

Beurteilung von Schwarzwildschäden in landwirtschaftlichen Kulturen mittels Luftaufnahmen im Gebiet Uelzen/Lüneburg (Niedersachsen)

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (M.Sc.)

im Rahmen des Studiums Wildtierökologie und Wildtiermanagement,

Universität für Bodenkultur Wien.

Verfasst als externe Arbeit am Institut für terrestrische und aquatische Wildtierforschung,
Tierärztliche Hochschule Hannover.

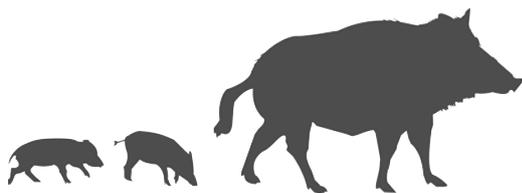


eingereicht von
Johannes Valentino Dax

Gutachter:
Dr. Oliver Keuling
Prof. Dr. Ursula Siebert

Hannover/Wien, April 2014

Einleitend ein Dank an jene Personen die einen Beitrag, bei der Erstellung dieser Arbeit, geleistet haben. Für die Betreuung und die Finanzierung der technischen Ausrüstung: Dr. Oliver Keuling, Prof. Dr. Ursula Siebert; für die inhaltliche und technische Unterstützung: Thomas Zieher, Andreas Daim, Prof. Dr. Friedrich Leisch; für Rechtschreibkorrekturen und weitere Unterstützung: Annemarie Dax, Sieglinde Kreuzer, Viktoria Ott, Josef Ott, Zoe Megson.



Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss verschiedener Faktoren auf das Auftreten von Schwarzwildschäden in Feldern im Gebiet Lüneburg/Uelzen untersucht. Zur Erfassung und Vermessung der Schäden wurden Luftaufnahmen mithilfe eines Drachens erstellt (*Kite Aerial Mapping*). Weiters sollte die Tauglichkeit des *Kite Aerial Mapping* für diese Aufgabe getestet werden.

Insgesamt wurden weniger Schäden festgestellt als die hohen Schwarzwildzahlen im Untersuchungsgebiet erwarten ließen. Dies konnte zum einen auf Wetter bedingte Faktoren zurückgeführt werden, als auch auf Einschränkungen durch die gewählte Methode.

Wie erwartet gab es mehr Schäden in der Nähe zu Weizenfeldern und Hecken, sowie eine Meidung von menschlichen Strukturen. Der Faktor Wald hatte keinen bedeutenden Einfluss auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von Schäden.

Die große zeitliche und räumliche Abhängigkeit von den Windverhältnissen war die maßgebliche Limitierung der Methode. Obwohl verschiedene Versuche zur Optimierung unternommen wurden und auch die Verwendung anderer Kameraplattformen in Betracht gezogen wurde scheint eine Schadenserfassung mit der klassischen Schätzmethode wirtschaftlicher.

Abstract

In this study the influence of different environmental factors on the occurrence of crop damage by wild boar was surveyed. The study area is situated in the region of Lüneburg/Uelzen in Lower Saxony (Germany). Crop damages were mapped with aerial pictures, captured from a toy kite (*Kite Aerial Mapping*). Furthermore the usability of this method for mapping crop damage was tested.

The results showed less crop damage than what would be expected due to the high wild boar density in this region. This could either be put down to the weather conditions in the year of survey or to limitations of the method.

The positive influence of factors like wheat and hedges on the occurrence of wild boar damage was confirmed. The results showed that human structures were avoided by wild boar. Forests did not have a big influence on the occurrence of damage.

The strongest limitation of the method was its high dependency on wind. Different approaches to improve the method and the workflow were undertaken, still the classical damage estimation from ground seemed to be the most cost-efficient.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Einleitung	1
1.2. Grundlagen Schwarzwild	1
1.2.1. Entwicklung der Schwarzwildbestände in Mitteleuropa	2
1.2.2. Lebensraum und Sozialverhalten	3
1.2.3. Ernährung	5
1.2.4. Schwarzwildschäden und Bejagung	7
2. Fragestellung und Hypothesen	11
3. Material und Methoden	13
3.1. Untersuchungsgebiet	13
3.1.1. Naturraum	13
3.1.2. Kulturräum	15
3.2. Kite Aerial Photography	16
3.2.1. Allgemeines	16
3.2.2. Material	18
3.2.3. Methode	20
4. Ergebnisse	23
4.1. Statistische Auswertung	25
4.2. Messgenauigkeit	30
4.3. Terrestrische Erkundung	30
5. Diskussion	33
5.1. Einflussfaktoren	33
5.1.1. Schwarzwildschäden	33
5.1.2. Unbekannte Wildschäden	36
5.2. Eignung der Methode	38
5.3. Verbesserungen und Alternativen	41

6. Fazit	45
Abbildungsverzeichnis	47
Tabellenverzeichnis	49
Literaturverzeichnis	51
A. Anhang	i

1. Einführung

1.1. Einleitung

Seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs steigen die Schwarzwilddichten in Mitteleuropa stark an. Klimawandel in Kombination mit einem erhöhten Auftreten von Mastjahren und die hohe Präsenz von energiereichen Feldfrüchten als Nahrungsquelle begünstigen die Ausbreitung. Während in den vergangenen Jahrzehnten noch vor allem die Freude über die positive Entwicklung dieser Wildart Vordergrund nahm, stellen die landwirtschaftlichen Schäden ein immer größer werdendes Problem dar.

Die klassische Methode das Ausmaß von Wildschäden abzuschätzen ist stark von der Qualifikation des Schätzers abhängig. Hinzu kommt, dass es meist zu einer Einigung zwischen Landwirt und Jagdpächter kommt, ohne dass ein Sachverständiger herangezogen wird (KOCH 2002). Die Ausmaße der Schäden durch Schwarzwild spielen aber nicht nur in Bezug auf Wildschadenszahlungen eine Rolle sondern sind auch für die Schadensprävention und die wissenschaftliche Beurteilung des Schwarzwildeinflusses von Bedeutung. Ein objektives Werkzeug zur Beurteilung von Schäden könnte bessere Erkenntnisse über jene Faktoren liefern, die die Auftretenswahrscheinlichkeit der Schäden beeinflussen.

In dieser Masterarbeit soll die für Wildschadensaufnahmen bereits in einer vorhergehenden Bachelorarbeit verwendete Technik der *Kite Aerial Photography (KAP)* weiter getestet werden und zur Feststellung der Wildschäden durch Schwarzwild auf Ackerflächen im Gebiet Lüneburger Heide eingesetzt werden (HAUKE 2013). Weiters sollen die Schadflächen auf Zusammenhänge mit verschiedenen Standortfaktoren überprüft werden.

1.2. Grundlagen Schwarzwild

Das zur Familie der Schweine (*Suidae*) gehörende Wildschwein (*Sus scrofa L.*) ist der einzige nicht wiederkäuende Vertreter der Paarhufer (*Artiodactyla*) in Mitteleuropa. Es ist etwas hochbeiniger und kräftiger als ein einfaches Hausschwein, ähnelt einem solchen aber im Körperbau. Zudem ist der Kopf des Wildschweins länglicher und die Eckzähne sind stärker ausgebildet und ragen beim männlichen Wildschwein aus dem Maul. Ein

ausgewachsenes Wildschwein erreicht eine Kopf-Rumpf-Länge von 120-170 cm und eine Schulterhöhe zwischen 70 und 100 cm. Keiler erreichen ausgewachsen eine Körpermasse zwischen 70 und 200 kg, Bachen zwischen 50 und 130 kg (STRESEMANN 2003).

1.2.1. Entwicklung der Schwarzwildbestände in Mitteleuropa

Durch die Intensivierung der Landwirtschaft und das damit verbundene erhöhte Konfliktpotential, kam es Ende des 18. Jahrhunderts zuerst in Österreich und in der Folge auch in anderen europäischen Staaten zu Verordnungen, die Existenz des Schwarzwildes auf Tiergärten zu beschränken (SAMMLUNG ALLER K. K. VERORDNUNGEN UND GESETZE 1786). Die starke Verfolgung führte zu einer beträchtlichen Reduzierung der Bestände und in manchen Gebieten sogar zur Ausrottung des Wildschweins.

Erst in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts kam es wieder zu einer stärkeren Ausbreitung des Schwarzwildes. Zu dieser Zeit war das jagdliche Interesse an der Wildart wieder erstarkt, was zu einer aktiven Förderung und Verbreitung durch den Menschen führte (BRIEDERMANN 2009). Im Preußischen Jagdgesetz und im Reichsjagdgesetz von 1934 waren erstmals Regelungen zum Schutz von führenden Bachen verankert. Zudem hatten Tier- und Naturschutz einen fördernden Einfluss (HENNING 1998). Weiters fehlte zu dieser Zeit der natürliche Feind des Schwarzwildes, der Wolf, in großen Teilen Mitteleuropas (BRIEDERMANN 2009). Dieser, wenn auch schwach ausgeprägte Effekt konnte in der Studie von MELIS et al. (2006) bestätigt werden. Entscheidend ist dabei die erhöhte Mortalität in der Frischlingsklasse (NORES und LLANEZA 2008). Während des Zweiten Weltkrieges kam es zudem zu einer Reduzierung des Jagddrucks durch den Menschen (BRIEDERMANN 2009). Auch in der Zeit nach dem Krieg war der Jagddruck in Deutschland aufgrund der Entwaffnung der einheimischen Jäger und der Nichtortskundigkeit der Besatzungsmächte gering, wodurch es zu einem weiteren Populationswachstum kam (HENNING 1998).

Während in Niedersachsen noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts unter 10 000 Stück Schwarzwild erlegt wurden, hat sich der Wert bis zur Jahrtausendwende auf knapp 50 000 Stück gesteigert (GETHÖFFER 2005). Im untersuchten Gebiet sind die Jagdstrecken von etwa 500 Stück im Jagdjahr 1974/75 auf über 2500 Stück im Jagdjahr 2008/09 angestiegen, wenngleich mit starken Schwankungen (KEULING et al. 2013).

Neben den oben genannten Ursachen spielen auch die häufigeren Halb- und Vollmasten in den letzten 25 Jahren, induziert durch Klimaveränderung und schadstoffinduzierten Angstfruktationen, eine Rolle (BRIEDERMANN 2009). Allerdings berechneten BIBER und RUF (2005), dass dies nicht ausreicht um den starken Zuwachs der letzten Jahrzehnte

te zu erklären. Sie begründen den hohen Zuwachs hauptsächlich mit der neu geschaffenen Möglichkeit bei Fehlmastjahren auf landwirtschaftliche Futterquellen auszuweichen (BIEBER und RUF 2005). Dabei spielt vor allem Mais, dessen Anbau als Energiepflanze sich in den letzten Jahrzehnten vervielfacht hat, eine besondere Rolle (ML 2006). Auch MELIS et al. (2006) kommt beim Vergleich verschiedener biogeographischer Regionen zum Ergebnis, dass die pflanzliche Produktivität, welche auf landwirtschaftlichen Flächen naturgemäß hoch ist, einen entscheidenden Einfluss auf die Schwarzwilddichte hat (MELIS et al. 2006). Durch das zusätzlich verfügbare Futter kann das minimale Körpergewicht von 30-40 kg das zur Reproduktion notwendig ist, bereits im ersten Jahr erreicht werden, womit die Reproduktionskraft deutlich gesteigert werden kann (GEISSER und REYER 2005). Auch der durch den Klimawandel induzierte Anstieg der mittleren Jänbertemperaturen, der zu einer erhöhten Überlebensrate der Frischlinge in den ersten Lebenstagen führt, ist für den Anstieg der Populationsdichten mitverantwortlich (BRIEDERMANN 2009; MELIS et al. 2006; GEISSER und REYER 2005).

1.2.2. Lebensraum und Sozialverhalten

Die Bachen und Jungtiere leben in als Rotten bezeichneten Gruppen. Keiler trennen sich ab dem zweiten Lebensjahr von den Rotten ab (STRESEMANN 2003). Es kann grundsätzlich zwischen vier verschiedenen Rottentypen unterschieden werden. Zum einen gibt es Mutterfamilien, die nur die Bache und ihre Frischlinge umfassen, außerdem Zweierrotten, die aus zwei Mutterfamilien bestehen, sowie die beiden genannten inklusive der Überläufer. Außerdem kann Schwarzwild noch in Großrotten mit mehreren Muttertieren vorkommen. Zudem gibt es noch Frischlings- sowie Überläufertrupps. Auch solitäre Bachen sind möglich (KEULING et al. 2008a).

Die Größe des Streifgebiets von Wildschweinen ist variabel und hängt von mehreren Faktoren ab (MASSEI et al. 1997; KEULING et al. 2008a; SODEIKAT und POHLMAYER 2003).

MASSEI et al. (1997) beobachteten in einer Studie im zentral italienischen Naturschutzgebiet *Parco Regionale della Maremma*, dass sich die Größe der monatlichen Streifgebiete der Männchen in den beiden Beobachtungsjahren stark unterschieden. Während im ersten Jahr eine durchschnittlich, monatliche MCP 100 % (Minimum Convex Polygon) Fläche von 284,7 ha ermittelt wurde, war diese im darauf folgenden Jahr weniger als halb so groß (MASSEI et al. 1997).

Die jährlichen Streifgebietsgrößen variierten zwischen 197 ha (100% MCP) bei einer der besenderten Bachen und 2019 ha bei einem der beobachteten Keiler. Zwischen den

Geschlechtern gab es allerdings keinen signifikanten Unterschied der Streifgebietsgrößen (MASSEI et al. 1997). Die Ergebnisse von PRÉVOT und LICOPPE (2013) liefern eine Streifgebietsgröße in dem von MASSEI et al. (1997) angegebenen Bereich (623 ha (95% MCP)) aber auch hier mit einer erheblichen Standardabweichung von 460 ha (PRÉVOT und LICOPPE 2013). Die von KEULING et al. (2008a) mithilfe des 100 %igen MCP ermittelten Streifgebietsgrößen lagen im Mittel bei 1184 ha für Überläufer und 771 ± 430 ha bei Familiengruppen, wiederum mit erheblichen Schwankungen. Der Unterschied zwischen den Streifgebietsgrößen von Überläufern und Familiengruppen erwies sich als nicht signifikant (KEULING et al. 2008a).

Während in Schweden die täglichen Streifgebietsgrößen saisonal variierten (LEMEL et al. 2003), konnte in Italien (RUSSO et al. 1997) und Mecklenburg-Vorpommern (KEULING et al. 2008a) kein solcher Effekt nachgewiesen werden. LEMEL et al. (2003) nennen als Grund für die Variation die unterschiedliche Verfügbarkeit von Nahrung zur Deckung des Energiebedarfs (LEMEL et al. 2003), welcher in Deutschland aufgrund von Wildfütterungen sowie der Baumartenzusammensetzung mit mehreren Mastbaumarten, einfacher gedeckt werden kann, womit die Vergrößerung des Streifgebiets im Winter obsolet wird (KEULING et al. 2008a). BRIEDERMANN (2009) nennt als weitere wichtige Streifgebietsbestandteile neben Nahrung, Schutz vor Feinden und Witterungen, Flächen die zum Wohlbefinden der Sauen beitragen, wie Suhlen und Mahlbäume (BRIEDERMANN 2009).

Obwohl KEULING et al. (2008a) keine Ausdehnung der Streifgebietsgröße beobachten konnten, so kam es doch zu einer saisonalen Verschiebung der Streifgebiete. Diese war bei Überläufern signifikant stärker als bei Familiengruppen. Dabei lagen die Zentren der saisonalen Streifgebiete im Winter und Frühling ausschließlich im Wald und verschoben sich bis zum Sommer bei 71 % der Gruppen in Richtung landwirtschaftlich genutzter Flächen (Abb. 1.1) (KEULING et al. 2008a). Die Tiere konnten frühestens Anfang Mai in den Feldern nachgewiesen werden, großteils aber erst Ende Mai. Im Herbst lagen noch 21 % der saisonalen Streifgebietszentren innerhalb landwirtschaftlicher Flächen bevor sie sich im Winter wieder in Richtung Wald verschoben (KEULING et al. 2008a). Im Gegensatz dazu beobachteten THURFJELL et al. (2009) in Schweden eine grundsätzliche Meidung von Feldern, die aber im Sommer am geringsten ausgeprägt war.

KEULING et al. (2009) konnten zwischen drei verschiedenen Nutzungstypen unterscheiden: Feldsauen (45 % der beobachteten Tiere), welche ihr gesamtes Streifgebiet für eine gewisse Zeit hin zu landwirtschaftlichen Flächen verschoben; Waldsauen (20 % der beobachteten Tiere), die die Felder kaum nutzten, insbesondere nicht während des Tages; Pendler (35 % der beobachteten Tiere), die während des Tages mehr als 70 % und in

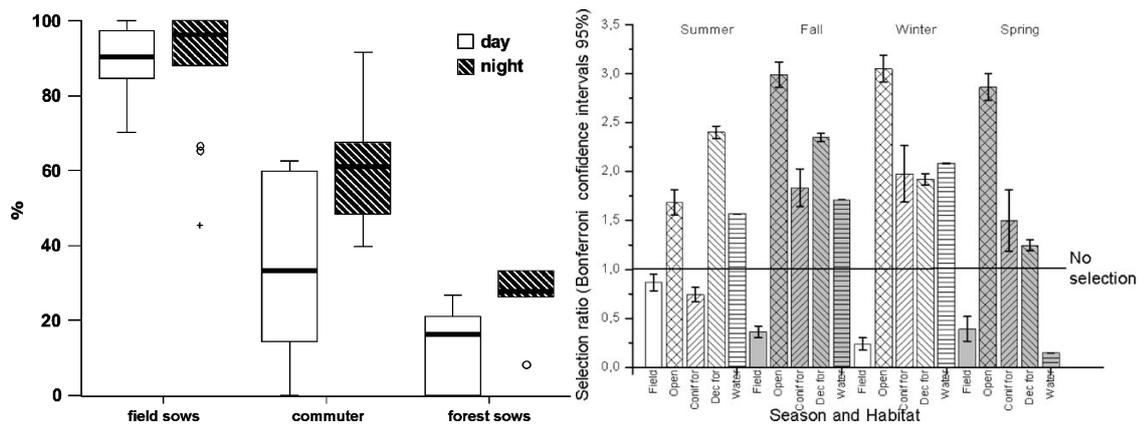


Abbildung 1.1.: 71% der Gruppen verschoben in Mecklenburg-Vorpommern (links) ihr Streifgebiet im Sommer in Richtung landwirtschaftlicher Flächen (KEULING et al. 2008a). In Schweden (rechts) war die Präferenz für Felder weit geringer (THURFJELL et al. 2009)

den Nachtstunden mehr als 35 % innerhalb der Felder verbrachten (Abb. 1.1) (KEULING et al. 2009).

Über den Tageszyklus der Wildschweine schreibt BRIEDERMANN (2009), dass diese vorwiegend dämmerungs- bzw. tagaktiv sind, allerdings bei erhöhtem menschlichen Einfluss ihre Aktivitätsperiode in die Nachtstunden verschieben (BRIEDERMANN 2009).

1.2.3. Ernährung

Das Wildschwein ist ein ausgesprochener Allesfresser, der sich je nach Nahrungsverfügbarkeit stark an die Gegebenheiten anpassen kann. Bevorzugt werden jene Nahrungsquellen die es den Schweinen erlauben in möglichst kurzer Zeit eine große Menge an energiereicher Kost zu sich zu nehmen. Grundsätzlich umfasst Schwarzwildnahrung beinahe alle Pflanzenteile, von Blättern, Gräsern und Früchten bis zu Wurzeln und Flechten. Auch tierische Nahrung von Mollusken und Insekten bis Wirbeltiere und Aas stehen auf dem Speiseplan des Wildschweins.

Je nach Verfügbarkeit kann die Zusammensetzung der Nahrung in unterschiedlichen Gebieten stark variieren (BRIEDERMANN 2009). SCHLEY und ROPER (2003) verglichen elf Studien in denen Mageninhaltsanalysen durchgeführt wurden. In allen Studien setzte sich die Nahrung zum Großteil aus pflanzlichem Material zusammen. BAUBET et al. (2004) ermittelten in einer gebirgigen Landschaft im südlichen Frankreich einen Anteil von 99 % an pflanzlicher Nahrung, die hauptsächlich aus Wurzeln und Knollen (39 %) bestand, an zweiter Stelle lagen Früchte (21 %) und oberirdisches grünes Pflanzenmaterial (17 %). Der Rest setzte sich aus Humus (6 %), Waldfrüchten (7 %) und Mais von Kirrungen (8 %)

zusammen (BAUBET et al. 2004). Ähnliche Ergebnisse lieferten die Untersuchungen von HERRERO et al. (2006) in Spanien mit 95 % pflanzlichem Material. Allerdings wurden in der spanischen Studie von HERRERO et al. (2006) hauptsächlich die oberirdischen (71 %) Pflanzenteile konsumiert, wobei Früchten der Hauptteil zukam (HERRERO et al. 2006).

Tierische Nahrung machte bei BAUBET et al. (2004) nur ein Prozent der Nahrung aus und war bei den analysierten Mägen von HERRERO et al. (2006) nicht vorhanden. Bei SCHLEY et al. (2008) liegt der höchste Anteil an tierischer Nahrung bei 14 % am gesamten Mageninhalt. Der tatsächliche Anteil an tierischer Nahrung ist mithilfe von Mageninhaltsanalysen, aufgrund der schnelleren Verdauung dieser, schwer zu bestimmen (SCHLEY und ROPER 2003). Die Menge in der diese aufgenommen wird ist aber auch von der Verfügbarkeit anderer Nahrungsquellen abhängig. So führt eine erhöhte Aufnahme von kohlenhydratreicher Nahrung, wie zu einem erhöhten Bedarf an proteinreicher, tierischer Kost (BAUBET et al. 2004).

Obwohl Wurzeln und Knollen bei BAUBET et al. (2004) die wichtigste Nahrungsquelle darstellen, bezeichnet DARDAILLON (1987) diese nur als sekundäre Nahrungsressource, die bei einer Absenz von oberirdischen Pflanzenteilen erschlossen werden. Dieses Ergebnis konnte auch in einem Fehlmastjahr durch WELANDER (2000) bestätigt werden, in dessen Folge es zu einer Versechsfachung der Umbruchfähigkeit kam. Saisonal war bei BAUBET et al. (2004) der Anteil von Wurzeln und fleischigen Früchten im Winter und Sommer am höchsten wobei im Frühling grünes Pflanzenmaterial, Mais und Wurzeln den Hauptteil der Nahrung stellten, zudem war eine unterschiedliche Verteilung aufgrund der Meereshöhe feststellbar.

SCHLEY und ROPER (2003) stellten außerdem fest, dass zumindest immer eine energiereiche Futterart wie Eicheln, Bucheckern sowie andere Baumfrüchte oder auch landwirtschaftliche Produkte Bestandteil der Ernährung waren. Die Aufnahme von Feldfrüchten ist damit auch stark von der Präsenz anderer energiereicher Futterquellen abhängig.

In Mastjahren können, während der Herbst- und Wintermonate, Eicheln (*Quercus* sp.) und Bucheckern (*Fagus* sp.) 80 % der Nahrung ausmachen (BRIEDERMANN 2009) und sogar bis in den Juli als Futterquellen dienen. Vor allem in Nichtmastjahren können landwirtschaftliche Produkte einen entscheidenden Anteil an der Wildschweinnahrung einnehmen (SCHLEY und ROPER 2003) und sogar zu einer Abhängigkeit der Population von dieser Ressource führen (HERRERO et al. 2006). Sind allerdings ausreichend natürliche Nahrungsquellen vorhanden, werden diese bevorzugt (GENOV 1981).

Sowohl die Fruchtart als auch deren Entwicklungsstand spielen bei der Auswahl der agrarischen Futterquellen eine Rolle. Zu den beliebtesten Arten gehören Mais und Kartoffeln (BRIEDERMANN 2009). Kartoffeln erreichten im Juli nach Fehlmastjahren, bei

Untersuchungen in der DDR sogar 75 % der gesamten Wildschweinnahrung. Erst zur Zeit der Getreidereife sank der Anteil wieder ab (BRIEDERMANN 2009). Auch CAI et al. (2008) beobachteten bei einer Studie in China, dass Kartoffeln bei den Wildschweinen besonders beliebt waren.

Der steigende Anbau von Mais wird als eine der Ursachen für die immer höheren Schwarzwilddichten angegeben. Die Anbauflächen haben sich im letzten halben Jahrhundert verdreißigfacht. Mais spielt von der Saat und dann wieder ab der Grünmilchreife bis zur Ernte eine wichtige Rolle in der Ernährung mancher Wildschweinpopulationen (BRIEDERMANN 2009; HERRERO et al. 2006). HERRERO et al. (2006) beobachteten, dass der Konsum von Mais mit 77 % (Anteil am Mageninhalt) deutlich an erster Stelle lag. Anderes Getreide spielt eine vergleichsweise geringe Rolle im Ernährungsverhalten von Schwarzwild. Weizen der in relativ großem Umfang angebaut wird, ist hauptsächlich in den Monaten August und September in einem nennenswerten Umfang im Speiseplan der Wildschweine vertreten (BRIEDERMANN 2009). Bei HERRERO et al. (2006) machte Weizen im Durchschnitt nur einen Anteil von 6 % des Mageninhalts aus (HERRERO et al. 2006). Während Roggen vor allem in Fehlmastjahren Bestandteil der Ernährung sein kann, wird Hafer bei ausreichender Verfügbarkeit sowohl in Mast- als auch in Fehlmastjahren aufgenommen und kann einen Anteil von bis zu 50 % an der Gesamtnahrung erreichen, dies vor allem in den Monaten Juli und August. Gerste spielt insgesamt keine bedeutende Rolle in der Ernährung der Sauen (BRIEDERMANN 2009).

Durch die Entwicklung und den vermehrten Anbau von Doppelnul-Rapssorten die besonders wenig Erucasäure und Glucosinolat enthalten (BRIEDERMANN 2009; BMBF 2012), ist auch Raps verstärkt in den Focus der Wildschweine gerückt (KEULING et al. 2009). Auch Hülsenfrüchte wie Bohnen, Wicken und Erbsen sind eine bevorzugte Nahrung des Schwarzwildes und werden je nach Mast unterschiedlich stark aufgenommen. Rüben spielen ebenso wie natürliche Wurzeln hauptsächlich in winterlichen Notzeiten eine größere Rolle, werden ansonsten aber nicht bevorzugt (BRIEDERMANN 2009).

Die Ergebnisse von Mageninhaltsanalysen und hier vor allem die starke Präferenz für Mais, werden oft durch künstliche Fütterungen zu jagdlichen Zwecken verfälscht (SCHLEY und ROPER 2003). Bei Untersuchungen in Luxemburg stammten 46 % des gesamten Mageninhalts von künstlichen Fütterungen (CELLINA 2008).

1.2.4. Schwarzwildschäden und Bejagung

Die opportunistische Ernährung der Wildschweine führt zu Konflikten mit Landwirten, da Ackerfrüchte je nach Bedarf als willkommene Nahrungsquelle genutzt werden. Die

durch Schwarzwild bzw. Wild im Allgemeinen verursachten Schäden reichen von Beträgen zwischen € 135 und € 678 pro Schadensfall in Kroatien (NOVOSEL et al. 2012), durchschnittlich € 328 in Deutschland (LINDEROTH und ELLIGER 2002) sowie € 397 in Luxemburg (SCHLEY et al. 2008) bis zu Werten von durchschnittlich € 5469 für Schäden in Kartoffelfelder in Italien, gefolgt von Mais mit einem Durchschnitt von € 4017 (AMICI et al. 2011). Wobei einzelne Schadenssummen weit über dem Mittel liegen können. In Kroatien, wie auch in Luxemburg lag der höchste Wert bei über € 10 000 pro Schadensfall (SCHLEY et al. 2008; NOVOSEL et al. 2012).

Der Zusammenhang zwischen Wildschweindichte und steigenden Wildschäden, konnte sowohl in Polen als auch in Luxemburg nachgewiesen werden (SCHLEY et al. 2008; FRACKOWIAK et al. 2013). Die Schäden können dabei in drei Kategorien eingeteilt werden. Zum einen die oberirdischen Schäden durch Fraß und jene durch Zertrampeln, zum anderen Schäden die durch Umbruchaktivitäten entstehen (SCHLEY et al. 2008). Dabei kommt es zu einem Aufwühlen des Bodens bis in eine Tiefe von 5-15 cm, zur Aufnahme von Invertebraten (GENOV 1981). Während die Umbruchaktivitäten von Schwarzwild im Wald durchaus positiven Einfluss haben können (WELANDER 1995), stellen sie im Grünland ein bedeutendes Problem dar (SCHLEY et al. 2008), das vor allem bei der Mahd Schwierigkeiten darstellen kann (BRIEDERMANN 2009) und im Gegensatz zur Schädigung von Ackerfrüchten mehrjährig bestehen bleiben kann (SCHLEY et al. 2008). Die Schädigung von Grünlandflächen ist stark von der Beschaffenheit des Bodens abhängig, Flächen mit feuchtem Boden weisen hierbei das größte Risiko auf (WELANDER 2000). Meist erfolgt die Schädigung der Grünlandflächen in den Wintermonaten (WELANDER 2000; WILSON 2004; SCHLEY et al. 2008).

Schäden durch Fraß sowie Trampeln treten mit der größten Häufigkeit in Maisfeldern auf (AMICI et al. 2011; HERRERO et al. 2006; SCHLEY et al. 2008), zudem werden die Körner auch noch direkt nach dem Säen aufgenommen bzw. die verbleibenden Maiskörner nach der Ernte gefressen (HERRERO et al. 2006). Die Schädigungen finden hauptsächlich in den Monaten August und September statt (AMICI et al. 2011). Entsprechend den Ernährungsvorlieben von Schwarzwild reihte sich sowohl bei HERRERO et al. (2006) als auch bei GENOV (1981) Weizen an zweiter Stelle, wenn auch anteilmäßig stark abgeschlagen, hinter Mais (HERRERO et al. 2006; GENOV 1981). Auch KEULING et al. (2008b) bestätigen eine Präferenz für unbeganntes Getreide (KEULING et al. 2008b). Die Aufnahme von Weizen erfolgt hauptsächlich während der Milchreife (BRIEDERMANN 2009). Nur FRACKOWIAK et al. (2013) berichten davon, dass der Anteil von Hafer unter den geschädigten Getreidearten höher als jener von Mais, gefolgt von eben diesem und Wei-

zen ist (FRACKOWIAK et al. 2013). Gerste wurde in den meisten Studien eher gemieden (SCHLEY et al. 2008; HERRERO et al. 2006)

Obwohl diese Angaben durchaus mit den bereits zitierten Ergebnissen aus Mageninhaltsanalysen übereinstimmen, schreiben HERRERO et al. (2006), dass der Schaden durch Deckungssuche größer ist als jener der durch die Aufnahme von Nahrung entsteht. Er begründet dies damit, dass Deckung im spanischen Untersuchungsgebiet den wichtigsten limitierenden Faktor darstellt, was auch von KEULING et al. (2008b) in Deutschland sowie AMICI et al. (2011) in Italien bestätigt wird (HERRERO et al. 2006; KEULING et al. 2008b; AMICI et al. 2011).

Die Nutzung von Feldern als Nahrungsquelle oder Deckung wird von mehreren äußeren Faktoren beeinflusst. Die Entfernungen zu Wald oder zu einem Fließgewässer führen hierbei zu einer erhöhten Nutzung (AMICI et al. 2011; CAI et al. 2008; THURFJELL et al. 2009). Der Einfluss ist bei einer Distanz unter 60 m zu einem Wald oder Fluss am größten (AMICI et al. 2011; CAI et al. 2008). Zusätzlich spielen lineare Strukturen wie Hecken, im Frühjahr für die Fortbewegung eine Rolle (THURFJELL et al. 2009). Menschliche Strukturen wie Straßen oder Siedlungen führen demgegenüber zu einer Meidung der nahe gelegenen Felder durch Schwarzwild (KEULING et al. 2008b; AMICI et al. 2011).

Eine Berücksichtigung dieser Strukturen kann zum Schutz von besonders gefährdeten Ackerfrüchten eingesetzt werden. So sollten vor allem weniger beliebte Getreidesorten wie Gerste am Waldrand und gefährdetere Sorten wie Mais und Weizen in größerer Entfernung zu diesem angebaut werden (SCHLEY et al. 2008).

Als einzige wirksame Maßnahme bei bestehender Aufteilung der Anbauflächen bestätigen mehrere Autoren die Umzäunung mit elektrischen Zäunen an der Wald-Feld-Grenze (SCHLAGETER und HAAG-WACKERNAGEL 2011). Neben dieser Maßnahme nennt HENNING (1998) Ablenkungsfütterungen als Möglichkeit zur Minderung von Wildschäden, die aber von mehreren Autoren aufgrund ihrer Ineffizienz kritisiert werden (SCHLEY und ROPER 2003; CALENGE et al. 2004). Für solche Wildfütterungen ist laut Niedersächsischem Jagdgesetz eine Genehmigung der Jagdbehörde einzuholen. Eine Jagd ist in der Folge im Umkreis von 200 m rund um die Fütterungsstandorte nicht zulässig (NJAGDG 2001).

Eine Bejagung des Schwarzwildes um Wildschäden zu vermeiden ist sinnvoll, wenn es dabei zu einer Reduzierung der Dichte kommt (SCHLEY et al. 2008; FRACKOWIAK et al. 2013), einzelne Jagdereignisse führen zwar zu keiner relevanten Verschiebung des Streifgebiets aber zu einer temporären Meidung der betroffenen Fläche für 21-28 Tage (KEULING et al. 2008b; KEULING et al. 2013).

Für den durch Wild entstandenen Schaden hat in Deutschland, laut Bundesjagdgesetz, die Jagdgenossenschaft die Pflicht dem Geschädigten Ersatz zu leisten, diese Pflicht kann aber ganz oder teilweise dem Jagdpächter übertragen werden. Zur Bemessung wird der ermittelte Wertverlust zur Erntezeit herangezogen. In manchen deutschen Bundesländern gibt es Wildschadensausgleichskassen, bei denen wie in Mecklenburg-Vorpommern alle Jagdgenossenschaften, Eigenjagdbesitzer und Landwirte mit einer bewirtschafteten Fläche von 75 ha Mitglied sind. Aufgabe dieser Kassen ist es, »Wildschäden zu verhindern und von Rot- Dam- und Schwarzwild verursachte Schäden auszugleichen« (LJAGDG M-V 2000). Je nach Gegebenheit hat allerdings auch der Landwirt die Verpflichtung für eine Minimierung des Schadens, z.B. durch ein zweites Einsäen zu sorgen. Auch die Unterlassung von üblichen Schutzmaßnahmen oder die Außerkraftsetzung von jagdlichen Schutzeinrichtungen wie Schutzzäunen, können den Anspruch auf Ersatz mindern oder aufheben (BJAGDG 1952).

Leitlinien wie das *Lüneburger Modell* dienen in den letzten Jahrzehnten als Anleitung wie Schwarzwild bewirtschaftet werden soll. Das *Lüneburger Modell* besagt, dass besonders schwere Stücke zu schonen sind und aus einer Rotte zunächst immer die schwächsten Stücke zu schießen sind. Auch bei den Frischlingen und Überläufern sollten zuerst die schwächsten Stücke erlegt werden. Zudem fordert das *Lüneburger Modell* die Erhaltung eines Stamms alter Bachen und legt zudem verschiedene Schonzeiten für das Schwarzwild fest. Grundsätzlich empfiehlt es eine Aufteilung der Altersklassen wie folgt: zehn Prozent stärkere Stücke sowie maximal 20 % Überläufer und mindestens 70 % Frischlinge (HENNING 1998).

MEYNHARDT (1978) berichtet von einer Synchronisationsfunktion der Leitbache aus welcher sich die Schonung dieser ableitet (MEYNHARDT 1978; HAPP 2007). Diese Beobachtung konnte allerdings nie nachgewiesen werden, folglich gibt es keine »wissenschaftlich fundierte Herleitung der Leitbachenschonung«, was zu einer Überdenkung der Jagdstrategie führen sollte (HOHMANN 2009). HOHMANN (2009) schlägt zum Zweck einer stärkeren Reduktion vor, zuerst die Überläufer- oder Altbachen und in der Folge so viele Frischlingsbachen wie möglich zu erlegen. Diese Forderung scheint auch durch die Beobachtungen von GAMELON et al. (2011) gedeckt zu sein. Diese stellten fest, dass ein hoher Jagddruck auf Überläuferbachen zu einem erhöhten Populationswachstum führt (GAMELON et al. 2011) und somit das *Lüneburger Modell* in Frage stellt. Langfristig wird eine Reduzierung der Schäden hauptsächlich durch eine geringe Schwarzwilddichte erreicht werden können (SCHLEY et al. 2008; FRACKOWIAK et al. 2013).

2. Fragestellung und Hypothesen

- Das Auftreten von Schäden und deren Intensität ist abhängig von:
 - Entfernung zum Wald
 - Entfernung zu Hecken
 - Entfernung zu Brach- und Grünflächen
 - Entfernung zu verschiedenen Getreidefeldern
 - Entfernung zu Jagdeinrichtungen
 - Entfernung zu Straßen verschiedener Ordnung
- Wie groß sind die Schwarzwildschäden insgesamt?
- Ist *Kite Aerial Mapping* eine geeignete Methode um Schwarzwildschäden zu erfassen und ist die Methode effizienter als terrestrische Methoden?

3. Material und Methoden

3.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im östlichen Niedersachsen (Deutschland) in den Landkreisen Lüneburg und Uelzen. Es umfasst die landwirtschaftlichen Flächen um den Süsing, einem etwa 37 km² großen geschlossenen Waldgebiet in der Lüneburger Heide (N 53°03′-53°08′ und O 10°12′-10°25′ WGS84). Das Untersuchungsgebiet umfasst 82 km² wovon 33 km² landwirtschaftlich genutzt werden (Datenquelle: LGLN (2010a) und OSM FOUNDATION (2013)). Die Lage sowie eine Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

3.1.1. Naturraum

Der Süsing ist einer von mehreren Höhenzügen die das Uelzener Becken umschließen. Er geht auf eine Endmoräne der Saale-Kaltzeit (230.000-130.000 vor heute) zurück und erhebt sich am höchsten Punkt 113 m ü. d. M.. Der Beckenboden liegt durchschnittlich auf einer Höhe von etwa 50 m ü. d. M..

Das Untersuchungsgebiet liegt im Übergangsbereich zwischen atlantischem Klima im Westen und kontinentalem Klima im Osten (SCHÖNHEIM 2012), die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt 700 mm, wobei 300 mm während der Vegetationsperiode fallen. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8 °C mit 100 Frosttagen pro Jahr. (KEULING et al. 2013)

Der Süsing liegt im Naturraum *Hohe Heide* der hauptsächlich durch trockene Sandstandorte charakterisiert ist. Vereinzelt finden sich naturnahe, nährstoffarme sowie nährstoffreiche Kleingewässer und Tümpel im Bereich des Süsings. Im südwestlichen Teil des Waldgebietes liegt zudem ein naturnahes Hoch- und Übergangsmoor des Tieflandes, welches durch das Naturschutzgebiet Wettenbosteler Moor geschützt ist. Das Gebiet um das Moor wird durch den Oechtringer Bach nach Osten hin entwässert (KEULING et al. 2013). Weiters gibt es eine Reihe kleinerer Fließgewässer, deren Quellbereiche auf Höhe des Grundwasseraustritts bei etwa 80 m ü. d. M. liegen (KEULING et al. 2013) . Westlich der Ortschaft Amelinghausen befindet sich zudem der Lopausee, ein Stausee mit einer Nord-Süd Ausdehnung von etwa 1,3 km.

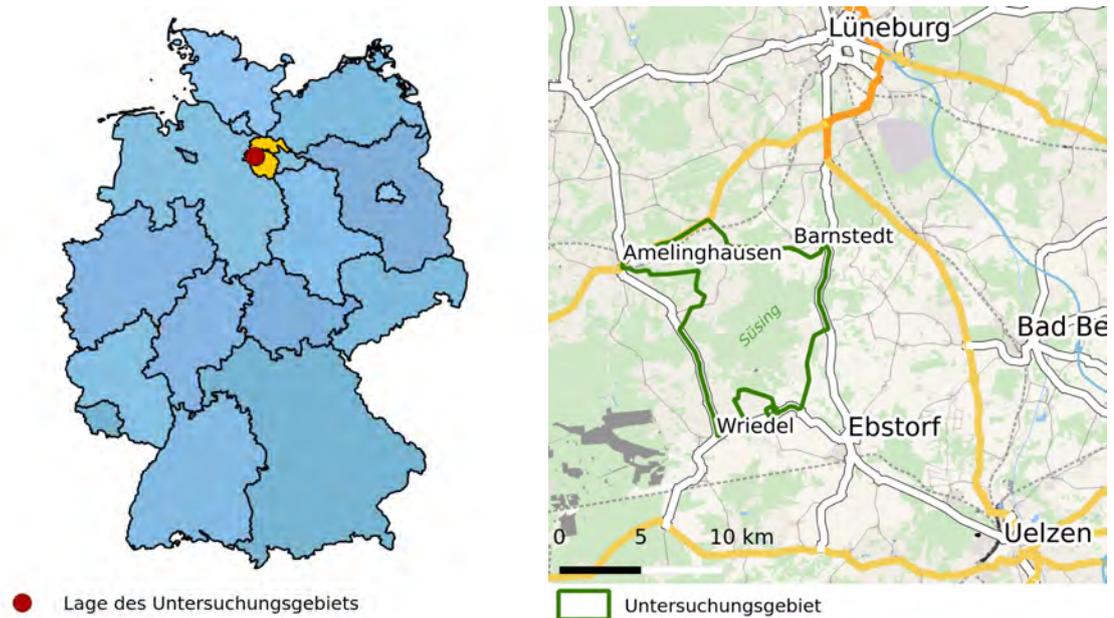


Abbildung 3.1.: Das Untersuchungsgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen in den Landkreisen Uelzen und Lüneburg. Es umfasst die landwirtschaftlichen Flächen um den Süssing (Datenquelle: OSM FOUNDATION (2013))

Der Waldanteil in den Landkreisen Uelzen und Lüneburg liegt mit 34,7 % (Datenquelle: OSM FOUNDATION (2013)) leicht über dem bundesweiten Mittel (31 %) aber deutlich über dem Mittel im Land Niedersachsen (24 %). Die Waldgebiete befinden sich dabei hauptsächlich in den Gebieten *Südheide*, *Hohe Heide*, *Ostheide* und *Luhe Heide*. Im Landkreis Uelzen sind 34 % der Wälder Landeswald, der Rest ist Körperschafts- bzw. Privatwald.

An die Stelle der potentiellen natürlichen Waldgesellschaften, hauptsächlich bestehend aus Kiefern, Birken, Eichen und Buchen traten durch jahrhundertelange Waldzerstörungen verschiedene Heideformen. Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Naturraum großflächig mit Kiefern aufgeforstet. Vereinzelt gab es auch Aufforstungen mit Fichte, Douglasie und Lärche sowie Eichenmischwäldern (SCHÖNHEIM 2012).

Ein Großteil des Süssings ist im Besitz der *Niedersächsischen Landesforsten* (NLF 2013) und wird durch diese gemäß dem Programm für *Langfristige ökologische Waldentwicklung* (LÖWE) bewirtschaftet. In den Körperschafts- und Privatwäldern des Landkreis Uelzens dominiert die Kiefer mit einem Anteil von 75 % dahinter folgen Fichte 6 %, Eiche 5 %, Douglasie 2 %, Buche 1,5 %, Lärche 1 %, sowie anderes Laubholz mit 9,9 % (SCHÖNHEIM 2012). Im Süssing wird der Eichenanteil in den Landesforsten mit

15% angegeben, der Kiefernanteil ist deutlich geringer als in den Körperschafts- und Privatwäldern des Landkreises Uelzen. Insgesamt liegt der Anteil der Nadelbäume bei etwa 75% (KEULING et al. 2013). Dabei handelt es sich großteils um bodensaure Eichen- und Buchenmischwälder. Im Süden des Süsings, entlang des Oechtringer Baches und um das Wettenborsteler Moor finden sich zudem Standorte mit Erlen-, Birken- und Kiefernbruchwald.

Waldzerstörungen im Zweiten Weltkrieg und permanente Übernutzung bis in die 50er Jahre sind verantwortlich, dass die Altersklassen II (21-40 Jahre) und III (41-60 Jahre) heute besonders dominant sind.

Aufgrund von übermäßiger und zum Teil nicht artgerechter Fütterung bzw. Kirmung weist das Gebiet eine übermäßige Wildschweindichte auf. Auch die Dichte der anderen vorkommenden Schalenwildarten, Reh- und Rotwild sind überhöht (SCHÖNHEIM 2012). Die Jagdstrecken im Süsing liegen im Mittel von 2006/07-2009/10 bei 3,3 erlegte Sauen/100 ha, in den Landkreisen Uelzen und Lüneburg liegen sie bei 2,6 Sauen/100 ha (KEULING et al. 2013). Seit 2007 gibt es Wolfssichtungen im Umkreis der Truppenübungsplätze Munster (SCHÖNHEIM 2012). Derzeit ziehen 3-4 Wölfe regelmäßig durch das Untersuchungsgebiet die von einem Rudel im direkten Umkreis abstammen (KEULING 2013).

Ein Großteil der ehemaligen Heidebereiche der Trockenstandorte werden heute als Ackerflächen genutzt. Einige der früheren Besenheidestandorte sind allerdings nach wie vor an Wegrändern erhalten geblieben (SCHÖNHEIM 2012). Direkt im Untersuchungsgebiet liegt jedoch keine bedeutsame Heidefläche.

3.1.2. Kulturräum

Die Bevölkerungsdichte beträgt im Landkreis Uelzen 64,3 Einwohner/km² und im Landkreis Lüneburg 134,6 Einwohner/km² (Stand: 12.2011) (LSKN 2013). Die Besiedelung rund um den Süsing ist großteils in kleinflächigen Ortschaften konzentriert. Das Untersuchungsgebiet wird grob von den Straßen L250, L234 im Süden und Westen, sowie von der B209 und der K17 im Norden und der L233 im Osten umschlossen. Im Norden und Süden des Waldgebietes gibt es einige Windkraftanlagen. Diese befinden sich in den Gemeinden Hanstedt und eine geringere Anzahl in Barnstedt. Weiters durchziehen zwei Hochspannungsleitungen das Waldgebiet im Osten und schaffen dort eine etwa 100-150 m breite Zone mit relativ niedrigem Bewuchs. Im Norden führt eine schwach befahrene Eisenbahnlinie durch das Untersuchungsgebiet. Weiters befindet sich wenige Kilometer westlich von Wriedel der Truppenübungsplatz *Munster Nord*.

3. Material und Methoden

Wie bereits eingangs erwähnt wird rund um den Süsing hauptsächlich Ackerbau betrieben. Die am häufigsten angebauten Feldfrüchte in den angrenzenden Gemeinden sind Weizen und Kartoffeln mit je über 20% Flächenanteil an der gesamten Ackerfläche. Dahinter folgen Zuckerrüben, Roggen und Wintermenggetreide, Wintergerste sowie Silomais (LSKN 2013). Die genaue Aufteilung der Feldfrüchte ist der Tabelle 3.1 zu entnehmen.

Tabelle 3.1.: Verteilung der Feldfrüchte in Bezug auf die gesamte Ackerfläche in den an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Gemeinden: Barnstedt, Betzendorf, Wriedel, Hanstedt, Bienenbüttel*, Amelinghausen*, Rehlingen*. Die mit * gekennzeichneten Gemeinden haben nur einen geringen Flächenanteil am Untersuchungsgebiet. Aufgrund von Datenschutz und fehlender Erhebung sind die Daten nicht in allen Gemeinden vollständig verfügbar (Datengrundlage: LSKN (2013)).

Feldfrucht	Anteil in Prozent	
	alle Gemeinden	Gemeinden mit Hauptanteil
Weizen	24,38	26,63
Kartoffeln	21,50	19,90
Zuckerrüben	12,94	10,39
Roggen und Wintermenggetreide	9,71	11,02
Wintergerste	8,52	12,99
Silomais	8,22	3,63
Brache mit Prämie	5,20	3,93
Winterraps	4,04	4,07
Sommergerste	3,49	5,32
Titicale	1,89	1,97
Hafer	0,10	0,15
Mais ohne Silomais	0,00	0,00

3.2. Kite Aerial Photography

3.2.1. Allgemeines

Das Ausmaß von Flächen ist vom Boden aus oft schwer abzuschätzen. Dies trifft auch bei der Feststellung von Wildschäden zu. Da Felder meist nur begrenzt begangen werden können, ohne selbst weitere Schäden zu verursachen, wird dies noch zusätzlich erschwert. Besonders in flachen Gegenden ist es daher kaum möglich, Wildschäden vor der Ernte ausreichend zu erkennen und sich einen Überblick über deren Ausmaße zu verschaffen. Aus diesem Grund scheint es hilfreich Luftbilder für die Feststellung und Vermessung von Wildschäden zu verwenden.

Bereits im 19. Jahrhundert wurden die ersten Luftbilder mithilfe von Drachen und Fesselballonen erstellt. Aber erst im Ersten Weltkrieg erlangten Luftbilder allgemein eine größere Bedeutung. Heute gibt es zahlreiche Varianten das Aufnahmegerät in die entsprechende Position zu bringen (FAHLSTROM und GLEASON 2012). Während Aufnahmen mit bemannten Fluggeräten und Satelliten kostenintensiv sind, gibt es verschiedenste Methoden der unbemannten Fernerkundung. Die Formen reichen von ferngesteuerten bis hin zu selbstständig fliegenden Geräten. Eine Übersicht der verschiedenen Systeme findet sich in Tabelle 3.2.

Tabelle 3.2.: Vergleich verschiedener Plattformen für ihre Eignung im Bezug auf Photogrammetrie (0: niedrigster Wert, ++: bester Wert) (EISENBEISS 2009).

Fluggerät	Reichweite	Flugdauer	Wetter- und Windabhängigkeit	Steuerung
Ballon	0	++	0	0
Zeppelin	++	++	0	+
Drachen	+	0	0	0
Modellsegler	++	+	+	+
Modellflugzeug mit Antrieb	++	++	+	+
Modellhubschrauber	++	++	+	+
Quaddrokopter	0	0	0	++
Multikopter	+	+	+	++

Unbemannte Flugobjekte (*Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*) werden für militärische Aufgaben bereits seit Jahrzehnten entwickelt und eingesetzt. Durch den technischen Fortschritt in Sensorik und Steuerung sind *UAVs* seit einigen Jahre auch für zivile Aufgaben in Form von Multikoptern erschwinglich und gewinnen dabei fortschreitend an Professionalität. Moderne *UAVs* unterscheiden sich durch die Möglichkeit der automatischen Stabilisierung stark von herkömmlichen Modellhubschraubern (PRZYBILLA 2011).

Eines der größten Probleme von *UAVs* ist die geringe Flugzeit. Mit professionellen Geräten sind zwar Flugzeiten von bis zu eineinhalb Stunden möglich, allerdings sind die Anschaffungskosten relativ hoch. Der Preisrahmen für professionelle Geräte startet bei ca. € 40 000 (MICRODRONES 2014). Günstigere Geräte und Bausätze sind bereits ab etwa € 1500 erhältlich, erreichen aber in der Regel weit geringere Flugzeiten von oftmals weniger als 25 Minuten (HiSYSTEMS GMBH 2014). Zudem gibt es noch Geräte unter € 500 die über WLAN gesteuert werden, diese Geräte haben aber meist sehr geringe Reichweiten von unter 50 m (PARROT SA 2013).

Einer der größten Vorteile des *Kite Aerial Mapping* liegt in den geringen Anschaffungskosten und der Tatsache, dass die Flugzeit bei ausreichend guten Windverhältnissen hauptsächlich von der Batterieleistung der Kamera limitiert wird.

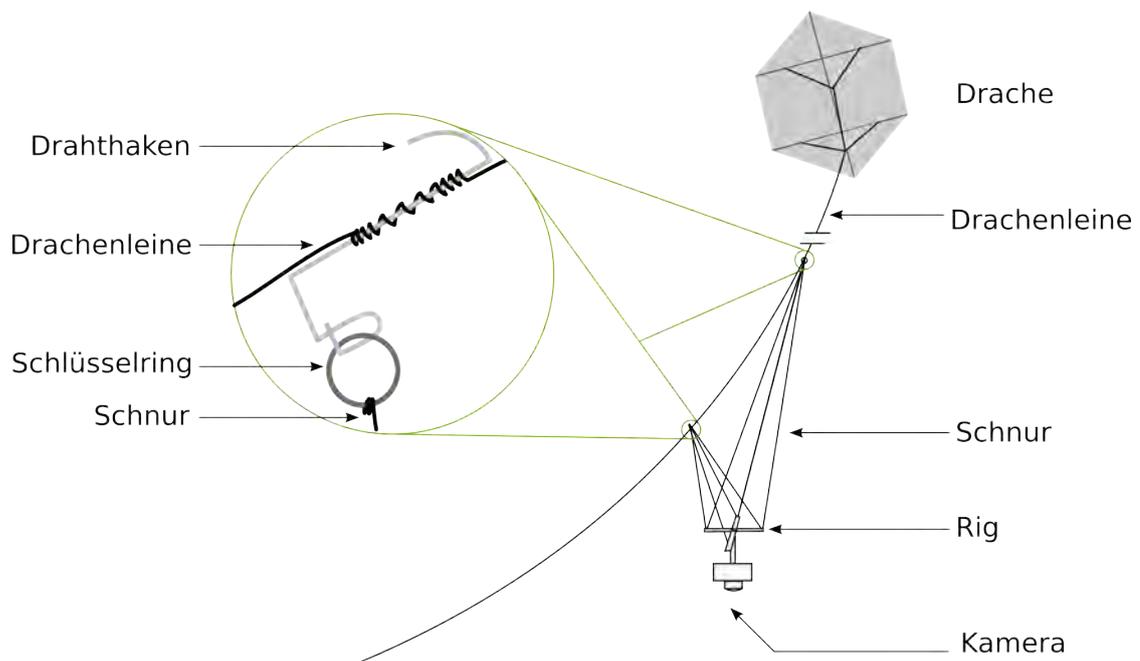


Abbildung 3.2.: Nachdem der Drache mehr oder weniger stabil im Wind steht, wird die Kamera an der Leine befestigt.

Auch die rechtlichen Rahmenbedingungen sprechen für Drachen als Kameraplattform, denn in Deutschland ist der Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen, sofern sie nicht zu Sportzwecken bzw. zur Freizeitgestaltung genutzt werden, genehmigungspflichtig. Drachen jedoch dürfen bis zu einer Leinenlänge von 100 m, Ballone bis zu einer Leinenlänge von 30 m ohne Erlaubnis gehalten werden (LUFTVO 1963).

Aufgrund der genannten Vorzüge des *Kite Aerial Mapping*, wurde diese Methode bereits in einer vorhergehenden Arbeit zur Aufnahme von Wildschäden verwendet (DAIM 2012; HAUKE 2013; DAIM et al. 2013). Die Methode soll in der vorliegenden Masterarbeit angewandt und weiter getestet werden.

3.2.2. Material

3.2.2.1. Plattform

Zur Überfliegung wurde ein sechseckiger *Rokakku 78* des Herstellers *Premier Kites* verwendet. Der Drache ist 160 x 198 cm groß und laut Hersteller für Windgeschwindigkeiten zwischen vier und 18 mph (6-29 km/h oder 2-4 Bft) geeignet (PREMIER KITES 2008).

Der Drache wurde wie in Abbildung 3.2 dargestellt an einer 100 m langen Leine mit einer Reißfestigkeit von 80 daN befestigt. Weiters wurde zur einfacheren Handhabung

Tabelle 3.3.: Materialkosten für die Grundausrüstung (Beträge gerundet) (DAIM 2012).

Bezeichnung	Marke/Typ	Kosten in EUR
Drache	<i>Rokkaku 78"</i>	100,-
Kamera	<i>GoPro Hero 2/3</i>	250,-
Rig	Eigenbau	10,-
Spule	<i>Storm 290 Colour</i>	60,-
Leine	200 m, 80 daN	40,-
Summe		460,-

eine Spule (*Storm 290 Colour*) mit einem Durchmesser von 290 mm und einer Breite von 32 mm verwendet (DAIM 2012). Die Kosten für die Anschaffung sowie das Gewicht der einzelnen Komponenten ist Tabelle 3.3 zu entnehmen.

Da das Kite Aerial Mapping stark von einer ausreichenden Windstärke abhängig ist, wurde als kostengünstige Alternative ein mit Helium gefüllter Ballon als Träger für die Kamera getestet. Aufgrund der gewünschten Nutzlast von etwa 600 g sowie der Luftdichte von etwa 1,20 kg/m³ und der Dichte von Helium 0,18 kg/m³ wurde angenommen, dass ein Ballon mit 60-70 cm Durchmesser und dem daraus ergebenden Volumen von etwa 1 m³ ausreichend Auftrieb hat. Für diese Aufgabe wurde ein Latex Ballon mit einem Durchmesser von etwa 15 cm (unaufgeblasen) aus dem Spielzeughandel verwendet. Die Kosten für den Ballon lagen bei € 20, die der Füllung bei € 15.

3.2.2.2. Kamera

Für die Aufnahmen wurde eine von zwei *Hero*-Kameras (Version 2 und 3) des Herstellers *GoPro* verwendet. Die Kameras haben ein Gewicht von ca. 185 g und können Bilder mit einem Aufnahmewinkel von 170° erstellen. Die Kameras sind zudem stoß- und wasserresistent. Es ist möglich sowohl Serienbilder in einem voreingestellten Intervall als auch Videos zu erstellen. Die maximale Auflösung liegt bei 3840 x 1880 Pixel für Fotos und bei 960 x 720 Pixel (*Hero 2*) bzw. 1440 x 1080 Pixel (*Hero 3*) für Videos mit einer Bildfrequenz von 30 Bildern pro Sekunde.

Die Kamera wurde an einem Rig nach Picavet aufgehängt, um die Kamera möglichst gut auf den Nadir (senkrecht nach unten) zu richten (DAIM 2012).

3.2.3. Methode

3.2.3.1. Auswahl der Untersuchungsflächen

Im ersten Schritt wurden die Flächen im Untersuchungsgebiet begangen und die Größe sowie die Feldfrucht aufgenommen. Dies erfolgte mithilfe von ausgedruckten Orthofotos (LGLN 2010b) und wenn verfügbar eines Hand GPS-Geräts (*Ashtec Mobile Mapper 10* mit *ArcPad 10*). Neben den Fruchtarten wurden Strukturen wie Zäune und Jagdeinrichtungen kartiert. Die Feldaufnahmen wurden anschließend mithilfe von *QGIS* (QGIS DEVELOPMENT TEAM 2009) digitalisiert bzw. korrigiert. Dazu wurde die *Amtliche Karte 5 (AK5)* (LGLN 2010a) des *Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen* in digitaler Form als Rasterkarte verwendet. Weiters wurden Straßen, Gewässer und Wälder vom *Open Street Map*-Projekt (OSM FOUNDATION 2013) übernommen und mithilfe der *AK5* sowie den Orthofotos verifiziert. Hecken wurden ebenfalls auf Grundlage der Orthofotos und eigener Begehungen eingezeichnet. Wald und Hecke wurden anhand der in Österreich geltenden forstlichen Definition, die eine Mindestgröße von 1000 m² sowie einer durchschnittlichen Breite von 10 m für Wald fordert, unterschieden (FG 1975).

Um die Effizienz bei der Überfliegung zu steigern, wurden mehrere beieinander liegende Flächen zu einer Untersuchungseinheit zusammengefasst. Daraus ergaben sich 55 Untersuchungseinheiten mit einer durchschnittlichen Größe von 598±194 ha.

In *QGIS* wurden mithilfe des *Zufällige Auswahl*¹ Werkzeugs 20 Untersuchungseinheiten ausgewählt. Daraus wurden weitere zehn Untersuchungseinheiten zufällig selektiert. Diese sollten die primären Einheiten darstellen. Der Rest sollte nur dann untersucht werden, falls es zeitlich möglich wäre.

3.2.3.2. Überfliegen der Felder

Die Aufnahmen fanden zwischen dem 7. Juli 2013 und dem 2. September 2013 statt. Dabei wurde der Beginn von einer ausreichenden Höhe des Getreides und das Ende vom Erntezeitpunkt limitiert.

Im ersten Schritt wurde ein Suchflug durchgeführt bei dem möglichst große Flächen einer Untersuchungseinheit abgedeckt wurden. Wurde ein Schaden festgestellt, folgte eine Begehung der Flächen um den Verursacher anhand von Losungsproben und Trittsiegeln zu identifizieren. Ließ sich der Schaden als Schwarzwildschaden identifizieren, wurden mithilfe von verschiedenfarbigen 60 L fassenden Müllsäcken, Markierungen im Umkreis

¹Enthalten im fTools Plugin

der Schadflächen gesetzt. Diese wurden für eine spätere Georeferenzierung der Fotos verwendet. Dazu wurden die Müllsäcke mit Luft gefüllt, zugeknüpft und anschließend mit Wäscheklammern an den Getreidehalmen oder Blättern fixiert. Die Position wurde mit dem Hand GPS-Gerät ermittelt und gespeichert. Kreuzungen und andere klar erkenn- und definierbare Strukturen innerhalb des Felds wurden ebenfalls markiert. Anschließend wurde ein weiterer Flug durchgeführt um den Schaden mitsamt der gesetzten Markierungen aufzunehmen.

3.2.3.3. Datenauswertung

Für die Datenauswertung wurden die GIS Programme *QGIS* und *GRASS-GIS* (GRASS DEVELOPMENT TEAM 2012) verwendet. Die Aufnahmen wurden anhand der bekannten GPS-Punkte georeferenziert und entzerrt. Dazu wurde das *QGIS*-Plugin *Georeferenzierer* verwendet. Anschließend wurden die Schäden als Polygone eingezeichnet. Zusätzlich wurden auch Flächen ohne Schäden explizit eingezeichnet, da die Absenz eines Schadens mehrere Ursachen haben kann: tatsächliche Absenz; Schaden visuell nicht erkannt; Schaden nicht erkannt, weil die Befliegung der Teilfläche nicht oder nicht ausreichend gut möglich war.

Als Alternative wurde ein Verfahren getestet, welches mittels eines *Struktur from Motion*-Algorithmus (*SFM*) ein 3D-Modell der Aufnahmeffläche erstellt. Hierfür wurde das Programm *Visual SFM* (WU 2011; WU 2013) verwendet. Durch diese Methode sollten vor allem Probleme, die durch nicht-lotrechte Aufnahmen entstehen, beseitigt werden. Außerdem wird mit einer solchen Methode der Arbeitsaufwand bei der Entzerrung stark minimiert. Auf Basis der generierten Punktwolke könnten zudem Schäden bereits anhand des Höhenunterschieds zu umliegendem Getreide festgestellt werden.

Bei Flächen, bei denen keine der oben angeführten Techniken entsprechend gute Ergebnisse lieferte, wurde die Schadensgröße, sowie die Lage der Schäden manuell abgeschätzt und eingezeichnet.

In Folge dessen, dass eine Auswertung pro Schadensfläche aufgrund der unzureichenden Abgrenzung der Schadflächen voneinander nicht objektiv möglich war, wurde ein 10 x 10 m Raster über das Gebiet gelegt und die Entfernung zu den zu testenden Landschaftselementen berechnet. Ähnlich wurde mit jenen Flächen verfahren, die als ungeschädigt eingezeichnet wurden. Aufgrund der weitaus größeren Zahl wurde aus diesen eine zufällige Stichprobe, die in etwa dem Umfang der Schadpunkte entspricht, gezogen. Straßen wurden in vier Kategorien eingeteilt:

- Kategorie 1: Bundes- und Landesstraßen

- Kategorie 2: andere Freiland- und Durchzugsstraßen
- Kategorie 3: andere Straßen im Ortsgebiet
- Kategorie 4: Forststraßen und landwirtschaftliche Straßen

Die Entfernungsmessung erfolgte bedingt durch die Leistung des verwendeten Rechners auf 10 m genau. Die Berechnung erfolgte mithilfe von *GRASS GIS*.

3.2.3.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem *R*-Paket *MGCV* (R CORE TEAM 2013; WOOD 2011). Für die Analyse wurde ein *Generalisiertes Additives Modell (GAM)* mit einer binären Logit-Link-Funktion verwendet, wobei die abhängige Variable binär (Schaden/kein Schaden) und die unabhängigen Variablen (Entfernung zu verschiedenen Strukturen) ratio skaliert waren. Da weder die Schäden noch die Rasterpunkte räumlich voneinander unabhängig waren, wurden die geographischen Koordinaten in das Modell mitbezogen. Alle Tests wurden mit einem Signifikanzniveau von $p > 0,05$ durchgeführt.

3.2.3.5. Überprüfung der Methode

Um die Genauigkeit der Methode besser abschätzen zu können, wurden mithilfe einer Schnur und eines Maßbands die Eckpunkte von Dreiecken, entsprechend des pythagoreischen Zahlentripels 12,13,25, ermittelt und mit Absperrbändern markiert. Das geometrische Muster wurde mithilfe des CAD Zeichenprogramms *Libre CAD (Libre CAD 2014)* konstruiert und in *QGIS* importiert. Es wurde jeweils ein Bild aus geringer Höhe, zwei Bilder aus großer Höhe mit nicht lotrechter Kamera sowie ein Bild aus großer Höhe mit fast lotrechter Kamera verwendet. Es wurden vier Mal fünf Punkte zufällig ausgewählt, die als Referenzpunkte zur Entzerrung der Bilder herangezogen wurden. Danach wurden drei Flächen gemessen, die durch die Verbindung von einzelnen Punkten entstehen und mit dem tatsächlichen Wert verglichen.

Weiters wurde die Effizienz des *Kite Aerial Mappings* mit terrestrischen Messmethoden verglichen. Dazu wurden Schadfleichen begangen und die Größe der Schäden mithilfe des GPS-Gerätes aufgenommen. Schäden, die ohne Probleme erreichbar waren, wurden dabei entlang der Grenze abgegangen. Solche die weiter im Feld lagen und bei denen keine Begehung möglich war, ohne selbst Schäden zu verursachen, wurden so gut wie möglich geschätzt. Der Zeitaufwand der beiden Methoden wurde anschließend verglichen.

4. Ergebnisse

Das 82,57 km² große Untersuchungsgebiet besteht zu 53,7 % aus Wald. 41,1 % sind landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die am häufigsten angebaute Feldfrucht, mit einem Anteil von 19,6 % an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche, war Weizen. An zweiter Stelle lagen Kartoffeln mit 17,6 %, die meisten anderen Feldfrüchte machen einen Anteil von 6-9 % an der gesamten Ackerfläche aus. Eine genaue Auflistung ist der Tabelle 4.1 zu entnehmen. Untersuchungseinheit 1 (UE1) umfasste 77 Flächen mit einer Gesamtgröße von 470 ha, Untersuchungseinheit 2 (UE2) umfasste 132 Flächen mit einer Gesamtgröße von 691 ha.

Tabelle 4.1.: Nutzung der Flächen im Untersuchungsgebiet (UG) und den Untersuchungseinheiten (UE) sowie Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Flächen (LW). UE1 stellten die primär zu untersuchenden Flächen dar, UE2 jene um welche die Untersuchungsflächen bei ausreichend Zeit erweitert wurden. Unter *andere* sind all jene landwirtschaftlichen Flächen zusammengefasst deren Flächenanteil sehr gering war z.B. Weidelgras, extensiv angebaute Sommergerste sowie landwirtschaftliche Lagerflächen und Flächen die nicht bestellt waren.

	UG (ha)	UG (%)	LW (%)	UE1 (ha)	UE1 (%)	UE2 (ha)	UE2 (%)
Brache	133	1,6	3,9	4	0,8	13	1,9
Hafer	1	0,0	0,0	0	0,0	1	0,2
Kartoffeln	598	7,2	17,6	97	20,7	133	19,2
Mais	238	2,9	7,0	44	9,4	104	15,0
Raps	191	2,3	5,6	15	3,2	16	2,4
Roggen	301	3,6	8,8	32	6,8	54	7,8
Rüben	306	3,7	9,0	68	14,4	19	2,7
Sommergerste	177	2,1	5,2	0	0,0	36	5,3
Weide	88	1,1	2,6	37	7,8	15	2,2
Weizen	669	8,1	19,6	105	22,4	186	26,9
Wiese	226	2,7	6,6	10	2,1	18	2,6
Wintergerste	230	2,8	6,8	45	9,7	34	4,9
andere ²	248	3,0	7,3	13	2,7	62	9,0
Straßen und Siedlungen	395	4,8					
Gewässer	23	0,3					
Wald	4433	53,7					
Gesamt	8257	100,0		470	100,0	691	100,0

Es wurden 32 Flüge an 15 Tagen zwischen dem 10. Juli und dem 2. September 2013 unternommen. Die durchschnittliche Flugzeit pro Flug betrug 63±65 Minuten 14 Flüge waren kürzer als 15 Minuten. Diese Flüge lieferten in der Regel keine brauchbaren Aufnahmen. Die Summe aller Flüge ergab 33 Stunden Flugzeit. In dieser Zeit wurden 83 der 209 in den Untersuchungseinheiten enthaltenen Felder überflogen, 126 Felder konnten

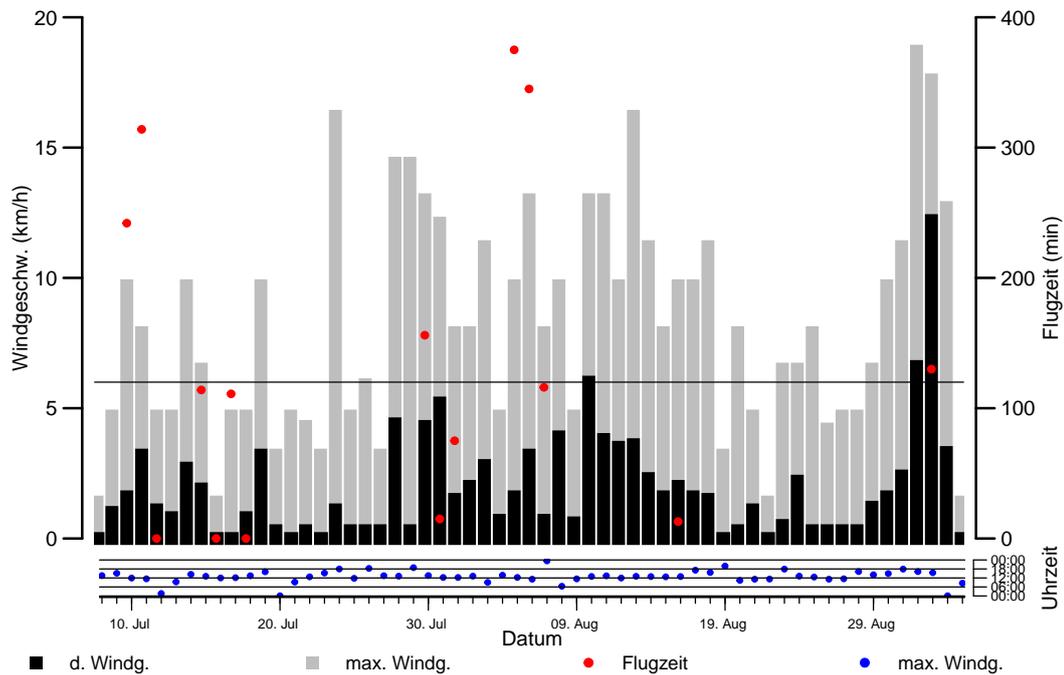


Abbildung 4.1.: Die Grafik zeigt die durchschnittliche, sowie maximale Windgeschwindigkeit an einer privaten Messstation in Visselhövede-Schwitschen (etwa 45 km westlich vom Untersuchungsgebiet) (CARSTENS 2013). Der Zeitpunkt, des Auftretens der maximalen Windgeschwindigkeit ist im unteren Teil der Grafik abgebildet. Die schwarze Linie stellt die minimale Windgeschwindigkeit dar, die laut Hersteller des Drachens benötigt wird um diesen zu verwenden. Die roten Punkte stellen die Flugzeit in Minuten dar.

aufgrund der Windverhältnisse nicht überflogen werden. Da bei manchen Feldern die Windverhältnisse nie ausreichend gut waren, um einen Überflug mit dem Drachen zu ermöglichen, wurde schon vor Abschluss der ersten Untersuchungseinheit mit der zweiten begonnen. Eine Übersicht der Windverhältnisse und der Flugzeit ist Abbildung 4.1 zu entnehmen.

Bei den Versuchen mit dem Heliumballon kam es zu Problemen, da der auf ca. 70 cm aufgeblasene Ballon die Kamera und das Rig nicht tragen konnte. Aus diesem Grund wurde das Rig auf einen transparenten Plastikbeutel reduziert, in den die Kamera gegeben wurde und welcher an der Leine befestigt wurde. Der Aufstieg war solange problemlos möglich bis der Ballon die umliegenden Bäume überragte, durch den leichten Wind wurde er dann nach unten gedrückt. Das Ziehen an der Leine führte ebenfalls zu einem Absinken des Ballons, sodass nur eine sehr geringe Höhe erreicht werden konnte. Außerdem wurde die Flughöhe durch das Gewicht der Schnur limitiert. Bei einem weiteren

Tabelle 4.2.: Verteilung der Schäden sowie Gesamtfläche der Feldfrüchte in den beiden ausgewählten Untersuchungseinheiten.

	Schwarzwild (m ²)	unbekannte Wildschäden (m ²)	Gesamt (m ²)
Weizen	8964	9706	291 230
Roggen	584	8666	862 100
Raps	263		314 200
Wintergerste	45	1218	793 000
Kartoffeln		11	2 301 300
Summe	9856	23 344	4 299 723

Versuch, zwei Tage nach der Befüllung wurde die Drachenleine durch eine Angelschnur (Reißfestigkeit 13 kg, Durchmesser: 0,2 mm, Länge 150 m) ersetzt. Allerdings konnte der Ballon aufgrund des bereits ausgetretenen Heliums die Kamera nicht mehr tragen.

Von den 83 innerhalb der Untersuchungseinheiten überflogenen Feldern wiesen 38 einen Schaden auf, davon waren sechs Schäden nachweislich von Schwarzwild verursacht, bei 27 Feldern handelte es sich um Wildschaden, bei 21 Feldern konnten nicht alle Schäden eindeutig einem Verursacher zugeordnet werden. Dies lag entweder daran, dass der Schaden nicht zugänglich war oder daran, dass keine eindeutigen Nachweise gefunden werden konnten, um den Verursacher zu identifizieren. Unter den sechs durch Schwarzwild geschädigten Flächen waren drei Weizenfelder sowie jeweils ein Roggen-, ein Wintergerste- und ein Rapsfeld. Insgesamt wurden 9856 m² Schwarzwildschäden und 23 344 m² nicht näher definierbare Wildschäden festgestellt. Eine genaue Auflistung der Schäden ist Tabelle 4.2 zu entnehmen.

18 der überflogenen Felder waren nicht geschädigt, zusammen mit den nicht geschädigten Bereichen der anderen Felder ergibt das eine Fläche von 233,9 ha nachweislich nicht geschädigter Fläche. 9 Felder konnten aufgrund der Windverhältnisse oder aufgrund von Leitungen oder Waldrändern nur teilweise überflogen werden. 15 Felder wurden erst nach der Ernte, auf dem Weg zu anderen Feldern, überflogen. Bei drei Feldern war nicht klar erkenntlich, ob Schaden vorhanden war.

4.1. Statistische Auswertung

Die Ergebnisse des *GAM* bestätigen, dass die Entfernung zu Wald einen Einfluss auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von Schwarzwildschäden hat ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=22,502$, $p=0,0001$). Allerdings zeigt die generelle Tendenz wider erwarten eine geringere Schädigung am Waldrand, die dann bis zu einer Entfernung von 380 m zum Waldrand minimal zunimmt. Der erwartete Einfluss von Hecken, auf die Auftretenswahrscheinlichkeit

von Schäden, wird erwartungsgemäß bestätigt ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=15,821$, $p=0,0031$). Flächen die sich näher an einer Hecke befinden, sind mehr von Schwarzwildschäden betroffen als solche die weiter davon entfernt sind. Dieser Effekt ist bis zu einer Entfernung von etwa 300 m klar ausgeprägt, wie in Abbildung 4.2 ersichtlich. Ab einer Entfernung von 300 m ist der Effekt, durch die Interaktionen mit der Entfernung von Straßen der Kategorie 4 sowie Wald, weniger signifikant ausgeprägt. Brach- und Grünflächen haben einen positiven aber keinen signifikanten Einfluss auf die Schädigung durch Schwarzwild ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=3,100$, $p=0,0516$). Ebenso erwiesen sich die Entfernung zu Roggen- ($N=5270$, $df=8$, $\chi^2=0,000$, $p=0,3370$), Raps- ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=0,000$, $p=0,8012$) und Maisfeldern ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=0,000$, $p=1,0000$) als jeweils statistisch nicht signifikante Einflussfaktoren. Auch die Entfernung zu Jagdeinrichtungen ($N=5270$, $df=9$, $\chi^2=0,000$, $p=0,7743$) spielt keine signifikante Rolle. Bei Straßen der Kategorie 3 ($N=5270$, $df=8$, $\chi^2=10,052$, $p=0,0153$) und 4 ($N=5270$, $df=8$, $\chi^2=9,795$, $p=0,0088$) zeigt das Modell einen signifikanten Einfluss auf die Schadenswahrscheinlichkeit. Bei Straßen der Kategorie 4 (Forststraßen und unbefestigte landwirtschaftliche Straßen) steigt die Schadenshäufigkeit bis zu einer Entfernung von 100 m sehr leicht an und fällt dann bis zu einer Entfernung von 250 m wieder ab. Bei Straßen der Kategorie 3 (Straßen im Ortsgebiet außer Durchzugsstraßen) nehmen die Schäden bis zu einer Entfernung von 250 m zu und in weiterer Folge wieder ab, wobei der Tiefpunkt bei etwa 600 m erreicht wird, danach kommt es wieder zu einem leichten Anstieg (Abb. 4.2). Allgemein ist der Einfluss von Straßen der Kategorie 3 stärker als jener von Straßen der Kategorie 4 sowie Wald. Der Einfluss von Hecken ist wiederum stärker als jener von Straßen der Kategorie 3. Ein signifikanter Zusammenhang besteht außerdem zwischen dem Auftreten von Schwarzwildschäden und der Distanz zu Weizen ($N=5270$, $df=8$, $\chi^2=25,057$, $p<0,0001$). Bis zu einer Entfernung von 200 m kommt es zu einer unregelmäßigen Abnahme der Schäden, in der Folge zu einem Anstieg und ab 300 m zu einer sehr starken Abnahme der Schäden. Dieser Faktor beeinflusst das Auftreten von Schäden mit Abstand am stärksten und wird nur bei größerer Entfernung zu Hecken etwas abgeschwächt. Eine signifikante Rolle spielt außerdem die räumliche Lage der Schäden ($N=5270$, $df=27$, $\chi^2=34,952$, $p=0,0093$).

Da die unbestimmten Wildschäden wie anzunehmen ist, zumindest teilweise ebenfalls von Schwarzwild verursacht sind, wurden auch diese statistisch ausgewertet. Die signifikanten Zusammenhänge sind in Abbildung 4.3 dargestellt.

Der Einfluss von Wald ist gering. Die Schäden nehmen dabei bis zu einer Entfernung von 240 m etwas zu und werden in der Folge wieder geringer. Die Entfernung zu Hecken ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=0,000$, $p=<0,5034$) hat, bei der Betrachtung der unbekanntem Wild-

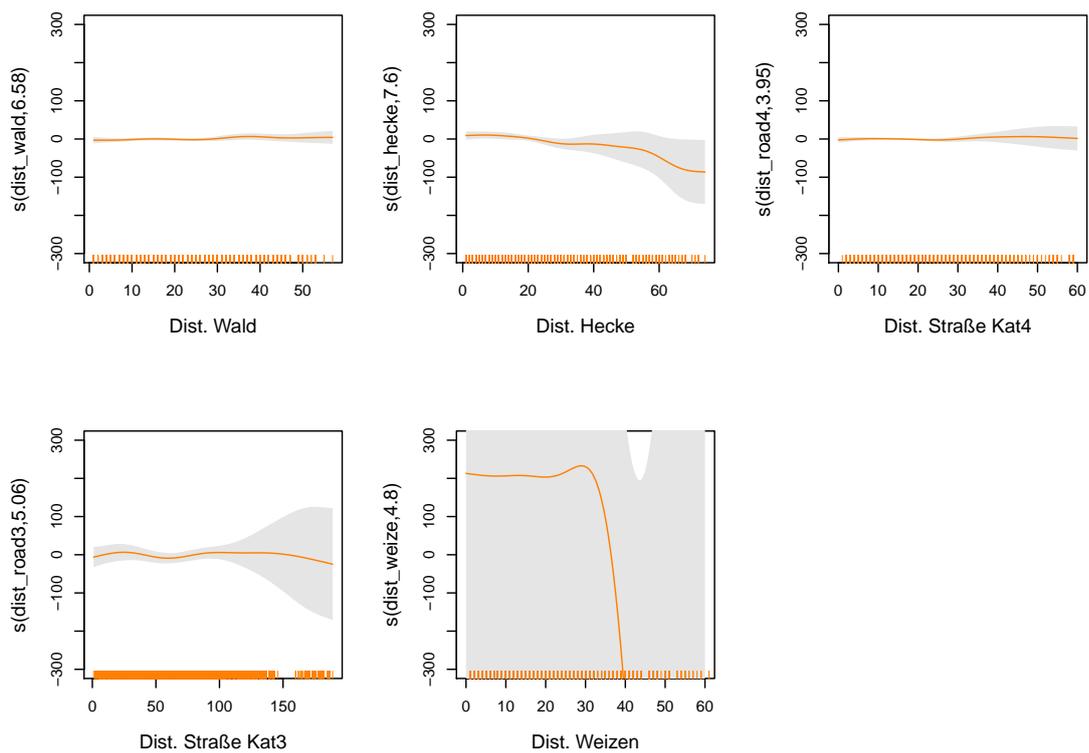


Abbildung 4.2.: Geglättete Kurven der signifikanten Variablen des *GAMs* mit den Schwarzwildschäden. Die x-Achse stellt die Entfernung zu verschiedenen Strukturen in zehn-Meter-Schritten dar. Auf der y-Achse ist der absolute Beitrag der Variable dargestellt. Die Konfidenzintervalle sind in der Grafik grau dargestellt, die Stichprobenverteilung wird durch die Striche auf der x-Achse repräsentiert.

schäden keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Schäden. Die Annahme, dass die Entfernung zu Brach- und Grünflächen ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=26,750$, $p<0,0001$) einen Einfluss auf das Auftreten von Schäden hat, wird von den Untersuchungen bestätigt. Ab einer Entfernung von 200 m zu diesen, kommt es zu einer leichten Abnahme der Schäden. Ebenso wird der Einfluss von Raps ($N=5689$, $df=8$, $\chi^2=25,215$, $p<0,0001$) durch das Modell bestätigt. In den ersten 450 m kommt es zu einer Abnahme der Schäden, danach zu einer deutlichen Zunahme. Mais ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=3,803$, $p=0,0264$) hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Schäden. Je weiter eine Fläche von einem Maisfeld entfernt ist, desto weniger ist sie geschädigt. Der Einfluss ist allerdings nur gering ausgeprägt. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Schäden und der Entfernung zu Roggen ($N=5689$, $df=8$, $\chi^2=25,215$, $p<0,0001$) konnte nicht festgestellt werden. Ebenso wie bei den eindeutig bestimmbar Schwarzwildschäden spielt die Entfernung zu Straßen der Kategorie 4 ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=58,510$, $p<0,0001$) eine signifikante Rolle. Bis zu einer Entfernung von 100 m kommt es zu einem sehr leichten Anstieg der Schäden und ab 220 m wieder zu einem sehr leichten Abfallen. Straßen der Kategorie 3 ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=26,697$, $p<0,0001$) haben bei den unbestimmten Wildschäden keinen signifikanten Einfluss. Straßen der Kategorie 2 ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=91,668$, $p<0,0001$) wiederum haben einen signifikanten Einfluss. Dabei kommt es innerhalb der ersten 1200 m zu einem geringen Anstieg und in der Folge zu einem starken Abfallen, allerdings ist anzumerken, dass die Konfidenzintervalle in diesem Bereich stark auseinander weichen und die statistische Signifikanz abnimmt. Weiters ist die Distanz zu Gewässern ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=58,510$, $p<0,0001$) ein hoch signifikanter Einflussfaktor. Je näher eine Fläche an einem Gewässer liegt, um so größer ist die Schädigung. Bei Rübenfeldern ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=82,754$, $p<0,0001$) konnte festgestellt werden, dass je weiter eine Fläche von einem Rübenfeld entfernt ist, der Schaden umso größer ist. Dieser Effekt flacht bei etwa 200 m Entfernung das erste Mal ab. Der Einfluss von Weizen ($N=5689$, $df=9$, $\chi^2=91,668$, $p<0,0001$) ist statistisch hoch signifikant. In den ersten 450 m kommt es zu einer geringen Abnahme der Schäden, danach nehmen die Schäden stark ab. Allerdings driften die Konfidenzintervalle ebenfalls stark auseinander, was auf die fehlenden Daten im Bereich zwischen 600-1150 m zurückzuführen ist. Der Einfluss ist aber stärker als jener der anderen Faktoren. Ebenso nehmen die Schäden in den ersten 600 m Entfernung zu Gerste ($N=5689$, $df=8$, $\chi^2=47,201$, $p<0,0001$) leicht ab, danach kommt es zu einem geringen Anstieg und in der Folge wieder zu einem starken Abfallen. Allerdings kommt es auch hier zu einem starken Auseinanderklaffen der Konfidenzintervalle. Auch der Einfluss von Gerste ist relativ stark ausgeprägt, wenn auch etwas schwächer als jener von Weizen.

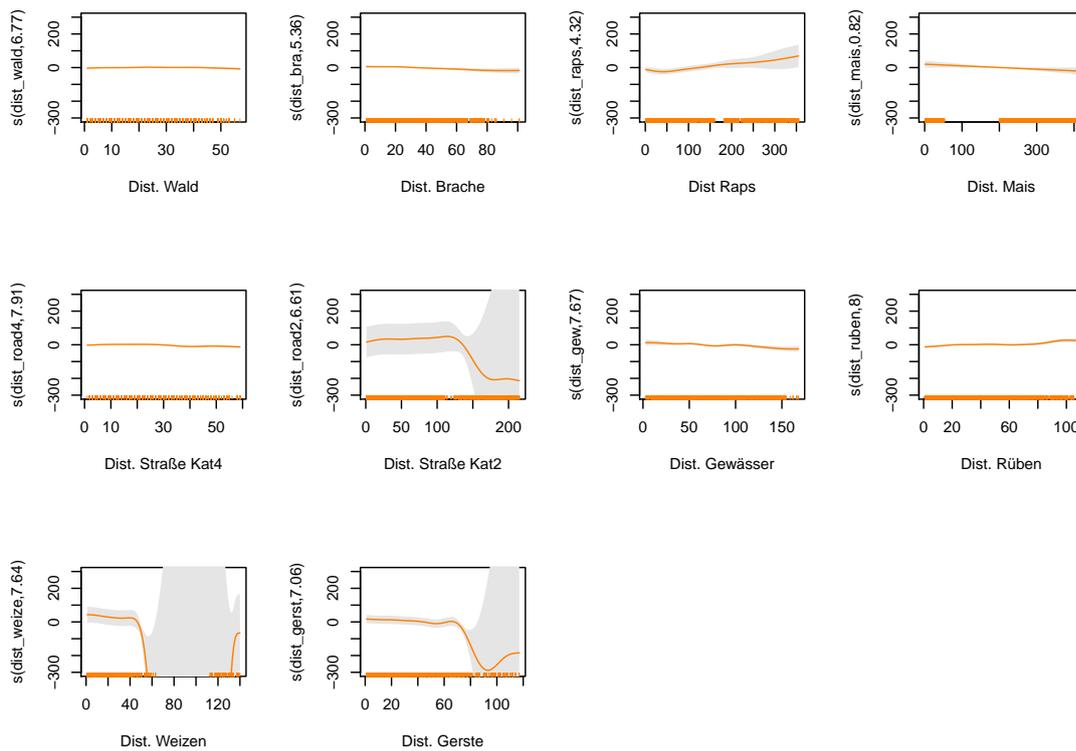


Abbildung 4.3.: Geglättete Kurven der signifikanten Variablen des *GAMs* mit den unbestimmbaren Wildschäden. Die x-Achse stellt die Entfernung zu verschiedenen Strukturen in zehnmeter-Schritten dar. Die Konfidenzintervalle sind in der Grafik grau dargestellt, die Stichprobenverteilung wird durch die Striche auf der x-Achse repräsentiert.

4.2. Messgenauigkeit

Die mittlere Abweichung aller Messungen beträgt $14\% \pm 24\%$ (Median= 7%) betrachtet man nur Fläche 2 beträgt die Abweichung vom Soll-Wert im Mittel $20\% \pm 39\%$ (Median= 6%).

Die stärksten Abweichungen vom Soll-Wert treten bei den Aufnahmen aus geringer Höhe auf, dabei kommt es zu einer mittleren Abweichung von $32\% \pm 42\%$ (Median= 19%). Jene Aufnahmen die aus einer größeren Höhe gemacht wurden, bei denen die Kamera aber nicht auf den Nadir gerichtet war, weisen eine mittlere Abweichung von $11\% \pm 14\%$ (Median= 7%) bzw. $8\% \pm 7\%$ (Median= 6%) auf. Die mithilfe einer annähernd lotrechten Aufnahme ermittelten Flächen, weisen eine mittlere Abweichung von $5\% \pm 6\%$ (Median= 1%) auf. Eine Übersicht über die Messungen ist Abbildung 4.4 zu entnehmen.

4.3. Terrestrische Erkundung

Es wurde eine terrestrische Begehung für ein Feld mit einer Größe von 19 ha durchgeführt. Die Begehung entlang der Fahrtrinnen dauerte 3,5 Stunden. Die Befliegung war aufgrund der Windverhältnisse zu keinem Zeitpunkt vor der Ernte möglich.

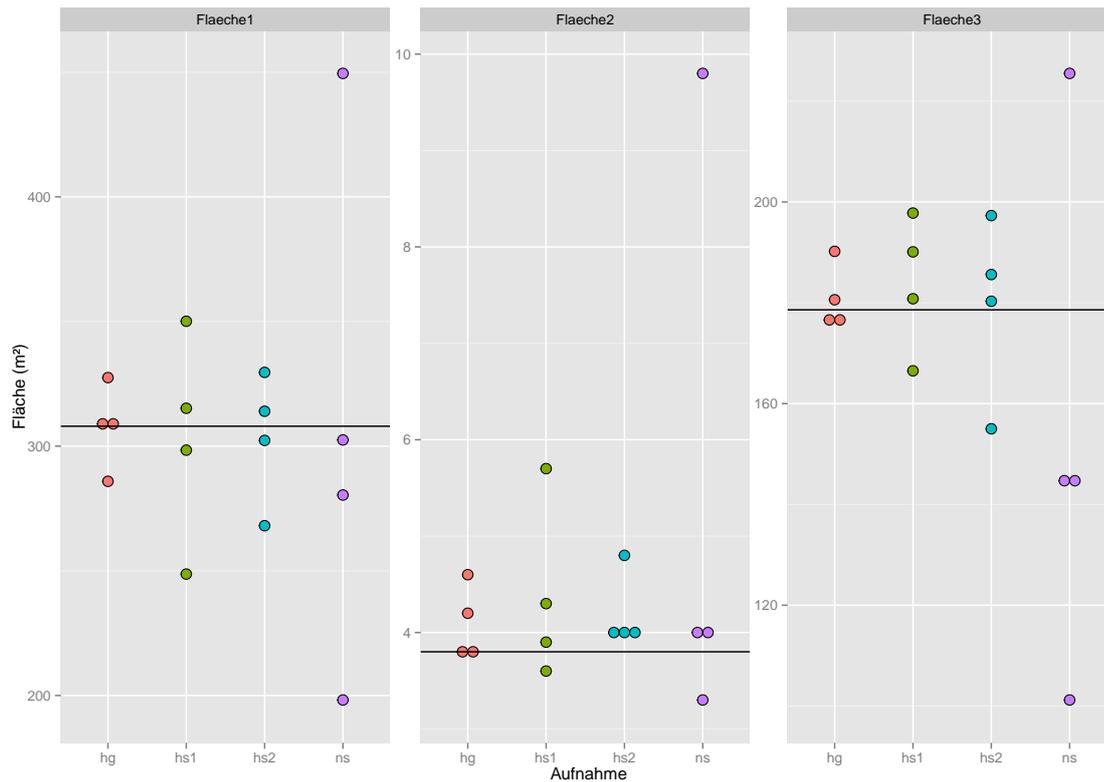


Abbildung 4.4.: Die Abbildung zeigt die Messergebnisse für drei verschiedene Flächen. Dabei wurde eine nicht lotrechte Aufnahme aus geringer Höhe (ns), zwei nicht lotrechte Aufnahmen aus großer Höhe (hs1 und hs2), sowie eine annähernd lotrechte Aufnahme aus großer Höhe (hg) verwendet. Es wurden für alle Bilder vier Messungen, mit zufälligen Referenzpunkten zum Entzerren der Aufnahmen, durchgeführt.

5. Diskussion

5.1. Einflussfaktoren

5.1.1. Schwarzwildschäden

Der Flächenanteil der von Schwarzwild geschädigten Flächen ist trotz der hohen Dichte relativ gering. Auf 228 ha untersuchter Fläche war nur knapp ein Hektar nachweislich durch Schwarzwild geschädigt. Dies entspricht nur 0,4 % der Fläche und liegt somit deutlich unter den Werten aus anderen Gebieten (LINDEROTH und ELLIGER 2002; SCHÖN 2013).

Die Argumentation, dass die Schonung alter Buchen der Grund für diesen geringen Schaden ist (HAPP 2004), wäre hier jedoch zu kurz gegriffen. Durch eine kalte Periode im Januar und einen sehr kalten März 2013 kam es vermutlich zu einer erhöhten Mortalität in der Frischlingsklasse und somit zu weniger potentiellen Schädigern (DWD 2014b; DWD 2014a). Ein eventueller zweiter Wurf spielte zur Haupterntezeit aufgrund der geringeren Entwicklung eine unbedeutende Rolle. Laut KEULING et al. (2008b) ist die Anzahl der Fehlsauen in trockenen und heißen Sommern geringer. Betrachtet man das Wetter im Land Niedersachsen während der Sommermonate, so liegen die durchschnittlichen Niederschlagsmengen im Juni zwar über dem langjährigen Mittel (1981-2010), in den beiden Folgemonaten ist der Niederschlag mit 48 % bzw. 62 % des langjährigen Mittels jedoch deutlich unter dem durchschnittlichem Wert. Die mittlere Monatstemperatur lag im Juni noch knapp unter dem Mittel der Jahre 1981-2010, stieg aber im Juli 1,0 °C darüber hinaus und lag auch im August um etwas mehr als 0,6 °C über dem Mittel (DWD 2014c). Außerdem war die Zahl der Sonnenstunden überdurchschnittlich hoch (DWD 2013).

Neben dem Wetter wäre eine weitere mögliche Erklärung für die geringen Schäden die Erkenntnis, dass bei ausreichend natürlichen Nahrungsressourcen diese bevorzugt werden (GENOV 1981). In Folge eines Mastjahrs wären die Schäden somit geringer. Für Eichen, die zumindest in den Privatwäldern des Süsings 5 % des gesamten Baumbestandes darstellen, kann aufgrund fehlender Daten keine Aussage getroffen werden. Die Fruchtproduktion der Buchen war jedoch sowohl 2012 als auch 2013 äußerst gering (NW-FVA

2013). Auch bei einem erhöhten natürlichem Nahrungsangebot wäre eine Nutzung der Felder als Deckung trotzdem zu erwarten (HERRERO et al. 2006; KEULING et al. 2008b; AMICI et al. 2011).

Eine weitere Ursache für die geringen Schwarzwildschäden könnte in der Methode begründet liegen. Zum einen war es aufgrund der Wuchsstruktur kaum möglich Wildschäden mittels Luftaufnahmen in Mais-, Kartoffeln- und Rübenfeldern zu erkennen. Die beiden ersteren stellen aber den größten Anteil der agrarischen Nahrungsressourcen dar (HERRERO et al. 2006; BRIEDERMANN 2009). Zum anderen konnten Flächen in der Nähe des Waldrandes aufgrund der dort auftretenden Turbulenzen nur teilweise überflogen werden.

Mit dem Modell konnten nur wenige aussagekräftige Zusammenhänge festgestellt werden. Am deutlichsten ausgeprägt ist der Einfluss von Weizen, dieser beeinflusst das Auftreten von Schäden am stärksten. Das ist vor allem dadurch erklärbar, dass 90 % der Schäden in Weizenfeldern aufgenommen wurden. Diese Beobachtung stimmt auch mit den Angaben anderer Autoren (GENOV 1981; HERRERO et al. 2006; KEULING et al. 2008b) überein, die Weizen als wichtigste Getreideart für Schwarzwild, hinter Mais nennen. Die fehlenden Daten im Bereich zwischen 600-1150 m Entfernung zum Weizen beeinflussen die Signifikanz der Aussage stark, was in sehr breiten Konfidenzintervallen resultiert. Die Aussage wird aber dadurch bestätigt, dass die Konfidenzintervalle dem gleichen Trend folgen (Abbildung 4.2).

Einer der weiteren wichtigen Einflussfaktoren ist die Distanz zu Hecken. In kleinerer Entfernung zu diesen kommt es vermehrt zu Schäden. Diese Beobachtung stimmt auch mit den Beobachtungen von THURFJELL et al. (2009) überein, die Hecken als wichtige Leitlinien zur Fortbewegung beschreiben. Allerdings beobachteten THURFJELL et al. (2009) nur im Winter und Frühjahr einen signifikanten Einfluss von Hecken, da im Sommer Getreidefelder sowohl als Deckung als auch als Nahrungsquelle genutzt werden können.

Die weniger starke Schädigung von Feldern, die innerhalb der ersten 250 m Entfernung zu Straßen der Kategorie 3 liegen, kann auf die Meidung von menschlichen Strukturen zurückgeführt werden (KEULING et al. 2008b). Da Straßen der Kategorie 3 ausschließlich innerhalb von Siedlungen liegen, kann dieser Parameter menschlichen Siedlungen gleich gesetzt werden. Dadurch kann der signifikante Effekt dieser Variable und der nicht signifikante Einfluss von Straßen höherer Ordnung erklärt werden. Straßen der Kategorie 1 (Bundes- und Landesstraßen) wurden zudem bereits bei der Modellselektion aufgrund ihres geringen Einflusses entfernt. Die Abnahme der Schäden ab einer Entfernung von 250 m könnte auf Interaktionen mit anderen Faktoren zurück geführt werden, die aber

aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht signifikant in Erscheinung treten. Möglich wäre, dass in geringer Entfernung zu Siedlungen weniger gejagt wird und dieser Effekt ab einer Entfernung von 250 m abnimmt. Der Verlauf ab etwa 600 m ist schwer zu interpretieren und würde bei einer größeren Stichprobe gegebenenfalls anders aussehen.

In der Nähe von Straßen der Kategorie 4, also Forst- und landwirtschaftlichen Straßen, kommt es innerhalb der ersten 100 m zu wenig Schäden. Auch dieser Effekt kann durch die Störung und den erhöhten Jagddruck erklärt werden.

Dass Jagdeinrichtungen generell keinen Einfluss auf das Auftreten von Schäden haben kann daran liegen, dass hauptsächlich fix installierte Jagdeinrichtungen in die Berechnungen eingeflossen sind und temporäre Jagdeinrichtungen nicht oder nur teilweise berücksichtigt worden sind.

Der Einfluss der Distanz zu Wald ist zwar signifikant aber wider Erwarten sehr gering und eine erhöhte Schädigung innerhalb der ersten 60 m, wie von AMICI et al. (2011) und CAI et al. (2008) beschrieben, konnte ebenfalls nicht festgestellt werden. Ein mögliches Argument hierfür wäre, dass das Schwarzwild zwar am Beginn des Sommers aus dem Wald in die Felder wechselt, dieser aber danach keinen besonderen Einfluss mehr auf den Aufenthaltsort der Tiere hat. Dies ist durchaus mit den Ergebnissen von KEULING et al. (2008b) und KEULING et al. (2009) vereinbar, die beschreiben, dass 41 % des Schwarzwildes ihr gesamtes Streifgebiet während der Sommermonate in landwirtschaftliche Flächen verlegen. Da sowohl Nahrung als auch Deckung vorhanden sind, würde demzufolge keine Notwendigkeit bestehen in den Wald zu wechseln. Dies würde allerdings die von KEULING et al. (2009) beschriebene Zahl der Pendler (35 %), die zwischen Wald und Feld wechseln, außer Acht lassen. Möglicherweise wird die Zahl der Pendler aber durch Managementmaßnahmen, wie einer verstärkten Bejagung am Übergangsbereich oder dem Schutz der Felder mit Elektrozäunen, minimiert. Zudem unterscheidet sich der Anteil der verschiedenen Nutzungstypen in verschiedenen Gebieten. Im Untersuchungsgebiet *Hallah* Nahe Vollersode (Niedersachsen) gab es keine Waldsauen und nur sehr wenige Pendler (KEULING et al. 2013).

Eine weitere Ursache für die geringe Bedeutung der Entfernung zu Wald könnte in der Methode begründet liegen. Aufgrund der Windverhältnisse in Waldnähe war es schwierig Flächen, die nahe beim Wald lagen oder teilweise von diesem eingeschlossen wurden, zu überfliegen. Somit konnten besonders gefährdete Flächen mit der gewählten Methode nicht betrachtet werden.

5.1.2. Unbekannte Wildschäden

Aufgrund der größeren Stichprobe gibt es bei den unbekanntem Wildschäden mehr signifikante Parameter als bei den eindeutig feststellbaren Schwarzwildschäden. Neben Weizen, dessen Verlauf ähnlich dem der eindeutigen Schwarzwildschäden entspricht, treten Wildschäden vermehrt in der Nähe von Gerste und zu einem kleineren Teil in der Nähe von Mais auf.

Obwohl der Parameter Gerste sowohl Winter- als auch Sommergerste umfasst, überwiegt der Flächenanteil der Wintergerste um mehr als das Doppelte. Beachtet man nun, dass Gerste nicht zu den bevorzugten Nahrungsquellen der Sauen gehört (BRIEDERMANN 2009) und auch der Schaden in Gerstenfeldern im Vergleich zu Weizen- oder Roggenfeldern eher gering ist, so ist anzunehmen, dass diese nur als Rückzugflächen genutzt werden. Hierfür spricht, dass Wintergerste die erste Getreideart ist, die hoch genug ist, um ausreichend Deckung zu bieten. Ein weiterer Grund für den starken Einfluss von Wintergerste könnte sein, dass diese als erstes Getreide geerntet wird. Der Verlust der Deckung könnte demnach die Tiere in die angrenzenden Felder treiben und die Schadenanfälligkeit erhöhen.

Da die Schäden nicht eindeutig Schwarzwild zugeordnet werden können und der Anteil der Schwarzwildschäden in Gerstenfeldern im Vergleich zu der Gesamtzahl der Wildschäden in diesen relativ gering ist, kann vermutet werden, dass der hohe Einfluss auf andere Wildarten zurückzuführen ist.

Der Einfluss von Mais ist zwar nur gering, die größere Präsenz von Schäden in der Nähe von Maisfeldern entspricht aber aufgrund seiner großen Bedeutung als Schwarzwildnahrung und -deckung durchaus den erwarteten Ergebnissen (SCHLEY und ROPER 2003; HERRERO et al. 2006; BRIEDERMANN 2009; AMICI et al. 2011). Da Schäden in Maisfeldern auf den Luftaufnahmen nicht erkennbar waren, konnten diese nicht berücksichtigt werden. Auffällig waren aber alte Maiskolben die innerhalb eines durch Schwarzwild verursachten Schadens in einem Weizenfeld gefunden wurden und mitunter auch Grund für die Schädigung in diesem Feld waren.

Auch der Einfluss von Gewässern deckt sich mit den Erwartungen, die eine größere Schädigung in einer Distanz von 1000 m zu Fließgewässern erwarten lassen (CAI et al. 2008; AMICI et al. 2011). Allerdings ist auch dieser Einfluss äußerst gering.

Ebenso kommt es in der Nähe von Brach- und Grünflächen zu mehr Schäden, auch dieser Effekt ist äußerst gering.

Zwar ist der Parameter *Distanz zu Wald* auch bei den unbekanntem Wildschäden signifikant, trägt aber auch hier nur minimal zum Modell bei und zeigt beinahe keine



Abbildung 5.1.: Schäden in einem Weizen- und einem Rapsfeld sowie eine fraglicher Schaden in einem Rübenfeld (vlnr).

Veränderung in Abhängigkeit zur Größe. Mögliche Gründe dafür sind bereits weiter oben dargelegt.

Betrachtet man die Verteilung der Schäden in Abhängigkeit zur Distanz von Raps ist auffällig, dass je weiter eine Fläche von Raps entfernt ist sie um so eher geschädigt ist. Betrachtet man nur Schwarzwild, müsste es eigentlich in Rapsfeldern und deren Umgebung zu einer erhöhten Schädigung kommen, da Raps durchaus eine beliebte Futterressource darstellt (KEULING et al. 2009). Im ersten Bereich bis zu einer Distanz von 500 m nehmen die Schäden zwar mit der Nähe zum Rapsfeld zu, allerdings kommt es im weiteren Verlauf zu einem Anstieg weit darüber hinaus. Eine mögliche Erklärung wäre die relativ geringe Anzahl von Rapsfeldern im Untersuchungsgebiet wodurch andere Einflüsse überwiegen.

Auch die Entfernung zu Rüben hat einen negativen Einfluss auf das Auftreten von Schäden. Dies könnte daran liegen, dass Rüben wie auch natürliche Wurzeln hauptsächlich im Winter konsumiert werden und während der Sommermonate keine bevorzugte Nahrung darstellen (BRIEDERMANN 2009). Zudem bieten Äcker mit Rüben erst sehr spät im Sommer ausreichend Deckung. Schäden direkt in Rübenfeldern konnten nicht aufgenommen werden da diese auf den Luftbildern nicht erkennbar waren (siehe Abbildung 5.1).

Im Gegensatz zu den reinen Schwarzwildschäden spielen bei den unbekanntem Wildschäden Straßen der Kategorie 2 (Land- und Durchzugsstraßen) eine signifikante Rolle. Der Anstieg innerhalb der ersten 250 m kann, wie bereits weiter oben ausgeführt, auf die Meidung menschlicher Strukturen zurückgeführt werden. Dieser Effekt flacht ab einer gewissen Distanz ab. Der starke Abfall der Schäden im Bereich zwischen 1200-1700 m ist auf den Einfluss anderer Variablen zurückzuführen, zumal die Kurve in diesem Be-

reich nicht mehr signifikant ist. Grund für die verschiedenen Ergebnisse ist in diesem Fall vermutlich der Einfluss von Rotwild das weitaus störungsempfindlicher gegenüber menschlicher Infrastruktur ist als Schwarzwild (MEISINGSET et al. 2013; PRÉVOT und LICOPPE 2013).

Bei Straßen der Kategorie 4 (Forst- und landwirtschaftliche Straßen) gibt es zwar einen ähnlichen Effekt, der bis etwa 150 m ausgeprägt ist, allerdings ist dieser Effekt äußerst gering. Der geringere Effekt könnte damit begründet werden, dass aufgrund des begrenzten Verkehrs Forst- und landwirtschaftliche Straßen generell weniger Störung darstellen.

Die Frage, warum zwar Straßen der Kategorie 4 einen signifikanten Einfluss haben, Straßen der Kategorie 3 aber nicht signifikant sind, ist hingegen schwieriger zu beantworten und würde genauere Kenntnisse über den Verursacher voraussetzen. Eine weitere Erklärung ist, dass der Effekt zu stark von anderen Faktoren überlagert wird.

5.2. Eignung der Methode

Das größte Problem der Methode ist die starke Abhängigkeit von den Windverhältnissen. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit überstieg in der Periode, in der die Aufnahmen erstellt wurden, nur drei Mal die minimal benötigte Windgeschwindigkeit. Zudem gab es in den ersten 20 Aufnahmetagen nur sieben Tage, an denen die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ausreichend war. Ab dem 28. Juli verbesserte sich die Windsituation zwar, allerdings waren die Verhältnisse trotzdem stark lageabhängig (CARSTENS 2013). Felder, die gänzlich oder teilweise von Wald oder Hecken eingeschlossen waren, konnten grundsätzlich schwer befliegen werden, Felder auf der Ostseite des Süsings, schwerer als jene auf den anderen Seiten.

Bei starkem Wind wurde am Beginn der Aufnahmen versucht jene Untersuchungseinheiten bzw. Felder zu überfliegen, die sich in einer eher windgeschützten Lage befanden. Trotz der generell guten Windverhältnisse war es an manchen dieser Felder gänzlich unmöglich den Drachen in die Luft zu bekommen.

Manchmal bestand die Möglichkeit jene geschützten Flächen von anderen Flächen aus, an denen der Drache leichter gestartet werden konnte, zu erreichen, allerdings führten Turbulenzen in geringerer Entfernung zum Waldrand häufig zu sehr unruhigen Flügen bis hin zu Abstürzen.

Während der Aufnahmen musste der Drache aufgrund von gebrochenen Stäben oder eingerissener Drachenplane zwei Mal repariert werden. Ein weiteres Mal stürzte ein Drache während der Aufnahmen in einem von Hecken und Wald umgebenen Feld in eine

Kiefer und blieb in einer Höhe von etwa 25 m hängen. Da der Drache nicht befreit werden konnte, musste er ersetzt werden.

Es war generell schwierig die Windverhältnisse vor Ort einzuschätzen, da das Untersuchungsgebiet eineinhalb Stunden von Hannover entfernt liegt und die Prognosen oft nicht ausreichend präzise waren. Wie bereits erwähnt, variierten zudem die Verhältnisse rund um den Süsing stark.

Die Versuche mit einem Heliumballon als Kameraplattform scheiterten, da der Ballon nicht genügend Auftrieb hatte um Rig, Kamera und Leine zu tragen. Außerdem war der Ballon äußerst windanfällig. Ein Telefonat mit dem Gaslieferanten ergab, dass es sich bei dem vermeintlichen Helium um ein Gemisch handelte, was bei der Kalkulation der benötigten Menge nicht berücksichtigt wurde. Die aufgetretenen Probleme wären mit einer stärkeren Befüllung behebbar. Eine Befüllung des Ballons auf mehr als 70 cm Durchmesser hätte jedoch den Transport mit dem PKW nicht mehr ermöglicht. Von der Mitführung einer Gasflasche zur Befüllung vor Ort wurde aufgrund von Sicherheitsbedenken abgesehen.

Im Vergleich zu herkömmlichen Wildschadensschätzungen sollte das *Kite Aerial Mapping* dazu beitragen, Schäden schnell und effizient aufzufinden und zu vermessen. Diese Anforderung konnte aber aufgrund der schwierigen lokalen Windverhältnisse nur schwer erfüllt werden, sondern wurde auch durch den Ablauf der Methode teilweise verfehlt.

Wurden bei der Auswertung der Aufnahmen eines Suchflugs Schäden gefunden, musste zuerst bestätigt werden, ob es sich beim Verursacher um Schwarzwild handelte. Dazu war eine erste Begehung des Feldes notwendig. Konnten die Schäden Wildschweinen zugeordnet werden, wurden an einem Tag mit ausreichend Wind die Markierungen zur späteren Georeferenzierung der Bilder, in einem Abstand von 20-25 m ausgebracht. Für ein 8,5 ha großes Feld bedeutete dies einen Zeitaufwand von etwa 60 Minuten. Ließ in dieser Zeit der Wind nach, sodass die minimale Windgeschwindigkeit nicht mehr erreicht wurde, konnten die Aufnahmen nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Das einsammeln der Markierungen nahm weitere 45 Minuten in Anspruch.

Ein wesentlicher Nachteil der verwendeten Methode ist die Notwendigkeit das Feld zwei Mal zu überfliegen und zwei bis drei Mal zu begehen. In der Zeit die für die Markierung und Überfliegung notwendig war konnte ein etwa doppelt so großes Feld terrestrisch auf Schäden untersucht werden. Leider konnte die Präzision der beiden Aufnahmetechniken nicht direkt verglichen werden, da das im vorhinein begangene Feld nicht überfliegbar war.

Grundsätzlich zeigten die Tests, dass die Genauigkeit der entzerrten Luftbilder mit $5\% \pm 6\%$ Abweichung durchaus akzeptabel ist. Um diese Werte zu erreichen sind aller-

dings sehr gute Windverhältnisse sowie flächendeckend möglichst lotrechte Aufnahmen notwendig. Können diese beiden Kriterien nicht erfüllt werden, weichen die Flächenmessungen bis zu $32\% \pm 42\%$ vom realen Wert ab.

In der Praxis scheiterte die Methode jedoch daran, dass aufgrund der geringen Schwarzwildschäden und der schlechten Windverhältnisse die ersten Schäden erst relativ spät entdeckt wurden. Dies verhinderte eine zweite Befliegung vor der Ernte, bei der die notwendigen Passpunkte gesetzt wurden.

Photogrammetrie könnte deutlich zur Minimierung der oben beschriebenen Probleme beitragen. Zum einen wäre hierbei nur mehr ein Überflug pro Fläche notwendig, zum anderen ist die Anzahl der benötigten Passpunkte weitaus kleiner, da diese nur mehr zur Skalierung des Oberflächenmodells verwendet werden. Bei nicht lotrechten Aufnahmen würde der Fehler damit nicht so groß ausfallen.

Bei den Tests konnte der Algorithmus des Programms *Visual SFM* aufgrund der monotonen Struktur meist keine ausreichende Anzahl von Referenzpunkten finden, was zu Lücken in den Oberflächenmodellen führte (Abbildung 5.2). Ein weiteres Problem stellte die starke Verzerrung der Bilder dar sodass es zu einer konvexen Krümmung der berechneten Oberfläche kam. Videos waren, aufgrund der höheren zeitlichen Auflösung, zwar bei der Extrahierung der besten Aufnahmen hilfreich, allerdings stellten sie aufgrund der geringeren Auflösung ein Problem dar, wenn die weniger verzerrten Bildausschnitte zur Modellberechnung extrahiert werden sollten.

Ein geringerer Aufnahmewinkel würde bei gleicher Flughöhe zu einer verringerten Aufnahmefläche führen. Dies erschwert die Zuordnung der Bilder und verringert die Anzahl der Referenzpunkte pro Bild. Abhilfe könnte eine größere Flughöhe durch eine längere Drachenleine schaffen, dies bedarf aber einer Genehmigung.

Da bei den meisten Aufnahmen weder die Entzerrung der Luftbilder mittels selbst gesetzter Referenzpunkte noch die Entzerrung mittels *Visual SFM* möglich war, konnte die Ausdehnung der Schäden bei einem Großteil der Felder nur geschätzt werden.

Berücksichtigt man den hohen zeitlichen Aufwand um Luftbilder mittels Drachen zu erstellen und zieht man weiters noch die zahlreichen Probleme bei der Verarbeitung der Daten in Betracht, sind die Eingangs erwähnten Vorzüge des *Kite Aerial Mappings* zu hinterfragen.

Die Erstellung von 35 Stunden Foto- bzw. Videomaterial erforderte 90 Stunden Arbeitsaufwand. Ein Großteil der Zeit wurde dabei für das Zuwarten auf ausreichend gute Startbedingungen bzw. das Bergen des Drachens, inkl. Leine und Kamera, aus den Getreidefeldern aufgewendet. Bei starkem Wind war auch das Herunterholen des Drachens durchaus aufwendig. Zudem muss noch der finanzielle und zeitliche Aspekt für die vie-

Tabelle 5.1.: Kosten für die Aufnahme von 250 ha mittels *Kite Aerial Mapping*. Die Angaben wurden gerundet. Für die Berechnung der Personalkosten wurden die gesetzlichen Vorgaben herangezogen (NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013), wobei jeweils die Kosten für studentische Hilfskräfte als auch für wissenschaftliche Hilfskräfte angegeben wurden. Die Arbeitgeberkosten wurden anhand von Rechenbeispielen geschätzt (ALPHA PERSONAL-SERVICE 2014). Da keine exakten Daten für die Datenaufbereitung vorliegen wurde dieser Posten geschätzt.

Bezeichnung	Menge	Kosten
Personalkosten Feldarbeit studentische (wissenschaftliche Hilfskraft)	90 h	1591,- (2515,-)
Kilometergeld	4700 km	1410,-
Grundausrüstung		460,-
Reperatur / Ersatzteile		150,-
Summe		3611,- (4535,-)

len Anfahrten miteinbezogen werden. Müsste für die Arbeit eine Person bezahlt werden, würde dies inklusive der Kosten für Reparaturen zu einem finanziellen Aufwand von € 3611 führen (Tabelle 5.1). Dies entspricht einem finanzielle Aufwand von € 20-25 /ha.

5.3. Verbesserungen und Alternativen

Um bei der Erstellung von Orthofotos mithilfe von Passpunkten möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen ist es notwendig, dass die Bilder in einem annähernd lotrechtem Aufnahmewinkel sowie aus großer Höhe aufgenommen werden.

Zur Erstellung von Aufnahmen, die möglichst präzise auf den Nadir gerichtet sind, gibt es zum einen die Möglichkeit ein ausgefeilteres mechanisches Schwebestativ zu verwenden, das zu einer größeren Ruhe der Kamera beiträgt oder die Verwendung einer *Kardanischen Aufhängung* (engl. *Gimbal*), die mittels Motoren die Kamera in einer stabilen Position hält. Solche Aufhängungen sind ab etwa € 70 erhältlich (*Tarot brushless Gimbal Rack*) (DANCHEN 2014).

Bei Verwendung der kommerziellen Photogrammetrie Software *PhotoScan* des Hersteller *Agisoft* konnten bessere Ergebnisse als mit der Open Source Software *Visual SMF* erzielt werden. Jedoch waren auch hier die Ergebnisse nicht ohne Lücken. Eine gleichmäßigere Abdeckung der Untersuchungsfläche durch ruhigere Aufnahmen wäre auch hier von Vorteil. Da beide Programme die GPS-Position eines Bildes verwenden können um die Bilder effizienter zusammensetzen, wäre die Aufzeichnung der GPS-Position gegebenenfalls sinnvoll. *PhotoScan* kann zudem die mithilfe einer *Inertial Measurement Unit (IMU)* ermittelte Neigung der Kamera in die Berechnungen mit einbeziehen. In Abbildung 5.2 sind die Oberflächenmodelle der beiden Programme dargestellt.

PhotoScan kostet in der *Professionell* Version etwa € 2500 in der *Professionell Education* Version, die eine kommerzielle Verwendung ausschließt, etwa € 400.

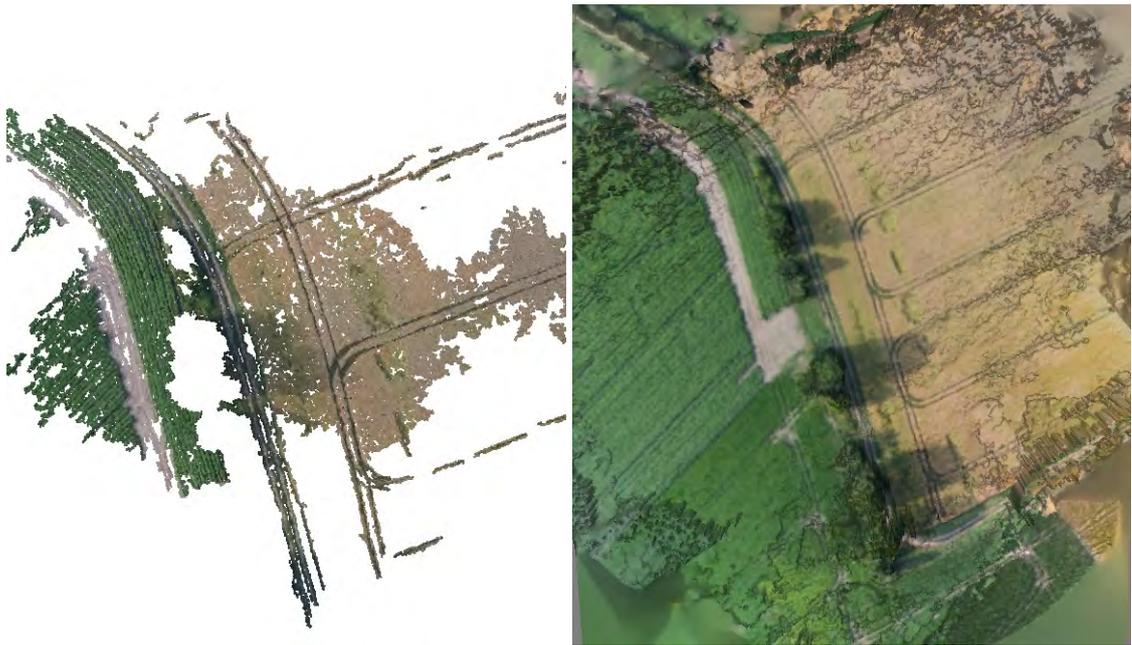


Abbildung 5.2.: Links: das mit *Visual SFM* erstellte Oberflächenmodell (Punktwolke). Rechts: das mit *PhotoScan* erstellte Oberflächenmodell (Mesh).

Könnten für Getreidefelder lückenlose Oberflächenmodelle erstellt werden, könnten die Höhenunterschiede innerhalb der Punktwolke eventuell für eine automatische Erkennung von Schäden verwendet werden.

In Anbetracht der notwendigen Verbesserungen und des hohen Arbeitsaufwands aufgrund geringer Planbarkeit, sind die eingangs erwähnten Vorzüge des *Kite Aerial Mappings* gegenüber anderen *UAVs* neu zu diskutieren. Zum einen wäre die Verwendung einer längeren Drachenleine sinnvoll, wodurch die rechtlichen Vorteile nicht mehr gegeben wären, zum anderen sind aufgrund des hohen Personalaufwands die Kosten neu zu bewerten.

In der Folge soll die Verwendung eines Quadro- bzw. Multikopters diskutiert werden. Ein solcher wird aufgrund der einfachen Steuerung, sowie der Anpruchslosigkeit im Bezug auf Start- und Landeinfrastruktur als erfolgsversprechenste Alternative betrachtet (PRZYBILLA 2011). Im Internet findet man zahlreiche Anbieter für verschiedene Multikopter. Ein gutes PreisLeistungsverhältnis scheint der Einsteiger-Quadrocopter *Phantom II* des Herstellers *DJI* zu bieten. Inklusive Kamera-Aufhängung, Fernsteuerung, Akku und Ladegerät ist das Gerät für etwa € 850 erhältlich. Der Quadrocopter kann eine Zuladung von einem Kilo aufnehmen und ist somit ohne weiteres für den Einsatz mit einer *GoPro Hero* Kamera geeignet. Die Flugzeit beträgt nach Angaben des Herstellers et-

wa 25 Minuten. Die maximale Geschwindigkeit wird mit 15 m/s angegeben. Nimmt man um die Bildqualität zu erhöhen eine geringere Fluggeschwindigkeit von 5 m/s an, wäre es möglich das größte Feld im Untersuchungsgebiet (30 ha) mit einer Streifenbreite von 50-60 m in etwa 20 Minuten und damit innerhalb der Akkulaufzeit, zu überfliegen. Neben einer Funkfernsteuerung besitzt das genannte Modell die Möglichkeit Flugrouten, anhand von vorbestimmten GPS-Positionen abzufliegen. Zwar ist die dafür benötigte Software frei verfügbar, kann aber nur auf Plattformen mit *iOS*-Betriebssystem eingesetzt werden und ist außerdem auf 16 Wegpunkte limitiert (DJI 2014).

Um eine möglichst effiziente Verwendung zu ermöglichen ist der Einsatz von mehreren Ersatzakkus sinnvoll. Da die Ladezeit etwa ein bis eineinhalb Stunden beträgt, wäre der Einsatz von drei bis vier Akkus in Kombination mit mehreren Ladestationen vor Ort sinnvoll, um einen möglichst lückenlosen Betrieb zu ermöglichen.

Unter den oben beschriebenen Annahmen würde die reine Flugzeit für 250 ha etwa neun Stunden betragen. Die Materialkosten für Quaddrokopter, Wegpunktsteuerung, Kamera, Akkus und zusätzliche Ladegeräte, Personalkosten für eine studentische Hilfskraft sowie, Haftpflichtversicherung und Aufstiegserlaubnis würden damit etwa €2800 (NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013; CONRAD ELECTRONIC 2014; DJI 2014; NLSTBV 2014; DROHNEN-FORUM.DE 2014) betragen und wäre somit kostengünstiger als *Kite Aerial Mapping*. Diese Berechnung basiert jedoch auf mehreren ungetesteten Annahmen. Die tatsächliche Eignung müsste in einem Feldversuch überprüft werden.

Auch zahlreiche kommerzielle Dienstleister bieten die Erstellung von Luftaufnahmen und Orthofotos an. Die Kosten für eine Fläche von 250 ha würden laut Auskunft eines Anbieters bei €5000 ohne Fahrtkosten liegen, was im Gegensatz zu den anderen Berechnungen die Entzerrung der Aufnahmen bereits beinhaltet (DIV-GMBH 2014).

Aufgrund der Kosten und der erwarteten besseren Qualität der Aufnahmen wäre somit eine der letzt genannten Varianten dem *Kite Aerial Mapping* vorzuziehen.

6. Fazit

Der beobachtete Einfluss unterschiedlicher Variablen auf das Auftreten von Schwarzwildschäden stimmt nur teilweise mit den erwarteten Ergebnissen überein. Vor allem der geringe Effekt von Wald entspricht nicht den Ergebnissen von Autoren aus anderen Ländern (AMICI et al. 2011; CAI et al. 2008), stimmt aber durchaus mit den Beobachtungen von KEULING et al. (2009) überein.

Der Einfluss von Hecken als Leitstrukturen konnte in dieser Arbeit auch für die Sommermonate bestätigt werden. Schäden in Feldern mit Mais und Kartoffeln konnten mit der verwendeten Methode nicht festgestellt werden. Weizen, als dritte wichtige Futterquelle für Schwarzwild, wurde von den Untersuchungen bestätigt. Ob die Gründe für die geringen Schwarzwildschäden in der Methode oder bei natürlichen Einflussfaktoren zu suchen sind, würde einer längerfristigen Untersuchung bedürfen, die den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. Allerdings führten die Witterungsbedingungen im Frühjahr als auch im Sommer zu Bedingungen, die geringe Schwarzwildschäden begünstigen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße ist die Aussagekraft der Ergebnisse zu hinterfragen. Die Überprüfung der Methode lieferte jedoch gute Erkenntnisse über die Limits der Aufnahmetechnik. Bei wenig Wind kann der große Arbeitsaufwand den Kostenvorteil der Methode zunichte machen.

Bei guten Verhältnissen allerdings, können auf geeigneten Flächen durchaus kostengünstig brauchbare Ergebnisse erzielt werden. Diese eignen sich meist aber mehr für eine grobe Einschätzung der Lage als für eine genaue Vermessung.

Während *Kite Aerial Mapping* eine kostengünstige Methode mit einer geringen Planbarkeit darstellt, kann der Nachteil der höheren Anschaffungskosten von motorbetriebenen Systemen durch einen geringeren Arbeitsaufwand und bessere Planbarkeit ausgeglichen werden.

Insgesamt jedoch scheint die Beurteilung der Schäden mittels klassischer Schätzmethode eher in einem wirtschaftlichen Verhältnis mit den tatsächlichen Schadenssummen zu stehen.

Abbildungsverzeichnis

1.1. Verschiebung des Streifgebiets	5
3.1. Untersuchungsgebiet	14
3.2. Befestigung der Kamera	18
4.1. Übersicht Flugzeit	24
4.2. Kurven Schwarzwildschäden	27
4.3. Kurven unbestimmbare Wildschäden	29
4.4. Messgenauigkeit	31
5.1. Schäden in verschiedenen Feldern	37
5.2. Ergebnisse der Photogrammetrie	42

Tabellenverzeichnis

3.1. Verteilung der Ackerflächen	16
3.2. Vergleich verschiedener Plattformen	17
3.3. Materialkosten für die Grundausstattung	19
4.1. Nutzung der Flächen im Untersuchungsgebiet	23
4.2. Verteilung der Schäden	25
5.1. Kosten der Aufnahmen	41

Literaturverzeichnis

- ALPHA PERSONAL-SERVICE, Hrsg. (2014). Personalkostenrechner. URL: <http://www.personalkostenrechner.de/personalkostenrechner> (abgerufen am 25.03.2014).
- AMICI, A., SERRANI, F., ROSSI, C. M. und PRIMI, R. (2011). „Increase in crop damage caused by wild boar (*Sus scrofa* L.): the “refuge effect”“. *Agronomy for Sustainable Development* 32(3), 683–692. DOI: 10.1007/s13593-011-0057-6.
- BAUBET, E., BONENFANT, C. und BRANDT, S. (2004). „Diet of the wild boar in the French Alps“. *Galemys* 16, 101–113.
- BIEBER, C. und RUF, T. (2005). „Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers“. *Journal of Applied Ecology* 42(6), 1203–1213. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2005.01094.x.
- BRIEDERMANN, L. (2009). *Schwarzwild*. Hrsg. von B. STÖCKER. 2. Aufl. Stuttgart: Franckh Kosmos Verlag.
- BMBF – BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG, Hrsg. (2012). Schub durch Doppel-Null-Raps. <http://www.biosicherheit.de/basisinfo/271.schub-doppel-null-raps.html>, Abgefragt 23.10.2013. URL: <http://www.biosicherheit.de/basisinfo/271.schub-doppel-null-raps.html> (abgerufen am 23.10.2013).
- CAI, J., JIANG, Z., ZENG, Y., LI, C. und BRAVERY, B. D. (2008). „Factors affecting crop damage by wild boar and methods of mitigation in a giant panda reserve“. *European Journal of Wildlife Research* 4(54), 723–728. DOI: 10.1007/s10344-008-0203-x.
- CALENGE, C., MAILLARD, D., FOURNIER, P. und FOUQUE, C. (2004). „Efficiency of spreading maize in the garrigues to reduce wild boar (*Sus scrofa*) damage to Mediterranean vineyards“. *European Journal of Wildlife Research* 50(3), 112–120. DOI: 10.1007/s10344-004-0047-y.
- CARSTENS, B.-F. (2013). „Wetterstation Schwitschen“. unveröffentlichte Archivdaten <http://www.schweinekobenbach.de/> abgefragt am 12.12.2013.

- CELLINA, S. (2008). „Effects of supplemental feeding on the body condition and reproductive state of wild boar *Sus scrofa* in Luxembourg“. Diss. University of Sussex.
- CONRAD ELECTRONIC, Hrsg. (2014). DJI Lipo-Akkus. URL: <http://www.conrad.at/ce/de/product/1027341/DJI-Lipo-Akkus-3S-11-1V-5200MAH?ref=searchDetail> (abgerufen am 25.03.2014).
- DAIM, A. (2012). „Field mapping of economic damages in agricultural crops caused by wild boar (*Sus scrofa*) with kite aerial photography (KAP) and GIS support“. 9th International Symposium on Wild Boar and other Suids Hannover, 2.-6. September 2012. Poster Presentation, 54.
- DAIM, A., HAUKE, L. und KEULING, O. (2013). „Field mapping of economic damage in agricultural drops caused by wild boar (*Sus scrofa*) with kite aerial photography (KAP) and GIS support“. 78(8). special issue - 87th Annual Meeting of the German Society of Mammalogy.
- DANCHEN, Z., Hrsg. (2014). Tarot GOPRO brushless gimbal rack assembly. URL: http://www.tarot-rc.com/index.php?main__page=product__info&cPath=65__96&products_id=1026 (abgerufen am 25.03.2014).
- DARDAILLON, M. (1987). „Seasonal Feeding Habitats of the Wild Boar in a Mediterranean Wetland, the Camarague (Southern France)“. *Acta theriologica* 32(23), 389–401.
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST, Hrsg. (2013). Nach nassem Start gutes Erntewetter im Sommer 2013. URL: http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Landwirtschaft/Interessantes/2013/AM__Bericht__Sommer__2013__internet,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/AM_Bericht_Sommer_2013_internet.pdf (abgerufen am 25.03.2014).
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST, Hrsg. (2014a). Kalter März und reichlich Schnee – im Osten und Norden viele Rekorde. URL: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww__menu2__presse&T98029gsbDocumentPath=Content%20Presse%20Pressemitteilungen%202013%2020130328__DeutschlandwetterimMaerz__news.html (abgerufen am 02.04.2014).
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST, Hrsg. (2014b). Milde und kalte Witterungsperioden wechselten sich ab. URL: http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressemitteilungen/2013/20130130__

- [_Deutschland wetter im Januar 2013,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/%2020130130%20__Deutschland wetter im Januar 2013.pdf](#) (abgerufen am 02.04.2014).
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST, Hrsg. (2014c). Zeitreihen von Gebietsmitteln. URL: <http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop> (abgerufen am 25.03.2014).
- DJI, Hrsg. (2014). Phantom 2. URL: <http://www.dji.com/product/phantom-2> (abgerufen am 25.03.2014).
- DROHNEN-FORUM.DE, Hrsg. (2014). Versicherung für Drohnen, Quadrocopter und Multicopter - Haftpflicht (vorgeschrieben!) URL: <http://www.drohnen-forum.de/index.php/Thread/64-Versicherung-f%C3%BCr-Drohnen-Quadrocopter-und-Multicopter-Haftpflicht-vorgeschrieben/> (abgerufen am 31.03.2014).
- EISENBEISS, H. (2009). „UVA photogrammetry“. Diss. ETH Zürich.
- NW-FVA – Waldzustandsbericht 2013 (2013). Abteilung Umweltkontrolle, Sachgebiet Wald- und Bodenzustand, Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt.
- FAHLSTROM, P. und GLEASON, T. (2012). Introduction to UAV Systems. Aerospace Series. West Sussex: Wiley. ISBN: 9781118396803.
- FRACKOWIAK, W., GORCZYCA, S., MERTA, D. und WOJCIUCH-PLOSKONKA, M. (2013). „Factors affecting the level of damage by wild boar in farmland in north-eastern Poland.“ *Pest management science* 69(3), 362–366. DOI: 10.1002/ps.3368.
- GAMELON, M., BESNARD, A., GAILLARD, J.-m., SERVANTY, S., BAUBET, E., BRANDT, S. und GIMENEZ, O. (2011). „High hunting pressure selects for earlier birth date: wild boar as a case study“. *Evolution* 65(11), 3100–3112. DOI: 10.5061/dryad.rn1ns.
- GEISSER, H. und REYER, H.-U. (2005). „The influence of food and temperature on population density of wild boar *Sus scrofa* in the Thurgau (Switzerland)“. *Journal of Zoology* 267(1), 89–96. DOI: 10.1017/S095283690500734X.
- GENOV, P. (1981). „Die Verbreitung des Schwarzwildes (*Sus scrofa* L.) in Eurasien und seine Anpassung an die Nahrungsverhältnisse“. *Zeitschrift für Jagdwissenschaften* 27(4), 221–231. DOI: 10.1007/BF02243671.
- GESELLSCHAFT FÜR DATENVERARBEITUNG, INFORMATIONSSYSTEME UND VERMESSUNG (2014). „schriftliche Mitteilung vom 31.3.2014“.

- GETHÖFFER, F. (2005). „Reproduktionsparameter und Saisonalität der Fortpflanzung des Wildschweins (*Sus scrofa*) in drei Untersuchungsgebieten Deutschlands“. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover.
- GRASS DEVELOPMENT TEAM, Hrsg. (2012). Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software. Open Source Geospatial Foundation.
- HAPP, N. (2004). „Die biologische richtige Bejagung des Schwarzwildes“. Schwarzwild aktuell 12. Hrsg. von LANDESJAGDVERBAND BAYERN, 31–42.
- HAPP, N. (2007). Hege und Bejagung des Schwarzwildes. 2. Aufl. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag. ISBN: 978-3-440-10718-3.
- HAUKE, L. (2013). Kite Aerial Photographie der Schwarzwildschäden im Untersuchungsgebiet Kuhstedt/Els. Bachelorarbeit. Leibnitz Universität Hannover.
- HENNING, R. (1998). Schwarzwild - Biologie, Verhalten, Hege und Jagd. 5. Aufl. München: BLV. ISBN: 3-405-15380-8.
- HERRERO, J., GARCÍA-SERRANO, A., COUTO, S., ORTUÑO, V. M. und GARCÍA-GONZÁLEZ, R. (2006). „Diet of wild boar *Sus scrofa* L. and crop damage in an intensive agroecosystem“. *European Journal of Wildlife Research* 52(4), 245–250. DOI: 10.1007/s10344-006-0045-3.
- HiSYSTEMS GMBH, Hrsg. (2014). Flugzeitberechnung. URL: <http://www.mikrokoetter.de/ucwiki/FlugZeit> (abgerufen am 05.02.2014).
- HOHMANN, U. (2009). „Herausforderung Schwarzwild - Die Jagd am Scheideweg?“ *Ökojagd - Magazin des Ökologischen Jagdverbands* 13(1), 3–5.
- KEULING, O. (2013). (Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für terrestrische und aquatische Wildtierforschung, Tierärztliche Hochschule, Hannover) schriftliche Mitteilung vom 7.11.2013.
- KEULING, O., STIER, N. und ROTH, M. (2008a). „Annual and seasonal space use of different age classes of female wild boar *Sus scrofa* L.“ *European Journal of Wildlife Research* 54(3), 403–412. DOI: 10.1007/s10344-007-0157-4.
- KEULING, O., STIER, N. und ROTH, M. (2008b). „How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L.?“ *European Journal of Wildlife Research* 54(4), 729–737. DOI: 10.1007/s10344-008-0204-9.
- KEULING, O., STIER, N. und ROTH, M. (2009). „Commuting, shifting or remaining?“ *Mammalian Biology* 74(2), 145–152. DOI: 10.1016/j.mambio.2008.05.007.

- KEULING, O., HERBST, C., DAIM, A. und SIEBERT, U. (2013). Schwarzwildbewirtschaftung im Hochwildring Süsing. Jahresbericht 2012 an das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover - Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung.
- KOCH, J. (2002). „Wildschäden in der Landwirtschaft und deren Bewertung“. LWF aktuell 35, 22–25.
- LGLN – LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESENTWICKLUNG NIEDERSACHSEN, Hrsg. (Nov. 2010a). Amtliche Karte 1:5000.
- LGLN – LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESENTWICKLUNG NIEDERSACHSEN, Hrsg. (Nov. 2010b). Digitale Orthophotos.
- LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACHSEN (LSKN) (Apr. 2013). Kreiszahlen - Ausgewählte Regionaldaten für Deutschland. Hrsg. von STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER. Postfach 91 07 64, 30427 Hannover.
- LEMEL, J., TRUVÉ, J. und SÖDERBERG, B. (2003). „Variation in ranging and activity behaviour of European wild boar“. *Wildlife Biology* 9(1), 29–36.
- Libre CAD (2014). URL: <http://librecad.org/> (abgerufen am 14.02.2014).
- LINDEROTH, P. und ELLIGER, A. (2002). „Schwarzwildschäden an landwirtschaftlichen Kulturen in Baden-Württemberg im Jagdjahr 2000/2001“. WFS-Mitteilung (1), 1–4.
- MASSEI, G., GENOV, P. V., STAINES, B. W. und GORMAN, M. L. (1997). „Factors influencing home range and activity of wild boar“. *Journal of Zoology* 242, 411–423.
- MEISINGSET, E. L., LOE, L. E., BREKKUM, O., VAN MOORTER, B. und MYSTERUD, A. (2013). „Red deer habitat selection and movements in relation to roads“. en. *The Journal of Wildlife Management* 77(1), 181–191. DOI: 10.1002/jwmg.469.
- MELIS, C., SZAFRANSKA, P. a., JEDRZEJEWSKA, B. und BARTON, K. (2006). „Biogeographical variation in the population density of wild boar (*Sus scrofa*) in western Eurasia“. *Journal of Biogeography* 33(5), 803–811. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01434.x.
- MEYNHARDT, H. (1978). Schwarzwildreport. Vier Jahre unter Wildschweinen. Melsungen: Neumann-Neudamm.

- MICRODRONES, Hrsg. (2014). Frequently Asked Questions (FAQ) for microdrones. URL: <http://www.microdrones.com/support/frequently-asked-questions-about-microdrones.php> (abgerufen am 05.02.2014).
- NLSTBV – NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRASSENBAU UND VERKEHR, Hrsg. (2014). Unbemannte Luftfahrzeuge. URL: http://www.strassenbau.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=33054&article_id=114884&_psmand=135 (abgerufen am 31.03.2014).
- NLF – NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESFORSTEN, Hrsg. (2013). Website der Niedersächsischen Landesforsten. URL: <http://www.landesforsten.de/Revierfoersterieien.395.0.html> (abgerufen am 06.11.2013).
- ML – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG, Hrsg. (Sep. 2006). Wild und Jagd - Landesjagdbericht 2005. Hannover.
- NORES, C. und LLANEZA, L. (2008). „Wild boar *Sus scrofa* mortality by hunting and wolf *Canis lupus* predation: an example in northern Spain“. *Wildlife Biology* 14(1903-220X), 44–51. DOI: 10.2981/0909-6396(2008)14[44:WBSSMB]2.0.CO;2.
- NOVOSEL, H., PIRIA, M., SAFNER, R., KUTNJAK, H. und ŠPREM, N. (2012). „The game damages on agricultural crops in Croatia“. *Journal of Central European Agriculture* 13(4), 631–642. DOI: 10.5513/JCEA01/13.4.1102.
- OSM FOUNDATION – OPENSTREETMAP FOUNDATION, Hrsg. (2013). Open Street Map. URL: <http://market.weogeo.com/> (abgerufen am 05.11.2013).
- PARROT SA, Hrsg. (2013). User Guide - Parrot AR.Drone. URL: http://ardrone2.parrot.com/media/uploads/support_ardrone_1/ar.drone_user-guide_uk.pdf (abgerufen am 01.12.2013).
- PREMIER KITES, Hrsg. (2008). Rokaku 78"Produktblatt. <http://www.premierkites.com/collections/pdf/Rokakus.pdf>. 5200 Lawrence Place, Hyattsville, MD 20781, USA, 1–2.
- PRZYBILLA, H.-J. (2011). Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik–Beiträge der 10. Oldenburger 3D-Tage. Hrsg. von T. LUHMANN und C. MÜLLER. Bd. 10. Heidelberg: Wichmann. ISBN: 978-3-87907-528-7.

- PRÉVOT, C. und LICOPPE, A. (2013). „Comparing red deer (*Cervus elaphus* L.) and wild boar (*Sus scrofa* L.) dispersal patterns in southern Belgium“. *European Journal of Wildlife Research* 59(6), 795–803. DOI: 10.1007/s10344-013-0732-9.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM, Hrsg. (2009). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation.
- R CORE TEAM, Hrsg. (2013). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- RUSSO, L., MASSEI, G. und GENOV, P. V. (1997). „Daily home range and activity of wild boar in a Mediterranean area free from hunting“. *Ethology Ecology and Evolution* 9(3), 287–294. DOI: 10.1080/08927014.1997.9522888.
- SAMMLUNG ALLER K. K. VERORDNUNGEN UND GESETZE (1786). vom Jahre 1740. bis 1780., die unter der Regierung des Kaiser Josephs des II. theils noch ganz bestehend, theils zum Theile abgeändert sind, als ein Hilfs- und Ergänzungsbuch zu dem Handbuch aller unter der Regierung des Kaisers Joseph des II. für die k. k. Erbländer ergangenen Verordnungen und Gesetze in einer chronologischen Ordnung. 6. Wien: Joh. Georg Mößle k. k. priv. Buchhändler.
- SCHLAGETER, A. und HAAG-WACKERNAGEL, D. (2011). „Effectiveness of solar blinkers as a means of crop protection from wild boar damage“. *Crop Protection* 30(9), 1216–1222. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.05.008.
- SCHLEY, L. und ROPER, T. J. (2003). „Diet of wild boar *Sus scrofa* in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops“. *Mammal Review* 33(1), 43–56.
- SCHLEY, L., DUFRÊNE, M., KRIER, A. und FRANTZ, A. C. (2008). „Patterns of crop damage by wild boar (*Sus scrofa*) in Luxembourg over a 10-year period“. *European Journal of Wildlife Research* 54(4), 589–599. DOI: 10.1007/s10344-008-0183-x.
- SCHÖN, T. (2013). „The cost of having wild boar: Damage to agriculture in South-Southeast Sweden“. Magisterarb. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences.
- SCHÖNHEIM, A. (Juli 2012). Landkreis Uelzen Landschaftsrahmenplan - Endfassung der Fortschreibung. Erarbeitet im Auftrag von Landkreis Uelzen Umweltamt.
- SODEIKAT, G. und POHLMAYER, K. (2003). „Escape movements of family groups of wild boar“. *Wildlife Biology* 9(1), 43–49.

- STRESEMANN, E. (2003). Exkursionsfauna von Deutschland. Hrsg. von K. S. (HRSG.), H.-J. HANNEMANN und B. KLAUSNITZER. 12. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN: 978-3-8274-0661-3.
- THURFJELL, H., BALL, J. P., Å HLÉN, P.-A., KORNACHER, P., DETTKI, H. und SJÖBERG, K. (2009). „Habitat use and spatial patterns of wild boar *Sus scrofa* (L.): agricultural fields and edges“. *European Journal of Wildlife Research* 55(5), 517–523. DOI: 10.1007/s10344-009-0268-1.
- WELANDER, J. (1995). „Are wild boar a future threat to the Swedish flora?“ *IBEX J.M.E.* 3, 165–167.
- WELANDER, J. (2000). „Spatial and temporal dynamics of wild boar (*Sus scrofa*) rooting in a mosaic landscape“. *Journal of Zoology* 252(2), 263–271. DOI: 10.1017/S0952836900009997.
- WILSON, C. J. (2004). „Rooting damage to farmland in Dorset, southern England, caused by feral wild boar *Sus scrofa*“. *Mammal Review* 34(4), 331–335.
- WOOD, S. (2011). „Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models“. *Journal of the Royal Statistical Society* 73(1), 3–36.
- WU, C. (2011). VisualSFM: A Visual Structure from Motion System. <http://ccwu.me/vsfm/>.
- WU, C. (2013). Towards Linear-time Incremental Structure From Motion. 3DV.

Gesetze

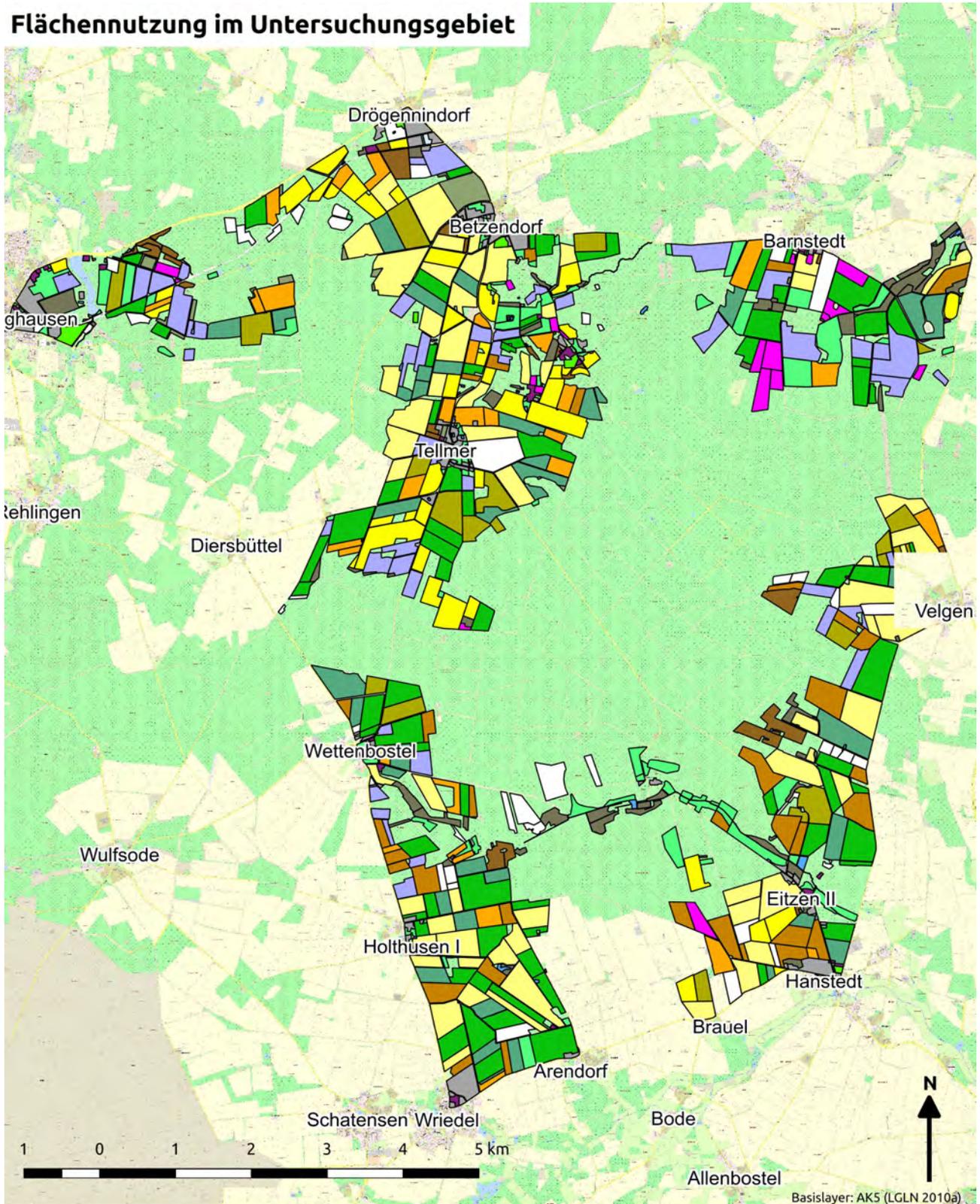
- BJAGDG (1952). Bundesjagdgesetz vom 29.11.1952 zuletzt geändert am 29.05.2013. Deutschland.
- FG (1975). Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird (Forstgesetz 1975) zuletzt geändert am 14.08.2013. Österreich.
- LJAGDG M-V (2000). Jagdgesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern vom 22.03.2000 zuletzt geändert am 20.05.2011. Deutschland.
- LUFTVO (1963). Luftverkehrs-Ordnung vom 10.08.1963 zuletzt geändert am 8.5.2012. Deutschland.

NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI, Hrsg. (2013). Beschäftigung von wissenschaftlichen, künstlerischen und studentischen Hilfskräften.

NJAGDG (2001). Niedersächsisches Jagdgesetz vom 16.03.2001 zuletzt geändert am 13.10.2011. Deutschland.

A. Anhang

Flächennutzung im Untersuchungsgebiet



Legende

Brache	Raps	Weizen	Andere	Lagerplatz
Hafer	Roggen	Weide	Gewaesser	un bebaut
Kartoffeln	Rüben	Wiese	Siedlung	unbekannt
Mais	Sommergerste	Wintergerste	Freizeitgelaende	