob es sich bei den gefundenen Stämmen um Holz handelt, was einer Aufarbeitung bedarf. Der letzte Versuch untersucht sinnvolle Zeitpunkte der Drohnenbefliegungen. Dazu wird eine Fläche im unbelaubten und im belaubten Zustand überflogen und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Versuche werden durch weitere vier Experteninterviews komplementiert.

Die Auswertung des ersten Versuchs ergibt eine Zeiteinsparung von 89,5 % bei der Anwendung des digitalen Verfahrens. Dadurch entstehen etwa 3,5 % der Kosten im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren. Zusätzlich brachte dieser Versuch die Erkenntnis, dass beim terrestrischen Waldbegang 35 % weniger Schadh Holz gefunden wird. Der zweite Versuch ergab eine Auffindungsquote von 98 %. Davon waren 85 % Stämme in sägefähiger Qualität. Das restliche Holz lag als Hackmaterial vor. Aus der Auswertung der Befliegungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten geht hervor, dass im belaubten Zustand etwa 20 % des gesamten Sturmholzes gefunden wird.

Die Ergebnisse sollen dem Leser/ Förster als Entscheidungshilfe bei einer Abwägung dienen, ob ein Umsteigen auf das digitale Schadh Holzmonitoring sinnvoll ist.

Abstract

The current Forest Report 2021 released by the German Government shows the benefits of digitalization in the forest management. Innovative techniques for measuring timber, digital acquisition of information and the usage of satellite and drone technology are reasonable developments which are seen as relevant for the future (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, 2021, S. 59–60).

The objective of this thesis is the comparison between a digitalized process against the common procedure through the example of monitoring fallen timber. Therefore, the pros and cons of both methods will be worked out and weighted against each other. Primary this thesis is related to the processing of storm damaged timber.

For the digital monitoring a drone is used with a centimetre-level accurate positioning. This is enabled by the utilisation of Real Time Kinematics (RTK). The combination with a software for flight planning allows the drone an autonomous monitoring flight of forest stands. The subsequent data evaluation and transfer is done by a software of a company called Netwake Ltd.

Monitoring of fallen timber in the common practice is usually made by terrestrial explorations. Located fallen timber is recorded in an analogue map of the forest district and is passed on personal to the lumberjacks or rather to the forest company.

To get evaluated results and to compare both processes, three practical field tests were conducted. On the one hand the first trial evaluates the time requirement per hectare. On the other hand, it evaluates the costs per hectare and additionally the amount of fallen timber. The second field test examines if the digital GPS coordinates are reliably traceable and if the marked fallen timber is worth to exploit. The final field test investigates the best period of time for using drone flights. Therefore two flights were done. The first flight took place in the winter season without leaves on the trees and the second flight was done at a leafy situation in the early summer. The results of those field tests are completed by four expert interviews.

The analysis of the first trial shows a significant saving of time of about 89,5 %. This causes only 3,5 % of costs compared to the common way of monitoring fallen timber. In addition, this trial points out that the accuracy of the terrestrial monitoring is 35 % more inexact.

The second field test yields that the chance to locate the marked fallen timber is at 98 %. Thereof, 85 % of the located fallen timber is worth to be exploit. The remaining wood was in a quality for chipping.

The evaluation of the last trial shows that in a leafy situation only 20 % of the total fallen timber can be located.

These results should support the readers/ foresters consideration, whether a change to the digital monitoring process is reasonable.

1 Einleitung

Vergleicht man die heutige Waldwirtschaft mit der von vor etwa 10 Jahren, lassen sich hinsichtlich des Waldbaus und des Waldbildes deutliche Veränderungen erkennen. Der Auslöser dafür ist hauptsächlich der Klimawandel. In den alltäglichen Medien wird von einem erneuten „Waldsterben“ durch Borkenkäfer, mangelnde Wasserversorgung und erhöhtem Sturmwurfisiko berichtet (SCHMEITZNER, 2021).

Die Forstwirtschaft wird vor die immense Aufgabe der Aufarbeitung des anfallenden Schadholzes gestellt. Dabei ist die Zeit vom Erkennen des Schadens bis zum Zeitpunkt des Aufarbeitens entscheidend. Je früher ein forstwirtschaftlicher Schaden erkannt, dokumentiert und weitergeleitet wird, desto früher kann mit der Schadensbekämpfung und der damit einhergehenden Prävention eines nachfolgenden Borkenkäferbefalls begonnen werden.

Allerdings stehen, ähnlich wie beim Thema Waldbau, Forschungsrückstände und eine meist ineffektive Nutzung digitaler Medien einer schnellen Schadensbekämpfung im Wege.

Anstatt die Daten zu digitalisieren und für die nachfolgende Forstproduktionskette bereitzustellen, werden die Daten meist noch auf Papier gedruckt beziehungsweise eingetragen. Zusätzliche Hürden wie zum Beispiel Kleinparzellierung im Privatwald erschweren die Situation erheblich durch die Notwendigkeit der Grenzfeststellung.

Üblicherweise beginnt das Schadholzmonitoring im Frühjahr, nachdem die Zeit der Winterstürme zu Ende geht. Aus waldschutzfachlicher Sicht sollte das Monitoring und die Aufarbeitung in dem Zeitfenster bis zum ersten Borkenkäferflug abgeschlossen sein. Durch den Klimawandel wird dieses Zeitfenster immer kleiner. Die Winterstürme ziehen sich teilweise bis in den März hinein und der Käferflug beginnt schon Anfang April. Hinzu kommt die Vermessung der Pflanzflächen, das Ausfüllen des Förderantrages, das Bestellen der Pflanzen und nicht zuletzt die Pflanzzeit an sich. Dies führt zu Personalmangel und schnell gerät die Schadholzbekämpfung ins Hintertreffen.

Fängisches Schadholz aus dem Winter wird zum Kristallisationspunkt für neue Schadflächen, welche somit auch zu neuen Pflanzflächen werden.

Ein endloser (Teufels-) Kreislauf in dem nur Reagieren, statt Agieren möglich ist, beginnt.

Geregelte, digitale Standardabläufe von der Datenaufnahme, über die Datenverarbeitung, bis hin zur Datenweitergabe können zum Vorteil (nicht nur) beim Schadholzmanagement genutzt werden.

Nicht nur der Aspekt des Schadholzmanagements macht ein digitalisiertes Arbeiten notwendig. Auch aktuelle Themen wie die Corona-Pandemie sind Triebfedern für die Digitalisierung und zeigen die Unumgänglichkeit, das forstliche Arbeitsumfeld zu modernisieren (RICCI, 2020).

Doch auch Herausforderungen stellen sich der Digitalisierung in der Forstwirtschaft. Zu umfangreiche Ausschreibungsaufgaben stellen oft unüberwindbare Markteintrittsbarrieren für innovative Technik dar. Hinzu kommt die Frage, ob das Personal in der Forstwirtschaft bereit ist, auf digitale Lösungen umzusteigen. Laut einer Umfrage unter 298 Revierleitern können sich knapp 40% der Förster nicht vorstellen, hiebsspezifische Informationen wie zum Beispiel Baumart, BHD, Qualitäten oder Gefahren digital zu erheben. Begründet wird dies oft durch den Mehraufwand an Zeit, der bei der Datenaufnahme anfällt oder durch die Umständlichkeit noch mehr Dinge mit in den Bestand zum Auszeichnen zu tragen (STEPHANIE KERGER, 2021, S. 17–20).

Das mag zum einen an der Altersstruktur liegen, zum anderen aber auch an noch zu unübersichtlichen digitalen Abläufen und der damit verbundenen hohen Überwindungsschwelle. Was in dieser Umfrage nicht beleuchtet wird, ist die Bereitschaft der Revierleiter, Schulungen zu besuchen, die in die Materie einführen und zugleich den Mehrwert einer Nutzung digitaler Systeme herausstellen.

2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen definierten Standardablauf zum digitalen Schadh Holzmonitoring¹ (siehe Kapitel 5.2.3) mit dem herkömmlichen Schadh Holzmanagement zu vergleichen. Diese Untersuchung wird gestützt durch forschungsleitende Fragen und entsprechenden Hypothesen. Diese werden im Folgenden dargestellt.

2.1 Forschungsfragen

- 1) Welche Vorteile bringt der digitale Standardablauf beim Schadh Holzmonitoring hinsichtlich des Zeit- und Kostenfaktors?
- 2) Wird mit den Luftaufnahmen der Drohne mehr Schadh Holz gefunden als bei der terrestrischen Erfassung?
- 3) Ist die Qualität der Luftaufnahmen zur Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit des gefundenen Schadh Holzes geeignet?
- 4) Ist das digitale Verfahren in Bezug auf die Genauigkeit am Fundort in der Praxis ausreichend?
- 5) Ist die Usability² des digitalen Schadh Holzmanagements für die Anwendung in der Praxis ausreichend?
- 6) Unter welchen Rahmenbedingungen ist die Anwendung dieses Systems noch sinnvoll?
- 7) Sind Revierleiter, Forstunternehmer und Forstwirte bereit, auf das digitale Verfahren umzusteigen?

¹ Hierbei wird sich auf das Monitoring von Sturmholz bezogen

² Praktikabilität

2.2 Hypothesen

- Ad 1) A) Durch das digitale Verfahren können Zeit und/ oder Kosten eingespart werden.
- Ad 2) A) Durch die hohe Auflösung der Luftbilder kann mehr Schadholz gefunden werden als bei der terrestrischen Erfassung.
- B) In NVJ ist die Orientierung im Bestand schwierig und Schadholz wird leicht übersehen.
- Ad 3) A) Es werden auch Bäume lokalisiert, die nicht aufarbeitungswürdig sind.
- B) Nur ein geringer Prozentsatz der im Luftbild gefundenen Bäume ist nicht lohnend aufzuarbeiten.
- C) Lokalisiertes Hackmaterial, welches sich in Kranreichweite befindet, wird als lukrativ erachtet.
- Ad 4) A) Die mittels Drohne lokalisierten Sturmbäume können mit einem Smartphone/ Tablet und GPS-Signal aufgefunden werden.
- B) Die Genauigkeit des GPS-Smartphones ohne Zusatzantenne liegt immer bei 4-10 m.

- Ad 5)
- A) Die Usability des Verfahrensablaufs ist ausreichend.
 - B) Die Usability der Software NetwakeVision ist verbesserungswürdig.
 - C) Es besteht Schulungsbedarf.
 - D) Anwender der Software NetwakeVision sind dazu bereit, Schulungen zu besuchen.
 - E) Die Bedienung des Smartphones sorgt für Ablenkung am Arbeitsplatz.
- Ad 6)
- A) In montanen Gebieten wird das digitale Monitoring bevorzugt.
 - B) Die digitale Datenaufnahme und -auswertung ist im belaubten Zustand nicht sinnvoll.
- Ad 7)
- A) Ein Großteil des befragten Personenkreises ist dazu bereit, auf das digitale Verfahren umzusteigen.
 - B) Das digitale Verfahren wird als Arbeitsablässe eines Revierleiters aufgefasst.
 - C) Die Analyse wird als Dienstleistung in Anspruch genommen.

3 Methodik

3.1 Literaturrecherche

Als Literatur werden meist veröffentlichte oder unveröffentlichte schriftliche Quellen verstanden.

Die Literaturrecherche dient der Erschließung des derzeitigen Wissens in einem Fachgebiet und zur Generierung von Vergleichsmaterial für die Auswertung der eigenen Erkenntnisse. Speziell für die fachlichen Grundlagen dient die Literaturrecherche zur Informationsbeschaffung.

Bei dieser Arbeit handelt es sich um ein empirisches und praxisorientiertes Werk, welches Informationen und Sachverhalte aus Untersuchungen, Befragungen und Beobachtungen bezieht. Dementsprechend sind mögliche Quellen meist Fachmagazine (HUSS, 2014, S. 16–17). Gleichwohl ist eine gründliche Literaturrecherche für diese Arbeit unerlässlich.

Zu Beginn dieser Arbeit werden Abschlussarbeiten mit vergleichbaren Themengebieten studiert. Ergänzend dazu werden Fachzeitschriften wie zum Beispiel „Forst & Technik“ oder „AFZ – der Wald“ herangezogen. Sowohl die Abschlussarbeiten als auch die Fachzeitschriften geben einen Überblick über den aktuellen Wissensstand. Speziell Fachzeitschriften sind ein effektives Mittel, um auch während des Verfassens der Arbeit auf dem aktuellen Stand zu bleiben.

Darauf aufbauend wird in der Bibliothek der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) nach Fachbüchern gesucht. Diese werden genutzt, um den Methodik-Teil und die fachlichen Grundlagen dieser Arbeit zu bearbeiten.

Aufgrund der Neuheit dieses Themas ist die Quantität und Qualität der Literatur, bezogen auf die fachlichen Grundlagen, eingeschränkt. Deshalb wird zusätzlich eine Onlinerecherche durchgeführt, durch welche Informationslücken komplementiert werden können.

3.2 Experteninterviews

Experteninterviews sind in der Sozialforschung, aber auch in vielen anderen Forschungsdisziplinen sehr beliebt. Bei einem Großteil empirischer Untersuchungen bilden sie die Grundlage der Informationsbeschaffung. Ein Interview mit Experten am Anfang eines Projektes (Explorationsphase) kann viel Zeit und Arbeit ersparen und eine Hilfe für erste Strukturierungen sein.

Im Vergleich zu teilnehmenden Beobachtungen, Feldstudien oder systematischen quantitativen Untersuchungen lassen sich durch Experteninterviews mit einem geringeren zeitlichen und ökonomischen Aufwand zielgerichtete Informationen gewinnen (BOGNER et al., 2009, S. 7).

Auch bieten sich Experteninterviews in Situationen an, bei denen eine Datenerhebung schwierig, oder sogar unmöglich ist.

Aufgrund des neuen Forschungsfeldes kann man Daten nicht allein aus der Literatur gewinnen. Ein Grund dafür liegt, wie bereits erwähnt, in der Neuheit des Forschungsthemas und der damit einhergehenden knappen Informationslage. Aktuelle Informationen zu digitalen Themen in der Forstwirtschaft finden sich meist bei den Personen, die sich ausgiebig mit der Materie befassen, sogenannte Experten. Sie werden in der Literatur auch als „[...] „Kristallisationspunkte“ praktischen Insiderwissens und als „Katalysatoren“ für den erfolgreichen Fortgang der Forschung“ [...] betrachtet (BOGNER et al., 2009, S. 8).

Die Auswahl der Experten ist entscheidend für den weiteren Verlauf eines Projektes. Ist der Experte in einer Schlüsselposition, so ist meist ein konstruktiver Informationsfluss gegeben. Zusätzlich kann ein vernetzter Experte auf weitere geeignete Interviewpartner aufmerksam machen, wodurch zum einen noch mehr Informationen gewonnen, zum anderen aber auch bereits vorhandene Informationen bestätigt werden können (BOGNER et al., 2009, S. 8).

Je nach dem in welcher Form das Experteninterview durchgeführt wird, gibt es verschiedene Bedingungen und Einflüsse, die das Interview beeinflussen. Wird ein Interview per Telefonat oder „Video-Call“ durchgeführt, kann es zu Störungen kommen, welche sich negativ auf die Befragung auswirken können. „Face-to-Face Interviews“ werden in der Literatur als am störungsärmsten beschrieben, bieten allerdings nicht den Vorteil der örtlichen Unabhängigkeit. Auch das Verhältnis zwischen Interviewer und Experte kann darüber entscheiden, ob ein Interview erfolgreich verläuft. Deshalb ist es wichtig, die erste Kontaktaufnahme in Form eines Vorgesprüches so angenehm wie möglich zu gestalten (BOGNER et al., 2009, S. 61).

Für die Experteninterviews in dieser Arbeit wurden vier Personen interviewt. Davon sind zwei Personen als Revierleiter tätig und zwei als Maschinenführer.

3.3 Interviewleitfaden

Die Experteninterviews dieser Arbeit erfolgen in Form eines leitfadengestützten, offenen Interviews. Die Vorstrukturierung hilft dabei, das Interview thematisch auf das Sonderwissen des Experten auszurichten (MEUSER und NAGEL, 2009, S. 58).

Ziel ist die Analyse der aufgestellten Hypothesen sowie das Entdecken „des Unbekannten“ (LIEBOLD und TRINCZEK, 2009, S. 53). Der Leitfragebogen sollte deshalb die wichtigen Themenfelder und Kategorien aus der Literatur und den theoretischen Vorarbeiten abdecken, dabei jedoch so flexibel bleiben, dass Raum für narrative Passagen während des Interviews bleibt, um auch Unbekanntes zu entdecken (MEUSER und NAGEL, 2009, S. 473).

Hauptsächlich richtet sich die Erstellung eines Leitfadens nach der Dauer des Interviews. Diese sollte weder zu lang noch zu kurz sein. Ein zu langes Interview kann eine abschreckende Wirkung gegenüber weiteren Interviewpartnern hervorrufen. Ein zu kurzes Interview könnte

implizieren, dass das Forschungsthema als uninteressant aufgenommen wird (BOGNER et al., 2009, S. 212). Es wird eine Interviewzeit von 20-30 min empfohlen, wobei einzelne Interviews auch je nach Situation angepasst werden können. Die im Rahmen dieser Bachelorarbeit befragten Experten können einen deutlich unterschiedlichen Wissensstand zu diesem Thema haben, wodurch die Interviewzeiten deutlich schwanken können. Da unterschiedliche Zielgruppen befragt werden sollen, werden insgesamt zwei Leitfäden erstellt: Jeweils ein Leitfaden für Revierleiter und für Forstwirte/ Unternehmer.

Für die Ergebnisdarstellung wird das Interview aufgezeichnet und anschließend inhaltlich ausgewertet. Ziel der inhaltlichen Auswertung ist es, einen Einblick in die zum Einsatz kommenden Prozesse der Befragten zu erhalten und deren Einschätzung der Software zu erhalten.

Der vorliegende Interviewleitfaden für Revierleiter enthält sechs Themenblöcke, welchen jeweils Unterfragen zugeordnet sind. Diese wurden nach Spezifikation chronologisch geordnet.

Als Einleitung wird der Interviewpartner gebeten einen Einblick in sein Revier zu geben. Dies gibt Aufschluss über die dort vorherrschenden Gegebenheiten beziehungsweise auch Besonderheiten. Zusätzlich soll im zweiten Themenblock der aktuelle Prozess der Schadholzaufarbeitung geschildert werden. Das ermöglicht den Vergleich mit der digitalen Variante. Mit dem dritten Themenblock soll eine objektive Einschätzung der Software NetwakeVision und dem dazugehörigen Aufarbeitungsprozess gegeben werden. Die Auswertung dieser Einschätzungen wird mit den aufgenommen Daten kombiniert. Dadurch lassen sich Aussagen über die Vor- und Nachteile der digitalen Anwendung treffen.

Anschließend wird auf die sogenannte Readiness³ eingegangen. So kann die Frage geklärt werden, ob die Forstwirtschaft beziehungsweise das Personal bereit ist, auf digitale Prozessketten umzusteigen. Damit einher geht der hohe Schulungsbedarf der durch neue Arbeitstechniken entsteht. Der fünfte Themenblock des Interviewleitfadens beschäftigt sich deshalb mit der Notwendigkeit von Schulungsangeboten, die einen reibungslosen Ablauf der Prozesse ermöglichen. Der Abschluss des Interviews erfolgt durch einen Ausblick. Hier sollen die Revierleiter weitere Einsatzfelder der Software NetwakeVision benennen, die ihrer Meinung nach sinnvoll in der Forstwirtschaft genutzt werden können.

Der zweite Interviewleitfaden für Forstwirte/ Unternehmer ist im Vergleich inhaltlich kürzer gehalten. Durch diese Fragen werden vor allem die Themen Usability und Einfluss der digitalen Endgeräte für den Forstwirt/ Unternehmer behandelt. Aber auch Themenblöcke wie Schulungsbedarf und Einschätzung der Software, beziehungsweise des digitalen

³ Der Prozess der Readiness beinhaltet das Erkennen eines nötigen Wandels, das Abwägen von Kosten und Nutzen und wenn der Nutzen größer als die Kosten ist wird ein Wandel geplant (DALTON und GOTTLIEB, S. 2).

Schadholzmanagements werden abgefragt. Da es sich bei den befragten Personen um Forstwirte/ Unternehmer handelt, die schon auf das digitale System umgestiegen sind, werden Themen wie zum Beispiel Readiness außen vor gelassen.

Die Gespräche werden aufgezeichnet und als Audio im Anhang 06 zur Verfügung gestellt. Somit entfällt eine Transkription des aufgezeichneten Materials.

3.4 Datenauswertung

Neben der Literaturrecherche und den Experteninterviews werden im Zuge dieser Arbeit Feldversuche durchgeführt, um Daten bezüglich der Aufnahme von Schadholz mittels Drohne zu erheben und um die Datenweitergabe mit einer Software in der Praxis zu erproben. Ziel ist es, anhand der Daten praxisbezogene Erkenntnisse über das digitale Schadholzmonitoring zu generieren.

Die in den Versuchen aufgenommenen Daten werden im Bestand in selbsterstellten Protokollen dokumentiert. Die Auswertung der Daten findet mit der Windowssoftware Excel statt. Anschließend werden die Rechenfunktionen des Programms genutzt, um die Ergebnisse zu erzielen. Dargestellt werden diese in übersichtlichen Tabellen, die anschließend für den Ergebnisteil dieser Arbeit von Nutzen sind.

Ein weiteres Auswertungstool, welches in dieser Arbeit genutzt wird, ist die Trackingfunktion und Statistikanwendung der Software NetwakeVision.

Durch die Aktivierung in der App werden nun Informationen wie zum Beispiel Geschwindigkeit, Laufstrecke und Zeit erfasst. Anschließend können diese Daten mit der Statistikanwendung im Webportal ausgewertet und dargestellt werden (siehe Kapitel 4.5.2).

4 Fachliche Grundlagen

Dieses Kapitel beinhaltet die fachlichen Hintergründe, die zum Verständnis dieser Arbeit nötig sind. Begonnen wird mit der technischen Ausstattung, die zum digitalen Schadholzmonitoring benötigt wird. Darauffolgend werden luftrechtliche Grundlagen erläutert, die bei der Vorbereitung, aber auch beim Flug zu beachten gilt. Zusätzlich werden aktuelle Informationen für Drohnenpiloten zur Verfügung gestellt.

Da ein Großteil des digitalen Verfahrens über ein Softwareprogramm läuft, wird dieses ebenfalls erklärt. Ein Unternehmensprofil des Forstbetriebes, welcher das digitale Sturmholzmonitoring anbietet, schließt das Kapitel Fachliche Grundlagen ab.

4.1 Ausrüstung

Ein Großteil des digitalen Schadholzmanagements besteht aus der Befliegung der Waldflächen mittels Drohne. Neben der Auswahl der geeigneten Drohne (siehe Kapitel 4.2) ist das passende Equipment ausschlaggebend für einen reibungslosen und komfortablen Ablauf.



Abbildung 1: Aufbau Befliegung (eigene Darstellung)

Abbildung 1 zeigt den Aufbau der benötigten Ausrüstung. Zuerst wird ein Tisch aufgebaut, auf dem Laptop, Fernsteuerung und Akkuladestation platziert werden. Das Laptop wird sowohl zur vorangegangenen Flugplanung (siehe Kapitel 5.2.3.1) als auch für die Durchführung und Überwachung des Fluges benötigt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass es sich um ein Laptop mit einem Windowsbetriebssystem handelt, da die Flugplanungssoftware DJI Terra (siehe Kapitel 4.3) nur mit diesem Betriebssystem funktioniert. Im vorliegenden Fall wird ein Lenovo Legion Y540 verwendet. Dieses wird über ein USB-Ladekabel Typ C mit der Fernbedienung der Drohne verbunden. Die Strahlungsleistung dieser Fernbedienung liegt in Europa zwischen 2,400 GHz bis 2,483 GHz. So kann in störungsfreien Situationen bis auf fünf Kilometer Entfernung geflogen werden (DJI TERRA, S. 2). Das OcuSync System von Terra ermöglicht eine HD-Bild- und Videoübertragung in Echtzeit auf dem in der Fernsteuerung integrierten Bildschirm (DJI TERRA, S. 5). Die Fernbedienung wird über einen Akku betrieben, welcher während des Fluges störungsfrei ausgetauscht werden kann.

Derselbe Akku befindet sich in der D-RTK 2 Mobile Station (siehe Kapitel 4.6). Diese Mobile Station wird benötigt, um georeferenziert⁴ fliegen zu können. Angebracht wird sie in einer gewissen Höhe auf einem dafür vorgesehenen Stativ.

Bei längeren Einsätzen ist es von Nöten, die verbrauchten Akkumulatoren wieder aufzuladen, damit mehrere Flächen ohne Unterbrechung überflogen werden können. Dazu werden zwei Ladestationen durch ein Wechselstromgenerator betrieben. Die Ladestationen verfügen über ein intelligentes Ladesystem, was die Anwendung für den Drohnenpiloten vereinfacht. Es kann mit Eingangsspannungen zwischen 17,3 V bis 26,2 V betrieben werden und stellt eine Ausgangsspannung (und einen Ausgangsstrom) von 8,7 V bzw. 8 A und 5 V bzw. 2 A bereit. Die Betriebstemperatur sollte sich dabei zwischen +5 °C und +40 °C befinden (DJI TERRA, S. 2).

Zusätzlich wird der Lande- und Abflugplatz mit einer dafür vorgesehen Landeplattform markiert. Im Falle einer manuellen Landung ist die Landefläche durch die blaue, beziehungsweise orangene Färbung besser sichtbar, was ein sicheres Aufsetzen ermöglicht. Zusätzlich schirmt die Landefläche die Drohne weitgehend von hochwachsendem Gras, welches die Propeller der Drohne beschädigen könnte.

Liegt der Ort des Aufbaus in unmittelbarer Nähe zu einer Straße oder zu einem Gehweg, muss der Verkehr zusätzlich mit einem entsprechenden Warndreieck auf die Vermessung hingewiesen werden.

⁴ Georeferenzierung: ist das Einordnen von Karten in ein georäumliches Koordinatensystem durch die Zuweisung von Koordinaten (MARTIN und EIBLMAIER).

4.2 Beschreibung der Drohne DJI Phantom 4 RTK

Um möglichst genaue Waldaufnahmen zu generieren, wird bei dieser Art von digitalem Schadholzmonitoring eine Drohne der Firma DJI mit der Bezeichnung Phantom 4 RTK verwendet.

Dabei handelt es sich um einen Quadrocopter mit einem Startgewicht von 1391 g. Damit fällt sie in die Kategorie C2, wie in Kapitel 4.4.2.2 beschrieben.

Die Kombination aus Fluggeschwindigkeiten zwischen 50 km/h (P-Modus⁵) und 58 km/h (A-Modus⁶) und einer maximalen Flugzeit von ca. 30 min⁷ tragen zu einer schnellen Datenaufnahme bei (DJI TERRA, S. 1).

Dennoch muss die Fluggeschwindigkeiten je nach Flugauftrag angepasst werden. Sind hochpräzise Luftbilder nötig, so sollte eine niedrigere Fluggeschwindigkeit gewählt werden.

Das in dem UAV⁸ integrierte RTK Modul verbindet sich mit der D-RTK 2 Mobile Station und sorgt für Positionsdaten im Zentimeterbereich, was die Flugsicherheit und Qualität der Flugaufnahmen im Vergleich zu Flügen mit GPS deutlich erhöht. Dadurch kann bei der Nacharbeit am Laptop eine genaue Markierung des Schadholzes vorgenommen werden.

Betrieben wird die Drohne durch sogenannte LiPo- Akkus⁹. Diese besitzen eine Kapazität von 5.870 mAh und eine Spannung von 15,2 V (DJI TERRA, S. 2). In diesen Akkumulatoren ist ein Battery-Management-System (BMS) integriert. Es handelt sich dabei um elektronische Regelschaltungen, welche das Laden und Entladen des Akkus überwachen. Dies passiert zum Großteil passiv. Jedoch greift das BMS aktiv ein, wenn bei einem Parameter (zum Beispiel Temperatur, Ladezustand, Spannung der Batteriezellen, etc.) der Grenzwert über- oder unterschritten wird (LIPINSKI et al., 2018, S. 1–2).

Beispielsweise sollten LiPo- Akkus nie mehr als 70-80 % der angegebenen Kapazität entladen werden. Das bedeutet, dass ein Flug beendet werden sollte, bevor der Ladezustand des Akkus auf unter 20% fällt. Der Tiefenentladungsschutz des BMS erkennt dies und gibt dem Piloten den Befehl zum Rückflug und zur Landung der Drohne. Wird ein Akku zu oft mehr als 80% entladen ist er beschädigt und darf nicht mehr eingesetzt werden. Zu erkennen ist dies an einem Aufblähen des Akkus. Darüber hinaus sollten Akkumulatoren bei einer längeren

⁵ Position Mode: In diesem Modus lassen sich alle Funktionen der Drohne benutzen. Diese Einstellung ist optimal, um Filmaufnahmen zu machen, da durch die gedrosselte Geschwindigkeit ein ruhigeres Flugverhalten erreicht wird (DPH-Drohnschule, 2021).

⁶ ATTI-Modus: Von fortgeschrittenen Piloten kann auch dieser Modus benutzt werden. Es sind alle Hilfsmodule ausgeschaltet. Zum Beispiel hält die Drohne nur durch barometrische Luftdruckmessungen ihre Höhe und ihre Position wird nicht GPS-gestützt gehalten. Dadurch schwebt die Drohne nicht auf der gleichen Stelle (DPH-Drohnschule, 2021).

⁷ Um die maximale Flugzeit zu erreichen, sollte Windstille herrschen und die Betriebstemperatur der Drohne und der Akkus zwischen +15 °C und +40 °C liegen.

⁸ Unmanned Aircraft System

⁹ Lithium-Polymer-Akkumulator

Flugpause auf den richtigen Ladezustand für die Lagerung gebracht werden. Auch dies wird vom BMS geregelt (DPH-Drohenschule, 2021).

Ein weiterer wichtiger Teil der Drohne ist die Kamera. Diese wird am Gimbal der Drohne befestigt. Dieser wird elektrisch gesteuert und sorgt für lauffähige Aufnahmen, trotz verändertem Neigungswinkel oder hektischen Flugbewegungen der Drohne (FIELITZ, 2016). Die Kamera besitzt eine Auflösung von 20 MP. Damit können sowohl Fotos im JPEG-Format, als auch Videos im MOV-Format aufgenommen werden (DJI TERRA, S. 2).

4.3 Beschreibung der Flugplanungssoftware DJI Terra

DJI Terra ist eine Flugplanungssoftware, mit welcher automatische, an die zu befliegende Fläche optimal angepasste Flugrouten erzeugt werden. Hinzu kommt eine Vielzahl von Flugoptionen wie zum Beispiel Flughöhe, Geschwindigkeit, Überlappungsverhältnis der Fotos und Weißabgleich der Kamera. Je nach Einstellung wird die geschätzte Flugzeit, die Fläche und die geschätzte Fotoanzahl berechnet (siehe Abbildung 2). Während des autonomen Fluges hat der Drohnenpilot die Möglichkeit, den Flug anzuhalten beziehungsweise abbrechen. Dies ist ein wichtiges Sicherheitselement, im Falle eines sich nähernden Flugzeuges oder Hubschraubers. Beim Abbruch der Flugmission kann manuell per Fernsteuerung geflogen werden. Das Programm speichert alle Routeninformationen und auf Befehl fliegt die Drohne automatisch zurück zum letzten Aufnahmepunkt, um die Befliegung fortzusetzen. Gleiches passiert bei großen Flächen, bei denen ein Akkutausch vorgenommen werden muss.



Abbildung 2: DJI Terra Flugroutenplanung (eigene Darstellung)

Nach dem Flug können die von der Drohne aufgenommenen Fotos zu einem 2D-Orthofoto gerendert werden (siehe Abbildung 3). Die Software bietet zusätzlich die Möglichkeit des „Realtimemappings“. Dabei werden die Fotos in Echtzeit, noch während des Fluges, zu einem Luftbild zusammengefügt. Diese Methode ist allerdings aufgrund von Überlappungsfehlern ungenauer als das Rendern nach dem Flug und sollte nur für einen ersten Eindruck der Fläche herangezogen werden.

Auf dem gerenderten Luftbild können nun auch Messungen vorgenommen werden, wie zum Beispiel die Markierung von einzelnen Objekten mit Koordinaten (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Gerendertes Orthofoto mit Markierungen (eigene Darstellung)

Ein weiteres Instrument der Software ist die Flugplanung und anschließende Rekonstruktion von 3D-Modellen (siehe Abbildung 4). Für eine Befliegung dieser Art sind besondere Flugeinstellungen nötig. So muss zum Beispiel das Überlappungsverhältnis deutlich erhöht und fünf Flugrouten über das Objekt geplant werden. Ist ein 3D-Modell erstellt, können weiterführend in dem Modell Flugroutenpunkte gesetzt werden. Dadurch entsteht ein noch genaueres 3D-Modell, welches auch für Inspektionen genutzt werden kann. Durch die Speicherfunktion von DJI Terra ist es möglich, alle Flugaufträge zu dokumentieren und bei Bedarf erneut zu fliegen.

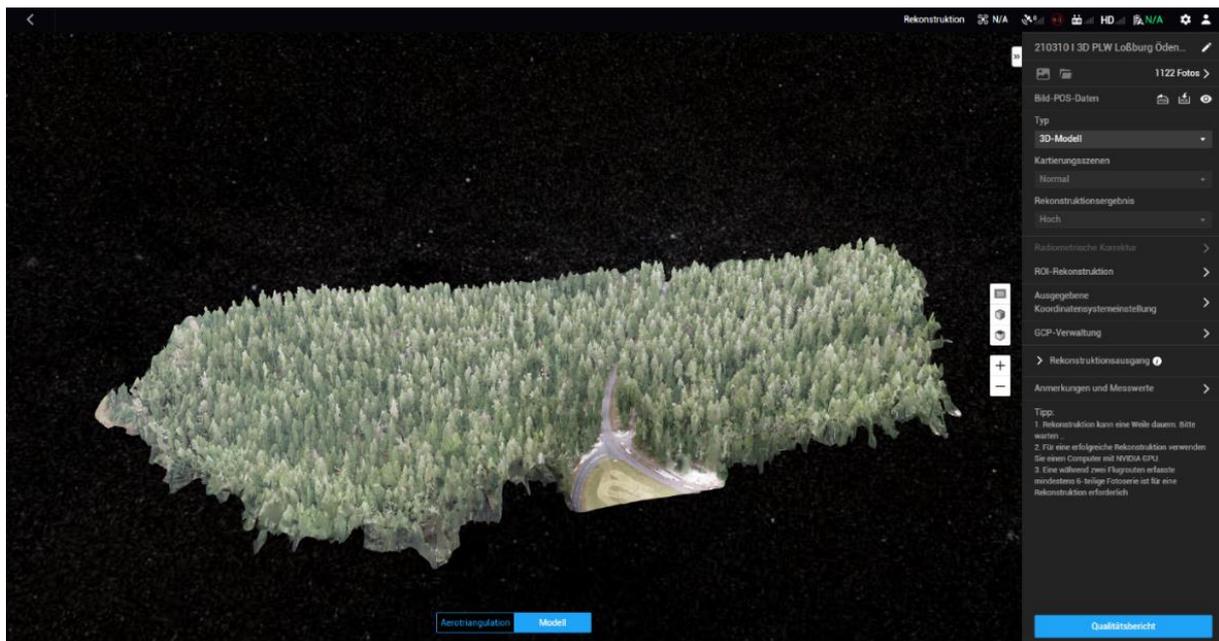


Abbildung 4: 3D Modell (eigene Darstellung)

4.4 Luftrechtliche Grundlagen

4.4.1 Behördliche Zuständigkeiten

Das Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur (BMVI) ist die oberste Behörde, welche für den Luftverkehr in Deutschland zuständig ist. Dieser Behörde untergeordnet ist das Luftfahrtbundesamt (LBA), welches den Luftverkehr sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene regelt.

Die Luftverkehrsverwaltung wird in Bundesverwaltung geführt. Durch ein Gesetzesbeschluss können jedoch einzelne Aufgaben an die Landesverwaltungen abgegeben werden. In Baden-Württemberg ist das die Landesluftfahrtbehörde (LLB) in Stuttgart mit einer Außenstelle in Freiburg (REGIERUNGSPRÄSIDIEN BADEN-WÜRTTEMBERG, 2021). Dort können Drohnenpiloten im Falle eines außerordentlichen Fluges Aufstiegsgenehmigungen beantragen. Dies trifft beispielsweise bei einer Startmasse des UAS¹⁰ von mehr als 5kg zu (DPH-Drohenschule, 2021).

¹⁰ Unmanned Aircraft System

4.4.2 EU-Drohnenverordnung 2021

In diesem Kapitel gilt es zu beachten, dass es aufgrund der Novität und der immer noch herrschenden Unvollständigkeit der EU-Drohnenverordnung zu Änderungen im Verlauf der Bachelorarbeit kommen kann. Aus diesem Grund sind die folgenden Informationen auf ihre Aktualität und Gültigkeit zu prüfen. Informationen zu den Übergangsregeln können unter dem folgenden Link abgerufen werden:

https://www.lba.de/DE/Betrieb/Unbemannte_Luftfahrtsysteme/Uebergang/Uebergang_node.html (zuletzt aufgerufen am 07.07.2021).

Des Weiteren enthält dieses Kapitel nur die für diese Arbeit relevanten luftrechtlichen Situationen. Diese werden in Betriebskategorie und Risikoklasse unterteilt. Ergänzungen zu den luftrechtlichen Grundlagen sind im Anhang 05 vermerkt.

Durch den Beschluss der europäischen Kommission vom 24. Mai 2019 ist seit Beginn 2021 die neue EU-Drohnenverordnung in Kraft. Sie sorgt für einheitliche Grundregeln in allen EU-Ländern. Zu einem späteren Zeitpunkt sollen auch die Schweiz, Norwegen und Island in diese Verordnung aufgenommen werden. Es besteht dennoch weiterhin die Möglichkeit der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten, länderspezifische Vorgaben zu erlassen.

Die EU-Drohnenverordnung unterteilt den Betrieb von Drohnen in drei Betriebskategorien (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR, 2021). Zusätzlich müssen neue Drohnen in fünf Risikoklassen unterteilt und vom Hersteller entsprechend gekennzeichnet werden (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

4.4.2.1 Betriebskategorie "Offen"

Entwickelt wurde diese Betriebskategorie mit dem Gedanken, alltägliche beziehungsweise typische Flugszenarien abzudecken. Die maximale Flughöhe in diesem Bereich beträgt 120m über Grund und es sind nur Flüge in Sichtweite (VLOS= Visual Line of Sight) erlaubt. Flüge außerhalb der Sichtweite sind nur dann gestattet, wenn sich die Drohne im „Follow-Me-Modus“ befindet, eine maximale Entfernung zum Piloten von 50m nicht überschritten wird und die Drohne von einer dritten Person in Rufreichweite beobachtet wird. In dieser Betriebskategorie, sowie auch in allen darauf folgenden Kategorien ist laut Luftverkehrsgesetz (LuftVG) § 43 eine Versicherung in Form einer Drohnen-Haftpflichtversicherung vorgeschrieben (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, 2021). Die Deckungssumme für Luftfahrzeuge unter 500kg liegt bei ca. einer Millionen Euro. Dabei haftet immer der Halter der Drohne, es sei denn, die Drohne wurde ohne sein Wissen entwendet (DPH-Drohenschule, 2021).

Zusätzlich wurde in dieser Kategorie ein Mindestalter von 16 Jahren eingeführt. Dies gilt nur dann nicht, wenn sich die Drohne in der Klassifizierung C0 befindet und es sich um ein Spielzeug im Sinne der Richtlinie 2009/48/EG handelt. Es besteht eine Registrierungspflicht für alle Piloten. Dies kann über die Internetseite des LBA erfolgen.

Die EU-Mitgliedsstaaten sind dazu angehalten, zeitnah übersichtliche Regelungen zu finden, welche beschreiben, in welchen Bereichen mit einer Drohne geflogen werden darf und in welchen nicht. Dies soll durch die Ausweisung von Flugzonen beziehungsweise Flugverbotszonen geschehen. Die Zonen sollen dann über eine digitale Anwendung (per App oder Webanwendung) für jeden Drohnenpiloten einsehbar sein. Bis zum Abschluss dieses Prozesses ist die deutsche Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) nach § 21b weiterhin gültig. Daraus resultieren die bestehenden Regelungen wie zum Beispiel ein Abstand von 1,5 km zu Flughäfen (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

4.4.2.2 Risikoklasse C2

Darin sind alle Drohnen mit einem Startgewicht von unter 4 kg enthalten, somit auch die im Rahmen dieser Arbeit benutzten Drohne. Es muss dem Piloten möglich sein, in einem Low-Speed-Modus¹¹ fliegen zu können. Dieser muss eingelegt werden, wenn an Menschenansammlungen näher herangeflogen wird. Des Weiteren muss eine Return-to-Home-Funktion vorhanden sein, welche die Drohne bei einer Funksignalunterbrechung automatisch zum Start- und Landeplatz führt.

Die Vorgaben zur GEO Flugbeschränkungsüberwachung und der Fernidentifizierung sind identisch zur Klasse C1. Ein EU-Kompetenznachweis ist auch hier ausreichend. Wie bei allen anderen Kategorien auch, ist eine gültige Haftpflichtversicherung unerlässlich (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

¹¹ Maximale Geschwindigkeit: 3m/s

4.5 NetwakeVision

Netwake Vision ist eine Software der Netwake GmbH. Sie dient hauptsächlich zur Erfassung, Dokumentation und Weitergabe von georeferenzierten Informationen. Um den Aufbau und die Funktionsweise der Software zu beschreiben, wird hierbei in Frontend und Backend unterschieden. Das Frontend beinhaltet eine Applikation für Smartphones und Tablets. Zweiteres umfasst ein Webportal, welches zusätzlich ein breites Spektrum an Einstellungs- und Modifikationsmöglichkeiten bietet.

4.5.1 Frontend

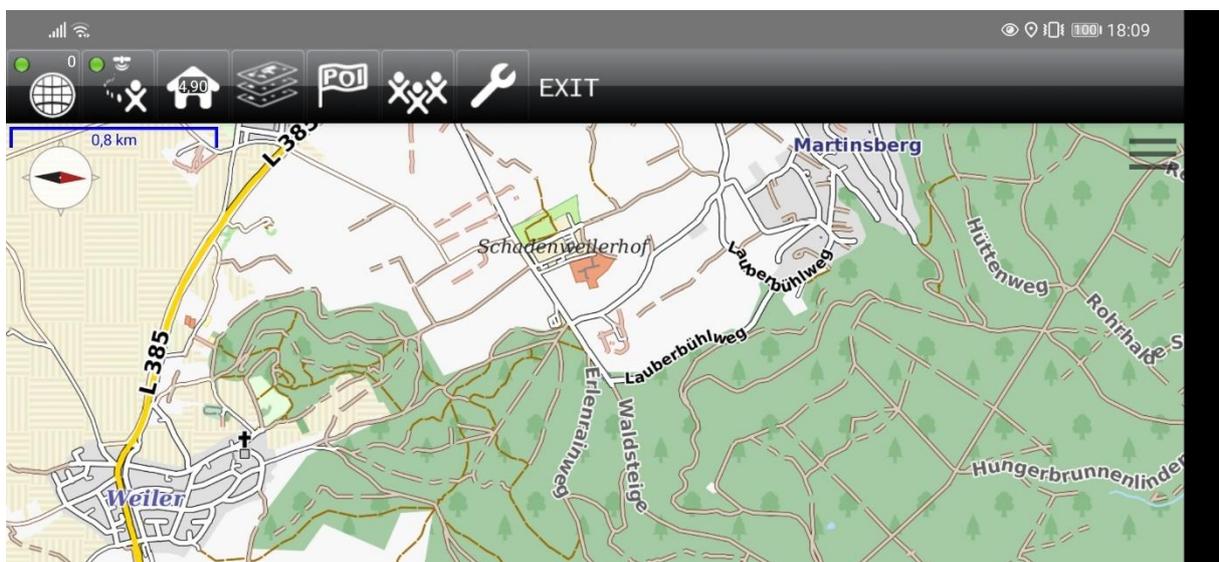


Abbildung 5: Ansicht App-Anwendung (eigene Darstellung)

Wie bereits erwähnt, beinhaltet das Frontend die App-Anwendung von NetwakeVision für Smartphones und Tablets. Diese kann auf mobilen Endgeräten mit einem Android Betriebssystem installiert werden. Wird auf dem Smartphone die App NetwakeVision geöffnet, erscheint das in Abbildung 5 gezeigte Interface. In diesem Fall wird die Queransicht abgebildet, damit alle ausgewählten Menüoptionen in der obersten Zeile sichtbar sind. Die Abbildung zeigt eine OpenStreetMap-Standardkarte (OSM) mit verschiedenen Elementen.

Am rechten oberen Rand befindet sich ein Symbol mit drei grauen Querstrichen. Wird die Schaltfläche betätigt, öffnet sich ein Auswahlfeld mit Ortssuche und Distanzmessung. Durch erstere Funktion können gewünschte Orte auf der Karte angezeigt werden, was eine Orientierung erleichtert. Die Distanzmessung ermöglicht eine schnelle und einfache Überprüfung der Entfernung von zwei oder mehreren Punkten, die zusammen eine Linie ergeben. Des Weiteren ist auf der Kartenansicht am linken oberen Rand ein Kompass mit

einem zusätzlichen Maßstabsanzeiger integriert. In der oberen Zeile wird das Menü mit verschiedenen Bedienelementen angezeigt. Diese werden im Folgenden erklärt:



Globus Icon

Das Globus-Icon zeigt die Beziehung zwischen mobilem Endgerät und Server an. Leuchtet, wie in diesem Fall, die Farb-Anzeige grün, besteht eine Verbindung zum Server. Alle Daten werden direkt an den Server übermittelt.

Dazu muss eine stabile Internetverbindung gegeben sein. Ist diese nicht gegeben, wird dies durch einen orangenen Farbpunkt angezeigt. Die Software versucht, eine Verbindung zum Server aufzubauen. Lokal gespeicherte Daten werden nachträglich und automatisch an den Server gesendet, sobald eine Internetverbindung besteht. Durch das Betätigen der Schaltfläche kann diese Verbindung auch manuell ausgeschaltet werden. Es erscheint eine schwarze Farbanzeige und das Gerät befindet sich im Offline-Modus.



Tracking Icon

Auch bei diesem Symbol kann der jeweilige Zustand durch eine Farb-Anzeige abgelesen werden. Ist diese grün, so wird die aktuelle GPS-Position aufgezeichnet. Dazu muss am Smartphone/ Tablet das GPS aktiviert sein.

Zusätzlich werden auch Daten wie zum Beispiel Geschwindigkeit und überwundene Höhenmeter erfasst. Alle Informationen können mit der Statistikfunktion von NetwakeVision im Web-Portal (Backend) ausgelesen und analysiert werden. Durch das Anklicken des Symbols kann das Tracking ausgeschaltet werden, was durch eine schwarze Farbanzeige signalisiert wird und dem Regelfall entspricht.



Haus Icon

Das Haus-Symbol zeigt die Genauigkeit des GPS-Signals in Metern an. Dazu muss auf dem mobilen Endgerät das GPS angeschaltet sein. Beim Anklicken des Icons springt die Karte zur aktuellen Position. Eine weitere Möglichkeit

bietet das RoyalFix (siehe Kapitel 4.6). Dies kann mit dem Tablet oder Smartphone verbunden werden und ermöglicht eine zentimetergenaue Positionsbestimmung des aktuellen Standortes. Die aktive Verbindung der zwei Geräte wird durch ein Bluetooth-Symbol am rechten oberen Rand des Icons angezeigt (siehe Abbildung 9).



Karten Icon

Mit dieser Schaltfläche können verschiedene Karten und Aufleger (Layer) sichtbar gemacht, aber auch wieder ausgeblendet werden. Dies ermöglicht den Vergleich mehrerer Layer miteinander. Dazu wird auf Karten zurückgegriffen, die sich auf der Speicherkarte des mobilen Endgerätes befinden. Bei einer aktiven Internetverbindung kann auch auf Google-Karten zugegriffen werden. Zusätzliche Layer sind zum Beispiel die mit der Drohne beflogenen Flächen, welche zuvor in NetwakeVision hochgeladen wurden. Zusätzlich können auch Markierungen mit dazugehörigen Informationen eines POIs¹² angezeigt werden. In dieser Bachelorarbeit sind dabei vor allem die Koordinaten der Sturmbäume von Bedeutung.



POI Icon

Beim Betätigen dieses Icons erscheint eine Auflistung aller POIs, die an dieses Gerät gesendet wurden. Diese können auch wieder durch längeres Anklicken gelöscht werden. POIs werden ausschließlich im Backend erstellt. Von dort aus können diese an die gewünschten Geräte gesendet werden (siehe Fußnote 12).



Gruppenmitglieder Icon

Sind bestimmte Nutzerberechtigungen im Account eingeräumt können Gruppen geführt werden. Es werden hier die jeweiligen Gruppenmitglieder angezeigt.



Mikrophon Icon

Es besteht die Möglichkeit durch Sprachsteuerung Informationen in Form von Wörtern und Zahlen in POIs einzutragen. Das Gesprochene wird transkribiert und automatisch in die entsprechende Zeile eingefügt. Dieses Symbol erscheint nur, wenn die Sprachsteuerung aktiviert ist. Im Beispiel aus Abbildung 5 ist diese nicht aktiviert. Durch einen Klick auf das Symbol startet die Sprachaufnahme, was durch eine grüne Anzeige indiziert wird.

¹² POIs („Point of Interest“) sind Erfassungsformulare, mit welchen Orte erfasst werden können, die aus bestimmten Gründen dokumentiert werden sollen. Durch ein vom Anwender selbst gewähltes Symbol wird dieser dann auf einer digitalen Karte angezeigt (NETWAKE GMBH, 2021b, S. 1). Im forstlichen Kontext können dies zum Beispiel jagdliche Einrichtungen, Rückegassen, aber auch wie in dieser Bachelorarbeit Koordinaten von Schadholz sein.



Einstellungen Icon

Der Schraubenschlüssel symbolisiert die Einstellungen von NetwakeVision. Hier kann zum Beispiel die oben genannte Sprachsteuerung aktiviert, aber auch Daten der Accounts eingesehen werden. Zusätzlich befinden sich hier auch Informationen zur Netwake GmbH und der aktuellen Version der Applikation.



Exit

Durch diese Schaltfläche lässt sich die App schließen. Wird diese kurz angetippt, schließt sich die App, läuft jedoch im Hintergrund weiter. Durch gedrückt halten des Icons wird die App vollständig beendet.



Menü Icon

Entsprechend der Größe des Displays werden nicht alle Icons angezeigt. Ist dies der Fall, erscheint dieses Symbol, welches alle nicht sichtbaren Icons auflistet. In manchen Situationen können durch die Queransicht des Smartphones oder Tablets alle Icons sichtbar gemacht werden.

(NETWAKE GMBH, 2021a, S. 1–2)

4.5.2 Backend

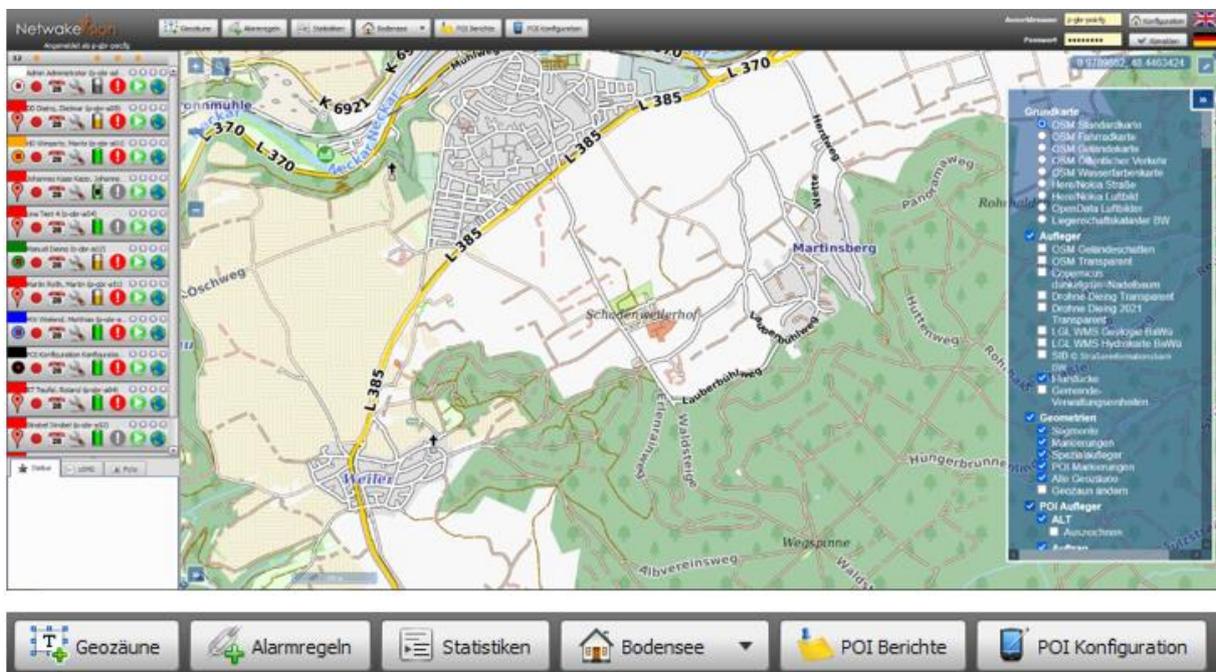


Abbildung 6: Ansicht Web-Portal (eigene Darstellung)

Mittels Benutzername und Passwort kann sich der Anwender im Web-Portal (Backend) anmelden. Es erscheint das Interface wie in Abbildung 6 abgebildet. Identisch zur Applikation

auf den mobilen Endgeräten sieht man eine OSM-Karte. Am rechten Rand werden die verschiedenen Karten und Layer angezeigt. Davon können mehrere gleichzeitig ausgewählt werden. Über der Karten- und Layeransicht wird die aktuelle Position des PC-Cursors angezeigt, ausgedrückt in Längen- und Breitengrad. Auf der gegenüberliegenden Seite werden alle Gruppenmitglieder und deren Status angezeigt. Zusätzlich können bei jeder einzelnen Person Bewegungsprofile abgerufen werden, wenn bei dieser die Trackingfunktion aktiviert ist. Entsprechend der App-Anwendung kann auf der Karte ein Maßstab abgelesen und eine Ortssuche vorgenommen werden.

Der obere Rand bildet die wichtigsten Funktionen ab. Diese sind in Abbildung 6 unterhalb der Webansicht vergrößert dargestellt. Hierbei wird nur auf die für diese Bachelorarbeit benötigten Funktionen eingegangen, angefangen mit der Statistikfunktion von NetwakeVision.

Diese ermöglicht die Auswertung von Bewegungsprofilen der Anwender. Dargestellt werden zum Beispiel Datum, Uhrzeit und Geschwindigkeit. Dies kann als Diagramm dargestellt werden, aber auch der Mittelwert der Daten über einen bestimmten Zeitraum ist dadurch ersichtlich (siehe Abbildung 7) (NETWAKE GMBH, 2021b).

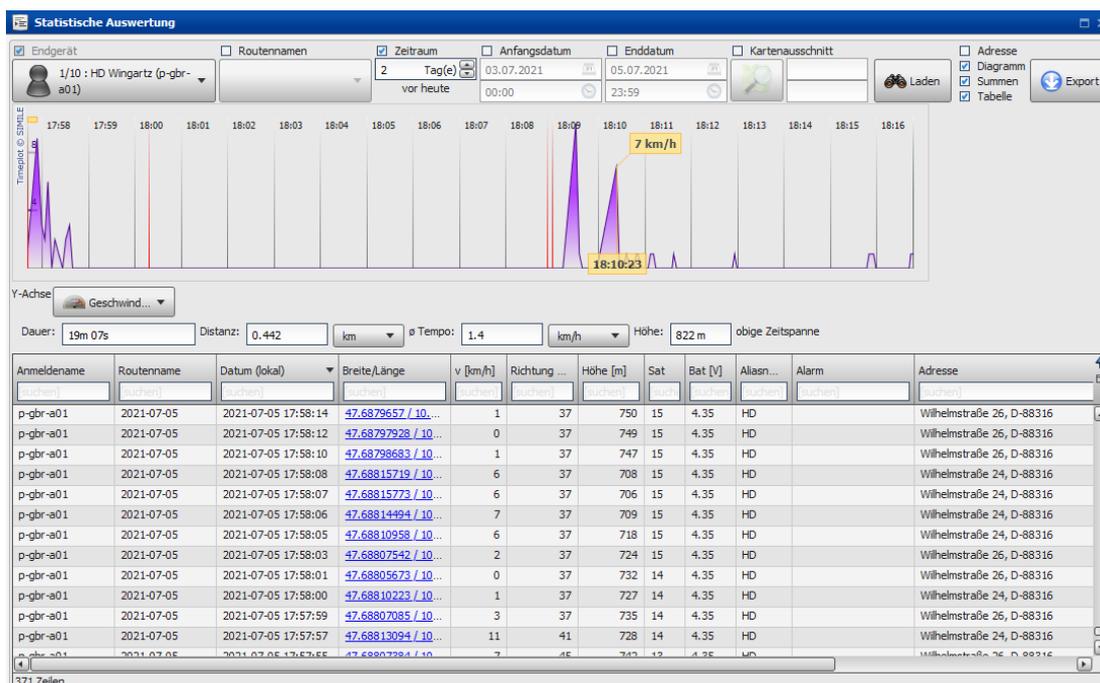


Abbildung 7: Statistische Auswertung (eigene Darstellung)

Unter dem Symbol „POI Berichte“ werden alle erstellten POIs aufgelistet. Diese erscheinen darauf am linken Rand. Nun kann ein beliebiger POI geöffnet werden und jene Daten analysiert, verändert und an ein anderes Gerät gesendet werden.

Eine essentielle Funktion von NetwakeVision ist die Erstellung von Formularen, beziehungsweise POIs. Dies geschieht durch den „POI Konfigurator“. Im Folgenden wird

exemplarisch am POI „Drohnen Import“, der für diese Bachelorarbeit genutzt wurde, das Anlegen eines neuen Formulars beschrieben (siehe Abbildung 8).

Zuerst wird ein Konfigurationsname eingegeben. Dieser dient zur eindeutigen Identifizierung des POIs. In der Menübeschriftung wird der Name des POIs eingetragen. Es besteht die Möglichkeit mit einem Separator „|“ ein Untermenü zu erzeugen. In diesem Fall wird dies als „Drohnen Import“ bezeichnet. Für die Ansicht auf dem Smartphone oder Tablet muss eine Bildschirmüberschrift eingegeben werden, hier ebenfalls „Drohnen Import“.

Darauf folgt der Kern eines POIs. Dafür werden die Attribute, sprich die Eingabefelder und deren entsprechender Datentyp festgelegt. Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde der Name der Koordinate, die Kategorie des Sturmholzes (Sturmwurf, Käferholz, etc.), das Forstrevier und eine Vektorkarte eingefügt. Anschließend kann der POI gespeichert und versendet werden. Letzteres kann durch die vorletzte Zeile der Menüansicht durchgeführt werden.

Abbildung 8: POI Konfiguration (eigene Darstellung)

4.6 RoyalFix und RTK Antennenmodul

Die Firma Netwake GmbH bietet ein System zur zentimetergenauen Bestimmung des Standortes an. In Abbildung 10 wird die Funktionsweise des Systems dargestellt. Dabei handelt es sich um eine differenzielle Ortung, welches zwei Empfänger erfordert. In diesem Fall dient die RoyalBase als fester und bekannter Referenzpunkt. Dieser sendet Korrekturdaten zur Verbesserung der Positionsermittlung an den zweiten Empfänger, in diesem Fall an den RoyalFix. Dieser sollte sich möglichst nah an der RoyalBase befinden (WAGNER, 2021, S. 13). Die maximal mögliche Entfernung beträgt dabei 100 km und erreicht

dabei eine Mindestgenauigkeit von 30 cm. Bei einem Abstand von unter 20 km zwischen RoyalBase und RoyalFix sind Genauigkeiten von 14 mm möglich (NETWAKE GMBH, 2021d, S. 5). Ergänzende technische Daten befinden sich im Anhang 03 und Anhang 04.

Der RoyalFix wird via Bluetooth mit einem mobilen Endgerät und der dazugehörigen RoyalGPS-App verbunden. Der Status der Kopplung der Geräte wird durch das „Haus Icon“ angezeigt (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Status des Haus Icons (NETWAKE GMBH, 2021d, S. 11)

Das weiße Icon mit einem Ausrufezeichen symbolisiert die fehlende GPS-Verbindung des mobilen Endgeräts, welche hingegen beim rechts darauffolgenden Symbol gegeben ist. Wird der RoyalFix angeschaltet, verbindet sich dieser automatisch beim Öffnen der App mit dem Smartphone oder Tablet. Erkennbar wird dies durch ein Bluetooth-Zeichen am rechten oberen Rand. Bei einer Genauigkeit von zwei bis drei Metern färbt sich das Icon grün. Es besteht in dieser Situation allerdings noch keine Verbindung mit der RoyalBase. Wenn ein gelbes Haus sichtbar wird, erhöht sich die Genauigkeit durch die erstmalige Verwendung von Korrekturdaten der RoyalBase auf einen zweistelligen Zentimeterbereich. Dieser Modus wird als FLOAT RTK bezeichnet. Die höchstmögliche Genauigkeit der Positionsermittlung wird durch das gelbe Haus mit Krone angezeigt, was auch als FIX RTK bezeichnet wird (NETWAKE GMBH, 2021d, S. 30). Dazu muss sich der RoyalFix in einem Umkreis von unter 20 km zur RoyalBase befinden. Im „Haus Icon“ wird die geschätzte Genauigkeit in Metern durch eine weiße Schrift angegeben.

Wird die Bluetooth Verbindung unterbrochen, wird dies durch Blinken angezeigt. Durch langes Drücken auf das „Haus Icon“ kann diese wieder hergestellt werden.

(NETWAKE GMBH, 2021d, S. 11–12)

Für die Befliegungen mit der Drohne wird statt der RoyalBase eine mobile RTK Station verwendet. Diese hat die gleiche Funktion, jedoch werden nicht die hochpräzisen Genauigkeiten der RoyalBase erreicht (dennoch genauer als GPS). Dies liegt daran, dass es sich bei der mobilen RTK Station nicht um einen fest eingemessenen Bezugspunkt handelt. Allerdings bietet dies den Vorteil, dass unabhängig der Entfernung zu einer RoyalBase-Station an verschiedenen Orten zum Beispiel der Drohnenflugplatz aufgebaut werden kann und ein georeferenzierter Flug mit der RTK Drohne möglich ist.



Abbildung 10: Systemüberblick RoyalFix (NETWAKE GMBH, 2021d, S. 4)

4.7 Unternehmensportrait Gebrüder Dieing

Für die Befliegungen mit der Drohne wurde das entsprechende Equipment von der Firma Gebrüder Dieing zur Verfügung gestellt. Das Unternehmen wurde im Jahre 2010 von drei Brüdern gegründet und ist ein Forstbetrieb, welcher Dienstleistungen vor allem im Bereich des Privatwaldes anbietet. Dazu gehört der vollmechanische, bzw. teilmechanisierte Holzeinschlag mittels Harvester und die anschließende Vermarktung des Rohholzes. Zusätzlich unterstützt die Firma Dieing Straßenmeistereien bei der Herstellung der Verkehrssicherheit.

Damit verbunden sind gelegentliche Einsätze eines Baumklettererteams der Firma, welches sich in Kooperation mit einem weiteren Baumpflegebetrieb um Spezialfällungen, aber auch um die Baumpflege selbst kümmert.

Seit März 2019 setzt die Firma auch verstärkt auf digitale Lösungen im Forstbereich. Diese beinhalten unter anderem das in dieser Bachelorarbeit untersuchte digitale Schadholzmonitoring. Aber auch Dienstleistungen wie zum Beispiel Waldkartographierung, Flurstücksvermessung und Baumkontrolle mit der Drohne sind Teil des digitalen Angebotes (DIEING et al., 2021).

5 Datenerhebung

Dieses Kapitel stellt dar, wie die Daten in dieser Arbeit zustande kommen. Dazu werden zunächst die Flächen vorgestellt, in denen die Aufnahmen stattfinden. In den darauffolgenden Unterkapiteln werden die Verfahrensabläufe der verschiedenen Varianten des Sturmholzmonitorings beschrieben.

Zuletzt sind die verschiedenen Versuche erläutert, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführt werden.

5.1 Versuchsflächen

Die Datenerhebungen für das digitale und herkömmliche Schadh Holzmonitoring werden in zwei verschiedenen Revieren durchgeführt. Zunächst werden diese Reviere vorgestellt. Die Informationen wurden aus den Experteninterviews der Revierleiter bezogen.

5.1.1 Wälder der Stiftung Liebenau

Der Forstbetrieb der Stiftung Liebenau ist im Besitz von 1500 ha Wald. Diese werden von Herrn Bertele betreut und sind auf vier verschiedene Reviere aufgeteilt. Eines der Reviere befindet sich im bayerischen Allgäu und wird durch das Kreuztal und Ulmerthal begrenzt. Mit einer Fläche von 500 ha ist es zusammen mit dem Revier Salem, das größte der Stiftung Liebenau. Geprägt wird das Landschaftsbild durch steile Hänge, Tobel und einer, für das Allgäu charakteristischen, fichtendominierten Baumartenverteilung.

Ein weiteres Revier liegt am Rande der schwäbischen Alb, welches sich mit 400 ha um die Ortschaft Rechtenstein verteilt. Mit einem hohen Anteil an Laubholz bildet dies waldbaulich einen Kontrast zum Revier Kreuztal. Der Haupteinschlag findet hier im Winter statt.

Das Revier Neu-Tann / Wolfegg ist mit etwa 100 ha das kleinste Revier der Forstbetriebe Stiftung Liebenau.

Für die Versuche der Bachelorarbeit wird das Revier Salem am Bodensee der Stiftung Liebenau in Anspruch genommen. Mit einer Fläche von 500 ha ist es ebenso wie das Revier Kreuztal/ Ulmerthal, wobei sich die Waldbilder deutlich voneinander unterscheiden. Die beflogenen Flächen liegen im südlichen Teil des Reviers. Diese sind im Sommer von dichtem Brombeer- und Springkrautbewuchs geprägt, was die Bestände nur schwer begehbar macht (WINGARTZ, M. Interview mit Markus Bertele vom 2.6.2021).

5.1.2 Revier Kleinprivatwald Martin Roth

Das Revier von Herrn Roth befindet sich in der Randlage des Bodensees. Dies bedeutet eine Verlängerung der Vegetationszeit von bis zu vier Wochen im Vergleich zu anderen Regionen in Deutschland. Damit verbunden ist eine längere Exposition gegenüber Borkenkäfer, was sowohl in diesem Revier als auch im vorherig beschriebenen Revier Salem den Rückgang des Fichtenanteils erklärt. Das Revier erstreckt sich über Höhenlagen von 400 m ü. NN., bis hin zu etwa 600 m ü. NN., mit insgesamt 1100 ha. Dazu gehören 400 Hektar, aufgeteilt auf sieben verschiedene Kommunen, wie zum Beispiel Salem und Meersburg. Die Stadt Salem besitzt etwa 40 ha, welche auf acht verschiedene Distrikte verteilt sind. Einfacher stellt sich die Situation in Meersburg dar, mit 240 ha an drei verschiedenen Standorten.

Der Hauptteil der von Herrn Roth betreuten Flächen ist mit 700 ha kleinparzellierter Privatwald. Im Schnitt haben die Flurstücke eine Größe von 0,3 ha. Die Betreuung der zahlreichen Privatwaldbesitzer ist dementsprechend mit einem enormen Organisations- und Zeitaufwand, gerade für die Kommunikation mit den Waldbesitzern verbunden.

Sowohl der Privatwald als auch der Wald der Kommunen ist ein Mischwaldrevier, welches seit ca. 20 Jahren von Sturm und Käfer geprägt wurde. Vereinzelt werden Kalamitätsereignisse mit Schadholzmengen bis zu 30.000 Fm verzeichnet (WINGARTZ, M. Interview mit Martin Roth vom 18.5.2021).

5.2 Verfahrensabläufe

In diesem Kapitel werden die Abläufe zum Schadholzmonitoring vorgestellt, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit behandelt werden. Die Beschreibung der Abläufe für das Schadholzmonitoring erfolgt auf Basis der Angaben durch die interviewten Experten aus den Experteninterviews. Beide Verfahren werden sowohl im Großprivat- als auch im Kleinprivatwald untersucht. Davon ausgehend, dass das Schadholzmonitoring in den meisten Privatwäldern vergleichbar praktiziert wird, ist in diesem Kapitel basierend auf den Angaben von Herrn Bertele (Stiftung Liebenau) zunächst das momentane Vorgehen zum Sturmholzmonitoring im Großprivatwald beschrieben. Die terrestrische Sturmholzaufnahme im Kleinprivatwaldrevier von Herrn Roth ist bis auf einige revierspezifische Erweiterungen identisch, sodass hier nicht nochmals der gesamte Prozess beschrieben wird, sondern vor allem die Unterschiede im Vergleich zum Großprivatwald herausgearbeitet werden.

5.2.1 Terrestrisches Sturmholzmonitoring im Großprivatwald

Die Wälder der Stiftung Liebenau verfügen über eine gute Erschließung. Sowohl die Basiserschließung durch Fahrwege als auch die Feinerschließung mit Maschinenwegen und

Rückegassen ist im Testrevier Salem ausreichend vorhanden. Dies ermöglicht dem Förster nach einem Sturmereignis, sich beim Befahren des Reviers einen Eindruck über die Lage zu verschaffen. Sind Bäume entwurzelt oder abgebrochen und versperren die Fahrwege, wird dies meist telefonisch, direkt an die Forstwirte weitergegeben. Dadurch sind die Wege zügig wieder nutzbar, was gerade im Falle eines Rettungseinsatzes essentiell ist.

Der erste Eindruck, der beim Durchfahren des Reviers entsteht, reicht allerdings nicht für ein effektives Sturmholzmonitoring aus. Beispielsweise sind dichte Naturverjüngungen mit einem Altholzschirm und exponierte Hanglagen von den Forstwegen aus nicht einsehbar und machen ein Begehen der Fläche notwendig.

Zur Vorbereitung des terrestrischen Begangs wird das Revier auf einer Forstbetriebskarte studiert. Es werden Flächen herausgefiltert, bei denen Schäden durch Sturm weitgehend ausgeschlossen werden können. Dies ist zum Beispiel bei flächiger, nicht überschränkter Naturverjüngung oder bei Pflanzflächen der Fall.

Nun kann mit der Erfassung der Schadflächen begonnen werden. Dabei werden in der Regel labile Standorte und exponierte Lagen zuerst begangen. Im Revier angekommen wird versucht, die Fläche schematisch nach Sturmholz abzusuchen, um die Orientierung und die Dokumentation des Arbeitsfortschritts zu erleichtern. Dazu empfiehlt sich ein serpentinartiges Vorgehen.

Beim Auffinden von Sturmholz trägt der Förster dies in einer Schwarz-Weißkarte des Reviers mit einem Stift eingetragen. Zusätzlich wird die Anzahl und die geschätzte Menge in Festmeter am Rand der Karte vermerkt. Sind alle Flächen aufgenommen, werden die Karten und Informationen persönlich an die zuständigen Forstwirte weitergegeben. Anhand der Karte orientieren sich die Forstwirte auf der Fläche und fangen mit der Aufarbeitung an.

5.2.2 Terrestrisches Sturmholzmonitoring im Kleinprivatwald

Wie in der Einleitung des Kapitels 5.2 beschrieben, unterscheidet sich der Vorgang beim Begehen der Flächen von der Vorgehensweise im Großprivatwald nur marginal. Dennoch muss im Kleinprivatwald die Kleinparzellierung der Flurstücke mit einbezogen werden. Im untersuchten Revier Meersburg besitzen die Flurstücke eine durchschnittliche Größe von 0,3 Hektar. Davon ausgehend, dass jedes Flurstück einem anderen Waldbesitzer gehört, kommen so auf einen Hektar Waldfläche etwa drei Waldbesitzer. Dies macht eine Flurstücksgrenzenfeststellung unumgänglich, da das Sturmholz dem entsprechenden Waldbesitzer zugeordnet werden muss. Dies verursacht einen großen Zeitaufwand zusätzlich zum Begehen der Flächen. Abhängig davon, mit welchen Hilfsmitteln die Grenzen aufgesucht werden, divergieren die Zeiten enorm. Für diese Bachelorarbeit wird angenommen, dass die Grenzen mittels Royal Fix identifiziert werden. Dafür wird das Bluetooth auf dem Smartphone

bzw. Tablet und der RTK-Signalempfänger Royal Fix eingeschaltet. Beim Öffnen der App NetwakeVision wird automatisch eine Verbindung beider Geräte hergestellt. Sind diese gekoppelt, ist dies durch ein Bluetooth-Zeichen am rechten oberen Rand des Home-Symbols indiziert (siehe blaue Markierung Abbildung 20). Im Home-Symbol kann die aktuelle Genauigkeit abgelesen werden. Ist die kleinstmögliche Abweichung erreicht, lassen sich die Grenzen feststellen und das Sturmholz dem jeweiligen Waldbesitzer zuordnen. Wird auf dieses System verzichtet und die Grenzfeststellung anhand von analogen Revierkarten durchgeführt, steigt der Zeitaufwand für die Grenzfeststellung. Des Weiteren sind mit dieser Methode falsche Waldbesitzerzuordnungen des Sturmholzes nicht ausgeschlossen.

5.2.3 Digitales Sturmholzmonitoring und Datenweitergabe

In diesem Kapitel wird ein Standardablauf zum digitalen Sturmholzmonitoring beschrieben, der im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführt und untersucht wird. Die Durchführung wurde durch die Zusammenarbeit mit der Firma Gebrüder Dieing ermöglicht. Für die Befliegungsflächen in dieser Bachelorarbeit stellten die Revierleiter Herr Bertele und Herr Roth ihre Reviere zur Verfügung.

5.2.3.1 Planung und Vorbereitung

Vor der eigentlichen Befliegung des Waldes mittels Drohne müssen einige Vorbereitungen getroffen werden. Der erste Schritt dieses Prozesses ist die Planung von Flugaufträgen. Per Online-Meeting oder persönlichem Vorabgespräch werden die Flächen inspiziert und besprochen, welche zu befliegen sind. In der Software DJI Terra kann zeitgleich der Flug durch das Setzen der Wegpunkte geplant werden.

Wenn die zu befliegenden Flächen definiert sind, erfolgt eine Überprüfung der Flugzonen, beziehungsweise der Flugbeschränkungszonen. Ist aufgrund von Flugbeschränkungen eine Aufstiegserlaubnis notwendig, muss diese bei der Landesluftfahrtbehörde beantragt werden. Ist die Aufstiegserlaubnis erteilt, steht der Befliegung aus rechtlicher Sicht nichts mehr im Weg. Vor dem Flug muss das lokale Wetter der Fläche mittels Wetterdienstes geprüft werden, um unnötige Anfahrten zu vermeiden. Dabei sollten die Einsatzgrenzen der jeweiligen Drohne beachtet werden. Beispielsweise kann bei Regen die empfindliche Elektronik zerstört werden und bei Windstärken über 50km/h (Beaufortskala 6) kann es zu Kontrollverlusten kommen. Des Weiteren sollten Temperaturen unter 0°C vermieden werden. Es kann zur Vereisung der Propeller kommen, was zum Absturz der Drohne führt. Zusätzlich ist bei solchen Temperaturen mit einer verkürzten Akkulaufzeit zu rechnen (DPH-Drohenschule, 2021).

Darauf folgt das Laden der Drohnenakkumulatoren und eine Funktionsüberprüfung des Equipments. Ein letzter Schritt zur Vorbereitung auf den Flug ist das Studieren der geographischen Lage. Dafür eignen sich analoge oder digitale geographische Höhenkarten. Für die Befliegung sollte ein hochgelegener, nicht bewaldeter Standort gewählt werden. Somit ist ständiger Sicht- und Funkkontakt gegeben.

5.2.3.2 Befliegung

Am Befliegungsort angekommen, wird der Flugplatz, wie in Abbildung 1 gezeigt, eingerichtet. Der Verkehr muss bei Bedarf mit zwei Warndreiecken am Anfang und am Ende des Flugplatzes auf die Sondersituation hingewiesen werden. Die Drohne wird aus dem Schutzkoffer entnommen, fachgerecht aufgebaut und auf der Start- und Landefläche platziert. Zusätzlich werden ein Akku und eine Speicherkarte in die Drohne eingeführt.

Anschließend wird die D-RTK 2 Mobile Station, die Fernsteuerung der Drohne und das Laptop eingeschaltet. Ein WLAN-Hot-Spot ermöglicht die Verbindung zwischen der RTK Mobile Station und der Fernbedienung. Ist diese Verbindung bestätigt, kann die Drohne angeschaltet und mit der Fernbedienung verbunden werden. Nach etwa einer Minute ertönt ein Signal, welches anzeigt, dass sich die Drohne mit der RTK Mobile Station verbunden und einen sogenannten Home-Point erfasst hat. Durch den Home-Point und die Georeferenzierung mittels RTK ist es der Drohne möglich, je nach Situation dorthin zurückzukehren. Muss zum Beispiel der Flug aufgrund eines sich nähernden Luftfahrzeuges abgebrochen werden, kann die Drohne durch die Return-to-Home Funktion automatisch zu diesem Home-Point zurückfinden. Auch im Falle eines bevorstehenden Akkuwechsels fliegt das UAS automatisch zu diesem Punkt zurück.

Als letztes wird das Laptop mit der Fernbedienung der Drohne verbunden. Somit kann auch in DJI Terra der Flug permanent überwacht und im Notfall eingegriffen werden. Die Drohne kann nun gestartet werden. Während des Fluges muss aus luftrechtlicher Sicht darauf geachtet werden, dass zu jeder Zeit Sichtkontakt besteht.

Um eine dauerhafte Stromversorgung zu gewährleisten, empfiehlt es sich z.B. ein Wechselstromaggregat zu betreiben. Über eine Mehrfachsteckdose können nun Laptop und Akkus geladen werden.

Vor dem Start und während des Fluges muss der Luftraum kontrolliert werden.

Ist die Befliegung abgeschlossen, wird der Flugplatz wieder abgebaut. Der Akku und die Speicherkarte werden der Drohne entnommen. Ein sofortiges Dokumentieren und Beschriften der Bilddateien am Laptop erleichtert die spätere Datenaufbereitung.

5.2.3.3 Datenaufbereitung

Nach der Befliegung werden die auf der Speicherkarte enthaltenen Drohnenaufnahmen in die Software DJI Terra eingepflegt. Dazu muss in dem Programm ein neuer Rekonstruktionsauftrag erstellt und benannt werden (siehe Abbildung 11). In diesem Fall wird die Option 2D-Karte ausgewählt.

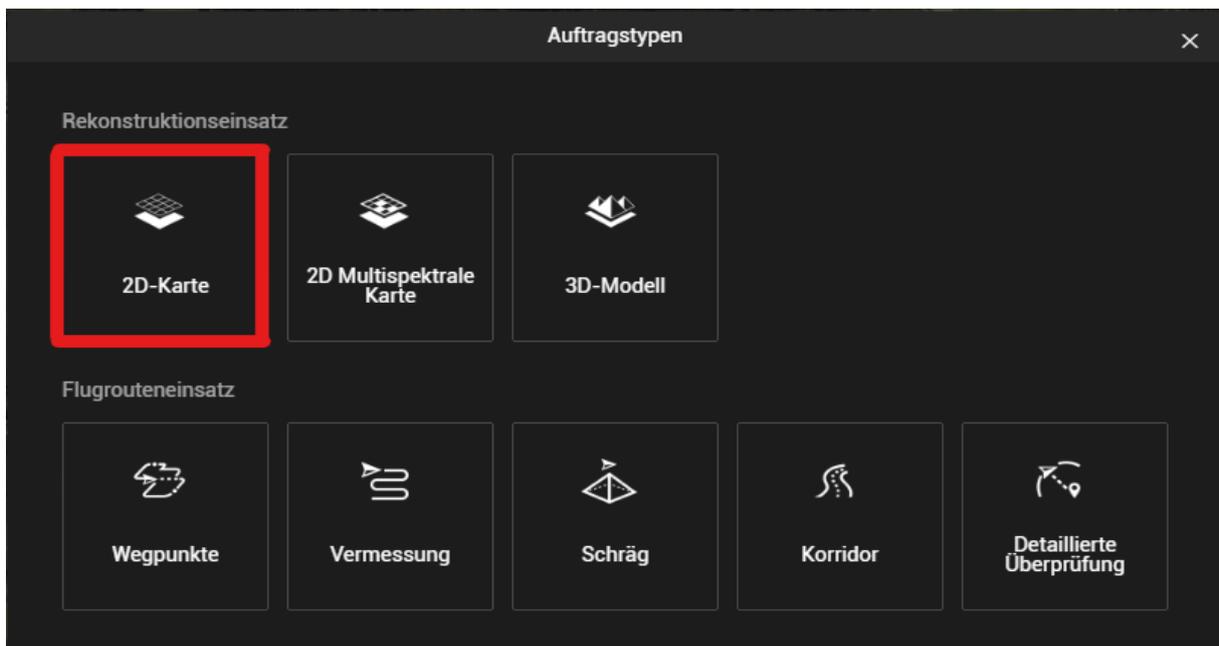


Abbildung 11: Rekonstruktionsauftrag erstellen (eigene Darstellung)

Anschließend können die einzelnen Luftbilder in den entsprechenden Flugauftrag hochgeladen werden. Durch die Georeferenzierung beim Flug wird nun jedes Bild und der entsprechende Aufnahmepunkt angezeigt. Dies macht eine weitere Bearbeitung der Bilder möglich. Zum Beispiel können zu stark überlappende Bilder eliminiert werden, um die Zeit für die Rekonstruktion zu verringern. Dies ist oft der Fall an sogenannten Wegpunkten oder an Haltepunkten, an denen die Drohne für einen Akkuwechsel zum Landeplatz fliegen musste (siehe blaue Markierung Abbildung 12).

Zuletzt muss die Kartierungsszene ausgewählt werden. Im Falle einer Waldaufnahme wird die Kartierungsszene „Obstbaum“ empfohlen. Diese Einstellung ist für Aufnahmen geeignet, welche viele Höhenunterschiede und nicht einheitlichen Bewuchs enthalten (DJI OFFICIAL, 2021).

Schlussendlich kann die Rekonstruktion gestartet werden. Weitere Arbeiten am Laptop beziehungsweise PC sollten während des Renderns vermieden werden, da für diesen Zeitraum alle Kapazitäten beansprucht werden.



Abbildung 12: Einstellung für die Rekonstruktion (eigene Darstellung)

5.2.3.4 Analyse

Ist die Rekonstruktion abgeschlossen, erscheint in DJI Terra ein fertig zusammengesetztes Luftbild (siehe Abbildung 14). Nun kann die Analyse auf Sturmholz erfolgen. Zwei Vorgehensweisen empfehlen sich:

Für kleinere Flächen (maximal 10ha) kann direkt im gerenderten Luftbild nach Sturmholz gesucht werden. Zusätzlich kann dies genutzt werden, um sich einen ersten Überblick zu verschaffen. Sind größere Flächen zu untersuchen, ist diese Methode jedoch problematisch. Es kann schnell der Überblick verloren gehen, welche Areale des Luftbildes schon abgesucht sind. Hinzukommt die Ungenauigkeit an manchen Überlappungsstellen des Luftbildes. In solchen Bereichen lassen sich Einzelwürfe gar nicht, oder nur schwer identifizieren.

Eine genauere Variante ist das Begutachten der einzelnen Fotos, welche chronologisch geordnet sind. Dies bietet die Sicherheit, schematisch jeden Bereich der Fläche zu analysieren. Ein Nachteil dieser Methode ist der höhere Zeitaufwand, der für die Analyse benötigt wird. Im Zuge dieser Bachelorarbeit hat sich die zweite Variante etabliert.

Ist nun Sturmholz auf dem Luftbild erkannt, so wird der Wurzelteller mit einer Markierung versehen, welche gleichzeitig die Koordinaten des Standortes enthält (siehe Abbildung 13). Jede Markierung wird auf dem Luftbild abgebildet und im Programm gespeichert (siehe Abbildung 14). Bei flächigem Sturmwurf kann eine Markierung pro Fläche gesetzt werden. Dies bietet zwar einen Zeitvorteil, dennoch ist dadurch für die nachfolgenden Instanzen wie Förster*Innen und Forstunternehmer*Innen nicht ersichtlich, wie viele Bäume aufgearbeitet werden müssen. Für diese Bachelorarbeit wurde jeder Baum einzeln markiert.

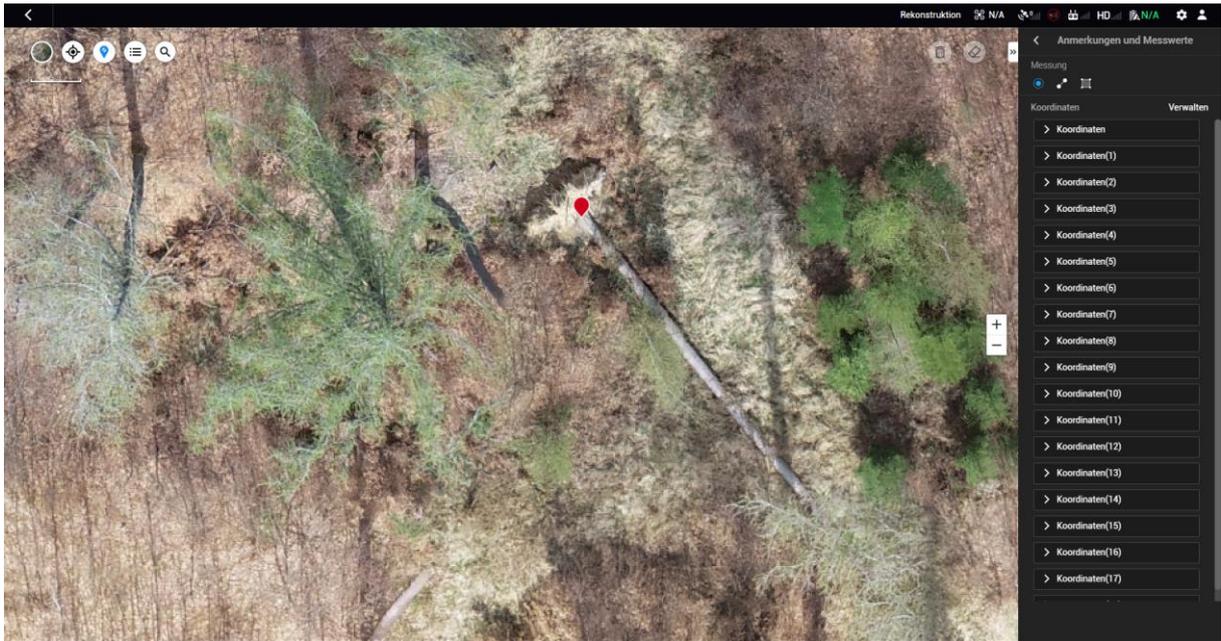


Abbildung 13: Sturmholzmarkierung (eigene Darstellung)



Abbildung 14: fertige Analyse (eigene Darstellung)

Ist die gesamte Fläche analysiert, kann eine Excel-Datei mit den Koordinaten automatisch erzeugt werden. Ergänzend wird eine Sicherungsdatei des gerenderten Luftbildes abgespeichert. Beide Dateien sind für den späteren Upload in NetwakeVision notwendig.

5.2.3.5 Datenaupload und -weitergabe in NetwakeVision

In diesem Schritt des digitalen Prozesses werden alle generierten Informationen in NetwakeVision hochgeladen. Luftbild und Koordinaten werden separat voneinander in die Software eingepflegt.

Für das Implementieren des Luftbildes in die Software wird ein von NetwakeVision programmierter GIS-Upload genutzt. Dazu muss aus der Sicherungsdatei die sogenannte Result-TIF-Datei¹³ extrahiert und beschriftet werden. Auf der Seite des GIS-Uploads erscheint eine Schaltfläche, mit deren Hilfe man eine lokale Datei auswählen kann. Sowohl im Frontend als auch im Backend kann nach dem Upload durch das Einschalten des entsprechenden Layers das Luftbild angezeigt werden (siehe Abbildung 15 & Abbildung 16). Durch den georeferenzierten Flug positioniert sich das Luftbild passend zu den anderen Layern.



Abbildung 15: Web-Ansicht NetwakeVision (eigene Darstellung)

Für das Einfügen der Koordinaten wird eine ähnliche Vorgehensweise genutzt. Dies ist allerdings mit einem Programmieraufwand verbunden. Zunächst muss auf dem Laptop/ PC die Software „cURL“ installiert werden. „cURL“ ist eine Software des schwedischen Informatikers Daniel Stenberg. Dadurch können Internetübertragungen von URLs (Uniform Resource Locator; Adresse einer Webseite) durchgeführt werden, welche Internetprotokolle nutzen (STENBERG, 2015, S. 12).

Nun werden alle Koordinatenlisten der Sturmwürfe in einer Datei zusammengefügt. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass es sich um eine CSV-Datei handelt.

¹³ Tagged Image File Format ist ein Dateiformat zur Speicherung von Bilddaten (LIPP, 1997, S. 335).

Durch die Eingabeaufforderung in Windows kann „cURL“ geöffnet werden und mittels Upload-Datei die Daten an die entsprechende Internetadresse hochgeladen werden. Es ist essenziell, vor dem Upload der Koordinaten einen POI (Point of Interest) anzulegen, in welchen die Koordinaten eingespeist werden können. In diesem speziellen POI werden die Informationen Schadkategorie, Forstrevier und genauer Standort der Koordinate, mittels Vektorkarte erfasst. Schließlich kann in der Web-Anwendung der entsprechende POI ausgewählt und die Koordinaten auf der beflogenen Fläche angezeigt werden. Mittels POI-Konfigurator können diese Daten an jeden beliebigen NetwakeVision-Account gesendet und dort aufgerufen werden (siehe Abbildung 16). Durch das Auswählen des entsprechenden Layers werden nun die Koordinaten und beflogenen Flächen auf dem Smartphone angezeigt.



Abbildung 16: App-Ansicht NetwakeVision ohne und mit Koordinaten (eigene Darstellung)

Beim Aufrufen der einzelnen Koordinaten besteht die Möglichkeit, sich direkt über einen Navigationssystem zu der gesetzten Markierung führen zu lassen. Dies erleichtert die Koordination für den Forstunternehmer.

5.3 Datenaufnahme

Dieses Kapitel stellt die Feldversuche dieser Bachelorarbeit dar. Dazu sind die Vorbereitungsmaßnahmen und die Durchführung der Versuche in den Unterkapiteln beschrieben.

5.3.1 Terrestrisches Verfahren

Anhand des im Experteninterview beschriebenen Ablaufs zum Schadholzmonitoring wird eine terrestrische Begehung der Fläche geplant. Dazu werden Flächen ausgewählt, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit auch mit der Drohne überflogen und analysiert wurden.

Es wird sowohl ein Schadholzmonitoring im Großprivatwald der Stiftung Liebenau, betreut von Herrn Bertele als auch eines im Kleinprivatwald im Revier von Herrn Roth geplant.

Das Ziel beider Aufnahmen ist es bei einer flächigen Begehung sowohl die benötigte Zeit pro Hektar zu erfassen als auch die Anzahl gefundener Sturmbäume. Diese Daten können im Anschluss mit den Daten des digitalen Verfahrens verglichen und ausgewertet werden.

Für die Datenakquise im Großprivatwald sind zunächst die bestehenden Grenzen des Reviers mittels Revierkarten zu eruieren und anhand der Flurstückskarten in NetwakeVision abzugleichen. Dies erleichtert die spätere Orientierung im Bestand und verhindert das Suchen von Sturmholz auf Flächen des Waldnachbars. Zusätzlich werden zusammen mit Herrn Bertele Flächen ausgewiesen, bei denen es sich nicht lohnt, nach Sturmholz zu suchen. Dies ist zum Beispiel der Fall in flächigen Naturverjüngungen ohne Altholzschirm.

Es wird ein Aufnahmeblatt entworfen, in das alle gefundenen Sturmwürfe bei dieser Begehung eingetragen werden können. Auf der Fläche selbst wird versucht, die Bestände schematisch, d.h. serpentin förmig im Abstand der jeweiligen Sichtweite, abzugehen. Die Tracking-Funktion von NetwakeVision unterstützt die Aufnahmen und zeichnet einen Teil des Versuchs auf (siehe Abbildung 22). Die Fläche für die Datenaufnahme der Anzahl der gefundenen Sturmbäume beträgt 50 ha.

Für die nachfolgenden Berechnungen des Zeitaufwandes werden auch Daten zur Sichtweite und der Geschwindigkeit benötigt. Durch stichprobenartige Messungen der Sichtweite mit einem Maßband wird ein durchschnittlicher Lauflinienabstand ermittelt. Zusätzlich wird die Tracking-Funktion von NetwakeVision während des Begangs genutzt. In der Statistik-Anwendung von NetwakeVision wird dadurch eine durchschnittliche Geschwindigkeit für das Begehen der Flächen angezeigt (siehe Abbildung 18). Ergonomische Kurzpausen zählen mit in den Prozess, da sie auch in der Praxis eingehalten werden sollten. Für die Ermittlung der Geschwindigkeit und der Sichtweite wird eine Fläche von 10 Hektar abgegangen.

Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, ist die Ausgangssituation im kleinparzellierten Privatwald erschwert. Dort sind Flurstücke im Schnitt 0,3ha groß mit Grenzen, die teilweise in kurzen Abständen von zehn Metern identifiziert werden müssen. Daher wird für diese Aufnahme eine

RoyalFix Antenne verwendet. Dies ermöglicht eine zentimetergenaue Ortung und zeigt an, auf welchem Grundstück man sich befindet. So kann eine treffsichere Zuordnung des Schadholzes pro Waldbesitzer erfolgen.

Für die terrestrische Begehung werden identisch zum Großprivatwald die Bestände schematisch abgesucht und die gefundenen Sturmbäume in das Aufnahmeprotokoll eingetragen.

5.3.2 Digitales Verfahren

Anhand des definierten Standardablaufes zum digitalen Schadholzmonitoring (Kapitel 5.2.3) ist vorab ein Datenaufnahmeblatt erstellt worden, welches alle Arbeitsschritte dieses Prozesses enthält.

Nun wird zuerst aus der Software DJI Terra die jeweilige Flächengröße notiert. Aufgrund der automatischen Generierung der Flugroute muss darauf geachtet werden, eine homogene Fläche mit möglichst wenigen Wegpunkten zu erstellen. Quadratische oder rechteckige Formen sind für eine effiziente Flugroute ideal, da so die Fluglinien gestreckt und ohne Umwege sind (siehe Abbildung 17).

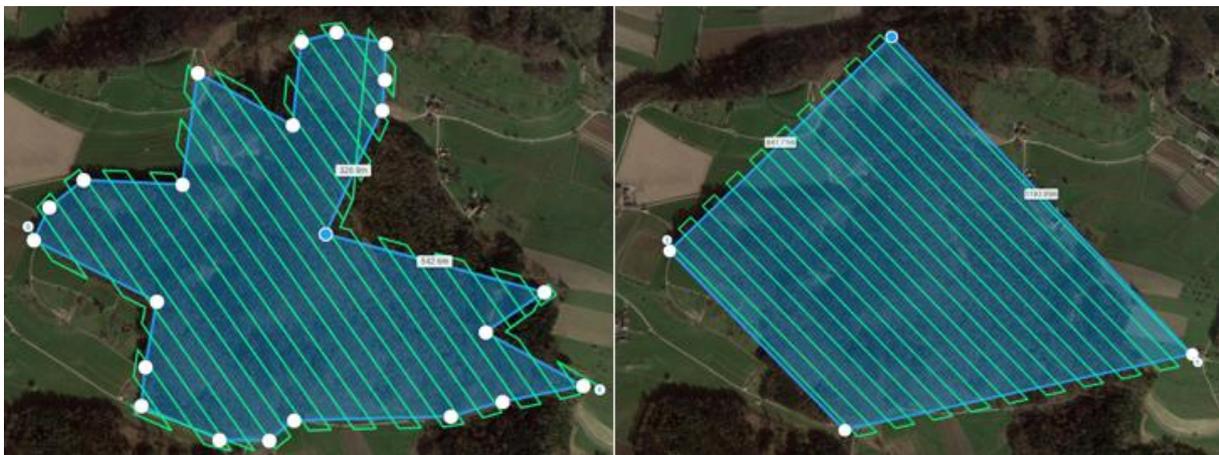


Abbildung 17: Flugroutenführung im Vergleich (links: nicht optimal, da zu viele Wegpunkte / rechts: optimal) (eigene Darstellung)

Aus diesem Grund entspricht die geplante Flugroute nicht exakt den Grenzen der jeweiligen Reviere. Es wird grundsätzlich großzügiger befliegen als die tatsächlich notwendige Fläche. Für den Teil der Befliegung wird bei jeder Fläche der Zeitaufwand für den Auf- und Abbau des Drohnenflugplatzes erfasst und dokumentiert. Bei der Befliegung an sich wird die komplette Flugzeit aufgenommen. Dies beinhaltet auch die Zeit für den Akkuwechsel, bei dem keine Luftfotos aufgenommen werden. Dafür muss die Drohne zum Landeplatz zurückfliegen und sich nach dem Austausch der Akkumulatoren wieder zum gespeicherten Haltepunkt begeben.

Der nächste Schritt ist das Rendern der Orthofotos. Dafür wird die Zeitaufnahme gestartet, sobald die Speicherkarte in das Laptop eingelegt wird. Dementsprechend umfasst dieser Prozessschritt das Hochladen der Drohnenbilder in DJI Terra, das Sortieren und eventuelles Löschen unnötiger Bilder und den Rekonstruktionsprozess selbst.

Anschließend wird die Analyse der Flächen zeitlich erfasst. Dies beinhaltet das Inspizieren der einzelnen Fotos und das Markieren der Schadbäume mit Koordinaten.

Anschließend werden die Sicherungskopien und die Excellisten exportiert und als Sicherungskopien lokal abgespeichert, und als Prozessschritt „Export Sicherheitskopie“ im Protokoll vermerkt. Schlussendlich werden die Koordinaten aus den Excellisten zu einer Upload-Datei zusammengefügt und sowohl die Koordinaten als auch die Luftbilder in NetwakeVision hochgeladen. Der Upload der Koordinaten und Luftbilder wird jeweils in einer separaten Spalte des Protokolls vermerkt, da sich diese Schritte zurzeit noch nicht kombinieren lassen.

5.3.3 Verifizierung der Koordinaten und Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit

Bei diesem Versuch werden zwei essenzielle Voraussetzungen für den effektiven und auch effizienten Ablauf des digitalen Schadholzmanagements untersucht.

Zuerst muss verifiziert werden, ob die Sturmwürfe anhand der gesetzten Markierungen, welche in NetwakeVision sichtbar sind, aufgefunden werden können. In der Praxis soll ein Unternehmer oder ein Forstwirt dazu in der Lage sein, den sturmgeschädigten Baum mittels Smartphone oder Tablet aufzufinden. Voraussetzung ist, dass NetwakeVision installiert und ein GPS-Signal beim Anlaufen der Markierung vorhanden ist.

Um dies zu prüfen, werden im Rahmen dieser Bachelorarbeit 50 Koordinaten mit Hilfe eines Smartphones und GPS-Signals angelaufen. Befindet sich das Ortungssymbol direkt bei der Markierung, wird in einem weiteren Aufnahmeprotokoll vermerkt, ob das Sturmholz zu lokalisieren ist. Dabei spielt es aufgrund des Umfangs dieser Bachelorarbeit in diesem Versuch keine Rolle, wie weit der Baum von der eigentlichen Markierung entfernt liegt. Es wird lediglich aufgenommen, ob der Sturmbaum gefunden werden kann oder nicht.

Darüber hinaus ist es für den Unternehmer beziehungsweise für den Förster wichtig zu wissen, ob es sich bei den gefundenen Schadbäumen um Holz handelt, welches lohnend ist aufzuarbeiten. Ist dies nicht der Fall, wird der Baum unnötiger Weise mit einer Maschine oder von einem Forstwirt angelaufen. Dies verursacht unnötige Kosten.

Laut Experteninterviews sind Stammstücke, welche die Qualität von Hackmaterial aufweisen und sich unmittelbar in Reichweite des Fahrzeuges bzw. des Forstwirtes befinden lukrativ, um sie an die Waldstraße zu rücken. Auf Grund dieser Sachverhalte wird bei der Verifizierung der

Koordinaten zusätzlich die Qualität der Stämme in drei Kategorien erfasst. Unter der ersten Kategorie „Sägefähig“ ist Holz zu verstehen, welches sich in jedweder Situation lohnt aufzuarbeiten, da es für die Sägeindustrie tauglich ist. Zusätzlich werden Stämme erfasst, die aufgrund der fortgeschrittenen Zersetzung nicht mehr der Sägeindustrie zugeführt, allerdings noch als Hackschnitzel weiterverarbeitet werden können. Es wird vermerkt, ob sich das Hackmaterial in Kranreichweite eines Forstweges befindet oder nicht. Die letzte Kategorie ist das nicht aufarbeitungswürdige Holz.

5.3.4 Befliegung zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Um zu untersuchen, zu welcher Jahreszeit eine Befliegung als nicht sinnvoll erscheint, werden beispielhaft zwei Befliegungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht. Die erste Befliegung findet im Frühjahr im nicht belaubten Zustand statt. Der vergleichende Flug beinhaltet die gleiche Fläche wie bei der ersten Befliegung und wird Ende Juni im belaubten Zustand durchgeführt. Die zu befliegende Fläche hat eine Größe von 50 Hektar.

Die Untersuchung auf Sturmwürfe beider Aufnahmen erfolgt mittels DJI. Anschließend werden die Koordinaten in NetwakeVision hochgeladen. Um zu sehen, welche Markierungen von welcher Befliegung stammen, werden zwei verschiedene POIs angelegt, sodass die Koordinaten in zwei unterschiedlichen Farben angezeigt werden (siehe Abbildung 21). Anschließend wird die Anzahl gefundener Bäume miteinander verglichen. Dieser Vergleich ermöglicht eine Aussage, ob die Befliegung im belaubten Zustand sinnvoll ist oder nicht.

6 Ergebnisse

In den folgenden Unterkapiteln werden jeweils die Daten aus den Versuchsreihen dargestellt. Dabei werden vor allem die Zeit- und damit verbundenen Kostenfaktoren sowohl des terrestrischen- als auch des digitalen Verfahrens beschrieben. Hinzu kommt die Auswertung hinsichtlich der Effektivität des digitalen Verfahrens, in Form von Verifizierungen der Koordinaten und Bestimmung der Qualität der gefundenen Stämme. Im darauffolgenden Unterkapitel wird das Ergebnis zweier Befliegungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten dargestellt. Schlussendlich findet die Auswertung der Experteninterviews nach ausgewählten Kriterien statt.

6.1 Zeit

6.1.1 Terrestrisch

Um den Zeitbedarf des terrestrischen Sturmholzmonitorings zu erheben, wird die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit und die durchschnittliche Sichtweite im Bestand erfasst. Wie in Kapitel 5.3.1 bereits beschrieben kommt zur Geschwindigkeitsbestimmung die Tracking-Funktion und die anschließende Möglichkeit der Auswertung von NetwakeVision zum Einsatz.

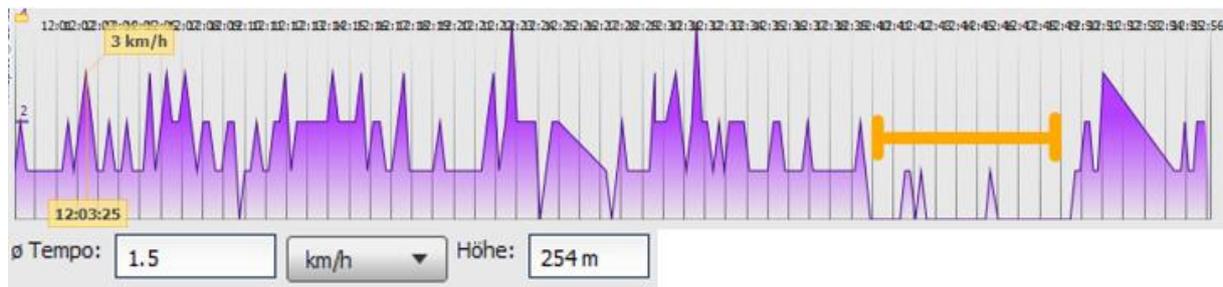


Abbildung 18: Geschwindigkeitsdiagramm und durchschnittliche Geschwindigkeit (eigene Darstellung)

Das Ergebnis ist eine durchschnittliche Laufgeschwindigkeit von 1,5 km/h.

Für den Versuch wurden auch die ergonomischen Kurzpausen erfasst, was in Abbildung 18 anhand des orangen markierten Bereichs sichtbar wird.

Aus der Datenaufnahme ergibt sich eine durchschnittliche Sichtweite von 8 m, was zu einem Lauflinienabstand von 16 m führt. In Abbildung 19 wird die Bestandessituation zur Zeit der Aufnahme dargestellt. Daraus lässt sich die theoretische Strecke von 625 lfm pro Hektar berechnen, die beim Schadh Holzmonitoring zu Fuß abgelaufen werden muss. Kombiniert mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit ergibt sich für diese Art des Monitorings ein

Zeitaufwand von 25 min pro Hektar. Auf ein Revier mit 100 Hektar bezogen sind dies 41 Stunden und 40 Minuten allein für das flächige Begehen (siehe Tabelle 1).

Der Zeitbedarf für die Weitergabe der eingetragenen Schadbäume auf der Karte ist abhängig vom Revierleiter und dem Kontakt zu den nachgeschalteten Forstwirten. Realistisch ist, dass dieser Informationstransfer am Tag nach der Datenaufnahme passiert.



Abbildung 19: Bestandessituation zur Zeit des Begangs (eigene Aufnahmen)

Tabelle 1: Zeitbedarf terrestrisch (eigene Darstellung)

Ermittelte Daten		Berechnungen	
Geschwindigkeit (in km/h)	1,5	Laufmeter / ha (in m)	625,00
Sichtweite (in m)	8	Zeitbedarf / ha (in min)	25
		Zeitbedarf / 100ha (in h)	41:40:00

Zur Berechnung in Tabelle 1 kommt die Feststellung der Grenzen hinzu, um das Sturmholz dem jeweiligen Besitzer zuordnen zu können, was zusätzlich zeitintensiv ist. Je nachdem, welche Methode zum Aufsuchen der Grenzen angewendet wird, variiert dieser Aufwand. Deshalb wird in dieser Bachelorarbeit ein RoyalFix eingesetzt, wie in Kapitel 5.3.1 erwähnt. Da diese zusätzlichen Erhebungen den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würden, wird eine aktuelle Datenerhebung (Stand Juli 2021) zum Zeitaufwand der Grenzfeststellung einer

Studentin der HFR Rottenburg herangezogen und die Situation zur Veranschaulichung exemplarisch nachgestellt (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Flurstücksgrenzenermittlung mit Royal Fix (eigene Aufnahme)

Aus Tabelle 2 lässt sich eine Zeitdauer von zusätzlich knapp 50 Minuten pro Hektar für die Grenzfeststellung ablesen. Das bedeutet, dass je nach Verteilung des Sturmholzes insgesamt ein maximaler Zeitaufwand von 75 Minuten entsteht. Auf ein Revier mit 100ha gerechnet, beläuft sich die gesamte Arbeitszeit somit auf 124 Stunden und 27 Minuten.

Tabelle 2: Zeitbedarf für Grenzfeststellung (MÖLLER, noch nicht veröffentlicht)

Zeitbedarf (in min) / ha	00:49:40
Zeitbedarf (in min) / 100ha	4967
Zeitbedarf (in Stunden) / 100ha	82:47:11

6.1.2 Digital

Beim digitalen Sturmholzmonitoring sind deutlich mehr einzelne Prozessschritte zu erfassen als beim terrestrischen Monitoring (siehe Tabelle 3). Für die Auswertung wird unterschieden in aktive und passive Arbeitszeit. Die aktive Arbeitszeit beinhaltet alle Arbeitsschritte, bei denen Personal für dessen Durchführung benötigt wird. Dies ist beim Fliegen der Drohne oder bei der Schadholzanalyse am Computer der Fall. In Tabelle 3 sind diese Prozessschritte grün hinterlegt.

Tabelle 3: Zeitbedarf der einzelnen Prozessschritte (eigene Darstellung)

Zeit	pro Hektar	pro 100ha
Flugzeit/ha	00:00:52	01:25:52
Renderzeit/ha	00:02:04	03:26:04
Analysezeit/ha	00:00:24	00:39:10
Export Sicherheitskopie/ha	00:00:20	00:33:57
Upload der Luftbilder/ha	00:00:56	01:33:17
Upload Koordinaten/ha	00:00:04	00:06:11
Insgesamt	00:04:39	07:44:31

Bei der passiven Arbeitszeit wird kein, beziehungsweise nur kurzzeitig Personal benötigt, da diese Arbeit automatisch geschieht, zum Beispiel das Rendern oder Hochladen der Dateien in NetwakeVision. Die passiven Arbeitsschritte sind in Tabelle 3 orange hervorgehoben. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden 523 Hektar mit der Drohne befliegen. Für die folgenden Berechnungen werden die Zeiten für den Auf- und Abbau des Drohnenflugplatzes nicht in den Wert pro Hektar aufgenommen. Der Grund dafür ist, dass in einigen Situationen mehrere Flächen von einem Standpunkt aus befliegen werden können und der Zeitaufwand je nach Revier beziehungsweise dessen Reliefsituation stark schwankt. Die durchschnittlich benötigte Zeit für den Aufbau beläuft sich auf sieben Minuten und acht Sekunden, der Abbau auf fünf Minuten und 18 Sekunden. Beide Zeiten zählen zur aktiven Arbeitszeit. Aus den Daten ergibt sich für das digitale Sturmholzmonitoring eine aktive Arbeitszeit von einer Minute und 16 Sekunden pro Hektar. Gerechnet auf 100 Hektar wird eine Stunde und vier Minuten für das Befliegen und die Analyse benötigt. Die passive Arbeitszeit beträgt somit drei Minuten und 23 Sekunden pro Hektar und macht den Großteil des Arbeitsprozesses aus. Dies wird noch deutlicher, wenn man den Aufwand auf 100 Hektar rechnet. So ergeben sich sechs Stunden und 40 Minuten passive Arbeitszeit, was knapp 75% der gesamten Arbeitszeit ausmacht. Insgesamt werden vier Minuten und 39 Sekunden pro Hektar, beziehungsweise sieben Stunden und 44 Minuten pro 100 Hektar für den ganzen Ablauf des digitalen Schadholzmanagements benötigt. Eine Grenzfeststellung wie beim terrestrischen Verfahren entfällt hier, da die Koordinaten in NetwakeVision bereits je Flurstück abgebildet sind.

6.2 Kosten

6.2.1 Terrestrisch

Bei der Berechnung der Kosten für das terrestrische Begehen der Flächen wird angenommen, dass ein Förster diese Arbeit durchführt. Der Kostensatz beläuft sich damit laut Entgeltordnung im Bodenseekreis auf 66,43€ pro Stunde¹⁴ (LANDRATSAMT BODENSEEKREIS, 2020, S. 3).

Daraus ergeben sich bei einem Zeitaufwand von 25 Minuten/ha Kosten von 26,57€/ha.

Für die Feststellung der Eigentümergegrenzen im Kleinprivatwald müssen zusätzlich Kosten von bis zu 55,14€/ha berücksichtigt werden. Demnach belaufen sich die Kosten im Kleinprivatwald auf 81,71€/ha.

6.2.2 Digital

Für die Kostenbetrachtung des digitalen Sturmholzmonitorings wird sich auf Aussagen der Firma Dieing bezogen (siehe Tabelle 4). Dort sind die entstehenden Kosten pro Hektar, beziehungsweise pro 100 Hektar dargestellt.

Tabelle 4: Kosten des digitalen Verfahrens (eigene Darstellung)

Kosten	pauschal	pro Stunde	pro Hektar	pro 100 Hektar
Auf- und Abbau	80,00 €			
Befliegen		80,00 €	1,14 €	114,50 €
Analyse		50,00 €	0,82 €	82,49 €
Gesamtkosten			1,97 €	196,99 €

Der Auf- und Abbau wird mit jeweils 80 € berechnet. Für die Befliegung von 532 Hektar, aufgeteilt auf 13 unterschiedlich große Flächen, musste der Drohnenlandeplatz zehn Mal auf- und abgebaut werden. Daraus resultieren für den Auf- und Abbau Kosten von 800€ für die Versuchsflächen dieser Bachelorarbeit.

Der Stundensatz für das Befliegen liegt bei 80 €. Darin inbegriffen ist auch das Material, welches zur Befliegung benötigt wird (Drohne, Laptop, Fahrzeug, etc.). Dies ergibt Unkosten von 1,14 € pro Hektar, beziehungsweise 114,50 € für 100 Hektar.

Die Kosten für die Analyse des Luftbildes belaufen sich auf 50 € pro Stunde. Die Prozessschritte Rendern des Luftbildes, Exportieren der Sicherheitskopie und Upload der Daten in NetwakeVision werden in dieser Tabelle ebenfalls als Analyse bezeichnet. Dementsprechend kostet die Analyse 0,82 € pro Hektar. Wird der Kostensatz der Befliegung und der Analyse addiert, entstehen Gesamtkosten von 1,97 € pro Hektar.

¹⁴ Zuzüglich 19 % Mehrwertsteuer

6.3 Anzahl gefundener Sturmbäume

Für diesen Versuch wurde dieselbe Fläche begangen, welche auch für den Vergleich von belaubtem und unbelaubtem Zustand befliegen wurde. Diese Fläche wird in Abbildung 21 dargestellt. Die vergleichende Befliegung fand im März 2021 statt.

Bei der Befliegung mit der Drohne konnten insgesamt 74 Bäume gefunden werden, die vom Sturm betroffen waren. Gegenüberstellend dazu konnten beim flächigen Begehen der Bestände 48 Sturmbäume gefunden werden. Dies entspricht etwa 65 % der mit der Drohne gefundenen Sturmwürfe.

Der terrestrische Begang fand im Juni des gleichen Jahres statt.

6.4 Verifizierung der Koordinaten und Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit

Diese Auswertung gibt Aufschluss über die Effektivität des digitalen Sturmholzmonitorings. Explizit bedeutet das zum einen die Wahrscheinlichkeit, mit der ein im Luftbild markierter Sturmbaum aufgefunden wird, zum anderen wird auch die jeweilige Qualität des Sturmholzes erfasst. Zur Zeit der Aufnahme wurde in diesem Teil des Reviers schon mit der Sturmholzaufarbeitung begonnen, sodass manche Punkte nur noch anhand des Wurzeltellers zu identifizieren waren.

Es wurden 50 Koordinaten überprüft, mit dem Ergebnis, dass 49 von 50 Bäumen, d.h. mit einer Wahrscheinlichkeit von 98 % Sturmholz identifiziert werden konnten.

Von den gefundenen Bäumen waren 94 % (47 Stämme) aufarbeitungswürdig, entweder in sägefähiger Qualität oder als Hackmaterial.

Die Verteilung der Qualität kann der Tabelle 5 entnommen werden. Daraus geht hervor, dass 85 % des Holzes (40 Stück) in sägefähiger Qualität vorliegt und nur 15 % als Hackmaterial (sieben Stück). Zusätzlich wurde bei dieser Aufnahme erfasst, ob das Hackmaterial in Wegesnähe liegt und somit laut Experteninterviews noch ökonomisch sinnvoll zum Aufarbeiten ist. Dabei waren fünf von sieben Stämmen in Wegesnähe.

Tabelle 5: Verifizierung der Koordinaten (eigene Darstellung)

Auswertung	
Verifizierung möglich	98,0%
Aufarbeitungswürdig	94,0%
Sägefähig	85,1%
Hackmaterial	14,9%

6.5 Befliegung zu unterschiedlichen Zeitpunkten

In Abbildung 21 sind die gefundenen Sturmbäume anhand der blauen und roten Markierungen erkennbar. Die Koordinaten der ersten Befliegung im unbelaubten Zustand sind blau, die Koordinaten der Befliegung im belaubten Zustand sind rot gekennzeichnet.

Die Auswertung ergibt, dass bei der ersten Befliegung 74 Sturmbäume identifiziert wurden. Im Vergleich konnten bei der Befliegung im belaubten Zustand nur 15 Sturmbäume gefunden werden. Dies entspricht etwa 20 % der ersten Aufnahme.



Abbildung 21: Vergleich belaubt / unbelaubt (eigene Darstellung)

6.6 Auswertung der Interviews

Für die Auswertung der Interviews werden bestimmte Kriterien definiert, die analysiert und für die Beantwortung der Forschungsfragen und Überprüfung der Hypothesen genutzt werden können. Diese sind im Nachfolgenden aufgelistet. Zusätzlich werden die Aussagen der Experten in Kapitel 8 für theoretische weitere Anwendungsfelder von NetwakeVision genutzt.

Zeit- und Kosteneinsparung

Eine Einschätzung der befragten Personen hinsichtlich der Zeiteinsparung ergab ein eindeutiges Ergebnis. Alle Experten gehen von einer deutlichen Zeiteinsparung bei Anwendung des digitalen Verfahrens aus. Vor allem wurde die Einsparung von Personal erwähnt und die damit verbundene Reduzierung von Kosten. Aus einer Hochrechnung eines Revierleiters geht hervor, dass ein Forstwirt, bei einem Lohn von 40 € und Befliegungskosten von 2 €, etwa 20 Hektar pro Stunde begehen müsste, damit sich das terrestrische Begehen vergleichsweise zum digitalen Verfahren lohnt.

Lediglich bei einer von vier Personen, gab es den Einwand, dass das digitale Verfahren im Moment noch mit hohem Aufwand verbunden ist. Dies ist auf die bisher mangelnde Möglichkeit der Einarbeitung in das digitale System zurückzuführen.

Quantität des gefundenen Sturmholzes

Hierbei divergieren die Meinungen der Experten. Eine der Personen vertritt die Ansicht, dass mehr Sturmholz durch das flächige Begehen gefunden wird. Allerdings sei dies auch abhängig vom Bestand. Auch wird von einer Person genannt, dass die Kombination beider Verfahren die besten Ergebnisse hervorbringen würde. Dies ist allerdings auch mit einem doppelten Aufwand verbunden.

Zwei Experten gehen davon aus, dass mit dem Monitoring aus der Luft deutlich mehr Schadholz gefunden wird. Dies liegt an den Orientierungsschwierigkeiten beim Begehen in manchen Beständen, was kein schematisches Abgehen ermöglicht und zum Auslassen von Teilbereichen führt. Aus der Erfahrung heraus werden dichte Naturverjüngungsflächen nicht begangen.

Definition Aufarbeitungswürdig

Alle Befragten sind sich darüber einig, dass Holz als nicht mehr aufarbeitungswürdig gilt, wenn es nicht mehr als Sortiment verkauft werden kann, beziehungsweise der Erlös des Holzes nicht die Kosten der Aufarbeitung und Rückung deckt. Dies ist laut Experteninterviews bei stark verrotteten Stämmen der Fall (z.B. Buchenstämme, die länger als zwei Jahre im Bestand liegen) oder auch bei Hackmaterial, welches nicht in Kranreichweite liegt. Hackmaterial in Reichweite des Krans und auf der Fahrstrecke, wird als kostendeckend angesehen.

Dazu muss allerdings beachtet werden, dass je nach Waldbesitzer andere Vorgaben gelten. Einige Waldbesitzer wollen viel Totholz in ihrem Wald belassen, andere wiederum sind auf einen „sauberen“ Wald bedacht, in dem kein verrottendes Holz liegt. Ersteres ist aus naturschutzfachlicher Sicht gewünscht, zweiteres erleichtert das Begehen des Bestandes und ist in manchen Situationen aus Forstschutzgründen sinnvoll.

Genauigkeit am Fundort

Das digitale Verfahren sieht ein Auffinden der markierten Sturmbäume mittels GPS- Signal und Smartphone/ Tablet vor. Zwei der interviewten Experten haben mit diesem Teilprozess der Aufarbeitung bereits Erfahrung. Eine der Personen arbeitet mit dem in dieser Bachelorarbeit untersuchten System. Die zweite Person verwendete bereits die Collector-App¹⁵, um manuell markierte Koordinaten ausfindig zu machen. Beide Befragten konnten im Regelfall die Koordinaten auffinden.

Usability der Software/ des Verfahrensablaufs und Schulungsbedarf

Während der Interviews stellte sich heraus, dass eine Unterscheidung zwischen Backend und Frontend vorgenommen werden muss. Ersteres wird als sehr komplex beschrieben, was Schulungen in diesem Bereich nötig macht. Dennoch sollte beachtet werden, dass nicht jeder Prozessteilnehmer die Funktionen des Backends beherrschen muss, um das digitale Verfahren anwenden zu können. Beispielsweise reicht einem Maschinenführer die Anwendung auf dem Smartphone aus. Dort sind alle nötigen Daten sichtbar, wie zum Beispiel die geschätzte Hiebmenge und die Koordinaten der aufgefundenen Sturmbäume. Der Umgang mit der App wird nach einmaliger Einweisung als einfach beschrieben. Sowohl für das Backend als auch das Frontend erachten die befragten Personen Schulungen als sinnvoll. Alle Befragten waren bereit, eine Schulung zu besuchen. Ergänzende Videoanleitungen sollen es dabei ermöglichen, im Nachhinein Inhalte wiederholen zu können. Zusätzlich soll den Teilnehmern im Zuge der Schulungen ein Überblick über den Prozess des digitalen Sturmholzmonitorings vermittelt werden, um nachvollziehen zu können, welche Schritte im Voraus geschehen und woher die bis dahin zur Verfügung stehenden Daten und Informationen stammen. Um einen Informationsüberfluss und ein damit einhergehendes Lernhindernis zu vermeiden, sollten die Schulungen auf den jeweiligen Prozessteilnehmer zugeschnitten sein. Der Verfahrensablauf wird als sehr effektiv erachtet. Am besten wird der Prozess bei konsequenter Informations- und Fortschrittsdokumentation in der Software empfunden. Somit sind die Daten jederzeit für alle Prozessteilnehmer einsehbar. Dies ermöglicht eine effiziente Arbeitsplanung. Gerade für das Maschinenmanagement ist dies von Vorteil.

¹⁵ Die Collector-App ist eine Applikation für georeferenzierte Datenerfassung. Die App wird auch in der Forstwirtschaft eingesetzt (ESRI, 2020).

Standzeiten und Ablenkung am Arbeitsplatz durch Smartphone / Tablet

Zu diesem Thema wurden beide Maschinenführer befragt, da diese hauptsächlich von der Arbeit mit dem Smartphone betroffen sind. Denn beim Bedienen des Smartphones steht die Maschine in der Regel still, was zu erhöhten Standzeiten führt.

Beide Befragten berichteten von einer erhöhten „On-Screen-Zeit“ am Smartphone, welche in den Einstellungen der App abgelesen werden können. Dennoch gehen die Experten davon aus, dass trotz der erhöhten Standzeit durch das Bedienen des Smartphones kein wirtschaftlicher Schaden entsteht. Dies liegt daran, dass Informationen und Daten direkt in das System NetwakeVision eingetragen werden können und somit die Arbeit im Büro nach der regulären Arbeitszeit entfällt. Hinzu kommt, dass Folgeaufträge direkt auf einer digitalen Karte vom Förster eingetragen werden können. Dadurch erübrigt sich der Begang neuer Auftragsflächen mit dem Revierleiter, was hohe Standzeiten produzieren würde.

Ein weiteres Thema bei erhöhter „On-Screen-Zeit“ am Smartphone ist die Ablenkung durch soziale Medien. Beide Befragten sind der Meinung, dass diese je nach eigener Disziplin unterschiedlich ausfällt. Diese Art von Ablenkung schränkt in diesem Fall keinen der Befragten ein (WINGARTZ, M. Interview mit Matthias Wieland vom 23.6.2021) und (WINGARTZ, M. Interview mit Manuel Dieing vom 6.7.2021).

Situationen für die Anwendung des digitalen Schadh Holzmonitorings

Im Rahmen der Befragungen wurde gezielt nach verschiedenen Situationen gefragt, in denen das digitale Schadh Holzmonitoring deutliche Vorteile verspricht, aber auch nach Situationen, in denen das digitale Verfahren nicht sinnvoll ist. Dabei hat sich jeweils eine Situation herauskristallisiert.

Deutliche Vorteile bietet laut Experten das Monitoring mit der Drohne in Bergregionen. Dort sind die Bestände zum Großteil schlecht erschlossen und nur schwer begehbar.

Als nicht sinnvoll wird die Befliegung im Belaubten Zustand erachtet, da ein geschlossenes Kronendach den Blick auf den Waldboden und somit auf die Sturmbäume verdeckt.

Readiness

Hierbei ist zu beachten, dass drei von vier der befragten Personen bereits das digitale Sturmholzmonitoring nutzen.

Die Person, die mit einem herkömmlichen Monitoring arbeitet, wäre dazu bereit, auf das digitale System umzusteigen, wenn nach einer Schulung ersichtlich ist, dass Zeit und Kosten eingespart werden können. Ein zusätzlicher Anreiz für den Umstieg ist aus Sicht der Revierleiter die gesicherte Dokumentation von Informationen über einen langen Zeitraum, was gerade im Waldbau und für nachfolgende Förster zur Einarbeitung von Vorteil ist.

Arbeitsablöse durch das digitale Verfahren

Durch den digitalen Ablauf werden Arbeitsschritte eingespart. Die Vermutung liegt nahe, dass einige Revierförster dies als Bedrohung ihres Arbeitsplatzes sehen. Jedoch bestätigt sich durch die Experteninterviews das Gegenteil. Allgemein wird die Zeit des Försters als knapp beschrieben und das digitale System als Erleichterung angesehen, da das flächige Begehen zusätzliche Arbeit verursacht. Dennoch wird erwähnt, dass durch die Digitalisierung auf lange Sicht gesehen, erfreuliche Arbeitsprozesse wegfallen könnten.

Analyse als Dienstleistung

Zu diesem Thema wurden beide Revierleiter befragt, mit divergierenden Meinungen. Die erste Person würde die Analyse als Dienstleistung in Anspruch nehmen. Der Grund dafür ist zum einen das Vertrauen in die Gewissenhaftigkeit des Dienstleisters, zum anderen auch der Mangel an Zeit. Bei der Analyse muss zusätzlich viel Zeit im Büro verbracht werden und die tatsächlichen Aufgaben eines Försters geraten in den Hintergrund.

Der andere Revierleiter würde es bevorzugen, die Analyse selbst vorzunehmen, mit der Begründung, dass man als Förster sein Revier am besten kennt. Dadurch ist es zum Beispiel auch möglich zu differenzieren, ob es sich bei einem unbelaubten Nadelbaum um einen alten Käferbaum handelt, oder um eine Lärche. Somit kann laut der befragten Person eine gründlichere Analyse durchgeführt werden.

Passend zu diesem Thema wurde auch gefragt, in welchem Zeitraum ein Dienstleister für die Befliegung und Auswertung zur Verfügung stehen müsste. Beide Personen sind der Ansicht, dass aus Waldschutzgründen die Befliegung und Analyse innerhalb von 4 Wochen erfolgen sollte.

7 Diskussion

Dieses Kapitel diskutiert die gewonnenen Daten und stellt die beiden Monitoringsysteme vergleichend gegenüber. Dazu werden im ersten Unterkapitel die Forschungsfragen beantwortet und die Hypothesen überprüft. Dies erfolgt anhand der Ergebnisse aus Kapitel 6.1 bis Kapitel 6.5. Gestützt wird dies durch die Aussagen der Experteninterviews (Kapitel 6.6). Im darauffolgenden Unterkapitel werden die Ergebnisse der Versuche kritisch gewürdigt. Dazu wird diskutiert unter welchen Umständen die Daten entstanden und zu bewerten sind. Ein weiteres Element dieses Kapitels ist die Methodendiskussion, in der das eigene Vorgehen, vor allem bei der Datenaufnahme, kritisch beleuchtet wird.

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen und Überprüfung der Hypothesen

Frage 1

Welche Vorteile bringt der digitale Standardablauf beim Schadh Holzmonitoring hinsichtlich des Zeit- und Kostenfaktors?

A) Durch das digitale Verfahren können Zeit und/ oder Kosten eingespart werden.

Nach Einschätzung der interviewten Experten geht der Großteil davon aus, dass durch das digitale Verfahren Zeit und Kosten gespart werden können. Bestätigen lässt sich der Eindruck einer Zeit- und Kosteneinsparung aus den Experteninterviews. Als Beleg werden im Folgenden die Ergebnisse aus den Versuchen der Kapitel 6.1 & 6.2 zusammenfassend dargestellt. Um einen realistischen Eindruck zu vermitteln, wird sich dafür auf den Wert pro 100 Hektar bezogen.

Beim terrestrischen Verfahren entsteht ein Zeitaufwand von 41 Stunden und 20 Minuten für das Begehen der Flächen. Müssen zusätzlich die Sturmbäume den Waldbesitzern im Kleinprivatwald zugeordnet werden, entsteht ein weiterer Zeitaufwand von 82 Stunden und 47 Minuten. Dies ist allerdings nur der Fall, wenn Sturmholz auf der ganzen Fläche verteilt liegt und jedes einzelne Grundstück festgestellt werden muss. Sind nur wenige Flurstücke betroffen, reduziert sich die Zeit der Grenzfeststellung.

Geht man davon aus, dass die Hälfte aller Flurstücke identifiziert werden müssen, ergibt sich ein insgesamter Arbeitsaufwand von 82 Stunden und 43 Minuten, was zwei vollen Arbeitswochen entspricht¹⁶.

¹⁶ Es wird dabei von einer durchschnittlichen Arbeitswoche von ca. 40 Stunden ausgegangen

Verrechnet man diese Zeiten mit dem Gehalt eines Försters im Bodenseekreis von 66,43 € (Brutto), entstehen Kosten von 5.497,08 €.

Vergleichend dazu wird für das Monitoring mit der Drohne, der anschließenden Analyse und Bereitstellung der Daten sieben Stunden und 44 Minuten benötigt, was in etwa einem vollen Arbeitstag entspricht. Daraus lassen sich Kosten von 196,99 € pro 100 Hektar errechnen. Dies entspricht in oben beschriebenem Beispiel etwa 3,5 % der Kosten des terrestrischen Monitorings. Hinzu kommen je Auf- und Abbau des Drohnenflugplatzes Pauschalkosten von 80 €, welche jedoch nicht dazu führen, dass die Kosten beim digitalen Monitoring an die Kosten für das terrestrische Monitoring heranreichen. Dadurch kann die Forschungsfrage positiv beantwortet und Hypothese A bestätigt werden.

Frage 2

Wird mit den Luftaufnahmen der Drohne mehr Schadholz gefunden als bei der terrestrischen Erfassung?

- A) Durch die hohe Auflösung der Luftbilder kann mehr Schadholz gefunden werden als bei terrestrischer Erfassung.
- B) In NVJ ist die Orientierung im Bestand schwierig und Schadholz wird leicht übersehen.

Aus den Experteninterviews gehen unterschiedliche Einschätzungen hervor, was die Anzahl an gefundenem Sturmholz angeht. Zwei Personen sind der Auffassung, dass durch das Monitoring mit der Drohne mehr Sturmholz gefunden wird. Ein anderer Experte geht davon aus, dass durch terrestrisches Begehen quantitativ mehr Sturmholz lokalisiert wird. Die Kombination beider Verfahren wird von einem der Befragten als am effektivsten angesehen. Die Ergebnisse aus Kapitel 6.3 bestätigen die Beurteilung der ersten zwei Experten und somit Hypothese A. Es werden beim terrestrischen Begehen rund 35 % weniger Bäume gefunden als beim Monitoring mit der Drohne. Dabei sind die in Kapitel 7.2 diskutierten Umstände zu beachten.

Die Fläche für die Aufnahme dieses Versuchs zeichnet sich durch viele Naturverjüngungsbestände und dichten Unterbewuchs aus. Dies erschwerte die Orientierung und es kann nicht absolut ausgeschlossen werden, dass manche Teilbereiche nicht abgesucht wurden. Dies spiegelt allerdings die normale Situation in der Praxis wider. Demnach kann Hypothese B aus eigener Erfahrung bestätigt werden.

Frage 3

Ist die Qualität der Luftaufnahmen zur Beurteilung der Aufarbeitungswürdigkeit des gefundenen Schadholzes ausreichend?

- A) Es werden auch Bäume lokalisiert, die nicht aufarbeitungswürdig sind.
- B) Nur ein geringer Prozentsatz der im Luftbild gefundenen Bäume ist nicht lohnend aufzuarbeiten.
- C) Lokalisiertes Hackmaterial, welches sich in Kranreichweite befindet, wird als lukrativ erachtet.

Die Befragten der Experteninterviews sind allesamt der Auffassung, dass durch das Monitoring aus der Luft auch Bäume gefunden werden, die nicht aufarbeitungswürdig sind. Ist dies der Fall, kann der Stamm nicht mehr in ein verkaufsfähiges Sortiment eingeteilt werden. Folglich sind die Rückung und Lagerung eines solchen Stammes nicht lohnenswert. Unterstützend dazu geht aus der Auswertung des Versuches in Kapitel 6.4 hervor, dass nicht aufarbeitungswürdiges Sturmholz lokalisiert wurde. Somit kann die erste Hypothese bestätigt werden.

Allerdings zeigt die Auswertung auch, dass nur 6 % der gefundenen Stämme als nicht aufarbeitungswürdig gelten. Dadurch bewahrheitet sich auch die zweite Hypothese.

Die letzte Hypothese lässt sich durch Auswertung der Experteninterviews bestätigen. Hackmaterial, welches sich in Kranreichweite und in der zu bearbeitenden Fläche befindet, wird als wirtschaftlich erachtet und dementsprechend aufgearbeitet und gerückt. Dies bestätigt Hypothese C. Abschließend kann die Forschungsfrage positiv beantwortet werden. Die Qualität der Luftaufnahmen ist zur Beurteilung der Qualität des gefundenen Schadholzes ausreichend.

Frage 4

Ist das digitale Verfahren in Bezug auf die Genauigkeit am Fundort in der Praxis treffsicher?

- A) Die mittels Drohne lokalisierten Sturmbäume können mit einem Smartphone/ Tablet und GPS-Signal aufgefunden werden.
- B) Die Genauigkeit des GPS-Smartphones ohne Zusatzantenne liegt immer bei 4-10m.

Für die Beantwortung dieser Forschungsfrage und Überprüfung der Hypothesen können nur zwei der befragten Experten eine Aussage treffen. Wie in Kapitel 6.6 beschrieben, hat eine Person bereits mit der Collector-App gearbeitet. Dabei werden analog zum System, welches in dieser Bachelorarbeit untersucht wird, Markierungen gesetzt, die mittels GPS-Signal

aufgesucht werden. Sowohl bei dem Verfahren mit der Collector-App als auch mit dem System von NetwakeVision werden laut Experten die Markierungen in der Praxis zuverlässig aufgefunden.

Dies bestätigen auch die Daten aus der Versuchsreihe in Kapitel 6.4. Es konnten 49 von 50 Bäume beim Anlaufen identifiziert werden. Ein Stamm wurde aufgrund von zu hohem und undurchdringbarem Brombeerbewuchs nicht aufgefunden.

Aufgrund der hohen Trefferquote ist davon auszugehen, dass auch der letzte Baum hätte aufgefunden werden können, wäre das Anlaufen nicht durch dichten Brombeerbewuchs verhindert worden. Erschwerend kam dazu, dass manche Bäume bereits aufgearbeitet waren und nur noch der Wurzelstock zur Identifizierung vorhanden war. Dies bekräftigt die erste Hypothese. Dadurch kann auch die Forschungsfrage positiv beantwortet werden. Das digitale Verfahren ist bezogen auf die Genauigkeit am Fundort in der Praxis ausreichend treffsicher. Bei der Aufnahme wurde eine durchschnittliche GPS-Abweichung von 3,90 m ermittelt.

Frage 5

Ist die Usability des digitalen Schadh Holzmanagements für die Anwendung in der Praxis ausreichend?

- A) Die Usability des Verfahrensablaufs ist ausreichend.
- B) Die Usability der Software NetwakeVision ist verbesserungswürdig.
- C) Es besteht Schulungsbedarf.
- D) Anwender der Software NetwakeVision sind dazu bereit, Schulungen zu besuchen.
- E) Die Bedienung des Smartphones sorgt für Ablenkung am Arbeitsplatz.

Diese Forschungsfrage wurde ausschließlich anhand der Experteninterviews untersucht. Hierbei ist zu beachten, dass eine Person noch keine Erfahrung mit dem digitalen Verfahren und mit der Software NetwakeVision hat. Dementsprechend können nur die Hypothesen C und D von allen Befragten beurteilt werden. Hypothese E war nur Bestandteil der Befragung der Maschinenführer, weshalb zu dieser Hypothesenuntersuchung nur zwei Personen Aussagen treffen konnten. Aus der Auswertung der Interviews geht hervor, dass der Verfahrensablauf bei konsequenter Daten- und Informationsdokumentation als sehr effektiv wahrgenommen wird. Hypothese A kann bestätigt werden.

Für das digitale Sturmholzmonitoring ist der Umgang mit der Software NetwakeVision essentiell. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Expertenbefragungen auch dessen Usability abgefragt. Für diese Beurteilung muss in Web-Anwendung und App-Anwendung unterteilt werden. Es stellte sich heraus, dass die Web-Anwendung als sehr komplex empfunden wird, wodurch sich Hypothese B in diesem Fall bewahrheitet.

Die App-Anwendung hingegen wird nach einmaliger Einweisung als übersichtlich und einfach zu bedienen angesehen. Aus diesem Grund trifft Hypothese B für die Applikation nicht zu. Zusätzlich waren sich alle Befragten einig, dass Schulungen sowohl für die Backend- als auch für die Frontend-Anwendung sinnvoll sind. Für die Bedienung des Web-Portals werden intensive Schulungen benötigt, für die Applikation hingegen reicht eine Einweisung in deren Funktionsweise. Alle Experten waren dazu bereit, eine Schulung zu besuchen. Hypothese C und D sind demnach zutreffend.

Als Zwischenfazit kann die Forschungsfrage positiv beantwortet werden, da die Allgemeinheit der Befragten gut mit dem System zurechtkommen.

Die Aussage der letzten Hypothese wurde explizit mit dem Leitfaden für das Experteninterview mit den Forstunternehmern / Forstwirten untersucht. Das Ergebnis ist eine deutlich erhöhte On-Screen-Zeit, welche dem Smartphone-Nutzer angezeigt wird. Dies wird allerdings als Arbeitserleichterung verstanden, da diese Zeit auch sinnvoll genutzt werden kann. Dennoch liegt es an der eigenen Disziplin, ob zeitgleich soziale Medien wie Whatsapp oder Instagram geöffnet werden und für Ablenkung sorgen. Deshalb kann Hypothese E nicht allgemeingültig beantwortet werden, sondern muss individuell betrachtet werden.

Frage 6

Unter welchen Rahmenbedingungen ist die Anwendung dieses Systems noch sinnvoll?

- A) In montanen Gebieten wird das digitale Monitoring bevorzugt.
- B) Die digitale Datenaufnahme und -auswertung ist im belaubten Zustand nicht sinnvoll.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden die Experten dazu befragt, in welchen Situationen ein Monitoring mit der Drohne sinnvoll erscheint und unter welchen Bedingungen nicht. Es stellte sich heraus, dass Befliegungen in Bergregionen als sinnvoll angesehen werden, da das flächige Begehen durch steile Hänge und schlechte Erschließung der Bestände umständlich ist. Es bewahrheitet sich Hypothese A.

Die Befliegung nach dem Blattaustrieb wird vor allem in laubholzdominierten Beständen als nicht sinnvoll beschrieben. Zur Überprüfung letzterer Aussage wurde ein Bestand von etwa 50 Hektar im nicht belaubten und im belaubten Zustand beflogen. Mit dem Ergebnis, dass nur etwa 20 % der Sturmbäume im Vergleich zur Befliegung im unbelaubten Zustand gefunden werden. Hypothese B kann demnach auch bestätigt werden.

Frage 7

Sind Revierleiter, Forstunternehmer und Forstwirte bereit, auf das digitale Verfahren umzusteigen?

- A) Ein Großteil des befragten Personenkreises ist dazu bereit, auf das digitale System umzusteigen.
- B) Das digitale System wird als Arbeitsablässe eines Revierleiters aufgefasst.
- C) Die Analyse wird als Dienstleistung in Anspruch genommen.

Die Beantwortung der letzten Forschungsfrage und Überprüfung der entsprechenden Hypothesen erfolgt ausschließlich anhand der Experteninterviews. Daraus geht folgendes hervor:

Wenn Zeit und Kosten durch das digitale Verfahren eingespart werden können und sich der Aufwand für die Einarbeitung in dieses System in Grenzen hält, besteht die Bereitschaft umzusteigen. Vor dem Hintergrund, dass nur eine Person noch nicht Anwender des digitalen Monitorings ist, kann die erste Hypothese bestätigt und die Forschungsfrage positiv beantwortet werden.

Das Einsparen von Arbeitsschritten durch das digitale Verfahren wird laut Experteninterviews nicht als Arbeitsablässe eines Revierleiters verstanden. Die zur Verfügung stehende Zeit ist meist knapp bemessen und Arbeitersparnisse werden begrüßt.

Hypothese B kann deshalb im Rahmen der Interviews nicht bestätigt werden.

Die letzte Hypothese kann nicht eindeutig bestätigt oder verworfen werden. Dies liegt daran, dass ein Revierleiter die Auswertung der Befliegung selbst übernehmen will, der andere nicht. Je nach Wunsch des Försters kann die Analyse in der Dienstleistung inbegriffen sein oder exklusiv angeboten werden.

7.2 Ergebnisdiskussion

Die Daten des Ergebnisteils beziehen sich immer nur auf die Versuche, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführt wurden. Wohlwissend, dass in anderen Revieren andere Bedingungen herrschen, was vor allem zu einem unterschiedlichen Zeitaufwand führt.

Die Gegebenheiten für den Versuch des flächigen Begehens waren schwierig. Vorherrschend war ein dichter Bewuchs aus Naturverjüngung und Brombeefeldern, welche teilweise undurchdringbar waren. Hinzu kam ein anspruchsvolles Relief, was zusätzlich für eine niedrige Durchschnittsgeschwindigkeit von 1,5 km/h und somit einen hohen Zeitaufwand sorgte.

Um verschiedene Ausgangssituationen zu simulieren, wird in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt, wie sich unterschiedliche Geschwindigkeiten und Sichtweiten auf den jeweiligen Zeitbedarf pro Hektar, beziehungsweise auf die Kosten pro Hektar auswirken.

Beispielsweise benötigt man in ebenen Revieren unter idealen Bedingungen, bei einer Sichtweite von 30 m und einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit von 2,5 km/h vier Minuten pro Hektar für das terrestrische Begehen. Die Kosten pro Hektar belaufen sich bei einem Stundenlohn eines Revierleiters von 66,43 € auf 4,41€. Dies entspricht trotz guter Sichtweite und zügigem Begehen in etwa den doppelten Kosten des digitalen Sturmholzmonitorings.

Tabelle 6: Variationen Zeitaufwand pro Hektar (eigene Darstellung)

		Sichtweite in m					
		5	10	15	20	25	30
Laufgeschwindigkeit in km/h	1	60,0 min	30,0 min	20,0 min	15,0 min	12,0 min	10,0 min
	1,5	40,0 min	20,0 min	13,3 min	10,0 min	8,0 min	6,6 min
	2	30,0 min	15,0 min	10,0 min	7,5 min	6,0 min	5,0 min
	2,5	24,0 min	12,0 min	8,0 min	6,0 min	4,8 min	4,0 min
	3	20,0 min	10,0 min	6,7 min	5,0 min	4,0 min	3,3 min

Tabelle 7: Variationen Kosten pro Hektar (eigene Darstellung)

		Sichtweite in m					
		5	10	15	20	25	30
Laufgeschwindigkeit in km/h	1	66,43 €	33,22 €	22,12 €	16,61 €	13,29 €	11,03 €
	1,5	44,29 €	22,14 €	14,75 €	11,07 €	8,86 €	7,35 €
	2	33,22 €	16,61 €	11,06 €	8,30 €	6,64 €	5,51 €
	2,5	26,57 €	13,29 €	8,85 €	6,64 €	5,31 €	4,41 €
	3	22,14 €	11,07 €	7,37 €	5,54 €	4,43 €	3,68 €

Im Zuge der Zeiterfassung und des damit entstehenden Zeitaufwandes müssen auch weitere variable Einflussgrößen des digitalen Verfahrens erwähnt werden.

Zum Beispiel ist die zum Rendern oder Hochladen der Daten in NetwakeVision benötigte Zeit stark von der Leistung des Laptops / PCs abhängig. Generell sollte dabei die Verwendung von Computern favorisiert werden, da diese in der Regel leistungsfähiger sind. Für die Zeiterfassung in dieser Arbeit wurde mit einem Laptop gearbeitet (Beschreibung siehe Kapitel 4.1). Eine andere Einflussgröße ist das Wetter beim Fliegen mit der Drohne. Herrschen dabei etwa schwierige Windbedingungen, wird für die Befliegung länger benötigt als bei windstillen Verhältnissen.

Zusätzlich muss das Folgende für die Beurteilung der erfassten Zeiten beachtet werden: Für die Berechnung des Zeitbedarfs wird zuerst die Strecke pro Hektar ermittelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Laufweg gerade ist. Dies ist in einem Waldbestand jedoch in den seltensten Fällen möglich. Um dies abzubilden wurde ein Teil des flächigen Begehens mittels Trackingfunktion aufgezeichnet (siehe Abbildung 22). Demnach muss je nach Bestand ein Mehr an Laufweg berücksichtigt werden.



Abbildung 22: Laufwege, aufgezeichnet durch Trackingfunktion (eigene Darstellung)

Ein wesentlicher Bestandteil bei der Bewertung, ob das digitale Verfahren effektiv ist, ist die Frage, ob viele Stämme gefunden werden, die nicht aufarbeitungswürdig sind. Aus den Ergebnissen ist erkennbar, dass sich etwa 6 % der Bäume in einem nicht aufarbeitungswürdigen Zustand befinden. Ob es sich dabei um einen hohen oder niedrigen Wert handelt, liegt im Auge des Betrachters. Dennoch kann gesagt werden, dass mit jeder weiteren Analyse das Auge geschult wird. Dies ermöglicht eine bessere Beurteilung der

Qualität des Schadholzes am Laptop. Werden zusätzlich die gefundenen Stämme stichprobenartig im Bestand überprüft, lässt sich dieser Wert zusätzlich senken. Das Gleiche ist bei der Problematik mit Käferbäumen und Lärchen zu erwähnen. In einem der Experteninterviews wurde moniert, dass es nicht möglich sei, im Winter Lärchen von alten Käferbäumen zu unterscheiden. Zwei vergleichende Überfliegungen (außerhalb dieser Arbeit) Anfang des Jahres und im Juni, nachdem Nadelaustrieb der Lärchen, machten einen Vergleich möglich. Mit dem Ergebnis, dass Käferbäume von nicht benadelten Lärchen unterschieden werden können.

Um die Frage zu klären, ob sich eine Befliegung im belaubten Zustand lohnt, wurde wie in Kapitel 5.3.4 beschrieben, eine Fläche zu unterschiedlichen Zeiten befliegen. Die erste Befliegung fand im März 2021 statt, der Vergleichsflug Ende Juni des gleichen Jahres. Im Zeitraum zwischen den Aufnahmen ereigneten sich zwei stärkere Stürme, was zu zusätzlichen Windwürfen auf der Fläche führte. Diese konnten allerdings bei der ersten Auswertung nicht mit aufgenommen werden. Dementsprechend wurden auf den ersten Blick bei der Analyse des belaubten Zustandes wider Erwarten mehr, beziehungsweise auch an anderen Stellen Sturmbäume gefunden.

Im Rahmen der Auswertung des Versuches wurde davon ausgegangen, dass im unbelaubten Zustand mehr Sturmholz gefunden wird. Alle Markierungen der ersten Befliegung entsprechen somit 100 %. Bei lokalisierten Bäumen der zweiten Befliegung, die sich nicht in der Nähe einer Markierung der ersten Auswertung befinden, wurde deshalb davon ausgegangen, dass diese bei den Sturmereignissen zwischen den zwei Aufnahmen gefallen sind. Aus diesem Grund wurden diese nicht beachtet.

Gleiches ist bei den Ergebnissen bezüglich der Anzahl gefundener Sturmbäume in Kapitel 6.3 zu beachten. Zusätzlich dazu muss bei den Ergebnissen in diesem Kapitel die jeweilige Bestandesstruktur berücksichtigt werden, um Aussagen über das Auffinden von Sturmbäumen im terrestrischen Verfahren treffen zu können. Die Anzahl ist dabei stark davon abhängig, ob sich im Bestand viele dichte Naturverjüngungsflächen befinden, oder ob schwierige Geländeverhältnisse vorherrschend sind. Tendenziell findet man bei einem hohen Anteil an Naturverjüngungsflächen und schwierigen Reliefsituationen mehr Sturmholz aus der Luft mit der Drohne. Die Versuchsbestände waren geprägt von dichtem Unterbewuchs und schwer begehbarem Gelände. Dies erklärt zum Teil den geringeren Anteil an Sturmholz, der beim terrestrischen Erfassen gefunden wurde.

Dennoch muss beachtet werden, dass im Rahmen der Arbeit die Flächen konsequent flächig begangen wurden. Auch Bereiche mit dichtem Bewuchs wurden schematisch bearbeitet. Vergleicht man das mit der gängigen Praxis, in der solche Flächen weniger begangen werden,

ist das Verfahren der Aufnahme in dieser Arbeit effizienter. Mit dem Ergebnis, dass in der gängigen Praxis vermutlich noch weniger Sturmbäume gefunden werden.

7.3 Methodendiskussion

Beim Definieren des Ablaufs für das terrestrische Verfahren (siehe Kapitel 5.2.1 & 5.2.2) wurde in dieser Arbeit ein Verfahren gewählt, welches durch das Experteninterview mit Markus Bertele beschrieben wurde. In dem Bewusstsein, dass einige Revierleiter einen unterschiedlichen Prozess zum Sturmholzmanagement verfolgen, wurde davon ausgegangen, dass der hier beschriebene Ablauf der guten fachlichen Praxis entspricht und die Mehrheit abbildet. Aus diesem Grund ist nicht bei allen Förstern, beziehungsweise Revieren die Vergleichbarkeit vollkommen gegeben.

Im Zuge der Methodendiskussion sollte auch der Umfang der Experteninterviews beleuchtet werden. Es wurden vier Experten zu ausgewählten Themenbereichen befragt. Ein allgemeiner Richtwert für Bachelorarbeiten ist fünf bis acht Personen. Zu Beginn der Bachelorarbeit waren deshalb fünf Experteninterviews geplant. Aufgrund von terminlichen Schwierigkeiten konnte das fünfte Interview im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden.

Ergänzend dazu wurde nur im Interview der Forstwirte / Maschinenführern die Frage gestellt, ob das Smartphone eine Ablenkung im Arbeitsalltag darstellt. Im Nachhinein betrachtet hätte diese Frage auch Gegenstand der Befragung der Revierleiter sein können, da diese durch das Nutzen der App NetwakeVision ebenfalls davon betroffen sind. Eine umfassendere Auswertung der Hypothese E der Forschungsfrage 5 wäre somit möglich gewesen.

Dennoch waren die Experteninterviews allgemein betrachtet ein zielführendes Instrument.

Eine weitere Methode dieser Bachelorarbeit war eine Reihe von Versuchen, die praktisch durchgeführt wurden. Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Personen, welche die Aufnahmen hätten generieren können, wurden die Versuche eigenverantwortlich durchgeführt. Dadurch könnte der Eindruck entstehen, dass zielorientiert für das eine oder andere Verfahren des Sturmholzmonitorings gehandelt wurde. Um Missverständnissen für etwaige anschließende Versuche zu diesem Thema vorzubeugen, wird jedoch empfohlen, die Versuche mit Personen durchzuführen, die kein unmittelbares Interesse am Ergebnis verfolgen.

Dessen ungeachtet, kann abschließend gesagt werden, dass die Versuche eine sinnvolle Methode waren, um diese Arbeit zu unterstützen.

8 Ausblick

Zum Schluss dieser Arbeit soll dem Leser ein prospektivischer Blick auf die Digitalisierung in der Forstwirtschaft gegeben werden. Dazu werden zuerst Vorschläge zur Verbesserung des digitalen Schadh Holzmonitorings vorgestellt. Diese werden sowohl aus den Erkenntnissen der Experteninterviews bezogen als auch aus den Auffälligkeiten während der Datenaufnahme.

Vorrangig wird dabei auf den Umgang mit NetwakeVision eingegangen, da es sich dabei um eine Software handelt, die als Unterstützung von digitalen Prozessen verwendet werden kann. Der zweite Teil dieses Kapitels befasst sich mit Möglichkeiten der Software NetwakeVision, die in Zukunft zusätzlich denkbar sind. Unterteilt wird dies in forstliche und nichtforstliche Anwendungsfelder.

Abschließend werden Voraussetzungen beschrieben, die nötig sind, um die Digitalisierung mit all ihrem Benefit vollständig in die Forstwirtschaft zu integrieren.

8.1 Verbesserungsvorschläge

Bereits in der Diskussion wurden Elemente erwähnt, welche für einen reibungslosen und komfortableren Ablauf des digitalen Prozesses überarbeitet werden sollten. Dabei geht es hauptsächlich um den Bereich der Usability, die durch einen geringen Programmieraufwand verbessert werden können.

Werden beispielsweise im Webportal zeitgleich mehrere POIs geöffnet, ist das Interface unübersichtlich und das Feld der Kartenansicht wird verhältnismäßig klein dargestellt. Eine Schaltfläche, um einen POI zu minimieren, ohne ihn direkt zu schließen würde diesem Problem entgegenwirken. Gleiches ist beim Umgang mit der Vermessungsfunktion von NetwakeVision im Webportal zu erwähnen. Momentan ist eine Vermessung von Flächen und Strecken zwar möglich, dennoch ist diese nicht intuitiv und kann von ungeschulten Anwendern nur schwer bedient werden. Vermessungen mit der App hingegen sind komfortabel und einfach gestaltet. Ein weiterer Punkt ist der Upload von Daten in die Webanwendung. Werden gerenderte Luftbilder in das System eingepflegt, geschieht dies über ein Upload-Portal. Sollen allerdings Koordinaten aus DJI Terra in NetwakeVision hochgeladen werden, ist dies nur durch die Anwendung „cURL“ möglich, was nur eine vorübergehende Kompromisslösung darstellen kann. Für einen komfortablen und einfachen Upload wird ein weiteres Upload-Portal für Koordinaten benötigt.

Positiv an dieser Stelle sei erwähnt, dass Daten aus NetwakeVision in andere GIS-Systeme (z.B. QGIS, ArcGIS) übertragen werden können. Dies schafft eine Schnittstelle und ermöglicht die Konfiguration eines dualen und individuell angepassten Systems.

Bei der Appanwendung von NetwakeVision sind während der Datenaufnahme mit dem Smartphone Details aufgefallen, die einem unbeschwerten Einsatz im Wald entgegenwirken können. So wäre es zum Beispiel nützlich, die Nord-Süd-Ausrichtung der Karte individuell bewegen zu können. Dies erleichtert die Orientierung gerade in unübersichtlichen Beständen. Nicht zu vernachlässigen ist außerdem der hohe Akkuverbrauch beim Benutzen der App. Bei Geräten mit schwachen Akkus kann dies zum Problem werden. Durch einen externen Akku kann dieser Umstand allerdings kompensiert werden. Jedoch steigt dadurch der Umfang der Ausrüstung, die ein Revierleiter mit in den Bestand nehmen muss.

Während der Experteninterviews mit den Maschinenführern ergab sich auch der Wunsch eines Indikators für den Hiebsfortschritt pro Auftrag. Je nachdem ob das Holz gefällt, gerückt oder abtransportiert ist, sollte der Auftrag in einer anderen Farbe erscheinen. Dies ist mit den Funktionen von NetwakeVision möglich und wird momentan bearbeitet.

Zusätzlich wurde erwähnt, dass es nützlich wäre, die Appansicht von NetwakeVision auf dem Bordcomputer des Forwarders zu integrieren. Dadurch muss das Smartphone oder Tablet nicht separat bedient werden.

Ein letzter Ansatz zur Verbesserung befasst sich mit der Gestaltung der POIs. Dazu sollten diese nur die für den Prozessteilnehmer nötigen Informationen enthalten, um die Auftragsansicht übersichtlich zu gestalten.

8.2 Weitere Anwendungsfelder

Ein essentielles Instrument für die Betriebsplanung und -führung in der Forstwirtschaft ist die Forsteinrichtung. Dazu werden einmal pro Dekade alle Bestände, deren Entwicklungstand und Maßnahmen zu ihrer Bewirtschaftung erfasst und dokumentiert. Dies nimmt viel Zeit in Anspruch, da jeder Bestand terrestrisch begangen und einzeln beurteilt wird. Um diesen enormen Zeitaufwand zu kompensieren ist es denkbar, Reviere mittels Drohne zu befliegen und über das Luftbild Waldbestände zu erfassen. In Abstimmung mit der vorherigen Forsteinrichtung können die Bestände neu beurteilt und für die folgenden zehn Jahre beplant werden. Die erhobenen Daten werden anschließend in NetwakeVision in Form von digitalen Betriebskarten dokumentiert und dargestellt. Eine mögliche Darstellungsform in NetwakeVision wird in Abbildung 23 gezeigt. Hier werden verschiedene Farben und Muster einem bestimmten Behandlungstyp zugeordnet.

Ein weiterer kritisch zu betrachtender Punkt der herkömmlichen Forsteinrichtung ist die mangelnde Aktualität. Speziell bei jungen Beständen mit hoher Wuchsdynamik wären Zustandserfassungen in einem kürzeren Turnus sinnvoll. Angesichts des geringeren Zeitaufwandes durch das Befliegen mit der Drohne könnte die Forsteinrichtung mit vergleichsweise niedrigen Kosten (ca. 2 € pro Hektar) erstellt werden. Infolgedessen wäre eine Aufnahme der Bestände in kürzeren Abständen möglich.

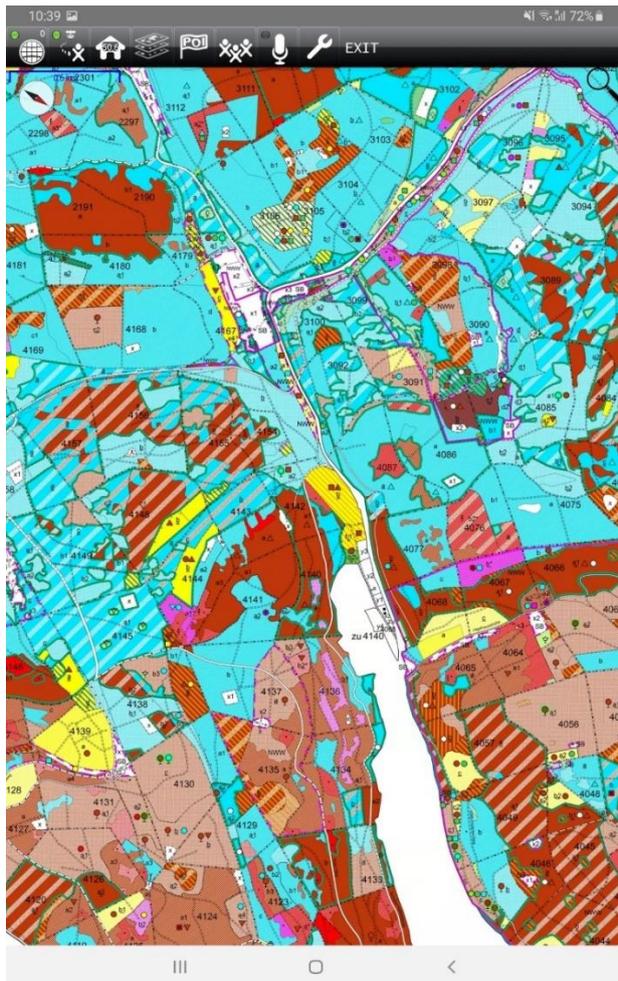


Abbildung 23: digitale Betriebskarte (eigene Darstellung)

Auf die digitale Forsteinrichtung aufbauend kann das Programm NetwakeVision für Objekt- und Flächenmanagement eingesetzt werden. Beispielsweise können jagdliche Einrichtungen dauerhaft erfasst und dokumentiert werden. Bei Drückjagden könnten so Hochsitzanweisungen über die App erfolgen. Der Jagende wird durch die Navigationsfunktion direkt an den zugewiesenen Hochsitz geführt. Aber auch die jährlich durchzuführende Hochsitzkontrolle kann durch spezielle Erfassungsformulare simplifiziert werden.

Ein zusätzliches Einsatzgebiet der Drohne und die anschließende Dokumentation ist die Baumkontrolle. Für einen Baumkontrolleur ist der Kronenbereich eines Baumes oftmals nicht ersichtlich, wodurch keine präzise Beurteilung der Gefahren vorgenommen werden kann. Gerade in Bereichen mit erhöhtem Sicherheitsbedarf kann dies fatale Folgen haben. Zusätzlich wichtige Informationen wie zum Beispiel Baumhöhe oder Windangriffsfläche, bzw. Masse der Krone werden in der Regel nur geschätzt. Durch einen Inspektionsflug und anschließender Analyse können diese Informationen genau berechnet werden, sodass die

Stand- und Bruchsicherheit eines Baumes in Kombination mit einem Zugversuch bestmöglich beurteilt werden kann.

Diese Sicherheitsüberprüfungen lassen sich auch auf andere Bereiche übertragen. Seit Ende des Jahres 2020 erforscht ein Projekt in Kooperation mit der Straßenbauverwaltung Bodenseekreis die Inspektion von Felswänden. Anhand einer Drohnenbefliegung einer Felswand wird eine Punktwolke erzeugt und daraus ein 3D-Modell erstellt. Eine erste Inspektion der Felswand ist dann anhand dieses Modells und den aufgenommenen Luftbildern möglich. Bei einer erneuten Befliegung wird eine zweite Punktwolke generiert. Diese kann anschließend durch eine Software mit der ersten Punktwolke verglichen werden. Veränderungen werden erkannt und angezeigt. Sie entsprechen in diesem Fall einer möglichen sicherheitsrelevanten Unregelmäßigkeit an der Felswand. Nun können gezielt Maßnahmen getroffen und die Sicherheit hergestellt werden, ohne dass im Voraus ein Hubsteiger- oder Klettereinsatz nötig ist.

Ein weiteres Projekt untersucht Möglichkeiten in Bezug auf Bau- und Stadtplanung. Dafür werden Baugebiete mit der Drohne überflogen und anschließend ein 3D-Modell erstellt. Innerhalb dieses Modells können zum Beispiel Volumina eines Baufeldes berechnet werden, um einen Masseausgleich zu kalkulieren.

Dieses Kapitel verdeutlicht, dass sich nicht nur in Zukunft, sondern auch bereits aktuell durch die Unterstützung von Drohnenbefliegungen in Kombination mit der passenden Schnittstelle zur Datenverarbeitung einige aufwändige Arbeitsschritte einsparen lassen. Hinzu kommt die Unterstützung und Komplementierung von Sicherheitsgutachten. Aufgrund der Novität dieser digitalen Arbeitsverfahren werden sich in Zukunft noch weitere (forstliche) Anwendungsbereiche ergeben.

8.3 Voraussetzungen für eine digitalisierte Forstwirtschaft

Um die Vorteile der Digitalisierung in der Forstwirtschaft vollkommen nutzen zu können, müssen in der Zukunft bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Einige dieser Aspekte werden im Folgenden beleuchtet.

Wie schon in der Einleitung dieser Arbeit angesprochen, sind oft hohe Ausschreibungsanforderungen und die Trägheit der Staatsverwaltungen, die durch aufwändige Verwaltungsverfahren entstehen, eine bedeutende Markteintrittsbarriere für kleinere Unternehmen mit fortschrittlicher Technik. Da das Gebiet der Digitalisierung im Forst noch nicht weit vorangeschritten ist, wäre es förderlich, wenn gerade im Staatswald etwaige Betriebe die Möglichkeit erhalten, neue und innovative Verfahren zu testen und weiterzuentwickeln. Generell sollte die Digitalisierung in der Forstwirtschaft als Chance wahrgenommen werden. Deshalb sind Akteure, welche digitalisierte Strukturen im Forst etablieren wollen, in der Verantwortung, Aufklärungsarbeit zu leisten und für Verständnis für dieses Thema zu werben.

Hinzu kommen kostspielige Anschaffungen, die für digitale Prozesse notwendig sind, dies gilt insbesondere im Bereich des Drohnenmonitorings. Gezielte Förderungen können die Etablierung digitaler Prozesse unterstützen.

Eine weitere Voraussetzung für eine digitalisierte Forstwirtschaft ist die Anwenderfreundlichkeit. Digitale Prozesse sollten einfach zu bedienen sein und so simpel wie möglich in bestehende Strukturen integriert werden können, um die herkömmlichen Prozesse effizienter zu gestalten. Damit verbunden ist ein funktionierender Support für Kunden. Speziell bei der Einarbeitung in digitale Prozesse tauchen wiederholt Fragen auf, die schnellstmöglich zu klären sind.

Ebenso sollten Elemente der Digitalisierung in die Ausbildung von forstlichem Personal integriert werden. Das frühzeitige Auseinandersetzen mit digitalen Strukturen und Anwendungen ermöglicht eine schnelle digitale Entwicklung.

Ein zusätzlich essenzieller Punkt ist die Internetabdeckung in Deutschland. Digitale Prozesse ohne Verzögerung funktionieren zurzeit nur mit ausreichender Internetverbindung. Doch in einigen Teilen Deutschlands ist dies noch nicht gegeben. Ein Ausbau der Funknetze würde die Digitalisierung nicht nur den forstlichen Bereich unterstützen und beschleunigen.

Abschließend soll erwähnt werden, dass im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein einzelner digitaler Prozess untersucht wurde, der in der Forstwirtschaft etabliert werden kann. Doch wie beispielsweise Abschlussarbeiten von Krepela (KREPELA, 2019) und Bertsch (BERTSCH, 2020) belegen, sind bereits weitere digitale Einzelprozesse in der Praxis anwendbar. Diese sollten in einer übergreifenden Prozesskette zusammengeführt werden, um das Potenzial solch einzelner digitalen Prozesse bestmöglich auszuschöpfen.

9 Literaturverzeichnis

- BERTSCH, J. (2020): GNSS-gestützte, digital eingelegte Rückegassen in der Erstdurchforstung: Die Formulierung eines möglichen Standardablaufes mit der Planungssoftware "NetwakeVision".
- BOGNER, A., B. LITTIG und W. MENZ (2009): Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung, VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (2021): § 43 LuftVG - Einzelnorm. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/luftvg/__43.html. (abgerufen am: 5.6.2021).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2021): BMVI - Zum Jahreswechsel gelten neue EU-Regelungen für Drohnen. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LF/drohnen.html>. (abgerufen am: 5.6.2021).
- DALTON, C. C. und L. N. GOTTLIEB: The concept of readiness to change, 108–117.
- DIEING, D., J. DIEING und M. WINGARTZ (2021): HOME - Dieings. URL: <https://dieings.de/>. (abgerufen am: 18.6.2021).
- DJI OFFICIAL (2021): DJI Terra - Produktinformationen - DJI. URL: <https://www.dji.com/de/dji-terra/info#faq>. (abgerufen am: 9.6.2021).
- DJI TERRA: DJI Phantom 4 RTK. URL: <https://www.dji.com/de/phantom-4-rtk>. (abgerufen am: 7.5.2021).
- DJI TERRA: DJI Phantom 4 RTK Datenblatt. URL: <https://www.dji.com/de/phantom-4-rtk/info>. (abgerufen am: 7.5.2021).
- DPH-Drohenschule (2021). URL: <https://onlinekurs.dph-drohenschule.de/courses/take/onlinekurs-fur-das-eu-fernpiloten-zeugnis-a2/lessons/19696640-funktionen-im-langsam-flug-modus>. (abgerufen am: 27.5.2021).
- ESRI (2020): Collector for ArcGIS: Datenerfassung im Außendienst. URL: <https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/collector-for-arcgis/overview>. (abgerufen am: 4.8.2021).
- FIELITZ, U. (2016): Gimbal - Begriff: Technik zur Stabilisierung von Drohnen Kameras. URL: <http://www.drohne.com/gimbal>. (abgerufen am: 30.5.2021).

- HUSS, J. (2014): Schreiben und Präsentieren in den angewandten Naturwissenschaften: Ein Leitfaden, Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter.
- KREPELA, F. (2019): GNSS-gestütztes, digitales Einlegen von Rückegassen in einen Erstdurchforstungsbestand: Eine Machbarkeitsstudie mit der digitalen Planungssoftware "NetwakeVision".
- LANDRATSAMT BODENSEEKRIS (2020): Entgeltordnung für den Bodenseekreis: für die Übernahme von Betreuungstätigkeiten im Körperschafts- und Privatwald. (abgerufen am: 19.7.2021).
- LIEBOLD, R. und R. TRINCZEK (2009): Experteninterview, Springer.
- LIPINSKI, K., H. LACKNER, O. P. LAUÉ, G. KAFKA, A. NIEMANN, E. RAASCH, B. SCHOON und A. RADONIC (2018): BMS (battery management system). URL: <https://www.itwissen.info/BMS-battery-management-system-Batteriemanagementsystem.html>. (abgerufen am: 26.5.2021).
- LIPP, T. W. (1997): Grafikformate: Aufbau und Programmierung aller wichtigen Grafikformate und sofort einsetzbare Bibliotheken unter Windows 95 und Windows NT, Microsoft Press, Unterschleißheim.
- MARTIN, D.-G. C. und D.-G. M. EIBLMAIER: Georeferenzierung. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/georeferenzierung/5724>. (abgerufen am: 9.5.2021).
- MEUSER, M. und U. NAGEL (2009): Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion: Theorien, Methoden, Anwendungsfelder, VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- MÖLLER, A. (noch nicht veröffentlicht): Vergleich der Erfassung von Schadflächen mit NetwakeVision aus Luftbildern oder vor Ort im Unterschied zur herkömmlichen Methode.
- MÖNCHHOFF, D. und C. WESTPHAL (2021): EU Drohnenverordnung 2021. URL: <https://www.drohnen.de/20336/drohnen-gesetze-eu/>. (abgerufen am: 5.6.2021).
- NETWAKE GMBH (2021a): Bedienungsanleitung_POI_Mobiler_Zugang.
- NETWAKE GMBH (2021b): Bedienungsanleitung_Webportal.
- NETWAKE GMBH (2021c): Mobiles, hochpräzises GPS-Modul mit RTK Technologie. URL: www.netwakevision.com. (abgerufen am: 22.7.2021).
- NETWAKE GMBH (2021d): NetwakeVision-RoyalFix-UserGuide.

- REGIERUNGSPRÄSIDIEN BADEN-WÜRTTEMBERG (2021): Luftverkehr und Luftsicherheit - Regierungspräsidien Baden-Württemberg. URL: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/verkehr/luft/>. (abgerufen am: 5.6.2021).
- RICCI, C. (2020): Die Corona-Pandemie als Digitalisierungsbooster. URL: <https://blog.iao.fraunhofer.de/die-corona-pandemie-als-digitalisierungsbooster/>. (abgerufen am: 8.4.2021).
- SCHMEITZNER, B. (2021): Bäume im Dauerstress: Waldsterben in Deutschland. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/kommentar-waldzustand-101.html>. (abgerufen am: 8.4.2021).
- SCHÖNBERG, J. (2019): Volocopter stellt neue Schwerlastdrohne VoloDrone vor. URL: <https://www.drones-magazin.de/news/future-technology/>. (abgerufen am: 5.6.2021).
- STENBERG, D. (2015): Everything curl.
- STEPHANIE KERGER (2021): Umfrage unter Revierleitern. URL: <https://www.survio.com/survey/d/T5A4A7P0Z3Q9S9R1D>. (abgerufen am: 7.6.2021).
- WAGNER, J. (2021): Genauigkeiten von vier verschiedenen GNSS-Systemen bei unterschiedlichen Überschirmungsbedingungen.

9.1 mündliche Quellen

- WINGARTZ, M. (18.5.2021): Experteninterview Revierleiter. Interview mit Martin Roth. Ittendorf.
- WINGARTZ, M. (2.6.2021): Experteninterview Revierleiter. Interview mit Markus Bertele. Isny im Allgäu.
- WINGARTZ, M. (23.6.2021): Experteninterview Forstwirte / Unternehmer. Interview mit Matthias Wieland. Lindenholz am Bodensee.
- WINGARTZ, M. (6.7.2021): Experteninterview Forstwirte / Unternehmer. Interview mit Manuel Dieing. Meckenbeuren.

Anhang

Anhang 01 Interviewleitfaden Revierleiter

I Ausgangssituation

1. Bitte beschreiben Sie die Ausgangslage in ihrem Revier (Lage, Höhenstufe, Baumartenzusammensetzung, Besonderheiten, etc.)

II Verfahrensablauf beim Schadholzmonitoring

1. Bitte geben Sie eine kurze Beschreibung, wie in ihrem Betrieb das Schadholzmonitoring (Windwürfe) abläuft.
2. Gibt es bereits digitale Berührungspunkte beim Schadholzmonitoring. Wenn ja, welche?

III Einschätzung/ Bewertung der Software/ des digitalen Schadholzmanagements

Hier gilt es zu beachten, dass manche Interviewte bereits Kenntnisse haben, andere nicht.

1. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich des Kostenfaktors ein?
2. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich des Zeitfaktors ein?
3. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich der Usability ein?
 - a. Bezogen auf die Software
 - b. Bezogen auf den Verfahrensablauf
 - c. Verbesserungsvorschläge (sowohl Software als auch digitaler Ablauf)
4. Analyse
 - a. Welche Genauigkeit beim Auffinden des Schadholzes ist ihrer Meinung nach ausreichend, um in der Praxis Anwendung zu finden? (Angabe in cm/m)
 - b. Würden Sie die Analyse am Computer als Dienstleistung in Anspruch nehmen? Wenn ja, aus welchen Gründen?
5. In welchen Situationen sehen sie einen Vorteil des digitalen Systems? (Flächengröße, Geländebedingungen, etc.)

6. Welche Situationen können Sie sich vorstellen, in denen das System nicht funktioniert?
7. Mit welchem Verfahren wird ihrer Einschätzung nach mehr Schadholz gefunden?
8. Beschreiben Sie bitte den Zustand von Holz, indem es für Sie nicht mehr aufarbeitungswürdig ist

IV Schulungsbedarf

1. Wie schätzen Sie Ihren allgemeinen Wissensstand mit digitalen Methoden ein? (Skala 1 bis 10)
2. Sie haben bereits einen kurzen Einblick in die Software NetwakeVision erhalten, bzw. nutzen diese bereits. Bräuchten Sie für die Anwendung des digitalen Systems eine Schulung/ weitere Informationen? Wenn ja, in welchen Bereichen?
3. Wären Sie bereit, eine Schulung zu besuchen?

V Readiness

1. Was würde Sie daran reizen das System umzustellen/ wo sehen Sie die Vorteile?
2. Was sind Hemmnisse oder Barrieren, die Sie daran hindern würden, das System umzustellen?
3. Was würde Ihnen den Umstieg auf ein digitales System erleichtern? Was bräuchten Sie dafür?
4. Bei ursprünglicher Methode können Sie eigenständig und flexibel mit der Sturmholzsuche beginnen. Welche Probleme sehen Sie, wenn sie einen Dienstleister diesbezüglich einsetzen würden? Ist es für Sie von Nachteil, eine vorgeschaltete Dienstleistung in Form von Drohnenbefliegung in Anspruch zu nehmen? (Angewiesen auf Kapazität des Dienstleisters)
5. In welchem Zeitraum müsste der Dienstleister für Sie zur Verfügung stehen?
6. Würden Sie auf das digitale System umsteigen?

VI Ausblick

1. Sehen Sie diese Art von Aufarbeitung als Bedrohung ihres Arbeitsplatzes oder als Erleichterung?
2. Welche potenziellen weiteren Anwendungsfelder fallen Ihnen für NetwakeVision für die Zukunft noch ein?
3. Welche weiteren Funktionen wären sinnvoll?
 - a. für das Schadholzmanagement
 - b. für weitere potenzielle Anwendungsfälle

Anhang 02 Interviewleitfaden Forstwirte/ Unternehmer

I Verfahrensablauf beim Schadholzmonitoring

1. Bitte geben Sie eine kurze Beschreibung, wie in ihrem Betrieb das Schadholzmonitoring (Windwürfe) abläuft.
2. Gibt es bereits digitale Berührungspunkte beim Schadholzmonitoring. Wenn ja, welche?

II Einschätzung/ Bewertung der Software/ des digitalen Schadholzmanagements

Hier gilt es zu beachten, dass manche Interviewte bereits Kenntnisse haben, andere nicht.

1. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich des Kostenfaktors ein?
2. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich des Zeitfaktors ein?
3. Wie schätzen Sie die Software bzw. das digitale Verfahren für das Schadholzmanagement hinsichtlich der Usability ein?
 - a. Bezogen auf die Software
 - b. Bezogen auf den Verfahrensablauf
 - c. Verbesserungsvorschläge (sowohl Software als auch digitaler Ablauf)
4. Hat für Sie die vermehrte Nutzung mobiler Endgeräte während der Arbeitszeit bestimmte Auswirkungen? Wenn Ja, welche? (Bsp. Ablenkung durch soziale Medien, Zeitlich, Sicherheitstechnisch, etc.)
5. In welchen Situationen sehen sie einen Vorteil des digitalen Systems? (Flächengröße, Geländebedingungen, etc.)
6. Welche Situationen können Sie sich vorstellen, in denen das System nicht funktioniert?
7. Mit welchem Verfahren wird ihrer Einschätzung nach mehr Schadholz gefunden?
8. Beschreiben Sie bitte den Zustand von Holz, indem es für Sie nicht mehr aufarbeitungswürdig ist

III Schulungsbedarf

1. Wie schätzen Sie Ihren allgemeinen Wissensstand mit digitalen Methoden ein?
(Skala 1 bis 10)
2. Sie haben bereits einen kurzen Einblick in die Software NetwakeVision erhalten, bzw. nutzen diese bereits. Bräuchten Sie für die Anwendung des digitalen Systems eine Schulung/ weitere Informationen? Wenn ja, in welchen Bereichen?
3. Wären Sie bereit, eine Schulung zu besuchen?

IV Ausblick

1. Welche potenziellen weiteren Anwendungsfelder fallen Ihnen für NetwakeVision für die Zukunft noch ein?
2. Welche weiteren Funktionen wären sinnvoll?
 - a. für das Schadholzmanagement
 - b. für weitere potenzielle Anwendungsfälle

Anhang 03 Technische Daten RoyalFix

Hersteller	NetwakeVision
Abmessung	200 x 165 36 mm
Gewicht	350g
Staub und Wasserdicht	IP53 Sprühwasser
Temperaturbereich	-30°C bis +60°C
Kommunikation	Bluetooth BLE V5 (V4.x kompatibel) Bis zu 150m Distanz zum Smartphone
GNSS Ortung	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo Bänder L1 / L2C / E5b; RTK
Genauigkeit FIX	10 mm CEP
Genauigkeit FLOAT	ca. 40 cm CEP
Genauigkeit offline	ca. 1,5 m CEP
Kapazität	2800 mAh, 17 Stunden
Laden Qi Wireless	5W 6h
Integrierte Antenne	Aktiv L1/L2/E5
Android Voraussetzung	Android >= 8.0 und BLE >= 4.2

(NETWAKE GMBH, 2021c)

Anhang 04 Technische Daten RoyalBase

Hersteller	NetwakeVision
Abmessung	220 x 220 x 60 mm
Gewicht	660g
Staub und Wasserdicht	IP53 Sprühwasser
Temperaturbereich	-30°C bis +60°C
Kommunikation	LAN, LTE
GNSS Ortung	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo Bänder L1 / L2C / E5b; RTK
Genauigkeit FIX	ermöglicht 10 mm CEP
Externe Antenne	Aktiv L1/L2/E5

(NETWAKE GMBH, 2021c)

Anhang 05 Luftrecht Ergänzung

Weitere Betriebskategorien

Betriebskategorie "Speziell"

Diese Kategorie betrifft den Betrieb von Drohnen, welche nicht in die Kategorie „Offen“ und „Zulassungspflichtig“ fallen. Dies ist der Fall, wenn zum Beispiel ein UAS außerhalb der VLOS geflogen wird, die Startmasse von 25 kg überschritten wird oder Flüge höher als 120 m über dem Grund durchgeführt werden sollen. Für diese Situationen sind individuelle Ausnahmegenehmigungen nötig, welche bei der LLB beantragt werden können.

Als Erleichterung sollen Standard-Szenarien definiert werden, die einen Flug auch ohne Ausnahmegenehmigung ermöglichen (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021) und (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR, 2021).

Betriebskategorie "Zulassungspflichtig"

Die Betriebskategorie „Zulassungspflichtig“ bezieht sich auf den Betrieb von großen und schweren Drohnen. Das sind UAS, die für den Transport von Personen oder gefährlichen Gütern eingesetzt werden. Ein aktuelles Beispiel ist die von dem Unternehmen Volocopter entwickelte Schwerlastdrohne VoloDrone. Diese wurde auf der Messe Agritechnica in Hannover zusammen mit der Firma John Deere vorgestellt. Dabei handelt es sich um eine Drohne, die im Pflanzenschutz eingesetzt wird. Mit einer maximalen Tragkraft von 200 kg und einer Flächenleistung von 6 ha pro Stunde bietet sie einige Vorteile gegenüber der Ausbringung von PSM mittels Hubschrauber oder Flugzeug (SCHÖNBERG, 2019).

Um eine Genehmigung für diese Kategorie zu bekommen sind spezielle Zertifizierungsprozesse und Lizenzen erforderlich. Dies bezieht sich auf die Drohne selbst, den Drohnenpiloten und die Mannschaft, die an dem Einsatz beteiligt ist (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

Weitere Risikoklassen

Klasse C0:

In dieser Klasse befinden sich Drohnen mit einem Startgewicht von unter 250 g. Auch selbstgebaute Drohnen und Drohnen ohne Klassifizierung, welche ein Startgewicht von 250 g nicht überschreiten, sind dieser Kategorie untergeordnet.

Weitere Bedingungen sind die Erfüllung der Spielzeug-Sicherheitsrichtlinien oder eine maximale Geschwindigkeit von 19 m/s. Zusätzlich muss ein Höhenlimit einstellbar sein. Aus Sicherheitsgründen für Kinder dürfen keine scharfen Kanten am Luftfahrzeug abstehen.

Eine elektronische ID und eine automatische GEO-Flugbeschränkungsüberwachung sind nicht notwendig. Dennoch muss der Pilot die Gebrauchsanweisung gelesen haben und über eine gültige Haftpflichtversicherung verfügen. Ein EU-Drohnenführerschein ist nicht erforderlich.

Die Registrierung beim LBA als Drohnenpilot ist nur nötig, wenn die Drohne über eine Einrichtung verfügt, die akustische, optische oder Funksignale aufnehmen kann (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

Klasse C1:

Die Klasse beinhaltet Drohnen mit einer Bewegungsenergie von unter 80 J oder einer Startmasse von unter 900 g. Auch hier muss die Fluggeschwindigkeit auf 19 m/s limitiert sein. Gleich wie bei der vorherigen Kategorie muss ein Höhenlimit einstellbar sein und die Drohne darf keine scharfen Kanten besitzen.

Unterschiede zu Risikoklasse C0 sind zum Beispiel die Notwendigkeit eines Systems, das der GEO-Flugbeschränkungsüberwachung dient und ein weiteres System, welches zur Fernidentifizierung dient. Dies geschieht durch das permanente Senden der sogenannten e-ID (Registrierungsnummer des Drohnenpiloten).

In dieser Klassifizierung benötigt der Pilot zusätzlich zu dieser Ausrüstung einen EU-Kompetenznachweis (auch kleiner Drohnenführerschein genannt), welchen man durch ein Online-Training und eine Online-Prüfung erlangen kann. Auch hier ist eine gültige Haftpflichtversicherung Pflicht (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021).

Klassen C3 und C4:

Alle Drohnen, die ein Startgewicht von 25kg nicht überschreiten oder selbstgebaute Drohnen mit einem Abfluggewicht von über 250g werden in diesen Klassen behandelt.

Auch hier müssen eine Gebrauchsanweisung, eine Return-to-Home-Funktion, die automatische GEO Flugbeschränkungsüberwachung und ein System zur permanenten Fernidentifizierung vorhanden sein.

Zusätzlich dürfen Drohnen der Klasse C4 nicht im autonomen Flugmodus betrieben werden.

Das EU-Fernpiloten-Zeugnis (großer EU-Drohnenführerschein) ist nicht erforderlich (MÖNCHHOFF und WESTPHAL, 2021) und (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR, 2021).

Anhang 06 Audiotranskription

Eidesstattliche Erklärung

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

Moritz Wingartz
Sülchenstraße 38
D-72108 Rottenburg am Neckar

Rottenburg, den 06.08.2021
